Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire

TOME I - LE MILIEU MARIN

Éditeurs scientifiques

Pierre LE LŒUFF
Émile MARCHAL
Jean-Baptiste AMON KOTHIAS

ORSTOM Editions

Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire

Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire

TOME I

Le milieu marin

Pierre LE LŒUFF, Émile MARCHAL,
Jean-Baptiste AMON KOTHIAS
Éditeurs scientifiques

Éditions de l'ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
1993

Pages de garde : Vues satellitaires METEOSAT de la frange océanique côtière de la Côte-d'Ivoire

1. Exemple de situation hydrologique de surface en petite saison froide (données du 26-1-90). Un upwelling bien marqué (eaux froides en bleu) est visible dans l'ouest.

2. Exemple de situation hydrologique de surface en grande saison froide (données du 25-7-90). Les eaux froides (en bleu) s'observent surtout dans la zone littorale centrale et à partir du cap des Trois-Pointes (Ghana) où elles s'étendent bien plus vers le large.

Photos de couverture : Jean-Baptiste AMON KOTHIAS, CRO Abidjan

Au centre : La passe de Bassam au 1er avril 1988

À gauche : Le chalutier océanographique ivoirien *Reine Pokou*

En bas : Le navire océanographique français *Capricorne*

À droite : Chariot de thons tropicaux débarqués à Abidjan

Maquette de couverture : Pierre LOPEZ

Fabrication, mise en page et coordination : Marie-Odile CHARVET RICHTER

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (*alinéa 1er de l'article 40*).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

© ORSTOM 1993

ISBN 2-7099-1134-5 (édition complète)
ISBN 2-7099-1135-3 (tome I)

AVANT-PROPOS

Le milieu marin et les zones adjacentes constituent des atouts économiques majeurs pour des pays qui, comme la Côte-d'Ivoire, ont une façade maritime flanquée d'un important système lagunaire. L'étude de ces écosystèmes et de leurs ressources constitue une voie que seuls les scientifiques savent emprunter. C'est ainsi que, des profondeurs de la mer et des lagunes, ils sont allés chercher des résultats qu'ils ont consignés dans deux ouvrages importants. La connaissance parfaite de ces milieux constitue un préalable à leur exploitation rationnelle.

Je ressens donc comme un honneur particulier, en même temps qu'un privilège, d'avoir été sollicité pour écrire quelques mots devant ouvrir la porte à la lecture de ces recueils avec l'espoir que ce merveilleux univers s'offrira à chacun et à tous.

La concomitance de ce travail de synthèse des résultats collectés en mer et en lagune a facilité la mise en évidence de la complémentarité des deux tomes qui n'a d'égale que celle des deux écosystèmes qu'ils permettent de mieux faire connaître.

Ces deux tomes comportent certes des insuffisances, chacun à son niveau, imputables à la très grande complexité des mécanismes qui président au fonctionnement des écosystèmes marin et lagunaire, mais ils sont si riches de renseignements que leur utilité reste indéniable.

Il est donc du mérite aussi bien des éditeurs scientifiques que des auteurs d'avoir pu faire aboutir cet important travail de synthèse réalisé avec intelligence mais non sans difficulté.

Les deux ouvrages qui sont présentés feront date pour la Côte-d'Ivoire car ils rassemblent — en les résumant et en les synthétisant — tous les résultats des recherches mises en œuvre au Centre de recherches océanographiques d'Abidjan depuis que celui-ci existe, soit depuis 1954. Durant les quinze premières années, la phase d'inventaire et de description a porté uniquement sur l'écosystème marin ; puis, parallèlement à une implication croissante envers l'exploitation des stocks marins, les recherches lagunaires ont pris toute leur ampleur depuis le début des années soixante-dix.

Ils constituent le fruit d'une coopération exemplaire avec la France qui, à travers l'ORSTOM et comme dans bien d'autres domaines, a aidé à donner des assises encore plus solides à la recherche océanographique en Côte-d'Ivoire.

Il reste maintenant à espérer que cette coopération se renforce encore davantage pour le futur dans le domaine des sciences de la mer afin de répondre aux préoccupations de la convention de l'Organisation des Nations unies sur le droit de la mer qui propose un nouveau régime juridique international.

Deux ouvrages s'offrent donc à vous. Leur ambition, en perçant les mystères de la mer et de la lagune, voudrait vous inviter à mieux les aimer pour mieux les protéger.

Pr. Alassane Salif N'DIAYE
Ministre de la Recherche scientifique,
de l'Enseignement professionnel et
technique
de Côte-d'Ivoire

PRÉFACE

Cet ouvrage donne à un large public accès aux résultats de trente ans de recherche dans le golfe de Guinée central. Il est heureux que les circonstances aient permis à plusieurs générations d'océanographes appartenant à l'ORSTOM de réaliser cet ensemble de travaux, probablement unique, sur les océans tropicaux. Certains lecteurs trouveront surprenant ou même paradoxal, qu'il existe peu de régions, sous aucune latitude, mieux explorées ou comprises que les eaux côtières de l'Afrique occidentale tropicale et, notamment, de la Côte-d'Ivoire.

Il serait en fait difficile de trouver un centre mieux situé qu'Abidjan pour mener un programme continu d'études océanographiques répondant aux besoins régionaux et faisant en même temps progresser notre compréhension générale des océans tropicaux. La faune du golfe de Guinée est moins diverse que celle d'aucune autre partie des océans tropicaux, beaucoup moins notamment que celle de l'Indo-Pacifique issue des écosystèmes de l'ancienne Téthys. Certains groupes d'organismes sont même à peine plus diversifiés que dans les mers tempérées, de sorte qu'on peut y étudier les interactions entre espèces plus facilement que dans les autres régions tropicales, où la diversité des espèces peut compliquer à l'excès l'analyse écologique.

Dans le golfe de Guinée, la couche d'eau tropicale chaude est exceptionnellement peu profonde et la thermocline se trouve à une profondeur à peine supérieure à la hauteur d'un arbre de la forêt tropicale. La simplicité de cette configuration a permis d'y faire des études écologiques plus facilement qu'ailleurs. Elle a également permis de réaliser certains progrès fondamentaux dans la compréhension des relations dynamiques entre phytoplancton et éléments nutritifs dans le golfe de Guinée. L'upwelling situé au large du Ghana et de la Côte-d'Ivoire offre aux chercheurs un exemple simple d'upwelling côtier. Les recherches sur ce système ont permis de comprendre que ce sont principalement les changements saisonniers des vents dans la partie occidentale de l'Atlantique qui entraînent l'upwelling sur la côte du golfe de Guinée central. Ce résultat [1] *de portée générale, contraire à ce que l'on aurait*

[1] Cette interprétation est encore controversée ; les dernières observations (COLIN *et al.*, dans cet ouvrage) donnent à penser que le déclenchement et le maintien de l'upwelling côtier ivoirien dépendent étroitement de l'action conjuguée du vent local et du courant de Guinée. (Note des éditeurs scientifiques.)

pu attendre, aurait été encore plus difficile à obtenir dans une situation géographiquement plus complexe. Par ailleurs, le fait que seulement quelques espèces pélagiques dominent les eaux où se produit l'upwelling a facilité l'examen de cet écosystème tropical ; cette étude a beaucoup enrichi les comparaisons effectuées au cours des dernières années entre les grands systèmes classiques d'upwelling situés au large de la Californie, du Pérou et du Mexique. Il est très satisfaisant d'apprendre que, grâce à leurs efforts soutenus, quelques chercheurs ont été capables d'acquérir des connaissances qui permettent de bien gérer les pêcheries ivoiriennes. Les océanographes de l'ORSTOM ont eu le mérite de recourir aux méthodes numériques modernes pour mesurer les effets de la pêche sur les populations de poissons, avant même que certaines nations européennes à longue tradition halieutique ne les aient adoptées.

On peut espérer que ceux dont ce volume décrit les travaux (et leurs successeurs) poursuivront maintenant des recherches sur ce qui nous manque encore presque partout dans les océans (et non seulement au large de la Côte-d'Ivoire), à savoir une compréhension solide de la façon dont les écosystèmes marins tropicaux réagissent aux changements climatiques naturels ainsi qu'à ceux que risquent de causer dans les prochaines décennies l'urbanisation, l'agriculture et le déboisement. Tâche certes considérable mais que les travaux passés en revue dans le présent ouvrage ont contribué à rendre plus réalisable.

Alan LONGHURST

Biological Oceanography Division,
Bedford Institute of Oceanography,
Dartmouth, Nova Scotia, Canada.

INTRODUCTION

Les activités océanographiques en Côte-d'Ivoire débutent, au lendemain de la guerre, avec les études préliminaires à l'installation d'une centrale d'énergie thermique des mers, projet bientôt abandonné, et les premiers travaux de l'Institut français d'Afrique Noire (IFAN), puis de l'ORSTOM.

La décision, prise dès 1960 par le gouvernement ivoirien, de créer un Centre de recherches océanographiques (CRO) à Abidjan, ouvre la voie à une étude suivie et raisonnée du milieu marin, qui tient compte des objectifs de développement souhaités. La construction des premiers bâtiments, avec laboratoires, bureaux, ateliers et magasins, date de 1961 ; un chalutier océanographique de 23 m, la *Reine Pokou*, est mis à la disposition des scientifiques pour la réalisation de leurs programmes. Pendant une dizaine d'années, ces scientifiques vont être des chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'ORSTOM, assistés de personnel technique ivoirien.

Jusqu'en 1972, les observations vont intéresser essentiellement le plateau continental de Côte-d'Ivoire. On tente dès le départ, ce qui est encore loin d'être la règle à l'époque, d'associer les différentes disciplines et de coordonner les programmes. Au cours de campagnes conjointes, vont avoir lieu, sur les mêmes sites, des travaux de physico-chimie, sédimentologie, biologie, halieutique. L'accent est mis sur les cycles annuels (variations saisonnières des facteurs climatiques et changements au sein des peuplements de plancton, benthos et poissons) ainsi que sur la variabilité interannuelle. Une visite régulière de stations et de radiales permet l'acquisition peu coûteuse de données physiques (température, salinité, transparence) et biologiques (chlorophylle, volume planctonique), qui constituent aujourd'hui de très précieuses séries portant sur plus d'une dizaine d'années. C'est à cette époque (1968-1972), qu'un projet d' « étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers » est mis en place par la FAO dans le golfe de Guinée. En Côte-d'Ivoire il est dirigé par un chercheur de l'ORSTOM et réalisé par une équipe mixte constituée d'experts internationaux, de chercheurs ORSTOM et des premiers chercheurs nationaux qui ensuite intègreront pour la plupart le CRO. Les résultats dépassent largement le cadre des petits pélagiques car ils portent aussi sur l'hydrologie, le phyto- et le zooplancton (dynamique spatio-temporelle).

Après 1972, le développement du CRO prend une nouvelle dimension : la formation des scientifiques ivoiriens se poursuit et le navire océanographique *Capricorne*, bâtiment de 45 m appartenant à la flotte océanologique française, est mis à la disposition des chercheurs. On peut considérer qu'Abidjan est alors le plus important pôle océanographique d'Afrique de l'Ouest. Les campagnes hauturières deviennent ainsi possibles et vont servir de support à des programmes dont les plus importants sont CIPREA (Circula-

tion et production en zone équatoriale atlantique, 1978-1980), et FOCAL (Programme français océan-climat de la zone équatoriale atlantique, 1982-1984), associé au projet américain SEQUAL (Seasonal adjustement of the Equatorial Atlantic). Bien que développées surtout au large sur la dynamique équatoriale, ces recherches sont également importantes pour la compréhension des mécanismes des upwellings côtiers de la côte d'Afrique ; le rôle des ondes internes équatoriales dans l'apparition saisonnière des remontées d'eaux froides de la région Côte-d'Ivoire-Ghana est mis en avant par PICAUT (1983), cette hypothèse étant cependant controversée (COLIN *et al.*, dans cet ouvrage). Enfin, c'est aussi au cours de cette période que débutent les études sur les systèmes lagunaires de Côte-d'Ivoire.

Néanmoins, les études d'océanographie côtière se poursuivent et cette synthèse leur est essentiellement consacré ; elle tente d'établir le bilan de plusieurs décennies (celle des années soixante-dix étant la plus importante) de travaux menés par une cinquantaine de chercheurs de l'ORSTOM auxquels il faut associer quelques scientifiques ivoiriens (les plus nombreux se consacrent aux études lagunaires). Ce bilan s'appuie sur de nombreuses publications dont toutes n'ont pas connu la diffusion qu'elles méritent, ne serait-ce que quelques-unes des seize thèses portant sur l'hydrologie, les peuplements planctoniques et benthiques, les ressources, de cet ensemble littoral marin de Côte-d'Ivoire. De ce fait, si le contenu d'un certain nombre de chapitres n'apparaît pas original, leur intérêt étant de présenter sous une forme concise des résultats déjà connus, d'autres, en revanche, font état de données récentes (climatologie, océanographie physique) ou présentent pour la première fois des observations plus anciennes mais encore inédites (sels nutritifs, peuplements benthiques).

Le propos est de préciser, au fil des différents chapitres, le caractère original de la zone néritique situé entre le cap des Palmes et le cap des Trois-Pointes, dont la Côte-d'Ivoire occupe la plus grande partie à l'ouest. Dans un ensemble guinéen tropical dont l'hydrologie se caractérise par une structure verticale stratifiée stable, le littoral ivoirien subit régulièrement des remontées d'eaux froides , dont la plus importante se place de juillet à septembre, ces upwellings faisant disparaître la structure stratifiée et venant enrichir l'écosystème. Le même phénomène a lieu également au Ghana, à l'est du cap des Trois-Pointes. En Côte-d'Ivoire, la saison froide est encadrée par des périodes de forte pluviosité et les apports continentaux, drainés par des fleuves dont les débits sont loin d'être négligeables, contribuent également à l'enrichissement du milieu océanique côtier.

Au cours de la période couverte par les études, des phénomènes écologiques de grande importance ont pu être observés et analysés, du fait essentiellement du système d'observation permanent mis en place : mesures régulières des paramètres physiques et biologiques, recueil de statistiques de pêche, campagnes annuelles de chalutage.

La Côte-d'Ivoire n'a pas été épargnée par la longue sécheresse des décennies soixante-dix et quatre-vingt, subie par toute l'Afrique de l'Ouest. Une forte diminution des précipitations et du débit des fleuves a été notée, dont l'effet a encore été accentué par la construction de plusieurs grands barrages. Enfin, s'il convient de considérer comme normales les variations interannuelles de la puissance et de la durée des upwellings, plus inattendue paraît être la modification dans la répartition de la température des eaux côtières de saison froide depuis 1981.

Les conséquences sur les peuplements, en particulier ichtyologiques, n'ont pas été négligeables. Il faut citer d'une part l'explosion, à partir de 1972, des populations de *Balistes carolinensis*, pêché auparavant en quelques exemplaires, dont la biomasse s'évalue aujourd'hui en milliers de tonnes, d'autre part l'effondrement du stock de *Sardinella aurita* en 1973, puis sa reconstitution quelques années plus tard à un niveau jamais atteint, enfin son extension vers l'ouest ces dernières années.

S'il faut souligner les points positifs du travail, il convient aussi d'en signaler les faiblesses. Ainsi, des compartiments importants du réseau trophique ne sont pas considérés : peuplements de microorganismes hétérotrophes, de phytobenthos, de méiobenthos dont on ne peut, de ce fait, évaluer la contribution à l'écosystème. Les transferts énergétiques sont à peine envisagés. Toute la zone comprise entre le littoral et l'isobathe des 15 m reste encore très peu connue ; c'est là que la barre se forme et qu'elle déferle, ce qui rend les prospections difficiles. On manque aussi d'informations sur la pêche artisanale, aujourd'hui en

plein développement, avec des flux migratoires continus entre le Ghana et la Côte-d'Ivoire. Enfin, l'économie des pêches n'a pas retenu l'attention autant qu'il était souhaitable.

Ce volume sur le milieu marin est le premier (tome I) d'une série de publications consacrées aux milieux aquatiques de Côte-d'Ivoire ; le second (tome II), conçu et édité en même temps, intéresse les écosystèmes lagunaires, plus particulièrement la lagune Ébrié. Un troisième tome sur les eaux continentales (lacs, fleuves, retenues) est en projet. Les interactions entre mer et lagune sont multiples : transferts chimiques et biochimiques (sels nutritifs, matériel particulaire minéral et organique, matière organique dissoute), migrations de larves et d'adultes, notamment chez les poissons (cycles de reproduction, déplacements trophiques). Il est donc apparu nécessaire d'aboutir à une harmonisation des textes des deux premiers tomes, de gommer les possibles contradictions. D'où l'idée de réunir, avant la date de remise des manuscrits, un atelier de travail qui s'est tenu en Côte-d'Ivoire, à Taabo, du 16 au 21 mai 1988. La plupart des auteurs contribuant aux deux synthèses ont ainsi été réunis, avec également l'ensemble du personnel scientifique du CRO d'Abidjan, des responsables ivoiriens de l'environnement et des pêches maritimes et lagunaires, ainsi que divers chercheurs de plusieurs pays invités pour leurs compétences. Les principaux résultats figurant aux différents chapitres des deux ouvrages ont été exposés sous une forme préliminaire (37 communications), des tables rondes étant ensuite organisées pour engager la réflexion sur les thèmes jugés les plus importants : réseaux trophiques et flux d'énergie, ressources exploitées et exploitables, échanges continent-lagune-mer, aménagements et protection de l'environnement (travaux publics, pollution), gestion raisonnée des populations vivantes naturelles et cultivées (pêche et acquaculture). On peut considérer que l'atelier de Taabo a bien rempli son rôle ; la confrontation des résultats et leur analyse ont servi à élaborer un rapport remis aux autorités ivoiriennes et au ministère français de la Coopération dont le soutien financier a permis l'organisation de la réunion. Dans ce rapport, figurent des propositions en matière de recherche et de gestion qui sont reprises en conclusion dans ce premier tome.

L'ouvrage a en effet l'ambition d'être à usage multiple. Synthèse des connaissances sur l'écosystème marin côtier de Côte-d'Ivoire à l'intention des scientifiques, des enseignants et des étudiants, il vise aussi à ouvrir la voie à de nouvelles recherches dans cette unité hydrobioclimatique que constitue le milieu marin de Côte-d'Ivoire, pour lequel le terme de « tropical atypique » a déjà été proposé ; c'est pourquoi les problématiques scientifiques qui paraissent devoir être les plus fécondes dans un proche avenir, à partir du niveau de connaissances atteint aujourd'hui, y sont discutées.

Mais cet ensemble de textes, par toutes les informations qu'il apporte, doit aussi constituer un outil indispensable aux techniciens de l'aménagement, aux ingénieurs halieutes, à tous ceux qui ont mission de participer au développement d'un pays qui dispose de ressources marines non négligeables, si elles ne sont pas équivalentes à celles d'autres États d'Afrique de l'Ouest, particulièrement favorisés en ce domaine (Mauritanie, Sénégal, Angola), et qui a absolument besoin d'en tirer le meilleur parti.

Avec la publication de cette synthèse s'achève aussi ce qui doit être considéré comme la période de gestation de la science océanographique ivoirienne. Seule la confiance mutuelle qui a toujours marqué les relations entre les autorités et les chercheurs de ce pays, les responsables et les scientifiques de l'ORSTOM, a permis de parcourir ce chemin au bout duquel la Côte-d'Ivoire va prendre en main totalement et décider de sa politique de recherche. Ce qui ne signifie pas la fin d'une coopération qui prendra un autre aspect et qu'il convient aujourd'hui d'imaginer et de discuter.

LES ÉDITEURS SCIENTIFIQUES

LE MILIEU NATUREL I

1
Le milieu physique

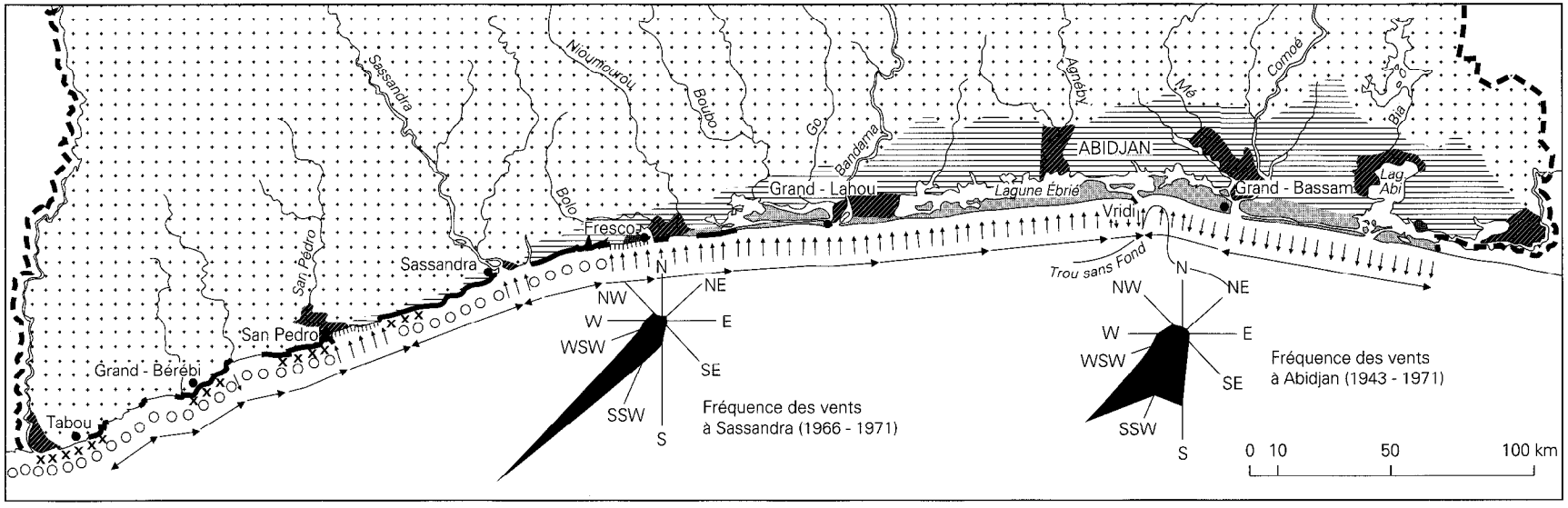
GÉOGRAPHIE LITTORALE

Pierre LE LŒUFF et Émile MARCHAL

La façade maritime de la Côte-d'Ivoire occupe une portion de 520 km du littoral ouest africain qui limite, au nord, le golfe de Guinée. Elle forme la plus grande part (entre 3° et 8° de longitude W) de la vaste courbe, largement ouverte vers l'Atlantique sud, qui s'étend du cap des Palmes, à l'ouest, au cap des Trois-Pointes, à l'est, et offre le spectacle, quand on vient de la mer, d'une côte basse, sablonneuse, rectiligne et monotone, mis à part quelques secteurs rocheux dans l'ouest et quelques falaises (figure 1). La grande houle du sud qui vient battre la plage rend l'accès par mer très difficile. Il a fallu, au début du siècle, construire des wharfs pour permettre le développement du trafic maritime.

La morphologie littorale

Le socle précambrien, en majeure partie granitique, qui affleure sur 97,5 % du territoire ivoirien, n'est cependant au contact avec la mer que dans l'ouest, du cap des Palmes à Sassandra. Il forme, le long de la côte, une série de bas plateaux dont l'altitude s'élève légèrement d'ouest en est (20 à 50 m jusqu'à San Pedro, 50 à 100 m de San Pedro à Sassandra). Ces plateaux sont séparés la plupart du temps de la mer par une étroite plaine côtière (en général quelques centaines de mètres) formée à partir d'anciens cordons littoraux. Dans cette région, les lits des rivières, creusés légèrement au-dessous du niveau actuel du fait de la dernière régression, sont ennoyés et forment des élargissements dans les plaines côtières en arrière des sables littoraux. Les sables barrent l'embouchure et les cours d'eau n'arrivent pas, en général, à rompre le cordon ; c'est typiquement une côte à « limans ». Ailleurs, la côte est rocheuse à l'ouest de Sassandra, plus variée à l'est où alternent des zones rocheuses et sablo-argileuses. Dans l'ensemble, le littoral présente un dessin en dents de scie avec une succession de sept grands tronçons rectilignes orientés WSW - ENE, séparés par des décrochements, chacun déterminant une anse relativement protégée des houles du sud-ouest mais ouverte au large du côté sud et surtout à l'est et au sud-est. Ces décrochements formant cap sont le plus souvent abrupts et dominent le rivage d'une cinquantaine de mètres (TASTET *et al.*, dans cet ouvrage).



Grands traits topographiques et géologiques

- Section de côte élevée
- Section de côte basse
- Falaises vives
- ×××× Plates-formes à écueils
- Socle cristallin et métamorphique
- Argiles glauconnieuses (paléocène)
- Sables et grès du « Continent terminal » (Plio-quaternaire)
- Argiles et sables fluvio lagunaires (Quaternaire)
- Sables des cordons marins (Quaternaire récent)

Caractères de la dérive littorale

- → Dérive littorale dominante vers l'est
- ← Dérive littorale dominante vers l'ouest
- ←→ Dérive alternée et courants d'arrachement

Évolution littorale

- ↑↑↑↑↑↑ Secteur côtier en voie d'érosion
- ↓↓↓↓↓↓ Cordons littoraux en voie d'accroissement
- ○○○○ Secteur de côte apparemment stable actuellement

Figure 1
Le littoral ivoirien. Grands traits topographiques et géologiques. Caractères de la dérive littorale. Évolution du littoral (emprunté à HINSCHBERGER et POMEL, 1979).

Les formations sédimentaires (figure 1) bordent les trois cinquièmes de la façade maritime. De Sassandra à la lagune de Grand-Lahou s'étendent des plateaux parfois cuirassés, séparés de la mer par des plaines étroites, sauf à Fresco où ils forment, sur plusieurs kilomètres, une ligne de falaises vives servant autrefois de repère aux navigateurs. Plus à l'est, la côte est basse, les cordons sableux marins prennent une plus grande importance et isolent de l'océan des ensembles lagunaires ; c'est une côte à lagunes où se succèdent, d'ouest en est, les systèmes de Grand-Lahou, Ébrié, Abi-Tendo-Ehi.

Au total, le bord de mer en Côte-d'Ivoire est une longue suite de plages qui ne s'interrompent qu'aux embouchures de fleuves, quand elles existent (en saison des crues) ; quelques falaises, témoins comme à Fresco de l'avancée du bassin sédimentaire, ou des formations rocheuses appartenant au bouclier ancien, viennent, dans l'ouest, donner un peu de diversité.

Tous ces rivages sont battus par la grande houle du large qui est à l'origine d'un transport littoral de sable très important.

La direction (sud au sud - sud-ouest) de la houle varie du 180 au 225 ; cette houle est forte au cours de l'hiver austral lorsque l'anticyclone de l'Atlantique sud est relativement peu développé, faible en été avec la grande extension de l'anticyclone de Sainte-Hélène. L'aire génératrice de la houle se situerait entre les latitudes 50° et 60 ° S.

Sur une côte rectiligne, le transport littoral (VARLET, 1958) augmente en même temps que l'angle du front de houle avec la côte et passe par un maximum pour un angle de 65°. En effet, le déferlement oblique de la houle sur le rivage provoque une mise en suspension des grains de sable avec un déplacement du côté opposé à la direction des vagues. En Côte-d'Ivoire, ce phénomène suffit à rendre compte du transport observé car les courants de marée sont faibles [1].

On peut considérer que le littoral ivoirien prend successivement trois directions : de Tabou à Sassandra il est orienté dans le 70, de Sassandra à Abidjan dans le 85, à l'est d'Abidjan dans le 101. Si bien que, dans chacun des trois secteurs, le front de houle fait respectivement avec la côte, et d'ouest en est, des angles variant de 20° à 65° (moyenne 42°), 5° à 50° (moyenne 27°), -11° à 24° (moyenne 11°). De sorte que le transport d'ouest en est devrait être maximal dans le secteur occidental, encore important au centre et plus faible, nul ou parfois même de sens contraire à l'est. Mais la géomorphologie de détail du rivage est également essentielle.

Par exemple, dans l'ouest, le littoral présente un dessin en échelons avec une succession de tronçons rectilignes séparés par des décrochements qui abritent des anses un peu protégées des houles. Du fait de la dérive littorale, ces décrochements (caps), qui témoignent de la présence de roches dures opposant une plus forte résistance à l'érosion, jouent le rôle d'épis ; il y a engraissement de la plage située au courant, creusement de celle située sous le courant par rapport à l'épi.

Tout le rivage ivoirien est donc soumis à des actions morphodynamiques intenses. Le volume du transport a pu être estimé expérimentalement dans chaque secteur (ouest, centre et est) ; il serait respectivement de 200 000, 800 000 et 400 000 m^3/an (MARTIN, 1977).

À l'ouest, où sont présentes de nombreuses zones rocheuses qui ne subissent qu'une faible érosion, les masses de sable disponibles sont faibles ; de plus, l'existence des caps s'oppose, ou, du moins, freine le transport littoral. En revanche, au centre et à l'est, des masses considérables de sables quaternaires sont stockés dans de puissants cordons littoraux. La région centrale, qui ne reçoit que 200 000 m^3 et perd 800 000 m^3, est donc déficitaire et ce déficit résulte surtout d'une érosion sur la partie orientale où l'on peut observer des falaises d'érosion de 1 à 2 m de hauteur qui entaillent les cordons anciens ; le recul de la côte est attesté par la présence de cocotiers déracinés et de villages déplacés. Depuis l'ouverture du canal de Vridi, en 1950, le transit est interrompu entre les secteurs centre et est ; la totalité du sable en provenance de l'ouest s'écoule dans le Trou-sans-Fond. Ce déficit d'apport vers l'est est associé à une

[1] La marée est de type semi-diurne, avec une forte inégalité journalière, sensiblement en phase sur toute la côte, d'où des courants de marée faibles, d'autant plus que le marnage ne dépasse guère 1,3 m en vive eau.

forte érosion entre Vridi et Port-Bouët. Au-delà de Grand-Bassam, le transit vers l'est devient pratiquement nul ; la dérive n'ayant pas lieu le long de la côte, le retour vers le large de l'eau apportée par les vagues s'opère par le biais de courants d'arrachement perpendiculaires à la côte qui créent un danger pour les nageurs entraînés loin du rivage.

Le climat sur la côte

Le climat de la zone intertropicale d'Afrique, donc celui de la Côte-d'Ivoire, est régi par les déplacements en latitude de la zone de convergence intertropicale (ITCZ), limite entre deux masses d'air ; l'une humide, d'origine atlantique, c'est la « mousson », alizé de l'hémisphère austral dévié sur sa droite par la force de Coriolis après avoir franchi l'équateur ; l'autre sèche, d'origine désertique, de secteur NE, c'est l'harmattan. Ces variations périodiques de l'ITCZ règlent l'alternance de saisons sèches et pluvieuses.

La basse Côte-d'Ivoire est ainsi soumise à un climat connu sous le nom de « régime équatorial de transition » (ELDIN, 1971) qui se caractérise par :

— une première saison des pluies d'avril à juillet, toujours plus importante que la seconde ;
— une petite saison sèche de juillet à septembre ;
— une seconde saison des pluies de septembre à novembre, très irrégulière ;
— une grande saison sèche de décembre à mars.

Les écarts thermiques sont faibles avec 4m° à 7° de variations moyennes journalières et mensuelles ; le degré hygrométrique reste toujours élevé avec une moyenne supérieure à 80 %.

Le mois de juin est tout particulièrement pluvieux en bord de mer (phénomène analysé dans cet ouvrage par GALLARDO). La petite saison sèche apparaît plus marquée que dans les terres et se décale légèrement vers août et septembre, la deuxième saison des pluies étant généralement un peu plus tardive. Les hauteurs des précipitations annuelles varient de 1 400 à 2 500 mm. Le nombre moyen de jours de pluies est maximal sur la côte et compris entre 130 et 150. On constate d'importantes variations de la pluviométrie le long du littoral : on passe de 2 500 mm dans l'ouest (Tabou) à 1 600 mm dans la région de Sassandra et jusqu'à Grand-Lahou ; il pleut de nouveau davantage à partir de Jacqueville, la hauteur d'eau tombée (2 000 mm) restant stable jusqu'à la frontière du Ghana.

Au plan interannuel, il faut aussi signaler que la variabilité des pluies est plus grande à la côte que dans l'intérieur.

Sur la partie occidentale de la côte, les alizés de sud-ouest dominent fortement, ce qui, compte tenu de l'orientation de la ligne de rivage, crée des conditions favorables à l'apparition d'un upwelling d'Ekman. Plus à l'est, vers Abidjan, les alizés soufflent aussi le plus souvent du sud-ouest ainsi que du sud -sud-ouest et du sud. L'harmattan n'atteint le bord de mer que quelques jours par an (fin décembre à début janvier).

Comme l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, la basse Côte-d'Ivoire a été marquée par la sécheresse des décennies 1970 et 1980. Le phénomène n'a pas été sans effets sur les écosystèmes marins ; plusieurs chapitres de ce document le soulignent.

Cours d'eau et lagunes

On distingue en Côte-d'Ivoire deux types de cours d'eau (tableau I) :

— les grands fleuves nés en région de savane qui traversent le pays du nord au sud ; il s'agit, en les situant d'ouest en est, du Cavally, du Sassandra, du Bandama, de la Comoé ;
— les petits fleuves côtiers ou rivières de milieu forestier comme le Tabou, la Néro, le San Pedro, le Bolo, le Niouniourou, le Boubo , l'Agnéby, la Mé, la Bia.

Mais il faut aussi considérer, quand on s'intéresse au rôle des apports d'eau continentale en milieu marin côtier, le caractère du débouché de ces cours d'eau dans l'océan. Comme déjà indiqué, certaines rivières, particulièrement dans la région occidentale, ont du mal à franchir les cordons littoraux et n'y arri-

TABLEAU I
Caractères des principaux fleuves et rivières de Côte-d'Ivoire

	Longueur (km)	Superficie bassin versant (km^2)	Débit moyen mensuel à l'embouchure (m^3/s)
Cavally	700	30 000	600
Sassandra	650	75 000	575
Bandama	1 050	97 000	400
Comoé	1 160	78 000	300
Boubo	130	51 000	
Agnéby	200	8 900	50
Mé	140	4 300	50
Bia	290 (120 en Côte-d'Ivoire)		80

vent que épisodiquement ; leurs eaux s'accumulent alors dans les bas-fonds pour former des « limans » et des marécages (rivières Tabou, Néro...). Le Cavally et le Sassandra sont seuls suffisamment puissants pour maintenir une embouchure permanente.

Au-delà de Fresco, vers l'est, tous les cours d'eau débouchent dans des lagunes. Les ouvertures vers la mer sont au nombre de trois ; la passe de Grand-Lahou, débouché de la lagune du même nom, alimentée par le Boubo et le Bandama ; le canal de Vridi, construit pour permettre aux navires d'accéder au port d'Abidjan en lagune Ébrié où se jettent l'Agnéby, la Mé et la Comoé ; enfin la passe d'Assinie, exutoire de la lagune Aby et de la Bia. Le matériel particulaire et organique charrié directement en mer par les cours d'eaux n'est pas identique à celui qui arrive à l'océan après avoir transité par les systèmes lagunaires (voir le tome II consacré à la lagune Ébrié).

Tous ces fleuves et rivières sont à peu près exclusivement alimentés d'abord par le ruissellement, secondairement par l'égouttage des sols et non par des sources liées à des nappes stables. D'où leur remarquable irrégularité de régime dépendant des variations de la pluviométrie.

La période de basses eaux s'étend, pour tous les cours d'eau, de décembre à avril, l'étiage étant particulièrement sévère en février-mars. Le régime des grands fleuves, dans la plus grande partie de leur cours en zone de savane, est sous l'influence du « climat tropical de transition » et ne présente qu'une période de hautes eaux, de juillet à novembre, avec des débits de crue en septembre-octobre. Les rivières et petits fleuves forestiers soumis au « climat équatorial de transition » ont deux périodes de hautes eaux, la première, prédominante, en juin-juillet, la seconde en octobre-novembre, l'allure de leurs hydrogrammmes se calquant exactement sur celle des courbes pluviométriques.

La modicité des débits , des étiages rigoureux, de fortes crues sont donc les traits principaux qui caractérisent le réseau hydrographique de Côte-d'Ivoire.

TABLEAU II
Débits moyens des fleuves Sassandra (à Soubré) et Comoé (à M' Basso) dans les années 1951 à 1986 (d'après MAHÉ, 1987).

	Période	Débit moyen annuel (m^3/s)
Sassandra	1951-1970	571
	1971-1986	328
Comoé	1951-1970	263
	1971-1986	133

Le volume charrié par l'ensemble des cours d'eau est faible (12 à 18 %) par rapport à celui des pluies. Les eaux transportent des matières dissoutes et des suspensions fines (90 % des éléments solides). Ce rôle de charriage est encore affaibli dans le cas de la Bia et du Bandama, dont le cours est régularisé par des barrages (Ayamé, Kossou, Taabo).

Enfin, quelques chiffres de débit tirés d'une étude de MAHÉ, 1987 (tableau II) donnent un aperçu de la terrible sécheresse qui a touché l'Afrique et en particulier la Côte-d'Ivoire dans les années 1970.

Sols et végétation littorale

Dans tout l'est jusqu'à Fresco (PERRAUD, 1971), les sols présents le long du littoral sont formés sur des sables marins récents ou actuels et ne couvrent que quelques centaines de mètres de large. Ces sables, peu évolués en surface avec un léger enrichissement en matière organique, sont très pauvres en sels minéraux ; la nappe phréatique est profonde.

De Fresco à Monogaga, sur les sables tertiaires, on rencontre surtout des sols ferrallitiques de type appauvri (en argile), à texture sableuse, souvent graveleuse, parfois indurés en cuirasse.

Des sols ferrallitiques typiques ou remaniés existent à l'est de Sassandra et dans la région de San Pedro.

Plus à l'ouest, dominent les pseudopodzols de nappe, milieux très perméables, sur les sables grossiers du cordon littoral, avec présence permanente d'une nappe phréatique à faible profondeur. Seul l'horizon humifère possède quelques éléments minéraux. On signale aussi ces sols en zone lagunaire (lagune Ébrié et Aby), sur le cordon littoral entre mer et lagune.

Dans tout l'ouest, à partir de Fresco, des sols hydromorphes plus ou moins humides occupent les zones déprimées localisées en bandes étroites et allongées dans les vallées et les bas-fonds.

Enfin, sur les rives des estuaires, les sédiments meubles d'origine fluviale donnent des sols hydromorphes à gley, salés, soumis au régime des marées.

Tout le secteur littoral est très habité ; de ce fait, les formations végétales primitives, notamment la forêt, ont laissé la place à des cultures et ne couvrent plus qu'une faible surface. GUILLAUMET et ADJANOHOUN (1971) décrivent les groupements végétaux rencontrés le long de la côte.

La forêt littorale est présente sur tous les types de sols ; elle comporte une strate arborée lâche et une strate arbustive dense et riche. Le recouvrement herbacé est très faible, parfois inexistant. Par rapport à la forêt dense équatoriale typique, cette formation est remarquable par l'absence de nombreuses espèces, exclues par des conditions édaphiques extrêmes. De rares fragments de forêt subsistent encore au sud des lagunes de Grand-Lahou, Ébrié, et au-delà de Grand-Bassam vers la lagune Aby.

Le fourré littoral est situé au contact de la mer sur les sols peu évolués issus des sables littoraux ou sur les falaises plus ou moins abruptes de l'ouest. C'est, soit une formation fermée où une strate supérieure dense recouvre une strate interne sciaphile pouvant être réduite sur sol temporairement inondé, soit une formation ouverte où la lumière pénètre, ce qui permet aux épiphytes de descendre à ras du sol.

Les groupements herbacés littoraux s'observent sur les sables du bord de mer ; ils reçoivent les embruns et sont soumis à une insolation sévère. Les plantes sont à stolons, en coussinets, crassulescentes, et leur recouvrement s'intensifie quand on s'éloigne de la mer.

Les savanes littorales sont établies sur les pseudopodzols à horizon humique pratiquement inexistant et où la nappe phréatique remonte jusqu'en surface une partie de l'année. Le peuplement herbacé à trois strates est peu recouvrant et surtout composé de graminées ; la végétation ligneuse est insignifiante. Trois zones de savane se situent respectivement entre Grand-Lahou et la lagune Ébrié, entre les lagunes Ébrié et Ouladdine et sur la moitié est du parcours du canal d'Assinie.

Les mangroves ne sont présentes que dans les estuaires, sur les sols hydromorphes salés à gley. Les palétuviers rouges à racines-échasses *Rhizophora racemosa* s'observent en bordure de mer et fixent le sédiment. Plus près de terre s'installent les palétuviers blancs à pneumatophores *Avicennia africana*. Les espaces vaseux sans arbres se couvrent de plantes herbacées comme *Paspalum vaginatum* et *Acrostichum aureum*.

Activité humaine

Les activités traditionnelles sont la pêche et l'agriculture. Les populations qui vivent le long du littoral de Côte-d'Ivoire appartiennent à plusieurs ethnies parmi lesquelles, pour ne citer que les principales, d'est en ouest, les Krou, les Avikan, les Alladian, les N'zima (ou Appolonien).

Actuellement, la pêche en mer est peu pratiquée par les Ivoiriens qui s'adonnent plutôt à la pêche lagunaire et à l'agriculture.

La culture vivrière la plus répandue est celle du manioc et la culture de rente celle du cocotier qui se satisfait de sols de fertilité le plus souvent médiocre mais légers et perméables (pseudopodzols et sols peu évolués sur sables marins), moyennant des apports d'azote et de potasse. De nombreuses palmeraies, villageoises ou industrielles, bordent aujourd'hui les plages, notamment à l'est d'Abidjan.

Malgré ce désintérêt pour la pêche en mer des populations locales parmi lesquelles seuls les Alladian maintiennent une activité notable sur la côte entre Jacqueville et Abidjan, on assiste ces dernières années à un développement de la pêche artisanale maritime. Des déplacements de populations du littoral du Ghana, du Bénin et du Liberia vers celui de la Côte-d'Ivoire ont toujours existé, mais le flux de pêcheurs étrangers, qui viennent s'établir dans des campements plus ou moins permanents, s'est aujourd'hui accéléré. Si le développement économique du sud-ouest, lié à la construction et à l'aménagement du port de San Pedro, opérationnel depuis 1971, a contribué à ce regain d'activité, le phénomène touche, en fait, toute la façade maritime. Parmi les Ghanéens, les Fanti sont installés sur toute la côte ; les Ewé restent cantonnés à la partie orientale et les Ga à la région d'Abidjan. Les Nanakrou, originaires du Liberia, se fixent dans l'ouest du pays. ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage) évaluent les captures annuelles de la pêche artisanale à 30 000-40 000 tonnes, un chiffre du même ordre de grandeur que celui de la pêche industrielle. Cette pêche industrielle est pratiquée par des chalutiers (6 000 tonnes par an), des crevettiers (200 - 300 tonnes), des sardiniers (30 000 tonnes) et fait l'objet d'études détaillées dans cet ouvrage. Signalons qu'Abidjan est aujourd'hui le premier port de débarquement de thons en Afrique de l'Ouest puisque 100 000 tonnes y transitent annuellement. D'importantes conserveries s'y sont d'ailleurs installées.

Enfin, pour être complet, il faut encore citer, parmi les richesses qu'apporte à la Côte-d'Ivoire l'exploitation de son littoral, l'extraction et le raffinage de pétrole, ainsi que le tourisme, concentré surtout dans l'est (Assinie) près d'Abidjan (Vridi) et dans l'ouest (San Pedro, Grand-Béréby).

Conclusion

Longtemps considéré comme un rivage hostile, difficile d'accès, le littoral de Côte-d'Ivoire, grâce à la création du port d'Abidjan, rendue possible par le percement du canal de Vridi, puis du port de San Pedro, connaît aujourd'hui une activité maritime importante (commerce, pêche) qui contribue largement à la richesse nationale. Des hommes continuent cependant de franchir la barre et les captures que ramènent leurs pirogues constituent un apport essentiel à l'économie des pêches ivoiriennes.

Il faut souhaiter que ce milieu marin reste autant que possible épargné par les pollutions et les souillures. Les eaux usées, domestiques et industrielles, d'Abidjan sont rejetées, avant de rejoindre la mer, en lagune Ébrié, qui joue le rôle de filtre et de milieu tampon ; il en va de même pour bon nombre de pesticides et engrais divers utilisés en agriculture dans les grandes plantations et qui passent dans les eaux de ruissellement.

Un autre danger vient de la mer et se manifeste par l'arrivée d'hydrocarbures sur les côtes. Dans les années 1970 en particulier, les produits du dégazage incontrôlé des soutes des pétroliers en route vers les terminaux du Nigeria ou du Gabon, venaient couvrir en plaques noirâtres et visqueuses le sable des plages, au grand désagrément des baigneurs. Bien qu'aucune étude vraiment sérieuse n'ait alors porté sur le sujet, la faune marine a probablement eu à en souffrir.

RÉFÉRENCES

AMON KOTHIAS (J.B.) et BARD (F.X.), 1993.— Les ressources thonières de Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 323-351.

AVENARD (J.M.), 1971.— Aspects de la géomorphologie. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris *Mém. ORSTOM*, 50 : 9-72.

CAVERIVIÈRE (A.), 1993.— Les ressources en poissons démersaux et leur exploitation. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 427-488.

ÉCOUTIN (J.M.), DELAUNAY (K.), KONAN (J.), 1993.— Les pêches artisanales maritimes. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. 1- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 537-549.

ELDIN (M.), 1971.— Le climat. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 73-108.

GALLARDO (Y.), 1993.— Les conditions océaniques du maximum des pluies littorales ivoiriennes en juin. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 63-73.

GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHEBŒUF (P.), 1971.— Aperçu sur les régimes hydrologiques. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 109-155.

GUILLAUMET (J.L.) et ADJANOHOUN (E.), 1971.— La végétation de la Côte-d'Ivoire. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 157-263.

HINSCHBERGER (F.) et POMEL (R.), 1979.— Oro-hydrographie. *In* : Atlas de Côte-d'Ivoire. Ministère Plan/ORSTOM/Institut Géographie Tropicale Abidjan.

LHOMME (F.) et VENDEVILLE (P.), 1993.— La crevette rose *Penaeus notialis* (Perez Farfante, 1967) en Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 489-520.

MAHÉ (G.), 1987.— Étude de la variabilité des apports hydriques continentaux dans le golfe de Guinée *en liaison avec son hydrologie océanique de surface*. Mém. DEA, Univ. Paris-XI, 103 p.

MARTIN (L.), 1977.— Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 61, 265 p.

PERRAUD (A.), 1971.— Les sols. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 265-391.

PEZENNEC (O.), MARCHAL (E.), BARD (F.X.), 1993.— Les espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : ressource et exploitation. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 387-426.

TASTET (J.P.), MARTIN (L.), AKA (K.), 1993.— Géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 23-61.

VARLET (F.), 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). Essai d'océanographie littorale. IFAN, *Études Éburn. 7* : 97-222.

GÉOLOGIE ET ENVIRONNEMENTS SÉDIMENTAIRES DE LA MARGE CONTINENTALE DE CÔTE-D'IVOIRE

Jean-Pierre TASTET, Louis MARTIN et Kouamé AKA

Les recherches sédimentologiques consacrées à la zone marine ivoirienne (figure 1) ont été menées en deux périodes :

— de 1967 à 1973, par MARTIN, à partir de missions à la mer du CRO sur le plateau continental ;

— à partir de 1982, TASTET et les équipes de l'université d'Abidjan et de l'université de Bordeaux-I ont étendu les investigations au domaine profond à la suite des missions TRANSIVOIRE.

Dans le cadre plus général de l'étude du golfe de Guinée, d'autres travaux ont intéressé la marge ivoirienne. Leurs résultats seront intégrés et cités dans notre contribution.

Nous présenterons successivement le cadre structural de la marge, sa morphologie et la couverture sédimentaire quaternaire des différents environnements morpho-sédimentaires de cette région du golfe de Guinée, avant de conclure sur l'histoire quaternaire récente de la mise en place de cette couverture.

Structure de la marge ivoirienne

La Côte-d'Ivoire appartient au vieux bouclier précambrien de l'Afrique de l'Ouest (TAGINI, 1971) qui, avant l'ouverture de l'Atlantique, était en continuité avec celui du Brésil (BLAREZ, 1986 ; MARINHO et MASCLE, 1987 ; figure 2).

La marge océanique ivoirienne est une marge passive qui s'est créée à partir du Jurassique supérieur ou du Crétacé inférieur par l'ouverture d'un rift intracratonique (figure 3), probablement contemporain du rajeunissement panafricain (BLAREZ, 1986). Il s'agit d'une marge de cisaillement (BOILLOT, 1983 ; BLAREZ et

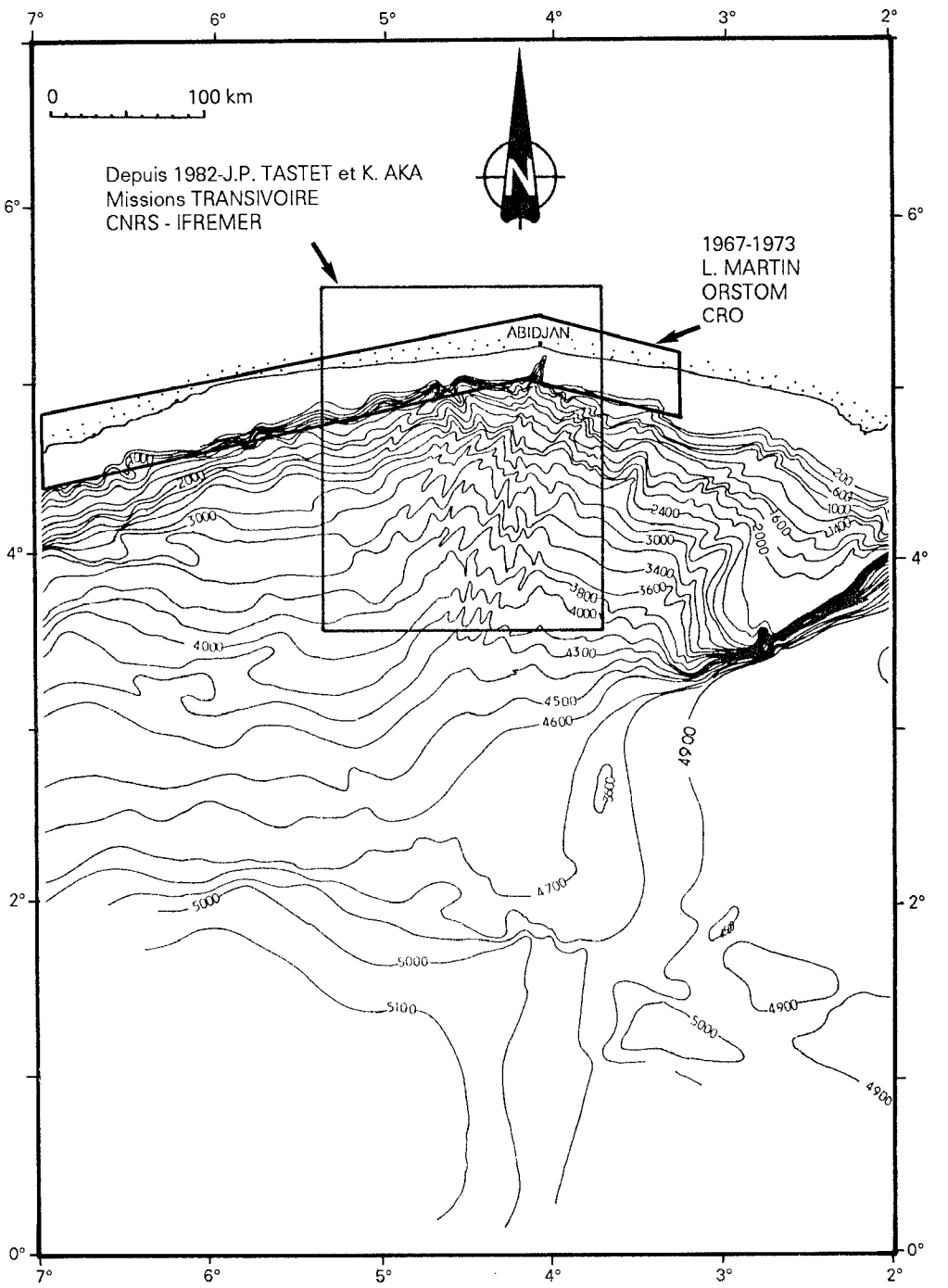


Figure 1
Localisation des zones étudiées sur la marge continentale de la Côte-d'Ivoire.

MASCLE, 1986) sous la dépendance des failles transformantes de Saint-Paul et de la Romanche (figures 3 et 4) qui limitent un bassin sédimentaire losangique de type « méga pull-apart » (BLAREZ, 1986).

Au nord, le prolongement de la zone de fracture de Saint-Paul constitue l'accident majeur de la « faille des lagunes » (SPENGLER et DELTEIL, 1966) qui, du fait du contexte géodynamique global (BLAREZ, 1986), a surtout joué en distension comme en témoigne sa structure en demi-rift (TASTET, 1979). Il constitue la limite septentrionale du bassin sédimentaire profond qui s'étend dans le domaine marin actuel sur une zone de

croûte continentale amincie et, au-delà de la fracture de la Romanche, sur la croûte océanique (figure 4).

Dans le domaine continental actuel, au nord de l'accident des lagunes, une couverture sédimentaire peu épaisse recouvre le socle précambrien. Elle s'étend en étroit croissant, de Sassandra à l'ouest jusqu'au Ghana à l'est (figure 4).

La bordure nord du domaine marin actuel, c'est-à-dire le littoral, est donc, à l'ouest de Sassandra, constituée des formations précambriennes et, à l'est, bordée par les dépôts sédimentaires méso-cénozoïques à quaternaires [1].

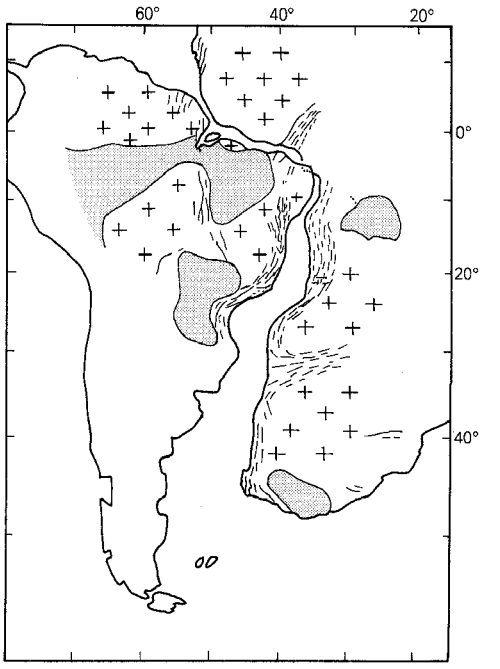


Figure 2
Position originelle des continents africain et sud-américain avant l'ouverture de l'Atlantique équatorial (d'après CURIE, 1985 *in* BLAREZ, 1986).

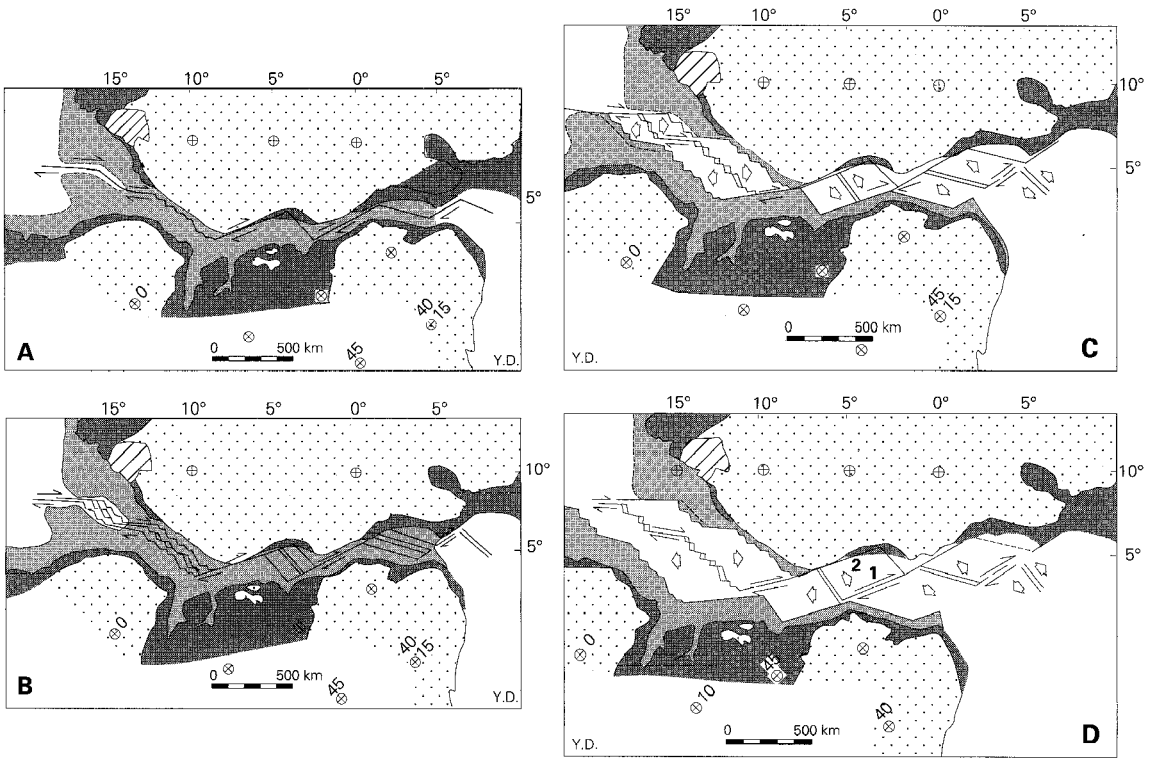


Figure 3
Différents stades de l'ouverture de l'Atlantique durant le Mésozoïque (d'après MARINHO et MASCLE, 1987) :
A - 133 Ma (millons d'années avant l'Actuel) ; B - 116 Ma ; C - 100 Ma ; D - 80 Ma ; 1 - fracture Romanche ;
2 - fracture Saint-Paul.

[1] La géologie de ces formations ainsi que la structure de la zone terrestre du bassin sédimentaire sont traitées au chapitre « Géologie » du volume II de cet ouvrage.

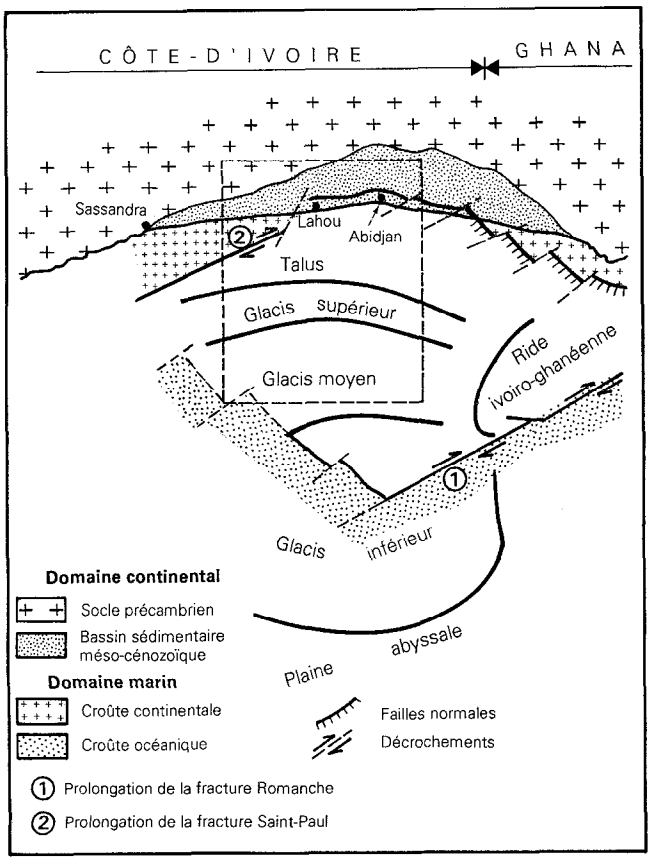


Figure 4
Schéma structural de la marge continentale de la Côte-d'Ivoire (d'après BLAREZ, 1986, modifié).

Morphologie

La morphologie de la marge ivoirienne est sous la double dépendance des traits structuraux et de la nature et l'importance des mécanismes sédimentaires d'érosion et de sédimentation depuis l'ouverture de l'Atlantique.

LE LITTORAL

D'ouest en est, sur la ligne de côte, peuvent se distinguer trois zones morphostructurales différentes (figure 5) :

— une zone de socle et croûte continentale ;
— une zone de couverture sédimentaire peu épaisse ;
— une zone de bassin profond, à la limite entre la croûte continentale et la croûte amincie.

De Tabou à Sassandra

La ligne de côte bordée par le socle est orientée en moyenne dans le 67° 50'. C'est une côte de plateaux limités au sud par une falaise morte, parfois couverte de végétation et qui domine de 20 à 100 m une étroite plaine littorale ou la plage actuelle. Elle est caractérisée par sa « disposition en échelons » (TRICART, 1957) où des portions de côtes rectilignes sont décalées les unes par rapport aux autres (figures 5 et 6). Les observations de terrain permettent d'expliquer ces formes par la lithologie et la structure du socle (TASTET, 1972, 1985).

Le plus fréquemment, les caps sont « sous-tendus » par des filons ou des inclusions de roches plus résis-

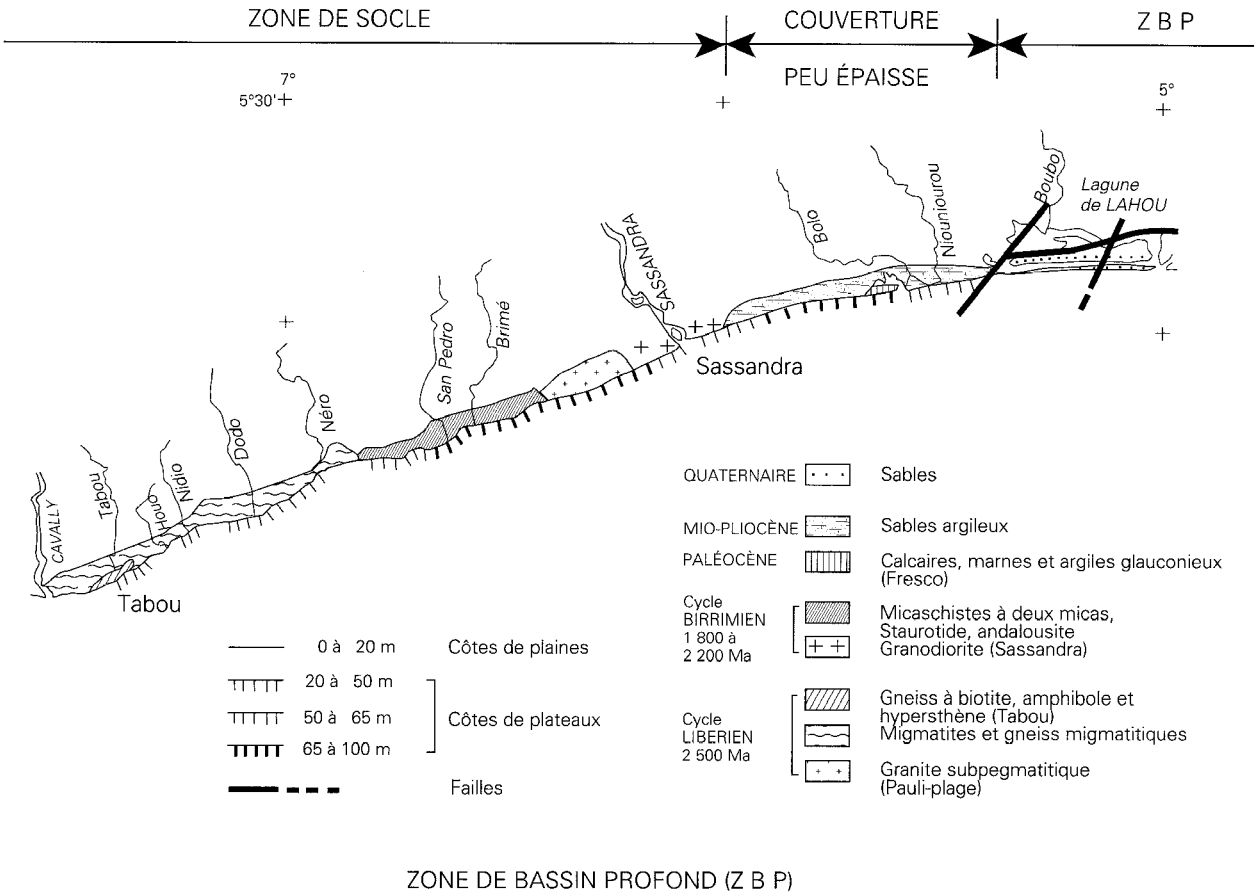


Figure 5
Géologie et morphologie du littoral de Côte-d'Ivoire (d'après les travaux de BERTON, 1963a, b, c ; PAPON, 1965, 1973 ; LETALENET, 1965 ; SASCA, 1966 ; ROQUES, 1967 ; TASTET, 1979).

tantes à l'érosion que leurs voisines. C'est le cas des caps de Tabou ou de la pointe Ombloké qui sont liés à des filons de dolérites perpendiculaires aux gneiss encaissants (figures 6a et 6b) ou encore de la pointe Taky dont les deux caps correspondent à des filons de « gabbro doléritique » et des filons pegmatitiques (figure 6c). De même, le cap de Monogaga correspond à des filons de dolérites « récentes » (700 à 1 000 Ma) recoupant les migmatiques libériennes (PAPON et LEMARCHAND, 1967). Il arrive aussi que des caps correspondent à des passées plus homogènes (granitoïdes) dans des roches métamorphiques orientées (migmatites) comme aux pointes Oulidié et Dahoua ou à des enclaves amphibolitiques concordantes dans ces mêmes roches.

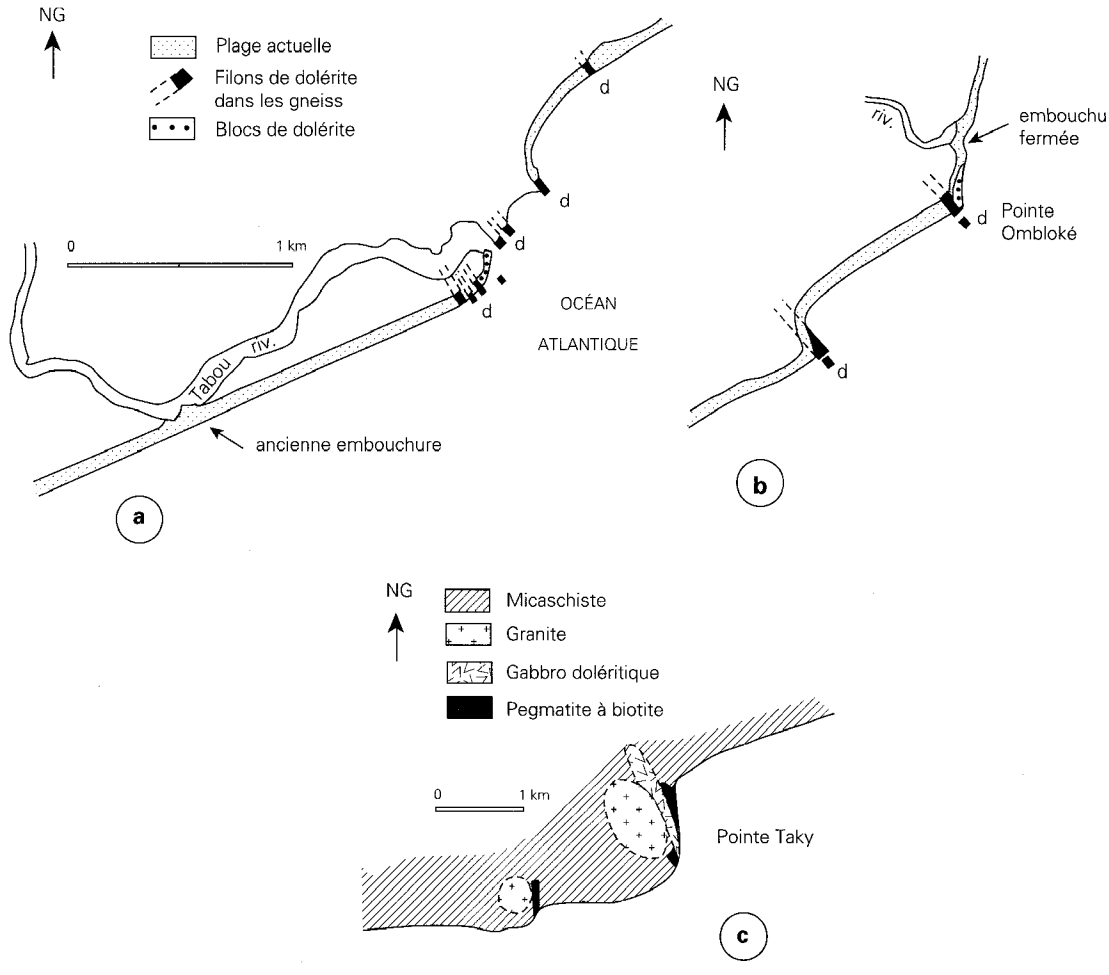


Figure 6
Morphologie et géologie des caps du littoral de la zone de socle précambrien.

Donc, dans la zone du socle, le tracé en échelons de la côte est consécutif à une érosion différentielle. Les caps ou pointes, étant le plus souvent « sous-tendus » par des roches plus résistantes que l'encaissant, se comportent comme un épi favorisant ainsi le dépôt à l'ouest et l'érosion à l'est conformément à une dérive littorale générale d'ouest en est (MARTIN, 1977). Les embouchures des rivières ou marigots situés à l'est de tels caps sont permanentes (rivière de Tabou, l'ancien San Pedro), car elles débouchent dans des anses protégées des houles du sud-ouest, souvent utilisées pour le mouillage de navires de fort tonnage.

De Sassandra à la lagune de Lahou

La ligne de côte rectiligne, orientée dans le 80°, est bordée de formations sédimentaires méso-cénozoïques reposant sur le socle peu profond (figures 4 et 5).

C'est une côte de plateaux où des falaises mortes dominent de 20 à 65 m une étroite plaine littorale. C'est seulement dans la région de Fresco que s'observent des falaises vives, entaillées dans les formations paléocènes.

De la lagune de Lahou au Ghana

Le trait de côte se situe dans la zone du « bassin profond », au sud de l'accident majeur des lagunes (figures 4 et 5).

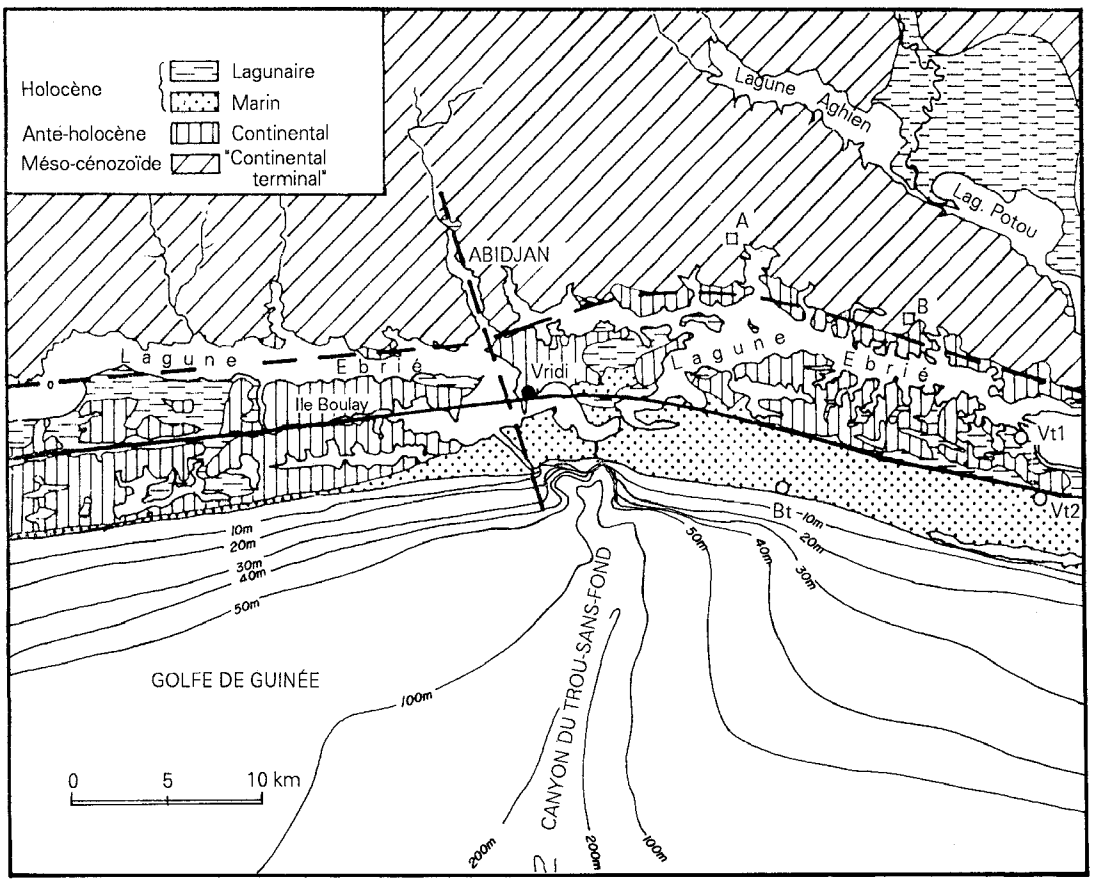


Figure 7
Morphologie et géologie de la région d'Abidjan.

Il s'agit d'une côte basse, lagunaire, rectiligne, bordant une large plaine littorale quaternaire, subissant un brusque changement de direction au niveau d'Abidjan à l'emplacement de la tête immergée du canyon sous-marin du Trou-sans-Fond (figure 7).

À l'ouest d'Abidjan, le rivage est orienté dans le 83° ; il est légèrement oblique aux directions structurales majeures proches de 87° (figure 7). Les formations holocènes du littoral sont constituées par une bande étroite de 3 à 4 cordons marins, de 6 à 9 m d'altitude, s'appuyant sur des dépôts sableux anté-holocènes (TASTET, 1985).

À l'est d'Abidjan, le rivage, orienté dans le 100°, est pratiquement parallèle aux directions structurales majeures. Il limite, au sud, une large plaine de cordons sableux holocènes dont l'extension peut atteindre 4 à 5 km de part et d'autre de Grand-Bassam (figure 7).

LE PLATEAU CONTINENTAL

La plate-forme continentale ivoirienne est située, dans sa partie occidentale, jusqu'à la lagune de Lahou au nord de la prolongation de la fracture Saint-Paul (figure 4), sur de la croûte continentale peu profonde. À l'est, elle est tout entière dans la zone à croûte amincie (figure 4). Ces traits structuraux ne semblent pas influer sur sa morphologie.

La rupture de pente entre le plateau et le talus se situe en général entre 115 et 120 m, localement à 85 m au large de Tabou (MARTIN, 1973a).

La plate-forme ivoirienne est relativement étroite et sa largeur varie de 20 à 35 km. Elle est entaillée devant Abidjan par un important canyon sous-marin, le « Trou-sans-Fond », dont la tête affecte le littoral et

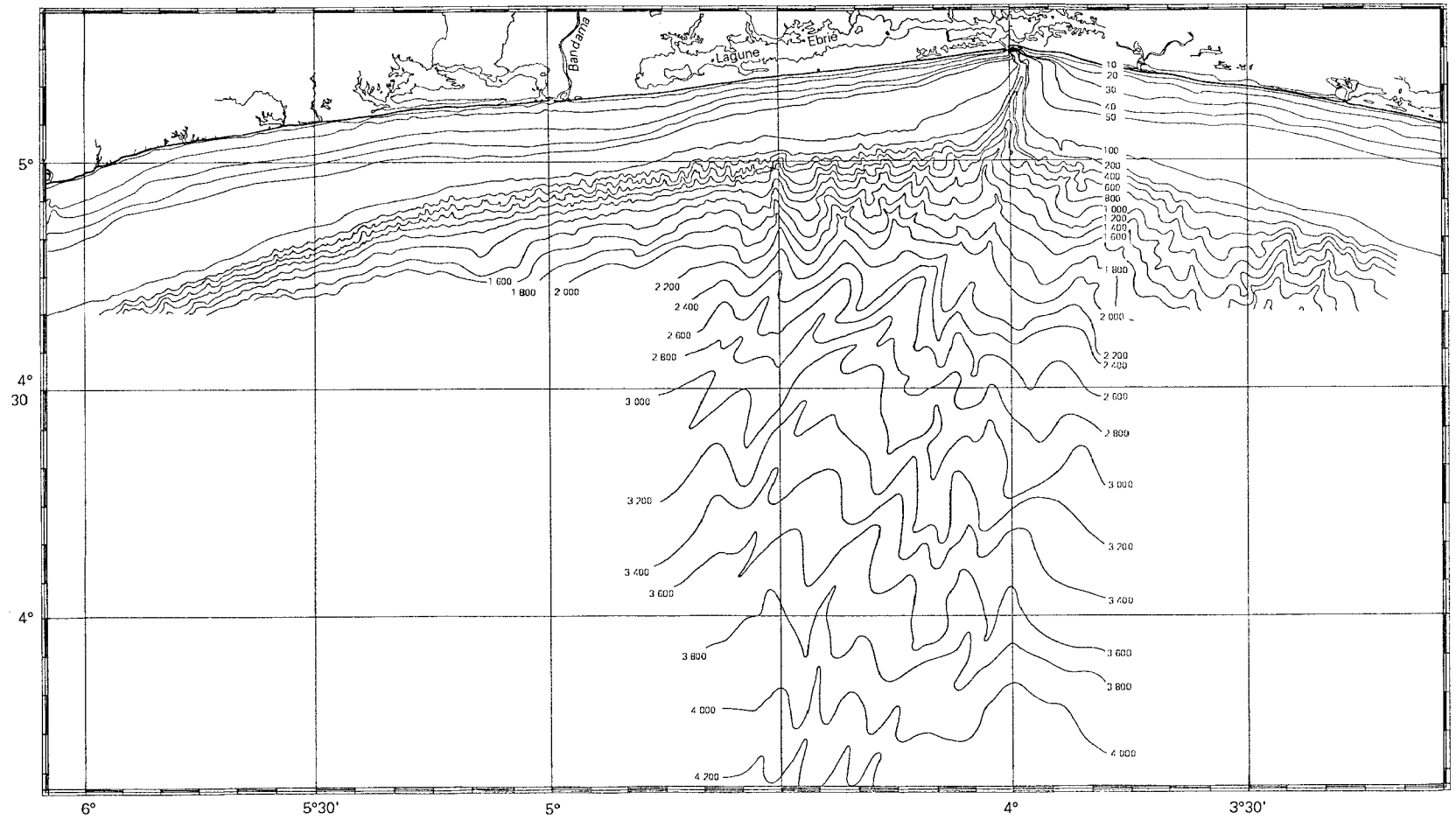


Figure 8
Carte bathymétrique de la marge ivoirienne et du glacis continental au voisinage du canyon du Trou-sans-Fond (profondeurs en mètres).

qui atteint 1000 m de profondeur au niveau du talus (figure 8). Excepté cette vallée, le plateau continental est très peu accidenté. Sa surface régulière n'est que localement perturbée par des bancs rocheux, discontinus, parallèles à la côte et assimilables à des beach-rocks fossiles (MARTIN, 1977). On les rencontre le plus souvent autour des profondeurs de 45, 70, 80 et 90 m (figures 9 et 14). Dans la moitié occidentale du pays, il existe entre 0 et 45 m des pointements isolés du socle cristallin.

Dans les profils transverses de la plate-forme, il est possible de distinguer des zones convexes, des zones concaves et des zones intermédiaires (figure 9).

Les profils convexes se rencontrent au large des embouchures des grands fleuves : Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé ; ils correspondent aux zones vaseuses d'importante sédimentation actuelle.

Les profils concaves correspondent aux régions sableuses ; ils sont situés entre les zones d'apports sédimentaires actuels. Ils montrent souvent des ruptures de pente correspondant aux barres rocheuses, gréseuses, citées plus haut.

Entre ces deux types de profils, s'observent des morphologies intermédiaires, correspondant à la bordure des zones de sédimentation actuelle ou holocène.

Dans presque tous les cas, ces profils sont limités du côté externe par un replat localisé entre 100 et 115 m qui paraît assimilable à une surface d'abrasion en période de bas niveau marin.

La pente moyenne de la plate-forme ivoirienne (MARTIN, 1977) varie selon les zones de 0,34 à 0,57 % ; elle est comprise entre 0,85 et 2,25 % dans les 25 premiers mètres, entre 0,16 et 0,25 % au-delà et atteint 0,80 % entre 90 m et le rebord du plateau.

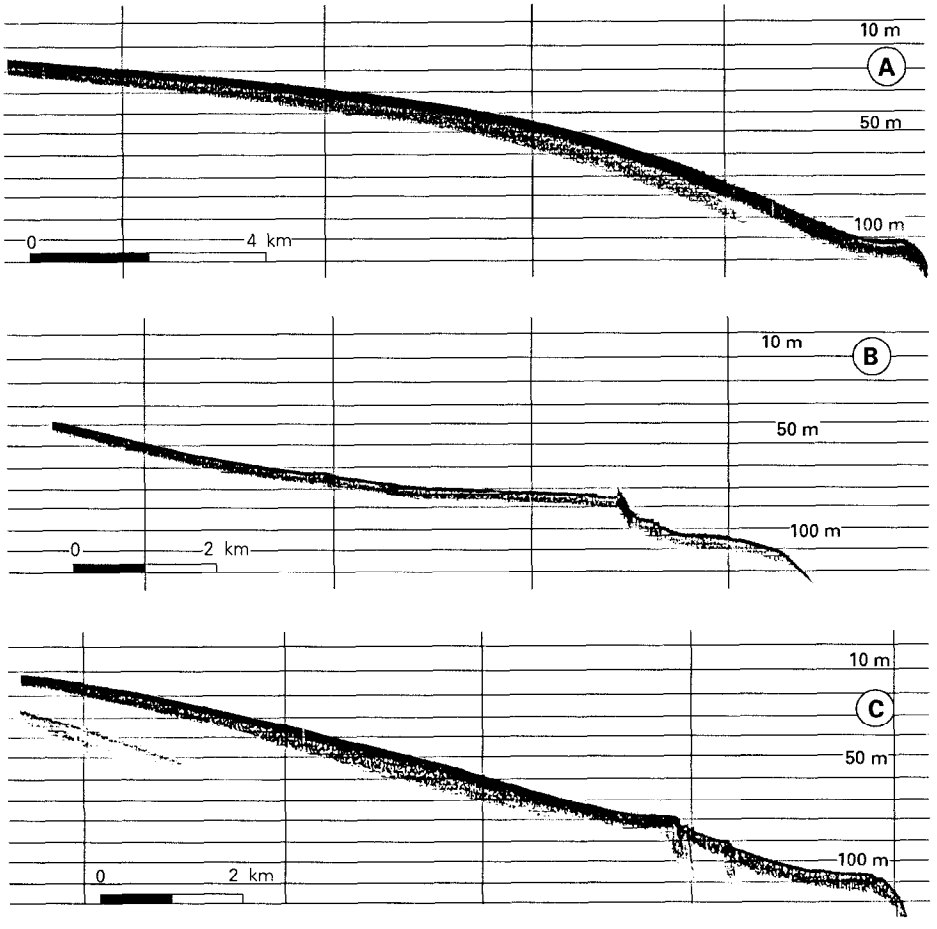


Figure 9
Profils bathymétriques en travers du plateau continental ivoirien ; localisation sur la figure 14.

LE DOMAINE PROFOND

La morphologie du domaine profond de la marge ivoirienne est fortement marquée par la présence du canyon sous-marin du Trou-sans-Fond (BUCHANAN, 1887) qui entaille la marge, de la côte à la plaine abyssale.

L'analyse des documents cartographiques de MARTIN (1969a, 1973a), de la mission EQUAMARGE (DROZ *et al.*, 1985 ; BLAREZ, 1986) et des reconnaissances bathymétriques des missions TRANSIVOIRE (AKA et TASTET, 1986) permet de définir différents domaines morphologiques (figures 10, 11 et 12) :

— de la rupture de pente du plateau continental (120 m) à 2 400 m, s'étend le ***talus continental*** à pente

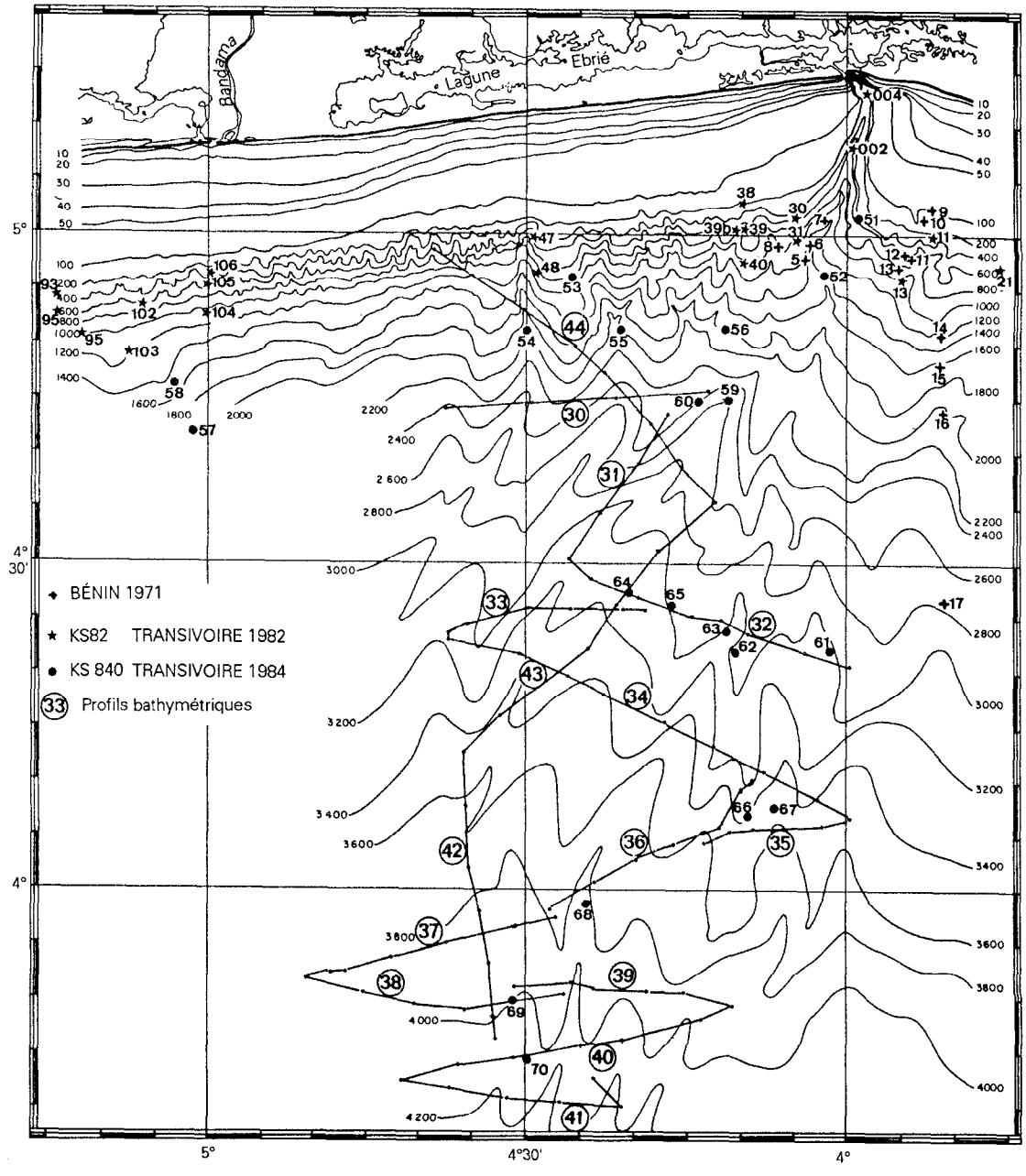


Figure 10
Localisation des carottes et des itinéraires bathymétriques réalisés dans la partie profonde de la marge de Côte-d'Ivoire.

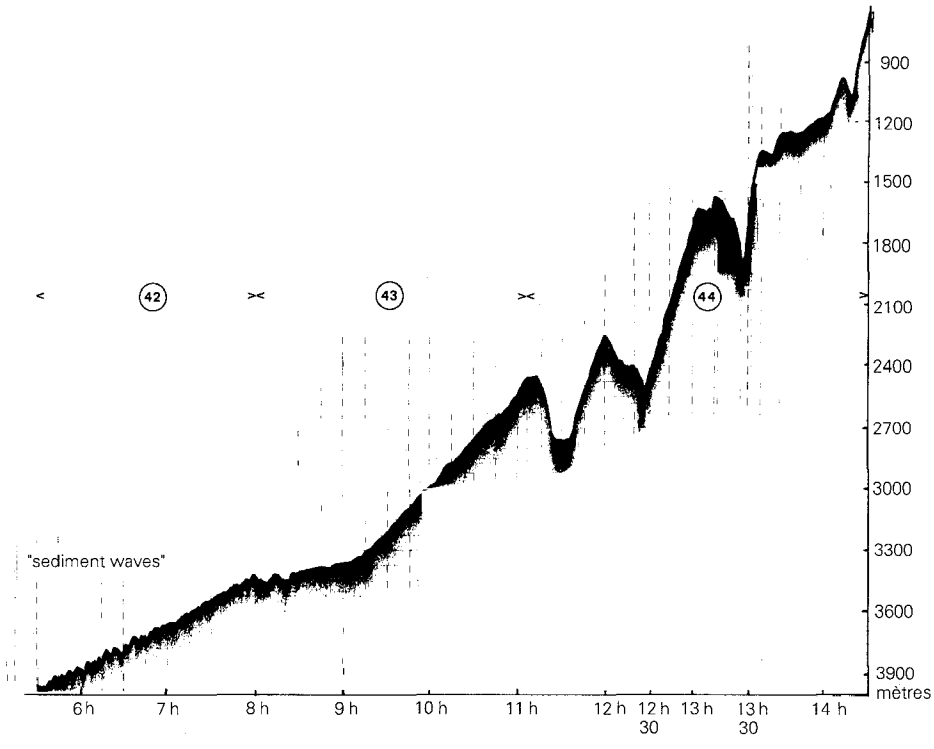


Figure 11
Profil bathymétrique nord-sud de la marge de Côte-d'Ivoire ; localisation sur la figure 10.

raide (7 % à l'ouest du Trou-sans-Fond et 5 % à l'est) ; il est parcouru de nombreux chenaux nord-sud (gullies), grossièrement parallèles à la ligne de plus grande pente. Les gullies sont séparés par des interfluves convexes, comportant des dépressions plus modestes ;

— au-delà de 2 400 m, s'étend le ***glacis continental*** où se distinguent nettement trois provinces de gradients bathymétriques différents (DROZ *et al.*, 1985) :

• de 2 400 à 3 200 m, s'individualise un ***glacis supérieur*** dont la pente est d'environ 2,6 % ; les gullies du talus y prennent une direction générale parallèle à celle du Trou-sans-Fond ; ils sont bordés de levées bien individualisées ; les levées plus importantes correspondent au chenal du Trou-sans-Fond ; elles se présentent en bourrelets successifs de part et d'autre du chenal (figure 12, profil 32) ;

• de 3 200 à 4 200 m, le ***glacis moyen*** présente une surface mamelonnée, *sediments waves* de NORMARK et HESS (1980), caractéristique des levées d'un éventail détritique sous-marin et mise en place par des courants de turbidité de faible vitesse et faible densité (NORMARK et HESS, 1980) ; la pente moyenne est de 1,4 % (figures 11 et 12) ;

• au-delà de 4 200 m et jusqu'à 4 600 m, s'étend le ***glacis inférieur***, à très faible pente (0,6 % ; DROZ *et al.*, 1985), qui n'a pas été prospecté au cours du programme TRANSIVOIRE ;

— talus et glacis sont parcourus par des chenaux dont on distingue deux catégories : les chenaux à profil en V ou chenaux actifs (NORMARK et HESS, 1980) sont ceux où dominent le transit sédimentaire, les chenaux à fond plat (en U) ou chenaux en voie de comblement, qui ne sont plus soumis qu'à des apports pélagiques à hémipélagiques (figure 12) ;

— le canyon du ***Trou-sans-Fond*** constitue le trait morphologique majeur de cette marge (MARTIN, 1970, 1977 ; DIETZ et KNEBEL, 1971) ; il débute tout près de la côte par une tête bifide et entaille profondément le plateau continental en une vallée étroite qui atteint 1000 m de profondeur au bord du talus ; il se poursuit jusqu'à la plaine abyssale du golfe de Guinée par un chenal sinueux de largeur fluctuante et bordé de levées (figure 12) ; vers 3 000 m, il subit un brusque décalage vers l'ouest semblant abandonner un cours actuellement occupé par un chenal comblé.

Du point de vue structural, il a été montré que le canyon actuel est creusé dans le remplissage sédimentaire d'un canyon anté-miocène (SIMON et AMAKOU, 1984). Sa morphologie permet de penser qu'il est actif et qu'il conduit à la plaine abyssale le matériel sédimentaire reçu par l'apport de la dérive littorale (VARLET, 1958 ; DIETZ et KNEBEL, 1971 ; MARTIN, 1974a ; TASTET *et al.*, 1985).

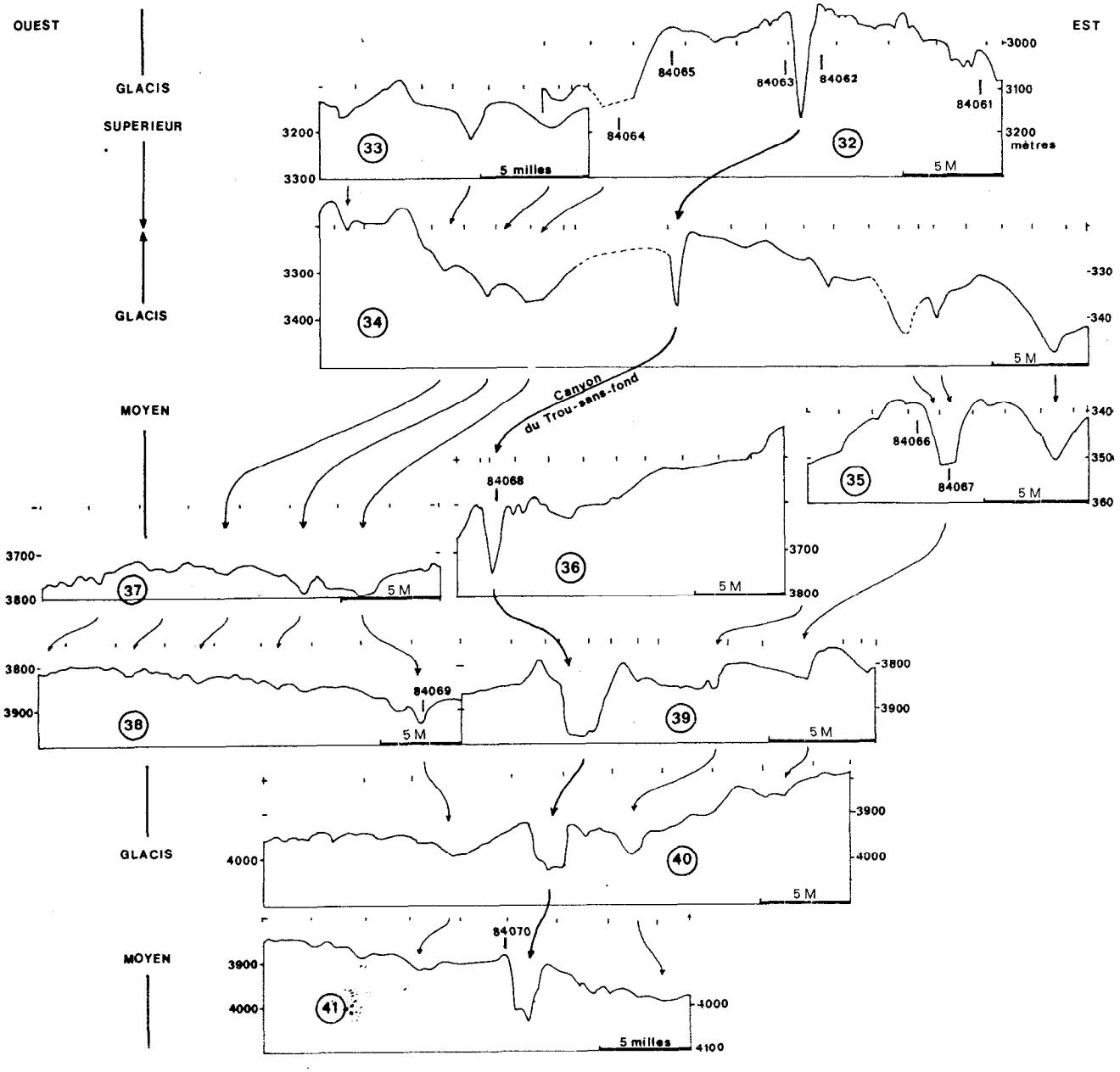


Figure 12
Coupes morphologiques en travers du glacis et position des carottes KS 84061 à 84070.

Facteurs de la sédimentation océanique

Les différents domaines morphologiques de la marge sont le siège d'une sédimentation plus ou moins importante et plus ou moins différenciée tant dans l'espace que dans le temps au cours du Quaternaire.

Du point de vue sédimentaire, comme du point de vue morphologique, deux domaines s'opposent : la plate-forme et le domaine profond.

FACTEURS ACTUELS

Nous distinguerons les facteurs continentaux et les facteurs océaniques.

Facteurs continentaux

Les principaux facteurs continentaux qui influent sur la sédimentation océanique sont les caractéristiques climatiques, avec leurs conséquences directes sur la végétation et l'hydrologie, et le contexte géologico-morphologique.

Climat et végétation

La zone littorale de Côte-d'Ivoire appartient au domaine climatique guinéen caractérisé par deux saisons des pluies, une « grande » centrée sur juin et une « petite », plus courte, centrée sur octobre (TOUPET, 1968 ; ELDIN, 1971). Ces saisons sont séparées par des épisodes non pluvieux. La pluviométrie annuelle (ASECNA, 1971 ; COMBRES et ELDIN, 1971) varie le long du littoral de la Côte-d'Ivoire entre 1 500 et 2 500 mm/an. La moyenne annuelle de température est de 26 °C avec des moyennes mensuelles extrêmes de 28,5 °C en avril et 24,5 °C en août. L'humidité relative est constante toute l'année avec une moyenne de 80 à 85 %.

Ce climat est favorable au développement de la forêt dense sempervirente de type équatorial (ADJANOHOUN, 1965 ; ADJANOHOUN et GUILLAUMET, 1971). Des conditions édaphiques particulières permettent le développement de formations hydromorphes (forêt marécageuse et mangrove), respectivement dans les dépressions humides ou le bord des lagunes saumâtres, ou des savanes incluses littorales sur les cordons marins holocènes. Ces éléments naturels favorisent l'altération des roches et l'élaboration des sols et la masse des précipitations ne donne lieu qu'à un écoulement assez faible (ROUGERIE, 1960).

Hydrologie continentale

Malgré un coefficient de ruissellement très faible, 4,1 % dans la zone littorale (ADOU, 1973) et 12 à 18 % pour l'ensemble de la zone forestière (MARTIN, 1977), la Côte-d'Ivoire est drainée par quatre grands fleuves nés en pays de savane et qui la traversent du nord au sud. Ce sont de l'est à l'ouest : le Comoé, le Bandama, le Sassandra et le Cavally. Ces fleuves ont un débit irrégulier dont la moyenne est respectivement de 300, 400, 575 et 600 m^3/s (GIRARD *et al.*, 1971 ; MARTIN, 1977). En plus de ces grands axes, le drainage de la côte atlantique s'effectue par des petits fleuves côtiers se jetant le plus souvent dans les lagunes.

Les eaux fluviales transportent des matières dissoutes et des suspensions. Les mesures faites en mer aux débouchés actuels des fleuves Bandama et Comoé montrent que la turbidité est, en période de crue, de 6 et 3 mg/l et, en étiage, de 0,7 à 0,8 mg/l. On peut donc estimer les apports en suspension à l'océan par les fleuves à une moyenne annuelle de 2,5 à 3 mg/l. Pour l'ensemble du littoral ivoirien cela correspondrait à une estimation des exportations de matière solide de 150 000 à 200 000 t par an.

Contexte géologico-morphologique

La Côte-d'Ivoire est dans sa majeure partie un pays de socle cristallin et métamorphique (ROUGERIE, 1960). Ce socle pénéplané, de faible altitude, s'organise en niveaux étagés, couronnés par d'épaisses altérites latéritiques kaoliniques, entre 400 et 500 m au nord et moins de 100 m au sud.

Ce sont ces altérites qui sont à l'origine des matériaux détritiques apportés à l'océan, en suspension, par les fleuves présentés plus haut.

Facteurs océaniques

Les facteurs océaniques qui ont une influence sur la sédimentation au large de la Côte-d'Ivoire dépendent des caractéristiques physiques de l'océan Atlantique dans cette région (hydrologie, état de la mer et directions des courants). Ces caractéristiques physiques sont étudiées dans le chapitre « Environnement climatique et océanographique sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire ». Nous les rappellerons brièvement.

Contrairement aux autres régions du golfe de Guinée, qui ont de faibles variations thermiques, les eaux néritiques de Côte-d'Ivoire présentent des différences de température de l'ordre de 10 à 15 °C au cours de l'année. Ces variations sont dues à la présence d'un upwelling local dont les vents de sud-ouest sont le moteur. Salinité et teneur en oxygène connaissent également des variations importantes. La Côte-d'Ivoire, située dans la zone des calmes équatoriaux, n'est pratiquement jamais parcourue par des dépressions importantes. Les grains orageux qu'on y observe souvent n'ont qu'une action négligeable sur le niveau de la mer. En moyenne, les houles viennent du sud-ouest ; les plus fortes se produisent en mai-juin et les plus faibles en novembre-décembre. Le marnage est faible et la marée est sensiblement en phase sur tout le littoral d'où la faiblesse des courants de marée. Enfin, les coupes de distribution verticale de la composante zonale des courants font apparaître un système de courants opposés. En surface, le courant de Guinée, de 10 à 20 m d'épaisseur, s'écoule vers l'est. Sous cette couche superficielle, un contre-courant s'écoule vers l'ouest. Par ailleurs, la composante méridienne de ces courants, perpendiculaire à la côte, est beaucoup plus faible que la composante axiale. Sa vitesse est en général inférieure à 10 cm/s sauf en juin où, en période d'upwelling, on observe en surface des vitesses supérieures à 30 cm/s vers le sud.

Les variations saisonnières des conditions hydrologiques entraînent des variations des conditions physico-chimiques qui règnent sur le fond. Celles-ci pourront être très différentes de celles que l'on rencontre par exemple sur le plateau continental du Nigeria où les conditions hydrologiques sont beaucoup plus stables. Par ailleurs, les composantes axiales et méridiennes des courants vont jouer un très grand rôle dans la localisation, sur le plateau continental, des zones de dépôt des sédiments fins apportés par les cours d'eau. Enfin, le sens et l'intensité du transport des sables le long de la côte sera fonction de l'angle des fronts de houle avec la ligne de côte.

Variation des facteurs océaniques et continentaux au cours du Quaternaire récent

Le Quaternaire a été caractérisé par d'importantes variations des climats et du niveau relatif de la mer. Des bas niveaux marins ont correspondu aux glaciations et des hauts niveaux aux périodes interglaciaires. Le maximum de la dernière glaciation s'est produit vers 18 000 ans BP et actuellement nous sommes dans une période interglaciaire ; l'optimum de l'interglaciaire antérieur se situe aux environs de 125 000 ans BP.

Variation des facteurs océaniques

Il est évident que les caractéristiques physiques de l'océan ont connu des modifications importantes au cours d'une glaciation, mais ce sont les variations du niveau relatif de la mer qui ont été les plus spectaculaires et qui ont joué le rôle le plus important sur la sédimentation au large de la Côte-d'Ivoire.

Pour établir une courbe de variation du niveau relatif de la mer, il est nécessaire de reconstruire un nombre suffisant d'anciennes positions de celui-ci au cours d'une période de temps donnée. Pour ce faire, il faut définir, dans l'espace et dans le temps, des marqueurs de ces anciennes positions. Un marqueur sera défini dans le temps par la détermination de son âge, à l'aide d'une méthode de datation (^{14}C par

exemple). Il sera défini dans l'espace par la connaissance de sa relation avec l'ancien niveau de la mer. Par ailleurs, la position relative du marqueur, dans une séquence sédimentaire, pourra indiquer le sens de la variation du niveau de la mer.

À partir d'un certain nombre de datations d'origines diverses, effectuées pour la plupart sur des échantillons de tourbe et d'algues calcaires prélevées par carottage sur le plateau continental ou sur le littoral (tableau I), il a été possible d'établir les grandes lignes des variations du niveau relatif de la mer au cours des 25 000 dernières années (MARTIN, 1972a, 1977 ; MARTIN et DÉLIBRIAS, 1972 ; MARTIN et TASTET, 1972 ; TASTET, 1979 ; STRIL, 1987). Des datations récentes, réalisées par TASTET et DÉLIBRIAS (données encore inédites figurant au tableau I), permettent de les préciser.

Vers 23 000 ± 1 000 ans BP, le niveau relatif de la mer, en abaissement (figure 13), se situait environ 65 m sous le niveau actuel. MC MASTER *et al.* (1970) ont pu établir qu'à 18 750 ± 350 ans le niveau relatif de la mer au large de la Guinée se situait 103 à 110 m au-dessous du niveau actuel. Par ailleurs, les terrasses d'abrasion très nettes, situées entre - 110 et - 115 m (figure 9) indiquent une phase de stationnement du niveau marin, correspondant vraisemblablement au maximum de la phase d'abaissement. En fonction de la reconstitution de MC MASTER *et al.* (1970), on peut penser que ce maximum s'est produit légèrement plus tard et donc vers 18 000 ans BP Ensuite, la remontée marine, qui a succédé au bas niveau du maximum glaciaire, s'est effectuée à une vitesse variable et ce phénomène a certainement été général (BARD *et al.*, 1990).

En Côte-d'Ivoire, il semble qu'il se soit produit deux ralentissements, ou stationnements, et deux accélérations dans la transgression. Le premier stationnement, daté au ^{14}C de 15 000 à 13 000 ans BP, se serait situé vers - 80 m et le second, daté de 11 000 à 12 000 ans, vers - 60 m. Ils correspondent respectivement : le premier à un beach-rock important à - 80 m et de nombreux nodules d'algues calcaires à des profondeurs supérieures (13 nodules datés entre 12 800 et 15 000 ans), le second à des tourbes lagunaires autour de - 60 m et de rares algues plus profondes (3 nodules datés).

Il semble que le niveau actuel ait été dépassé vers 6 000 ans BP Depuis cette date, le niveau de la mer a connu plusieurs oscillations de faible amplitude (± 2 m) autour du niveau actuel (TASTET, 1978).

Il est donc clair qu'à l'époque du maximum de la dernière glaciation, tout le plateau continental était émergé. Le rivage se situait alors au sommet du talus et, en conséquence, les conditions de sédimentation sur la marge étaient totalement différentes des conditions actuelles.

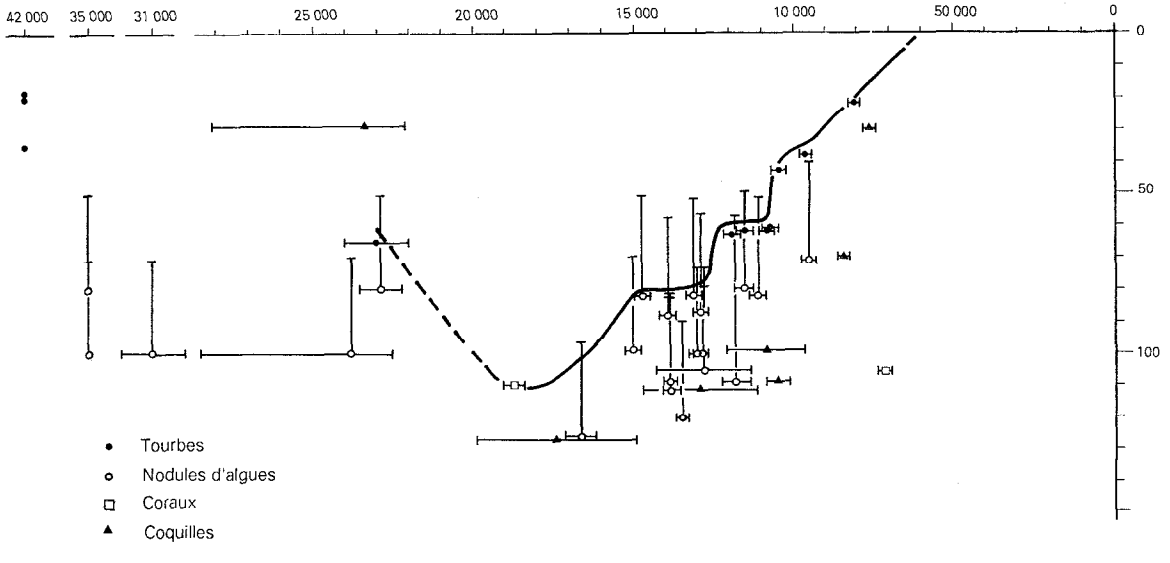


Figure 13
Variations relatives du niveau de la mer sur le plateau continental ivoirien entre 25 000 et 5 000 ans B.P.

TABLEAU I

Datations au ^{14}C réalisées sur la marge ivoirienne et utilisées dans

AUTEURS	RÉFÉRENCES	LOCALISATION		COTE (m)
		Nord	Ouest	
ASSEMIEN (1971)	Agn	5°23'	4°18'	≈ 0
TASTET- DELIBRIAS	82028- 38	5°05'	4°04'	-106
TASTET- DELIBRIAS	82050-155	5°07'	4°29'	- 29,5
TASTET (1976)	Assinie	5°08'	3°19'	- 22
TASTET- DELIBRIAS	82035- 25	5°09'	4°10'	- 70
TASTET - DELIBRIAS	82035- 34	5°09'	4°10'	- 70,5
TASTET (1976)	IVCO	5°06'	3°31'	- 38
MARTIN (1972)	C 30	4°58'	5°50'	- 43
TASTET	82107-140	4°58'	4°59'	- 108,5
MARTIN (1972)	C 55	4°48'	6°00'	- 61
MARTIN (1972)	B 29	4°56'	5°53'	- 62
TASTET - DELIBRIAS	82053-128	5°02'	4°39'	- 99
MARTIN (1972)	C 39	4°32'	6°40'	- 82
MARTIN (1972)	C 11	4°52'	3°10'	- 80
MARTIN (1972)	C 57	4°50'	5°55'	- 62
TASTET	82107-155 A	4°58'	4°59'	-108,5
MARTIN (1972)	A 10	5°08'	4°21'	- 63
TASTET - DELIBRIAS	82028- 50	5°05'	4°04'	-105,5
TASTET - DELIBRIAS	82037- 70	5°04'	4°09'	-111
TASTET- DELIBRIAS	82010-185	5°03'	4°30'	- 88
MARTIN (1972)	DR 2	5°02'	4°27'	- 100
MARTIN (1972)	DR 1	5°02'	4°27'	- 100
MARTIN (1972)	C 43	4°36'	6°30'	- 82
MARTIN (1972)	C 8	5°03'	3°55'	- 100
TASTET	82046- 25	5°02'	4°29'	- 120
TASTET - DELIBRIAS	82037- 40	5°04'	4°09'	- 111,5
TASTET	82107-155 8	4°58'	4°59'	- 108,5
MARTIN (1972)	D 2	4°29'	6°50'	- 89
MARTIN (1972)	C 48	4°38'	6°20'	- 82
MARTIN (1972)	C 1	5°10'	4°02'	- 99
TASTET - DELIBRIAS	2020-250	4°59'	3°46'	-125,5
TASTET - DELIBRIAS	82020-125	4°59'	3°46'	-127
MACMASTER *et al.* (1970)		9°14'	15°37'	-110
MARTIN (1972)	D 12	4°12'	7°30'	- 80
MARTIN (1972)	B 5	5°08'	4°15'	- 65
TASTET - DELIBRIAS	82050-235	5°07'	4°29'	- 28,5
TASTET - DELIBRIAS	82045-210	5° 03'	4° 30'	- 100
TASTET - DELIBRIAS	82045-280	5° 03'	4°30'	- 100
MARTIN (1972)	C 24	5°01'	3°40'	- 80
MARTIN (1972)	D 17	4°23'	7°15'	- 60
TASTET (1972)	CE 678/6	5°16,8'	4°00'	- 35
TASTET (1972)	CE 738/2	5°15,8'	3°50'	- 19
TASTET (1972)	CE 738/1	5°15,8'	3°50'	- 20

la reconstitution des variations du niveau de la mer (figure 13)

ÂGE BP		RÉFÉRENCES LABORATOIRES	Datation	OBSERVATIONS
4 990	± 120		2 292	Tourbes de mangrove traduisant une « incursion marine » à l'intérieur des vallées fluviales
7 100	± 100	Gif	7 412	Polypier solitaire
7 600	± 50	Gif	7 420	Débris coquilliers (*Cardita, Corbula, Chlamys*, etc.) polypier, bryozoaires
8 045	± 100	LRMR Bx	1-10-74	Tourbe de mangrove
8 360	± 110	Gif	7 414	Gastéropode *Lathyrus* cf. *fibrus*
9 410	± 150	Gif	7 415	Nodule algaire de milieu agité
9 625	± 125	LRMR Bx	1-10-74	Tourbe de mangrove
10 400	± 200	Gif	1 619	Tourbe de mangrove
10 410	± 310	Ly	4 138	Gastéropode *Semicassis saburon*
10 700	± 200	Gif	1 617	Tourbe de mangrove
10 800	± 200	Gif	1 616	Tourbe de mangrove
10 840	± 1 300	Gif	7 422	Débris coquilliers (*Clavatula bimarginata, Myrthea spirifera*, dentales, débris d'échinodermes)
11 100	± 200	Gif	2 146	Nodule algaire
11 500	± 200	Gif	2 140	Nodule algaire
11 500	± 250	Gif	1 618	Tourbe de mangrove
11 760	± 420	Ly	4 140	Nodule algaire de milieu peu agité
11 900	± 250	Gif	1 146	Tourbe de mangrove
12 800	± 1 500	Gif	7 413	Fragments algaires
12 900	± 1 800	Gif	7 417	Coquille de *Dosinia* sp.
12 900	± 210	Gif	7 409	Nodule algaire avec fragments bioclastiques inclus
12 900	± 250	Gif	1 509	Nodule algaire
13 000	± 250	Gif	1 449	Nodule algare
13 100	± 250	Gif	2 138	Nodule algaire
13 300	± 250	Gif	2 135	Nodule algaire
13 440	± 200	Ly	4 137	Nodule algaire encroûté de vers et polypiers
13 800	± 320	Gif	7 416	Nodule algaire à deux générations d'encroûtement
13 870	± 210	Ly	4 139	Nodule algaire de milieu agité
13 900	± 250	Gif	2 137	Nodule algaire
14 700	± 260	Gif	2 139	Nodule algaire
15 000	± 260	Gif	2 136	Nodule algaire
16 600	± 500	Gif	7 411	Nodule algaire de milieu agité
17 400	± 2 500	Gif	7 410	Coquilles (*Arca, Corbula, Irus irus, Lima inflata, Cythara*) et petit polypier
18 750	± 350	I	3 678	Polypier
22 840	± 650	Gif	2 144	Nodule algaire
23 000	± 1 000	Gif	1 147	Tourbe de mangrove
23 400	+ 4 700 - 1 300	Gif	7 421	Coquilles de *Arca subglobosa, Chlamys, Glycimeris, Natica*
23 800	+ 4 700 - 1 300	Gif	7 418	Petit nodule algaire de milieu agité
31 000	± 1 000	Gif	7 419	Amas de 3 nodules algaires soudés
≥ 35 000		Gif	2 141	Nodule algaire
≥ 35 000		Gif	2 147	Nodule algaire
≥ 42 000		LRMR	20-12-70	Tourbe
≥ 42 000		LRMR	24-11-71	Tourbe
≥ 42 000		LRMR	15-01-72	Tourbe

Variations des facteurs continentaux

À l'échelle du Quaternaire nous pouvons admettre que le contexte géologico-morphologique est resté plus ou moins identique.

L'essentiel des variations a concerné les caractéristiques climatiques avec leurs implications sur la végétation, l'hydrologie et l'altération des roches. C'est l'analyse palynologique de sédiments marins ou lagunaires, datés de façon absolue ou relative, qui a permis de se faire une idée des variations climatiques durant les derniers 50 000 ans.

Les contenus polliniques de deux tourbes datées de plus de 42 000 ans BP et de 23 000 ans BP (MARTIN, 1969b ; ASSEMIEN *et al.*, 1970 ; TASTET; 1979) montrent qu'avant le dernier maximum glaciaire le climat s'est aridifié. Entre ces deux dates, la mangrove à *Rhizophora* a considérablement régressé. À 23 000 ans BP, la flore, essentiellement graminéenne, révèle une végétation de savane et par conséquent un climat de type soudanien plus sec que l'actuel, mais aussi plus sec que celui qui régnait précédemment. On peut donc penser qu'au bas niveau marin de 18 000 ans BP correspondait un climat aride et un couvert végétal pauvre à dominance graminéenne.

La transgression qui suivit s'accompagna d'une humidification du climat permettant un développement du couvert végétal, comme le prouvent les analyses polliniques d'une série de tourbes datées de 12 000, 9 600, 8 000 et 5 000 ans BP (MARTIN, 1969b ; ASSEMIEN *et al.*, 1970 ; TASTET, 1979). La mangrove recolonise rapidement le littoral, suivie par une extension progressive de la forêt et, vers 8 000 ans BP, les pollens des taxons de la forêt ombrophile représentent 90 % du cortège pollinique. Le maximum d'humidité est certainement atteint vers cette date et se perpétue jusque vers 5 000 ans BP

Durant les 5 000 dernières années, la mangrove a fluctué au rythme des « incursions » marines dans les basses vallées fluviales en liaison avec des fluctuations mineures du niveau de la mer (TASTET, 1979). Le couvert de forêt dense a persisté ; il est actuellement mis à mal par l'action anthropique.

Par ailleurs, la présence sur le plateau continental de biocénoses à amphistégines et algues calcaires entre 24 000 et 11 000 ans BP (voir *infra*) indique que la transparence de l'eau devait être à cette époque nettement supérieure à la transparence actuelle. Donc, les apports fluviatiles en suspension étaient inférieurs aux apports actuels confirmant ainsi de plus faibles apports hydriques et un climat plus aride que l'actuel.

Sédiments et sédimentation de plate-forme

Différents faciès sédimentaires ont été observés et cartographiés (figure 14) sur la plateforme ivoirienne (MARTIN, 1969 a et b, 1971, 1973a et b, 1977 ; TASTET, 1979 ; STRIL, 1987). Leur datation et leur agencement en séquences permettent d'en proposer une stratigraphie (MARTIN, 1977 ; TASTET, 1979 ; STRIL, 1987 ; TASTET *et al.*, 1987 ; TASTET, 1989) et de reconstituer l'évolution paléogéographique et paléosédimentologique de la marge ivoirienne durant le Quaternaire récent (voir *infra* : Conclusion générale).

FACIÈS SÉDIMENTAIRES DE SURFACE

Deux types de faciès peuvent être distingués : des faciès terrigènes, de granulométrie variable, des sables aux vases, et des faciès thalassogènes ou organogènes à amphistégines et algues calcaires et à « faecal pellets » minéralisés.

Faciès terrigènes

Leur granulométrie varie presque régulièrement des sables grossiers aux vases. Nous séparerons cependant les sables quartzeux, les vases sableuses et les vases.

Sables quartzeux

Ils sont essentiellement constitués de grains de quartz souvent recouverts d'oxyde de fer. On les rencontre sur l'ensemble du plateau où ils forment le substrat de la sédimentation actuelle. De 0 à 40 m de profondeur, ils constituent le faciès prédominant des sédiments superficiels. Au-delà, il leur est associé d'importantes quantités de débris organogènes ou de pelotes fécales minéralisées. Qu'ils soient grossiers, moyens ou très fins, les sables sont toujours bien classés. D'une façon générale, aussi bien sur ce littoral que sur le plateau continental, les sables sont plus grossiers à l'ouest de l'embouchure du fleuve Comoé qu'à l'est. Les sables grossiers (50 % de grains > 500 µm) se rencontrent généralement en bandes allongées parallèles au littoral, peut-être témoins d'anciennes lignes de rivage. Pour les sables moyens (500 à 315 µm), leur couleur jaune-roux est due à la patine d'oxyde de fer qui les recouvre. Cette patine est moins fréquente dans les sables fins à très fins (315 à 50 µm) dont la couleur est souvent grise. Parfois des sables très fins se retrouvent en placage de faible épaisseur recouvrant des fractions plus grossières, en particulier sur les fonds littoraux en deçà de 20 à 25 m.

Sables vaseux et vases sableuses

Ces faciès se rencontrent le plus souvent à la périphérie des zones vaseuses ; ils contiennent, respectivement, de 75 à 95 % et de 25 à 75 % d'éléments supérieurs à 50 µm et sont souvent riches en pelotes fécales.

Vases

Elles contiennent plus de 75 % d'éléments inférieurs à 50 µm et constituent l'essentiel de la sédimentation actuelle. Du point de vue minéralogique, elles sont constituées d'environ 50 % de kaolinite, de 30 à 40 % de smectite et de 10 à 20 % d'illite. Les vases sont le plus souvent bioturbées.

Deux faciès de vase peuvent être distingués : des vases grises, en surface, riches en eau (plus de 100 %) et des vases brunes à noires, uniquement rencontrées en carottes sous les précédentes. Elles s'en distinguent par des teneurs en eau plus faibles (50 à 60 %) et par des traces de rubéfaction sur les débris de faune qu'elles peuvent contenir (MARTIN, 1977 ; STRIL, 1987).

Les vases superficielles se répartissent en trois zones d'inégale importance qui sont en relation avec les embouchures des grands fleuves (figure 14) :

— la première est située à l'ouest de la Comoé, de part et d'autre du canyon du Trou-sans-Fond ;
— la deuxième est située à proximité de l'embouchure du Bandama ; elle s'étend des fonds de 20 m au rebord du plateau continental ;
— la troisième se trouve entre l'embouchure du Sassandra et celle du Cavally ; elle forme une bande pratiquement continue qui s'étend de 30-40 m à 60-70 m ; elle est séparée du talus par les formations thalassogènes carbonatées et (ou) à « faecal pellets ».

Ces vasières ont respectivement des épaisseurs maximum de 25, 20 et 12 m.

Faciès thalassogènes

Ce sont des faciès sédimentaires dont la structure et (ou) la composition sont dues à l'action d'organismes marins.

Faciès organogènes à amphistégines et algues calcaires

Il s'agit de sédiments dont la fraction grossière est essentiellement constituée d'une thanatocénose à amphistégines et algues calcaires. Ces sédiments contiennent plus de 30 % et jusqu'à 75 % de carbonates et s'étendent sur le plateau continental entre 70 m et le bord du talus. Ils sont comparables à ceux cités par MASSE (1968) sur le plateau continental sénégalais. Ce faciès présente un intérêt paléoécologique ; en effet, les nodules d'algues calcaires, toujours associées à des amphistégines, ont pu se développer sous une tranche d'eau de 0 à 30 m, ce qui correspond au domaine de vie actuel de ces algues. De plus, les amphistégines sont des foraminifères de la zone photique vivant à de faibles profondeurs (NOTA, 1958 ; RADFORD, 1976).

Les datations réalisées sur certains nodules d'algues calcaires (tableau I) montrent l'existence de deux thanatocénoses distinctes, l'une mise en place entre 15 000 et 11 000 ans BP ; l'autre, plus ancienne et moins représentée, datée de plus de 23 000 ans BP

Comme les sables quartzeux, le faciès organogène peut constituer le substrat de la sédimentation actuelle.

Faciès à « faecal pellets »

Il est constitué par des sables ou des vases sableuses contenant de 25 à 75 % de granules minéralisés verts ou bruns, attribués à des déjections d'organismes fouisseurs et limivores (CAILLÈRE et MARTIN, 1972 ; MARTIN, 1972b, 1977).

Ce faciès couvre de grandes surfaces sur le plateau continental. Les faecal pellets se répartissent à la périphérie des vases dont ils semblent dériver. Les moins évolués sont des granules gris et mous dont la composition est proche de celle de la matrice argileuse originelle. Ils se transforment, par enrichissement en fer et modification de la nature des minéraux argileux, en granules bruns et verts. Les moins profonds (- 40 m) contiennent de la goethite (pellets bruns) ; puis on rencontre, à des profondeurs plus grandes, des pellets à goethite et berthiérine ou verdine (MARTIN, 1977 ; ODIN *et al.*, 1988) et, enfin, des pellets à « proto-glauconite ». Ce dernier minéral est en fait un interstratifié illite-vermiculite ou illite-montmorillonite.

SÉQUENCES SÉDIMENTAIRES

La couverture sédimentaire récente du plateau continental ivoirien repose sur un substratum limité par la surface d'érosion d'une série monoclinale vraisemblablement mio-pliocène (TASTET *et al.*, 1987). Cette série, observée clairement sur les profils sismiques 3,5 khz, n'a, semble-t-il, pas été atteinte dans les carottages.

L'agencement et la nature des séquences sont différents dans les zones sableuses de faible sédimentation actuelle et dans les zones vaseuses d'importante sédimentation actuelle (voir p. 29) : le plateau continental) ; ils évoluent aussi du plateau interne (0 à 70 m) au plateau externe (au-delà de 70 m).

Séquences sédimentaires des actuelles zones sableuses (figure 15)

Sur le plateau interne, une couverture de sable fin, quartzeux, souvent épaisse de moins de 2 m, recouvre des sables plus grossiers « continentalisés ».

La séquence superficielle sableuse est en général granodécroissante. On y rencontre fréquemment des tourbes lagunaires intercalées dont les âges s'échelonnent entre 10 400 et 12 000 ans BP Ces tourbes sont, pour la plupart, localisées entre les isobathes 60 et 65 m, à l'est de Sassandra ainsi que légèrement à l'ouest du Trou-sans-Fond (MARTIN, 1977). À proximité de l'isobathe 70 m peuvent s'intercaler des niveaux organogènes à amphistégines et algues calcaires, datés entre 8 000 et 9 500 ans BP

Le substrat de cette séquence superficielle est constitué soit de sables bariolés plus ou moins argileux, la fraction argileuse étant presque exclusivement formée de kaolinite, soit de sables rubéfiés et (ou) grésifiés à ciment ferrohumique. Il s'agit vraisemblablement soit de sédiments continentaux, soit de dépôts marins ayant connu une période d'émersion.

Sur le plateau externe, les séquences sédimentaires sont plus complexes. La couverture sableuse superficielle, en général granodécroissante à son sommet, repose sur des faciès organogènes à amphistégines et algues calcaires qui affleurent en bordure externe du plateau. Du point de vue des âges, on distingue deux générations de dépôts bioclastiques datées respectivement de 11 000 à 15 000 ans BP pour le plus récent, et de plus de 23 000 ans pour le plus ancien.

Dans toutes les carottes où les niveaux à algues ont été traversés, on constate qu'ils reposent, par un contact érosif, sur des vases brunes à noires plus anciennes (voir p. 41). La position stratigraphique de ces vases prouve donc leur mise en place avant la grande régression anté-holocène et donc durant l'avant-dernière période de haut niveau marin dont l'optimum a été daté ailleurs dans le monde de 125 000 ans BP environ. Entre les vases inférieures et les niveaux organogènes peut s'intercaler une séquence granocroissante de sables d'origine littorale.

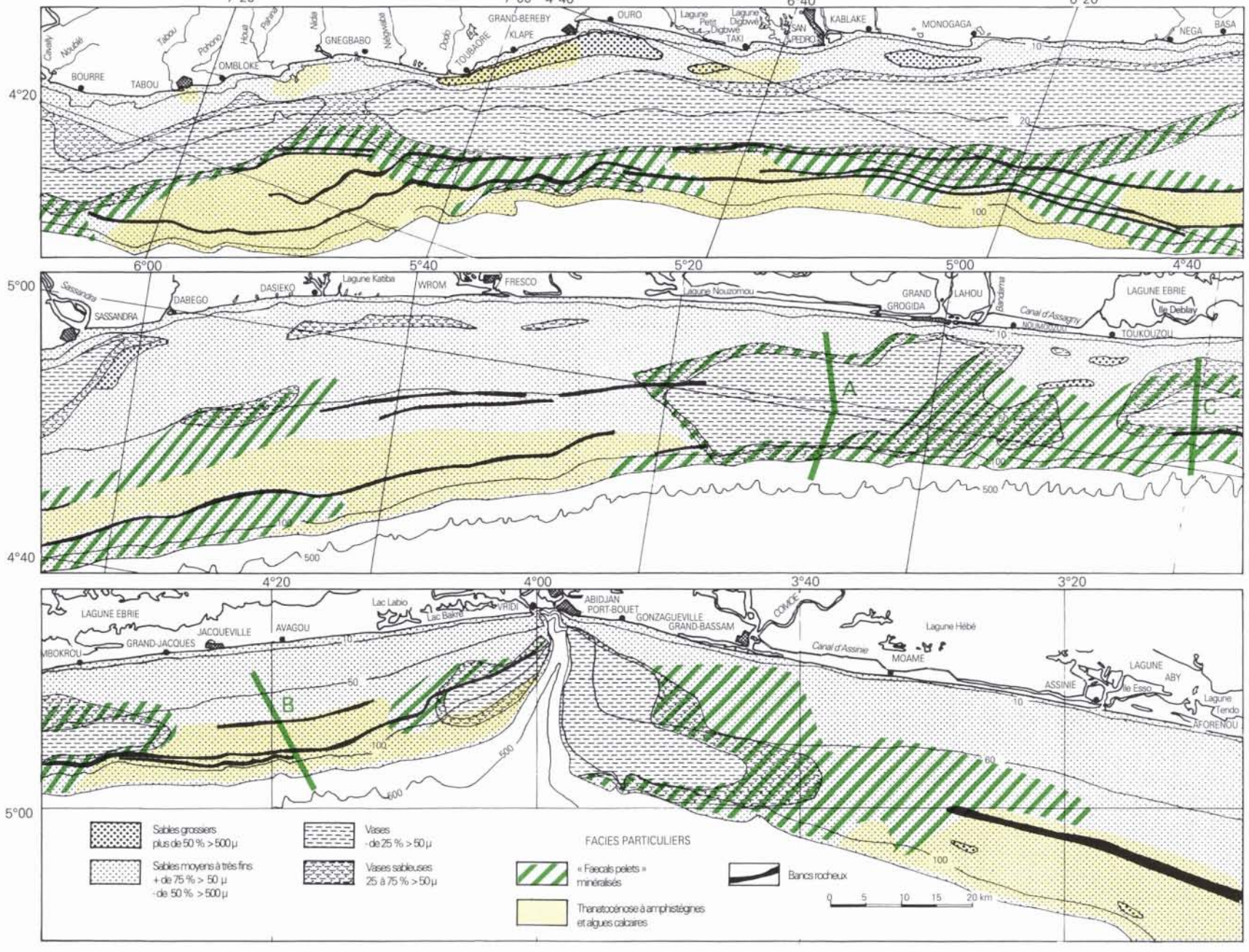


Figure 14
Carte sédimentologique du plateau continental ivoirien (d'après MARTIN 1974b, 1977 et TASTET, 1979).

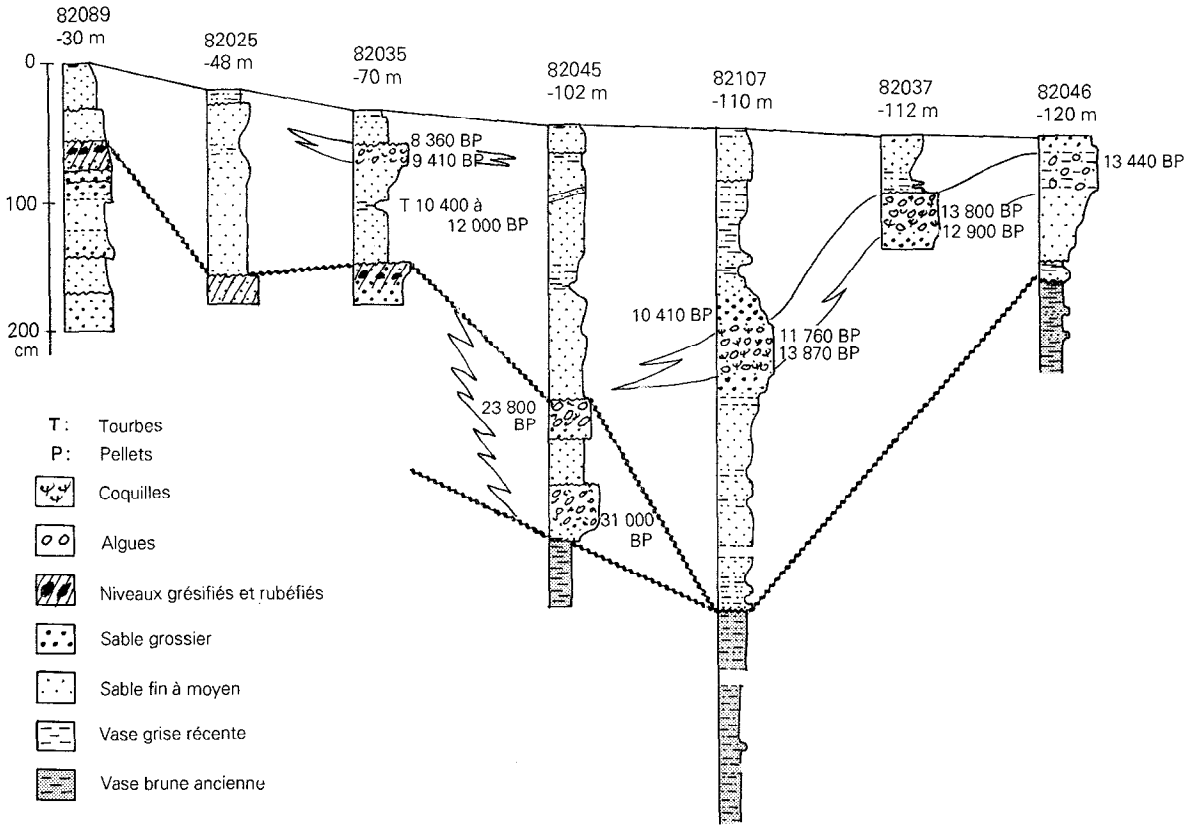


Figure 15

Séquences sédimentaires du plateau continental de Côte-d'Ivoire : coupe nord-sud synthétique des zones sableuses de faible sédimentation actuelle. Position des carottes : 82025, 5°12'N, 4°04'W ; 82035, 5°09'N, 4°10'W ; 82037, 5°04'N, 4°09'W ; 82045, 5°03'N, 4°30'W ; 82046, 5°02'N, 4°29'W ; 82089, 5°04'N, 5°13'W ; 82107, 4°58'N, 4°59'W.

Séquences sédimentaires des actuelles zones vaseuses (figure 16)

Sur le plateau interne, les vasières de vases grises holocènes à actuelles recouvrent le plus souvent les vases brunes à noires, déjà rencontrées sous les sables. Ces vases, qui ont pu être échantillonnées en bordure des corps de vase récente, présentent des faunes brunifiées interprétées comme des témoins d'exondation.

Sur le plateau externe, et en particulier au-delà de - 80 m, profondeur à partir de laquelle la lentille de vase récente s'amincit, on constate que ces sédiments reposent sur le faciès à amphistégines et algues daté entre 11 000 et 15 000 ans BP Dans cette situation, il n'a pas été rencontré de témoins organogènes de plus de 23 000 ans BP, ce qui ne veut pas dire qu'il n'en existe pas. En revanche, comme dans les zones à faible sédimentation actuelle, les niveaux organogènes surmontent 1 à 2 m de sables granocroissants qui recouvrent les vases anciennes.

Conclusion

De l'analyse des séquences sédimentaires rencontrées sur la plate-forme continentale ivoirienne, on peut déduire une succession stratigraphique des faciès.

Sur la série monoclinale du substratum, non échantillonnée, reposent sur le plateau interne des sables continentaux ou des sables marins ayant évolué en domaine continental. Ces sédiments passent latéralement vers le large à des vases brunes anciennes, vraisemblablement mises en place au cours de l'avant-dernière période de haut niveau marin.

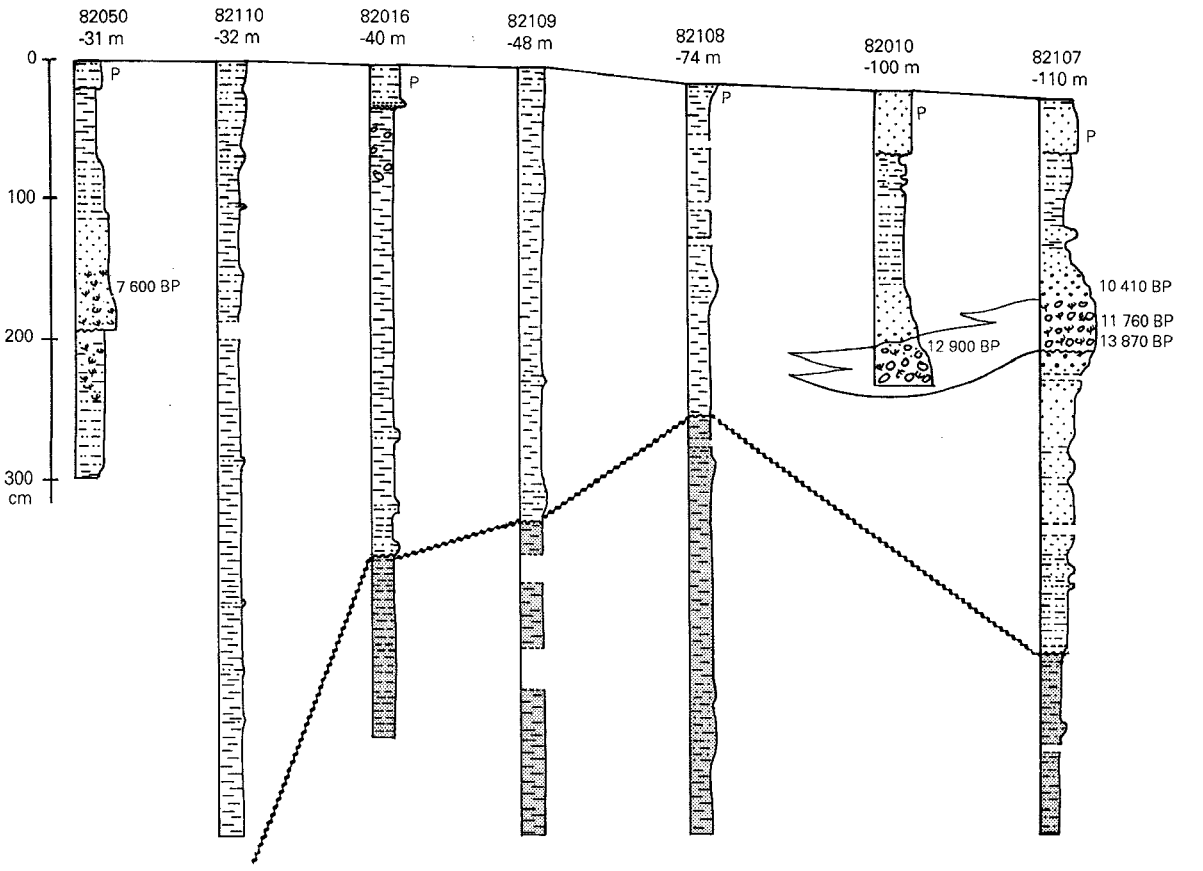


Figure 16
Séquences sédimentaires du plateau continental de Côte-d'Ivoire : coupe nord-sud synthétique des zones vaseuses de forte sédimentation actuelle. Position des carottes : 82010, 5°02'N, 3°52'W ; 82016, 5°06'N, 3°45'W ; 82050, 5°07'N, 4°39'W ; 82107, 4°58'N, 4°59'W ; 82108, 4°59'N, 5°00'W ; 82109, 5°01'N, 4°59'W ; 82110, 5°03'N, 5°00'W.

Ces vases sont recouvertes, en discordance érosive, par des sables littoraux eux-mêmes surmontés, dans le meilleur des cas, de deux niveaux à amphistégines et algues calcaires datés respectivement de plus de 23 000 ans BP et de 15 000 à 11 000 ans BP

La série stratigraphique se termine dans les zones à faible sédimentation actuelle par une séquence sableuse grossièrement granocroissante et contenant des intercalations de tourbes dont les âges s'échelonnent de 12 000 à 10 400 ans BP

Dans les zones à forte sédimentation, ces sables, ou les formations organogènes de la plate-forme externe, sont recouverts par des vases grises holocènes à actuelles. Dans ces mêmes zones, il arrive souvent que les vases récentes reposent directement sur les vases anciennes.

Sédiments et sédimentation profonde

Les sédiments de la marge profonde ivoirienne sont essentiellement constitués de vases argilo-silteuses comportant en proportion variable des constituants détritiques plus grossiers : galets mous argileux, débris coquilliers de diverses tailles, graviers, sables et pellets, silts et minipellets (25 à 125 µm).

Les carbonates, dont les teneurs varient de 0 à 55 %, sont liés à la fraction biogène le plus souvent constituée de tests calcaires de micro-organismes (foraminifères essentiellement).

Les cortèges argileux sont relativement homogènes : la kaolinite est toujours largement dominante (53 à 86 %), les smectites sont bien représentées (11 à 35 %), l'illite est accessoire (2 à 17 %). Cette composition est comparable à celle des vases actuelles du plateau.

Au microscope électronique et à l'analyseur d'énergie, deux types de minéraux de diagenèse précoce ont été identifiés : la pyrite et la vivianite.

Faciès et dynamique sédimentaires

Il a été possible de distinguer plusieurs types de faciès respectivement associés à une origine et un mode de mise en place distincts. Les matériaux sédimentaires du domaine profond proviennent soit du plateau continental ou des parties hautes du talus, soit des suspensions apportées par les fleuves au domaine marin. Les premiers se mettent en place par écoulement gravitaire (débrites, grainites, turbidites) sur les pentes, souvent canalisés par les canyons ou gullies ; les seconds conduisent à des dépôts pélagiques à hémipélagiques des matières minérales en suspension (pélagites et hémipélagites). Dans ces deux cas, s'ajoutent les restes d'organismes vivant dans la masse d'eau et les apports directs par voie éolienne, minéraux et organiques (pollens par exemple).

Ces mécanismes conduisent à un certain nombre de faciès types qui sont décrits avec leurs éléments de diagnose dans le tableau II. Cette classification est en grande partie comparable aux modèles proposés par Stow et Piper (1984) et Stow (1985) ; cependant, dans les faciès de la marge ivoirienne, nous avons individualisé un faciès particulier entre débrites et turbidites qui a été nommé « grainite ».

Le faciès « grainite » est caractérisé par l'homogénéité de nature et de taille des éléments figurés (graviers à sable et/ou pellets) témoignant d'un écoulement granulaire. Ce faciès, qui semble correspondre à ce seul type de mécanisme, est toutefois comparable à ce que Stow et Piper (1984) et Stow (1985) ont nommé turbidite désorganisée provenant de « courant de turbidité » de haute densité (Lowe, 1982 ; Cremer, 1983) ou « immature » (Stow, 1985). Le contact de base est toujours érosif et peut présenter un grano-classement inverse. Ce faciès, à structure massive, n'est jamais intégré dans une séquence évolutive de type turbiditique mais apparaît toujours isolé entre des faciès de même type ou entre des pélagites ou hémipélagites. Dans ce dernier cas, il est bioturbé au sommet.

La bioturbation des faciès est un élément caractéristique de la sédimentation sur la marge ivoirienne. La masse des faciès pélagiques ou hémipélagiques ainsi que le sommet des dépôts d'origine gravitaire présentent de fréquentes traces de bioturbations, souvent pyritisées, comparables aux traces classiques citées par les auteurs (Kudrass, 1973 ; Wetzel, 1983a et b, 1984).

Du point de vue stratigraphique, il apparaît que la bioturbation est générale pour les sédiments du dernier glaciaire et de l'Holocène inférieur, rare voire absente à l'Holocène supérieur.

Du point de vue lithologique, cette bioturbation est plus intense au sommet des faciès grossiers ; elle est moins fréquente, ou moins visible, dans les vases pélagiques à hémipélagiques. Fréquemment, une néogenèse de pyrite framboïdale accompagne les phénomènes de bioturbation, de préférence dans les faciès pélagiques à hémipélagiques. Ce minéral est plus rare dans les dépôts de l'Holocène supérieur. Ces observations sont comparables à celles faites par Wetzel (1983a et b) sur la marge sénégalo-mauritanienne où cet auteur a relié l'activité biologique dans les sédiments à l'intensité des upwellings, qu'il suppose maximale à la période glaciaire. De plus, il est possible que les faciès grossiers, plus riches en matière organique détritique, favorisent le développement d'une faune benthique fouisseuse.

Distribution des faciès dans l'espace et dans le temps

Les prélèvements réalisés au cours des campagnes TRANSIVOIRE ont été positionnés sur les différentes unités morphologiques permettant ainsi l'étude des variations de la sédimentation en fonction de la morphologie (tableau III). L'étude biostratigraphique (Aka et Tastet, 1986) a montré que certaines carottes traversent l'Holocène (biozone Z), pouvant atteindre la biozone V (supérieure à 180 000 ans BP) ce qui nous permettra d'analyser les variations quantitatives et qualitatives des mécanismes sédimentaires dans le temps.

TABLEAU II
Diagnose des faciès sédimentaires de la marge profonde ivoirienne

FACIÈS	DÉBRITES (BOUMA, 1972)	« GRAINITES » (1)	TURBIDITES	PÉLAGITES et HÉMIPÉLAGITES
STRUCTURES (laminations, contact, bioturbations	- Éléments supportés par la matrice. - Contact net ou érosif à la base, net ou à bioturbé au sommet. - Absence de structures dynamiques (BOUMA et PLUENNEKE, 1975).	- Sédiment granulaire, homogène, massif. - Contact érosif à la base, net ou bioturbé au sommet. - Absence de structures ou rares laminations planes.	- Lamination planes ou obliques et entrecroisées. - Contact érosif à la base, le plus souvent bioturbé au sommet.	- Pas de structures dynamiques. - Bioturbation fréquentes soulignées par des pyritisations (filaments, terriers, nids de minipellets, etc.).
LITHOLOGIE	- Galets de vase ou débris coquilliers dans une matrice. hétérogène de sable et (ou) de pellets, de silts et de vase.	- Graviers. - Sables et (ou) pellets.	- Sables grossiers. - Sables ou pellets. - Silts, minipellets (3). - Vases plus ou moins silteuses.	- Vases argileuses ou vases. argilo-silteuses.
TEXTURE, GRANULOMÉTRIE (2)	- Massive granoclassement absent ou frustre. - Granulométrie variable.	- Massive avec parfois un granoclassement inverse à la base - Faciès granulométrique logarithmique à parabolique.	- Granoclassement normal. - Faciès granulométrique parabolique devenant hyperbolique au sommet.	- Massive ou rare granoclassement normal. - Faciès granulométrique logarithmiqueà hyperbolique.
SÉQUENCE épaisseur	- Recouvert de faciès turbidite ou pélagite à hémipélagite ; dans le second cas le sommet sera bioturbé. Épaisseur 10 à 50 cm.	- Intercalé entre des faciès de même type ou entre des pélagites ou hémipélagites ; dans ce cas le sommet est bioturbé. - Épaisseur 5 à 50 cm.	- Séquence de BOUMA (1962) plus ou moins complète : terme A souvent absent, B rare. - Épaisseur centimétrique à décimétrique. - Rythmes turbidiques fréquents.	- Peut se présenter en continuité de séquences turbiditiques. - Épaisseur variable de quelques centimètres jusqu'à plus de 8 mètres.
MÉCANISMES DE MISE EN PLACE	- Dépôt à partir d'écoulement à haute concentration (GORSLINE, 1984) ; coulée boueuse ou « débris flows ».	- Écoulement granulaire, « grain-flow » ou « fluidized-flow » (LOWE, 1982). - Courant de turbidité de haute densité (LOWE, 1982 ; CRÉMER, 1983) ou « immature » (STOW, 1985).	- Courant de turbidité et floculation intermittente des vases constituant ainsi les interlits des laminés silteux (STOW et BOWEN, 1978 ; KRANCK, 1984).	- Décantation des suspensions à partir de couche néphéloïde ou de turbidite distale ou partie distale de débordements turbidiques (DROZ *et al.*, 1985).

(1) Terme créé pour désigner un faciès proche des « disorganized turbidites » ou des « coarse grained turbidite » de STOW et PIPER (1984) et STOW (1985).
(2) Le faciès granulométrique est exprimé selon les formules canoniques des courbes de RIVIÈRE (1977).
(3) Pellets dont la taille varie de 25 à 125 µm. Ce terme a été utilisé par GOWING et SILVER (1985) pour désigner des faecal pellet de plus petite taille (3 à 50 µm).

TABLEAU III

Taux de sédimentation et faciès dominant dans les différentes unités morphologiques

				Taux de sédimentation	Faciès dominants
TALUS	CHENAUX	Trou-sans-Fond	Holocène	> 51 cm/10^3 ans	Débrites à turbidites
			Glaciaire	non atteint	—
		Gullies	H	3,6 cm à 63 cm/10^3 ans	1) Pélagites à hémipélagites 2) Débrites à turbidites
			G	> 7 cm/10^3 ans	1) Débrites à turbidites 2) Pélagites à hémipélagites
	INTERFLUVES		H	10 à 49 cm/10^3 ans	1) Pélagites à hémipélagites
			G	> 11 cm/10^3 ans	2) Débrites et grainites en haut de talus
GLACIS SUPÉRIEUR	CHENAUX	Actifs	H	22 à 4 cm/10^3 ans de haut en bas du glacis	Pélagites à hémipélagites
			G	> 13 cm/10^3 ans	Turbidites
		Comblés	Pas de prélèvement		
	LEVÉES		H	13 à 51 cm/10^3 ans (gullies comblés) 13 à 36 cm/10^3 ans (T.S.F.)	Pélagites à hémipélagites Turbidites
			G	5 cm/10^3 ans (gullies comblés > 11 cm/10^3 ans (T.S.F.)	Pélagites à hémipélagites Turbidites
GLACIS MOYEN	CHENAUX	Actifs	H	3,6 cm/10^3 ans	1) Pélagites à hémipélagites 2) Turbidites fines
			G	> 12 cm/10^3 ans	Turbidites sablo-silteuses
		Comblés		3 à 6 cm/10^3 ans depuis plus de 200 000 ans	Pélagites à hémipélagites depuis plus de 200 000 ans
	LEVÉES	de chenaux actifs	H	9 cm/10^3 ans	Pélagites à hémipélagites
			G	> 11 cm/10^3 ans	Turbidites sableuses
		de chenaux comblés		4 à 7 cm/10^3 ans depuis plus de 200 000 ans	Pélagites à hémipélagites

Principes de la zonation stratigraphique (figure 17)

La biostratigraphie des carottes est basée sur la microfaune des foraminifères planctoniques. Elle se fonde sur la présence ou l'absence de *Globorotalia*, groupe *menardii*, selon la méthode établie par ERICSON et WOLLIN (1956, 1968). Les différentes subdivisions ainsi définies sont désignées par une nomenclature alphabétique inverse à partir de la dernière période chaude (dénommée Z) correspondant au post-Glaciaire ou Holocène. Comme MOYES *et al.* (1979), nous avons gardé le principe de la zonation d'ERICSON et WOLLIN (1968) mais en déplaçant la limite X/Y, pour la situer au niveau de la disparition de l'espèce *Globoquadrina hexagona* (GARDNER et HAYS, 1976) qui définit la limite X'/Y'.

Tous les prélèvements du domaine profond sont d'âge quaternaire ; la plupart restent dans les biozones Z et Y' ; deux atteignent la biozone W et un seulement la biozone V.

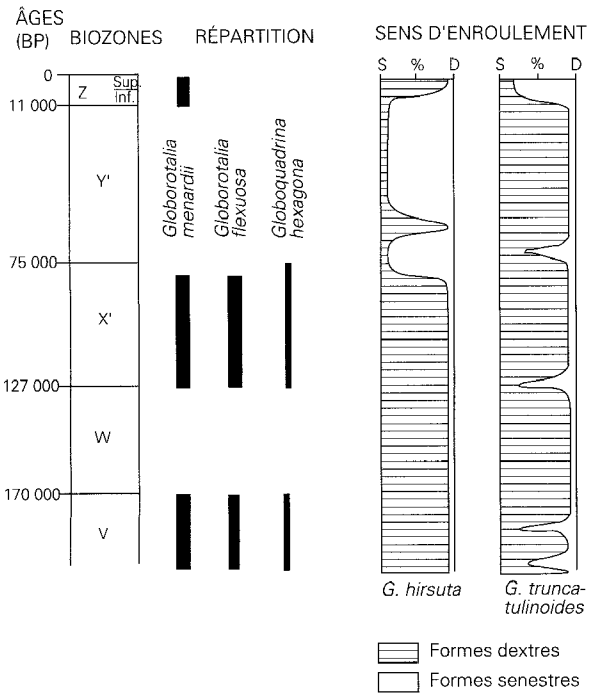


Figure 17
Principe de la biozonation utilisée pour établir la stratigraphie des carottes du domaine profond (d'après MOYES *et al.*, 1979).

Sédimentation sur le talus

On distingue la sédimentation des chenaux de celle des interfluves.

Chenaux

Dans le chenal du Trou-sans-Fond dominent les écoulements gravitaires à pellets. Les faciès débrites en tête de canyon passent progressivement vers le large à des turbidites de plus en plus fines et nombreuses. Les prélèvements n'ont jamais traversé l'Holocène ; le taux de sédimentation peut donc y dépasser 50 cm/10^3 ans (figure 18).

Dans les gullies, la sédimentation est variée, traduisant une multiplicité des mécanismes sédimentaires. Les pélagites et hémipélagites sont présentes partout avec une domi-nante pendant l'Holocène. Les écoulements gravitaires à pellets et débris de coquilles sont importants en haut du talus, tant à l'Holocène qu'au Glaciaire : débrites et turbidites. Dans la partie inférieure du talus, les turbidites peuvent être plus sableuses et sont d'âge glaciaire (figure 19). Les taux de sédimentation varient de 3,6 à 63 cm/10^3 ans pour l'Holocène et peuvent dépasser 7 cm/10^3 ans pour le Glaciaire.

Interfluves (figure 20)

D'une façon générale, la sédimentation pélagique à hémipélagique domine. Les débrites et grainites sont cantonnées à la partie supérieure du talus. De minces lits turbiditiques silteux peuvent perturber la sédimentation pélagique au cours du Glaciaire dans la partie inférieure du talus. Les taux de sédimentation varient de 10 à 49 cm/10^3 ans pendant l'Holocène et peuvent dépasser 11 cm/10^3 ans au cours du Glaciaire.

Sédimentation du glacis supérieur

Le glacis supérieur présente deux éléments morphologiques : les chenaux qui sont la prolongation des gullies ou du Trou-sans-Fond et les levées ou zones d'interfluves.

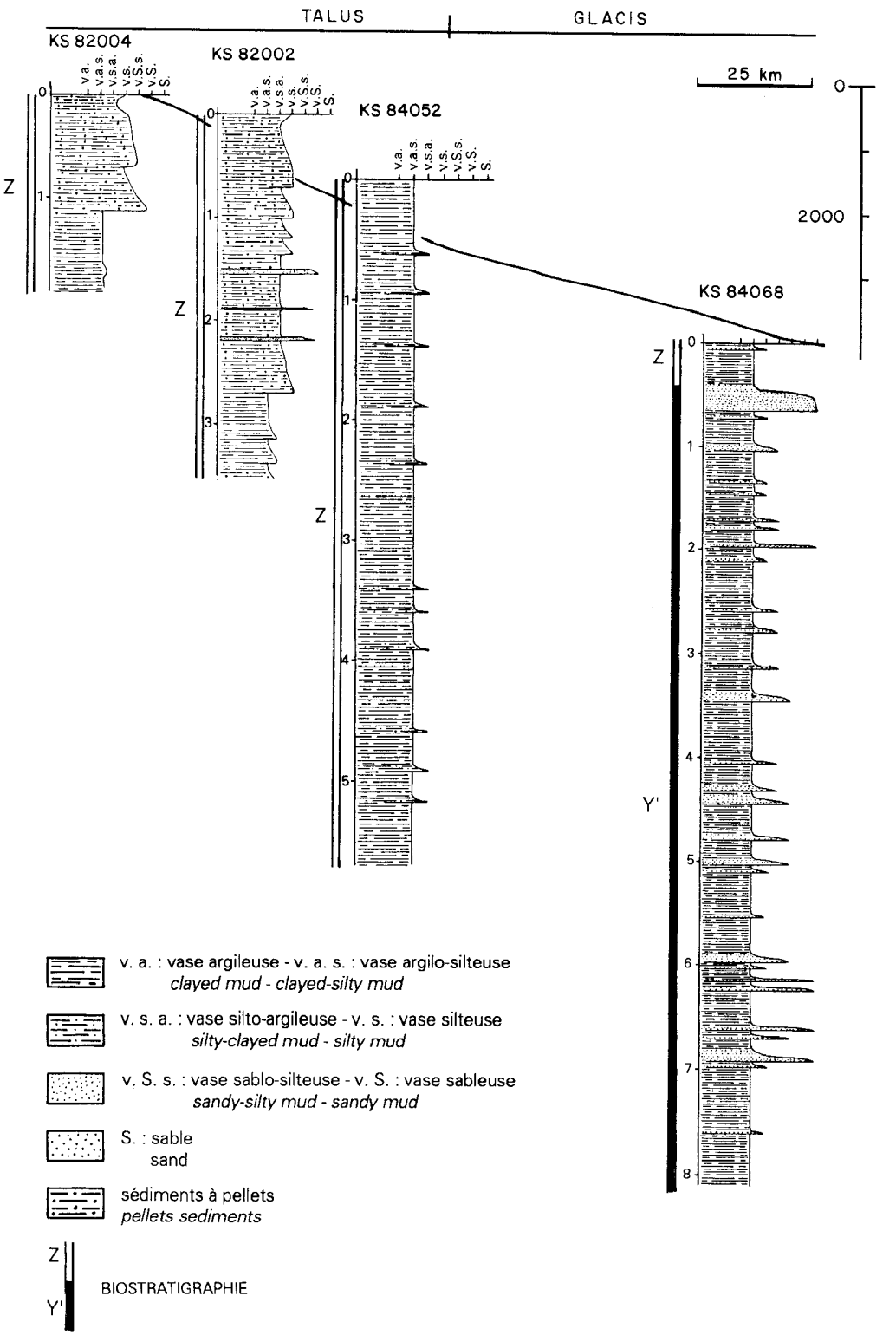


Figure 18
Séquences sédimentaires dans le canyon du Trou-sans-Fond au niveau du talus et du glacis. Les lettres placées à gauche des colonnes lithologiques correspondent à la stratigraphie selon la nomenclature de la figure 17. Légende lithologique valable pour les figures 18 à 22.

Chenaux

Dans les chenaux actifs parallèles au Trou-sans-Fond, on observe une nette opposition entre la sédimentation holocène (pélagique ou hémipélagique) et la sédimentation glaciaire (figure 19). Cette dernière, essentiellement turbiditique, présente une augmentation de la granulométrie et du nombre de lits détritiques vers le large. Le taux de sédimentation holocène passe de 22 à 4 cm/10^3 ans entre le haut et le bas du glacis supérieur. Le taux de sédimentation glaciaire est supérieur à 13 cm/10^3 ans.

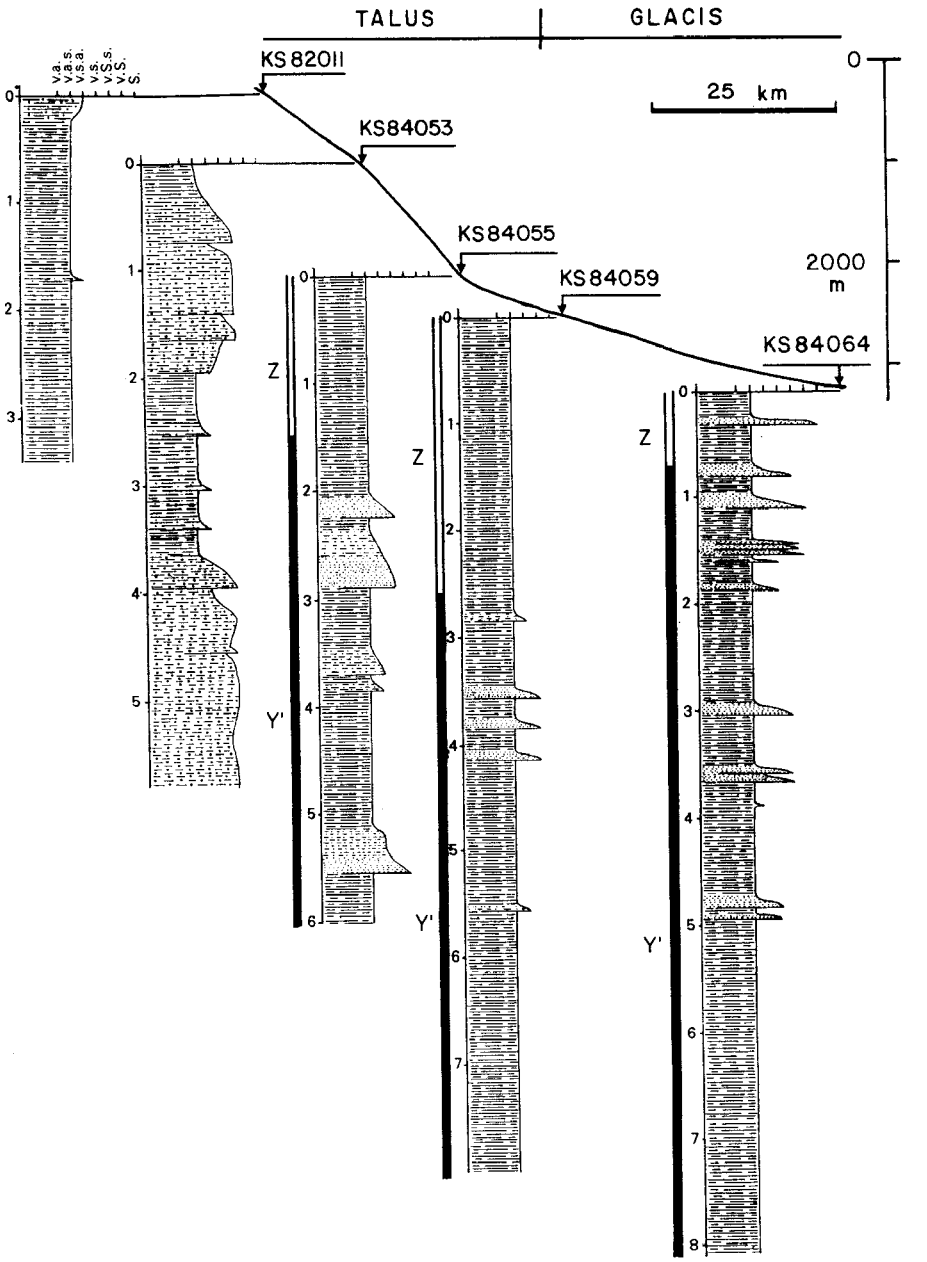


Figure 19
Séquences sédimentaires dans les gullies au niveau du talus et du glacis. Légende lithologique figure 18 ; légende stratigraphique figure 17.

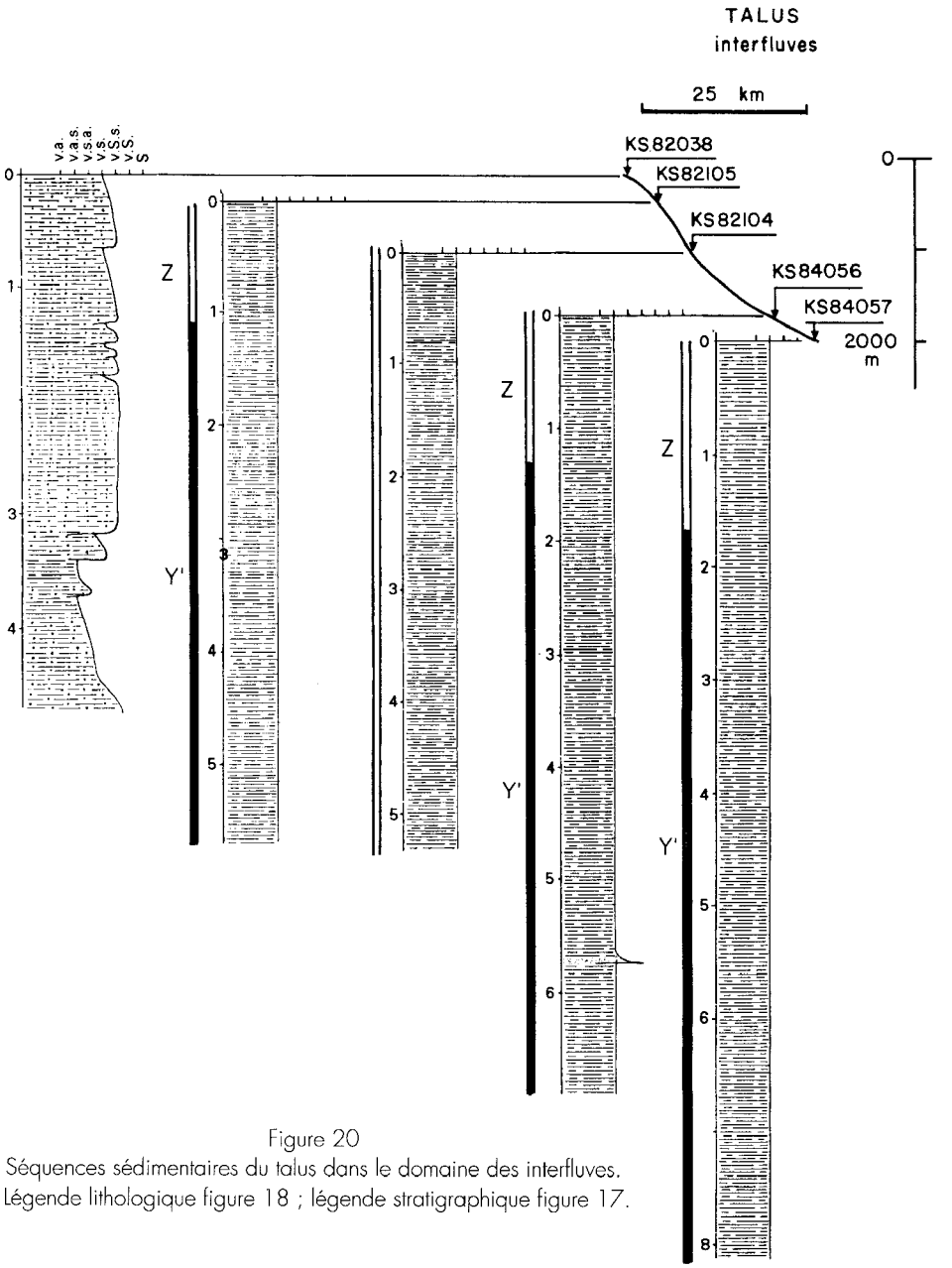


Figure 20
Séquences sédimentaires du talus dans le domaine des interfluves.
Légende lithologique figure 18 ; légende stratigraphique figure 17.

Levées (figure 21)

Les levées de gullies comblés (KS 84061 et 065) montrent une sédimentation pélagique à hémipélagique dominante depuis le dernier interglaciaire. Les taux de sédimentation sont de 13 à 51 cm/10^3 ans pour Z (depuis 11 000 ans BP), de 5 cm/10^3 ans pour Y' (entre 75 000 et 11 000 ans BP), de 8 cm/10^3 ans pour X' (entre 127 000 et 75 000 ans BP).

Dans une zone de méandre du Trou-sans-Fond (KS 84062 et 063), nous avons observé une sédimentation grossière de turbidite sur la levée externe, pendant le Glaciaire et l'Holocène et une sédimentation pélagique et hémipélagique sur la levée interne avec de rares passages turbiditiques fins, durant le Glaciaire. Cette différence peut être attribuée à l'effet du méandre sur les courants gravitaires dont les débordements seront plus fréquents et plus grossiers sur les levées extérieures. Les taux de sédimentation holocène sont de 36 cm/10^3 ans sur la levée interne et de 13 cm/10^3 ans sur la levée externe où des

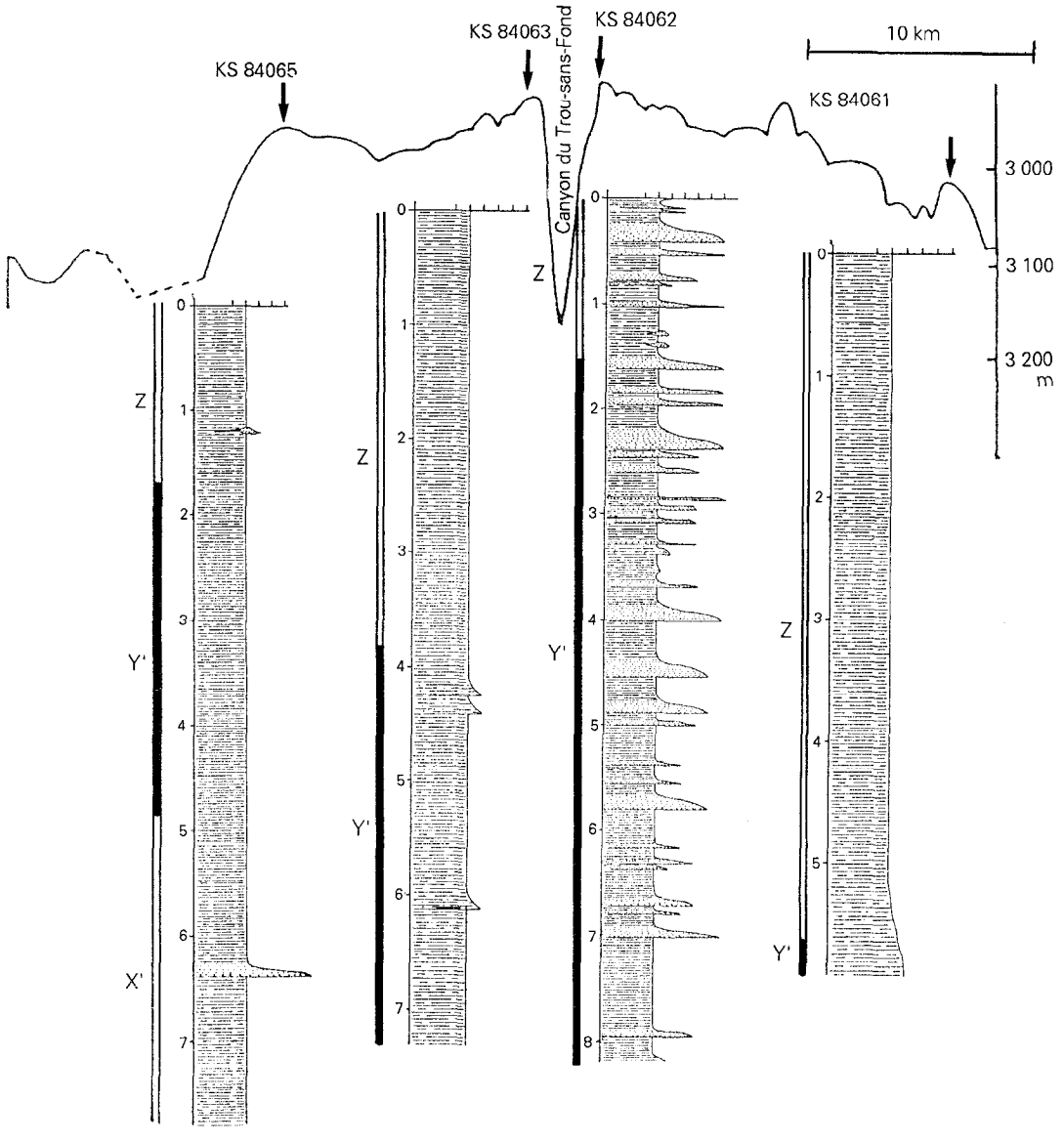


Figure 21
Séquences sédimentaires des levées du glacis supérieur.
Légende lithologique figure 18, légende stratigraphique figure 17.

phénomènes d'érosion importants sont associés aux turbidites. Le taux de sédimentation de la période glaciaire est supérieur à 11 cm/10^3 ans sur la levée externe.

Sédimentation du glacis moyen

Dans ce domaine, on distingue le chenal actif du Trou-sans-Fond, le chenal comblé qui paraît issu du brusque changement de direction du Trou-sans-Fond et leurs levées respectives.

Chenaux

Dans le chenal du Trou-sans-Fond (figure 18), domine une sédimentation turbiditique sablo-silteuse d'âge glaciaire se terminant par un écoulement granulaire sableux (grainite). La sédimentation holocène y est de faible puissance, de nature essentiellement pélagique à hémipélagique, légèrement silto-argileuse

au sommet. Le taux de sédimentation holocène est de 3,6 cm/10^3 ans ; sa faiblesse prouve que le chenal est, ou a été, le siège de phénomènes d'érosion ou de non-dépôt durant cette période. Le taux de sédimentation de la période glaciaire est supérieur à 12 cm/10^3 ans. La fréquence de figures sédimentaires d'origine dynamique, laminations planes, ripples, traduit l'importance de courants de turbidité de haute énergie.

Dans le chenal comblé (figure 22 - KS 84067), la sédimentation est uniquement pélagique à hémipélagique et ce, depuis plus de 200 000 ans (biozone V d'ERICSON et WOLLIN, 1968). Il semble donc que le chenal ne soit plus alimenté en écoulements gravitaires, au moins depuis cette époque. Le taux de sédimentation, relativement faible, a varié de 3 à 6 cm/10^3 ans.

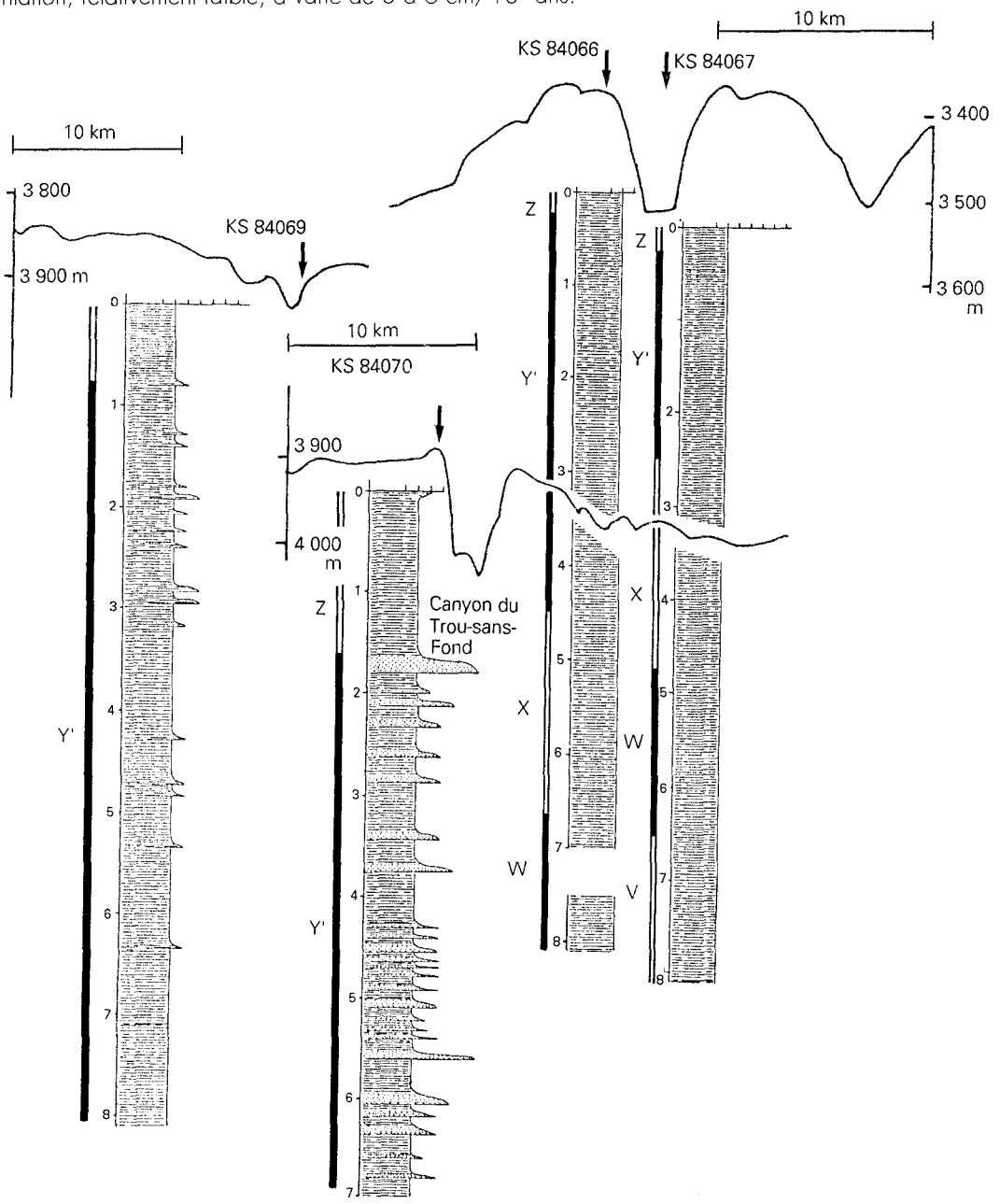


Figure 22
Séquences sédimentaires d'un chenal comblé (84067) et des levées du glacis moyen.
Légende lithologique figure 18, légende stratigraphique figure 17.

Levées

Deux levées de chenal actif ont été échantillonnées : la levée ouest du canyon du Trou-sans-Fond (figure 22 - KS 84070) et la levée ouest d'un chenal, issu du talus, parallèle au Trou-sans-Fond (figure 22 - KS 84069). Ces deux carottes sont caractérisées par une sédimentation glaciaire à dominance turbiditique silteuse à sableuse à pellets et minipellets pour la première, silto-argileuse à silteuse, entrecoupée de longs épisodes pélagiques à hémipélagiques pour la seconde. Dans les deux cas, l'Holocène est surtout pélagique à hémipélagique. Les débordements turbiditiques du canyon du Trou-sans-Fond peuvent atteindre, semble-t-il, les hauteurs de 130 m. Le taux de sédimentation holocène est de 9 cm/10^3 ans ; il est supérieur à 11 cm/10^3 ans pour la période glaciaire.

La levée occidentale du chenal comblé (figure 22 - KS 84066) montre que, comme dans le chenal, la sédimentation est de type pélagique à hémipélagique depuis la biozone W (150 000 ans BP), avec des taux de sédimentation comparables, 5 à 7 cm/10^3 ans, et une bonne corrélation stratigraphique des taux de carbonate.

Conclusion

Les carottes prélevées dans la partie profonde de la marge ivoirienne permettent de mettre en évidence l'évolution de la sédimentation dans ce domaine, en particulier entre le dernier maximum glaciaire et l'Actuel.

Le talus est, et a été, le siège d'écoulements gravitaires de type « débris flow » ; issus du plateau et canalisés par les gullies et le canyon du Trou-sans-Fond, ils se poursuivent en bas de pente par des courants de turbidité. Ces mécanismes ont joué surtout durant la période glaciaire. La sédimentation holocène est plus pélagique sur l'ensemble du talus où les sédiments « drapent » la morphologie.

Le glacis supérieur à moyen constitue la partie proximale à moyenne de l'éventail détritique profond du canyon du Trou-sans-Fond (Droz *et al.*, 1985). Dans ce domaine, on peut distinguer des zones alimentées par des chenaux actifs de zones où les chenaux apparaissent comblés.

Parmi les chenaux actifs, le canyon du Trou-sans-Fond est celui qui canalise les apports turbiditiques les plus grossiers dont les débordements alimentent d'importantes levées sédimentaires. Les gullies, issus du plateau, peuvent jouer le même rôle pour des apports plus fins. Dans ces deux domaines, les écoulements gravitaires ont dominé pendant la période glaciaire, l'Holocène étant caractérisé par une sédimentation pélagique à hémipélagique, le Trou-sans-Fond canalisant toujours des apports turbiditiques (carotte KS 84070).

Certaines parties de l'éventail ne reçoivent plus d'apports détritiques. Elles sont cependant parcourues par des chenaux, dont le fond plat traduit l'inactivité, et qui sont le siège d'une sédimentation pélagique à hémipélagique. L'un d'entre eux a dû être en connection avec le canyon du Trou-sans-Fond comme le laissent supposer la morphologie et les études sismiques (Droz *et al.*, 1985) ; il n'est plus alimenté depuis la biozone V au moins (plus de 200 000 ans).

La bioturbation des faciès sédimentaires semble être une caractéristique des marges de basse altitude ; elle est fonction de la nature des apports sédimentaires et des facteurs climatiques influençant l'intensité des upwellings ; des néogenèses de pyrite lui sont associées dans les faciès pélagiques à hémipélagiques.

Conclusion générale : évolution des environnements sédimentaires au cours des derniers 120 000 ans

La disposition actuelle des éléments morphologiques et sédimentaires de la marge ivoirienne est la résultante d'une évolution des environnements durant le Quaternaire sous la dépendance principale des fluctuations eustatiques (variations du niveau de la mer) et climatiques.

D'une façon générale, sur les marges continentales passives, aux épisodes de haut niveau marin correspondent l'édification de corps sédimentaires sur la plate-forme et une sédimentation pélagique à hémi-

pélagique dans le domaine profond. Les épisodes de bas niveau marin permettent le développement d'une surface d'érosion ou d'altération sur le plateau continental et sont favorables à l'alimentation des cônes ou éventails sédimentaires profonds.

Les témoins sédimentaires rencontrés dans les carottes du domaine profond ivoirien remontent, pour le plus ancien, à l'antépénultième interglaciaire (220 000 ans BP environ, zone V de la biostratigraphie). Sur le plateau continental, les sédiments les plus anciens sont les vases brunes attribuées à l'avant-dernier haut niveau marin de 125 000 ans BP C'est donc à partir de cette période que l'on peut reconstituer avec précision l'évolution des environnements et de la sédimentation sur la marge de Côte-d'Ivoire.

Après ce haut niveau marin, voisin de l'Actuel, la régression qui suivit permit l'érosion et l'altération des vases et des sables argileux continentaux ou marins de l'actuelle plate-forme interne. Avant le maximum glaciaire, sous un climat plus aride que l'actuel, et donc en l'absence d'apports détritiques fins importants, il s'est développé, en zone littorale, une biocénose à amphistégines et algues calcaires. Cette biocénose sera « condamnée » par émersion vers 23 000 ans BP

Le sommet de ces dépôts pleistocènes est limité par une discontinuité érosive contemporaine du bas niveau marin de 18 000 ans BP Vers - 110 m, une terrasse d'abrasion marque le stationnement de la régression alors que les précédents dépôts de plate-forme sont sous influence continentale. La ligne de rivage est alors au sommet du talus continental favorisant ainsi les écoulements gravitaires dans le domaine profond. Ces écoulements sont canalisés par les gullies qui entaillent le talus et l'importante ria que constitue alors le canyon du Trou-sans-Fond. Seuls en sont préservés les interfluves et les zones « déconnectées » des chenaux « inactifs » qui sont le siège d'une sédimentation pélagique à hémipélagique.

Après 18 000 ans BP, le niveau de la mer remonte inégalement, alors que le climat s'humidifie.

Les environnements littoraux sont submergés et subissent une translation vers le nord, au cours de laquelle ne seront préservés que quelques rares dépôts lagunaires (tourbes) et des dunes grésifiées ou des beach-rocks qui constituent les bancs rocheux observés à 45, 70, 80 et 90 m. Une nouvelle formation organique, comparable à la précédente, se développe dans la zone littorale, de 0 à 30 m de profondeur, à partir de 15 000 ans BP Elle a eu un maximum d'extension au cours d'une première période de stationnement marin entre 15 000 et 13 000 ans BP Après une brusque remontée marine, une seconde période de stationnement, de 12 000 à 11 000 ans BP, se traduit par un développement de lagunes, lié à une humidification importante du climat. Cette dernière induit une augmentation des apports détritiques fins qui conduisent à l'extinction de la biocénose à amphistégines et algues dont quelques rares témoins subsistent jusque vers 8 000 ans BP

Depuis 6 000 ans environ, le niveau de la mer a fluctué autour de l'actuel, modelant la zone littorale. La dérive littorale favorise l'érosion à l'ouest d'Abidjan et le dépôt à l'est [1].

C'est dans cette dernière zone que se met en place une large plaine de cordons sableux holocènes (TASTET, 1985 et tome II de cet ouvrage). Sur le plateau continental, les apports fluviatiles de particules fines en suspension alimentent les vasières superficielles : emportés vers l'est par le courant de Guinée, ces matériaux sont repris en profondeur par le sous-courant qui, finalement, les dispose en grande partie à l'ouest des embouchures où ils recouvrent les dépôts antérieurs et, occasionnellement, les vases brunes pleistocènes. Des faecal-pellets se développent au détriment des sédiments argileux et sont ensuite minéralisés en proto-glauconite vers le large ou en verdine plus près de la côte.

Dans le domaine profond, la sédimentation pélagique à hémipélagique est générale. Seul, le canyon sous-marin du Trou-sans-Fond, dont la tête avoisine la côte, canalise des courants de turbidité dont les débordements alimentent les levées sédimentaires de son éventail détritique.

Cette disposition générale des faciès sédimentaires superficiels se retrouve sur l'ensemble de la marge occidentale de l'Afrique qui a connu durant le Quaternaire terminal une histoire comparable à celle reconstituée pour la marge ivoirienne (MOYES *et al.*, 1979 ; BARUSSEAU *et al.*, 1988 ; TASTET, 1989).

[1] Ce phénomène a été perturbé depuis 1950 par l'ouverture du canal artificiel de Vridi qui interrompt la dérive au niveau d'Abidjan, inversant la tendance évolutive naturelle.

RÉFÉRENCES

ADJANOHOUN (E.), 1965.— Comparaison entre les savanes côtières de Côte-d'Ivoire et du Dahomey. *Ann. Univ. Abidjan*, (C), 1 : 41-60.

ADJANOHOUN (E.) et GUILLAUMET (J.L.), 1971.— La végétation. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. *Mém. ORSTOM*, 50 : 161-162.

ADOU (A.), 1973.— Éude hydrogéologique du Continental terminal de la région d'Abidjan. Connaissances acquises. Rapp. SODEMI, 288 p., Abidjan.

AKA (K.) et TASTET (J.P.), 1986.— La sédimentation au Quaternaire supérieur sur la marge ivoirienne. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 40 : 97-153.

ASECNA, 1971.— *Bulletins climatologiques*. Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique, Abidjan.

ASSEMIEN (P.), FILLERON (J.C.), MARTIN (L.), TASTET (J.P.), 1970.— Le Quaternaire de la zone littorale de Côte-d'Ivoire. *Bull. Ass. Sénég. et Quatern. Afr.*, 25 : 65-78.

BARUSSEAU (J.P.), GIRESSE (P.), FAURE (H.), LÉZINE (A.M.), MASSE (J.P.), 1988.— Marine sedimentary environments on some part of the tropical and equatorial Atlantic margins of Africa during the Late Quaternary. *Contin. Shelf Res.*, 8 (1) : 1-21.

BARD (E.), HAMELIN (B.), FAIRBANKS (G.), 1990.— U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados : sea level during the past 130 000 years. *Nature*, 346 : 456-458.

BERTON (Y.), 1963a.— Coupure Sassandra 3d au 1/50 000 : rapport de fin de levé. Rapp. SODEMI - BRGM, Abidjan, 73, 30 p.

BERTON (Y.), 1963b.— Coupure Sassandra 4c au 1/50 000 : rapport de fin de levé. Rapp. SODEMI - BRGM, Abidjan, 72, 31 p.

BERTON (Y.), 1963c.— Coupure Sassandra 4d au 1/50 000 : rapport de fin de levé. Rapp. SODEMI - BRGM, Abidjan, 74, 28 p.

BLAREZ (E.), 1986.— La marge continentale de Côte-d'Ivoire-Ghana. Structure et évolution d'une marge continentale transformante. Thèse doct., Univ. Paris-VI, 188 p.

BLAREZ (E.) et MASCLE (J.), 1986.— Les marges continentales transformantes ouest-africaines. Guinée - Sierra Leone, Côte-d'Ivoire - Ghana. Campagne EQUAMARGE I. Campagnes Océanographiques Françaises, 3, IFREMER, 267 p.

BOILLOT (G.), 1983.— Géologie des marges continentales. Masson, Paris, 139 p.

BOUMA (A.H.), 1962.— Sedimentology of some flysch deposits : a graphic approach to facies interpretation. Elsevier, Amsterdam, 168 p.

BOUMA (A.H.), 1972.— Recent and ancient turbidites and contourites. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans.*, 22 : 205-221.

BOUMA (A.H.) et PLUENNEKE (J.L.), 1975.— Structural and textural characteristics of debrites from the Philippine sea. Initial Rep. DSDP, 31 : 497-505.

BUCHANAN (J.Y.), 1887.— On the land slopes separating continents and ocean basins, especially those on the west coast of Africa. *In* : J.M.Mc D. Whitaker ed., Submarine Canyons and Deep Sea Fans, Modern and Ancient, D.H.R. Inc. Benchmark Papers in Geology, 24, 1976 : 16-19. Reprinted from Scottish Georg. Mag., 3, 217 : 222-224.

CAILLÈRE (S.) et MARTIN (L.), 1972.— Étude minéralogique d'ovoïdes minéralisés de sédiments du plateau continental de Côte-d'ivoire. *C.R. Acad. Sci. Paris, sér.* D, 274(16) : 2273-2275.

COMBRES (J.C.) et ELDIN (M.), 1971.— Éléments généraux du climat. *In* : Atlas de Côte-d'Ivoire. Ministère Plan/ORSTOM/Institut Géographie Tropicale Abidjan.

CREMER (M.), 1983.— Approches sédimentologique et géophysique des accumulations turbiditiques. Thèse doct. État, Univ. Bordeaux-I, 344 p.

DIETZ (R.S.) et KNEBEL (H.J.), 1971.— Trou-sans-Fond submarine canyon : Ivory coast, Africa. *Deep Sea Res.*, 18 : 441-447.

DROZ (L.), BLAREZ (E.), MASCLE (J.), SOMBO BOKO (C.), 1985.— The « Trou-sans-Fond » deep-sea fan (off Ivory Coast, equatorial Atlantic). *Marine Geology*, 67 : 1-11.

ELDIN (M.), 1971.— Le climat. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 73-108.

ERICSON (D.B.) et WOLLIN (G.), 1956.— Micropaleontological and isotopic determinations of Pleistocene climates. *Micropaleontology*, 2(3) : 257-270.

ERICSON (D.B.) et WOLLIN (G.), 1968.— Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Sciences*, 162(3859) : 1227-1234.

GARDNER (J.V.) et HAYS (J.D.), 1976.— Responses of sea surface temperature and circulation to global climatic change during the past 200 000 years in the Eastern Equatorial Atlantic Ocean. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 145 : 221-246.

GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHEBŒUF (P.), 1971.— Aperçu sur les régimes hydrologiques. *In* : Le milieu naturel de Côte-d'Ivoire. Paris, *Mém. ORSTOM*, 50 : 109-155.

GORSLINE (D.S.), 1984.— A review of fine-grained sediment origins, characteristics, transport and deposition. *In* : Stow (D.A.V.) et Piper (D.J.W.) eds : Fine grained sediments ; deep water processes and facies. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 15 : 17-34.

GOWING (M.M.) et SILVER (M.W.), 1985.— Minipellets : a new and abundant size class of marine faecal pellets. *J. Mar. Res.*, 43 : 395-418.

KRANCK (K.), 1984.— Grain-size characteristics of turbidites. *In* : STOW (D.A.V.) and Piper (D.J.W.) eds, Fine grained sediments : deep water processes and facies. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 15 : 83-92.

KUDRASS (H.R.), 1973.— Sedimentation am Kontinentalhang vor Portugal und Marocco im Spätpleistozän und Holozän. *« Meteor » Forsch. Ergebnisse*, Reihe C, 13 : 1-63.

LETALENET (J.), 1965.— Coupures Taï, Soubré, Tabou, Sassandra au 1/50 000 : rapport de fin de levé. Rapp. SODEMI, Abidjan, 149, 99 p.

LOWE (D.R.), 1982.— Sediment gravity flows : II - Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *J. Sedim. Petrology*, 52(1) : 279-297.

MARINHO (M.) et MASCLE (J.), 1987.— Evoluçao estructurala do plato marginal da Guiné e sua relaçao com a formaçao do oceano atlantico centro-equatorial. *Rev. Brasil. Geociencias*, 17(2) : 111-117.

MARTIN (L.), 1969a.— Introduction à l'étude géologique du plateau continental ivoirien. Premiers résultats. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 34, 166 p., 1 carte.

MARTIN (L.), 1969b.— Datation de deux tourbes quaternaires du plateau continental ivoirien. *C.R. Acad. Sci.* Paris, (D), 269 : 1925-1927.

MARTIN (L.), 1970.— Premières investigations sur l'origine du « Trou-sans-Fond », canyon sous-marin de la Côte-d'Ivoire. *C.R. Acad. Sci.* Paris, (D), 270 : 32-35.

MARTIN (L.), 1971.— The continental margin from Cape Palmas to Lagos : bottom sediments and submarine morphology. *In* : The geology of the East Atlantic continental margin. ICSU/SCOR working Party, Cambridge 1970, Rep. 70/16, Inst. Geol. Sci. London : 79-95.

MARTIN (L.), 1972a.— Variations du niveau de la mer et du climat en Côte-d'Ivoire depuis 25 000 ans. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, 4(2) : 93-103.

MARTIN (L.), 1972b.— Études des « Faecal-Pellets » minéralisés des sédiments du plateau continental de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, 4(2) : 105-120.

MARTIN (L.), 1973a.— Carte sédimentologique du plateau continental de Côte-d'Ivoire. ORSTOM, *Notice explicative* : 48, 22 p., 3 cartes.

MARTIN (L.), 1973b.— La sédimentation actuelle sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, 5(2) : 155-167.

MARTIN (L.), 1974.— Le Trou-sans-Fond, canyon sous-marin de la Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.* 6 (1) : 67-76.

MARTIN (L.), 1974b.— Sédimentologie. *In* : Atlas de Côte-d'Ivoire. Ministère Plan/ORSTOM/Institut Géographie Tropicale Abidjan.

MARTIN (L.), 1977.— Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au Quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 61, 266 p.

MARTIN (L.) et DÉLIBRIAS (G.), 1972.— Schéma des variations du niveau de la mer en Côte-d'Ivoire depuis 25 000 ans. *C. R. Acad. Sci.* Paris, (D), 274 : 2848-2851.

MARTIN (L.) et TASTET (J.P.), 1972.— Le Quaternaire littoral du plateau continental de Côte-d'Ivoire. Rôle des mouvements tectoniques et eustatiques. *Bull. Ass. Sénég. Et. Quatern. Ouest Afr.*, 33-34 : 17-32.

MASSE (J.P.), 1968.— Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar. Laboratoire Géologie, Rapp. 23, Université Dakar.

MC MASTER (R.L.), LACHANCE (T.P.), ASHRAF (A.), 1970.— Continental shelf geomorphology features of portuguese Guinea, Guinea and Sierra Leone, West Africa. *Marine Geology*, 9(3) : 203-213.

MOYES (J.), DUPLANTIER (F.), DUPRAT (J.), FAUGERES (J.C.), PUJOL (C.), PUJOS-LAMY (A.), TASTET (J.P.), 1979.— Étude stratigraphique et sédimentologique. Orgon III. Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap-Vert. *In* : Géochimie organique des Sédiments Profonds. CEPM-CNEXO (CNRS ed.), Paris : 121-213.

NORMARK (W.R.) et HESS (G.R.), 1980.— Sediments waves of the Monterey fan levee : a preliminary physical interpretation. *Marine Geology*, 37(112) : 1-18.

NOTA (D.H.G.), 1958.— Sediments of the western Guiana shelf. *Mededel. van de Land. Wageningen*, 58(2) : 1-98.

ODIN (G.S.), DEBENAY (J.P.), MASSE (J.P.), 1988.— The verdine facies deposits identified in 1988. *In* : Odin (G.S.) ed., Green marine clays. Developments in sedimentology, 45 : 131-158.

PAPON (A.), 1965.— Coupures Tabou 3d-4c/1d-2c au 1/50 000. Rapp. SODEMI, Abidjan, 126, 89 p.

PAPON (A.), 1973.— Géologie et minéralisation du sud-ouest de la Côte-d'Ivoire : synthèse de l'opération SASCA, 1962-1968. SODEMI, Abidjan. Paris, *Mém. BRGM*, 80, 285 p., 8 cartes.

PAPON (A.) et LEMARCHAND (R.), 1967.— Carte géologique de la Côte-d'Ivoire au 1/200 000. Coupure de Sassandra. BRGM, édition provisoire.

RADFORD (S.S.), 1976.— Recent Formanifera from Tobago island, West Indies. *Rev. Esp. Micropal.* 8(2) : 193-218.

RIVIÈRE (A.), 1977.— Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations. Masson, Paris, 164 p.

ROQUES (M.), 1967.— Réflexions sur la géologie de la région Man. SASCA. Rapp. SODEMI Abidjan, 159, 15 p.

ROUGERIE (G.), 1960.— Le façonnement actuel des modelés en Côte-d'Ivoire forestière. *Mém. IFAN*, 58, 542 p.

SIMON (P.) et AMAKOU (B.), 1984.— La discordance oligocène et les dépôts postérieurs à la discordance dans le bassin sédimentaire ivoirien. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 26 : 1117-1125.

SPENGLER (A.) et DELTEIL (J.R.), 1966.— Le bassin secondaire-tertiaire de Côte-d'Ivoire. *In* : Symposium sur les bassins du littoral africain, 1964, New Delhi. ASGA, Paris : 99-113.

SASCA, 1966.— Étude géologique et prospection du sud-ouest. Rapp. SODEMI 147, Abidjan.

STOW (D.A.V.), 1985.— Fine-grained sediments in deep water : an overview of processes and facies models. *Geo-Marine Letters*, 5 : 17-23.

STOW (D.A.V.) et BOWEN (A.J.), 1978.— Origin of lamination in deep-sea fine-grained sediments. *Nature*, 274 : 324-328 .

STOW (D.A.V.) et PIPER (D.J.W.), 1984.— Deep-water fine-grained sediments : facies models. *In* : Stow (D.A.V.) et Piper (D.J.W.) eds, Fine grained sediments ; deep water processes and facies. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 15 : 611-646.

STRIL (J.M.), 1987.— Faciès, séquences et géométrie des corps sédimentaires du plateau continental ivoirien. DES, Univ. Bordeaux-I, 52 p., 38 fig., annexes.

TAGINI (B.), 1971.— Esquisse structurale de la Côte-d'Ivoire. Essai de Géotectonique régionale. SODEMI, Abidjan, 302 p.

TASTET (J.P.), 1972.— Quelques considérations sur les classifications des côtes. La morphologie côtière ivoirienne. *Ann. Univ. Abidjan*, sér. C, 8(2) : 135-162.

TASTET (J.P.), 1978.— L'Holocène du littoral septentrional du Golfe de Guinée. *In :* Suguio (K.) *et al.* ed., Proc. International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Sao Paulo, 1978 : 588-606.

TASTET (J.P.), 1979.— Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte-d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse doct. État, Univ. Bordeaux-I, 2 tomes, 181 p., 127 fig.

TASTET (J.P.), 1985.— Le littoral ivoirien : géologie, morphologie, dynamique. *Ann. Univ. Nation. C.I.*, sér. C, 21B : 189-218.

TASTET (J.P.), 1989.— Continental shelf and sea level evolution during the last 120 000 years on the north-west african margin : Ivory coast exemple. International Symposium Global Changes in South Africa during the Quaternary, Past-Present-Future, Sao Paulo, May 1989 : 213-215.

TASTET (J.P.), (à paraître).— Géologie et sédimentologie du système lagunaire Ébrié. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte d'ivoire. II - Les lagunes tropicales africaines : l'exemple de la lagune Ébrié.

TASTET (J.P.), CAILLON (L.), SIMON (B.), 1985.— Impact des aménagements sur la dynamique sédimentaire littorale devant Abidjan (Côte-d'Ivoire). Actes du 1er Colloque d'Océanologie Côtière, BORDOMER 85, Bordeaux, Aderma ed. : 424-445.

TASTET (J.P.), STRIL (J.M.), AKA (K.), 1987.— Environnements sédimentaires et stratigraphie du Quaternaire supérieur du plateau continental ivoirien, Afrique de l'Ouest. 8th IAS Regional Meeting of Sedimentology, Tunis, p. 471.

TOUPET (C.), 1968.— Les éléments majeurs du climat. *In :* Atlas intern. de l'Ouest africain, Comm. Sci. Tech. et de la Recherche, OUA, pl. 10-13 : 1-3.

TRICART (J.), 1957.— Aspects et problèmes géomorphologiques du littoral occidental de la Côte-d'Ivoire. *Bull. IFAN*, sér. A, 19(1) : 1-20.

VARLET F., 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan. *Études Éburn.* (IFAN), 7 : 97-222.

WETZEL (A.), 1983a.— Biogenic structures in modern slope to deep-sea sediments in the Sulu sea Basin (Philippines). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 42 : 285-304.

WETZEL (A.), 1983b.— Biogenic sedimentary structures in a modern upwelling region : Northwest african continental margin. *In :* Thiedé (J.) et Suess (E.) eds, Coastal upwelling and its sediment record, part B, Sedimentary records of ancient coastal upwelling. Plenum, New York : 123-144.

WETZEL (A.), 1984.— Bioturbation in deep-sea fine-grained sediments : Influence of sediment texture, turbidite frequency and rates of environmental change. *In :* Stow (D.A.V.) and Piper (D.J.W.) eds, Fine grained sediments ; deep water processes and facies. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 15 : 595-608.

LES CONDITIONS OCÉANIQUES DU MAXIMUM DES PLUIES LITTORALES IVOIRIENNES EN JUIN

Yves GALLARDO

The generally accepted idea of the increase of precipitation with height is often, e.g. in Norway, contradicted by individual cases with a marked decrease from the very coast and upward when moving inland... (BERGERON, 1949).

Dans son article, T. Bergeron décrit et donne une interprétation du maximum de pluie littorale en Côte-d'Ivoire dans le cadre de la ***climatologie océanique de surface***. Il s'agit d'un pic de pluie qui disparaît totalement à quelques dizaines de kilomètres de la côte dans l'intérieur du pays : il n'y a donc pas lieu de faire référence aux travaux de climatologie continentale, notamment ceux concernant des côtes bordées de montagnes et exposées à des conditions de vent et de température de la mer différentes de celles de la Côte-d'Ivoire, par exemple le Cameroun côtier. Pour preuve, Douala a un maximum de pluie ***étalé*** sur les mois de juillet et d'août alors qu'Abidjan est caractérisé par un pic de pluie ***concentré*** en juin. Entre les mois de mai et juin, les pluies du littoral ivoirien augmentent trois à quatre fois plus que celles de Douala (GALLARDO, 1970).

Il est important de faire apparaître ou plutôt de rappeler aux spécialistes du climat (continental) qu'il existe aussi un climat océanique muni de sa propre variabilité. C'est ce dernier qu'il faut considérer lorsqu'il s'agit d'étudier des pluies côtières en mousson d'été. Les contraintes géographiques n'interviennent qu'ensuite, avec une échelle spatiale plus réduite, souvent inférieure à 100 km. Le sujet qui nous concerne, les conditions pluviométriques du littoral ivoirien, est à une échelle de 500 à 1000 km.

Introduction

La Côte-d'Ivoire n'est pas le seul pays riverain du golfe de Guinée à présenter un maximum de pluviométrie sur sa façade maritime. D'autres pays tels le Congo, le Cameroun et sans doute aussi le Nigeria possèdent la même particularité, mais l'intérêt de la Côte-d'Ivoire est de présenter un maximum de pluie très accusé en région côtière et d'être dépourvue de relief important.

Des études analogues à celle-ci, reposant à la fois sur l'observation et la modélisation des précipitations en mousson d'été à l'est de la mer d'Arabie, montrent qu'il existe une forte convection océanique entraînant un maximum de précipitations littorales (YOSHIZAKI et OGURA, 1986) : ce maximum provient des flux de chaleur déstabilisant l'atmosphère inférieure, avec des processus de couche limite et un écoulement uniforme le long de la verticale, c'est-à-dire sans faire intervenir l'orographie. On se propose également de montrer que le maximum de pluie littorale ivoirienne s'interprète d'un point de vue océanographique en ne faisant agir que les conditions thermiques ***du golfe de Guinée et du bassin d'Angola***, la convergence du vent en surface, son orientation et sa vitesse.

Généralités

Les régions du globe à bilan hydrique (P - E) négatif sont essentiellement les océans qui couvrent les trois quarts de sa surface. Un transfert de vapeur d'eau est réalisé vers les côtes dans le sens du gradient de (P - E), c'est-à-dire vers les régions à bilan hydrique (P - E) très positif. Dans la ceinture intertropicale, le sens de ce transfert se fait des anticyclones océaniques vers des basses pressions matérialisées par l'équateur météorologique. Comme l'hémisphère Sud est plus froid que l'hémisphère Nord, l'équateur énergétique est situé au nord de l'équateur géographique, vers 7 à 8° N de latitude en moyenne annuelle.

La côte septentrionale du golfe de Guinée, et en particulier le littoral ivoirien, est située au sud de l'équateur météorologique. Celui-ci suit le mouvement apparent du soleil et s'éloigne le plus de la côte nord en août-septembre où il atteint 15° N sur l'océan et plus de 25° N sur le continent qui se réchauffe davantage que l'océan.

L'équateur météorologique a donc une variation saisonnière et avec lui sa trace au sol qui est bien matérialisée par la zone de confluence des alizés des deux hémisphères (ZIC). Celle-ci définit en même temps un domaine de minimum de pression atmosphérique en surface. Par suite, il faut s'attendre à une bonne liaison spatio-temporelle entre la ZIC océanique et la convection profonde, c'est-à-dire les domaines de maximum de pluie, puisque maximum thermique et convergence en surface accompagnent généralement la ZIC.

Dans les atlas de climatologie océanique (HASTENRATH et LAMB, 1977), on observe une évolution spatio-temporelle du maximum de nébulosité totale en accord avec celui de la pluie littorale plutôt qu'avec le minimum de vent de surface (ZIC).

Au mois de mai, le maximum de nébulosité totale est à 200 km au sud du littoral ivoirien avec des vents supérieurs à 4 m/s et de secteur sud en surface. Le minimum de vent est situé, lui, au nord du littoral ivoirien. Au mois de juin, le maximum de nébulosité est généralement axé le long du littoral ivoirien, mais aussi de toute la côte nord du golfe de Guinée, de la Guinée, à l'ouest, au Cameroun, à l'est. Au mois de juillet, la situation reste inchangée avec, parfois, un accroissement de la convection côtière comme en 1965 (SADLER, 1969), mois qui a connu, cette année-là, des précipitations presque aussi élevées que celles de juin sur le littoral ivoirien. Cependant, sur la partie de côte nord qui s'étend, d'ouest en est, de la Côte-d'Ivoire au Togo, la climatologie ne fait apparaître ce maximum de nébulosité qu'aux mois de mai et juin. Les cartes mensuelles (figure 1) de fréquence des précipitations (HASTENRATH et LAMB, 1977) sont en parfait accord avec celles de la nébulosité totale, déterminant ainsi une bande côtière longue de 1000 km où les pluies se raréfient aux mois de juillet et d'août.

C'est aussi dans cette bande, à partir du mois de juillet et ce jusqu'en octobre, que les eaux côtières, jusqu'à 200 km au large, deviennent moins chaudes et descendent au-dessous de 26 °C. Cet isotherme

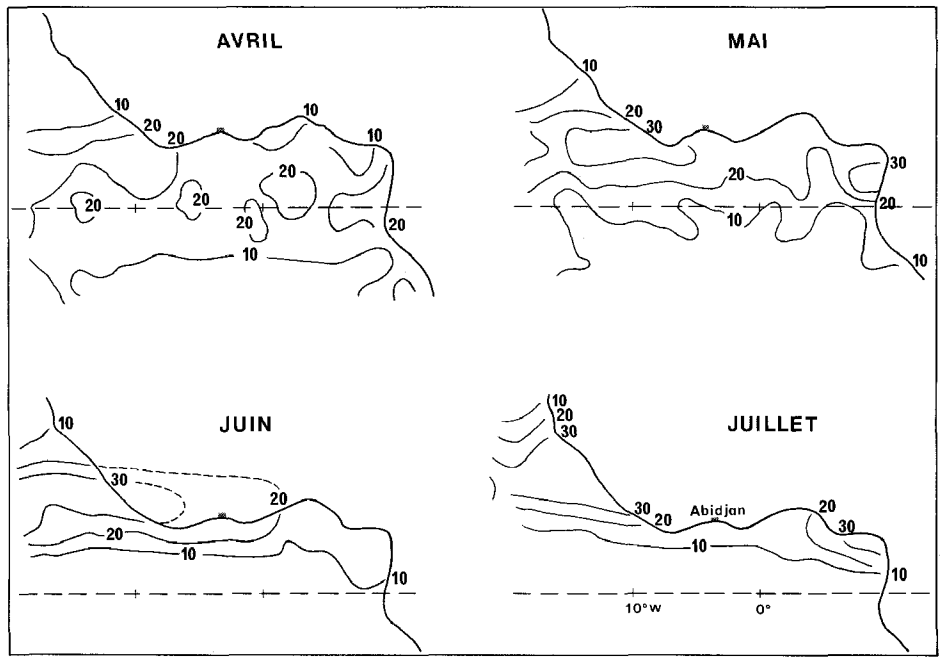


Figure 1
Fréquence (en %) des précipitations au-dessus du golfe de Guinée (extrait de HASTENRATH et LAMB, 1977).

représente bien la température de transition entre la couche chaude océanique supérieure et la couche de discontinuité immédiatement au-dessous, la thermocline. Cette température de transition est aussi souvent citée comme un seuil thermique minimal nécessaire à la convection profonde, donc une condition nécessaire de forte pluie tropicale et de cyclogénèse (RIEHL, 1979 ; EMANUEL, 1986).

Des conditions océaniques dynamiques et thermiques de surface, différentes de celles associées à la ZIC, puisqu'elles ne correspondent pas à des vents et à des pressions atmosphériques minimales, accompagnent les maximums de pluie du littoral ivoirien. Il semble par ailleurs que ces fortes pluies littorales soient d'intensité supérieure à celles du « Pot au Noir » (calmes équatoriaux) ; ce qui serait logique étant donnée l'importance des termes d'advection dans le cas des pluies littorales accompagnées d'un vent de surface moyen supérieur à 3 m/s, alors que la convergence d'humidité et les conditions thermiques en surface sont proches dans les deux cas.

Pluies littorales de mai-juillet dans le contexte saisonnier de la ZIC

Le domaine des « maximums de fréquence des précipitations », associé à la convection profonde dans la ZIC, connaît son plus grand déplacement vers le nord entre les mois d'avril et de mai (HASTENRATH et LAMB, 1977) tandis que les précipitations littorales montrent leur plus forte croissance entre les mois de mai (283 mm) et de juin (616 mm). Ces chiffres sont obtenus à partir de la moyenne 1950-1980 d'un ensemble de 10 stations proches du littoral ivoirien (DURAND et CHANTRAINE, 1982). Au mois d'avril, les pluies atteignent 150 mm, et, par suite, la croissance de mai-juin est deux fois et demie plus élevée que celle d'avril-mai (333 mm contre 133 mm). Comme il pleut en moyenne 238 mm en juillet, chiffre assez proche de celui de mai, il en résulte qu'il existe un pic très net des pluies littorales centré sur le mois de juin. Remarquons qu'à la station côtière de Sassandra, située à plus de 200 km dans l'ouest d'Abijan, la moyenne sur l'enregistrement 1930-1979 indique aussi un pic bien marqué en juin avec 560 mm, contre 287 mm en mai et seulement 154 mm en juillet ; il faut atteindre l'extrême ouest ivoirien, c'est-à-dire le cap des Palmes, pour enregistrer une croissance des pluies littorales plus forte entre avril et mai qu'entre mai et juin.

En conclusion, seule l'extrémité occidentale du littoral ivoirien présente une hausse pluviométrique qui est synchrone avec le déplacement méridien maximal de la convection profonde associé à celui de la ZIC. La quasi-totalité de ce littoral est soumise, elle, à une dynamique différente puisqu'elle enregistre un maximum de hausse en retard d'environ un mois sur le déplacement maximum de la ZIC. Nous avions déjà évoqué dans les généralités une vitesse méridienne importante des vents de surface dans le cas du littoral ivoirien, alors qu'elle est théoriquement nulle dans le cas de la ZIC.

Importance des pluies littorales de mai-juillet dans les variabilités spatiale et temporelle

Plus de 58 % du total annuel est enregistré pendant le seul trimestre mai-juillet (DURAND et CHANTRAINE, 1982). Alors que le mois de juin enregistre 30 % de la pluie littorale annuelle, le mois d'octobre, considéré comme l'époque du second maximum annuel, n'enregistre que la douzième partie de la pluie annuelle (170 mm), c'est-à-dire un peu plus de 8 %. Ainsi, en se conformant aux résultats de la climatologie (continentale) de l'Afrique de l'Ouest, le mois de mars avec 111 mm est un mois de saison sèche tandis que le mois d'octobre, avec 60 mm en plus, est au maximum de la seconde saison des pluies ! avril et novembre avec exactement la même pluviométrie appartiennent l'un à une saison sèche, l'autre à une saison des pluies !

Vouloir confondre les résultats de la climatologie continentale et ceux de la climatologie littorale, c'est-à-dire marine, conduit à des absurdités. La caractéristique essentielle de la climatologie littorale ivoirienne est l'étude de la formation de ce pic de pluie dépassant 600 mm en juin et de la réduction des pluies à une cinquantaine de millimètres en août.

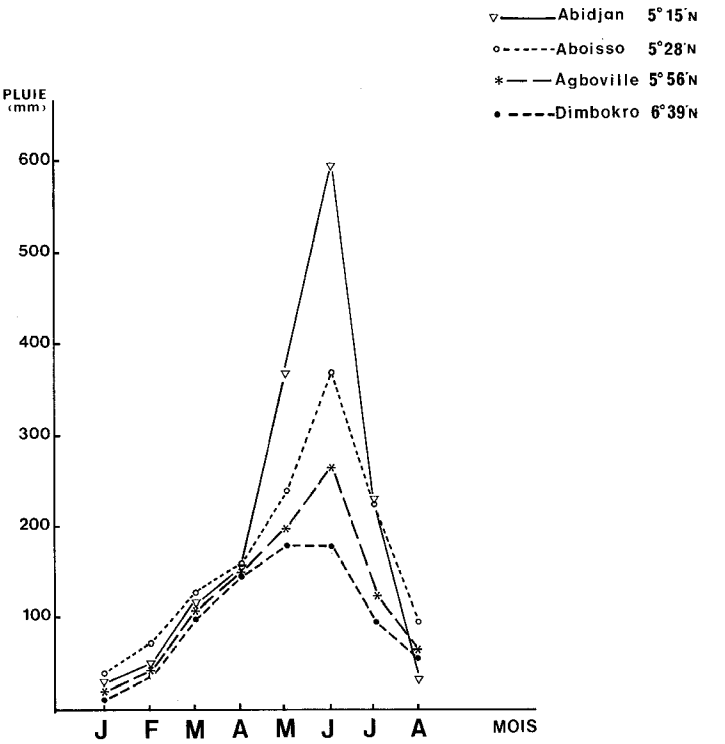


Figure 2
Nette diminution du maximum des pluies à quelques dizaines de kilomètres du littoral ivoirien vers l'intérieur du pays.

La distribution des pluies vers le nord, à seulement quelques dizaines de kilomètres du rivage (figure 2), montre la profonde dichotomie existant entre les deux climatologies : à une trentaine de kilomètres de l'océan, c'est-à-dire à une vingtaine de kilomètres au nord des stations définies comme littorales, le pic de juin est déjà réduit d'environ 30 % ; à une cinquantaine de kilomètres, il est réduit à moins de la moitié et, à une centaine de kilomètres, il a disparu. C'est à cette distance de la côte ivoirienne qu'il devient convenable d'appliquer les résultats de la climatologie générale de l'Afrique de l'Ouest. Mais là n'est pas notre propos. Nous nous intéressons à la climatologie des pluies littorales ivoiriennes de mai-juillet dans le contexte thermodynamique et dynamique de la climatologie océanique de surface.

Conditions thermiques et dynamiques à la surface du golfe de Guinée

Les précipitations moyennes de juillet et septembre 1974 pendant GATE (*Global Atlantic Tropical Experiment*) ont été inférieures à 700 mm pour 60 jours (RIEHL, 1979), c'est-à-dire certainement très inférieures à la pluviométrie du littoral ivoirien en juin 1974 qui est de 708 mm pour 6 stations bien réparties le long du littoral. La convection profonde de GATE centrée vers 23° W - 8° N correspond à des moyennes de convergence maximale du vent en surface (- 10^{-5}/s) proches de celles observées en juin au voisinage océanique du littoral ivoirien (HASTENRATH et LAMB, 1977). Un diagramme de corrélation (RIEHL, 1979) établi à partir d'une centaine de points en juillet entre les précipitations moyennes et la convergence en surface, au niveau du « creux équatorial », indique 350 mm pour une convergence égale à - 5.10^{-6}/s. Disposant des données climatiques de vent de surface de la *National Océanic Atmospheric Administration* (NOAA) moyennés par mois dans des « carrés » de 2 degrés, nous avons contrôlé que la convergence du vent méridien de surface triplait entre avril et juin où elle atteint $1,1.10^{-5}$/s, dans le « carré » d'Abidjan ; un maximum principal existe en septembre ($1,5.10^{-5}$/s) mais les eaux côtières froides, de température inférieure à 24 °C, inhibent les précipitations littorales lorsque la différence thermique entre l'eau et l'air devient nettement négative (figure 3c). Cependant, au mois de juin où les eaux côtières gardent une température voisine de 26 °C et une convergence en surface égale à $1,1.10^{-5}$/s, l'application de la droite de régression du cœur du « creux équatorial » donnerait des précipitations littorales voisines de 430 mm. Comme il est observé en moyenne aux stations côtières des précipitations dépassant 600 mm, et qu'étant situées souvent à une dizaine de kilomètres de l'océan elles subissent par suite un ***effet de divergence induite*** par la différence de rugosité entre la mer et la terre, il est probable que les enregistrements littoraux, côté terre, sous-estiment d'environ 10 % les précipitations réelles, côté mer : cette estimation est déduite d'une extrapolation linéaire à partir du net fléchissement des pluies décrit plus haut vers l'intérieur du pays.

En conclusion, nous remarquons que, à convergence et à température océanique de surface égales, les précipitations du plateau continental ivoirien sont supérieures d'au moins 200 mm/mois à celles du « creux équatorial ».

Nous allons montrer qu'il est réaliste d'interpréter cette forte différence entre les maximums de pluies de la ZIC et de la côte ivoirienne au moyen de l'advection massique dans la couche limite atmosphérique qui est loin d'être négligeable dans le cas côtier.

Équation de la tendance en pression, gradient méridien d'humidité et upwelling

Pour les prévisionnistes d'Afrique (TSCHIRHART, 1959 ; BERNET, 1969 ; DHONNEUR, 1971) il est acquis depuis longtemps que l'analyse du champ de pression au sol est primordiale ; les cartes de divergence horizontale, difficiles à réaliser, ont été en fait remplacées par des cartes de tendance de pression en trois heures. Mais il est apparu aussi que la variation de pression atmosphérique en 24 heures, au moyen de cartes tracées toutes les 6 heures (DHONNEUR, 1971), permet de suivre la formation de lignes d'instabilité

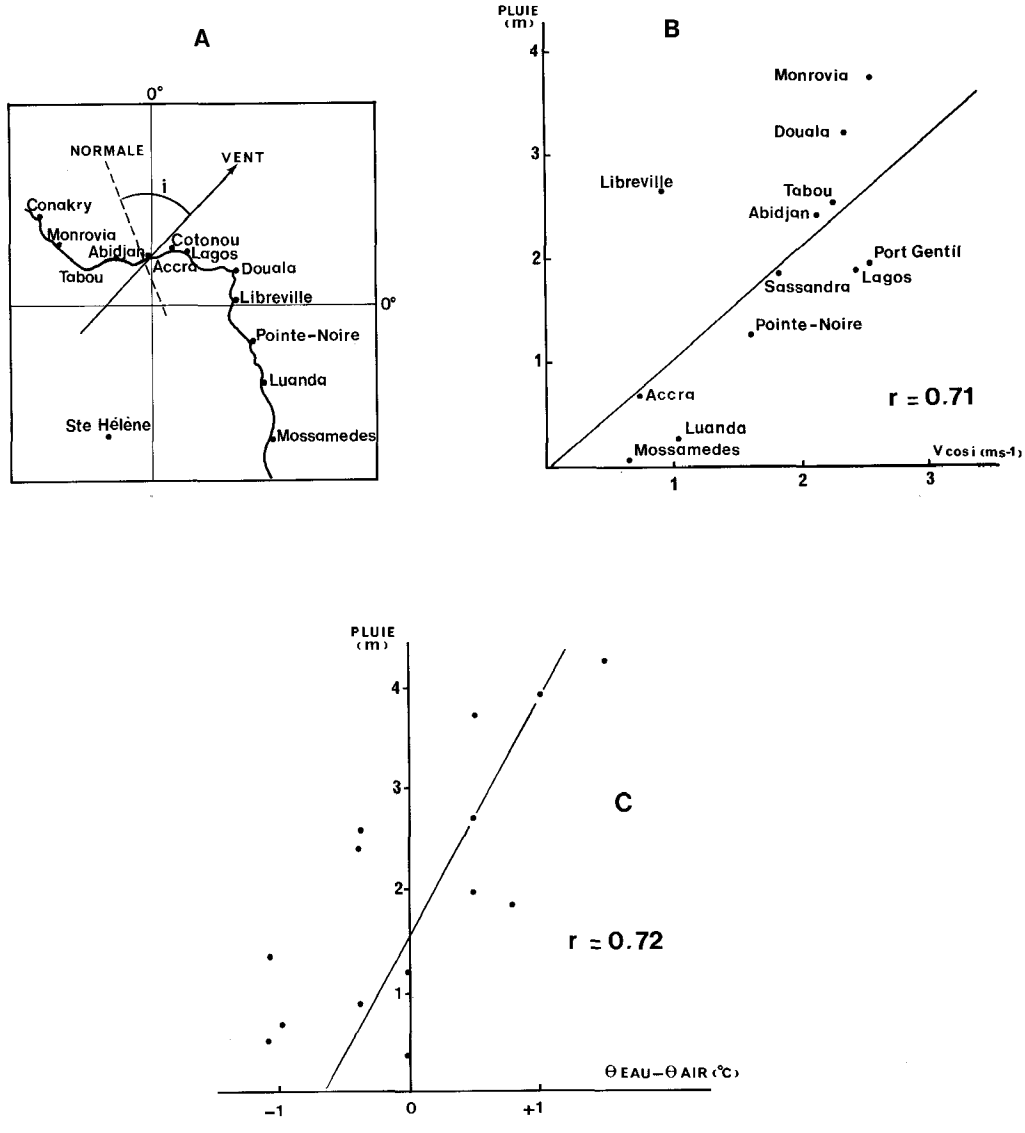


Figure 3
L'angle i, sa définition (a), et les résultats (b et c).

dans les lignes de flux dues à la poussée de mousson. On constate qu'une ***hausse de pression*** caractérise, à cette échelle de temps, les types de temps perturbé. La pression atmosphérique augmente plus sur la côte ivoirienne entre les mois de mai et de juin (2,6 hPa à Abidjan) qu'à Sainte-Hélène (1,9 hPa) à la latitude 16° S. En fait, la hausse de pression ivoirienne n'est pas corrélée à la hausse de pression de l'anticyclone (série mai-juin 1942-1965). En revanche, il est évident que l'anticyclone de Sainte-Hélène est corrélé aux déplacements de la ZIC puisque celle-ci est définie à partir des alizés directs.

L'équation de la tendance comporte un terme de divergence horizontale et un terme d'advection massique horizontale. Si la tendance en pression est plus forte à Abidjan en juin, c'est certainement dû au terme d'advection horizontale, puisque le champ de divergence horizontale observé est semblable au niveau de la ZIC et de la côte ivoirienne. Par conséquent, la formation des lignes d'instabilité ivoirienne est en partie due au terme d'advection, ce que corrobore l'augmentation des pluies et des vents côtiers simultanée à la hausse de pression entre mai et juin.

Les observations océaniques (HASTENRATH ET LAMB, 1977) et côtières montrent que les vents de secteur sud sont dominants pendant la saison des pluies. Par leur orientation presque perpendiculaire à la côte ivoirienne qui est quasi zonale, les flux d'humidité associés à ces vents ayant eu un parcours exclusivement océanique ne subissent ni l'assèchement continental ni surtout l'effet de divergence induit par la rugosité différentielle. Par conséquent, la convergence étant assurée par la décélération de la composante méridienne du vent, ce qui a été vu plus haut, il est normal d'obtenir (GALLARDO, 1975, 1978, 1983) une corrélation linéaire élevée entre les pluies du littoral ivoirien et le terme Vcosi (figure 3a et b). En effet, la droite de régression calculée pour l'ensemble des stations côtières du golfe de Guinée, qui passe par l'origine, sera visiblement toujours la même en ne considérant que les stations ivoiro-ghanéennes, avec une dispersion des points très faible par rapport à la droite, d'où un coefficient de corrélation qui doit être très supérieur à 0,71, probablement de l'ordre de 0,95 ; autrement dit, dans cette zone, l'absence de vent de secteur sud entraîne l'absence de pluie.

À ce stade de l'analyse il devient essentiel de considérer les phénomènes à l'échelle météorologique et non plus climatique. De montrer par conséquent que les hausses de pression atmosphérique caractérisant les types de temps perturbé sont en liaison directe avec des variations (« pulsations de la mousson ») du vent de secteur sud. La difficulté vient de ce que le vent à examiner est un vent océanique et que nous ne disposons que d'observations côtières. De plus, étant donné le caractère discontinu et hétérogène des précipitations, il ne faut pas s'attendre à des corrélations élevées entre pressions atmosphériques, vents côtiers et pluies littorales, d'autant que ces dernières ne sont pas une moyenne spatiale de plusieurs stations.

À partir des relevés trihoraires de l'aérodrome d'Abidjan pour les mois de mai et juin 1978 à 1984 nous avons examiné la fréquence et la vitesse des vents de secteur sud, les précipitations et la pression atmosphérique. Les résultats dégagent une liaison entre la prédominance des vents de secteur sud et les pluies du mois de juin surtout. Cette fois encore apparaît une distinction entre le contexte dynamique des précipitations de ces deux mois. Nous rappelant que l'écart des pluies de la zone abidjanaise avec des stations éloignées de plus de 20 km de l'océan est de 40 mm en mai et de 240 mm en juin, force est de conclure que la prédominance de secteur sud n'est pas interprétable comme un indice de pénétration de la mousson, puisque le gradient des isohyètes augmente quand le flux de secteur sud augmente.

La liaison pluie-flux de secteur sud de la série 1978-1984 n'apparaît cependant pas en 1979 et en 1984. Nous avons contrôlé à l'aide d'une moyenne spatiale des pluies sur 5 stations côtières situées à moins de 300 km d'Abidjan que ce manque de liaison n'était pas dû à une hétérogénéité spatiale. Par conséquent, il est utile d'analyser ces années à anomalie de liaison entre le flux de secteur sud et la pluie littorale : l'année 1979 enregistre un excès de pluie relativement au niveau du flux océanique tandis que l'année 1984 subit, au contraire, un déficit de pluie par rapport au niveau de ce flux. Considérons alors l'intensité des précipitations eu égard au nombre de jours de pluie [1].

On trouve 33,5 mm/j en1979 contre seulement 21,0 mm/j en 1984. La série 1978-1984 a une moyenne de 27,4 mm/j avec un écart-type de 6,6 mm/j. Par conséquent, les structures aérologiques au-dessus du golfe de Guinée et du bassin d'Angola devaient être très différentes ces deux années, l'atmosphère de juin 1984 ayant une structure verticale beaucoup moins favorable à la pluviogénèse que celle de juin 1979. À ce propos, il est intéressant d'analyser les structures de surface, thermiques et dynamiques, des mois de juin 1982, 1983 et 1984 dans le golfe de Guinée et le bassin d'Angola puisque nous disposons d'une climatologie de surface de ces trois années (TOURRÉ et CHAVY, 1987) et que leurs intensités de pluie par jour couvrent toute l'échelle de variabilité avec respectivement 39,6, 28,3 et

[1] Sur la série 1978-1984 le nombre de jours de pluie est le même en mai et juin mais il pleut plus en juin. Par exemple en juin 1981, 26 j de pluie = 535 mm ; en juin 1982, 25 j de pluie = 991 mm ; P/j 1981 = 20,6 mm/j ; P/j 1982 = 39,6 mm/j.

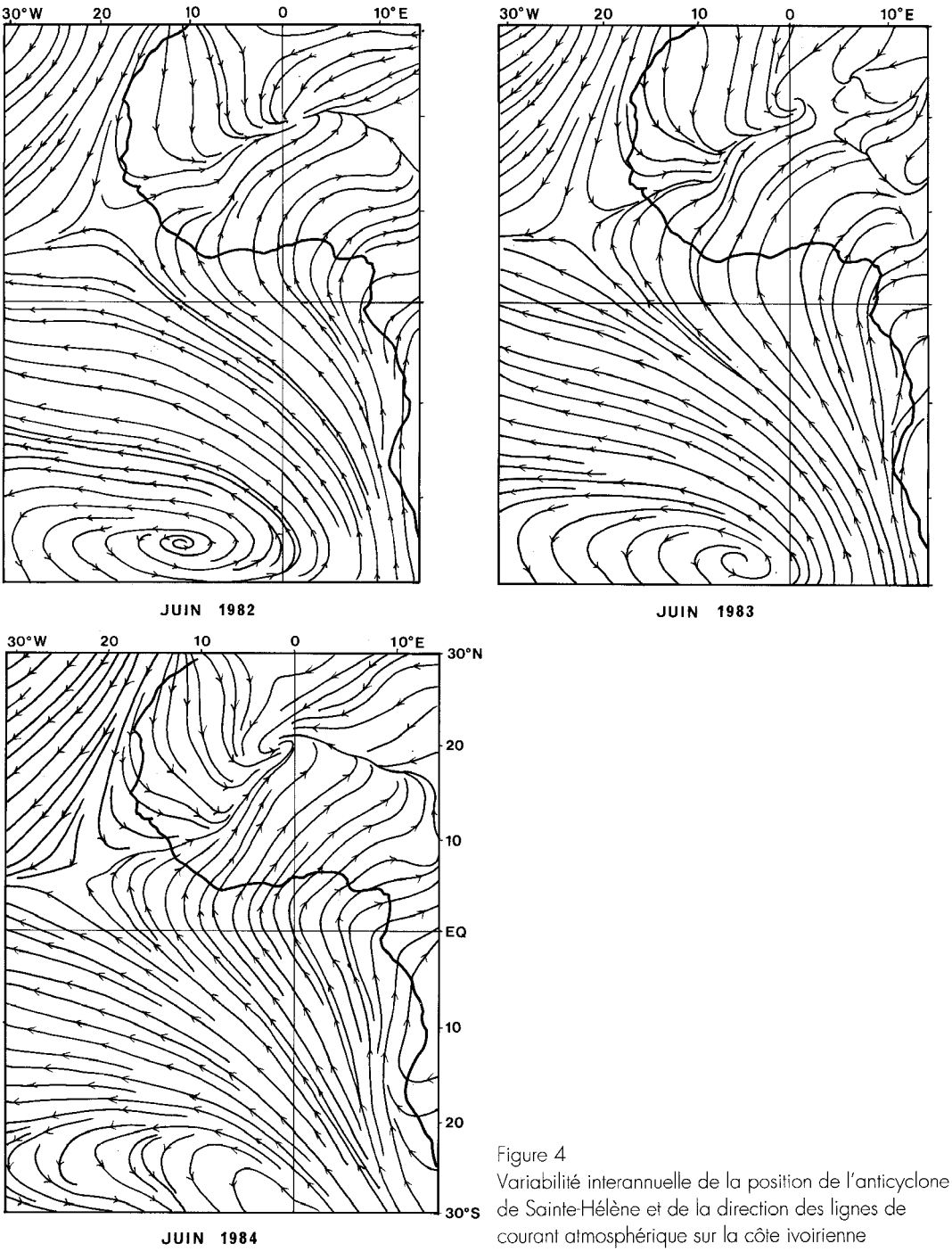


Figure 4
Variabilité interannuelle de la position de l'anticyclone de Sainte-Hélène et de la direction des lignes de courant atmosphérique sur la côte ivoirienne

21,0 mm/j. L'anticyclone de l'Atlantique sud est nettement mieux établi en juin 1982 qu'en juin 1984. De plus, on sait que le premier cas correspond à un upwelling équatorial bien installé tandis que le second suggère une situation d'El Niño atlantique, avec des eaux anormalement chaudes le long des côtes angolaises. Nous remarquons aussi que les lignes de courant atmosphérique (figure 4) traversant le littoral est ivoirien ont, ces trois années, à la fois une position à la latitude 20° S et un angle d'incidence à la côte différents : en 1982 la ligne de courant est ivoirien passe au voisinage de la côte angolaise (150 km) et arrive perpendiculaire au littoral ivoirien ; au contraire, en 1984 elle passe à plus de

600 km de l'Angola et arrive très inclinée sur l'est ivoirien. Ces deux aspects différents dans la cartographie des vents de surface sont évidemment liés à une nette différence de structure et de position de l'anticyclone de Sainte-Hélène. Les conditions thermiques de surface très différentes dans le bassin d'Angola en juin 1982 et 1984 suggèrent une interaction avec cet anticyclone ; par suite, une part importante de la variabilité du pic de pluie du littoral ivoirien doit dépendre de la thermodynamique de surface au large de l'Angola. Autrement dit, la dynamique de l'anticyclone peut être freinée et retardée en juin par une persistance d'eaux chaudes devant l'Angola, cette anomalie chaude étant elle-même amplifiée (provoquée ?) par un affaiblissement des alizés équatoriaux c'est-à-dire par un changement de position et (ou) de structure de l'anticyclone. (L'absence de corrélation pluies abidjanaises - pression atmosphérique à Sainte-Hélène est attribuée à la position trop éloignée de cette île par rapport à la côte angolaise ; en fait les lignes de courant passant à Sainte-Hélène traversent le littoral brésilien.)

Il apparaît ainsi qu'une part essentielle de la variabilité des pluies en juin sur le littoral ivoirien dépend des conditions thermodynamiques au-dessus du bassin angolais. Les poussées de mousson créent à la fois des hausses de pression et un temps perturbé, c'est-à-dire des pluies ; nous le vérifions de juin 1982 à juin 1984 avec des pressions atmosphériques respectives égales à 1013,50, 1013,11 et 1011,78 hPa accompagnées de précipitations de 991, 622 et 399 mm respectivement. En même temps, le pourcentage de fréquence des vents côtiers de secteur sud (entre le 160 et le 200) a été respectivement de 46 % , 33 % et 24 % indiquant ainsi une grande variabilité interannuelle en accord avec celle des pressions et des pluies : elle est de l'ordre de l'écart-type de la série 1978-1984, soit 10 %, le tiers de la valeur moyenne. Toutefois, nous remarquons que la vitesse du vent de surface côtier a très peu varié entre 1982 et 1984 : 3,6 - 3,5 et 3,3 m/s. Par conséquent, le changement de forme et de position de l'anticyclone de Sainte-Hélène ne se répercute pas sur la vitesse de surface mais sur la pression atmosphérique, la pluie et la ***direction du vent de surface***. En se reportant aux termes de l'équation de tendance en pression, il apparaît que dans le terme d'advection massique c'est le sens du ***gradient horizontal d'humidité*** qui peut expliquer la liaison statistique entre la direction du vent de surface et la pluie littorale. Comme le champ des humidités dépend étroitement de celui des températures océaniques, la présence d'un upwelling côtier peut déterminer un brusque fléchissement du gradient d'humidité à la côte suivi d'une baisse très sensible des pluies quelques dizaines de kilomètres en aval dans l'intérieur du pays. Or, ce processus est très net, surtout en juin, lorsque les températures côtières deviennent voisines de 26 °C. Cette température de 26 °C est apparue comme un seuil thermique au-dessous duquel la convection profonde n'existe plus. Nous avons contrôlé en effet qu'à la station côtière d'Abidjan, sur la série 1978-1984, les dernières fortes pluies (la convection profonde) avaient cessé dans 86 % des cas entre les 16 et 23 juin avec des températures côtières comprises entre 25,2 et 26,8 °C. La totalité des cas observés indique une température moyenne égale à 25,7 °C et un écart-type égal à 0,8 °C ; la date moyenne d'arrêt des fortes pluies est le 22 juin avec un écart-type de 6,4 jours. Nous avons constaté aussi que « l'arrêt » des pluies, c'est-à-dire moins de 2 mm en 10 jours, correspondait à une température côtière moyenne de 24,5 °C et à la date moyenne du 30 juin, les écarts-types respectifs étant de 1,1 °C et 8,2 jours. Autrement dit, entre la date d'arrêt des fortes pluies et celle d'établissement de la saison sèche, il y a seulement 8 jours d'écoulés, pour 1,2 °C de refroidissement des eaux côtières.

Comment interpréter une ***transition aussi brusque*** ? Nous pensons que l'apparition de l'upwelling met en jeu deux ***facteurs d'inhibition*** des pluies : d'une part le seuil thermique de convection profonde, d'autre part une distribution des isothermes parallèles à la côte zonale, très favorable à un maximum de gradient méridien d'humidité et par suite à un minimum d'advection massique dans un écoulement de secteur sud.

En conclusion, les champs d'humidité et de divergence du vent à la surface du golfe de Guinée sont aptes à expliquer une part importante de la variabilité des pluies aux échelles météorologique et climatique. L'importance du flux de secteur sud est liée à la disposition zonale des isothermes pendant l'upwelling ; il en résulte une forte diminution du gradient méridien d'humidité au-dessus du plateau continental. Cette zone de fort gradient négatif dépend, en dimension et en intensité, de celles de l'upwelling ivoirien.

De juillet à septembre, sa largeur augmente (voir, dans cet ouvrage, COLIN et *al.*)., et, par suite, la convection profonde océanique n'atteint plus le littoral ; la température de surface y est alors inférieure à 25 °C. Comme la convection profonde est liée au « seuil 26 °C », sa position à la date moyenne d'arrêt des fortes pluies littorales (22 juin) est éloignée d'environ une centaine de kilomètres de la côte, estimation basée sur le gradient thermique méridien. La direction du vent de surface est, elle, dépendante, nous l'avons vu, de la forme et de l'extension de l'anticyclone de Sainte-Hélène dans sa partie orientale, c'est-à-dire des conditions thermiques devant l'Angola.

Discussion, conclusion

Ainsi, la moitié occidentale de la côte nord du golfe de Guinée se caractérise par un pic de pluie littorale concentré au mois de juin. Nous avons pris pour modèle le littoral ivoirien dont la climatologie de juin à août se démarque nettement de celle des régions océaniques plus à l'ouest, la ZIC, ou plus à l'est, le Cameroun côtier. Si, à convergence du vent et à température de surface égales avec la ZIC, le littoral ivoirien est cependant mieux arrosé lors du maximum de pluie, c'est probablement lié à l'existence d'une prédominance des vents de secteur sud. Cependant, la vitesse du vent de surface ne peut logiquement pas déterminer de corrélation positive avec le niveau des pluies littorales parce que :

— toute augmentation du vent fait croître le courant est (courant de Guinée), élève la thermocline au-dessus du plateau continental et favorise par suite le refroidissement des eaux côtières, d'où inhibition de la convection côtière ;

— une décélération du vent de surface méridien est en principe liée, dans un modèle de « drift », à une augmentation de la convergence et par suite de la convection.

C'est en reconsidérant les termes de l'équation de la tendance en pression atmosphérique que nous interprétons cet excès de pluie littorale en juin conduisant à la formation d'un pic caractéristique. Nous avons constaté que les fortes pluies, c'est-à-dire le temps perturbé des prévisionnistes, correspond bien à une hausse de pression littorale et à une hausse de fréquence des vents du sud ; en revanche, nous n'avons pas observé d'augmentation sensible de la vitesse du vent.

En fait, l'équation de la tendance intègre verticalement, dans toute la colonne atmosphérique humide, la divergence du flux d'humidité. Cette expression contient un terme de divergence du vent et un terme de gradient d'humidité multiplié par la vitesse du vent, c'est-à-dire le terme d'advection massique des prévisionnistes. Or, le gradient d'humidité dépend, dans un écoulement de secteur sud, de la disposition zonale du champ d'humidité. Celui-ci dépend essentiellement d'un champ thermique marin où les isothermes sont orientés zonalement : l'upwelling ivoirien crée un tel champ des températures de surface, particulièrement sur le littoral abidjanais. L'efficacité inhibitrice de l'upwelling côtier est illustrée en juin par la décroissance très rapide des pluies vers l'intérieur du pays sur quelques dizaines de kilomètres. En juillet-août-septembre, les eaux de température inférieure à 26 °C ont envahi l'ensemble du plateau continental et supprimé la convection qui alimentait les pluies littorales : d'où l'existence, au moins statistique, d'un maximum concentré en juin.

Ensuite, la parution d'un atlas climatique de surface pour trois années aux conditions thermiques et cinématiques couvrant la gamme de variabilité interannuelle, nous a permis d'observer une nette liaison entre la perturbation du bord E de l'anticyclone et la thermique côtière angolaise. Quand la dépression thermique angolaise se prolonge jusque sur les eaux côtières, grâce à une relaxation des alizés équatoriaux, comme en 1984, les lignes de courant atmosphérique issues du bord E de l'anticyclone arrivent avec une incidence sur le littoral ivoirien moins perpendiculaire qu'à l'ordinaire : il y pleut beaucoup moins en juin. Il est probable que la structure aérologique à l'est de l'Atlantique tropical sud s'écarte alors notablement de la structure habituelle.

RÉFÉRENCES

BERGERON (T.), 1949.— The problem of artificial control of rainfall on the globe. II- The coastal orographic maxima of precipitation in autumn and winter. *Tellus*, 1(3) : 15-32.

BERNET (G.), 1969.— Recherche d'un mode de formation des lignes de grain en Afrique centrale. *ASECNA*, sér.1, 5, Dir. Expl. Met. ASECNA, Dakar : 1-41.

DIONNEUR (G.), 1971.— Variations du champ de pression et prévision du temps dans les régions intertropicales de l'Afrique occidentale et centrale. *ASECNA*, 21, Dir. Expl. Met. ASECNA, Dakar, 164 p.

DURAND (J.R.) et CHANTRAINE (J.M.), 1982.— L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15(2) : 85-113.

EMANUEL (K.), 1985.— An air-sea interaction theory for tropical cyclones. Part I : Steady-state maintenance. *J. Atmos. Sci.*, 43 (6) : 585-604.

GALLARDO (Y.), 1970.— Rapport sur les hydroclimats côtiers du golfe de Guinée. Doc. int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 11 p.

GALLARDO (Y.), 1975.— Relations hydrométéorologiques sur les côtes du golfe de Guinée. Influence de l'orientation de la côte. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(1) : 71-81.

GALLARDO (Y.), 1978.— Hydrometeorological relationships on the coast of the gulf of Guinea. Influence of the orientation of the coast. Appendix Annex A. *In* : The west african monsoon experiment (WAMEX). *GARP publ. ser.*, Geneva, 21 : 77-84.

GALLARDO (Y.), 1983.— Remarques sur les relations océan-atmosphère le long des côtes du golfe de Guinée. *Norois*, 118 : 311-312.

HASTENRATH et LAMB (P.J.), 1977.— Climatic atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Oceans. The University of Wisconsin press, Madison, London, 97 charts.

RIEHL (H.), 1979.— Climate and weather in the tropics. Academic press, London, New York, San Francisco, 606 p.

SADLER (J.C.), 1969.— Average cloudiness in the tropics from satellit observations. East west center press, University of Hawaii, Honolulu, 24 pl.

TOURRÉ (Y.) et CHAVY (P.), 1987.— Vents de surface moyens pendant FOCAL. Analyses cinématiques. Atlas ORSTOM/LODYC, Mét. Nat., Paris, 144 cartes, 75 p.

TSCHIRHART (G.), 1959.— Les perturbations atmosphériques intéressant l'AEF méridionale. *Monogr. Mét. Nat.*, Paris, 13, 32 p.

YOSHIZAKI (M.) et OGURA (Y.), 1986.— A modeling study of orographic-convective precipitation over the eastern Arabian Sea and the Ghats mountains in the summer monsoon season : a preliminary report. WMO/IUGG Symposium, Tokyo : 679-688.

ENVIRONNEMENTS CLIMATIQUE ET OCÉANOGRAPHIQUE SUR LE PLATEAU CONTINENTAL DE CÔTE-D'IVOIRE

Christian COLIN, Yves GALLARDO, Rémy CHUCHLA, et Souleymane CISSOKO

L'objet de cette étude consiste, en utilisant les mesures effectuées à la côte dans le domaine de la climatologie et en se référant aux résultats obtenus au cours des différents programmes océanographiques menés sur et au large du plateau continental ivoirien :

a) à décrire les variabilités saisonnière, interannuelle et à plus haute fréquence du vent, de la pluviométrie, des paramètres hydrologiques et des courants ;

b) à définir les mécanismes physiques responsables de la forte variabilité saisonnière de la température à la côte.

Introduction

Le plateau continental ivoirien est schématiquement représenté par l'aire océanique délimitée au nord par la côte ouest-africaine, au sud par le parallèle 5° N, à l'ouest par le cap des Palmes (8° W) et à l'est par le cap des Trois-Pointes (2° 30' W). Sa largeur est en moyenne de 20 à 25 km et il est généralement peu accidenté excepté en face d'Abidjan où s'ouvre le canyon sous-marin du Trou-sans-Fond (figure 1). À cet endroit, la pente moyenne est de 200 m par mille nautique alors qu'elle n'est en moyenne que de 8 m par mille nautique en dehors du canyon. Ce plateau est le siège d'une forte variabilité des paramètres climatologiques (vent, pluviométrie) aussi bien que des paramètres océanographiques (température, salinité, niveau moyen, oxygène et courants). L'amplitude de cette variabilité est surtout importante à l'échelle de la saison. Par exemple, les écarts thermiques relevés sur l'ensemble du golfe de Guinée, entre le printemps et l'été boréal, sont fréquemment de 8 ° à 10 °C en surface, amplitude saisonnière de loin

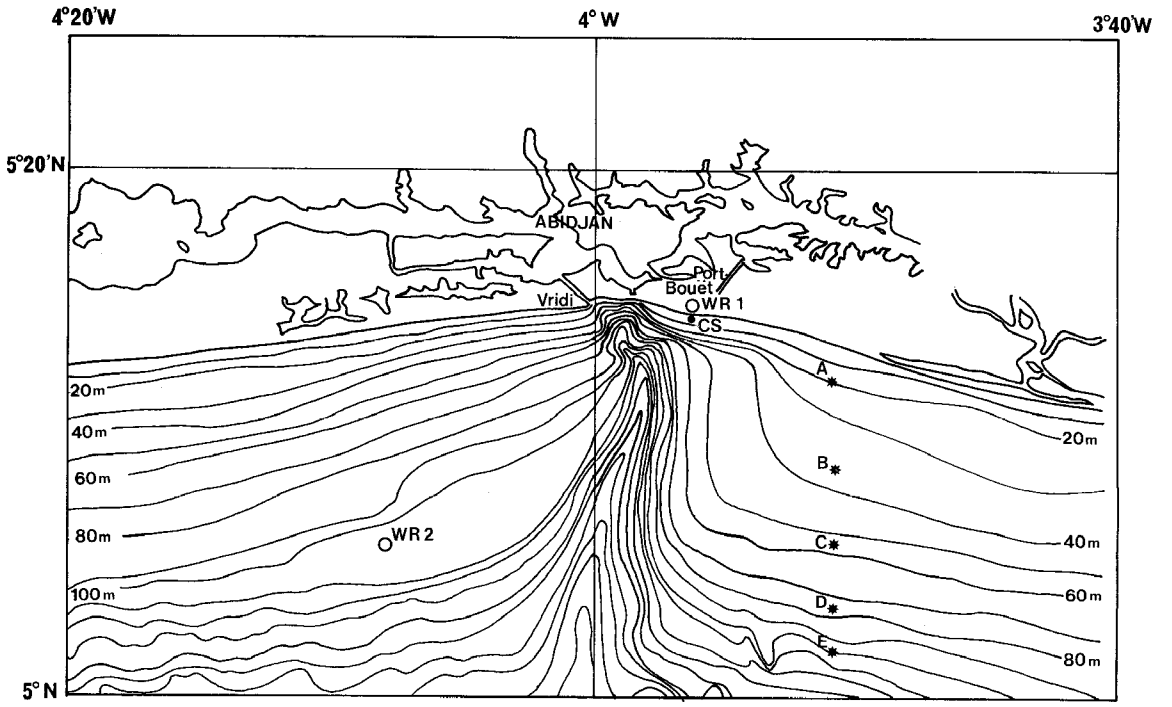


Figure 1
Bathymétrie du plateau continental ivoirien en face d'Abidjan et localisations géographiques : a) des stations météorologiques WR1 et WR2 (respectivement au sommet du phare de Port-Bouët et sur le plateau continental, ainsi que de la station côtière de Port-Bouët (CS) et b) des profils verticaux (A, B, C, D, E) de température, salinité et courants effectués en moyenne chaque semaine de décembre 1982 à août. 1984 (extrait de COLIN, 1988).

supérieure à celle du contenu thermique de l'atmosphère. La description de cette variabilité sur le plateau, purement hydrologique dans un premier temps a, pour des raisons logistiques évidentes, débuté en quelques points. Il a d'abord été possible de donner, à partir de mesures hebdomadaires, une description des fluctuations saisonnières de la température et de la salinité en un point du plateau continental (VARLET 1958 ; DONGUY et PRIVÉ, 1964 ; MORLIÈRE 1970), puis d'accéder quelque temps après, pour certaines années et en plusieurs points de la côte et du plateau, à la connaissance des champs de vent et de courants (BOISVERT, 1967 ; INGHAM, 1970 ; VERSTRAETE, 1970a ; MORLIÈRE et REBERT, 1972 ; LEMASSON et REBERT, 1968, 1973a). Les observations de courant (composante zonale de la vitesse) effectuées sur le plateau ont montré, outre la présence de deux maxima (hiver et été boréal), l'extension en latitude, au-delà du plateau continental, du courant de Guinée à ces périodes de l'année. Eu égard à l'absence de navires océanographiques nationaux hauturiers, l'étude systématique de la variabilité saisonnière des paramètres hydrologiques (température, salinité, oxygène dissous...) et dynamiques, au large du plateau continental de la Côte-d'Ivoire n'a été entreprise que bien plus tard. Hormis quelques études ponctuelles (voir LONGHURST, 1962, pour une revue bibliographique détaillée), l'étude de cette variabilité n'a réellement débuté qu'en 1971 pour s'intensifier dans la seconde moitié de la décennie. Aux campagnes du navire océanographique *Capricorne* (HISARD, 1973), succéda de 1978 à 1980, le programme national français CIPREA. La densité importante des observations obtenues à partir des radiales océanographiques le long du méridien 4° W, a permis, surtout en été boréal, une meilleure description de la distribution spatiale de la température et des courants au bord et au large du plateau continental (VOITURIEZ, 1981 et 1983). Toutefois, l'absence d'observations continues ne permettait évidemment pas une description spatio-temporelle cohérente de l'ajustement de la température et des courants aux fluctuations saisonnières de l'atmosphère (HASTENRATH et LAMB, 1977), car les seules informations disponibles correspondaient aux

résultats issus des modèles numériques de circulation forcés par un vent impulsionnel ou périodique (ADAMEC et O'BRIEN, 1978 ; MOORE *et al.*, 1978 ; PHILANDER, 1979 ; PHILANDER et PACANOWSKI, 1981 ; BUSALACCHI et PICAUT, 1983 ; MC CREARY *et al.*, 1984 ; CANE et PATTON, 1984) et de l'analyse des données « historiques » (MERLE, 1980). Cette lacune fut comblée à la suite de la réalisation du programme océanographique conjoint franco-américain FOCAL-SEQUAL mené de 1982 à 1984 sur l'ensemble du bassin équatorial atlantique ; une attention particulière, compte tenu de l'importance de la variabilité thermique saisonnière observée, fut portée au golfe de Guinée et en particulier à la longitude 4°W (COLIN, 1988 ; COLIN *et al.*, 1987 ; COLIN et GARZOLI, 1987 et 1988 ; HOUGHTON et COLIN, 1986 et 1987 ; WEISBERG et COLIN, 1986).

Les refroidissements saisonniers des eaux de surface, le long de la côte et dans le golfe de Guinée de manière générale, modifient l'intensité des échanges avec l'atmosphère et conditionnent, pour une part importante, la disponibilité de la quantité de chaleur d'origine équatoriale redistribuée, par les courants atmosphériques et océaniques, vers les latitudes plus élevées.

Environnement climatique

GÉNÉRALITÉS

Les événements atmosphériques sont de durée et d'extension géographique variables. En météorologie tropicale appliquée à l'Afrique de l'Ouest (DHONNEUR, 1974 ; GARNIER, 1976), ils sont classés en cinq groupes associés à des échelles d'espace et de temps décroissantes : ce sont l'échelle planétaire et les quatre échelles A, B, C et D ainsi définies lors de l'expérience GATE (GARP *Atlantic Tropical Experiment*) en 1974. Dans cette étude, nous nous intéressons essentiellement aux échelles A et B qui concernent les échelles d'espace 10 000-1 000 km, 1 000-100 km et les échelles de temps 3 jours à 8 jours et 12 heures à 3 jours. Elles contribuent aux périodes d'intensification des alizés de sud-ouest en Côte-d'Ivoire, donc à des renforcements de la mousson sur l'Afrique de l'Ouest (échelle A) et à une configuration isobarique qui lui est favorable, le « drift » (échelle B) (GALLARDO, dans cet ouvrage).

L'équateur météorologique (EM) est la zone de confluence des alizés de nord-est (hémisphère Nord) et de sud-est (hémisphère Sud). Le front intertropical (FIT) est le lieu où convergent l'harmattan, vent continental de nord-est (NE) chaud et sec, et la mousson du sud-ouest (SW), vent humide et plus frais d'origine océanique. Sur le continent, le FIT est la trace au sol de l'EM ; il a un mouvement saisonnier en latitude qui oscille en moyenne entre 5°N en janvier et 25°N en août. Sur l'océan, sa position moyenne mensuelle est orientée du sud-ouest (partie équatoriale ouest) au sud-est (partie équatoriale est) et ne dépasse pas 15°N en août (figure 2).

VENT DE SURFACE

Les seules données de vent de surface disponibles et couvrant l'ensemble de l'océan Atlantique intertropical sont obtenues à partir des relevés météorologiques fournis par les bateaux marchands (fichiers de la *National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA). La figure 3a montre l'évolution saisonnière de la composante méridienne de la vitesse du vent, à partir de moyennes mensuelles sur le carré 3°W-5°W et 3°N-5°N. On constate la présence d'un signal annuel défini par un maximum (3,5 m/s) de vitesse en été boréal et un minimum (1,5 m/s) en hiver. L'insuffisance du nombre des observations effectuées par les bateaux marchands en face d'Abidjan ne permet cependant pas d'accéder à une description fine de la variabilité « basse fréquence » (périodes inférieures à 60 jours) du champ du vent. Ce signal annuel apparaît également dans les composantes horizontales de la vitesse du vent du centre européen (TOURRE, *comm. pers.*) déduites du déplacement horizontal des nuages le long de la côte (4°W, 1°E et 6°E). En revanche, sur le continent (aéroport d'Abidjan localisé à 1,5 km de la côte), le signal annuel n'apparaît pas sur les moyennes mensuelles des données de vent de l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne) basées sur des observations trihoraires obtenues de 1966 à 1979 (*cf.* figure 8 dans VERSTRAETE *et al.*, 1979), absence peut-être liée à l'extrême faiblesse de l'intensité moyenne de la vitesse

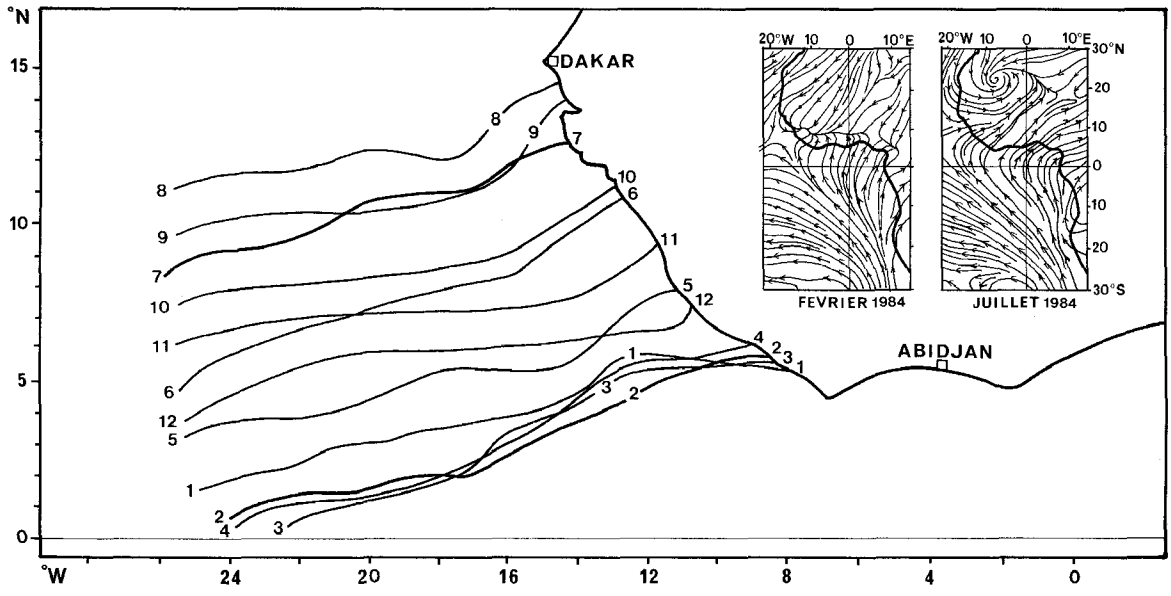


Figure 2
Positions mensuelles de la zone de confluence des alizés (ZCA) en zone équatoriale atlantique.
En encadré sont représentées les lignes de vent sur l'Afrique de l'Ouest à deux saisons opposées : février et juillet 1984.
Les positions respectives de la ZCA à ces périodes sont en trait gras (extrait de TOURRE et CHAVY, 1987).

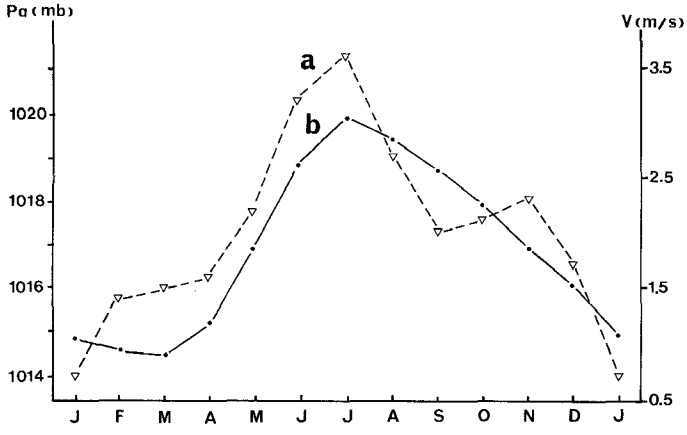


Figure 3
Cycle annuel moyen :
a) de la composante méridienne du vent définie dans le rectangle 2° E-10° W et 4° N-6° N (données de la NOAA)
b) de la pression atmosphérique à Sainte-Hélène (1953-1979).
Les moyennes mensuelles sont centrées sur le 15e jour du mois.

du vent enregistrée en ce point (V ≈ 1,7 m/s). Une telle décroissance de la vitesse du vent entre le proche large et la côte est-elle cependant physiquement réaliste ? En 1980, des mesures simultanées de vent effectuées à cette station météorologique de l'ASECNA et à une station automatique placée sur le phare de Port-Bouët situé en bordure du littoral (figure 4), montrent de fortes différences : la vitesse moyenne enregistrée à la côte est de 4 m/s en été boréal c'est-à-dire du même ordre de grandeur que le vent moyen de la NOAA, alors qu'à la station de l'ASECNA, elle ne dépasse pas 1,5 m/s. En revanche, pour les années 1982-1983 et 1984, les vitesses enregistrées sont comparables (figure 5) et du même ordre de grandeur que les valeurs relevées à la côte et au large. Comment expliquer ces disparités ? Elles pourraient être dues, pour une part, aux différences de rugosité liées aux différences de direction du vent à la côte (GALLARDO, 1975 ; ESCOURROU, 1981).

Variabilité saisonnière

Le plateau continental ivoirien est soumis au système anticyclonique de l'hémisphère Sud. Comme la zone équatoriale, il subit l'influence des alizés ; ceux-ci ne sont pas, comme à l'équateur, de secteur sud-

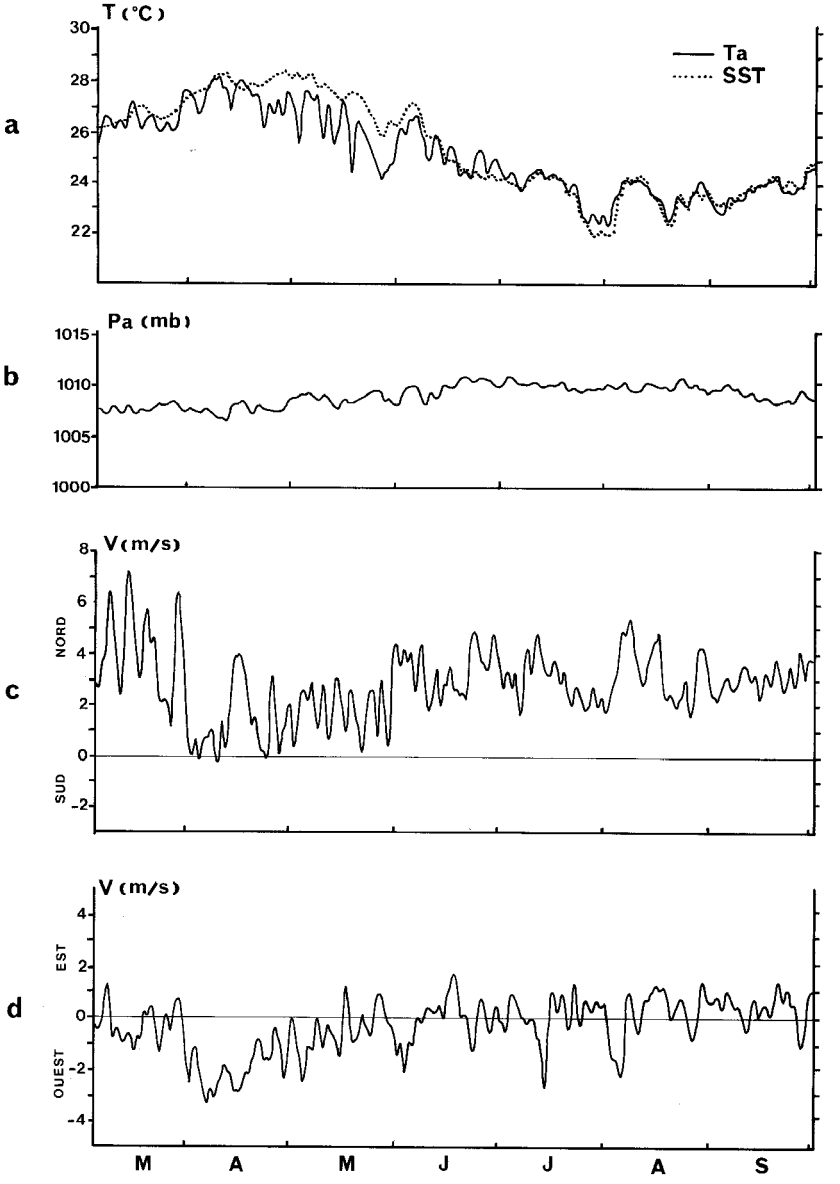


Figure 4

Distribution des moyennes journalières (données horaires) de a) la température de l'air (Ta), b) la pression atmosphérique (Pa), c) et d) les composantes méridienne et zonale de la vitesse du vent à la station WR1 (hauteur 27 m) du 6-3 au 2-10-1980. En surimpression (a) a été reportée la température de surface de la mer (SST) à la station CS (une donnée par jour) située au pied de WR1 pour la période de temps considérée.

est mais de secteur sud-ouest, modification de direction due au changement de signe de la force de Coriolis au passage de l'équateur. Les observations montrent :

— la présence d'un maximum dans la composante zonale de la vitesse du vent (de 5 à 6 m/s en moyenne) d'avril à octobre et de deux maxima (mai à juillet et octobre à décembre) dans la composante méridienne, soulignant ainsi, contrairement aux observations équatoriales, le caractère semi-annuel de la direction du vent à la côte (figures 6 et 7) ;

— l'intensification de la pression atmosphérique à partir du mois d'avril et la présence d'un maximum en été boréal (figures 4b et 5a) reflétant la progression vers le nord des hautes pressions atmosphériques associées à l'anticyclone de Sainte-Hélène ;

— la rotation du vent du secteur sud - sud-ouest au secteur ouest - sud-ouest en été boréal, la direction du vent étant alors plus parallèle à la côte (figures 6c et 7d).

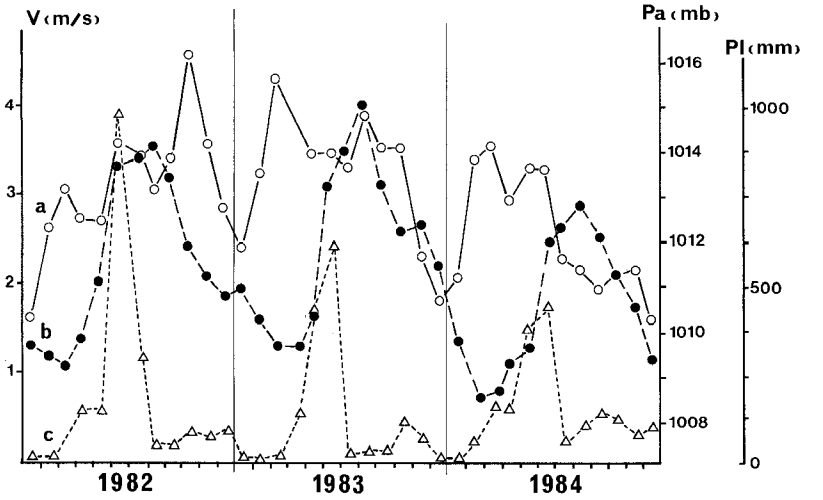


Figure 5
Distribution des moyennes mensuelles
a) du module de la vitesse du vent (V),
b) de la pression atmosphérique (Pa)
c) de la pluviométrie (Pl) à la station météorologique de l'ASECNA à Abidjan (aéroport) en 1982, 1983 et 1984. Les valeurs sont centrées sur le 15e jour du mois et ont été obtenues toutes les 3 heures pour les cas a) et b), toutes les 12 heures pour le cas c).

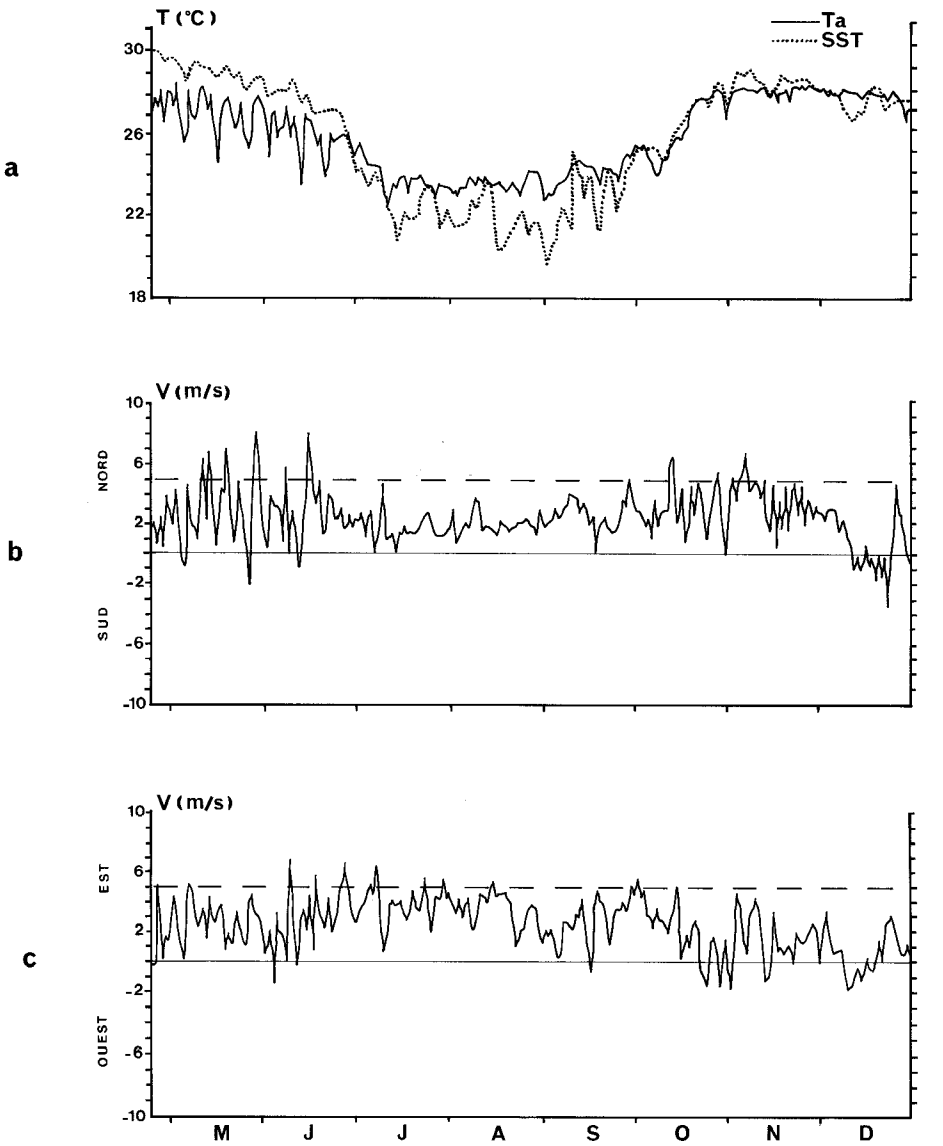


Figure 6
Identique à la figure 4 (exception faite de la pression atmosphérique) mais relative à la période du 26-4 au 31-12-1984 ; le trait en pointillés indique la valeur 5 m/s (extrait de COLIN, 1988).

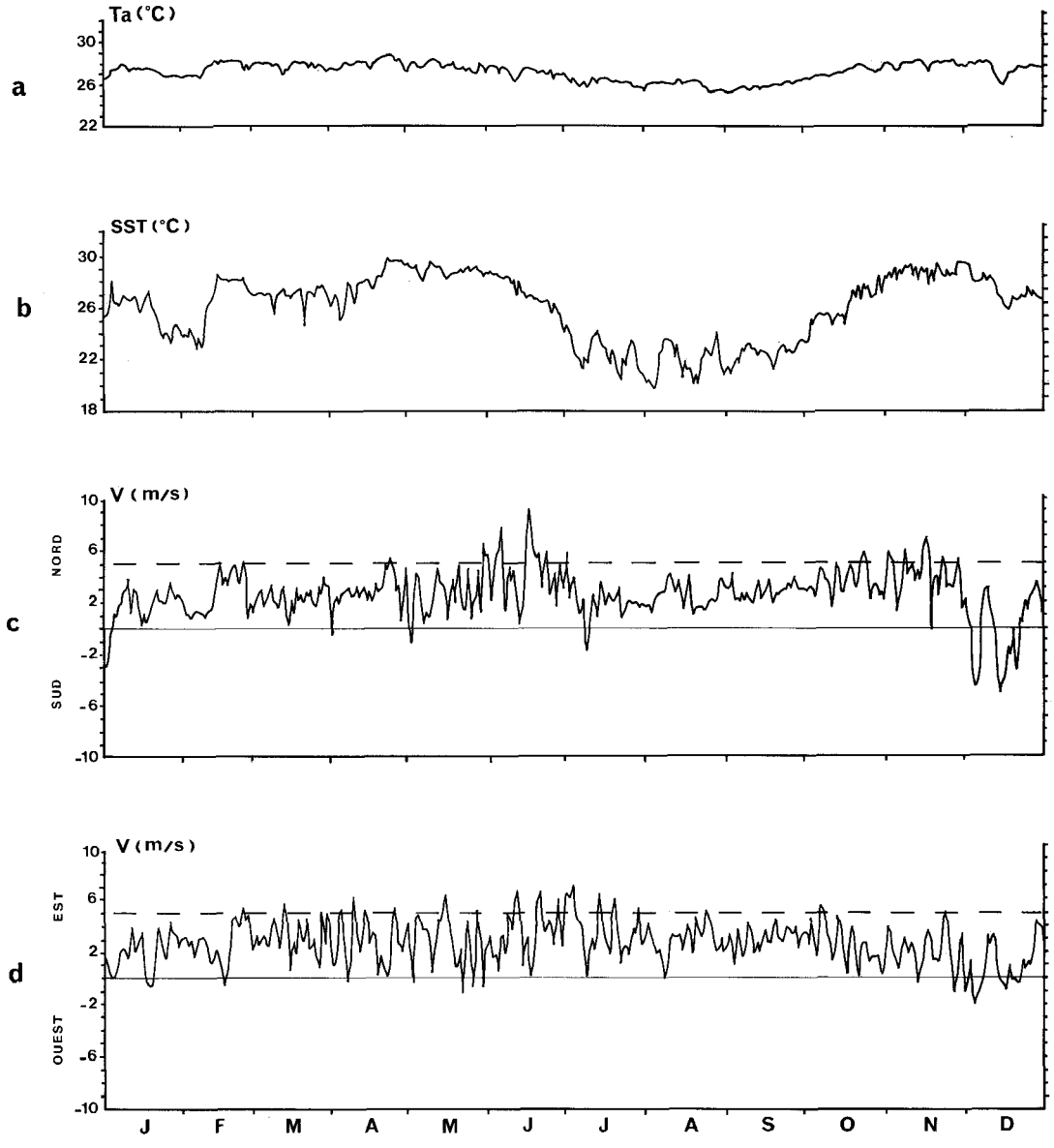


Figure 7
Identique à la figure 6, mais pour la période du 1-1 au 31-12-1985.

Contrairement à ce qui avait été suggéré précédemment (VERSTRAETE *et al.*, 1979), le vent à la côte présente donc, aussi, une variabilité saisonnière marquée. Ces observations sont cohérentes avec les observations de vent de la NOAA effectuées plus au large.

Les directions respectives du vent à la côte (secteur sud-ouest) et à l'équateur, (secteur sud-est), en été boréal, conduisent à un renforcement du rotationnel anticyclonique (TOURRE et CHAVY, 1987) et ainsi de la convergence observée au nord de l'équateur (2°N-3°N). À la convergence, la thermocline s'approfondit, induisant une remontée des isothermes au nord (5°N) et au sud (équateur) de cette convergence.

Variabilité interannuelle

Le plateau continental ivoirien est donc caractérisé par la présence d'une variabilité saisonnière marquée du champ du vent. On relève également une variabilité interannuelle mais d'amplitude cependant plus faible ; elle est engendrée par la position plus ou moins basse en latitude de la zone de confluence

des alizés (ZCA) ; en 1983, cette zone atteignait l'équateur, alors qu'en 1984, elle restait localisée sur le continent (TOURRE et CHAVY, 1987). La variabilité interannuelle à la côte se traduit par :

— un affaiblissement relatif des alizés de sud-ouest (figures 8 et 9) en hiver boréal 1981-1982 (décembre-janvier) et 1983 (février-mars) lié, comme il a été dit précédemment pour l'année 1983, à la position anormalement sud de la ZCA, à cette période ; on note, en 1983, comme en 1980 et 1982, la présence de coups de vent à ce moment de l'année ;

— une direction du vent, au printemps boréal 1980, davantage du secteur sud - sud-ouest que ouest - sud-ouest comme ce fut le cas en 1983 et 1984, conduisant ainsi à une plus petite composante méridienne du transport d'Ekman et donc, comme nous le verrons plus loin, à un plus faible refroidissement des eaux de surface, en été boréal, à la côte.

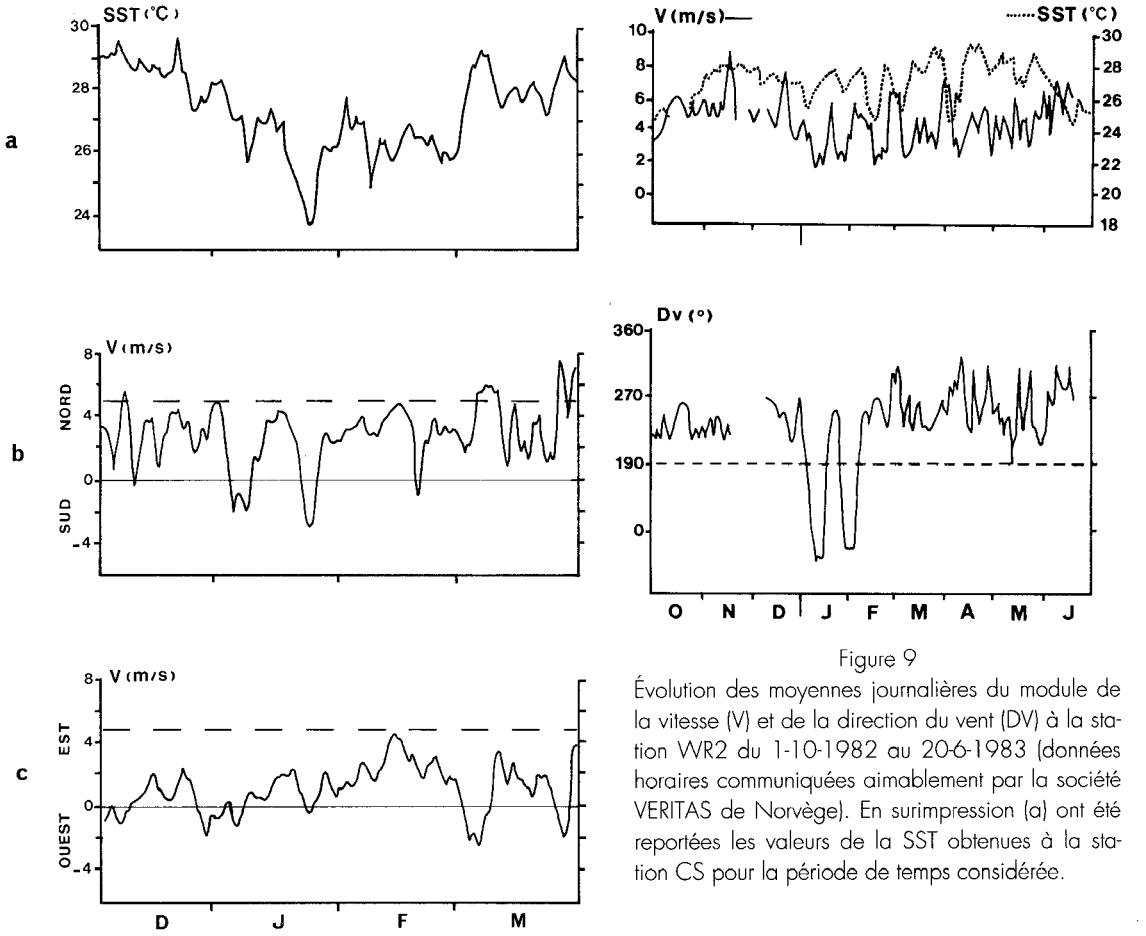


Figure 8

Identique à la figure 6 (exception faite de Ta) mais pour la période du 5-12-1981 au 31-3-1982.

Figure 9

Évolution des moyennes journalières du module de la vitesse (V) et de la direction du vent (DV) à la station WR2 du 1-10-1982 au 20-6-1983 (données horaires communiquées aimablement par la société VERITAS de Norvège). En surimpression (a) ont été reportées les valeurs de la SST obtenues à la station CS pour la période de temps considérée.

Variabilité haute fréquence

Dans ce travail, la variabilité haute fréquence se réfère à la gamme de périodes 12 heures-2 mois. Une première analyse statistique du module de la vitesse du vent, effectuée à partir de données trihoraires de l'ASECNA (Abidjan) et couvrant la période 1971-1974, a montré la présence de pics d'énergie centrés sur 24 heures, 5 à 7 jours et 13,5 à14,5 jours (COLIN, 1977). Seul le premier pic était significatif à plus de 80 % (niveau de confiance). Les faibles amplitudes associées aux oscillations de périodes supérieures à 24 heures sont liées selon toute vraisemblance aux faibles vitesses de vent enregistrées à cette station avant

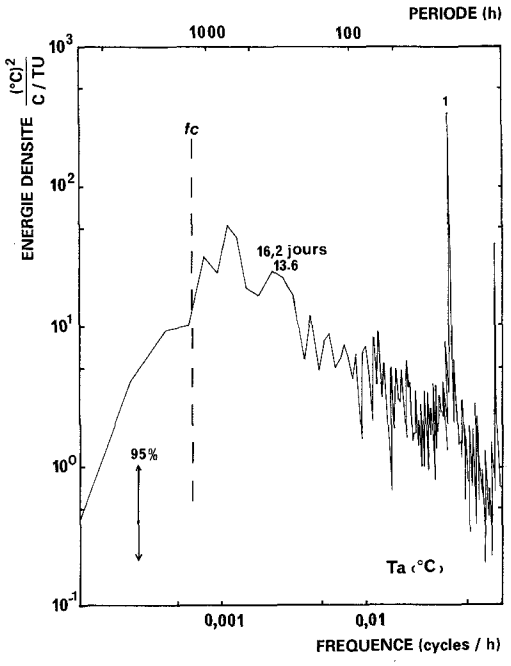


Figure 10
Spectres d'énergie des composantes méridienne (N-S) et zonale (E-W) de la vitesse du vent à la station WR1 ; la fréquence de coupure (fc) est centrée sur 60 jours ; le nombre de degrés de liberté est 8.

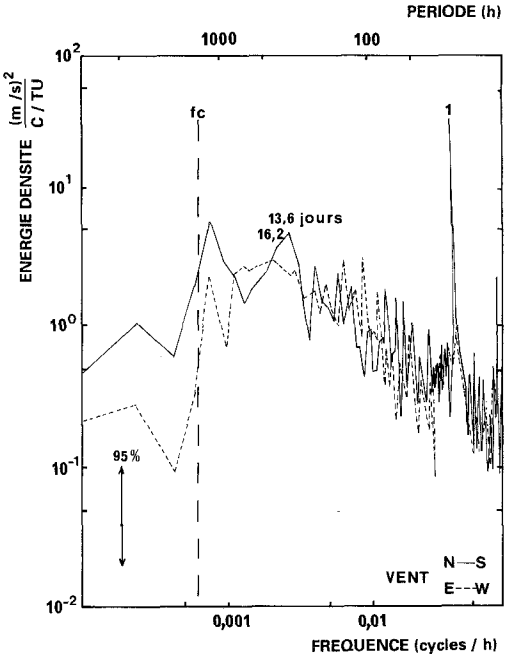


Figure 11
Identique à la figure 10 mais en ce qui concerne la température de l'air. C/TU : cycle par unité de temps.

1982. L'analyse statistique effectuée sur les données horaires du vent obtenues à la station automatique du phare de Port-Bouët du 20-4-1984 au 31-12-1985 (enregistrement continu) montre que pour (figure 10) :

— les périodes comprises entre 10 et 20 jours, le spectre de la composante méridienne du vent est énergétique, le pic étant statistiquement significatif à 95 %. Ce n'est pas le cas de la composante zonale. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus plus au sud, à l'équateur, pendant le programme FOCAL/SEQUAL (COLIN et GARZOLI, 1988). Dans cette plage de période, les spectres de la température de l'air (figure 11) et de la pression atmosphérique au niveau de la mer (*cf.* figure 6 dans PICAUT et VERSTRAETE, 1976) présentent également un pic d'énergie ;

— la plage 4 à 6 jours, les spectres des composantes horizontales de la vitesse sont énergétiques mais pas celui de la température de l'air (figure 11) ;

— la période de 24 heures, qui correspond à l'alternance bien connue de brise de terre - brise de mer, les spectres de la composante méridienne de la vitesse de vent et de la température de l'air sont bien plus énergétiques (rapport de 20 à 1) que celui de la composante zonale. Ce résultat est logique eu égard à la direction moyenne du vent à cette période (sud-nord) par rapport à la direction de la côte (est-ouest).

PLUVIOMÉTRIE

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie à Abidjan (station météorologique) définies de 1967 à 1985 sont en figure 12a. Elles montrent la présence de maxima et de minima, d'amplitude inégale.

Variabilité saisonnière

L'année type présente une structure bimodale : le maximum principal est centré sur le mois de juin et atteint en moyenne 600 mm alors que le maximum secondaire, centré sur les mois d'octobre à novembre, ne dépasse pas 200 mm en moyenne. les minima de janvier et d'août ne dépassent pas 40 mm.

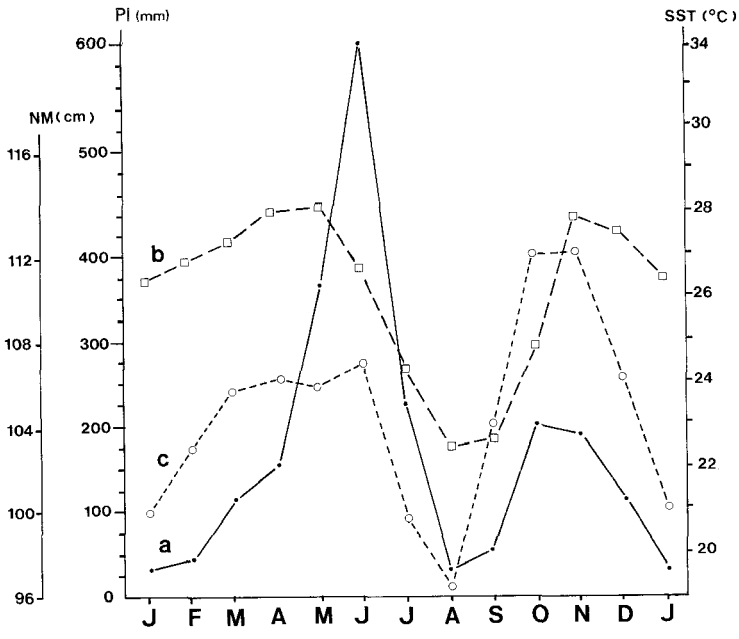


Figure 12
Cycle annuel moyen (1967-1985) :
a) de la pluviométrie,
b) de la SST,
c) du niveau moyen de la mer à Abidjan, tous marégraphes confondus (les moyennes mensuelles sont centrées sur le 15e jour du mois).

Si l'on compare l'année type de la pluviométrie à Abidjan avec les années types : 1° de la pression atmosphérique (figure 3b) définie de 1953 à 1979 à Sainte-Hélène (il a été montré dans les généralités que la climatologie du plateau continental ivoirien dépend étroitement du système anticyclonique de Sainte-Hélène), 2° du vent (composante méridienne de la vitesse) moyenné sur 3° W - 5° W et 3° N - 5° N, de 1950 à 1972 (figure 3a) et 3° de la SST (température de surface de la mer) à Abidjan de 1970 à 1978 (figure 12b), on s'aperçoit que le vent et la SST présentent, comme la pluviométrie, une structure bimodale (maxima en juin et octobre et minima en janvier-février et août), ce qui n'est pas le cas de la pression atmosphérique qui est au contraire caractérisée par un seul maximum observé en juillet. La pluviométrie à la côte augmente de manière synchrone au printemps avec la pression atmosphérique et le vent définis en dehors du plateau continental. À la côte (Abidjan), des résultats similaires sont relevés en 1982, 1983 et 1984 (figure 5). Toutefois, on peut souligner que l'intensité du vent à la côte en hiver boréal (février-mars) est supérieure à celle du vent NOAA au large ; cette différence s'explique par l'apparition de gradients isobariques liés aux échelles B et C. GALLARDO (1975, 1978) a montré que la pénétration du flux d'humidité océanique au printemps dépend étroitement, non seulement du module de la vitesse du vent mais également de la direction de ce vent par rapport à la côte : la pénétration est d'autant plus forte que la direction du vent est plus proche de la perpendiculaire à la côte. La pluviométrie à la côte décroît très rapidement à partir du mois de juin lorsque l'upwelling côtier (décroissance de la SST) apparaît en été boréal ; les eaux de surface de température inférieure à 26,5 °C freinent rapidement, dans la basse troposphère, les mouvements convectifs.

Variabilité interannuelle

La pluviométrie, mesurée à Abidjan de 1967 à 1985 (figure 13), varie de manière importante d'une année sur l'autre, que ce soit en mai-juin ou octobre-novembre. On peut souligner, par exemple, un excédent de pluie en mai-juin 1969, 1976, 1982 mais un déficit en 1970, 1972, 1974, 1977, 1980 et 1984. Pour ce qui concerne le maximum secondaire qui apparaît en octobre-novembre, la dispersion est bien plus faible. Toutes saisons confondues, l'écart-type de l'amplitude de la variabilité interannuelle ne représente toutefois que les deux tiers de celui de la variabilité saisonnière. La variabilité interannuelle de la pluviométrie à la côte ne semble pas dépendre exclusivement des conditions du vent local ; des études ont montré que l'aérojet d'est (altitude 200 hpa) au-dessus du golfe de Guinée pouvait être anormalement ralenti par la présence d'eaux chaudes à certaines années (ENSO) dans le Pacifique équatorial (DEQUE, *comm. pers.*).

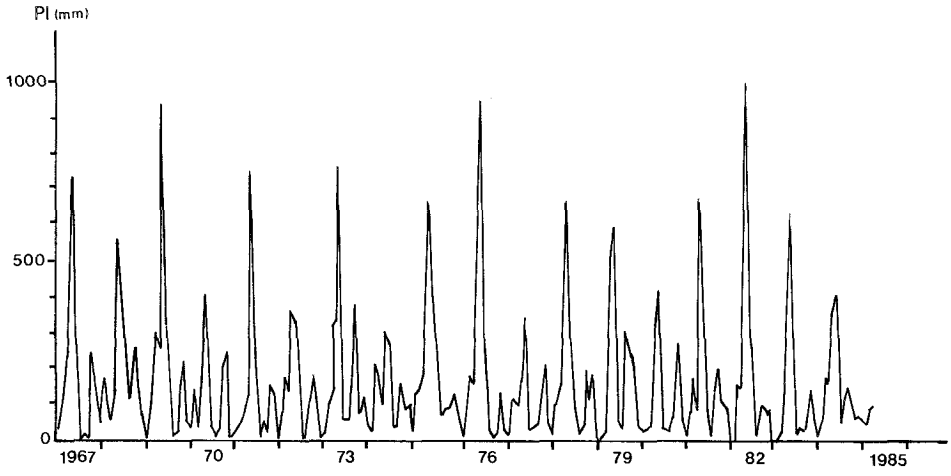


Figure 13
Évolution des valeurs mensuelles de la pluviométrie à la station météorologique d'Abidjan de 1967 à 1985.

Environnement océanographique

L'environnement océanographique sera défini à partir de la description des paramètres hydrologiques (température, salinité, oxygène dissous, niveau moyen de la surface de la mer et courants).

TEMPÉRATURE

La température est un des paramètres fondamentaux en océanographie. Il détermine en surface l'intensité des échanges océan-atmosphère mais conditionne également et de manière importante l'écologie des systèmes hauturiers et côtiers. Sa connaissance et la prévision de ses fluctuations à moyen et long terme sont donc essentielles. Les mesures effectuées de 1982 à 1984 au cours du programme FOCAL/SEQUAL, tant par leur fréquence que par leur densité dans les directions méridienne et verticale (COLIN, 1988), auront contribué pour une part très importante à une meilleure compréhension des fluctuations thermiques observées au-dessus du plateau continental ivoirien.

Variabilité saisonnière

MORLIÈRE (1970) a décrit les saisons marines observées en face d'Abidjan. Les structures thermiques moyennes de surface obtenues de 1978 à 1985 à la côte (Abidjan) et de 1966 à 1977 sur le plateau continental ivoirien (figures 14a et 14b) confirment la présence de très fortes fluctuations saisonnières. Les années types obtenues à la côte et au-dessus du plateau continental, les moyennes mensuelles étant calculées respectivement à partir de valeurs journalières et hebdomadaires, montrent :

— une décroissance de la température d'avril-mai à juillet ;
— une valeur minimale en juillet-août-septembre ($T \approx 20\text{-}21\ ^{\circ}C$) ;
— un accroissement du mois de septembre au mois de décembre ;
— un minimum secondaire de décembre à février ($T \approx 25\text{-}26\ ^{\circ}C$) ;
— un maximum de février à avril ($T \approx 29\text{-}30\ ^{\circ}C$).

La différence qui apparaît entre les deux courbes, principalement en été, est due à l'absence de valeurs hebdomadaires (certains mois d'été de certaines années sont sans mesures) pour la série type de 1966-1977 (figure 14b) ; ce n'est pas le cas de la série type 1978-1985, définie à partir de valeurs journalières repérées par le thermomètre-seau en un point du rivage situé au pied du phare de Port-Bouët (figure 14a). La durée de l'upwelling est plus importante dans le cas (a) que dans le cas (b), la différence principale apparaissant en juillet.

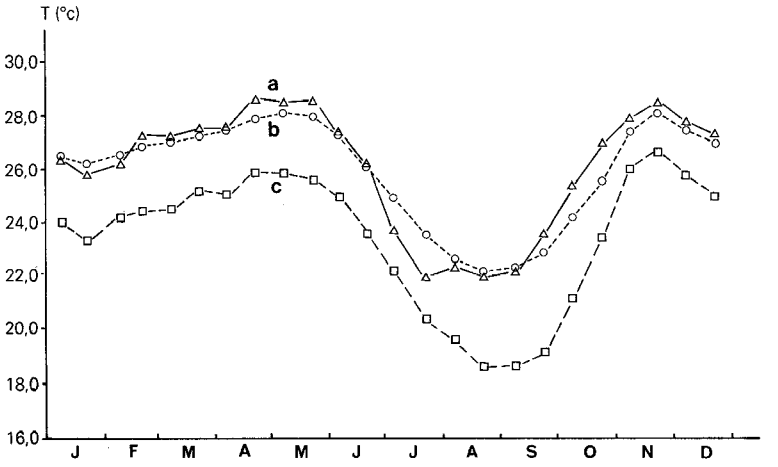


Figure 14
Cycle annuel moyen de la SST à Abidjan :
(a) à la côte (1978-1985),
(b) et (c) sur le plateau continental (1967-1977)
en surface et à 20 m
sur des fonds de 20 m.

Comparée à la zone équatoriale, la région côtière se différencie par un signal semi-annuel plus marqué ; le refroidissement secondaire apparaît en effet en surface, ce qui n'est pas le cas à l'équateur, bien qu'il soit souvent en partie masqué par les eaux chaudes d'origine lagunaire ou fluviatile (INGHAM, 1970 ; COLIN, 1988).

Distribution spatiale du signal saisonnier

Sur le plateau

La variabilité moyenne de la température, le long du plateau continental ivoirien et à l'échelle saisonnière, a été décrite par MORLIÈRE et REBERT (1972), COLIN et BAKAYOKO (1984), COLIN et CISSOKO (1984). Les minima absolus de température sont relevés, comme au Ghana, dans la partie occidentale du plateau continental et la température tant en surface qu'en subsurface y croît d'ouest en est. MORLIÈRE et REBERT (1972) ont montré que la profondeur de la thermocline était, en permanence, plus faible à l'est qu'à l'ouest du cap des Palmes ; il en est de même de l'amplitude de la variabilité saisonnière. On n'observe pas, en 1983 et à l'échelle de la saison, de décalage dans le temps entre les minima thermiques observés en plusieurs points de la côte (COLIN, 1988). Toutefois, on peut noter une durée de refroidissement en été et hiver boréal légèrement supérieure (de 2 à 3 semaines) dans la partie occidentale que dans la partie orientale (figures 15 a, c, e). Les durées des grande et petite saisons chaudes (MORLIÈRE, 1970) en sont réduites d'autant.

En latitude

L'évolution spatio-temporelle de la SST sur le (et au large du) plateau continental ivoirien a été décrite par HOUGHTON et COLIN (1986) et COLIN (1988). La SST croît de la côte vers le large en accord avec le rayon de déformation de Rossby (69 km). En subsurface, l'extension en latitude de la thermocline évolue différemment : si la thermocline est proche de la surface à la côte et s'approfondit rapidement vers le large au printemps, la pente diminue cependant régulièrement de mai à août (la thermocline se rapproche de la surface au large) et intéresse alors une échelle d'espace de loin supérieure au rayon de déformation de Rossby. Cette évolution traduit la superposition de phénomènes liés aux échelles locale et extralocale. Cet aspect sera abordé plus précisément dans la partie « Discussion ».

En longitude

Si l'on suit, aux trois longitudes 4° W, 1° E et 6° E, le déplacement vertical saisonnier de l'isotherme 20 °C à la côte (figures 16 et 17), bien des similitudes apparaissent et on peut même décrire des situations types. Au printemps, la pente méridienne de cet isotherme est positive (les axes méridien et vertical étant pris positifs respectivement du sud vers le nord et du fond de l'océan vers la surface) aux trois longitudes ; cette distribution cohérente souligne la quasi-simultanéité du déclenchement des upwellings côtiers

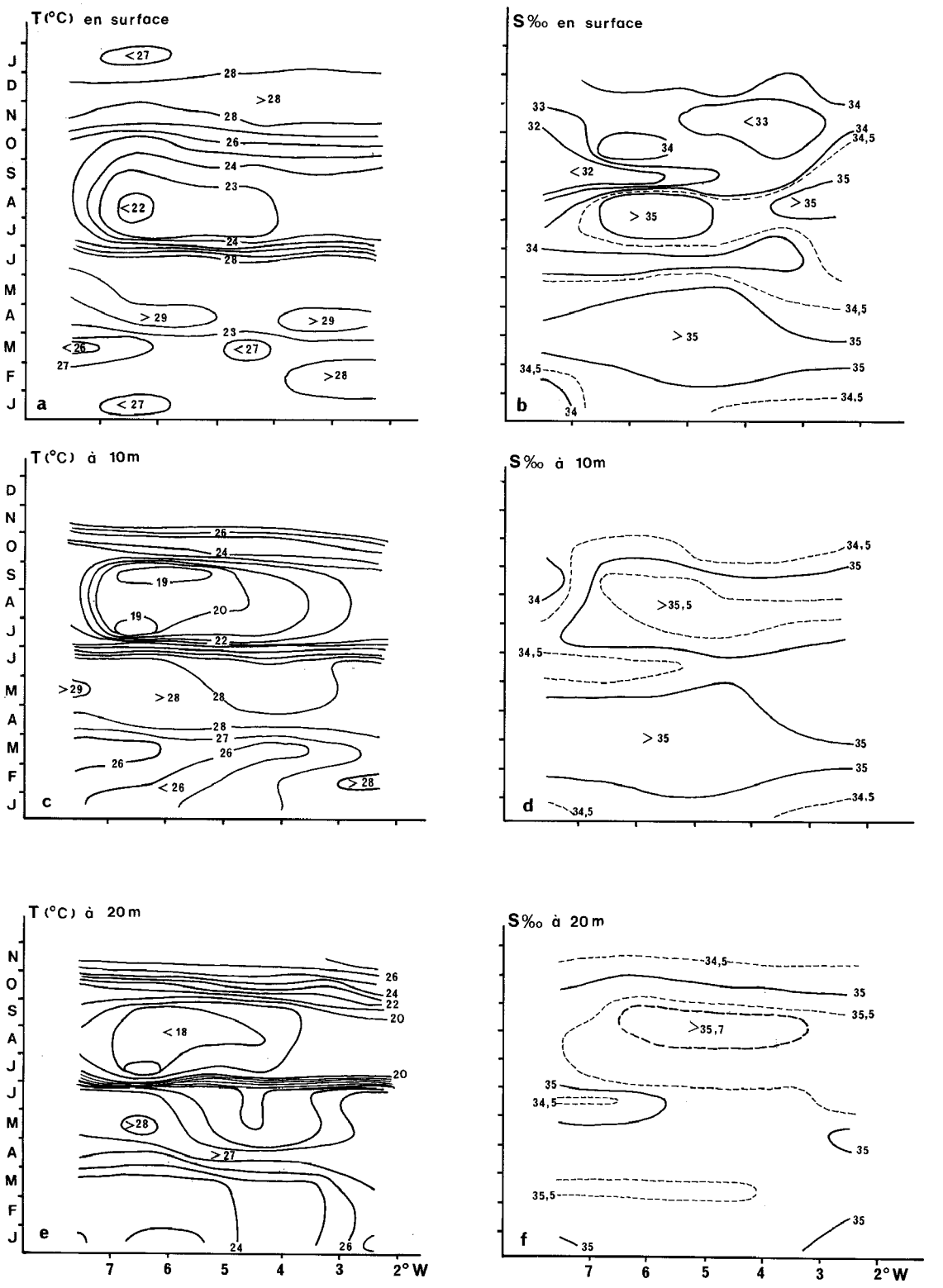


Figure 15
Diagrammes spatio-temporels moyens de la température et de la salinité sur lle plateau continental, en surface et aux immersions 10 et 20 m (d'après MORLIÈRE et REBERT, 1972).

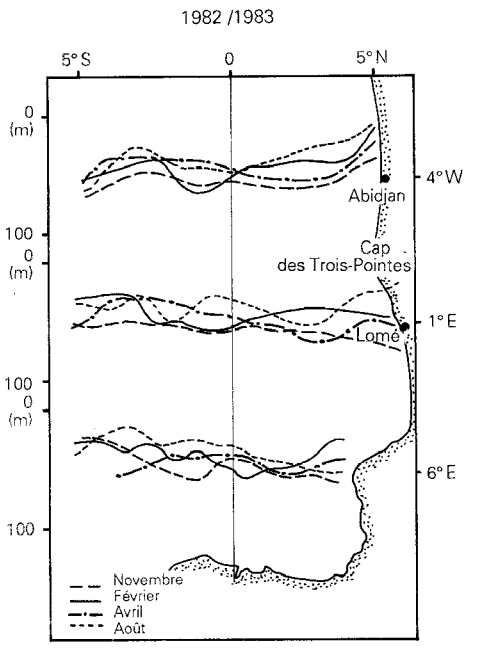


Figure 16
Profondeur de l'isotherme 20 °C de 5° S à la côte, aux longitudes 4° W, 1° E et 6° E en novembre 1982 et février, avril-mai et août 1983 (adapté de HÉNIN *et al.*, 1986).

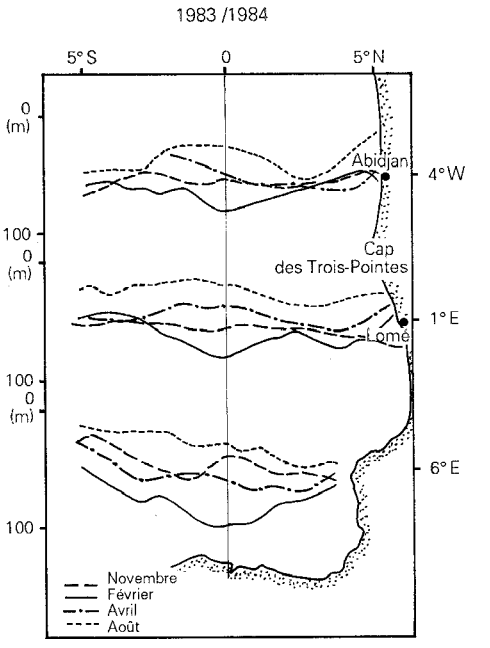


Figure 17
Identique à la figure 16 mais pour les campagnes effectuées en novembre 1983 et février, avril-mai et juillet-août 1984.

d'été, le long de la côte. Au milieu de l'été boréal, la situation demeure identique à celle d'avril, excepté à 6° E où une pente inverse est maintenant observée. Une analyse des températures de subsurface sur le plateau continental nigérian confirme cette distribution (HOUGHTON, 1983). En automne, une cohérence identique à celle du printemps apparaît ; elle correspond toutefois dans ce cas à un approfondissement global de la thermocline. En hiver, la situation est plus diffuse soulignant ainsi, comme en été, le caractère localisé des mouvements verticaux de la thermocline (4° W et 1° E) ; à 6° E, la pente positive observée à la côte est due à l'accumulation des eaux au fond du golfe, qui a pour effet d'approfondir la thermocline à l'équateur, conséquence de la relaxation des alizés, engendrant ainsi une pente ascendante de la thermocline à la côte donnant l'illusion de la présence d'un fort upwelling côtier à cette longitude.

Variabilité interannuelle

La distribution verticale de la température relevée en un point fixe du plateau continental ivoirien présente, entre les années 1983 (figure 18a) et 1984 (figure 18b), des différences appréciables. La structure thermique à la côte est donc, comme à l'équateur, l'objet d'une variabilité interannuelle (MERLE *et al.*, 1980 ; COLIN *et al.*, 1987). Celle-ci, comme nous le verrons plus loin, n'est pas spécifique d'une saison ou d'une aire géographique donnée, mais concerne le cycle saisonnier et le golfe de Guinée dans leur ensemble.

En hiver boréal

L'hiver boréal (février-mars) de l'année 1983 se caractérise, au plan océanographique, par la présence, sur le plateau continental ivoirien, d'une thermocline proche de la surface ; l'isotherme 20 °C se situe en effet entre les immersions 30 et 45 m et la température superficielle (SST) moyenne est voisine de 28 °C. À la même période de l'année 1984, l'isotherme 20 °C se trouve au contraire à une immersion

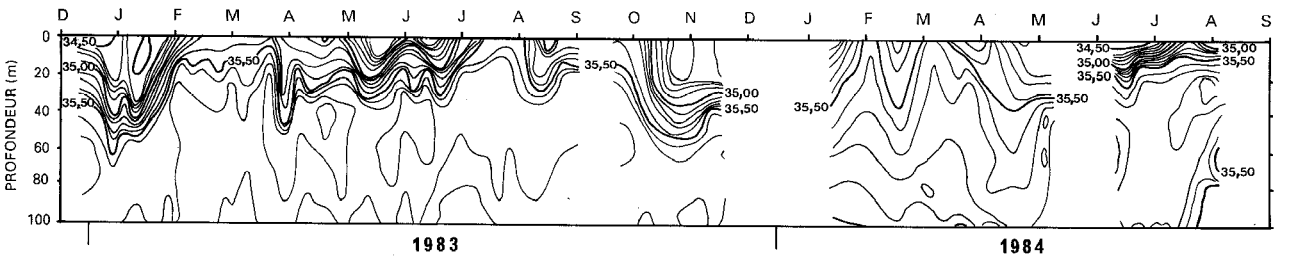


Figure 18
Distribution verticale des isothermes en fonction du temps au point E (*cf.* figure 1) en 1983 et 1984. Les lettres indiquant les mois sont positionnées sur le 15e jour du mois (extrait de Colin, 1988).

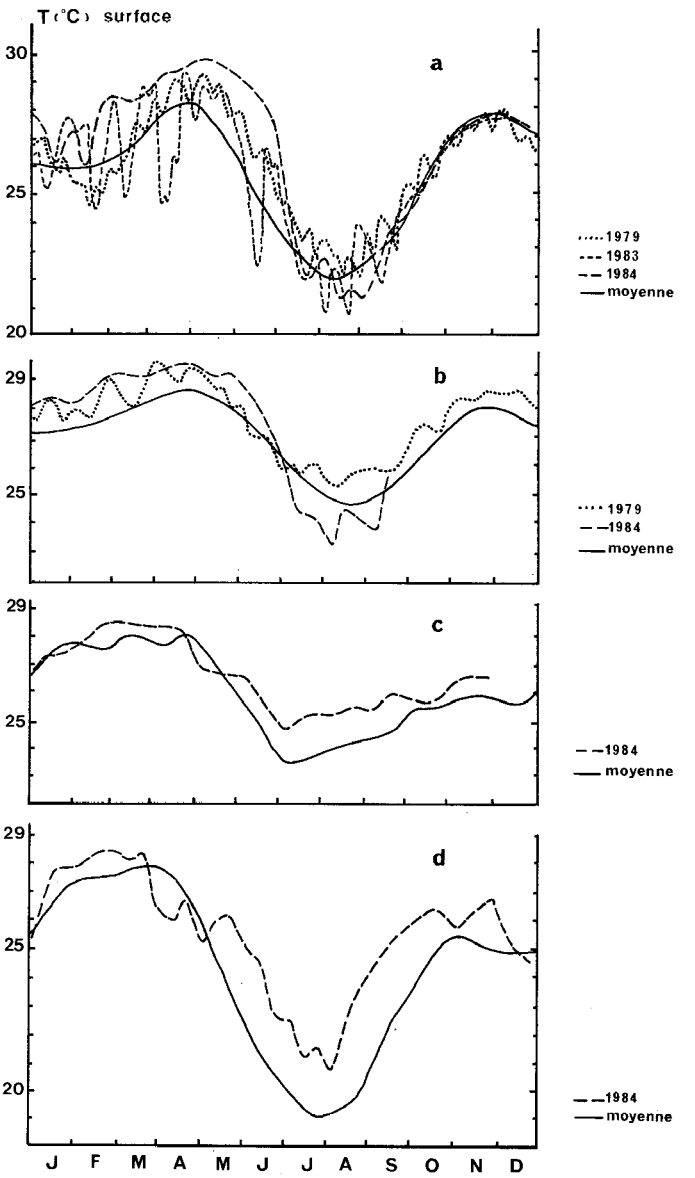


Figure 19
Évolution saisonnière de la SST : à Abidjan (a) en 1979, 1983, 1984, Cotonou-Kpémé (b) en 1979 et 1984, à Annobon (c) et Pointe-Noire (d) en 1984 par rapport à la valeur moyenne. (adapté de Piton, 1985).

supérieure à 60 m et la SST moyenne atteint maintenant 29,5 °C. Cet important approfondissement de la thermocline n'est pas un phénomène fugace ; il se maintient jusqu'au milieu du printemps boréal. Il a pour effet d'annihiler en surface toutes les fluctuations à plus haute fréquence de la température, et, par là même, tout enrichissement périodique de ces eaux. Cette importante anomalie thermique enregistrée en

hiver-printemps 1984 n'est pas propre au plateau continental ivoirien. Elle intéresse l'ensemble du littoral (figure 19) et l'équateur (Colin *et al.*, 1987). À Pointe-Noire (5° S), la situation à cette période de l'année est « normale ».

Si l'on considère les 19 années d'enregistrement de la température de surface repérée quotidiennement à la côte à Abidjan (figure 20a), on constate également, de 1967 à 1985, la présence en hiver boréal d'une grande variabilité interannuelle. Ainsi, les hivers 1967-1968, 1971-1972, 1975-1976, 1976-1977, 1979-1980, 1984-1985 sont associés à de forts minima de température ; les minima faibles correspondent, en revanche, aux hivers 1969-1970, 1972-1973, 1974-1975 et 1977-1978.

En été boréal

Contrairement à la zone équatoriale (Colin *et al.*, 1987), les valeurs minimales de la température repérées à Abidjan, tant en surface qu'en subsurface, sont identiques pour les périodes juillet-août 1983 et 1984. Elles sont inférieures à celles observées en 1979 et 1980 (T ≈ 23 °C), égales à celles de 1981

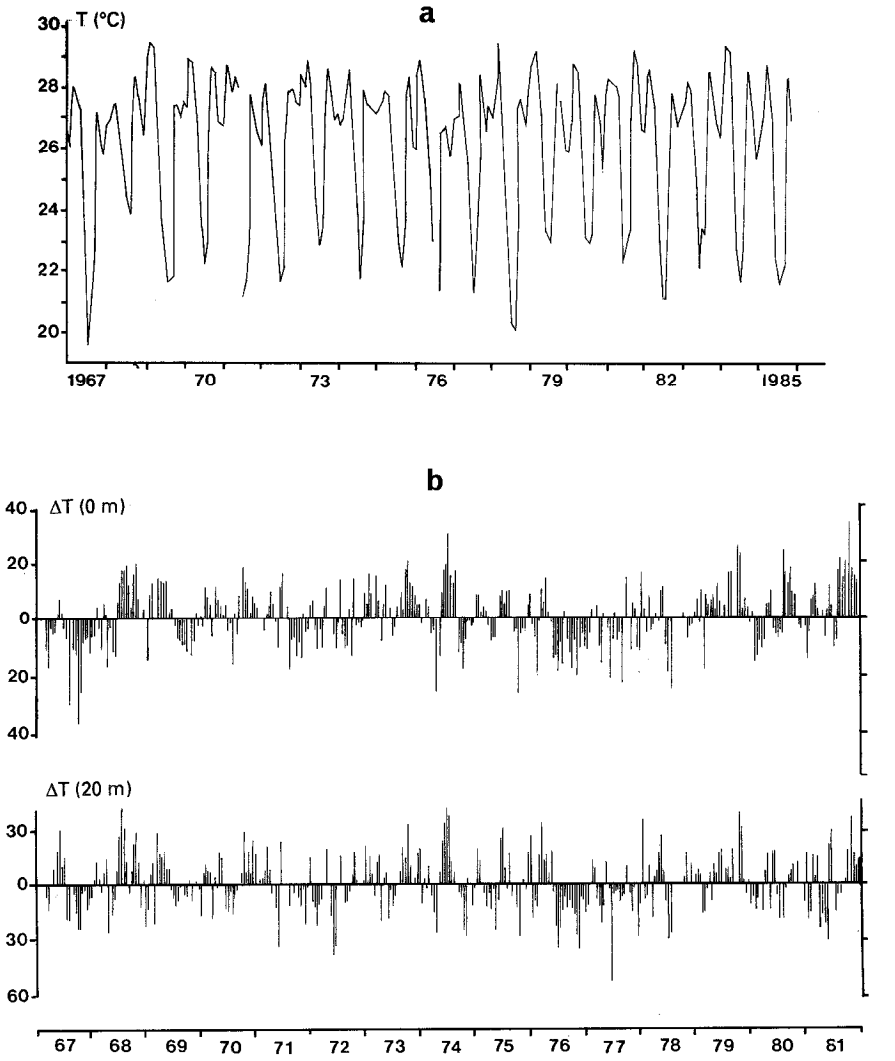


Figure 20
a) Distribution de la SST à Abidjan sur le plateau continental de 1967 à 1977 et à la station CS de 1978 à 1985 ; b) anomalie (1/10 de degré Celsius) de la température à 0 m et 20 m de 1967 à 1981.

et 1985 (T ≈ 22,5 °C) mais supérieures à celle de 1982 (T ≈ 20,5 °C). Elles ne diffèrent cependant pas, de manière significative, de la moyenne pluriannuelle (T ≈ 22,1 °C). Plus à l'est (Cotonou-Kpémé), les différences sont plus marquées. Toutefois, à l'extrême est et au sud de l'équateur, la situation est inverse ; les températures minimales sont maintenant plus élevées que la valeur moyenne. Tout se passe donc comme s'il y avait eu simple transfert, du nord vers le sud de l'équateur, de l'anomalie thermique positive le long de la côte (figure 19).

Cette forte anomalie thermique de la SST, observée en été boréal 1984, n'est pas unique. Si l'on considère l'ensemble des données SST (figure 20), on constate également une dispersion certaine des minima que l'on peut résumer de la manière suivante : les forts minima, qui correspondent à des refroidissements marqués, apparaissent en 1967, 1971, 1976, 1978 et 1982, les faibles minima en 1968, 1973, 1979 et 1980. L'année 1968 présente la particularité d'être une année au cours de laquelle le refroidissement d'été est pour ainsi dire absent ; l'anomalie thermique observée atteint en effet + 3,5 °C. L'amplitude des anomalies est plus importante en été qu'en hiver. Ces anomalies thermiques positives (négatives) correspondent à des anomalies négatives (positives) de la pluviométrie (figure 13) à la côte : 1968, 1979 et 1980 (1967, 1971, 1976 et 1982). Ce résultat n'est guère surprenant compte tenu de l'évolution synchrone de la pluviosité et du vent à la côte au printemps.

Distribution spatiale de l'amplitude de la variabilité de la SST

L'analyse spectrale effectuée sur les enregistrements de température de surface de la mer à Abidjan en Côte-d'Ivoire, à Tema au Ghana (nord de l'équateur) de 1963 à 1977 et à Pointe-Noire au Congo (sud de l'équateur) de 1964 à 1980 montre (figures 21 et 22) que :

— l'énergie associée au signal semi-annuel (hiver boréal) est du même ordre de grandeur au nord qu'au sud de l'équateur ;

— l'énergie associée au signal annuel (été boréal) est au contraire deux fois plus petite au Ghana et en Côte-d'Ivoire qu'au Congo, ce qui conduit à un rapport d'amplitude des refroidissements de 0,7 ; en d'autres termes, les saisons froides et chaudes sont plus marquées au Congo qu'au Ghana et qu'en Côte-d'Ivoire.

Si l'on compare maintenant les spectres des enregistrements de SST à l'intérieur (Ghana, Côte-d'Ivoire et Congo) et à l'extérieur (Sénégal) du golfe, on remarque que :

— au Sénégal, (figure 22), la différence d'énergie correspondant aux signaux semi-annuel et annuel est extrêmement importante (rapport de 1 à 10) et de loin supérieure aux différences relevées pour le Ghana, la Côte-d'Ivoire et le Congo ;

— une similitude évidente existe entre les contenus des spectres de SST obtenus pour les stations côtières situées au nord de l'équateur ; on peut noter la présence, outre de ceux de 12 et 6 mois, de pics d'énergie d'amplitude comparable dans la bande de périodes 28-38 mois (il faudrait des enregistrements de durée bien plus

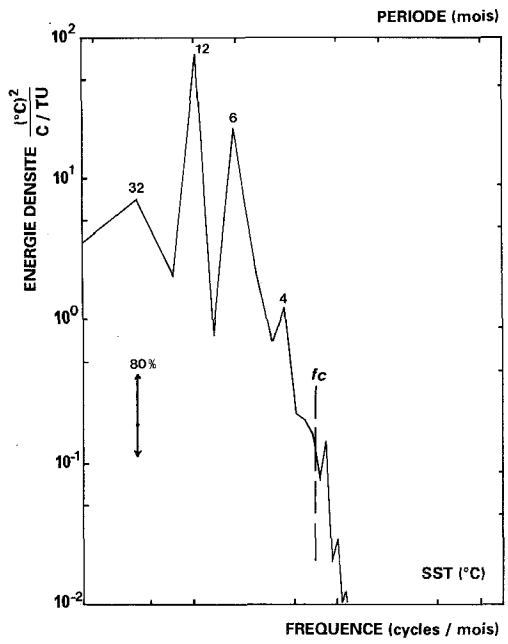


Figure 21
Analyse spectrale basse fréquence de l'enregistrement SST d'Abidjan (*cf.* figure 20). La fréquence de coupure est égale à 60 jours et le nombre de degrés de liberté est de 8. Les périodes sont en mois.

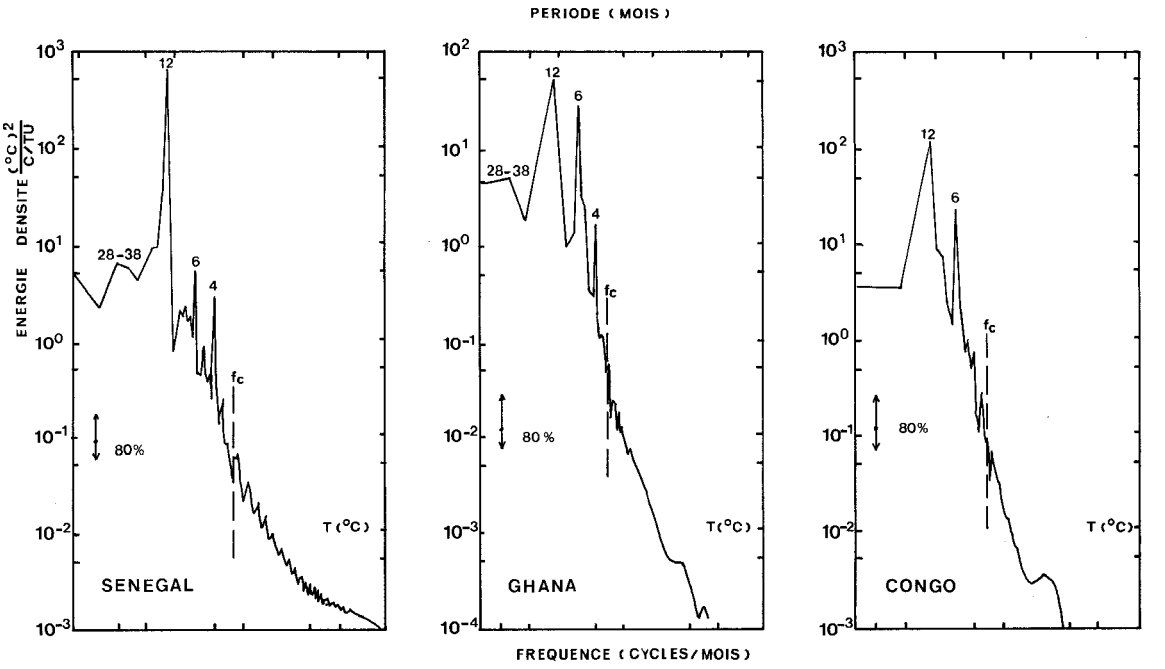


Figure 22
Analyse spectrale basse fréquence des enregistrements de SST obtenus au Sénégal (Dakar) de 1962 à 1979, au Ghana (Tema) de 1963 à 1979 et au Congo (Pointe-Noire) de 1964 à 1980.
La fréquence de coupure (fc) est de 60 jours.
Les périodes indiquées sont en mois. Le pas d'échantillonnage est de un jour.

importante pour signifier statistiquement ce pic) et 4 mois. La composante méridienne de la tension du vent, dans la partie occidentale du golfe de Guinée (SERVAIN *et al.*, 1982), semble présenter également une périodicité de l'ordre de 2 à 3 ans. Au sud de l'équateur ne subsistent que les signaux annuel et semi-annuel.

Variabilité haute fréquence

Dans la gamme de périodes inférieures à 2 mois, les spectres de la SST à Abidjan (figure 23) et de la température aux immersions 15, 35 et 65 m, repérée en 1977 (COLIN et CHUCHLA, 1984) en un point du plateau continental (5° 10' N et 3° 57' W), situé sur le bord est du Trou-sans-Fond sur des fonds de 70 m (figure 24), sont énergétiques dans les plages de périodes 40-50 jours, 13-15 jours et 5-5,5 jours.

Le pic d'énergie centré sur 45 jours apparaît sur toute la colonne d'eau mais n'est toutefois significatif, au seuil de probabilité 95 %, que près de la surface. Cette oscillation apparaît également sur les spectres de SST au Ghana et au Congo mais pas au Sénégal (figure 25) ; elle avait été mise en évidence antérieurement par PICAUT et VERSTRAETE (1976) mais uniquement en surface et pour les stations côtières situées le long de la bordure nord du golfe.

Le pic centré sur 14,7 jours apparaît en surface et à l'immersion 15 m mais n'est toutefois significatif qu'en surface. Cette oscillation est aussi présente en surface au Ghana (HOUGHTON, 1976) mais pas au Sénégal et au Congo (sauf en subsurface). Ce pic correspondrait, comme il a été suggéré par PICAUT et VERSTRAETE (1979), à la superposition des ondes internes de marées lunaire (Mf) et luni-solaire (Msf). L'onde Msf, piégée à la côte et se propageant horizontalement et verticalement, serait générée par l'interaction non linéaire, par frottement sur le fond, des courants de marée M2 (12,42 heures) et S2 (12 heures) au voisinage du delta du Niger (CLARKE et BATTISTI, 1983). Toutefois, les spectres d'énergie de la SST et du vent (composante méridienne) à Abidjan montrent la présence d'un pic centré dans la plage 13-16 jours ; de plus, ces oscillations sont cohérentes et en phase (figure 26). Il n'est donc pas exclu

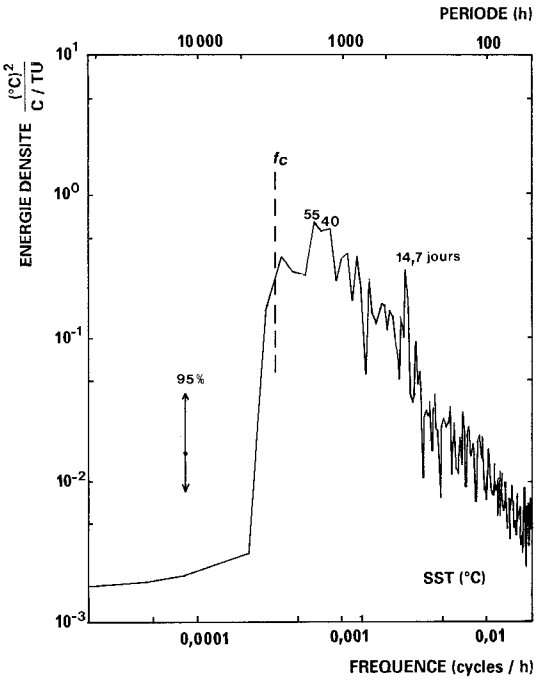


Figure 23
Analyse spectrale haute fréquence de la SST à Abidjan du 1-1-1983 au 31-12-1985. La fréquence de coupure (fc) est de 120 jours. L'intervalle de confiance correspond à 10 degrés de liberté.

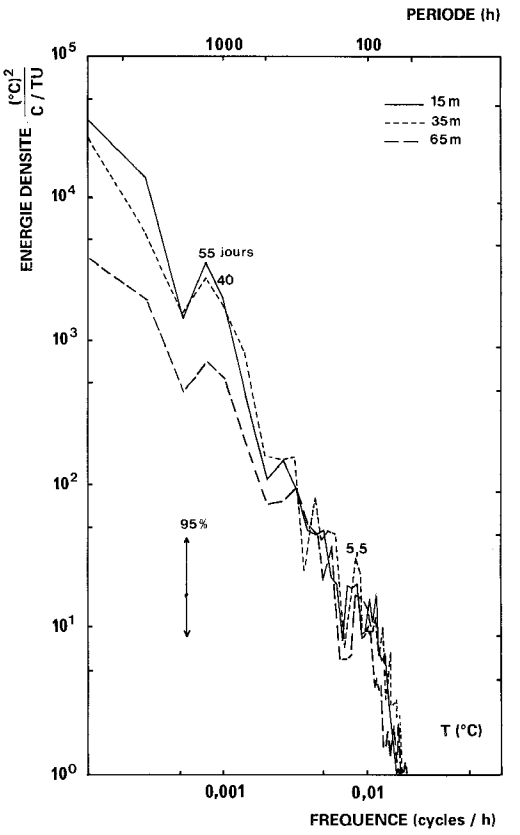


Figure 24
Analyse spectrale haute fréquence des enregistrements de température obtenus à Abidjan (bord est du Trou-sans-Fond) du 1-1 au 31-12-1977 aux immersions 15, 35 et 65 m (profondeur du fond, 70 m).
Le pas d'échantillonnage est de 1 heure. L'intervalle de confiance correspond à 10 degrés de liberté.

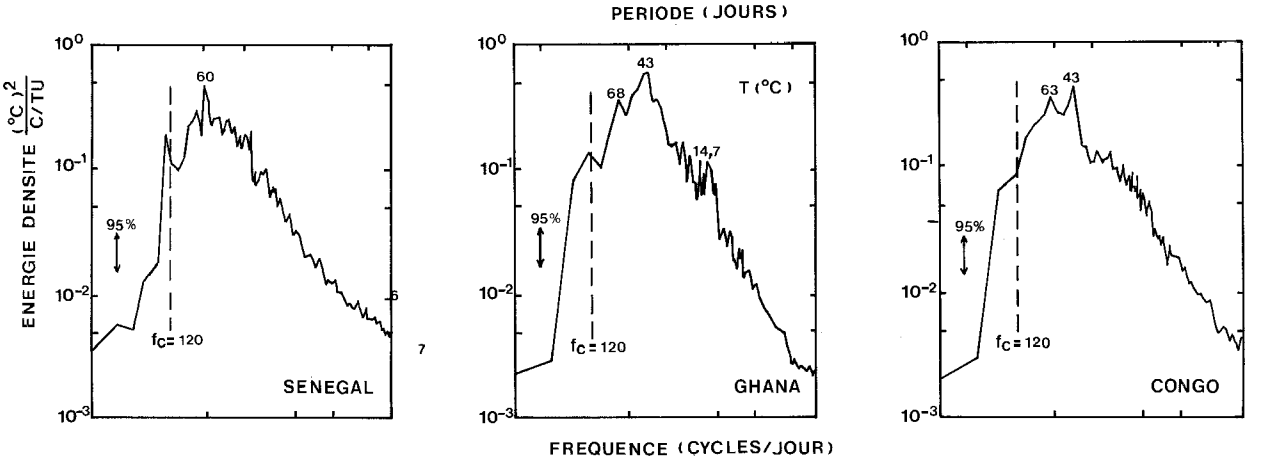


Figure 25
Analyse spectrale haute fréquence des enregistrements SST du Sénégal (1962-1979), du Ghana (1963-1979) et du Congo (1964-1980).
La fréquence de coupure est située à 120 jours. Le pas d'échantillonnage est de un jour.

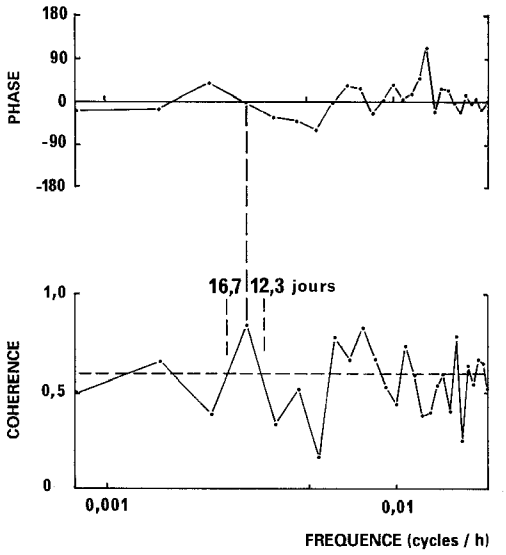


Figure 26
Spectres de cohérence et de phase entre la composante méridienne de la vitesse du vent à WR1 et la SST à CS du 26-4-1984 au 31-12-1985.
Le trait en pointillés représente la limite de confiance au seuil de probabilité 95 %. Les valeurs utilisées correspondent respectivement à des moyennes journalières (pas d'échantillonnage de une heure) pour le vent et à des données journalières pour la SST.

d'admettre, comme il a été observé à l'équateur (COLIN et GARZOLI, 1988), une possible contribution du forçage local de l'atmosphère à cette échelle de temps.

L'oscillation centrée sur 5-5,5 jours n'est apparente et significative qu'au-dessous de la surface ; le maximum d'amplitude apparaît à l'immersion 35 m. Cette oscillation, dont la période est proche de la période d'inertie (5,78 jours), correspondrait à l'excursion en latitude de la zone de confluence des alizés (MURAKAMI et HO, 1972).

La structure thermique de subsurface sur le plateau, pour les échelles de temps inférieures à la journée, présente une forte variabilité en profondeur, le déplacement vertical des isothermes pouvant atteindre 30 m. Ces oscillations verticales sont provoquées par la propagation horizontale des ondes internes de marée semi-diurne. Celles-ci sont induites, en face d'Abidjan, par une interaction non linéaire entre les courants de marée semi-diurne et le Trou-sans-Fond (PARK, 1986).

En conclusion, l'analyse des spectres montre que l'intensité et la nature des fluctuations de la température de surface peuvent différer selon la localisation géographique, nord (Ghana - Côte-d'Ivoire) ou sud (Congo) de l'équateur, et l'échelle de temps des phénomènes à étudier. Cependant, pour ce qui concerne le rapport des amplitudes des signaux annuel et semi-annuel, une homogénéité certaine apparaît pour les stations côtières situées à l'intérieur du golfe de Guinée.

SALINITÉ

La salinité est, comme la température, un paramètre physique important en océanographie, car il intervient dans le calcul de champ de densité et, en aval, pour la détermination de la vitesse du courant géostrophique.

Variabilité saisonnière

La salinité de surface présente à la côte (station côtière de Port-Bouët) un signal de forme assez particulière. De janvier à fin mai, en 1983 et 1984 (figure 27), elle est à peu près constante et de l'ordre de 34,5 à 34 ‰. À partir de début juin, des fluctuations de forte amplitude apparaissent ; elles sont associées aux fortes pluies locales dont le maximum à Abidjan se situe en effet au mois de juin. À partir du mois d'août 1983, l'amplitude de ces fluctuations décroît rapidement pour presque disparaître de fin août à octobre. La salinité décroît à nouveau légèrement de la mi-octobre à fin novembre, période qui correspond au maximum secondaire de pluviométrie. Cette évolution saisonnière est extrapolable à l'ensemble du plateau continental (figures 15b, d et f).

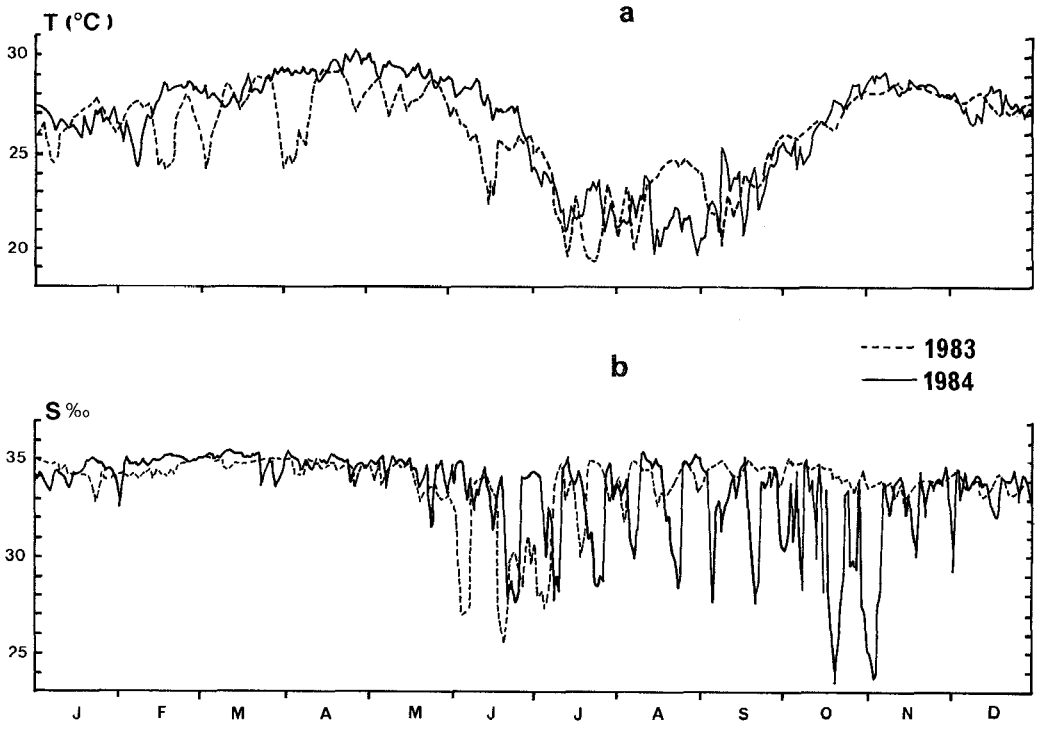


Figure 27
Distribution des données journalières de SST (a) et de salinité de surface (b) à Abidjan (CS) en 1983 et 1984 (extrait de COLIN, 1988).

Les moyennes mensuelles T-S de surface (figure 28a), calculées à partir des valeurs mesurées de 1949 à 1970 à Abidjan, mettent clairement en évidence la forte décroissance (croissance) de la température (salinité) de juin à août-septembre et dans une moindre mesure, de décembre à février-mars ; ces deux périodes correspondent respectivement aux grande et petite saisons froides. En dehors du plateau continental, le diagramme T-S défini à partir de moyennes mensuelles (MERLE et ARNAULT, 1985) montre une allure comparable, la décroissance de la salinité en mai-juin étant bien plus faible car moins influencée par la pluviométrie littorale (figure 28b). On s'aperçoit que la dessalure observée à la côte en octobre-novembre influence également le large de manière significative.

En subsurface, la salinité présente un maximum localisé en moyenne vers l'immersion 40 m (MORLIÈRE et REBERT, 1972) ; la valeur de ce maximum décroît d'est en ouest de S = 0,1 à 0,2 ‰. L'évolution sai-

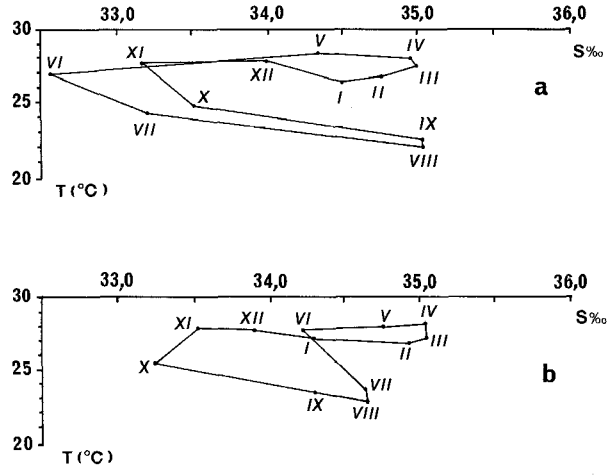


Figure 28
Diagrammes T-S (température - salinité) de surface à Abidjan (a) et au large du plateau continental ivoirien (b). Les données correspondent à des moyennes mensuelles représentées par des chiffres romains et obtenues de 1948 à 1970 à la côte et dans le rectangle 4°N-6°N et 4°W-8°W par les navires marchands (adapté de MERLE et ARNAULT, 1985).

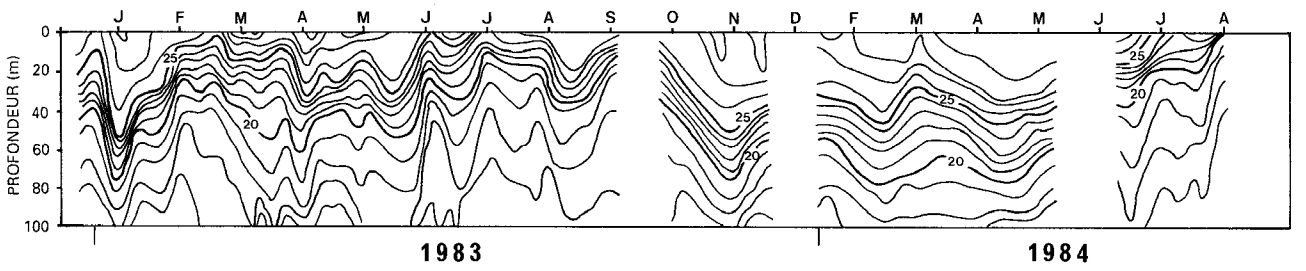


Figure 29
Distribution verticale des isohalines en fonction du temps au point E en 1983 et 1984. Les lettres indiquant le mois sont centrées sur le 15e jour de ce mois (adapté de COLIN, 1988).

sonnière de la salinité en fonction de la profondeur (figure 29), définie à partir de données hebdomadaires au point 3° 52' W-5° 02' N, montre toute l'année et au-dessous de l'immersion moyenne 20-30 m, la présence de salinité supérieure à 35,50 ‰ ; en janvier et novembre 1983, cette valeur est observée au-dessous de 50 m. Le maximum (S ≈ 35,80 ‰) apparaît sur le plateau continental d'avril à juillet. On peut également souligner la présence, en 1983, de fortes salinités (S ≈ 35,20 ‰) proches de la surface de mars à mai et en juillet-août. Le long du plateau continental (figures 15d et f), on retrouve une évolution saisonnière (MORLIÈRE et REBERT, 1972) aux immersions 10 et 20 m avec, dans les deux cas, une légère diminution de la salinité d'est en ouest.

Variabilité interannuelle

Les enregistrements de salinité de surface des années 1983 et 1984 (figure 27b) ne sont pas entièrement superposables. Si, de janvier à juillet, les différences sont minimes, en revanche, d'août à décembre, la salinité de surface de l'année 1984 continue à présenter des oscillations de très forte amplitude notamment en octobre-novembre où une forte dessalure est constatée (S ≈ 24 ‰). Ces différences ne peuvent pas s'expliquer par la pluviométrie à Abidjan car les deux maxima sont, pour ces deux années et à cette période de l'année, d'amplitude comparable (figure 13) ; l'absence de données de niveau moyen durant cette période de 1983 ne permet donc pas de comparer les niveaux maxima qui dépendent conjointement des apports fluviatiles et de l'advection horizontale (d'ouest en est) par le courant de Guinée. Les données de salinité sont pour l'instant en nombre insuffisant pour conduire à une évaluation précise de l'amplitude de la variabilité interannuelle et, en aval, de la comparer à celles de la température, de la pluviométrie et du niveau moyen de la mer.

Variabilité haute fréquence

La durée de l'enregistrement de la salinité de surface de la mer (1-1-1983 au 31-7-1985) est suffisante pour mettre en évidence les oscillations de périodes inférieures à 30 jours (figure 30). Dans la plage de période 2-30 jours, le spectre montre la présence de pics d'énergie significatifs au seuil de 95 %. Les pics sont centrés princi-

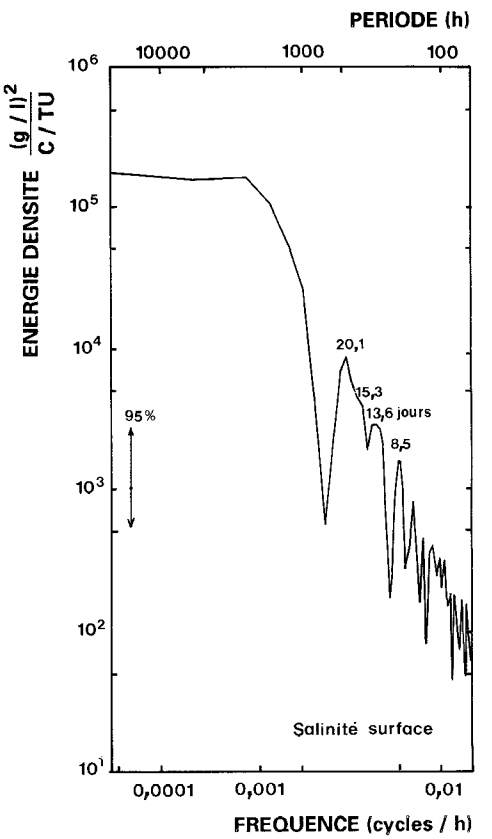


Figure 30
Analyse spectrale haute fréquence de l'enregistrement de salinité de surface à Abidjan (CS) du 1-1-1983 au 31-7-1985. Les périodes relatives aux pics d'énergie sont en jours.

palement sur 20,1-15,3, 13,6 et 8,4 jours. Ce spectre se différencie de celui de la SST à la côte par un accroissement d'énergie autour de 20 jours. Cette différence peut s'expliquer par l'apport d'eaux douces en provenance de la lagune Ébrié dont les conséquences sur la variabilité sont plus importantes pour la salinité de surface que pour la SST. Des enregistrements de plus longue durée permettront de mieux analyser l'énergie associée à cette échelle de temps.

NIVEAU MOYEN

Les variations du niveau de la surface de la mer (PICAUT et VERSTRAETE, 1979) sont corrélées avec les variations d'anomalie de hauteur dynamique et, par conséquent, le niveau moyen est un bon indicateur de l'occurrence de l'upwelling saisonnier. Nous disposons d'une série temporelle dans le port (1967-1976) et d'une série (1974-1984) à l'entrée du canal (digue ouest) de données mensuelles marégraphiques pour décrire la variabilité aux échelles saisonnière et interannuelle.

Variabilité saisonnière

L'évolution du niveau moyen au cours de l'année montre très nettement la présence de deux minima, en janvier et juillet-août, et de deux maxima de mars à juin et en octobre-novembre (figure 12c) ; le maximum absolu ne se situe pas au printemps, saison associée au maximum de la pluviométrie à Abidjan mais en octobre-novembre, période qui correspond conjointement :

— à la fin de l'upwelling ;
— au maximum secondaire de pluviométrie à Abidjan ;
— au débit maximal des fleuves qui relient le bassin soudanien à la mer.

Les trois années types, pluviométrie, SST et niveau moyen sont, à l'échelle saisonnière, cohérentes et en phase.

Variabilité interannuelle

Comme la pluviométrie et la SST, le niveau moyen présente une forte variabilité interannuelle (figure 31) ; des minima marqués apparaissent en été boréal 1967, 1972 et 1977 ; en revanche, en 1970, 1976, 1979 les minima sont faibles ; en 1968, le minimum est absent en été boréal. Si le niveau moyen est un bon indicateur de la variabilité de la SST, il existe toutefois des années au cours desquelles l'importance des minima de SST et de niveau moyen est différente, comme en été boréal 1969, 1976 et 1982 par exemple. Ainsi 1976, année qui appartient à la catégorie des années froides, le niveau

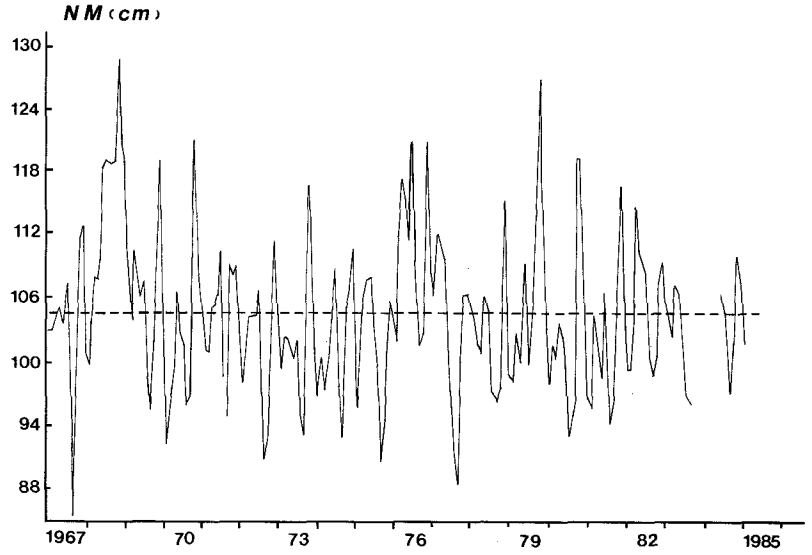


Figure 31
Évolution des moyennes mensuelles du niveau moyen de la mer dans le port d'Abidjan de 1967 à 1974 et à la côte (digue ouest) de 1975 à 1985. La ligne en pointillés indique la valeur moyenne.

moyen en juillet est trop élevé de 10 cm en moyenne ; *a contrario*, en 1974, année « chaude », le niveau moyen en juillet est comparable à celui de la moyenne annuelle. Ces différences s'expliquent par un niveau pluviométrique élevé précédant les grandes saisons froides des années considérées.

L'amplitude de la variabilité interannuelle ($\sigma_i \approx 5{,}75$ cm) dans le port est du même ordre de grandeur que celle de la variabilité saisonnière ($\sigma_s \approx 6{,}25$ cm). À la côte, en revanche, on note, tout comme pour la SST, une variabilité saisonnière ($\sigma_s \approx 5{,}5$ cm) nettement supérieure à celle de la variabilité interannuelle ($\sigma_i \approx 3{,}5$ cm) *malgré la forte anormalité de l'année 1968* (σ représente l'écart-type).

Variabilité haute fréquence

Les spectres d'énergie du niveau moyen de la mer obtenus à Abidjan de 1969 à 1973 montrent aussi la présence de pics d'énergie significatifs dans les plages de périodes 40-50 jours et 10-20 jours (figure 32), cette dernière étant constituée principalement des ondes Mf et Msf vues précédemment (PICAUT et VERSTRAETE, 1976 ; VERSTRAETE *et al.*, 1979). Contrairement à l'onde de marée Msf, l'onde de 40-50 jours ne se propage pas le long de la bordure nord du golfe ; un résultat similaire a été noté en zone équatoriale atlantique (COLIN et GARZOLI, 1988).

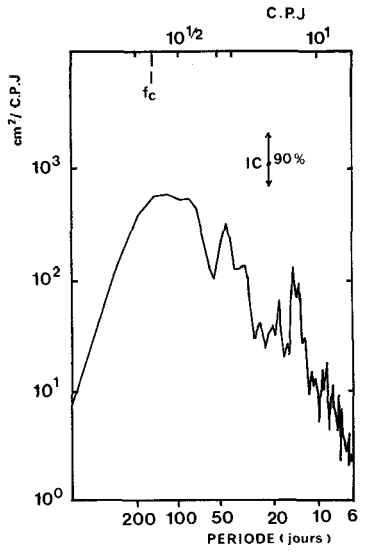


Figure 32
Analyse spectrale haute fréquence du niveau moyen de la mer à Abidjan de 1969 à 1973 (extrait de PICAUT et VERSTRAETE, 1976).
C.P.J. : cycles par jour.

OXYGÈNE DISSOUS

La teneur en oxygène dissous a été mesurée chaque mois sur la radiale Grand-Bassam située à 20 km dans l'est d'Abidjan, de 1966 à 1970. Les distributions de ce paramètre, ses liaisons avec l'extinction de la lumière et la profondeur de la thermocline ont été étudiées au large et à la côte (VERSTRAETE, 1970b).

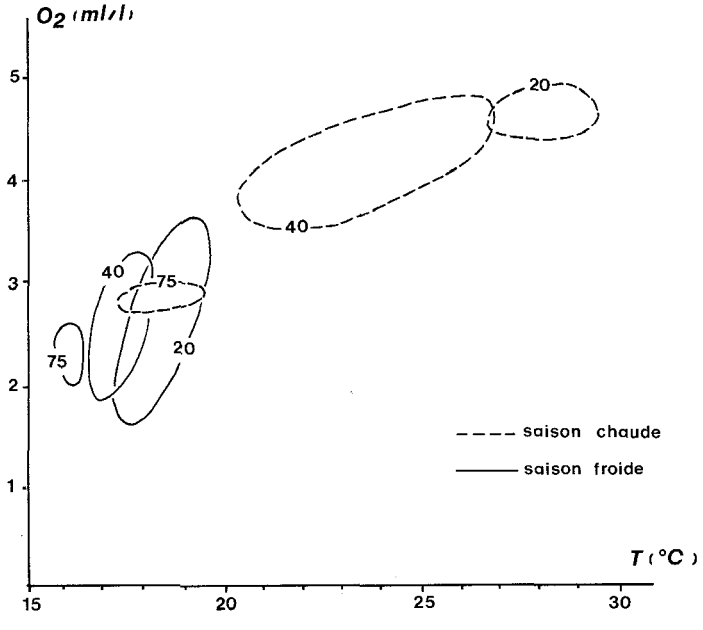


Figure 33
Diagrammes O_2-T moyens (oxygène dissous-température) des eaux du plateau continental ivoirien aux immersions 20, 40 et 75 m, en saisons chaude et froide. Les mesures correspondent aux années 1968, 1969 et 1970 (extrait de VERSTRAETE, 1970b).

En saison chaude, la teneur en oxygène dissous des eaux du plateau continental ivoirien décroît rapidement de la surface ($O_2 \approx 4,5$-5 ml/l) au fond ($O_2 \approx 2,5$ ml/l). En saison froide, on observe au contraire une très forte homogénéisation $O_2 \approx 2,5$ ml/l) sur toute la couche d'eau (figure 33). Cette valeur moyenne peut être admise comme représentative, en été, de la situation d'upwelling sur les fonds n'excédant pas 80 m (VERSTRAETE, 1970b) ; la température correspondante est alors comprise entre 16 °C et 19 °C. De 1966 à 1970, les minima absolus ont été respectivement de 1,5 ml/l (T ≈ 16 °C) à 75 m et 1,2 ml/l (T ≈ 17 °C) à 20 m. Les deux situations, avec et sans upwelling, sont fort différentes dans la couche 0-40 m ; le diagramme T-O_2 rend bien compte de la diminution de l'amplitude des ascendances avec la profondeur, 4 à 5 fois plus faibles à 75 m qu'à 20 m (figure 33) ; cela est en accord avec un upwelling d'Ekman peu profond (COLIN, 1988). L'oxycline, couche à gradient vertical maximal de la teneur en oxygène dissous, est toujours située à une dizaine de mètres en moyenne au-dessous de la thermocline. La distribution saisonnière des teneurs en oxygène dissous, observée lors des campagnes FOCAL (HÉNIN *et al.*, 1986) au large du plateau continental, est en accord avec celle relevée antérieurement sur le plateau continental par VERSTRAETE (1970b).

En saison froide, le rétrécissement des enveloppes des nuages de points « température - oxygène dissous » avec la profondeur, peut refléter partiellement des différences d'activité biologique. La partie inférieure de l'enveloppe à 20 m, qui correspond aux minima les plus faibles, se situe environ au tiers de l'épaisseur de la couche euphotique (épaisseur déduite des observations au disque de Secchi), couche ou règne au moins 1 % de la lumière incidente en surface ; le déficit en oxygène dissous par rapport aux parties inférieures des enveloppes 75 m et 40 m, soit environ 0,5 ml/l, peut être représentatif d'une certaine « activité biologique » en cette saison. Plus près de la côte (isobathes inférieurs à 50 m), lorsque la saison froide est établie (août-septembre), la transparence des eaux diminue principalement avec la croissance de l'activité biologique ; une profondeur d'extinction du disque de Secchi égale à 10 m délimite bien à la fois le niveau de l'oxygène et celui du maximum de biovolume de zooplancton (*cf.* figure 10 dans BINET, 1972). En période d'intense upwelling d'été, comme en 1967 par exemple, l'oxycline peut « crever » la surface durant quelques semaines (*cf.* figure 1 dans VERSTRAETE, 1970b).

COURANTS

Variabilité saisonnière

La structure dynamique observée sur le plateau continental ivoirien est définie de manière schématique :

— en surface par un courant portant à l'est appelé courant de Guinée ;
— en subsurface par un courant de direction opposée appelé sous-courant ivoirien (LEMASSON et REBERT, 1973a), dont l'origine se situe au fond du golfe de Guinée (LEMASSON et REBERT, 1973b).

Les observations de courant obtenues à partir de lignes de mouillage et (ou) de radiales hebdomadaires, à la longitude d'Abidjan, ont permis d'étudier la variabilité spatio-temporelle de l'intensité des courants, à l'échelle de la saison et de la largeur du plateau continental (LEMASSON et REBERT, 1973a ; COLIN, 1988). La dynamique des eaux du plateau continental peut se résumer ainsi :

— les maxima de courant est apparaissent, en surface, de mai à août et de décembre à février (figure 34) ; dans la partie occidentale du plateau, les mêmes tendances sont enregistrées ;
— en subsurface, les maxima de courant ouest (figure 35) sont observés de juillet-août à octobre-novembre et de février à avril, c'est-à-dire quand l'intensité du courant de Guinée est faible ou bien lorsque ce courant est confiné à la surface par suite de sa plus grande extension vers le sud.

Ces observations de courant sur le plateau sont en accord avec :

— les mesures de courant effectuées au sud d'Abidjan lors des campagnes saisonnières FOCAL (HÉNIN *et al.*, 1986) qui ont en outre permis d'en délimiter les frontières sud ;
— la dérive des bateaux marchands calculée à partir des moyennes mensuelles définies dans les bandes 4° N - 5° N et 0° W - 10° W (RICHARDSON et MC KEE, 1984).

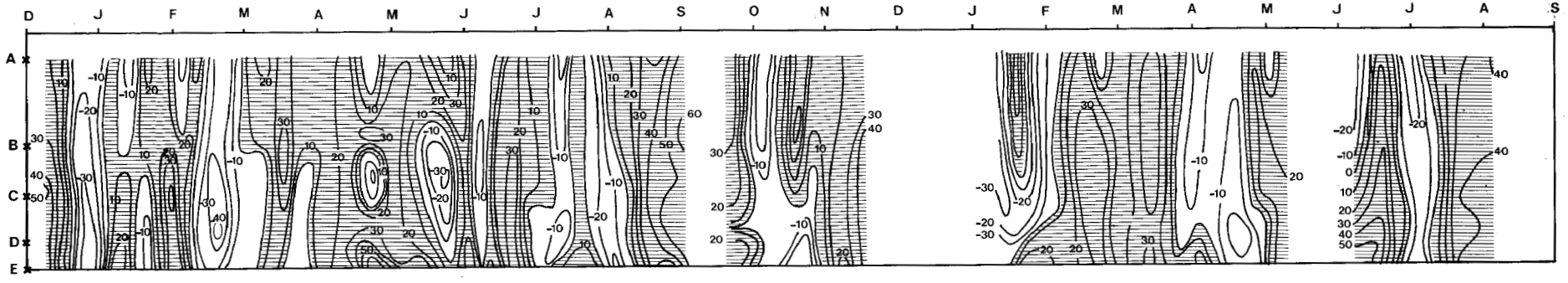


Figure 34
Distribution du courant de surface en fonction de la latitude (points A, B, C, D et E de la figure 1) et du temps (années 1983 et 1984).
Les valeurs positives qui correspondent à un courant est (courant de Guinée) sont hachurées (adapté de COLIN, 1988).

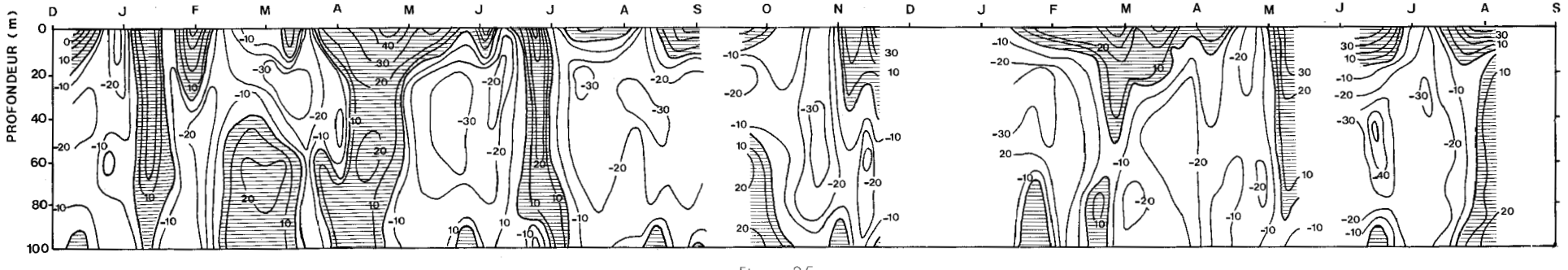


Figure 35
Distributions verticales de la composante zonale du courant pour les années 1983 et 1984 au point E (*cf.* figure 1).
Les valeurs positives qui correspondent à un courant est (courant de Guinée) sont hachurées (adapté de COLIN, 1988).

Elles permettent de plus de confirmer la covariation de l'intensité du courant de Guinée et du courant équatorial sud à 4° W sur l'équateur (WEISBERG et COLIN, 1986), respectivement parties nord et sud du tourbillon anticyclonique associé à la convergence centrée sur 2° N - 3° N.

Variabilité interannuelle

Une comparaison des enregistrements de courant obtenus au point E, sur le plateau continental ivoirien, montre (figures 35 et 36) :

— en automne-hiver, plus précisément de début décembre à début février, la présence du courant de Guinée, forte en 1968-1969 et 1982-1983 et plus faible en 1967-1968 et 1969-1970. On ne peut conclure pour l'hiver 1983-1984, du fait de l'absence de données de début décembre à la mi-janvier. En fin de période hivernale, la circulation est plus confuse ; on rencontre alternativement le courant de Guinée ou le sous-courant ivoirien. Cette variabilité dans la dynamique côtière se retrouve également dans les distributions de température de surface et de subsurface ;

— au printemps - début d'été boréal, l'intensification du courant de Guinée se produit début mars en 1968 et 1970, début avril en 1967 et 1983 et début mai en 1984. Les maxima absolus de courant est sont observés, pour les années considérées, en juin-juillet-août (excepté toutefois l'année 1968 où le maximum apparaît en avril-mai), en accord avec la dérive moyenne des bateaux marchands. En subsurface, le courant de Guinée peut également apparaître ; l'extension en profondeur de ce courant est particulièrement évidente en avril-mai 1970 et juin 1983. La décroissance de la vitesse par la suite étant due à un déplacement latitudinal, vers le sud, de la partie profonde de ce courant ;

— en fin d'été boréal (août-septembre), la décroissance de l'intensité du courant de Guinée en surface et de son extension en profondeur est due à l'envahissement progressif des fonds du plateau continental par le sous-courant ivoirien. Ce courant ouest est fort et bien développé verticalement en 1969, 1983 et 1984, moyennement en 1968 et faiblement en 1970. Il occupe intégralement le plateau continental en octobre-novembre 1968 et 1983 ; en 1969, il est surtout présent en subsurface.

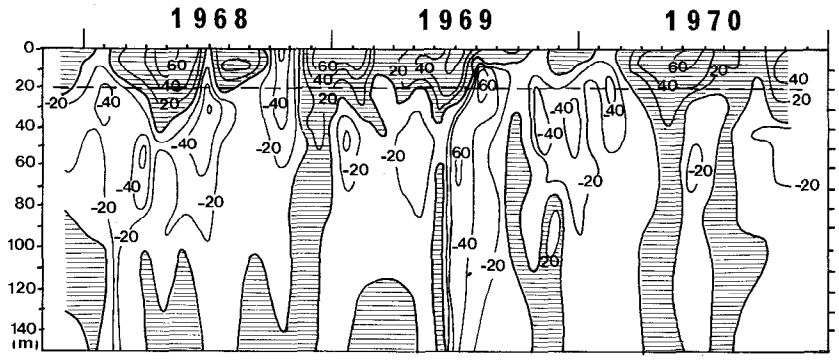


Figure 36
Identique à la figure 35 mais pour les années 1968, 1969, 1970 ; données obtenues sur la radiale Bassam (extrait de LEMASSON et RÉBERT, 1973a).

En conclusion, les courants observés sur le plateau continental de la Côte-d'Ivoire montrent un cycle saisonnier marqué ; le courant de Guinée, qui porte à l'est, présente en surface deux maxima, en hiver et en été boréal ; les maxima du sous-courant ivoirien, qui porte à l'ouest, apparaissent en revanche en subsurface au printemps et à l'automne. Il existe également, comme il a été discuté précédemment, une variabilité interannuelle dont il est difficile cependant d'apprécier l'amplitude eu égard au faible nombre d'années (5) d'enregistrements de courant échantillonnés, à l'échelle du mois ou mieux de la semaine.

Variabilité haute fréquence

Des mesures de courant ont été effectuées, en 1977, au point fixe (5° 10'N - 3° 57'W) situé sur le bord est du Trou-sans-Fond (COLIN et CHUCHLA, 1984). Les courantographes Aanderaa RCM4, fixés à une ligne de mouillage de subsurface, étaient positionnés aux immersions 15, 35 et 65 m. L'important « fouling » qui existe en permanence dans cette aire océanique, à cause du rejet régulier par la lagune Ebrié d'eaux riches en matière organique, a rendu difficile l'obtention d'enregistrements continus, surtout pour ceux proches de la surface, malgré une maintenance assurée toutes les 5 à 6 semaines en moyenne. L'analyse spectrale réalisée sur les morceaux d'enregistrement continus disponibles (tableau I), montre la présence de pics d'énergie significatifs aux trois immersions dans la plage de période 2-60 jours, centrés respectivement sur 45, 16,8, 13,6, et 6,5 jours (figures 37a et 37b). À l'immersion 65 m, l'amplitude des oscillations est plus faible comme l'est d'ailleurs le courant moyen. Exception faite du pic centré sur 6,5 jours, les autres pics apparaissent essentiellement dans les spectres de la composante zonale du courant. L'oscillation de période moyenne 45 jours est présente à 15 et 35 m seulement, c'est-à-dire dans la couche homogène de surface, comme ce fut le cas pour la température. L'oscillation centrée sur 16,8 jours n'apparaît qu'à l'immersion 15 m, c'est-à-dire dans la tranche d'eau associée au courant de Guinée. COLIN et GARZOLI (1988) ont obtenu un résultat comparable à 0° N, 4° W ; ils ont montré que l'amplitude de l'oscillation à cette période était maximale en surface (10 m) et qu'en outre, cette oscillation était forcée par l'atmosphère. De l'énergie est également associée à la période 13,6 jours qui correspond à l'onde de marée Mf ; les pics ne sont toutefois significatifs qu'aux immersions 15 et 35 m. Dans cette gamme de périodes, le vent, la température, la salinité et les courants sur le plateau continental présentent donc un pic d'énergie significatif. L'oscillation de période 6,5 jours apparaît principalement dans les spectres de la composante méridienne du courant aux immersions 15 et 35 m et dans celui de la composante zonale à l'immersion 65 m. On ne note pas de pic d'énergie dans les spectres de vent et de température à cette période.

TABLEAU I

Durée des enregistrements des composantes zonale (u) et méridienne (v) de la vitesse du courant et de la température (T) aux immersions 15, 35 et 65 m pour l'année 1977

Profondeur (m)	Paramètres	Périodes (année 1977)
15	u,v	1-1 / 10-2 ; 27-2 / 8-7 12-8 / 11-9 ; 3-10 / 31-12
	T	1-1 / 10-2 ; 27-2 / 31-12
35	u,v	19-1 / 9-6;12-6 / 4-8 13-8 / 10-11 ; 26-11 / 31-12
	T	1-1 / 31-12
65	u,v	19-1 / 10-11 ; 26-11 / 31-12
	T	19-1 / 31-12

Les données de vent et de courant n'ont pas permis pour l'instant, car non simultanées, d'étudier l'influence du forcing atmosphérique local sur la dynamique des eaux du plateau continental aux échelles de temps définies ci-dessus et de constater si le flux turbulent de chaleur dans le sens méridien (v'T') près de la côte, à l'échelle de 15 jours, pouvait influer, de manière équivalente à celui de 0° N, 4° W (HOUGHTON et COLIN, 1987), sur la redistribution méridienne de chaleur associée à la convergence nord.

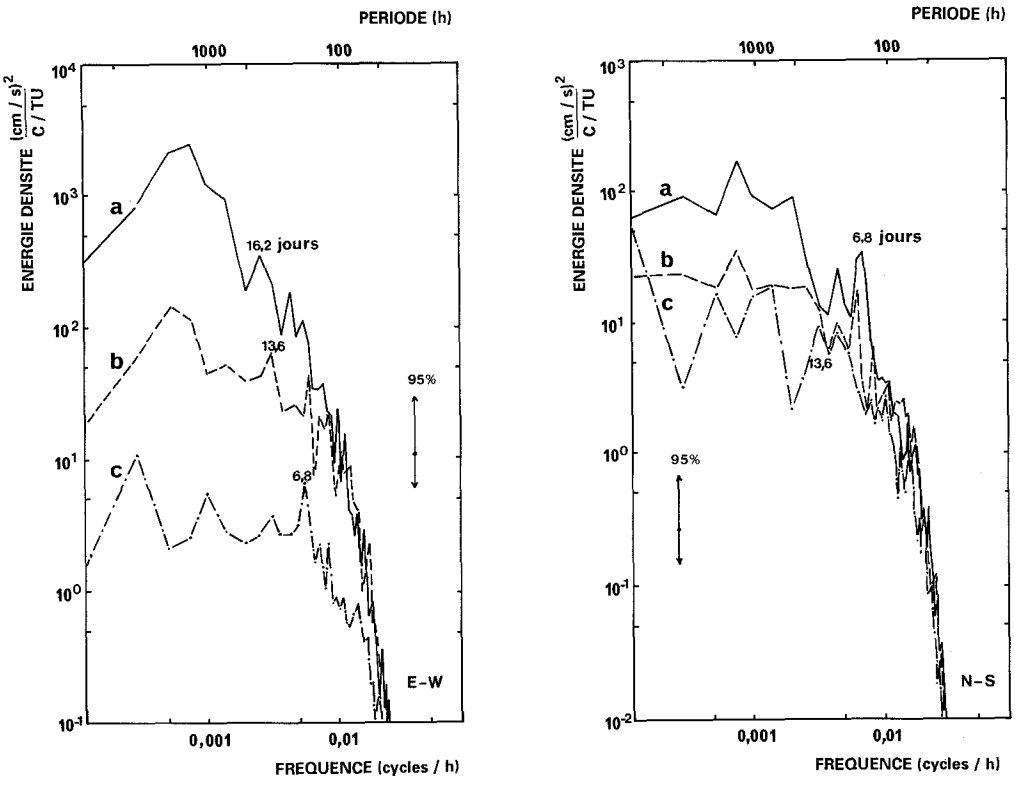


Figure 37
Spectres d'énergie haute fréquence des composantes zonale (E-W) et méridienne (N-S) de la vitesse du courant aux immersions 15 (a), 35 (b) et 75 m (c) ; (*cf.* figure 24).

Les courants de marée interne semi-diurne sont présents sur le plateau ; PARK (1986) a montré que l'amplitude des oscillations mesurée en un point situé à l'ouest du Trou-sans-Fond du 28-11 au 1-12-1973 est 2,5 fois plus importante pour la composante zonale (25 cm/s) que pour la composante méridienne (10 cm/s). L'intensité du courant barotrope est, pour les deux composantes, bien inférieure à celle des courants baroclines.

Variabilité spatiale

Si l'on compare maintenant les distributions méridiennes saisonnières, 1° de la profondeur de l'isotherme 20 °C (figures 16 et 17), 2° de l'anomalie de hauteur dynamique en surface (AHD) (figure 38) et donc des courants géostrophiques qui leur sont potentiellement associés [1], distributions observées à 4° W, 1° E et 6° E, lors des campagnes FOCAL (1982-1984), on constate, pour les années 1983 et 1984, une grande variabilité spatiale. En effet :

— en hiver boréal, s'il y a en 1983 des indices de courant est à 4° W et 6° E en surface et subsurface, on voit au contraire des tendances de courant ouest à 1° E sur toute la couche ; en 1984, la distribution de l'AHD indique cette fois, en surface, la présence d'un courant faiblement est à 1° E et d'un courant ouest à 4° W et 6° E ; en subsurface, le courant, toujours ouest à 4° W, devient fortement est à 1° E et plus faiblement est à 6° E ;

[1] À 4° W, il y a une parfaite correspondance entre les vitesses des courants géostrophiques déduites des pentes d'anomalie de hauteur dynamique et (ou) des isothermes et les courants observés sur le et au large du plateau continental (COLIN, 1988).

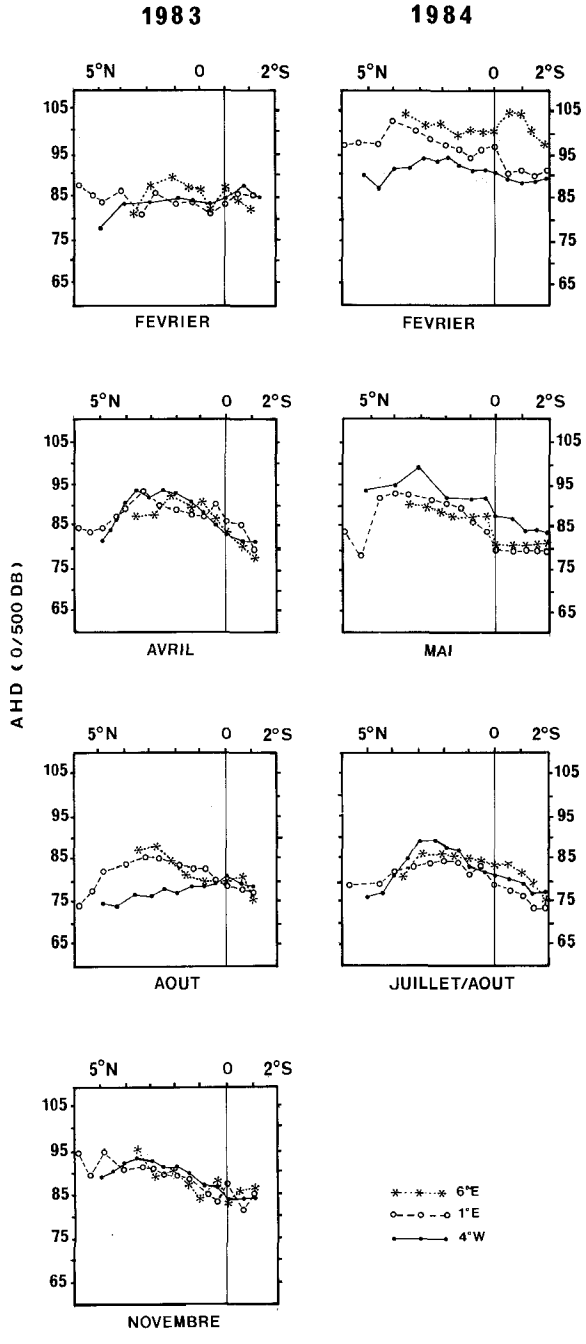


Figure 38
Distributions méridiennes (de 2° S à la côte) saisonnières de l'anomalie de hauteur dynamique de surface (AHD) aux latitudes 4° W, 1° E et 6° E pendant FOCAL.

— au printemps, que ce soit en surface ou en profondeur, les pentes méridiennes de l'isotherme 20 °C suggèrent, en 1983, la présence d'un courant est particulièrement développé le long de la côte à 4° W et au large à 1° E et 6° E. En 1984, la distribution est identique excepté que le courant est en profondeur apparaît maintenant « collé » à la côte ;
— en été 1983, les distributions observées indiquent, en surface et subsurface, la présence d'un fort courant est à 4° W et 1° E ; à 6° E, le courant est nul en surface et ouest en profondeur. En 1984, si la forme des profils à 4° W traduit, comme en 1983, la présence d'un fort courant de Guinée associé toutefois à une extension en latitude plus limitée, à 1° E et 6° E le courant reste respectivement nul et est en surface mais est et ouest en profondeur. Comme pour la structure thermique, l'extension en latitude du courant de Guinée à 4° W et 1° E est de loin supérieure au rayon de déformation de Rossby.

Dans la partie équatoriale est, on note en permanence en été un maximum d'AHD à 2° 30' N-3° N montrant ainsi les limites respectives du courant de Guinée et du courant équatorial sud, en cette saison.

En conclusion, on peut souligner la grande variabilité spatio-temporelle du courant de Guinée et du sous-courant côtier qui porte à l'ouest. Cette variabilité concerne l'ensemble de la bordure nord du golfe. Il n'existe pas, sauf au printemps, de continuité du courant de Guinée le long de la côte. Il paraît donc illusoire de vouloir traiter les phénomènes côtiers exclusivement de manière globale.

Discussion et conclusion

Les champs de vent, de température et de courant présentent donc des fluctuations d'amplitude variable selon les cycles semi-annuel, annuel et interannuel. Des études antérieures ont montré les similitudes qui apparaissent dans la variabilité de ces différents paramètres (Picaut, 1983 ; Colin, 1988). Plusieurs mécanismes physiques ont été proposés pour expliquer le déclenchement puis l'entretien des upwellings côtiers du plateau et principalement de celui observé en été boréal.

FORÇAGE DU VENT SUR LA PARTIE ÉQUATORIALE OUEST

VERSTRAETE (1970) a calculé la composante verticale moyenne de la vitesse du courant à la côte (0,7 m/jour), due au vent local, en été boréal. Intégrée sur un mois et demi, l'élévation verticale de la thermocline est de 30 m soit environ la moitié du déplacement vertical.

L'absence d'une forte amplitude dans la variabilité saisonnière du champ de vent à la station météorologique de l'ASECNA (voir le paragraphe « Vent ») a conduit CLARKE (1978), MOORE *et al.* (1978), à suggérer l'intensification du vent, respectivement le long de la côte (5° N) et dans la partie équatoriale ouest, comme l'élément moteur de déclenchement des upwellings côtiers d'été boréal, le long de la bordure septentrionale du golfe de Guinée. De manière schématique, l'intensification impulsionnelle du vent dans la partie occidentale génère en amont (vers l'est) une onde de Kelvin piégée à l'équateur. Elle a pour effet de déplacer la thermocline vers la surface, le long de l'équateur. À la frontière est du bassin, cette onde se réfléchit sous la forme :

— d'un paquet d'ondes de Rossby symétriques se propageant vers l'ouest (ces ondes ont pour effet d'amplifier le déplacement vertical ascendant des isothermes à l'équateur), et
— de deux ondes de Kelvin côtières se propageant vers les pôles. L'intensification du vent le long de la côte engendre aussi une onde de Kelvin qui se propage en laissant la côte à droite (gauche) dans l'hémisphère Nord (Sud).

Des résultats analogues ont été obtenus par BUSALACCHI et PICAUT (1983) en forçant un modèle numérique, basé sur le second mode barocline, par le vent climatique annuel moyen défini à partir de moyennes mensuelles (HASTENRATH et LAMB, 1977). PICAUT (1983), à partir des distributions saisonnières moyennes de la SST le long de la côte, a conclu à l'existence d'un déphasage, en été boréal, entre les minima thermiques observés de Cotonou à Tabou. Ce déphasage, en surface, correspondrait à la propagation vers l'ouest d'une onde de vitesse moyenne 0,6 m/s associée, en profondeur, à une vitesse de phase positive (profondeur comptée positivement du fond vers la surface) de l'ordre de 7 m/jour. Ces résultats suggèrent quelques commentaires (*cf.* figure 8 dans PICAUT, 1983) :

— les vitesses de phase, en surface, sont différentes d'une année sur l'autre ;
— il n'y a pas de déphasage significatif le long du plateau continental ivoirien pour les trois années (1977, 1978 et 1979) considérées ;
— à l'est de Tema, la direction de propagation est à l'opposé (vers l'est), suggérant ainsi l'influence d'autres mécanismes telle l'advection horizontale d'eau froide d'ouest en est ;
— la valeur du déphasage vertical a été obtenue à partir de profils verticaux de température (0-400 m) effectués de 1957 à 1964, c'est-à-dire répartis de manière aléatoire dans le temps ; de plus, ce déphasage n'est pas apparent pour les isothermes supérieurs à 17 °C, c'est-à-dire dans la couche 0-100 m ;
— enfin il paraît osé de vouloir valider, à partir de valeurs de SST, des modèles numériques à gravité réduite (modèles à une couche et demie) qui ne permettent, en aucun cas, d'inférer la variabilité de surface à partir du déplacement vertical de l'interface.

Les observations effectuées sur le (et au large du) plateau continental durant le programme FOCAL/SEQUAL (HOUGHTON et COLIN, 1986 ; COLIN, 1988) ont permis de montrer :

— l'absence de cohérence dans le déplacement vertical ascendant de l'isotherme 20 °C à 4° W, 1° E et 6° W, le long de la côte nord en été boréal ; ces observations confirment l'analyse climatologique de HOUGHTON (1983) effectuée à partir des moyennes mensuelles de la profondeur de l'isotherme 20 °C ;
— le déplacement vertical ascendant progressif de la thermocline le long de 4° W, de la côte vers l'équateur, du printemps à l'été ; ce déplacement en latitude est de loin supérieur au rayon de déformation de Rossby ;
— l'existence d'une discontinuité de la variabilité des isothermes dans les couches 0-100 m et 200-350 m ; dans chacune de ces couches, il n'y a pas de déphasage vertical continu ;
— l'absence de déphasage constant entre les minima thermiques de surface et de subsurface observés en

1983 et 1984, entre la côte et l'équateur, à la longitude 4° W. Ce déphasage est de 52 jours en 1983 et de 28 jours en 1984 ; au-dessous de l'immersion 200 m, ce déphasage est toutefois moindre, respectivement 4 et 16 jours, suggérant ainsi une possible influence en profondeur du guide d'onde équatorial.

En conclusion, les observations FOCAL/SEQUAL montrent que l'upwelling côtier ivoirien ne peut pas être relié, de manière simpliste, à la propagation d'une onde de Kelvin côtière. Cette séparation apparaît également dans la simulation du modèle 3D de l'université de Princeton (PHILANDER et PACANOWSKI, 1986) quand le modèle est « forcé » par un vent zonal, soulignant ainsi, *a contrario*, l'importance du rotationnel du vent dans la variabilité thermique enregistrée à la côte. D'autres mécanismes physiques doivent être considérés et, parmi eux, le vent local et les courants côtiers.

VENT LOCAL

Il a été montré précédemment que le vent soufflant à la côte (phare de Port-Bouët situé en bordure de mer) présentait des fluctuations saisonnières. De manière schématique, la composante zonale de la vitesse du vent est caractérisée par un minimum de novembre à mars et un maximum d'avril à octobre ; la composante méridienne, en revanche, montre la présence de deux maxima centrés respectivement sur juin et novembre. En été boréal, le vent est parallèle à la côte et peut donc générer un upwelling d'Ekman sur le plateau continental. COLIN (1988) a montré que la vitesse moyenne d'upwelling à cette saison, déduite d'un modèle analytique simple (CHARNEY, 1955) défini dans le cas :

— d'une côte orientée est-ouest ;
— d'un vent d'ouest constant ;
— d'un mouvement sans frottement et sans variation dans la direction est-ouest ;

était de 1,2 m/jour en 1983 et de 0,83 m/jour en 1984, les profondeurs moyennes respectives de la thermocline étant de 40 et 55 m. En 1985, les tensions de vent calculées sont du même ordre de grandeur que celles de 1983 et 1984, comme le sont également les valeurs minimales de la SST.

Le transport d'Ekman réparti sur une couche d'épaisseur de 20 m, conduit, en été, à un déplacement moyen vers le large de 7 à 9 cm/s pour les années 1983, 1984 et 1985, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celui calculé par BAKUN (1978). Ce transport vers le large explique, en partie, la présence du minimum du niveau moyen de la mer à cette saison.

En hiver, l'influence du vent local sur le déclenchement de l'upwelling secondaire est bien moindre, le déplacement vertical moyen induit n'étant, en 1983, que de 0,25 m/jour (COLIN, 1988). En 1985, une amplitude identique est observée.

En conclusion, le vent à la côte en été boréal engendre un déplacement vertical ascendant de la thermocline et, en aval, un refroidissement des eaux de surface. Pour une même tension, les refroidissements de surface sont d'autant plus forts que la thermocline est proche de la surface. La faible immersion (40-50 m) de la thermocline à la côte est liée au fort développement, sur le (et au large du) plateau continental, du courant de Guinée.

COURANT DE GUINÉE

Le courant de Guinée est un élément essentiel de la circulation côtière. Il a été souligné page 99 que la composante est de la vitesse du courant, de loin la plus importante, présente deux maxima : le principal au printemps-été et le secondaire en automne-hiver. COLIN (1988) a montré que le courant de Guinée, circonscrit uniquement au plateau continental ivoirien, n'influençait que très légèrement la profondeur de la thermocline et qu'en aucun cas il ne pouvait expliquer l'affleurement de la thermocline à la côte. Cet affleurement est lié à la grande extension en latitude (2 à 3 degrés de la côte, distance de loin supérieure au rayon de déformation de Rossby) et aux fortes vitesses (70 à 80 cm/s en été) du courant de Guinée. De même, l'approfondissement de la thermocline en avril-mai 1984, par rapport à 1983, est associé à un fort affaiblissement du courant de Guinée au large (10-20 cm/s en 1984 au lieu de 70 cm/s en

1983) dû à la décroissance et à la position plus sud du maximum de la composante verticale du rotationnel du vent. En été, en revanche, le courant de Guinée est plus fort en 1984 (80 cm/s) qu'en 1983 (30-40 cm/s) expliquant ainsi, sous les actions conjuguées du courant de Guinée et du vent, que les minima de température de surface relevés en 1983 et 1984 soient tout à fait comparables. En hiver boréal, les plus faibles intensités du courant de Guinée (maximum secondaire) et du vent conduisent à un refroidissement moins marqué des eaux de surface à la côte. La décroissance de l'amplitude du refroidissement à cette saison le long de la côte est en phase avec la décroissance de l'intensité du courant de Guinée à l'est du cap des Palmes (ARNAULT, 1987). Les maxima du courant de Guinée sont en phase avec les maxima de la composante verticale du rotationnel du vent négatif sur le golfe de Guinée en été boréal et positif sur le continent (du Sénégal à la Côte-d'Ivoire) en hiver (TOURRE et CHAVY, 1987).

En conclusion, le déclenchement et le maintien de l'upwelling côtier ivoirien dépendent donc étroitement de l'action conjuguée du vent local et du courant de Guinée, aux abords et au large du plateau continental. Ces résultats sont confirmés par les simulations du modèle numérique non linéaire et tridimensionnel de PHILANDER et PACANOWSKI (1986). Les auteurs concluent que si le champ de vent le long de l'équateur détermine la réponse de la couche équatoriale de surface dans le golfe de Guinée, il joue en revanche un rôle très mineur dans le déclenchement de l'upwelling saisonnier qui se produit le long de la côte, à 5° N. L'upwelling côtier est essentiellement lié aux modifications d'intensité des composantes horizontales de la vitesse du vent et du rotationnel de sa tension, sur le golfe de Guinée.

RÉFÉRENCES

ADAMEC (D.) et O'BRIEN (J.J.), 1978.— The seasonal upwelling in the Gulf of Guinea due to remote forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, 8 : 1050-1060.

ARNAULT (S.), 1987.— Tropical Atlantic Geostrophic Currents and ship drifts. *J. Geophys. Res.*, 92(C5) : 5076-5078.

BAKUN (A.), 1978.— Guinea Current upwelling. *Nature*, 271 : 147-150.

BINET (D.), 1972.— Variations des biovolumes de zooplancton du plateau continental entre le Cap des Palmes et le Cap des Trois-Pointes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 60-93.

BOISVERT (W.E.), 1967.— Major currents in the North and South Atlantic Ocean between 64° N and 60° S. Tech. Rep. Hydrogr. Off. Wash., TR-193, 92 p.

BUSALACCHI (A.J.) et PICAUT (J.), 1983.— Seasonal variability from a model of the tropical Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 13 : 1564-1588.

CANE (M.A). et PATTON (R.), 1984.— A numerical model for low-frequency equatorial dynamics. *J. Phys. Oceanogr.*, 14(12) : 1853-1863.

CHARNEY (J.G.), 1955.— The generation of ocean currents by wind. *J. Mar. Res.*, 16 : 677-698.

CLARKE (A.J.), 1978.— On the generation of the seasonal coastal upwelling in the Gulf of Guinea. *J. Geophys. Res.*, 84 : 3743-3751.

CLARKE (A.J.) et BATTISTI (D.S.), 1983.— Identification of the fortnightly wave observed along the nothern coast of the Gulf of Guinea. *J. Phys. Oceanogr.*, 13 : 2192-2200.

COLIN (C.), 1977.— Spectral analysis of the wind field along the western coast of Africa. Doc. Scient. GATE, Miami, 7 p.

COLIN (C.), 1988.— Coastal upwelling events in front of Ivory Coast during the FOCAL program. *Oceanol. Acta*, 11(2) : 125-138.

COLIN (C.) et BAKAYOKO (S.), 1984.— Variations saisonnières des structures hydrologiques et dynamiques observées sur le plateau continental ivoirien. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*. 10(3), 64 p.

COLIN (C.) et CHUCHLA (R.), 1984.— Observations de la température et des courants sur le plateau continental ivoirien. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10(5), 136 p.

COLIN (C.) et CISSOKO (S.), 1984.— Observations hydrologiques et dynamiques le long de deux radiales du plateau continental ivoirien pendant l'année FOCAL 1983. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10(7), 99 p.

COLIN (C.) et GARZOLI (S.L.), 1987.— In situ wind measurements and Ocean response in the Equatorial Atlantic during the FOCAL/SEQUAL Experiment. *J. Geophys. Res.*, 92(C4) : 3741-3750.

COLIN (C.) et GARZOLI (S.L.), 1988.— High frequency variability of the in-situ wind, temperature and current measurements in the Equatorial Atlantic during the FOCAL/SEQUAL Experiment. *Oceanol. Acta*, 11(2) : 139-148.

COLIN (C.), GONELLA (J.), MERLE (J.), 1987.— Equatorial upwelling at 4° W during FOCAL. Symposium International sur le Mouvement Equatorial. *Oceanol. Acta*, 6 (No spéc.) : 39-49.

DHONNEUR (G.), 1974.— Nouvelle approche des réalités météorologiques de l'Afrique Occidentale et Centrale, *tome 1* (358 p.), *tome 2* (470 p.). ASECNA, Univ. Dakar, Sénégal.

DONGUY (J.R.) et PRIVÉ (M.), 1964.— Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'équateur. Variations hydrologiques annuelles. *Cah. Océanogr. CCOEC*, 16(5) : 339-398.

ESCOURROU (G.), 1981.— Climat et Environnement. Les facteurs locaux du Climat. Masson, collection *Géographie*, 182 p.

GALLARDO (Y.), 1975.— Relations hydrométéorologiques sur les côtes du golfe de Guinée. Influence de l'orientation de la côte. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(1) : 71-81.

GALLARDO (Y.), 1978.— Hydrometeorological relationships on the coast of the Gulf of Guinea. Influence of the orientation of the coast. Appendix Annex A. *In*: The west african monsoon experiment (WAMEX). *GARP publ. ser.*, Geneva, 21 : 77-84.

GARNIER (R.), 1976.— L'équateur météorologique. *La Météorologie*, 6e sér., 6 : 113-122.

HASTENRATH (S.) et LAMB (P.J.), 1977.— Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and eastern Pacific Ocean The University of Wisconsin press, Madison, London, 97 charts.

HÉNIN (C.), HISARD (P.), PITON (B.), 1986.— Observations hydrologiques dans l'Océan Atlantique Equatorial (juillet 1982-août 1984). ORSTOM, FOCAL, 1, 191 p.

HISARD (P.), 1973.— Variations saisonnières à l'équateur dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(3) : 349-358.

HOUGHTON (R.W.), 1976.— Circulation and hydrographic structure over the Ghana continental shelf during the 1974 upwelling. *J. Phys. Oceanogr.*, 6 : 910-924.

HOUGHTON (R.W.), 1983.— Seasonal variation of the subsurface thermal structure in the Gulf of Guinea *J. Phys. Océanogr.*, 13 : 2070-2081.

HOUGHTON (R.W.) et COLIN (C.), 1986.— Thermal structure along 4° W in the Gulf of Guinea during 1983-1984. *J. Geophys. Res.*, 91(C10) : 11727-11739.

HOUGHTON (R.W.) et COLIN (C.), 1987.— Wind-driven meridional eddy heat flux in the Gulf of Guinea. *J. Geophys. Res.*, 92(C10) : 10777-10786.

INGHAM (M.C.), 1970.— Coastal upwelling in the northwestern Gulf of Guinea. *Bull. Mar. Sci.*, 20 : 2-34.

LEMASSON (L.) et REBERT (J.P.), 1968.— Observations de courants sur le plateau continental ivoirien : mise en évidence d'un sous-courant. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.* 22 : 1-69.

LEMASSON (L.) et REBERT (J.P.), 1973a.— Les courants marins dans le golfe ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11 : 67-95.

LEMASSON (L.) et REBERT (J.P.), 1973b.— Circulation dans le golfe de Guinée. Étude de la région d'origine du sous-courant ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11 : 303-316.

LONGHURST (A. R.), 1962.— A review of the Oceanography of the Gulf of Guinea. *Bull. IFAN*, sér.A., 24(3) : 633-663.

MC CREARY (J.P.), PICAUT (J.), MOORE (D.), 1984.— Effects of remote annual forcing in the eastern tropical Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 42 : 45-81.

MERLE (J.), 1980.— Variabilité thermique annuelle et interannuelle de l'Océan Atlantique équatorial est. L'hypothèse d'un « El Niño » atlantique. *Oceanol. Acta*, 3 : 209-220.

MERLE (J.) et ARNAULT (S.), 1985.— Seasonal variability of the surface dynamic topography in the tropical Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 43 : 267-288.

MERLE (J.), FIEUX (M.), HISARD (P.), 1980.— Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperature in the eastern equatorial Atlantic. *Deep-Sea Res.*, (GATE suppl.II), 26 : 77-101.

MOORE (D.), HISARD (P.), MC CREARY (J.), O'BRIEN (J.J.), PICAUT (J.), VERSTRAETE (J.M.), WUNCH (J.), 1978.— Equatorial adjustment in the eastern Atlantic. *Geophys. Res. Let.*, 5 : 637-639.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 1-30.

MURAKAMI (M.) et HO (F.P.), 1972.— Spectrum analysis of cloudiness over the Pacific. *J. Meteorol. Soc. Jpn*, 50 : 301-311.

PARK (Y.H.), 1986.— Semi-diurnal internal tides on the continental shelf off Abidjan. *J. Phys. Oceanogr.*, 16(9), 1585-1592.

PHILANDER (S.G.H.), 1979.— Upwelling in the Gulf of Guinea. *J. Mar. Res.*, 37 : 23-33.

PHILANDER (S.G.H.) et PACANOWSKI (R.C.), 1981.— The Oceanic response to cross-equatorial winds (with application to coastal upwelling in low latitudes). *Tellus*, 33 : 204-210.

PHILANDER (S.G.H.) et PACANOWSKI (R.C.), 1986.— A model of the seasonal cycle in the Tropical Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 91(C12) : 14192-14206.

PICAUT (J.), 1983.— Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 13(1) : 18-37.

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.*, 14 : 3-14.

PICAUT (J.) et VERSTRAETE (J.M.), 1979.— Propagation of the 14.7 day wave along the northern coast of Guinea Gulf. *J. Phys. Oceanogr.*, 9 : 65-78.

PITON (B.), 1985.— Anomalie thermique dans la partie orientale du golfe de Guinée durant l'été 1984 et pluviosité excédentaire à Sao Tomé. *Veille Climat. Sat.*, 5 : 22-25.

RICHARDSON (P.L.) et MC KEE (T.K.), 1984.— Average seasonal variation of the Atlantic equatorial currents from historical ship drifts. *J. Phys. Oceanogr.*, 14(7) : 1226-1238.

SERVAIN (J.), PICAUT (J.), MERLE (J.), 1982.— Evidence of remote forcing in the Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 12 : 129-135.

TOURRE (Y.) et CHAVY (P.), 1987.— Vents de surface moyens pendant FOCAL. Analyses cinématiques Atlas ORSTOM/LODYC/Mét. Nat. Paris, 144 cartes, 75 p.

VARLET (F.), 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Études Éburn.* (IFAN), 7 : 97-222.

VERSTRAETE (J.M.), 1970a.— Étude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3) : 1-17.

VERSTRAETE (J.M.), 1970b.— L'oxygène au large de Grand Bassam. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3) : 19-35.

VERSTRAETE (J.M.), PICAUT (J.), MORLIÈRE (A.), 1979.— Atmospheric and tidal observations along the shelf of the Guinea Gulf. *Deep-Sea Res.*, (GATE suppl.II), 26 : 343-356.

VOITURIEZ (B.), 1981.— The equatorial upwelling in the eastern Atlantic Ocean. Recent Progress in Equatorial Oceanography, Nova Univ. Press, 229-247.

VOITURIEZ (B.), 1983.— Les variations saisonnières des courants équatoriaux à 4°W et l'upwelling équatorial du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 163-199.

WEISBERG (R.H.) et COLIN (C.), 1986.— Equatorial Atlantic temperature and current variations during 1983 and 1984. *Nature*, 33(6076) : 240-243.

ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE D'UN INDICE CARACTÉRISANT L'INTENSITÉ DE LA RÉSURGENCE IVOIRO-GHANÉENNE

Robert ARFI, Olivier PEZENNEC, Souleymane CISSOKO et Martin MENSAH

Introduction

Les conditions hydroclimatiques qui règnent au-dessus d'un plateau continental ont d'importantes conséquences sur l'écologie du milieu (température, richesse nutritive et production pélagique) et sur l'importance et la disponibilité de la ressource halieutique. Se développant dans un contexte écologique plutôt oligotrophe lorsque les apports terrigènes sont peu importants (BINET, 1983) et bien que saisonnière, la résurgence côtière ivoiro-ghanéenne est suffisamment intense pour enrichir considérablement le milieu (HERBLAND *et al.*, 1983). Mises en évidence par VARLET (1958) et caractérisées par MORLIÈRE (1970), les saisons « marines » devant Abidjan et le long du littoral ivoirien sont maintenant assez bien connues. Le cycle annuel est caractérisé par l'alternance d'une grande saison froide (GSF, juin-octobre) et d'une grande saison chaude (GSC, novembre-mai), au sein de laquelle se déroule un épisode froid, ou petite saison froide (PSF), plus ou moins marqué selon le site et l'année. Les remontées d'eau froide qui intéressent le plateau continental ivoirien ont été plus particulièrement décrites par VERSTRAETE (1970), puis par MORLIÈRE et REBERT (1972). Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer le déclenchement et le maintien, plusieurs semaines durant, de cette résurgence côtière (PICAUT, 1983, COLIN *et al.*, dans cet ouvrage). Ces différents travaux reposent sur l'exploitation de données d'origine diverse (campagnes océanographiques dans le golfe de Guinée, mesures de la température de surface de l'eau de mer - SST - par des navires marchands, séries chronologiques aux stations côtières). Mais les relevés de température à la côte recueillis quotidiennement depuis 1970 au Ghana et 1978 en Côte-d'Ivoire n'ont pas encore fait l'objet

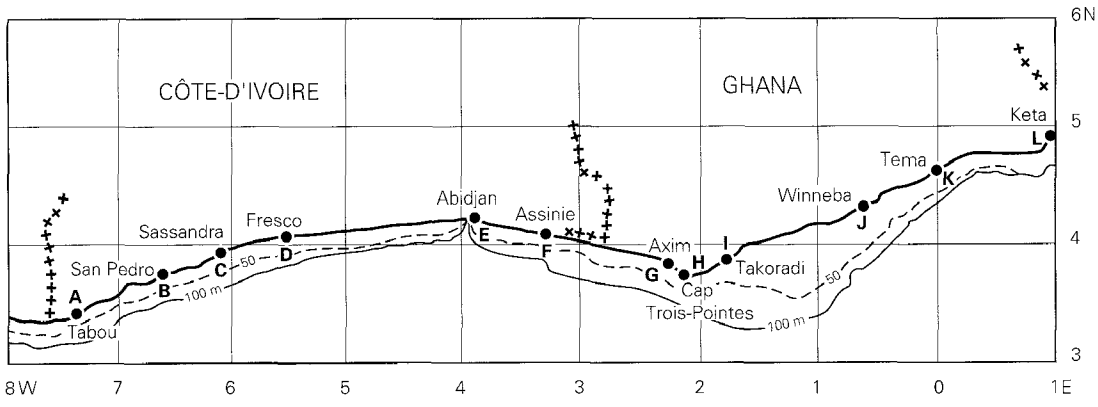


Figure 1
Carte du plateau continental ivoiro-ghanéen et localisation des stations de mesure des températures.

de dépouillement approfondi sur de longues séquences, contrairement à ce qui a été réalisé en Mauritanie (ARFI, 1987) ou au Sénégal (PORTOLANO, 1986). En outre, aucun des travaux portant sur l'hydrologie du golfe de Guinée ne prend réellement en compte la variabilité spatio-temporelle de cette résurgence ivoiro-ghanéenne. La présente étude se rapporte donc à cet aspect peu connu du phénomène, entre Tabou à l'ouest de la Côte-d'Ivoire et Keta à l'est du Ghana (figure 1).

L'intensité des remontées induites par un vent soufflant parallèlement à la ligne de côte est couramment décrite au moyen de l'indice d'Eckman (WOOSTER *et al.*, 1976), à partir de la tension locale du vent et de la latitude du lieu. Mais un tel descripteur s'est avéré peu utilisable dans le secteur d'étude (BAKUN, 1978), principalement en raison de la faiblesse des vents locaux. D'autres types d'indice ont alors été proposés :

— un indice annuel, obtenu en multipliant le nombre de quinzaines où la température moyenne est inférieure à 26 °C par la différence entre 26 °C et la température moyenne de ces périodes (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) ;
— BINET, (1982) utilise ce type d'indice, mais fixe le seuil thermique à 24 °C ;
— à partir des SST relevées par les navires marchands, CURY et ROY (1987) calculent les anomalies thermiques mensuelles par rapport à la moyenne des températures des périodes froides (juillet à septembre et janvier-février) ; la somme de ces anomalies produit un indice annuel.

Afin de mieux mettre en évidence la variabilité spatio-temporelle de l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne, une série d'indices par quinzaine, utilisant les données quotidiennes de température, a été calculée pour les douze stations dont les données sont disponibles. Ce découpage permet en outre une meilleure connaissance des périodes concernées par le refroidissement de l'eau. Le seuil de 26 °C a été préféré à une température plus basse afin de mieux prendre en compte l'abaissement des températures observé en petite saison froide, nettement moins intense que celui qui a lieu de juillet à septembre.

Matériel et méthodes

Les températures sont mesurées quotidiennement en surface entre 7 h et 9 h TU, en douze points du littoral de la Côte-d'Ivoire et du Ghana (figure 1). Les stations sont Tabou, San Pedro, Sassandra, Fresco, Abidjan-Port-Bouët et Assinie en Côte-d'Ivoire ; Axim, cap des Trois-Pointes, Takoradi, Winneba, Tema et Keta au Ghana. Les données ont été vérifiées puis validées, une donnée manquante ou aberrante (supérieure à ± 3 fois l'écart-type de la quinzaine considérée) étant remplacée par la valeur moyenne de la quinzaine de même rang à la station considérée.

À partir de ces données quotidiennes disponibles de 1970 à 1988 au Ghana et de 1978 à 1988 en Côte-d'Ivoire (1982-1988 pour San Pedro), un indice de l'intensité de la résurgence a été calculé pour chaque quinzaine, en chaque station et année par année, selon la formule :

$$I_{qz} = (26,0 - M_{qz}) \cdot N_{qz} \text{ (en } ^{\circ}C.j)$$

avec :

N_{qz} = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température est inférieure à 26,0 °C.

M_{qz} = moyenne des températures inférieures à 26,0 °C pour la quinzaine considérée.

Cet indice prend donc en compte la durée du refroidissement, et son intensité. On peut ensuite calculer pour chaque station :

— une valeur annuelle I, somme des I_{qz} de l'année ;
— une moyenne par quinzaine, de janvier à décembre, pour toute l'étendue des données disponibles ;
— un indice de petite saison froide, Ipsf, calculé à partir des quatre quinzaines de janvier et février ;
— un indice de grande saison froide, Igsf, calculé à partir des six quinzaines de juillet à septembre.

Se rapportant à des durées variables (24, 4 et 6 quinzaines), ces différents indices ne sont donc pas comparables entre eux. Les données ghanéennes ont été fournies par le *Fishery Research Unit* de Tema, les données ivoiriennes par le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan.

Résultats

Définition d'une année type

À partir de la moyenne des indices calculés sur les quinzaines de même rang, on peut définir le déroulement d'une année type pour chaque station. Les schémas annuels ainsi obtenus sont très comparables (figure 2) et on peut parler d'une relative unicité régionale. Deux grandes saisons s'opposent nettement :

— un « ensemble froid », qui s'étend de juin à octobre, avec une intensité maximale entre juillet et septembre : l'indice augmente rapidement à partir de la seconde quinzaine de juin, et diminue tout aussi rapidement dès la seconde quinzaine de septembre ; cette séquence peut être assimilée à la grande saison froide marine ; elle est assez peu marquée devant Axim, mais très nette à Takoradi , Tabou et San Pedro ;
— un « ensemble chaud » qui s'étend d'octobre à juin, surtout marqué en novembre et en avril ; cette période comprend un épisode froid, que l'on peut assimiler à la petite saison froide marine qui s'observe généralement en janvier et février ; ce refroidissement est important dans l'ouest ivoirien, entre Tabou et Sassandra ; il est plutôt secondaire à Fresco, Abidjan et Takoradi, et très limité aux autres stations de la côte ghanéenne.

Ce schéma recoupe globalement le découpage saisonnier proposé par Morlière (1970), qui se retrouve clairement sur l'ensemble du littoral ivoirien (Morlière et Rebert, 1972). Au Ghana, la PSF ne montre donc une intensité remarquable qu'à Takoradi, les autres points du littoral ne présentant pas de refroidissement nettement marqué. On peut enfin remarquer, lors de la première quinzaine d'août, une diminution parfois notable de l'intensité de la résurgence aux stations comprises entre Tabou et le cap des Trois-Pointes.

Découpage spatial

Les indices annuels moyens calculés pour chaque station (figure 3a) permettent un découpage du littoral en secteurs où la remontée côtière est plus ou moins active :

— la plus forte intensité annuelle moyenne de la remontée est notée à Tabou et San Pedro en Côte-d'Ivoire, et à Takoradi au Ghana ($I > 480\ ^{\circ}C.j$) ;
— la valeur la plus faible (150 °C.j) correspond à la station d'Axim ;

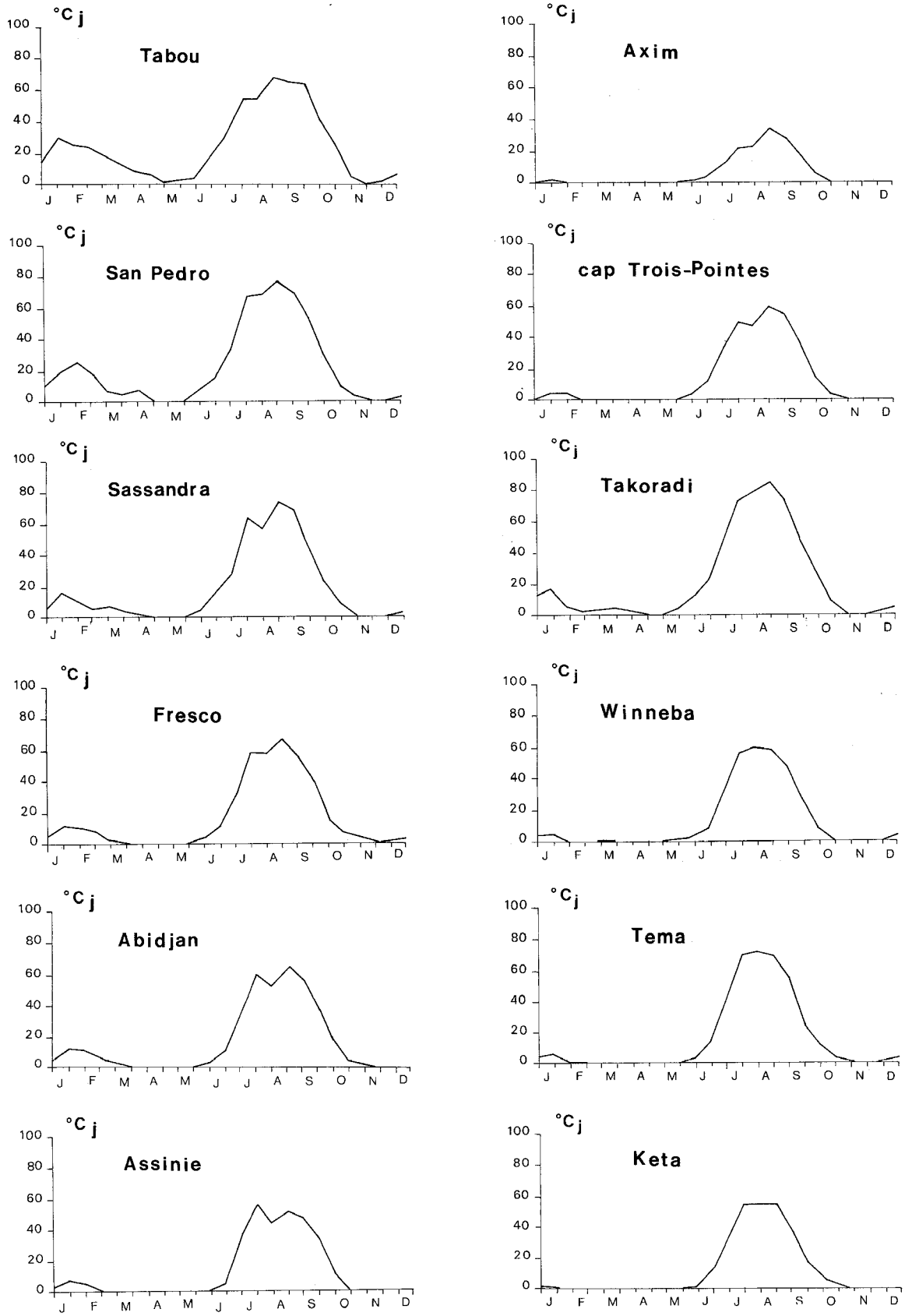


Figure 2
Indices moyens par quinzaine, produisant des schémas annuels types pour les stations localisées entre Tabou et Keta.

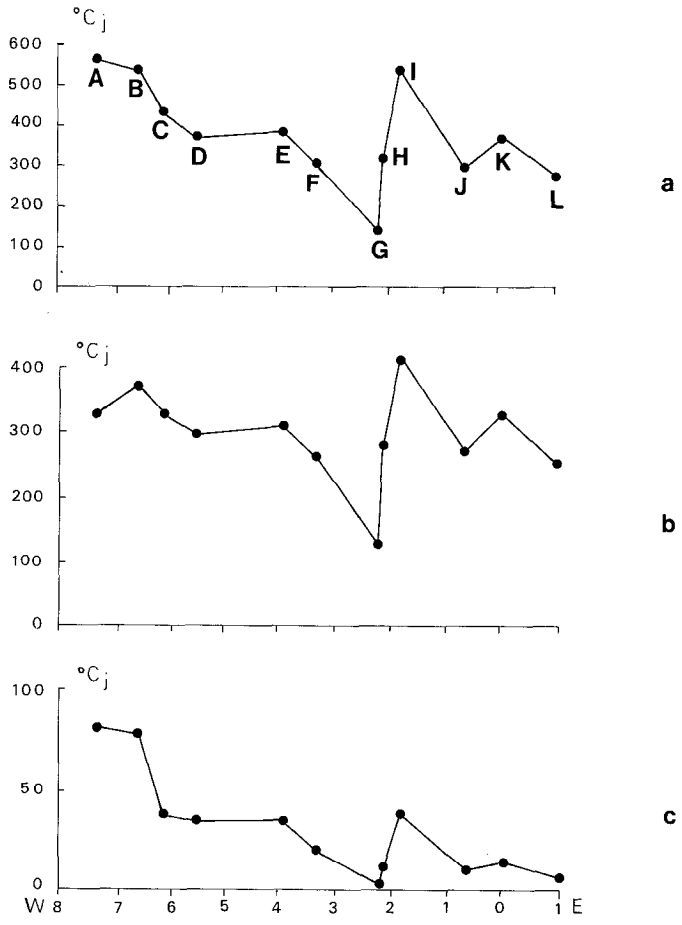


Figure 3
a) Indices annuels moyens de l'intensité de la remontée côtière. Liste des points de mesure : Tabou (A), San Pedro (B), Sassandra (C), Fresco (D), Abidjan (E), Assinie (F), Axim (G), cap des Trois-Pointes (H), Takoradi (I), Winneba (J), Tema (K) et Keta (L).
b) Indices moyens de grande saison froide pour les stations localisées entre Tabou et Keta (1978-1987).
c) Indices moyens de petite saison froide pour les stations localisées entre Tabou et Keta (1978-1987).

— les autres points du littoral ivoiro-ghanéen présentent des intensités annuelles moyennes comparables, de l'ordre de 340 °C.j ; entre le cap des Palmes et le cap des Trois-Pointes, on remarque une tendance à une diminution progressive de l'activité de la résurgence, qui présente ainsi une intensité minimale face à la côte ouest du cap des Trois-Pointes.

Les indices saisonniers calculés pour la GSF (juillet à septembre) sont élevés sur l'ensemble du littoral étudié (Igsf > 240 °C.j), à l'exception toutefois d'Axim (figure 3b). Les points où la résurgence est la plus intense sont Tabou, San Pedro et Sassandra en Côte-d'Ivoire, Takoradi au Ghana (Igsf > 330 °C.j). Ces stations sont situées sur des portions du littoral orientées respectivement à 246 et 243° (soit une direction générale ENE - WSW). La côte où est localisée Axim est, elle, orientée au 138° (NW-SE).

La PSF (janvier-février) est surtout marquée de Tabou à San Pedro (Ipsf > 80 °C.j). Les autres stations montrent des indices plus faibles (Ipsf < 40 °C.j), en particulier au Ghana. Les points d'Axim (indice proche de 0 °C.j) et de Takoradi (40 °C.j) s'y individualisent là encore (figure 3c).

Le littoral face à Takoradi présente donc une résurgence de GSF très active; c'est face à Tabou et San Pedro que la remontée est la plus intense pendant la PSF. Les schémas annuels correspondant à ces trois stations pourtant caractérisées par des indices annuels comparables sont donc en définitive assez différents. Au sein d'un ensemble régional ivoiro-ghanéen, une partition géographique peut ainsi être proposée :

— le littoral ivoirien, et la côte est du cap des Trois-Pointes sont le siège de deux épisodes froids marqués, avec une remontée intense de juillet à septembre, et une autre moins active en janvier et février ;
— le littoral ghanéen (à l'exception d'Axim) est également concerné par deux épisodes froids, mais la résurgence de PSF est beaucoup moins marquée qu'à l'ouest ;
— la côte d'Axim, enfin, n'est intéressée par une résurgence qu'au cours de l'été boréal, avec, en outre, une activité nettement plus faible que celle observée aux autres stations.

Variabilité interannuelle

L'étude des indices annuels pour l'ensemble des stations de chacune des trois zones montrent la succession d'années aux caractéristiques très différentes (tableau I) :

— dans la période 1970-1977 (données du Ghana uniquement), on distingue des années à résurgence peu active (1970 à 1974) et des années à résurgence intense (1975 et 1976) ; on peut avec prudence extrapoler ces résultats à l'est ivoirien, en se basant sur ce que l'on sait de la concordance observée entre ces deux secteurs au cours de la séquence 1978-1987 ;

— l'indice annuel est particulièrement élevé en 1985-1986 à Abidjan et Assinie, comme le long du littoral ghanéen, et particulièrement faible en 1979 et 1987 ;

— l'ouest ivoirien présente deux périodes nettement distinctes : 1978 à 1982 sont des années à résurgence plutôt intense, 1983 à 1987 des années à résurgence plutôt peu active.

Ces caractères et ce découpage se retrouvent lors de l'étude des indices saisonniers (tableaux II et III) : les résurgences de GSF ont été particulièrement intenses en 1971-1972, 1975-1976, 1978, 1982-1983 et 1985-1986 au Ghana (et pour la période où les données sont disponibles, dans l'est ivoirien), peu actives en 1973, 1974, 1979, 1981 et 1987. Dans l'ouest ivoirien, la situation est différente et on peut distinguer des séquences de remontée active (1978 à 1982 et 1985) et des séquences de remontée peu intense (1983-1984 et 1986), voire exceptionnellement faible (1987).

Le long du littoral ghanéen, la PSF n'est marquée qu'à Takoradi, et plus particulièrement en 1976, 1979 et 1986. En Côte-d'Ivoire, les années 1978 et 1980 à 1984 sont caractérisées par des PSF peu importantes, sauf exception locale (par exemple, face à Fresco en 1984). Au sein de la séquence 1978-1987, l'année 1979 s'individualise avec des anomalies fortement positives de Tabou à Fresco et à Takoradi. La période 1985 à 1987 montre une tendance à l'augmentation des indices de PSF. L'année 1987, si particulière du point de vue de la GSF, est, là, caractérisée par une PSF plutôt importante, y compris aux stations du cap des Trois-Pointes et de Takoradi, mais très peu marquée à Sassandra.

Discussion

Les températures étant mesurées à la côte, la résurgence n'est détectée que lorsque les eaux froides atteignent la couche la plus superficielle de l'océan. Les indices utilisés reflètent donc des situations tranchées, et, globalement, l'intensité des événements froids est probablement sous-estimée.

Choix de l'indice

En raison du caractère particulier de la résurgence ivoiro-ghanéenne, on ne peut utiliser l'indice lié au transport d'Eckman. Un paramètre « intuitif » a donc été employé, et ce choix peut être discuté :

— tout d'abord, cet indice n'est pas comparable à ceux utilisés pour d'autres sites de remontées côtières; tout au plus pourra-t-on décrire des phénomènes plus ou moins intenses ;

— les températures utilisées sont mesurées à la côte ; cette technique, aisée et adaptée aux contraintes du terrain, peut cependant induire un biais dans l'estimation des températures plus au large (décalage temporel, influence des particularités locales...) ; néanmoins, l'étude des relevés montre que les températures à la côte observées à Port-Bouët sont généralement plus froides (de l'ordre de 1 °C) que celles mesurées plus au large face à Abidjan (station côtière), les deux séries présentant une très étroite corrélation ($r = 0,93$; $n = 157$) ; en outre, lors du programme FOCAL, les mesures de température à la côte (Port-Bouët) et le long d'une radiale nord-sud vers le large ne révèlent pas de différences notables, si ce n'est une tendance à être plus froides près du littoral (Colin, 1988) ; les résultats acquis à la côte diffèrent donc peu de ceux obtenus au large, et l'évolution thermique ainsi définie reflète assez bien les conditions règnant au-dessus du plateau continental, en particulier pour ce qui se rapporte aux séquences de rupture ;

TABLEAU I
Variabilité spatio-temporelle de l'indice moyen annuel pour les stations localisées entre Tabou et Keta

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							5,5	7,0	20,2	16,3	12,4	10,0	11,9	5,6
1971							9,6	15,8	20,8	17,4	17,8	14,2	15,9	3,8
1972							7,4	8,5	23,5	16,3	17,2	14,1	14,5	6,0
1973							6,3	13,4	15,3	8,7	12,0	9,6	10,9	3,3
1974							6,3	7,9	19,2	9,9	16,5	13,4	12,2	5,1
1975							9,6	18,9	23,1	15,7	21,1	17,0	17,6	4,7
1976							11,5	24,5	37,8	19,0	25,4	21,3	23,2	8,7
1977							6,9	17,1	28,7	13,3	18,6	13,8	16,4	7,3
1978	31,0		29,5	19,9	23,7	17,4	5,5	18,8	28,1	13,3	19,0	14,5	20,1	7,6
1979	26,0		20,1	15,5	11,7	8,1	4,4	9,0	17,1	12,2	7,0	5,9	12,5	6,6
1980	31,5		22,3	19,9	15,3	11,9	5,9	11,7	22,1	10,1	12,3	8,7	15,6	7,6
1981	26,4		17,4	15,3	14,2	11,0	5,5	12,7	19,7	9,1	11,7	8,8	13,8	5,8
1982	25,3	26,1	21,7	17,4	17,4	14,6	6,5	18,9	24,6	15,2	18,2	12,2	18,2	5,7
1983	16,2	19,7	18,5	13,9	14,3	11,8	5,3	12,6	23,7	14,9	17,2	14,3	15,2	4,6
1984	16,4	19,7	15,1	13,4	15,0	14,0	4,6	15,8	21,7	9,7	15,4	10,4	14,2	4,5
1985	25,8	25,8	18,1	15,6	18,8	18,9	5,6	16,2	24,8	12,1	19,0	10,6	17,6	6,2
1986	20,1	23,0	9,6	14,0	21,9	17,7	7,0	17,0	28,6	16,1	22,7	15,8	17,8	6,0
1987	17,6	20,0	9,2	12,3	10,7	5,4	3,0	6,6	13,8	5,0	5,7	2,7	9,3	5,7
1988	14,1	22,7	19,1	13,3	17,3	12,4	3,1	10,7	19,0	8,3	12,6	7,2	13,3	5,6
MOYENNE	22,8	22,4	18,2	15,5	16,4	13,0	6,3	13,8	22,7	12,8	15,9	11,8		
ÉCART-TYPE	6,1	2,8	5,7	2,6	4,0	4,1	2,1	4,9	5,5	3,7	5,0	4,3		

TABLEAU II
Variabilité spatio-temporelle de l'indice de grande saison froide

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							21,7	27,4	68,9	52,3	47,8	38,8	42,8	17,3
1971							35,2	55,3	67,2	65,6	64,1	53,4	56,8	12,0
1972							29,3	33,5	75,2	57,1	62,5	52,4	51,7	17,5
1973							23,2	47,8	51,1	33,1	44,6	33,5	38,9	10,7
1974							22,2	24,0	57,8	33,7	55,2	46,5	39,9	15,5
1975							31,0	63,2	72,6	57,6	73,5	59,8	59,6	15,5
1976							40,1	73,2	95,8	61,9	78,8	66,3	69,4	18,6
1977							23,6	55,1	75,2	46,8	61,1	47,6	51,6	17,2
1978	65,3		84,4	63,2	75,6	60,4	21,0	61,5	83,6	47,1	65,6	48,3	61,5	18,1
1979	59,5		59,4	46,9	37,1	27,5	16,9	29,7	42,9	46,0	21,4	20,8	37,1	15,1
1980	74,8		63,7	63,4	46,9	38,4	19,5	39,2	62,6	34,1	40,7	29,4	46,6	17,2
1981	68,5		55,4	50,9	49,7	40,4	19,3	47,8	63,4	34,2	41,9	30,2	45,6	14,4
1982	59,3	77,8	66,5	56,3	64,1	54,1	23,6	67,6	82,3	57,5	69,8	46,6	60,5	15,3
1983	39,6	55,0	55,2	43,2	48,4	41,8	16,7	45,2	74,3	51,5	57,2	50,6	48,2	13,5
1984	45,9	67,3	53,2	51,0	56,4	52,9	16,9	57,7	70,2	38,1	58,7	40,0	50,7	14,3
1985	64,1	72,5	59,2	55,0	61,7	63,1	21,2	55,9	75,9	41,8	63,9	36,7	55,9	15,6
1986	34,4	54,4	27,5	44,6	64,4	54,7	24,6	54,5	85,2	57,6	78,1	57,9	53,2	18,4
1987	39,5	43,2	26,6	28,2	23,4	13,9	10,2	19,5	32,0	11,7	13,7	7,2	22,4	11,8
1988	40,6	67,1	62,0	42,2	58,9	43,1	8,5	38,1	57,7	30,9	47,2	27,6	43,7	16,6
MOYENNE	53,8	62,5	55,7	49,5	53,3	44,6	22,4	47,2	68,1	45,2	55,0	41,8		
ÉCART-TYPE	14,1	12,1	16,5	10,2	14,4	14,7	7,7	15,4	15,3	13,5	17,4	14,7		

TABLEAU III
Variabilité spatio-temporelle de l'indice de petite saison froide

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							0	0,7	3,4	9,6	0,8	0,2	2,5	3,7
1971							0,2	1,4	2,8	3,2	2,1	0,5	1,7	1,2
1972							0	0,4	11,2	5,0	7,9	2,0	4,4	4,5
1973							0,5	0,4	8,2	0	3,1	2,3	2,4	3,1
1974							2,3	0,5	5,1	1,3	2,6	1,2	2,2	1,6
1975							2,2	1,6	1,0	0,1	0,2	0,6	1,0	0,8
1976							0,4	6,8	18,6	6,7	7,7	3,5	7,3	6,2
1977							0,7	4,8	14,1	2,4	3,4	1,1	4,4	5,0
1978	19,6		8,3	2,6	8,1	4,8	0	1,8	6,4	0	0,6	0	4,7	5,9
1979	31,2		17,4	17,4	8,2	4,5	0	3,6	23,7	1,4	7,5	1,6	10,6	10,3
1980	24,6		14,2	12,1	8,6	4,0	0,5	2,2	10,2	0,9	2,2	0,8	7,3	7,6
1981	26,5	0	14,3	8,7	8,1	5,2	0,7	2,9	9,5	2,1	3,5	1,6	7,6	7,5
1982	25,2	17,1	10,3	6,9	3,0	1,5	0,7	3,2	5,7	3,0	0,6	0,5	6,5	7,6
1983	10,8	6,4	1,7	9,3	3,8	2,2	3,6	1,9	4,4	5,1	5,3	7,4	5,2	2,9
1984	8,4	4,9	4,0	1,1	1,8	0,5	0,1	0,4	8,2	0	0	0	2,5	3,2
1985	20,8	17,6	10,1	7,5	11,4	10,8	0	3,9	9,0	5,0	6,5	2,5	8,8	6,0
1986	31,3	35,1	13,6	3,1	19,6	14,2	0	12,4	19,2	4,7	6,8	2,4	13,5	11,2
1987	26,4	31,4	2,3	17,3	15,0	4,4	0	5,5	15,7	0,7	2,4	0	10,1	10,8
1988	3,8	6,9	4,4	1,7	1,5	0,8	2,8	0,1	4,1	0	0	0	2,2	2,2
MOYENNE	20,8	17,1	9,1	8,0	8,1	4,8	0,8	2,9	9,5	2,7	3,3	1,5		
ÉCART-TYPE	9,3	12,2	5,4	5,8	5,6	4,2	1,1	3,0	6,2	2,7	2,8	1,8		

— le choix du seuil de température (26 °C) n'est pas arbitraire : cette valeur est en effet très proche de la moyenne annuelle à chacune des stations étudiées ; utiliser une valeur plus basse (24 °C, proposé par BINET, 1983) aurait pour effet d'occulter partiellement ou totalement la petite saison froide ; on pourrait également utiliser un seuil thermique différent pour chacune des saisons froides ou pour des ensembles géographiques donnés, mais il a semblé préférable de garder une certaine unicité dans l'estimation de l'activité de la résurgence côtière ;

— afin de rester en phase avec les données de débarquement des pêcheries locales, la quinzaine a été utilisée comme pas temporel de calcul de l'intensité de la remontée ; ce choix peut être contesté dans un milieu où la variabilité à haute fréquence des températures en surface est élevée, et un pas d'une semaine serait peut-être plus approprié.

La délimitation temporelle de la PSF et de la GSF se fait sur des critères arbitraires. Dans la plupart des situations, ce découpage se révèle adéquat. Aux stations qui présentent de forts indices, le découpage saisonnier est parfois imparfait, car la résurgence peut être observée sur de plus longues périodes. Dans ce cas, l'indice saisonnier est sous-évalué. On pourrait alors utiliser un indice global, intégrant en plus et en moins la différence à 26 °C, ce qui revient à mieux prendre en compte les situations de transition.

VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE

Les fluctuations interannuelles de l'indice d'activité de la résurgence ivoiro-ghanéenne sont importantes, et on observe une succession d'années aux caractéristiques différentes (1987 étant, en l'occurrence, une année très particulière). Cette variabilité semble être principalement liée aux variations d'intensité de la petite saison froide.

Cette dernière n'est réellement marquée qu'à Tabou et San Pedro, où l'on pourra définir une période de net refroidissement, et c'est pour cela que l'extrême ouest ivoirien présente de forts indices annuels. De Sassandra à Abidjan et face à Takoradi, la résurgence est présente en janvier et février, mais beaucoup moins active qu'à l'ouest de Sassandra. À Assinie, et le long du littoral ghanéen (à l'exception notable de Takoradi), on est en présence de brefs épisodes froids, généralement peu intenses. L'ensemble géographique du cap des Trois-Pointes (d'Axim à Takoradi, au sens large) montre donc, sur une courte distance, une très forte diversité hydrologique.

Chronologiquement, et sur la seule GSF, on peut distinguer certaines années où la résurgence est particulièrement active (1971-1972 et 1976 au Ghana, 1978 et 1982 sur l'ensemble de la région) ou particulièrement faible (1973-1974 au Ghana, 1979 et 1987 sur tout le littoral). Mais la variabilité spatio-temporelle est très importante et il est difficile d'établir des regroupements de séquences ou de portions de côte.

CARACTÈRE « COMPOSITE » DE LA RÉSURGENCE IVOIRO-GHANÉENNE

Le déclenchement et le maintien plusieurs semaines durant de la remontée côtière ivoiro-ghanéenne sont liés à un ensemble de facteurs qui en font un phénomène original (PICAUT, 1983 ; COLIN, 1988). Mais des particularités géographiques ou périodiques peuvent considérablement renforcer l'activité de la résurgence. Deux discontinuités majeures dans la direction du littoral ivoiro-ghanéen (cap des Palmes et cap des Trois-Pointes) vont ainsi favoriser l'induction de la remontée côtière ou en accroître l'intensité. Ce phénomène est ici accentué sur le côté oriental du cap, lorsque la côte prend une orientation WSW-ENE. En effet, COLIN *et al.*, dans cet ouvrage, signalent qu'au début de la GSF, et pour la durée de cette période, les vents à la côte passent du secteur sud-ouest à l'ouest-sud-ouest, ce qui renforce l'action du vent sur ces portions de littoral, et donc l'effet de cap. Lorsque ces phénomènes ne peuvent se manifester (globalement de Fresco à Assinie et de Winneba à Keta), la remontée n'est intense qu'au cours de la GSF. En outre, l'accélération du courant de Guinée (nette à partir du mois de mai, COLIN, 1988) et une légère rotation du vent rendant sa direction parallèle à la côte entre juin et septembre vont également concourir à l'augmentation locale de l'intensité de la remontée.

L'intensité minimale de la résurgence observée face à Axim (résurgence minimale) correspond, en négatif, aux conséquences de ces deux facteurs. Cette côte est en effet orientée NW-SE : en raison du transit W-E du courant de Guinée, il y a accumulation d'eau à la côte, et ce facteur va considérablement limiter l'activité de la résurgence (MARCHAL et PICAUT, 1977). D'autres facteurs (hauteur de la thermocline, largeur du plateau continental, présence d'un canyon sous-marin, courants et sous-courants saisonniers sur le plateau continental, débouché temporaire d'un fleuve important...) peuvent également influer sur l'intensité locale de la remontée.

Conclusion

Si l'intensité de la résurgence côtière ivoiro-ghanéenne n'est en rien comparable à celle des remontées de l'ensemble Maroc-Mauritanie ou de l'Angola, ce phénomène est d'une grande importance écologique pour le milieu néritique de la partie centrale du golfe de Guinée. Régulière et saisonnière, la résurgence participe en effet à l'enrichissement de la masse d'eau dans un secteur plutôt oligotrophe.

L'activité de la résurgence paraît nettement augmentée là où d'autres facteurs (vents favorables, effet de cap) peuvent favoriser le mouvement ascendant de la masse d'eau. La présence (de Tabou à Sassandra et à Takoradi) ou l'absence (de Fresco au cap des Trois-Pointes, et de Winneba à Keta) de ces facteurs permettent donc de différencier un littoral où la remontée est intense (indices élevés, PSF marquée) et un littoral où l'activité est plus limitée, voire très faible (Axim). Il ne semble pas exister de relation entre l'importance des deux épisodes froids dans une même année, sauf à Tabou et à Sassandra.

RÉFÉRENCES

ARFI (R.), 1987.— Variabilité interannuelle de l'hydrologie d'une région d'upwelling (bouée Bayadère, cap Blanc, Mauritanie). *Oceanol. Acta*, 10(2) : 151-159.

BAKUN (A.), 1978.— Guinea Current upwelling. *Nature*, 271 : 147-150.

BINET, (D.), 1983.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

COLIN (C.), 1988.— Coastal upwelling events in front of the Ivory Coast during the FOCAL program. *Oceanol. Acta*, 10(2) : 125-138.

CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire: une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-357.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes, Abidjan, 28 juin - 3 juillet 1976, 62 p.

HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), LE BOUTEILLER (A.), VOITURIEZ (B.), 1983.— Structure hydrologique et production primaire dans l'Atlantique tropical oriental. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 249-293.

MARCHAL (E.G.) et PICAUT (J.), 1977.— Répartition et abondance évaluées par échointégration des poissons du plateau ivoiro-ghanéen en relation avec les upwellings locaux. *J. Rech. océanogr.*, 2(4) : 39-57.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 1-30.

PICAUT (J.), 1983.— Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J. Phys. oceanogr.*, 13 : 18-37.

PORTOLANO (P.), 1986.— Analyse des séries vents-températures de la mer en surface, le long des côtes sénégalaises. *Océanogr. trop.* 21(2) : 205-227.

VARLET (F.), 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Études Éburn.* (IFAN), 7 : 97-222.

VERSTRAETE (J.M.), 1970.— Étude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3) : 1-17.

WOOSTER (W.S.), BAKUN (A.), MC LAIN (D.R.), 1976.— The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *J. Mar. Res.*, 34 : 131-141.

LES SELS NUTRITIFS AU LARGE DE LA CÔTE-D'IVOIRE

Alain HERBLAND et Pierre LE LŒUFF

Introduction

Par définition, les sels nutritifs sont des constituants minéraux dissous dans l'eau de mer et impliqués dans le métabolisme des êtres vivants. Ils se situent donc à l'interface physique-biologie, ce qui rend leur étude doublement intéressante puisqu'ils peuvent être utilisés à la fois comme traceurs de masse d'eau (dans une optique physique) ou comme indicateurs de richesse potentielle (dans une optique biologique). Ce double intérêt présente malheureusement un revers : l'interprétation de leur distribution s'avère complexe, surtout dans les eaux superficielles où les phénomènes biologiques et physiques présentent des variations à court terme que, bien souvent, la maille insuffisante de la grille d'échantillonnage ne permet pas de discerner.

Par ailleurs, la définition « sels nutritifs » s'applique traditionnellement à plusieurs formes de composés minéraux qui sont, pour l'azote : les ions nitrate, nitrite, ammonium, pour le phosphore, l'ion orthophosphate et pour le silicium l'ion silicate.

Bien qu'ils aient des propriétés communes et des distributions comparables, chacun de ces sels possède une signification particulière et leur étude simultanée est nécessaire pour caractériser le type de production dont ils sont à l'origine : production nouvelle, production de régénération dans le cas de l'azote, abondance des diatomées et des silicoflagellés dans le cas de la silice, etc.

Par conséquent, une étude complète de la distribution et du rôle des sels nutritifs dans une région devrait aborder ces différents aspects : circulation, mélanges d'eau, phénomènes de production primaire et de régénération par les hétérotrophes. C'est ce qu'a tenté OUDOT (1983), dont l'article de synthèse, à l'échelle du golfe de Guinée, reste la référence pour les différents types de sels nutritifs dans cette région de l'Atlantique.

Compte tenu du nombre et de la qualité des données disponibles, il va de soi que l'étude présentée ici n'a pas la prétention de « faire le tour » de la question sur le plateau continental ivoirien. Il serait dangereux de demander à des données anciennes plus que ce qu'elles peuvent apporter. Depuis 1956, date des premières mesures de sels nutritifs devant Abidjan, les méthodes d'analyse ont changé, la sensibilité et la précision se sont améliorées ; il est possible d'ailleurs, de déceler cette amélioration entre 1956 et 1970 (voir *infra*).

Dans ces conditions, la présente étude n'a d'autre ambition que de tracer les grands traits du cycle de deux sels nutritifs (nitrate et phosphate) et de leurs principales variations saisonnières et interannuelles sur le plateau continental ivoirien.

On tentera quand même, à la lumière de ce qui est connu pour l'ensemble du golfe de Guinée, de dégager quelques hypothèses sur la nature des réseaux trophiques dans les eaux ivoiriennes.

Origine des données, méthodes et évolution de leur qualité

ORIGINE

Les données qui ont permis la réalisation de cette étude sur les sels nutritifs de Côte-d'Ivoire ont, pour l'essentiel, été extraites des fichiers du Bureau national des données océanographiques (centre IFREMER de Brest) ; elles ont pu être complétées par une série couvrant les années 1960, 1961, 1962 et appartenant aux archives du Centre de recherches océanographiques d'Abidjan.

Manifestement, les valeurs ont été saisies sans avoir été vérifiées ni surtout critiquées, car un important travail de correction, de contrôle, et de normalisation des unités (conversion de mg/m^3 en µmol/l dans le cas des mesures réalisées avant 1962) a dû être mené à bien avant qu'une quelconque utilisation puisse être envisagée. Tous les chiffres douteux ont été écartés. Ainsi, dans un fichier qui intéresse les années 1956 à 1980, on est arrivé à ne conserver qu'un nombre limité de données qui peuvent être regroupées en quatre grandes séries portant sur :

a) ***Le suivi d'une station à 24 milles au sud d'Abidjan*** (4° 51' N, 4° 02' W), aux accores (fonds de 1 500 m) du plateau continental, au cours des années 1956 à 1962, avec une reprise en 1965. On dispose de mesures de phosphates, certaines années de nitrites (1956, 1957, 1960), et, plus rarement, de nitrates (1957) et silicates (1960).

b) ***L'étude d'une radiale au sud d'Abidjan***, à la même longitude (4° 02' W), avec quatre stations à 5° 14' N (fonds de 25 m), 5° 13' N (fonds de 50 m), 5° 05' N (fonds de 270 m), 4° 51' N (fonds de 150 m), en 1960, 1962 et 1965. Seules les mesures de phosphates peuvent être considérées comme suffisamment fiables.

c) ***L'étude d'une radiale au sud de Grand-Bassam*** (3° 49' W) comportant 7 stations : 5° 12' N (fonds de 15 m), 5° 10' N (fonds de 30 m), 5° 05' N (fonds de 60 m), 5° 02' N (fonds de 90 m), 5° 00' N (fonds de 200 m), 4° 50' N (fonds de 1500 m), 4° 40' N (station du large). Les campagnes mensuelles ont eu lieu de janvier 1969 à mai 1970 sans interruption, soit au total 18 campagnes. Phosphates, nitrates et nitrites ont été mesurés.

d) ***Les résultats d'une campagne cap des Palmes-Abidjan*** : en juillet 1979, une douzaine de stations ont été exploitées à distance régulière d'environ 20 milles le long de l'isobathe 60 m sur toute la partie ouest de la Côte-d'Ivoire. Des relevés de teneurs en phosphates, nitrates, nitrites et silicates ont été obtenus.

Par le biais de l'utilisation de la relation température/NO_3, les ***stations côtières*** et les ***campagnes PK*** (29 campagnes sur le plateau continental ivoirien de juillet 1969 à juillet 1972) ont été également utilisées.

MÉTHODES D'ANALYSES

Dans les relevés les plus anciens (VARLET, 1954, 1958), les phosphates, nitrites et silicates ont été analysés selon la méthode de WATTENBERG (1937) et les nitrates selon la méthode de ROCHFORD (1947).

Les données les plus récentes relèvent des techniques préconisées par STRICKLAND et PARSONS (1968).

ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DES MESURES, CONSÉQUENCES POUR LEUR UTILISATION

Quand on utilise des données anciennes, recueillies avec des méthodes d'analyse qui ne sont plus celles d'aujourd'hui, il faut se montrer prudent et avoir à l'esprit que l'imprécision des mesures n'autorise pas des conclusions qui semblent évidentes aujourd'hui.

Cette évolution de la qualité des mesures apparaît clairement au travers de la série pluri-annuelle des relations entre la température et le phosphate. Entre 1956, date des premières analyses à la station de 24 milles et 1970, année de la fin de la série, la relation entre température et phosphate devient de plus en plus étroite (figure 1), comme le reflète aussi l'évolution des coefficients de corrélation pendant cette période (figure 2 et tableau I). Un phénomène équivalent, bien que moins démonstratif parce que reposant sur un plus petit nombre d'années, a aussi été mis en évidence dans le cas de la relation nitrate-phosphate.

Ces observations sur la qualité des données historiques de sels nutritifs amènent à considérer qu'il vaut mieux utiliser les relations qui lient les sels nutritifs à la température, dès lors qu'elles ont pu être établies sur la base de mesures récentes.

TABLEAU I

Évolution de la relation température-phosphate entre 1956 et 1970 (y = temp., x = PO_4)
Pour le calcul de la régression, les valeurs de $PO_4 < 0{,}2$ µmol/l n'ont pas été prises en compte

Année	Équation de la droite	r^2	n
1956	y = - 3,712 x + 20,617	,194	41
1957	y = - 2,284 x + 18,862	,146	57
1958	y = - 5,017 x + 22,562	,581	266
1959	y = - 6,376 x + 23,208	,513	163
1960	y = - 6,100 x + 22,808	,663	243
1961	y = - 6,708 x + 22,665	,724	196
1962	y = - 4,867 x + 21,898	,517	97
1965	y = - 7,027 x + 23,212	,794	10
1969	y = - 6,990 x + 25,004	,910	79
1970	y = - 5,858 x + 23,260	,982	25

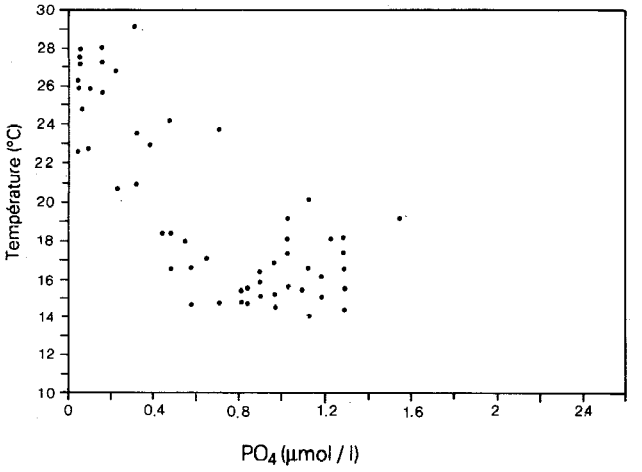
Cycle annuel des phosphates au sud d'Abidjan et de Grand-Bassam. L'année moyenne

Compte tenu du trop petit nombre de données de nitrates, on s'est intéressé au phosphate que l'on sait, aujourd'hui, bien corrélé au nitrate.

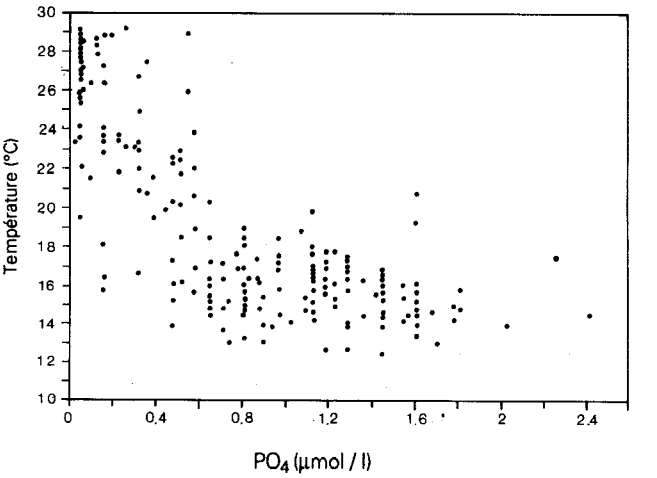
VALEURS MAXIMALES DE PO_4 AU COURS D'UN CYCLE ANNUEL DANS LA COUCHE SUPERFICIELLE (0-10 m)

La valeur maximale mesurée permet d'avoir une idée de l'*intensité maximale instantanée de l'enrichissement* des couches superficielles, chose que le calcul d'une valeur moyenne pourrait masquer. Or, on le sait aujourd'hui, le phytoplancton est capable d'exploiter des enrichissements éphémères, même de

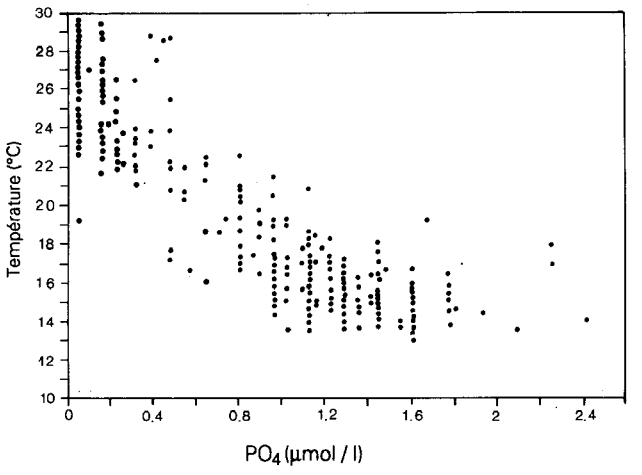
ANNÉE 1956



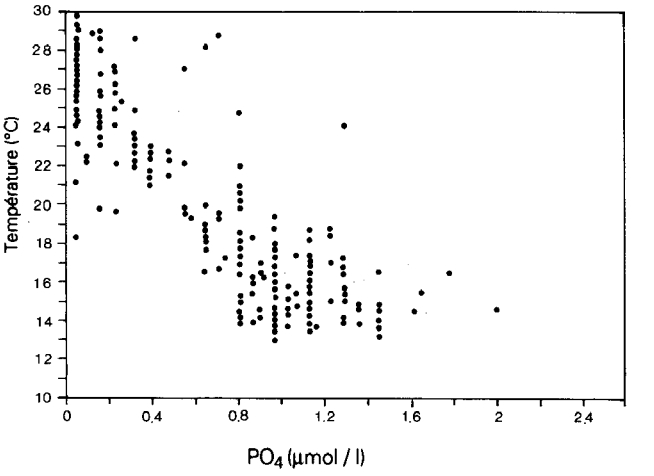
ANNÉE 1957



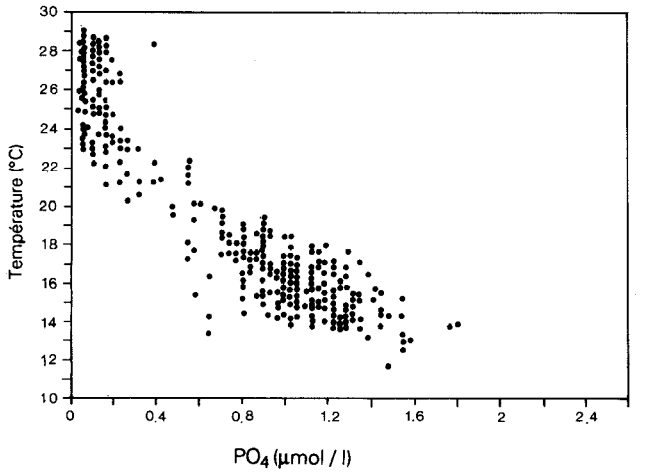
ANNÉE 1958



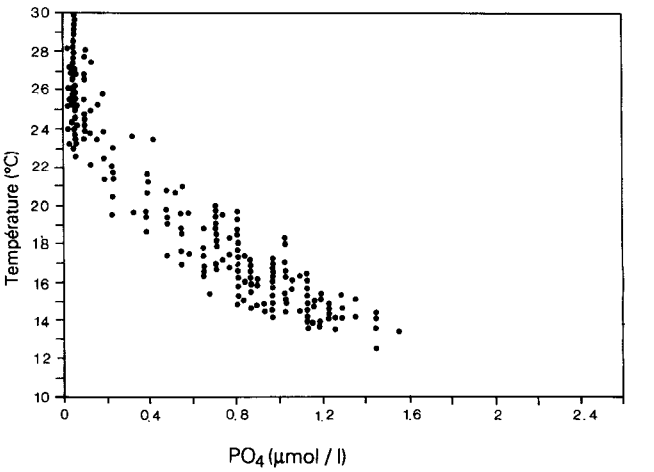
ANNÉE 1959



ANNÉE 1960



ANNÉE 1961



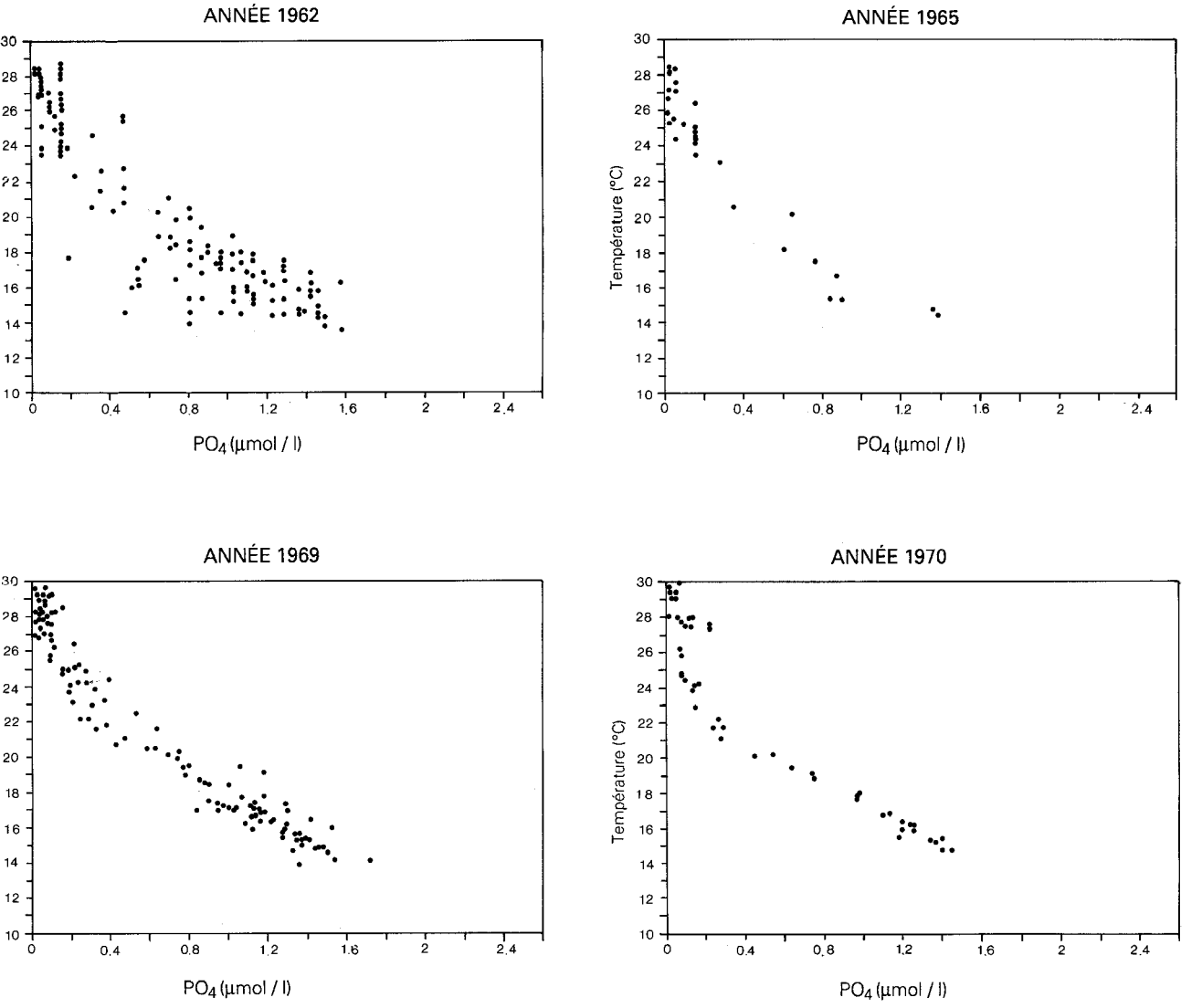


Figure 1
Évolution au cours des années de la relation température-phosphate à la station 24 milles au large d'Abidjan. La diminution de la dispersion apparaît clairement (PO_4 : µmol/l, T : °C).

faible intensité. Au-delà du caractère anecdotique d'une valeur isolée, les valeurs maximales ont donc une signification écologique.

Pendant la saison froide et sur l'ensemble des années d'observation, les valeurs maximales sont de l'ordre de 0,9 à 1,2 µmol/l, avec en octobre (une fois) une valeur qui atteint 1,5 µmol/l. Ainsi, à la station située à 24 milles des côtes, la valeur maximale est typiquement de 1 à 1,2 µmol/l.

En comparant cette valeur à d'autres valeurs connues dans les grands upwellings côtiers et dans la divergence équatoriale (tableau II), on s'aperçoit que l'intensité maximale ponctuelle de l'upwelling ivoirien est du même ordre que celle de ces grands upwellings. Elle l'est d'autant plus que la station de référence est à 24 milles des côtes, et que la zone située au sud d'Abidjan n'est pas celle où l'intensité de l'upwelling est maximale (*cf.* figure 9 ; MORLIÈRE et REBERT, 1972).

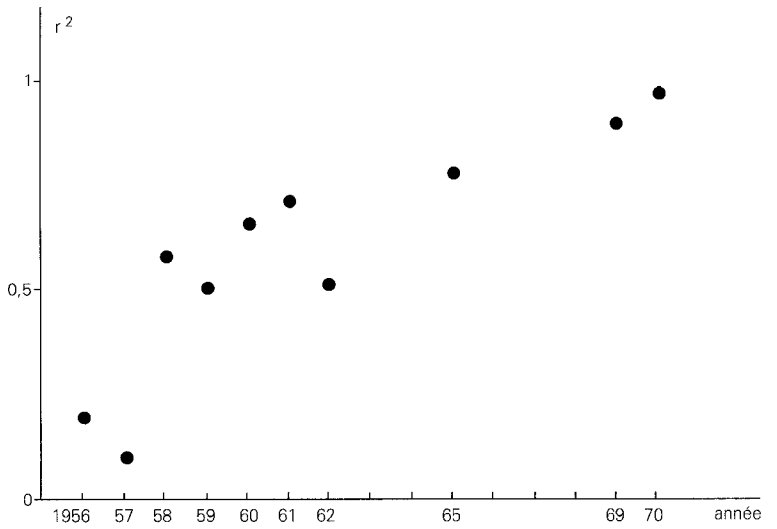


Figure 2
Évolution du carré du coefficient de corrélation entre la température et le phosphate au cours des années (mêmes données qu'à la figure 1, valeurs PO_4 > 0.2 µmol/l).

Cycle annuel des valeurs intégrées du PO_4 à différents niveaux

Pour mieux caractériser le cycle annuel d'un sel nutritif, il est indispensable de s'intéresser à ce qui se passe sous la surface, d'autant plus que, dans les eaux tropicales, la présence d'une couche homogène, chaude et généralement épuisée (ou pauvre) en sels minéraux ne permet pas, à partir du seul examen des concentrations observées en surface, de déduire la richesse de la zone euphotique : une faible valeur de surface peut masquer une forte nutricline à 15 m ou faible à 50 m, ce qui, évidemment, est très différent en terme de production organique.

Tableau II
Valeurs maximales de PO_4 dans les eaux superficielles (0-10 m) de quelques upwellings

Région	Valeur (µmol/l)	Situation par rapport à la côte	Référence
Upwelling du Pérou	>2,5 1	à la côte à 20 milles	Walsh *et al.*, (1971)
Upwelling de Mauritanie	2	près de la côte (Cap Timiris)	Herbland *et al.*, (1973)
Upwelling du Sénégal	1,7 0,5	à la côte au large	Oudot (*comm. pers.*)
Divergence équatoriale	0,6	« au large »	Oudot (1983)
Upwelling de Côte-d'Ivoire	0,9-1,2	24 milles	Présente étude

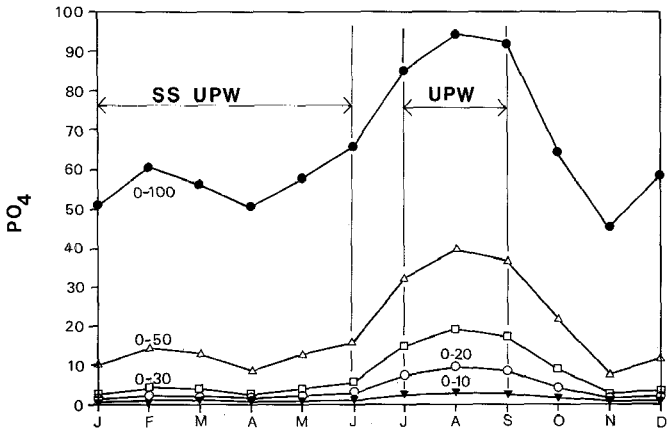


Figure 3
Moyennes mensuelles de phosphate (valeurs intégrées en mmol/m^2) pour différentes épaisseurs de couche d'eau au cours de l'année (sud Abidjan et Grand-Bassam).

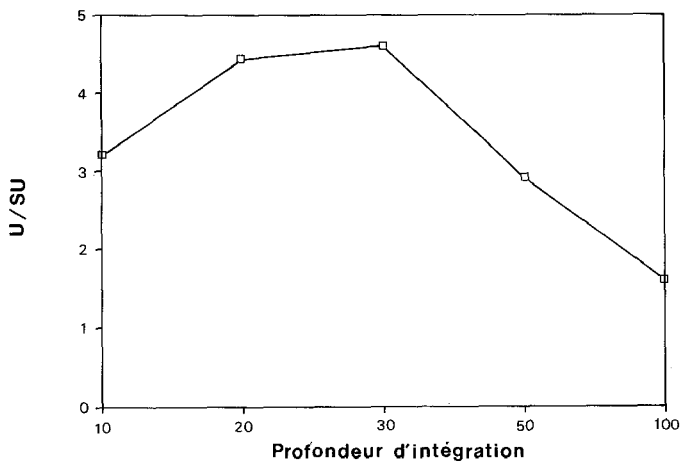


Figure 4
Évolution, en fonction de la profondeur d'intégration, du rapport valeur intégrée pendant l'upwelling/valeur intégrée sans l'upwelling (u/su) ; cette courbe montre que la couche la plus touchée par l'enrichissement saisonnier est celle située entre 0 et 30 m.

L'évolution des moyennes mensuelles, toutes années confondues (= année moyenne) des valeurs intégrées de phosphate dans plusieurs couches de la zone euphotique (10, 20, 30, 50, 100 m) est représentée sur la figure 3. Deux « saisons » apparaissent nettement : a) de novembre à mai, les concentrations de phosphate de la couche 0-30 m ne dépassent pas, en moyenne, 0,11 µmol/l (n = 125 valeurs) et b) de juillet à septembre où cette valeur moyenne est de 0,56 µmol/l (n = 58 valeurs).

L'étude attentive de ces courbes par niveau d'intégration met en évidence un phénomène intéressant : les couches 0-20 m et 0-30 m sont l'objet de l'enrichissement relatif le plus important, comme l'indique l'évolution du rapport « contenu en PO_4 pendant la saison froide/contenu en PO_4 pendant la saison chaude » en fonction de la profondeur d'intégration (figure 4). Ce résultat signifie simplement qu'une

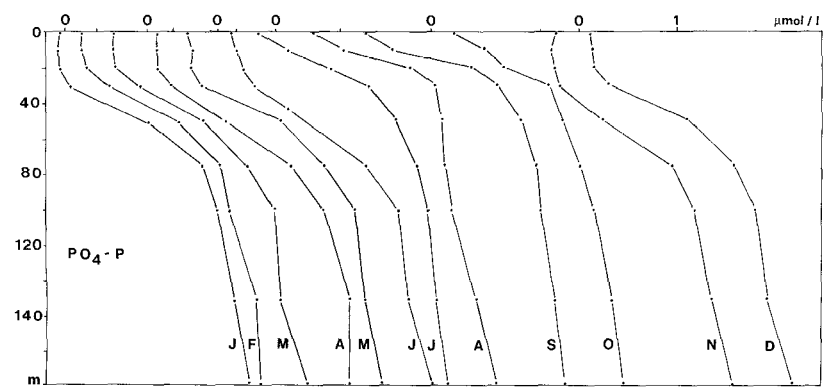


Figure 5
Évolution des profils moyens de phosphate à la station 24 milles.

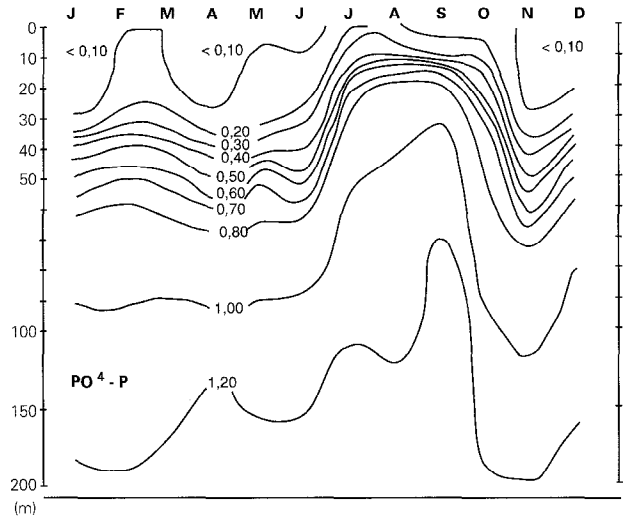


Figure 6
Autre façon de montrer les variations de la teneur en phosphate, l'évolution des isolignes : on distingue clairement la remontée et le resserrement en été, de juillet à septembre (PO_4 : µmol/l).

intégration sur une profondeur de 50 m prend en compte des valeurs qui sont élevées toute l'année, autrement dit, que le gradient de phosphate (la phosphatocline) se situe toute l'année à une profondeur inférieure à 50 m.

On retrouve ce résultat à l'examen des profils moyens mensuels (figure 5) : de novembre à mai, la couche homogène (ou pseudo-homogène) en phosphate ne dépasse pas 25-30 m de profondeur. Par ailleurs, il est remarquable que l'enrichissement de saison froide se caractérise par une remontée de la phosphatocline sans diminution de son gradient. Il apparaît même au contraire un resserrement des isolignes de juillet à octobre (figure 6).

Cela est en parfait accord avec les observations des physiciens (MORLIÈRE et REBERT, 1972) ; « This upwelling is directly linked to the displacement of the thermocline », souligne également PICAUT (1984). Cette propriété de l'enrichissement a des conséquences importantes sur la nature des réseaux trophiques (*cf.* Discussion. Conclusions).

Il faut noter que le maximum de remontée des couches profondes (isolignes 1,20 µmol/l) se situe en septembre, donc après le principal enrichissement, dans la couche superficielle (figure 6).

Relation nitrate-température : implications fondamentales et appliquées

L'étude de la relation nitrate-température présente un double intérêt :

a) Sur un plan fondamental, la conservation d'une relation entre la température et le nitrate est l'expression d'une unité de fonctionnement de l'écosystème pélagique : si, lorsqu'on passe d'une structure tropicale typique avec une nitracline à 50 m (pas de nitrate dans les 50 premiers mètres) à une situation d'upwelling où la nitracline « crève » la surface sans qu'il y ait modification significative de la relation nitrate-température, cela suppose qu'il n'y a pas eu accroissement de la consommation de nitrate au cours de la remontée et que l'équilibre entre les processus physiques et biologiques dont la relation nitrate-température est le signe n'est pas modifié ; autrement dit, le fonctionnement biologique des deux « systèmes » serait le même (VOITURIEZ et HERBLAND, 1984).

b) Sur un plan pratique, l'existence d'une relation étroite entre ces deux facteurs permet d'établir, à partir des données de température, beaucoup plus nombreuses et plus fiables que celles des nitrates, une cartographie de la profondeur du sommet de la nitracline qui, on le sait, reflète globalement l'intensité de la production primaire de la colonne d'eau (HERBLAND et VOITURIEZ, 1979).

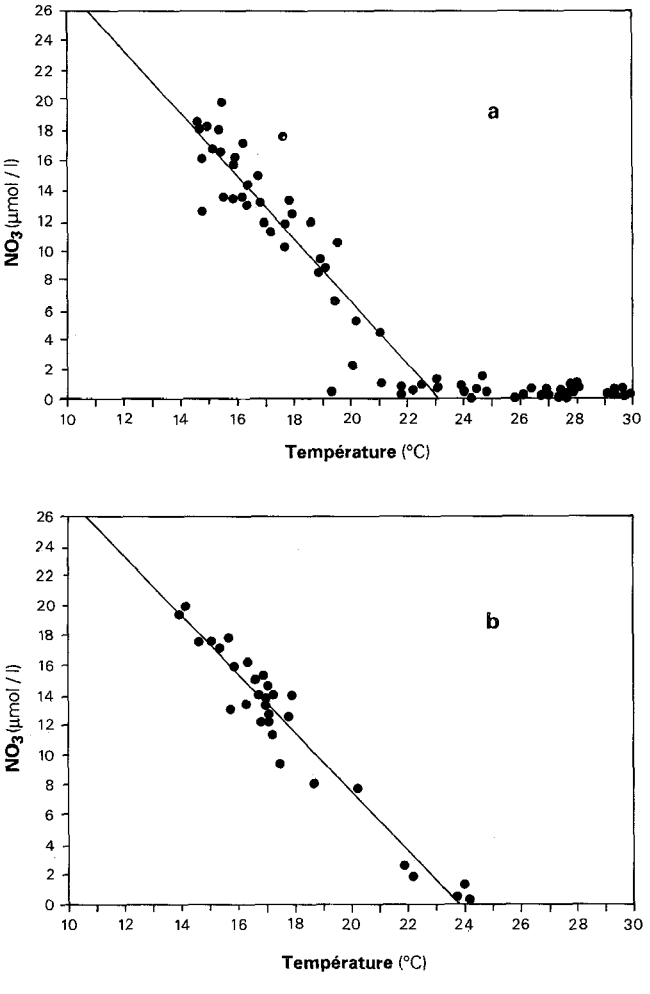


Figure 7
Relation nitrate-température sur la radiale de Grand-Bassam, années 1969 et 1970. a) novembre à mai ; b) juillet à septembre.

Il est donc doublement intéressant d'étudier la relation nitrate-température aux deux saisons caractéristiques définies plus haut (juillet à septembre et novembre à mai) afin de voir dans quelle mesure elle se modifie.

Les résultats acquis à la station 24 milles (figure 7 et tableau III) sont clairs : il n'existe pas, entre les deux saisons, de différences significatives à la fois de la pente et de la valeur de la température pour laquelle le nitrate devient égal à 1 µmol/l, valeur considérée comme indicative du sommet de la nitracline donc d'un enrichissement net. Il devient ainsi possible, à des fins pratiques, d'utiliser une seule relation globale :

$$NO_3 = - 2,06\ T + 48,1$$

VOITURIEZ et HERBLAND (1984) ont étudié la relation nitrate-température dans le golfe de Guinée et plus spécialement sur la « radiale 4° W » entre 0 et 5° S, lors des cinq campagnes CIPREA, en présence et en l'absence de l'upwelling équatorial. Ici également, les différentes relations NO_3-température obtenues lors des différentes campagnes océanographiques n'ont pas fait apparaître de variations significatives d'une saison à l'autre et, résultat important, la relation générale, tous points confondus (n = 540, r = - 0,95) a pour expression :

$$NO_3 = - 1,88\ T + 45,5$$

De même, OUDOT et MORIN, (1987) ont étudié cette relation à 4° W entre 5° N et 5° S lors des 7 campagnes FOCAL (741 couples de points). La relation moyenne est la suivante :

$$NO_3 = - 2,07\ T + 48,8$$

TABLEAU III
Relations NO_3-température. Station 24 milles (NO_3 : µmol/l)

Saison froide juillet à septembre (1969 + 1970)	$NO_3 = -1,97\ T + 46,9$	n = 31	r = - 0,96
Saison chaude novembre à mai (1969 + 1970)	$NO_3 = -2,12\ T + 48,8$	n = 45	r = - 0,93
Les deux saisons confondues (1969 +1970)	$NO_3 = -2,06\ T + 48,1$ (quand T = 23 °C, NO_3 = 0,72)	n = 76	r = - 0,93
Moyenne à CIPREA	$NO_3 = -1,88\ T + 45,5$	n = 540	r = - 0,95
Moyenne à FOCAL	$NO_3 = -2,07\ T + 48,8$	n = 741	r = - 0,96

Ces deux équations ne sont pas significativement différentes de la relation obtenue à la station 24 milles devant la Côte-d'Ivoire.

Sur un plan fondamental, la similitude des relations NO_3-température en saison chaude et en saison d'upwelling signifie que l'on peut appliquer à l'upwelling ivoirien, tout au moins dans la zone du large, les mêmes conclusions que celles auxquelles sont parvenus VOITURIEZ et HERBLAND (1984) dans leur étude sur la divergence équatoriale, à savoir que la structure et le fonctionnement du réseau trophique ne semblent pas fondamentalement modifiés pendant la période d'upwelling (*cf.* Discussion. Conclusion).

Variations spatiales

GRADIENT CÔTE-LARGE

Il est intéressant de connaître l'étendue vers le large de l'enrichissement et l'évolution de son intensité avec l'éloignement du rivage et du plateau continental. En d'autres termes, le plateau continental joue-t-il un rôle d'amplificateur de l'enrichissement ? Y-a-t-il remontée des isolignes à l'approche du plateau continental ?

On dispose des données recueillies sur la « radiale Bassam » en 1969-1970. Seule la série des mesures de phosphate de l'année 1969 est complète ; c'est donc ce sel nutritif qui a retenu l'attention, mais, répétons-le, sa corrélation avec le NO_3, surtout au large, est excellente (figures 17 à 19).

On a tenté de synthétiser l'essentiel de l'information en un schéma qui ne retiendra qu'un seul critère. Le point clé dans la distribution du phosphate (ou du nitrate) est le sommet de la nutricline dont la profondeur reflète la richesse potentielle de la colonne d'eau. Le phénomène a été démontré dans le cas des nitrates (*généralement le sel nutritif limitant en zone tropicale*), puisque la profondeur du sommet de la nitracline est corrélée positivement à la production primaire intégrée de la colonne d'eau (HERBLAND et VOITURIEZ, 1979). C'est donc ce critère, matérialisé par la profondeur de l'isoplèthe 0,30 µmol/l de PO_4, qui est présenté sous forme d'un diagramme spatio-temporel. Il apparaît clairement (figure 8) :

— que si l'enrichissement n'est pas limité au plateau continental (à 32 milles de la côte le sommet de la phosphatocline remonte à 10 m entre la mi-juillet et la mi-septembre) il est nettement plus important sur les petits fonds : de fin juin à fin octobre l'isoplèthe 0,30 µmol/l crève la surface sur les fonds de 30-40 m ;

— qu'en période chaude, c'est encore sur le plateau continental que les profondeurs de l'isoplèthe sont les plus faibles. Il y a très nettement un creux de la mi-avril au début juin et en novembre à partir des fonds de 200 m jusqu'à la limite sud de la radiale (4°40' N) ;
— qu'une petite saison d'enrichissement, limitée au plateau continental est détectable en janvier-février, ce qui est conforme aux observations de MORLIÈRE (1970) et MORLIÈRE et REBERT (1972).

On retrouve là un résultat déjà décrit par INGHAM (1970) qui attribue cette différence d'élévation de la thermocline entre la côte et le large à un ajustement géostrophique. Il faut toutefois se souvenir que 1969 apparaît — au moins d'après les températures relevées à la station côtière — comme une « année froide ». Par conséquent, s'il est raisonnable de conserver le principe d'une remontée des isolignes à l'approche de la côte, le schéma présenté figure 8 n'est pas une représentation moyenne. Les années 1963, 1968 ou 1979 auraient montré une bien plus faible amplitude de l'enrichissement.

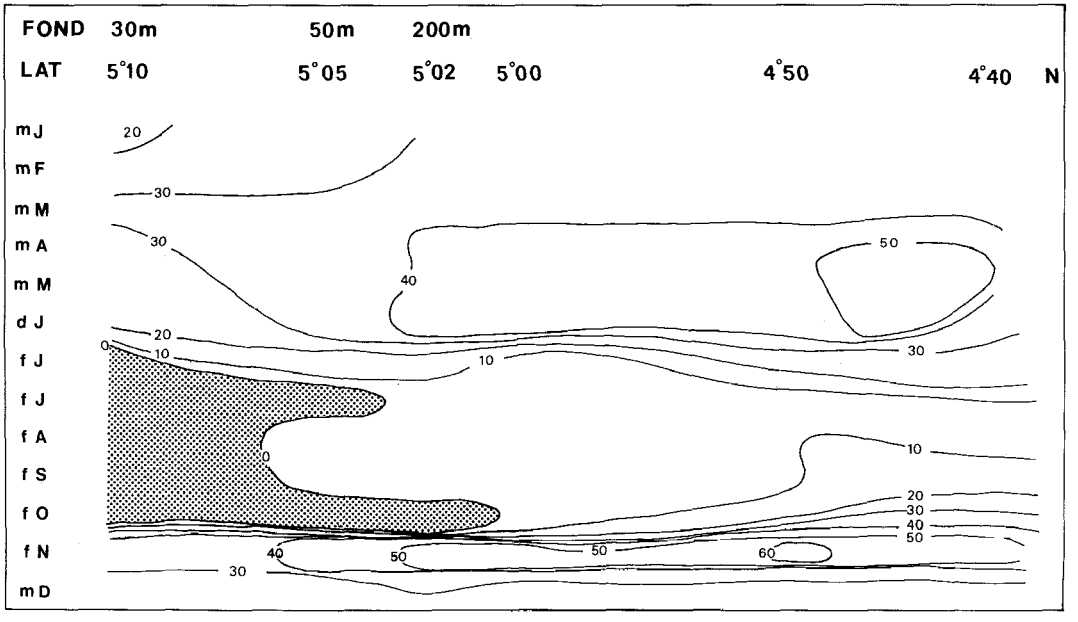


Figure 8
Évolution géographico-saisonnière de la profondeur de l'isoligne 0,3 µmol/l de PO_4 représentant le sommet de la phosphatocline et donc la profondeur de l'enrichissement.
mJ : mi-janvier, mF : mi-février, etc..., dJ : début juin, fA : fin août, etc.

INTENSITÉ DE L'ENRICHISSEMENT LE LONG DU LITTORAL IVOIRIEN ENTRE 1979 ET 1985 ; HYPOTHÈSE DU DÉPLACEMENT DU « CŒUR » DE L'UPWELLING

Il est généralement admis que la zone la plus froide (donc la plus riche) se situe à l'ouest entre Tabou et Sassandra, comme l'ont montré MORLIÈRE et REBERT, 1972 (figures 9 et 10). L'application de la ***relation T-NO₃*** à cette figure montre que le NO_3 est présent en surface entre Tabou et Port-Bouët, avec une extension vers le large plus importante à l'ouest qu'à l'est (température inférieure à 23 °C). Avant d'appliquer cette relation aux données des stations côtières, il est donc nécessaire de contrôler sa validité car les perturbations provoquées par le contact avec les fleuves, les lagunes et le fond compliquent les phénomènes et risquent de l'invalider.

On a ainsi sélectionné, sur les radiales Bassam (1969 et 1970), les 3 stations les plus côtières (fonds de 15, 30 et 50 m). Les résultats exprimés figure 11 montrent à l'évidence que la relation est moins

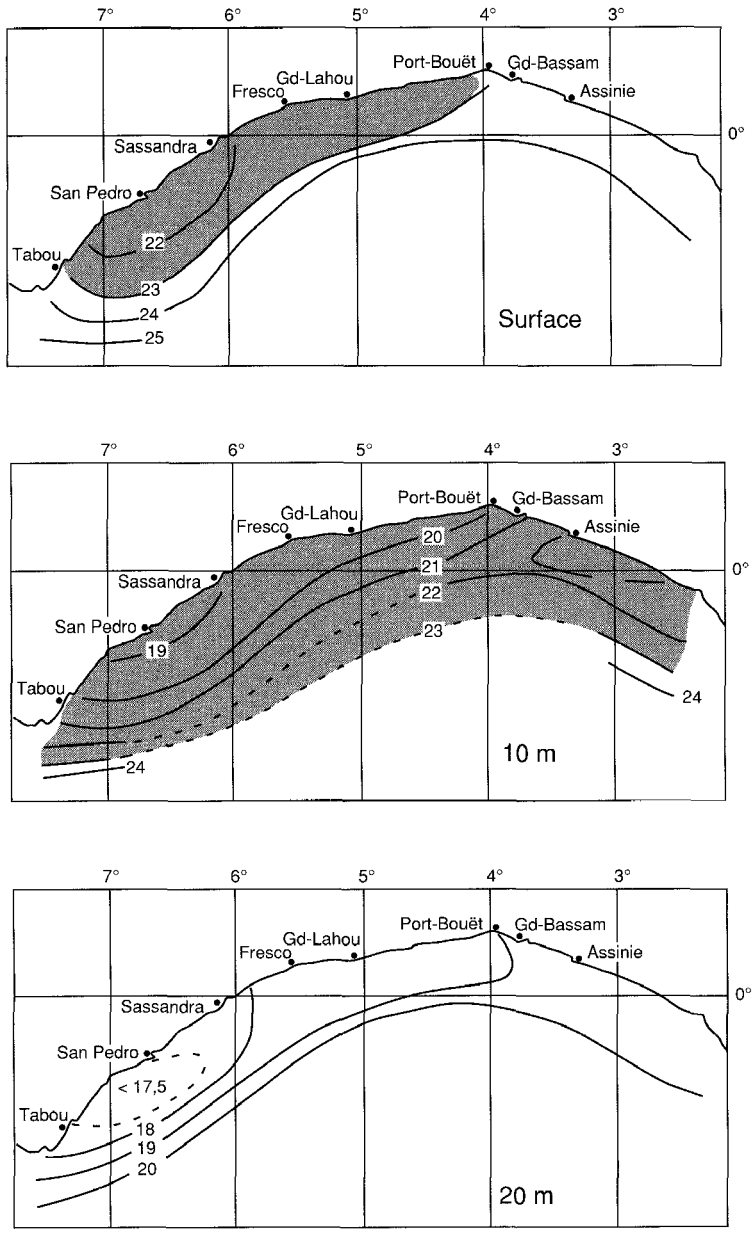


Figure 9
Carte des températures moyennes de saison froide à 0, 10 et 20 m (emprunté à MORLIÈRE et REBERT, 1972).

bonne : les points dont la teneur est très élevée en NO_3 pour une température donnée (groupe I) ont fait l'objet de relevés en juin-juillet, sur les petits fonds (15 et 30 m), au moment de la saison des pluies (crues des fleuves côtiers). On observe aussi quelques valeurs anormalement faibles (groupe II) qu'il semble difficile d'interpréter autrement qu'en les considérant comme des erreurs d'analyse (d'où peut provenir de l'eau à 19-20 °C avec des teneurs en nitrate inférieures à 5 µmol/l ?). La relation n'a donc plus le caractère prédictif de celle du large. Cependant, il demeure vrai que l'eau dont la température est inférieure à 23 °C est toujours riche en nitrate (et en phosphate).

Par conséquent, lorsque l'isotherme 23 °C se maintient dans la zone euphotique, elle sera fertilisée. Il est donc tentant d'utiliser les données de température recueillies depuis 1979 sur l'ensemble des stations

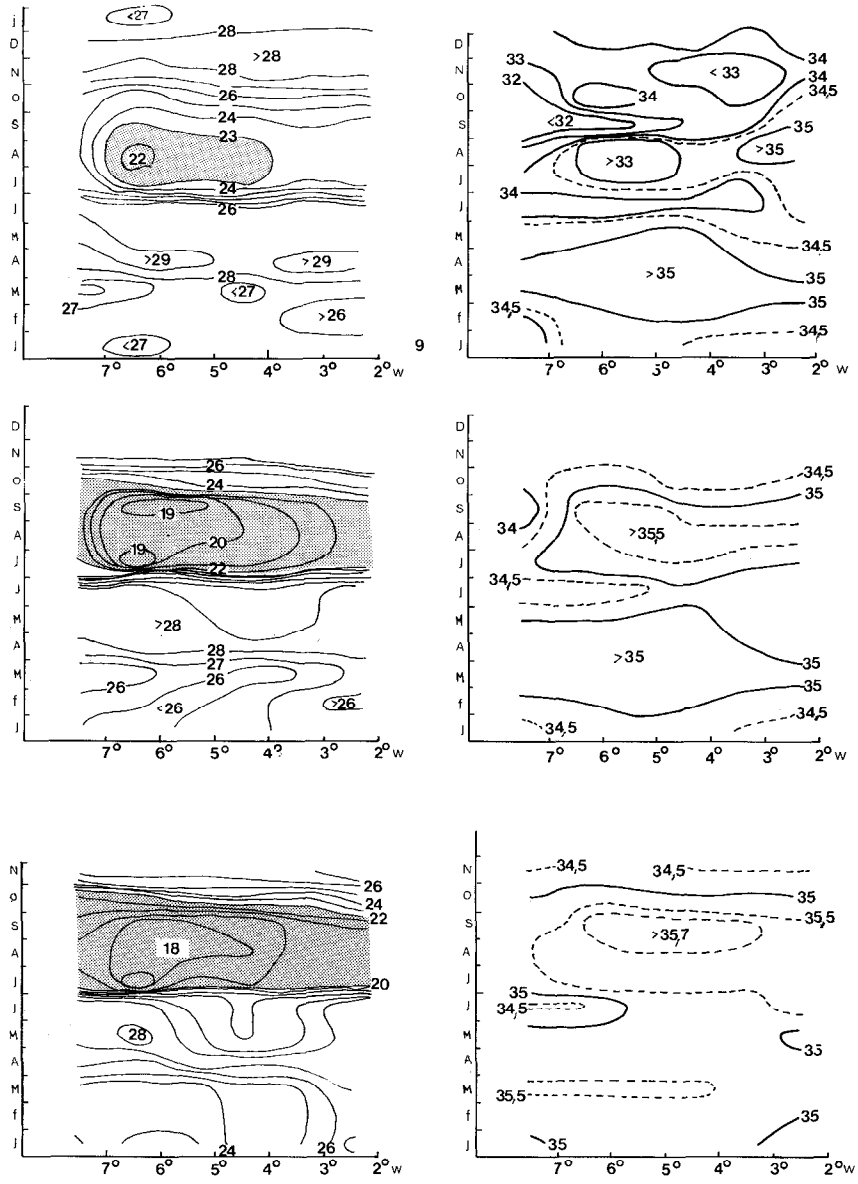


Figure 10
Diagrammes spatio-temporels : température et salinité à 0, 10 et 20 m (emprunté à MORLIÈRE et REBERT, 1972).

côtières pour estimer l'intensité de l'enrichissement dans le sens est-ouest (figure 12). Il s'agit de données de surface, de températures relevées depuis le rivage, (PRIVÉ et CORRE, 1979 et données communiquées par CHUCHIA). L'examen des résultats fait apparaître un curieux phénomène (figure 13).

De 1979 à 1981, le schéma est conforme à ce que l'on sait, c'est-à-dire que l'intensité de l'upwelling est maximale dans l'ouest (Tabou - Grand-Drewin) et minimale dans l'est (Assinie). 1982 apparaît comme une année intermédiaire ; le gradient est-ouest n'est plus aussi net : par exemple à Fresco, la saison de l'enrichissement-refroidissement a été de plus courte durée qu'à Assinie. De 1983 à 1985, on est presque tenté d'écrire que la tendance s'inverse : l'upwelling à Tabou est nettement moins important (en 1983 et 1984, pas de données en 1985) qu'à Port-Bouët ou Assinie.

S'il ne s'agit pas d'un biais dans les mesures et si l'observation est confirmée, elle aboutit à deux remarques :

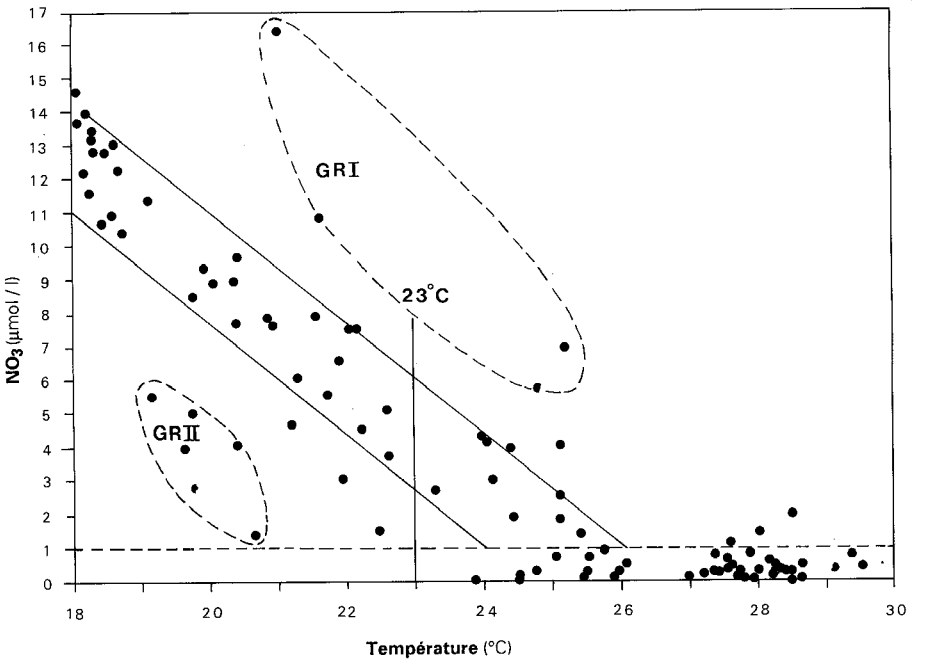


Figure 11
Relation température - nitrate sur les petits fonds (15, 30 et 50 m), de la radiale de Grand-Bassam (années 1969-1970).

— la première est qu'il faut être prudent quand on parle de l'intensité de l'upwelling ivoirien : un observateur placé à Assinie aura tendance à conclure que, de 1979 à 1985, la vigueur de l'enrichissement augmente (l'intégrale des courbes, reflet de l'intensité de l'upwelling, le montre clairement), tandis qu'un autre observateur, placé à Tabou, aurait tendance à conclure l'inverse ;
— la seconde concerne les conséquences biologiques et plus particulièrement la localisation des zones riches en phytoplancton et donc probablement de la ressource : il ne serait pas étonnant qu'il y ait eu entre 1979 et 1985 d'importants déplacements d'organismes herbivores (copépodes et poissons). Le développement spectaculaire des captures de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire depuis 1980-1981 n'est peut-être pas étranger à ces modifications (HERBLAND et MARCHAL, 1988).

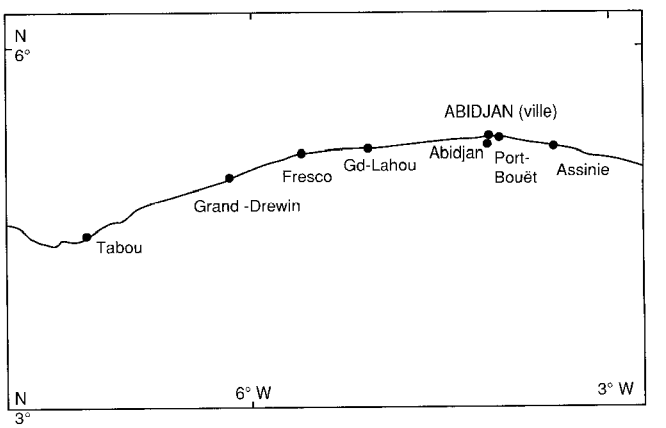


Figure 12
Localisation des différentes stations côtières de Côte-d'Ivoire dont les données sont utilisées pour construire la figure 13.

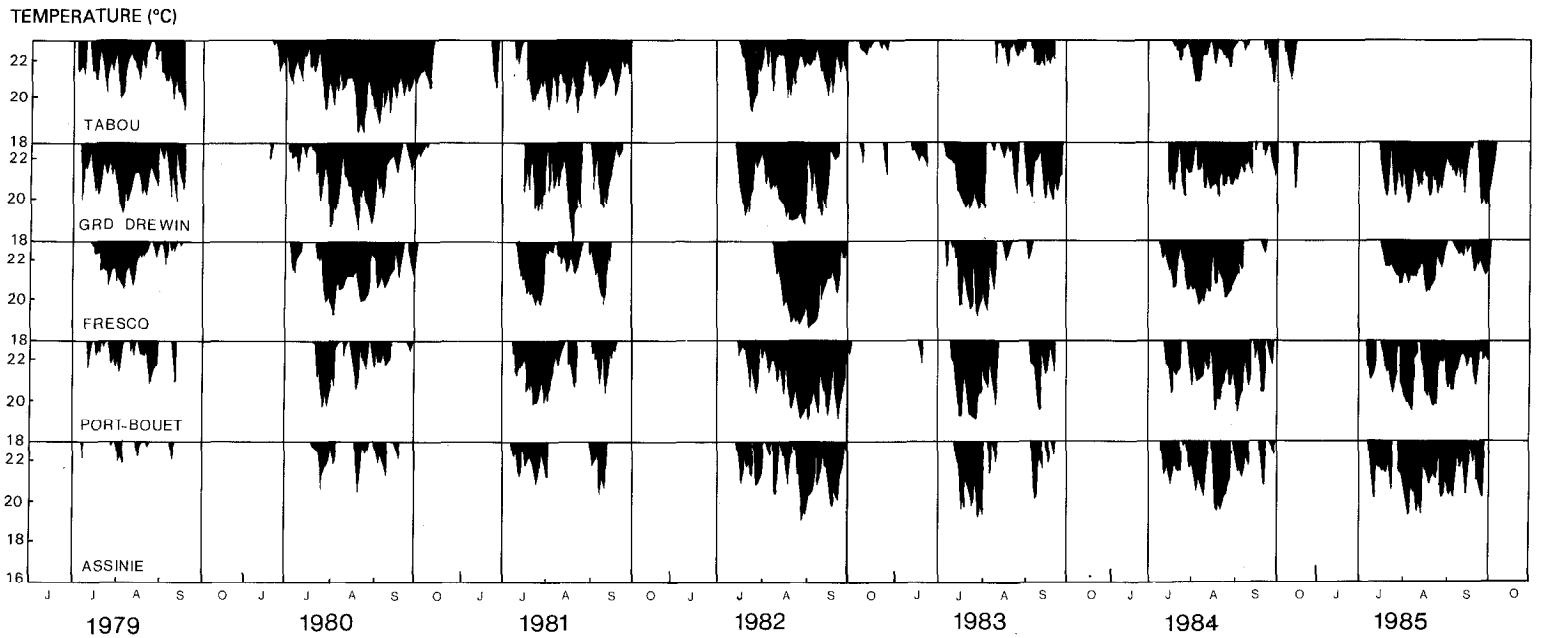


Figure 13
Évolution spatio-temporelle de l'intensité de l'upwelling, chaque « ligne » représente une station, chaque « colonne » une année (de juin à octobre).
Les courbes représentent la valeur de la température inférieure à 23 °C
(température considérée comme équivalente à la présence de nitrate dans l'eau. Voir texte.)

Variations interannuelles de l'upwelling entre 1956 et 1981

Pour étudier les variations de l'intensité de l'enrichissement saisonnier dû à l'upwelling au cours de ces 25 années, on dispose de 2 types de données :

— les valeurs de phosphate effectivement mesurées à la station « 24 milles » pendant les mois de juin-juillet-août entre 1956 et 1962, puis en 1965 et 1969 ;

— les valeurs de température à la côtière qui peuvent être exploitées par le biais de la relation $T\text{-}NO_3$ mise en évidence plus haut.

Valeurs de phosphate à la station 24 milles

Plutôt que de considérer uniquement les valeurs de surface qui peuvent masquer un fort enrichissement quelques mètres au-dessous, on a choisi 2 couches d'intégration : 0-10 m et 0-50 m. Cette dernière représente largement l'épaisseur de la couche euphotique.

Bien que le nombre d'observations soit faible et que les trois mois de la grande saison froide ne soient pas toujours tous échantillonnés, il est possible d'observer une certaine tendance, la même pour les deux couches (figure 14) : décroissance de l'intensité de l'upwelling pendant les années 1959-1965, avec, si on peut faire confiance aux mesures, un minimum marqué en 1965, puis retour aux valeurs « initiales » de 1957-1958 en 1969. Il n'y a malheureusement pas de données disponibles en 1963, 1964 et 1966, 1967, 1968. On sait cependant que l'année 1963, dans le golfe de Guinée fut une « année chaude » avec un upwelling équatorial très peu marqué (c'était l'année d'EQUALANT II, Kolesnikov, 1976 ; Hisard, 1980,). On peut donc logiquement penser que le point de l'année 1963 est aussi un « point bas » de la figure 14.

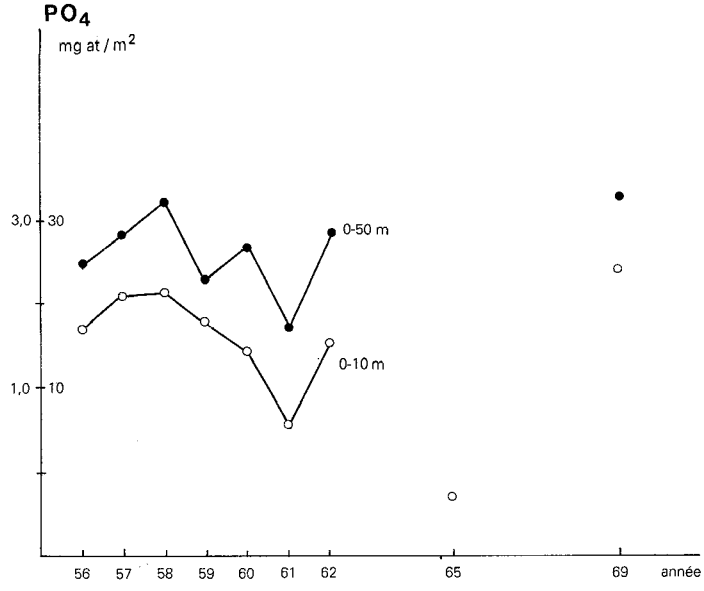


Figure 14
Évolution pluriannuelle des valeurs intégrées de PO_4 à la « station 24 milles » (au large d'Abidjan).

Enrichissement à la station côtière d'Abidjan

Il a paru intéressant, au travers de la longue série des données de température à la station côtière d'Abidjan, de repérer les périodes où l'isotherme 23 °C a atteint la profondeur de 10 m (encore une fois, 10 m paraît préférable à 0 m parce qu'un enrichissement en sels nutritifs ne doit pas nécessairement atteindre la surface pour provoquer un bloom phytoplanctonique). Les résultats sont exprimés sur la figure 15. Il est impossible de dégager une tendance, mais on peut remarquer :

— *des années à enrichissement très faible* : 1968 et 1979 se détachent nettement par un enrichissement faible et de courte durée de même que, dans une moindre mesure, 1981 ;
— *des années à très fort enrichissement* : 1967, 1969, 1976 et 1977.

Il faut noter, indépendamment de l'amplitude de l'enrichissement, de forts décalages dans le temps : par exemple en 1966, 1970 et 1974, l'upwelling n'est pas négligeable mais il est peu perceptible avant le début du mois d'août et il se prolonge au-delà de la mi-octobre. Au contraire, en 1973, il commence tôt (fin juin) et se termine également tôt : fin septembre.

La « petite saison froide » est très fluctuante, et, avec ce critère de sélection, n'est pas perceptible tous les ans : 1972 se détache nettement et semble avoir laissé des traces sur le développement du phytoplancton (DANDONNEAU, 1972). Pour les autres années, le manque de données sur le phytoplancton ne permet pas d'établir une relation entre l'intensité et la durée de l'enrichissement et le développement du phytoplancton.

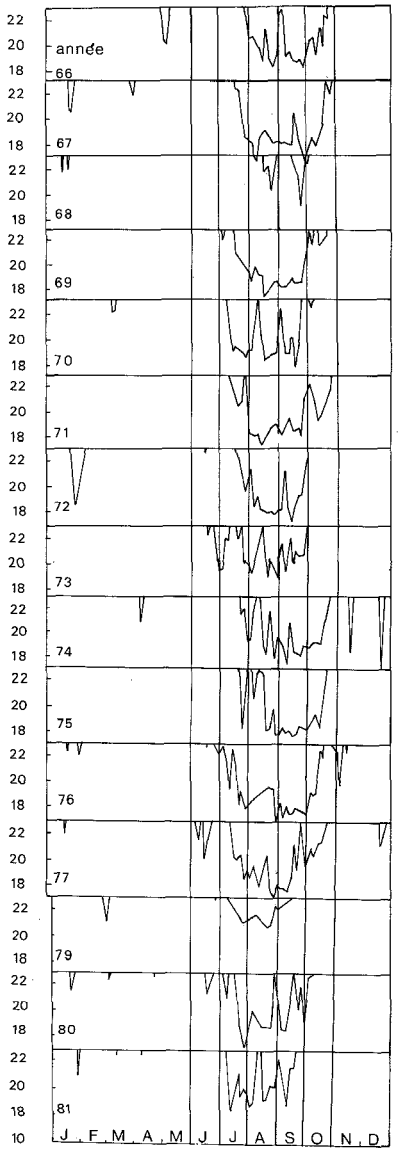


Figure 15
Même principe que la figure 13, mais sur toute l'année, à la station côtière d'Abidjan. Seules les températures inférieures à 23 °C sont prises en compte.

Apports terrigènes

BINET (1983) a montré que « les fleuves et lagunes ivoiriens jouent incontestablement un rôle enrichissant sur la production primaire des eaux côtières » et comme rien de fondamentalement nouveau ou différent n'est apparu depuis, on se contentera de citer les passages les plus pertinents et informatifs de l'article :

« Les eaux de ruissellement vont se charger en éléments solides ou dissous, organiques ou minéraux et les transporter jusqu'à la mer. L'érosion dépend de la couverture végétale du sol, elle est de 10 à 15 fois plus importante en savane qu'en forêt (MONNET, 1971). Les savanes périodiquement brûlées, ou soumises à des cultures sarclées, sont beaucoup plus sensibles à l'érosion que celles couvertes de leur végétation naturelle (ROOSE, 1981). Néanmoins, les charges solides du Bandama (en g/m^3) sont assez constantes à Tiassalé, à 100 km de l'embouchure. Les exportations solides sont proportionnelles au débit qui varie, en moyenne, de 50 m^3/s en mars, à 1200 m^3/s en septembre. Elles présentent donc un aspect saisonnier très net (MONNET, 1971).

« Les transports en suspension sont importants, car la turbidité peut inhiber la photosynthèse dans le panache du fleuve. Par contre, un certain nombre de substances adsorbées sur les particules peuvent passer en solution lorsque les eaux fluviales se mélangent à l'eau de mer, et donc enrichir celle-ci. Enfin, il est possible que les particules organiques soient directement consommées par des animaux marins.

« Les éléments minéraux solubles sont, globalement, évidemment moins abondants dans les eaux de rivière qu'en mer. À Tiassalé, ils atteignent une valeur moyenne très modérée de 39 g m^{-3}, et ne subissent que peu de variations saisonnières. La

silice forme la moitié de la charge de juillet à décembre et un tiers de celle-ci à l'étiage (MANGIN *et al.*, 1966). La charge soluble totale est, elle aussi, sensiblement fonction du débit liquide.

« En réalité, des expérimentations détaillées montrent (ROOSE, 1981) que les teneurs diminuent lorsque le volume écoulé augmente, pour presque tous les éléments sauf l'alumine et la silice. Les éléments les plus sensibles à cet effet de dilution sont, notamment, les nitrates et les matières organiques. Les premiers écoulements de l'année peuvent avoir des teneurs de 10 à 50 fois plus élevés qu'en fin de saison des pluies.

« D'autre part, le taux de matière organique des sols forestiers est beaucoup plus élevé que celui des sols de savane (ROOSE, 1981). Les premières pluies qui tombent sur la forêt se chargent en matière azotée. L'azote et les nitrates sont très mobiles en milieu tropical, tandis que le phosphore migre peu car il est rapidement insolubilisé au contact du fer et de l'alumine des sols. Le ruissellement qui a lieu plus tard, en savane, entraîne peu de matière organique (les sols de savane en sont pauvres), mais vraisemblablement des composés phosphorés, sous forme de particules, qui peuvent éventuellement passer en solution ultérieurement.

« Le long du littoral ivoirien, les eaux fluviales transitent plus ou moins longuement par un réseau de lagunes avant d'atteindre la mer. Selon DUFOUR *et al.* (1981), les eaux qui arrivent en lagune Ébrié, après avoir ruisselé dans la zone forestière (première saison des pluies) sont plus limitées par le phosphore que par l'azote, tandis que les eaux qui ont ruisselé dans les zones de savane (saison des crues) sont limitées par l'azote, mais moins intensément que les eaux de mer. Or, dans les eaux côtières, il n'y aurait pratiquement pas de limitation par le phosphore (RYTHER et DUNSTAN 1971). Donc les eaux de ruissellement sont enrichissantes en azote, plus particulièrement celles qui ont ruisselé en forêt.

« Finalement, il semble que les apports terrigènes au golfe ivoirien soient qualitativement très enrichissants (teneurs élevées, non limitées en azote) lors de la petite crue (juin - mi-juillet), mais, du fait de l'importance des débits, c'est probablement en grande crue qu'ils sont prépondérants (septembre, octobre, novembre), à cause des quantités de silice rejetées.

« Les mesures de silice de VARLET (1958, *in* REYSSAC 1970) sur une plage devant Abidjan (figure 16), montrent un minimum en avril, un petit maximum en juin-juillet et le maximum principal en octobre. Le mois d'août (petite saison sèche) est remarquable par sa pauvreté en silice. Autrement dit, la teneur en silice de l'eau néritique superficielle est indépendante de l'upwelling et varie comme les débits fluviaux.

« Or, selon diverses observations, la silice serait épuisée dans la zone euphotique avant l'azote et le phosphore, notamment dans les zones d'upwelling à cause de la consommation lors du bloom de diatomées (PAASCHE, 1980). DUGDALE (1972), HERBLAND et VOITURIEZ(1974) ont également signalé que la silice pouvait devenir le premier sel nutritif limitant après un bloom de diatomées. Par ailleurs, la flottabilité des diatomées dépendrait davantage de la disponibilité des silicates que de celle des nitrates et des phosphates (BIENFANG *et al.*, 1982).

« En conclusion, la forte crue qui succède à l'upwelling du mois d'août pourrait lever une éventuelle limitation en silice et permettre un fort développement de diatomées. Cela expliquerait indirectement pourquoi la biomasse zooplanctonique des mois à fort upwelling n'est pas liée à l'intensité des refroidissements, mais au volume des crues (BINET, 1976). »

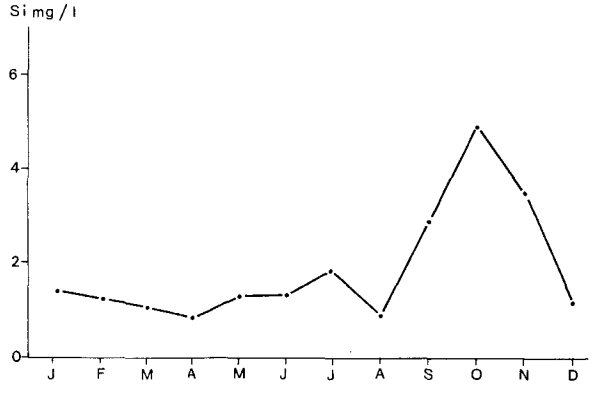


Figure 16
Silice en surface à Port-Bouët
d'après VARLET, *in* REYSSAC, 1970.

Relation nitrate-phosphate, identification du sel nutritif limitant

Il est bien connu que les distributions verticales de phosphate et de nitrate dans l'océan ont des points communs. L'Atlantique tropical oriental n'échappe pas à la règle : une corrélation étroite existe entre les concentrations de NO_3 et de PO_4 sur la verticale (OUDOT, 1983).

Cependant, on observe plusieurs différences :

— alors que le nitrate est le plus souvent indétectable ou à la limite de détection dans la couche homogène, il reste toujours quelques traces de phosphate, ce qui fait dire, tout au moins pour cette partie de l'océan, que le nitrate est le sel nutritif limitant de la production primaire (les silicates peuvent parfois devenir limitants dans les grands upwellings côtiers quand un bloom de diatomées de grande envergure s'est développé (HERBLAND et VOITURIEZ, 1974) ;

— la couche d'eau où le nitrate est indétectable ou à la limite de détection est en général plus épaisse que la couche homogène en phosphate ; autrement dit, le sommet de la phosphatocline se confond souvent avec celui de la thermocline (HERBLAND *et al.*, 1983) et est moins profond que le sommet de la nitracline.

Ces différences peuvent être détectées dans la relation $NO_3 = f(PO_4)$ où les valeurs de nitrate s'annulent (ou sont très proches de zéro) pour des valeurs non négligeables de phosphate.

Les données recueillies au sud d'Abidjan sont-elles conformes au schéma général du golfe de Guinée ? Comme on l'a vu plus haut, les stations où les deux sels nutritifs ont été mesurés simultanément avec une bonne précision sont rares. À partir de quelques valeurs ($n = 59$) obtenues en 1969 et 1970 avec des méthodes voisines des méthodes standard d'aujourd'hui, il ressort les résultats suivants (figure 17, tableau IV), qui concernent la station du large (24 milles) :

— bonne corrélation entre les deux sels : ($r = 0,98$ pour 1969 et 1970) ;

— pentes de 14,2 et 15,2, ce qui est voisin du rapport de REDFIELD (= 16), observé dans l'océan Atlantique tropical et ailleurs ;

— annulation du nitrate (ou presque) pour une valeur de phosphate encore très appréciable (PO_4 - P = 0,20 µmol/l) ; on peut donc penser qu'entre phosphate et nitrate, c'est le nitrate qui sera le facteur limitant.

Il est également intéressant de remarquer qu'il n'y a pas de variation saisonnière dans la relation NO_3-PO_4. La sélection des couples en deux groupes, novembre à mai (saison chaude) et juillet à septembre (saison froide) pour les deux années confondues 1969 et 1970, ne donne aucune différence significative entre les deux régressions (figure 18). En revanche, la relation change sur le plateau continental en période d'upwelling (figure 19). Elle est d'abord un peu moins étroite ($r = 0,94$), ce qui est le signe de phénomènes « parasites », liés à la côte ; et surtout, la pente est significativement différente (12,2 contre 14-15 dans les eaux du large). La même tendance, encore plus accentuée, a été observée dans l'upwelling sénégalo-mauritanien lors d'un suivi de drogue sur des fonds de 20 à 50 m ; la pente de la droite $NO_3 = f(PO_4)$ étant voisine de 10-11 (HERBLAND *et al.*, 1983).

Discussion - Conclusions

Très peu de travaux ont été publiés sur la distribution et le rôle des sels nutritifs sur le plateau continental ivoirien. Les seules références sont celles de VARLET (1954, 1958) qui avait abouti aux conclusions suivantes (*cf.* Annexe) :

1° l'ouverture du canal de Vridi s'est traduite par un accroissement considérable de la teneur en silice, (contenue dans les eaux lagunaires) et une diminution de la teneur en phosphate ;

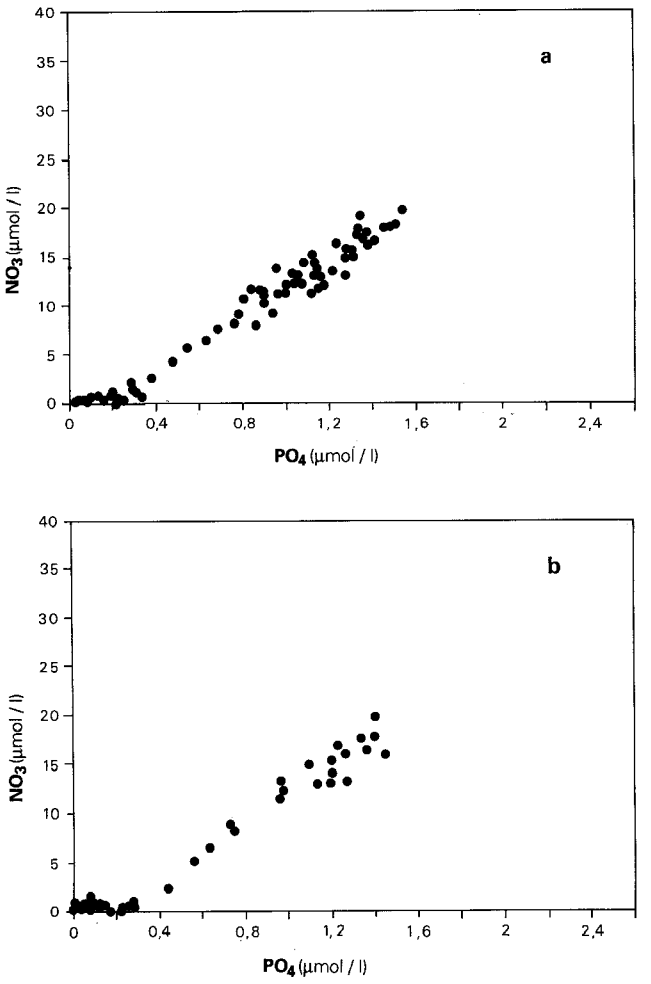


Figure 17
Relation $NO_3 = f(PO_4)$,
station 24 milles de la radiale de Grand-Bassam, 1969 a) et 1970 b).

TABLEAU IV
Relations $NO_3 = f(PO_4)$ (en µmol/l)

Station à 24 milles			
1969	$NO_3 = 14,2\ PO_4 - 2,4$	$r^2 = ,96$	n = 59
1970	$NO_3 = 15,2\ PO_4 - 3,2$	$r^2 = ,97$	n = 25
novembre à mai (1969 + 1970)	$NO_3 = 14,6\ PO_4 - 2,6$	$r^2 = ,97$	n = 54
juillet à septembre (1969 + 1970)	$NO_3 = 14,4\ PO_4 - 2,6$	$r^2 = ,93$	n = 30
Radiale Bassam, fonds de 15-30-50 m			
juin à septembre (1969)	$NO_3 = 12,2\ PO_4 - 1,4$	$r^2 = ,88$	n = 58

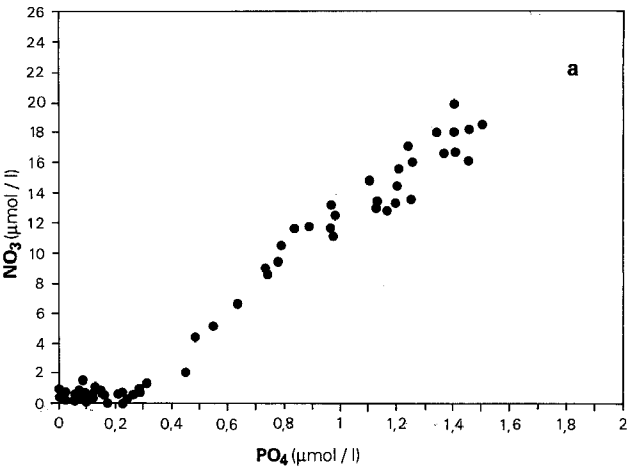


Figure 18
Relation $NO_3 = f(PO_4)$, station 24 milles de la radiale de Grand-Bassam (1969 et 1970) : a) saison chaude (novembre à mai) ; b) saison d'upwelling (juillet à septembre). Il n'y a pas de différence significative des relations pour les valeurs de $PO_4 > 0.2$ µmol/l.

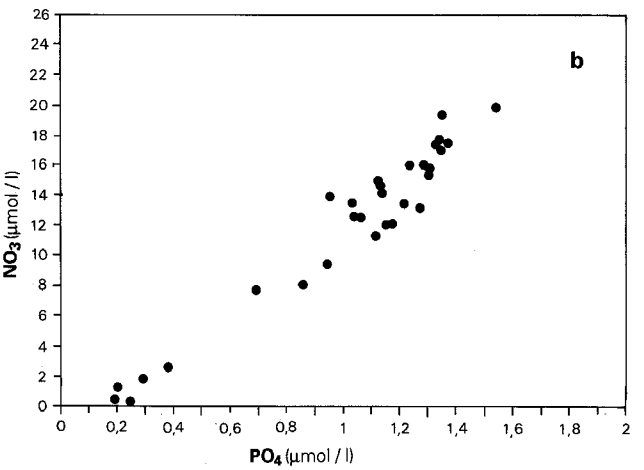
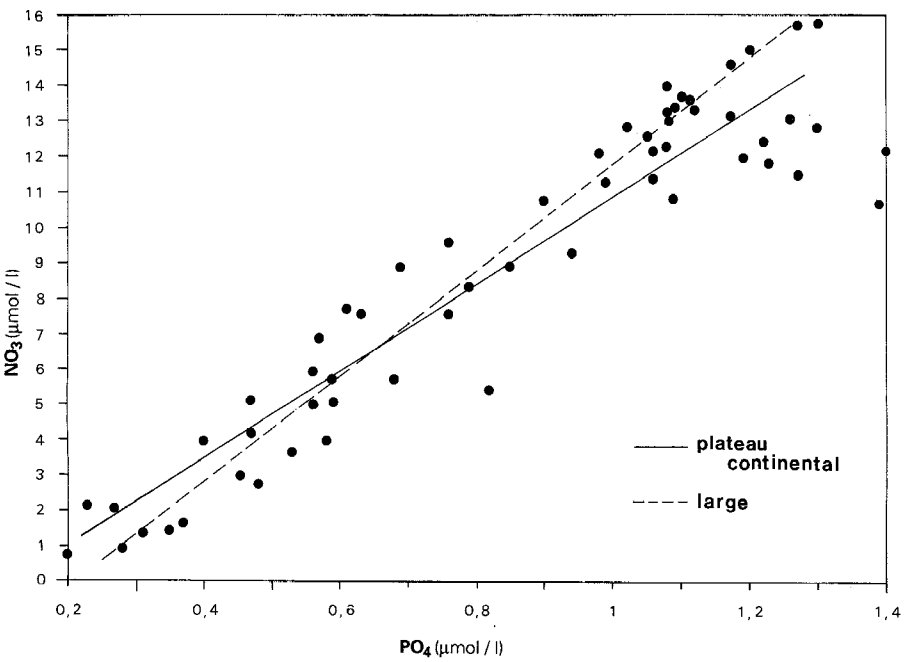


Figure 19
Relation $NO_3 = f(PO_4)$ sur le plateau continental pendant la saison d'upwelling (Grand-Bassam, juin à septembre 1969, fonds de 15, 30 et 50 m). La pente est significativement différente de celle obtenue au large (droite en tireté).



2° il existe un cycle annuel net des sels nutritifs : fort apport de silice et de phosphate, dans une moindre mesure, pendant la crue lagunaire d'octobre ; peu de mesures de nitrate, mais elles vont dans le sens d'un épuisement pendant la saison chaude.

L'existence en août d'un maximum de phosphate, dont la concentration croît avec la profondeur, est attribuée à la présence d'un upwelling qui amène aussi en surface le maximum de nitrite [1] habituellement concentré dans la couche de discontinuité.

Avec relativement peu de mesures et de faibles précisions des concentrations, VARLET avait bien décrit le cadre. Que peut-on écrire de plus aujourd'hui, en particulier sur l'intensité et l'étendue de l'upwelling ivoirien si on le compare aux autres upwellings tropicaux ?

Les quelques éléments dont on dispose permettent de conclure que l'upwelling ivoirien est important puisque les valeurs de phosphate et probablement de nitrate, (compte tenu de la bonne relation NO_3-PO_4) atteintes à la station 24 milles, sont du même ordre de grandeur que celles de l'upwelling du Sénégal et de Mauritanie. Cla n'est pas étonnant puisqu'il suffit que la thermocline, bien développée en saison chaude, atteigne la surface pour que, très vite, des valeurs élevées de sels nutritifs soient mesurées. Son étendue géographique n'est pas négligeable. Les résultats extrapolés à partir des données thermiques de l'ensemble des stations côtières et ceux obtenus sur une radiale de 30 milles perpendiculaire à la côte montrent qu'il peut couvrir tout le littoral d'ouest en est et s'étendre bien au-delà du plateau continental. Cependant, c'est sur le plateau que l'enrichissement est le plus intense et qu'il dure le plus longtemps.

L'upwelling présente des fluctuations d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Il semble difficile de dégager une tendance, de même qu'il ne semble pas osciller régulièrement autour d'une valeur moyenne. Il serait intéressant de rechercher dans les données historiques des liaisons entre les fluctuations spatio-temporelles de l'enrichissement et celles des pêches (sardinelles, balistes...).

Les relations NO_3-PO_4 et NO_3-température sont conformes à ce qui a été observé ailleurs dans le golfe de Guinée (OUDOT, 1983 ; HERBLAND *et al.*, 1983). Le rapport NO_3- PO_4 est voisin de 16 pour les stations du large, aussi bien en saison froide qu'en saison chaude alors qu'il est plus proche de 11-12 sur le plateau continental en saison d'upwelling. La modification de ce rapport serait le reflet, comme cela a été noté dans l'upwelling de Sénégal-Mauritanie, d'une dominance de la production photosynthétique dans l'équilibre production-reminéralisation au profit d'un certain phytoplancton (les diatomées), dont le rapport de constitution N/P serait plus proche de 8 que de 16. La conclusion est identique à propos de la relation NO_3-température qui, quelle que soit la saison à la station du large, est la même que celle mise en évidence dans l'ensemble du golfe de Guinée (OUDOT et MORIN, 1987). Par conséquent, il semblerait que l'on puisse distinguer deux types d'enrichissement :

1° celui du large où la conservation (1) des gradients thermiques, (2) du rapport de Redfield et (3) de la relation NO_3-température est conforme à ce qui a été observé dans la divergence équatoriale en été ; malgré un très net enrichissement en surface, la structure du réseau trophique ne serait pas bouleversée (dominance du nano- et même du picoplancton) (HERBLAND *et al.*, 1987) ;

2° celui du plateau continental, où la proximité du fond et de la côte engendre des changements dans les relations et donne naissance à un réseau trophique différent, dont la base est principalement constituée de diatomées (grosses cellules).

La distinction (hypothétique aujourd'hui) de ces deux catégories est importante car les deux « systèmes » n'ont pas les mêmes rendements vis-à-vis de la production terminale et leur importance relative, selon les années, pourrait être à l'origine de fluctuations d'abondance ou de disponibilité de la ressource dans la province océanique ivoirienne, encore aujourd'hui inexpliquées.

[1] Nous n'avons pas parlé du nitrite dans cette étude car son origine et son rôle dans les processus d'enrichissement sont incertains.

RÉFÉRENCES

BANSE (K.), 1974.— The nitrogen to phosphorus ratio in the photic zone of the sea and the elemental composition of the plankton. *Deep-Sea Res.*, 21 : 767-771.

BIENFANG (P.K.), HARRISSON (P.J.), QUARMBY (L.M.), 1982.— Sinking rate response to depletion of nitrate, phosphate and silicate in four marine diatoms. *Mar. Biol.*, 67 (3) : 295-302.

BINET (D.), 1976.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.

BINET (D.), 1983.— Phytoplancton et production primaire des régions côtières à upwellings saisonniers dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 331-355.

CORCORAN (E.F.) et MAHNKEN (C.V.W.), 1969.— Productivity of the tropical Atlantic Ocean. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of the tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 57-67.

DANDONNEAU (Y.), 1972.— Aspects principaux des variations du phytoplancton sur le plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 32-59.

DUFOUR (P.), LEMASSON (L.), CRÉMOUX (J.L.), 1981.— Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte-d'Ivoire. II- Variations géographiques et saisonnières. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 51 : 269-284.

DUGDALE (R.C.), 1972.— Chemical oceanography and primary productivity in upwelling regions. *Geoform*, 11 : 47-61.

HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), LE BOUTEILLER (A.), VOITURIEZ (B.), 1983.— Structure hydrologique et production primaire dans l'Atlantique tropical oriental. *Océanogr. trop.*, 18 : 249-293.

HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), VOITURIEZ (B.), 1973.— Production primaire, secondaire et régénération des sels nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(1) : 1-75.

HERBLAND (A.), LE BOUTEILLER (A.), RAIMBAULT (P.), 1987.— Does the nutrient enrichment of the equatorial upwelling influence the size? *Oceanol. Acta*, 6 (n° spécial) : 115-120.

HERBLAND (A.) et MARCHAL (É.), 1991.— Variations locales de l'upwelling, répartition et abondance des sardinelles en Côte-d'Ivoire. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 343-353.

HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1974.— La production primaire dans l'upwelling mauritanien en mars 1973. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 12(3) : 187-201.

HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1979.— Hydrological structure analysis for estimating the production in the tropical Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 37 : 87-101.

HISARD (P.), 1980.— Observations de réponse de type El Niño dans l'Atlantique tropical oriental, golfe de Guinée. *Oceanol. Acta.*, 3 : 69-78.

INGHAM (M.C), 1970.— Coastal upwelling in the north western gulf of Guinea. *Bull. Mar. Sci.*, 20 : 1-34.

KOLESNIKOV (A.G.), 1976.— EQUALANT 1 et 2. Oceanographic Atlas, 2, Chemical and Biological Oceanography, UNESCO, Paris.

MANGIN (J.P.), LECOLLE (J.), MATHIEU (P.), MONNET (C.), PINTA (S.), SIRCOULON (J.), 1966.— Géochimie des eaux naturelles ; le transport en solution par un fleuve de Côte-d'Ivoire. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 262, sér. D : 2204-2206.

MONNET (C.), 1971.— Données sur le transport en suspension par un fleuve de zone intertropicale (Bandama, Côte-d'Ivoire). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 273, sér. D : 41-44.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.*, 3(2) : 1-30.

OUDOT (C.), 1983.— La distribution des sels nutritifs (NO_3, NO_2, NH_4, PO_4, SiO_3) dans l'Océan Atlantique intertropical oriental (région golfe de Guinée). *Océanogr. trop.*, 18 : 223-248.

OUDOT (C.) et MORIN (P.), 1987.— The distribution of nutrients in the equatorial Atlantic : relation to physical processes and plytoplankton biomass. *Oceanol. Acta*, 6, (n° spécial) : 121-130.

PAASCHE (E.), 1980.— Silicon. *In* : Morris (I.) ed., The physiological ecology of phytoplankton. *Studies in Ecology*, 7, Blackwell Scient. publ. : 259-284.

PICAUT (J.), 1984.— On the dynamics of thermal variations in the gulf of Guinea (with time scales from semi-diurnal to interannual). *Océanogr. trop.*, 19 : 127-154.

PRIVÉ (M.) et CORRE (D.), 1979.— Les stations côtières fixes de la côte ouest-africaine. Valeurs et graphiques annuels. II- côtières Côte-d'Ivoire. *Sér. Doc. Tech. ORSTOM*, BC, 2, 172 p.

REYSSAC (J.), 1970.— Phytoplancton et production primaire au large de la Côte-d'Ivoire. *Bull. IFAN, sér. A*, 32 : 869-981.

ROCHFORD (D.), 1947.— The preparation and use of Harvey's reduced strychnine reagent in oceanographical chemistry. Council for scientific and industrial research, *Div. Fish. Rep.*, Melbourne, 13 : 1-32.

ROOSE (E.), 1981.— Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 130, 569 p.

RYTHER (J.H.) et DUNSTAN (W.N.), 1971.— Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171(3975) : 1008-1013.

STRICKLAND (J.D.H.) et PARSONS (T.R.), 1968.— A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167, 311 p.

VARLET (F.), 1954.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). Essai d'océanographie littorale. ORSTOM, Océanogr. phys., cote 1788, 107 p., 43 fig.

VARLET (F.), 1958.— Les traits essentiels du régime côtier de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Bull. IFAN, sér. A*, 20(4) : 1089-1102.

VOITURIEZ (B.) et HERBLAND (A.), 1984.— *Signification de la relation NO_3-température dans l'upwelling* équatorial du golfe de Guinée. *Oceanol. Acta*, 7(2) : 169-174.

WALSH (J.J.), KELLEY (J.C.), DUGDALE (R.C.), FROST (B.W.), 1971.— Gross features of the peruvian upwelling system with special reference to possible diel variation. *Inv. Pesq.*, 35 : 25-42.

WATTENBERG (H.), 1937.— Critical review of the methods used for determining nutrient salts and related constituents in salt water. I- Methoden zur Bestimmung von Phosphat, Silikat, Nitrat und Ammoniak in Seewasser. *Cons. Perm. Intern. Explor. Mer, Rapp. Proc. Verb.*, C III : 1-26.

Annexe

Extrait de VARLET (F.), 1958. Les traits essentiels du régime côtier de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Bulletin de l'IFAN, sér. A*, 20(4) : 1089-1102.

Les sels nutritifs (en surface, à Port-Bouët)

Les interprétations que nous présentons doivent être considérées uniquement comme des hypothèses de travail. Depuis l'ouverture du canal de Vridi, les faits essentiels semblent être :

— accroissement considérable de la teneur en silice ; la silice est apportée par les eaux lagunaires qui contiennent 5 à 8 mg de Si par litre. La silice se trouve désormais en quantité surabondante alors qu'elle était auparavant un facteur limitant le développement du phytoplancton ;

— diminution marquée de la concentration en phosphates ; tout se passe comme si les réserves de phosphates, jadis surabondantes, étaient maintenant complètement utilisées ;

— l'ouverture du canal de Vridi, si elle a modifié les valeurs absolues des concentrations des sels nutritifs, n'a, par contre, pas beaucoup influé sur l'allure des cycles annuels ; on peut donc penser que l'évolution de phénomènes biologiques n'est pas irrémédiablement masquée par les apports massifs d'eau lagunaire.

Cycles annuels des sels nutritifs

Il se produit, pendant la crue lagunaire d'octobre, un apport très important de silice, et, dans une moindre mesure, de phosphates. Ces réserves se trouvent alors progressivement utilisées pendant la saison sèche jusqu'en avril. On observe ensuite une augmentation assez lente, puis plus rapide, jusqu'au maximum d'octobre.

Nous n'avons pas beaucoup de mesures sur les nitrates, mais elles confirment l'épuisement de la mer en saison sèche.

En ce qui concerne les nitrites, nous noterons seulement que l'augmentation des apports d'eau lagunaire se traduit par une augmentation de leur concentration : par suite de l'afflux des matières organiques azotées contenues dans les eaux de lagune, les bactéries n'arrivent plus à réaliser la transformation rapide de ces matières en nitrates (stade ultime de la minéralisation), et il y a apparition d'un stade intermédiaire sous forme de nitrites. Les nitrites, eux aussi, présentent un minimum accentué en avril, mais l'interprétation en est difficile.

Sels nutritifs et remontées d'eau

Bien qu'il y ait interférence avec d'autres phénomènes, l'existence d'un maximum en août pour les phosphates dont la concentration croît avec la profondeur, paraît assez significative. On n'observe rien de tel avec la silice dont la concentration augmente peu avec la profondeur et reste toujours très inférieure aux concentrations qu'on trouve dans les eaux lagunaires. Mais le test le plus sensible est fourni par les nitrites qui sont, nous le verrons, concentrés dans la couche de discontinuité à quelques

dizaines de mètres de profondeur. Les upwellings doivent donc les faire apparaître en surface, et l'on constate effectivement que les maxima des nitrites, avant l'ouverture du canal de Vridi, se situent bien en janvier et en août.

Répartition verticale des sels nutritifs (Trou-sans-Fond)

Phosphates : malgré la différence des valeurs absolues, l'allure des deux profils dont nous disposons est assez semblable, et conduit à distinguer :

— une couche superficielle d'épaisseur variable suivant l'époque de l'année, où la teneur en phosphates croît assez rapidement ; cette couche n'est autre que la zone de grande stabilité précédemment étudiée ;

— une couche intermédiaire épaisse de 300 m environ, où la concentration en phosphates augmente lentement avec la profondeur ;

— une couche profonde, dont nous n'avons atteint que la partie supérieure, caractérisée par une grande richesse en phosphates.

On montre que cette répartition peut s'expliquer, au moins en partie, par des considérations simples sur l'activité biologique.

Nitrites : on ne les trouve qu'au voisinage de la surface de discontinuité. On peut se demander s'il ne faut pas rechercher une explication analogue à celle de la diminution rapide de la teneur en oxygène dans la couche de forte stratification densimétrique : ralentissement de la chute des débris organiques qui s'accumulent en quelque sorte dans cette zone et ne peuvent plus être transformés rapidement en nitrates par les bactéries.

2
Vie marine, écosystèmes et production

PHYTOPLANCTON ET PRODUCTION PRIMAIRE DANS LES EAUX MARINES IVOIRIENNES

Josette SEVRIN-REYSSAC

Introduction

La Côte-d'Ivoire se situe dans la province chaude de l'ouest africain (du cap Verga au cap Lopez) désignée sous le nom de « guinéenne ». Cette province forme un ensemble très hétérogène sur le plan hydrologique et, par conséquent, sur celui de la productivité des eaux.

Deux zones d'eaux chaudes permanentes (du cap Verga au cap des Palmes et du Bénin au cap Lopez) sont séparées par une zone alternativement chaude puis froide (du cap des Palmes au Bénin).

La région libérienne (cap Verga-cap des Palmes) et la baie de Biafra (Bénin-cap Lopez), qui sont constamment recouvertes d'eaux « guinéennes » chaudes et peu salées (BERRIT, 1961), ont une structure hydrologique défavorable au développement du phytoplancton.

Entre le cap des Palmes et le Bénin, des upwellings saisonniers, provoqués par des vents de mousson du sud-ouest, déterminent une alternance de climats marins chauds puis froids ainsi qu'un enrichissement temporaire en éléments nutritifs. Il s'ensuit que la production phytoplanctonique est surtout limitée aux saisons pendant lesquelles ces phénomènes ont lieu. La Côte-d'Ivoire appartient à cette zone aux conditions hydrologiques fluctuantes.

Les premières observations sur la production primaire sont dues à VARLET (1958) mais elles intéressent un domaine très littoral puisqu'elles proviennent uniquement d'un wharf alors situé à Port-Bouët.

Quelques données sur le phytoplancton et la production primaire sont aussi fournies par les campagnes internationales Equalant et GTS (*Guinean Trawling Survey*) en 1963 et 1964. Toutefois, elles ne

portent que sur une période très brève et peu d'entre elles intéressent le plateau continental ivoirien (US NODC, 1964-1965 ; US NODC, 1968 ; CORCORAN et MAHNKEN, 1969). Or, c'est surtout près de la côte que se situent les principaux enrichissements en éléments nutritifs pouvant influencer toute la chaîne alimentaire marine.

C'est aussi à partir de 1964 que débute, au Centre de recherches océanographiques d'Abidjan, un suivi des populations phytoplanctoniques s'adressant à la zone côtière, semi-côtière et du large (REYSSAC, 1966 à 1970).

D'abord limitées à la partie centrale du golfe ivoirien (Vridi, Bassam), les observations s'étendent ensuite à tout le plateau continental, du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes (DANDONNEAU, 1970 à 1973) et même au-delà, jusqu'à la zone équatoriale (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977a, b).

Cet ensemble de travaux représente une masse de données suffisante pour connaître l'essentiel des variations spatio-temporelles du phytoplancton au cours des différentes saisons thermiques. À partir de ces données, il est possible de dégager les principales caractéristiques des eaux ivoiriennes sur le plan de la production primaire et de situer ce secteur par rapport à d'autres régions de l'Atlantique africain.

Aspect quantitatif du phytoplancton

VARIATIONS SAISONNIÈRES EN FONCTION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES

Des prélèvements réalisés pendant trois ans au large d'Abidjan (Vridi, Bassam), en zone côtière et au-dessus de la fosse sous-marine dite du Trou-sans-Fond, jusqu'à 24 milles au large (fonds de 2 000 m), ont permis de décrire les variations annuelles du phytoplancton en relation avec les saisons hydrologiques (REYSSAC, 1970).

Les différentes méthodes d'estimation quantitative utilisées (numération des cellules sédimentées, dosage de la chlorophylle *a*, mesure de la production primaire *in situ* par le ^{14}C) concourent à mettre en évidence un fort contraste entre la pauvreté des eaux pendant les saisons chaudes et leur richesse pendant les saisons froides, périodes de manifestation des upwellings.

Saisons froides

Les upwellings se font principalement sentir près de la côte comme le montrent les variations saisonnières des concentrations en phosphates dans les eaux superficielles (figure 1). Au-delà du plateau continental, le phénomène est plus estompé, bien que certaines années, l'enrichissement puisse encore être observé à 24 milles au large (*cf.* HERBLAND et LE LŒUFF dans cet ouvrage).

L'upwelling de grande saison froide, qui a lieu pendant l'hiver austral, entraîne le plus important enrichissement des eaux superficielles de l'année (figure 1).

Son effet fertilisateur se trouve amplifié par les apports terrigènes résultant de la crue des fleuves. Ces apports enrichissent les eaux côtières en silice, élément indispensable à la constitution des frustules de diatomées, qui peut, dans certains cas, devenir un facteur limitant. Les dosages effectués par VARLET (1958) dans les parages de Vridi, montrent un maximum en octobre, au moment de la crue de la Comoé (5 mg/l), la petite crue de juin-juillet formant un maximum secondaire (figure 2).

Au cours de cette grande saison froide, apparaît le plus intense développement de phytoplancton de l'année, bien que celui-ci soit parfois interrompu par de courtes phases de déclin. Les maxima de chlorophylle *a* se rencontrent près de la côte (figure 3). Au-dessus des fonds de 25 m, les concentrations sont généralement supérieures à 1 mg/m^3. La diminution est très rapide en allant vers le large ; cette valeur est, en effet, rarement atteinte dès la ligne des fonds de 60 m (REYSSAC, 1970). Pour cette période, le même auteur estime la production primaire moyenne à 0,98 g $C/m^2/j$, le maximum observé étant 1,3 g $C/m^2/j$.

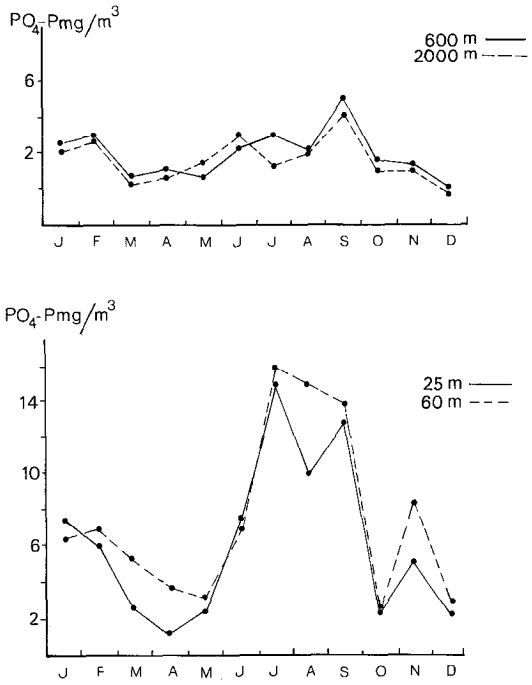


Figure 1
Variations saisonnières des concentrations en phosphate dans les eaux superficielles au large de Vridi : mesures effectuées au-dessus des fonds de 25, 60, 600 et 2 000 mètres, d'après REYSSAC (1970).

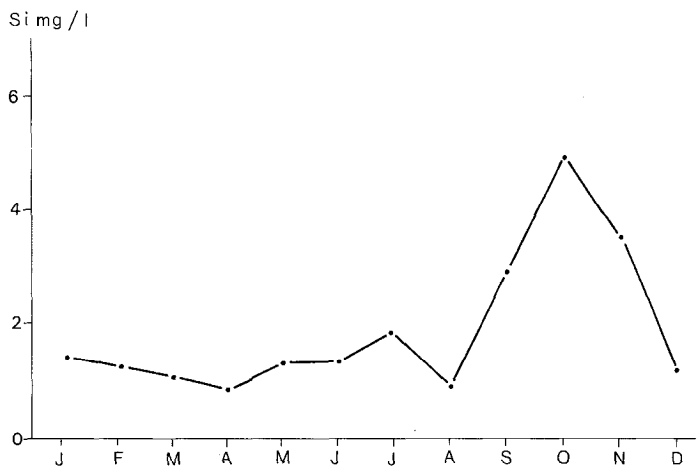


Figure 2
Variations saisonnières des concentrations en silice dans les eaux superficielles au large de Port-Bouët, d'après VARLET (1958).

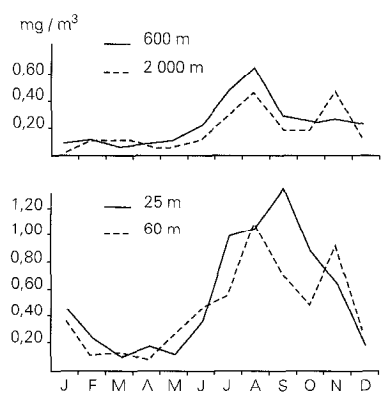


Figure 3
Variations saisonnières des teneurs en chlorophylle *a* des eaux superficielles au large de Vridi : moyennes mensuelles se rapportant aux stations situées au-dessus des fonds de 25, 60, 600 et 2 000 mètres, d'après REYSSAC (1970).

Durant la petite saison froide, en janvier-février, un phénomène fertilisant moins intense et moins régulier provoque une autre poussée de phytoplancton, d'une durée variable, mais qui ne dépasse généralement pas une quinzaine de jours. Cette poussée est limitée aux eaux côtières (figure 3). Il s'agit d'un upwelling de faible amplitude ou d'une remontée de la thermocline, celle-ci ayant tendance à se dégrader lorsqu'elle arrive à quelques mètres de la surface. Les teneurs en chlorophylle *a* peuvent alors être relativement élevées au-dessus des fonds de 25 et 60 m (0,30 à 0,40 mg/m^3) mais cette augmentation ne se fait pas sentir tous les ans et elle n'est pas décelable au-delà du plateau continental (figure 3). La valeur moyenne de production primaire indiquée par REYSSAC (1970), pour la période 1965-1967, est égale à 0,76 g C/m^2/j.

Saisons chaudes

La petite saison chaude (novembre-décembre) et surtout la grande saison chaude (mars à juin) sont caractérisées par un phytoplancton généralement pauvre, mais une ou plusieurs phases d'activité peuvent se manifester au cours de la grande saison chaude, à la faveur d'une remontée de la thermocline vers la surface. Du point de vue hydrologique, ces périodes sont marquées par une stratification thermique bien nette. L'absence de mouvements ascendants favorise la formation d'une thermocline au-dessus de laquelle les eaux sont pauvres en sels nutritifs. On sait, en effet, que cette discontinuité constitue un obstacle à la remontée de ces sels vers la surface. Cette pénurie entraîne un appauvrissement du phytoplancton : moins de 0,20 mg/m^3 de chlorophylle *a* en surface (figure 3), production primaire inférieure à 0,3 g C/m^2/j (REYSSAC, 1970).

Les observations au large d'Abidjan montrent que les variations quantitatives annuelles, assez accentuées près du rivage, s'atténuent très rapidement vers le large. Au-delà du plateau continental, c'est seulement au cours de la grande saison froide que REYSSAC (1970) note une augmentation de la chlorophylle *a* (figure 3).

La diminution du phytoplancton de la côte vers le large est également soulignée par HERBLAND et VOITURIEZ (1977a).

Dans le cadre d'un programme FAO portant sur l'étude et la mise en valeur des ressources du plateau continental (Projet de développement de la pêche pélagique côtière), 29 campagnes océanographiques ont lieu entre juillet 1969 et avril 1972 et permettent à DANDONNEAU (1972a, b, 1973) d'élargir la zone préalablement étudiée. Ainsi devient-il possible de suivre l'évolution saisonnière du phytoplancton dans tout le golfe ivoirien, du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes.

Comme un upwelling côtier se manifeste dans la partie occidentale, au voisinage du cap des Palmes (MORLIÈRE, 1970), et que les eaux fertiles arrivant en surface sont ensuite entraînées vers le large, et surtout vers l'est par le courant de Guinée, il en résulte une distribution dissymétrique du phytoplancton. Pauvre au point même de l'émergence (< 0,20 mg/m^3 de chlorophylle *a*), comme cela s'observe généralement dans les eaux nouvellement arrivées en surface, il devient abondant au cours du transport de la masse d'eau lorsque s'est écoulé le laps de temps nécessaire à la multiplication des cellules (> 1,5 mg/m^3 de chlorophylle *a* entre San Pedro et Grand-Lahou). Ce temps peut être plus ou moins long suivant les espèces et les conditions du milieu, l'augmentation de température accélérant le développement des cellules (EPPLEY, 1972).

Toujours d'après les informations de DANDONNEAU (1973), les concentrations sont maximales dans la partie centrale du golfe ivoirien, c'est-à-dire entre Fresco et Abidjan. Cette situation est particulièrement apparente pendant la grande saison froide (figure 4). La zone intéressée par les proliférations de cellules est alors beaucoup plus vaste car l'upwelling est plus intense et s'exerce sur une plus grande longueur de côte.

Bien que la zone littorale soit généralement la plus riche en phytoplancton, de fortes concentrations peuvent aussi apparaître au large pendant la grande saison froide. L'action des vents de sud-ouest, jointe à celle du courant de Guinée, provoque en effet un entraînement vers le large des eaux qui remontent en surface près de la côte.

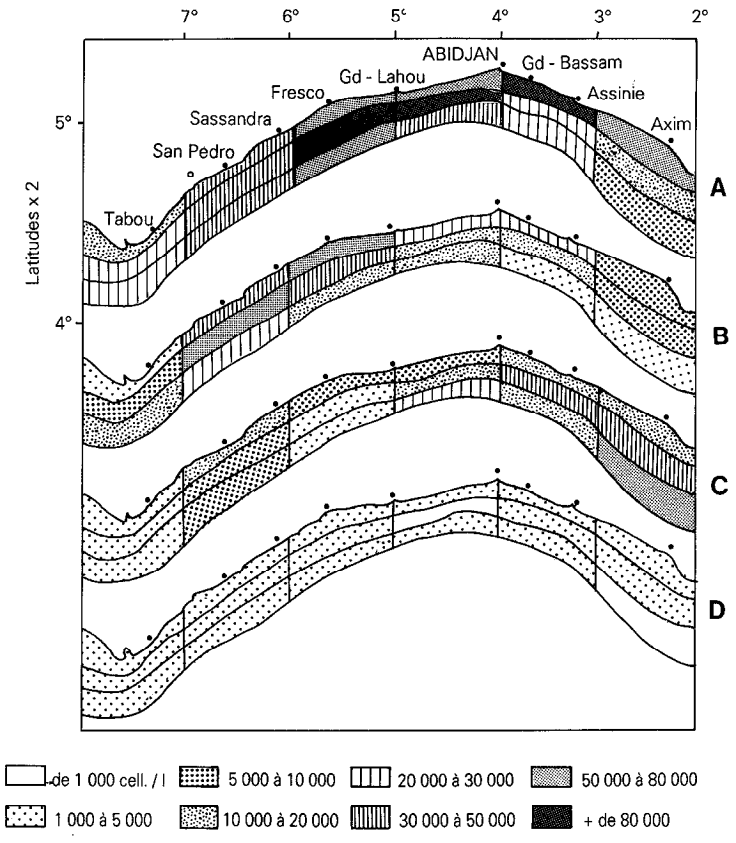


Figure 4
Répartition quantitative du microphytoplancton sur le plateau continental ivoirien au cours des différentes saisons. A : conditions moyennes de grande saison froide, B : conditions moyennes de petite saison froide, C : conditions moyennes en période de crue des fleuves, D : conditions moyennes de grande saison chaude, d'après DANDONNEAU (1972b).

Pendant la petite saison froide, en revanche, le phénomène est atténué et plus localisé ; ceci en raison du régime des vents et des conditions thermiques. En effet, des températures plus élevées permettent une évolution plus rapide des poussées qui sont encore abrégées par des disponibilités en sels nutritifs plus réduites. Le secteur le plus riche a donc une position plus côtière qu'en grande saison froide.

Les eaux chaudes dessalées « guinéennes » (BERRIT, 1961) tendent à couvrir les eaux que l'upwelling porte en surface au cap des Palmes. Le transfert vers le large des eaux fertiles n'a lieu qu'à l'ouest du golfe ivoirien (DANDONNEAU, 1973). Ailleurs, le régime des vents ne le favorise pas. Les eaux qui affleurent dans la région de Tabou sont portées vers l'est, parallèlement à la côte, par le courant de Guinée ; les proliférations sont donc, elles aussi, limitées au plateau continental (figure 4).

Le développement intense du phytoplancton entraînant un appauvrissement du milieu en sels nutritifs d'autant plus rapide que les populations sont plus abondantes, celles-ci deviennent de plus en plus pauvres à mesure que la masse d'eau se rapproche du cap des Trois-Pointes (figure 4). Ici, les upwellings sont très atténués mais ce secteur bénéficie d'un autre type d'enrichissement résultant des apports terrigènes (juin-juillet et octobre-novembre). L'arrivée de fertilisants n'est d'ailleurs pas imputable aux déversements des fleuves ; leurs eaux sont pauvres en éléments nutritifs comme dans la plupart des régions tropicales. Les apports enrichissants proviennent essentiellement des eaux de ruissellement qui ont lessivé des terres défrichées entourant les lagunes côtières. Les lagunes de l'est du pays, qui sont dans une zone plus défrichée qu'à l'ouest, jouent mieux ce rôle de tranfert des eaux de ruissellement. Il en résulte que les effets de ces apports terrigènes sont surtout importants dans la partie est du golfe ivoirien (DANDONNEAU, 1973).

Pendant les saisons chaudes, les eaux pauvres « guinéennes » recouvrent uniformément le plateau continental. Les fertilisations provenant d'un affleurement ou d'une arrivée d'eaux douces ont alors un caractère très occasionnel (figure 4).

Ainsi, à partir des résultats fournis par ces campagnes, on peut distinguer trois secteurs principaux sur le plateau continental ivoirien :

— la zone occidentale (Tabou-San Pedro) est baignée une grande partie de l'année par des eaux « jeunes » d'upwelling, fertiles mais d'autant moins riches en phytoplancton que le phénomène est actif ;
— la zone centrale (Fresco-Abidjan) est aussi marquée par des affleurements côtiers mais elle reçoit aussi des eaux d'upwelling « muries » provenant du secteur de Tabou ; le phytoplancton y est abondant ;
— dans la zone orientale se trouvent des eaux d'upwelling « vieillies », très pauvres en éléments nutritifs, mais des apports terrigènes viennent enrichir les eaux côtières pendant la saison des pluies.

D'après les résultats des campagnes sur l'ensemble du plateau continental ivoirien, DANDONNEAU (1973) estime la production primaire nette à partir de la relation :

$$Y = \frac{60}{100} \times 365 \times 12 \left[30 (1 + X)^{0,291} - 1 \right]$$

Y = production nette par m^2 et par an
X = microplancton en surface (cellules/ml)

Les zones riches, à l'ouest et au centre du golfe ivoirien, correspondent à la situation de grande saison froide tandis qu'à l'est les eaux les plus riches correspondent aux décharges des fleuves (figure 5).

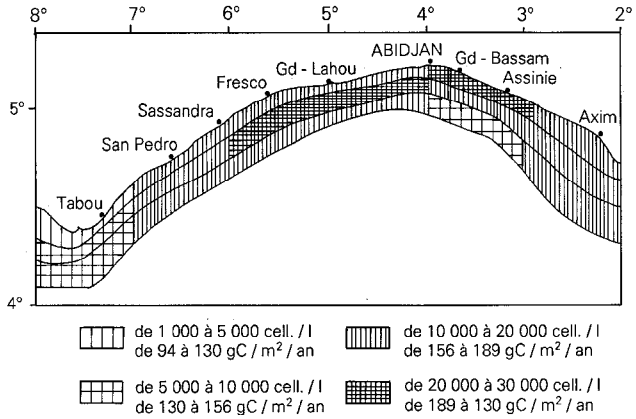


Figure 5
Production nette dans le golfe ivoirien, d'après DANDONNEAU (1973).

RÉPARTITION VERTICALE

La répartition quantitative verticale du phytoplancton correspond à un schéma général qui est le même partout. Lorsqu'un enrichissement notable (upwelling) provoque un bloom, celui-ci se produit près de la surface car la forte concentration des cellules diminue la pénétration de la lumière et par conséquent la photosynthèse dans la couche d'eau sous-jacente. Si l'enrichissement ne se manifeste pas en surface, la pénétration de la lumière est meilleure par suite du caractère clairsemé du phytoplancton. Un maximum de chlorophylle peut alors se situer à une certaine profondeur où les sels nutritifs sont plus abondants. Près d'Abidjan, DANDONNEAU (1972a) établit une relation entre la concentration de la chlorophylle *a* en surface et la profondeur de disparition du disque de Secchi :

— pour une concentration supérieure à 1 mg/m^3 en surface, le maximum de chlorophylle se situe entre la surface et le niveau S/2 (S = profondeur de disparition du disque de Secchi), ce qui correspond à un niveau où l'éclairement est égal à 43 % de la lumière arrivant en surface ;
— pour une concentration inférieure à 0,5 mg/m^3 en surface, le maximum se situe au niveau 3S/2 (8 % de la lumière incidente).

En période de stabilité hydrologique (campagne du N.O. *Charcot* en mai-juillet 1968), une relation intéressante entre l'abondance de la chlorophylle *a*, la production primaire et la nitracline (premier niveau où le nitrate n'est pas nul) a été mise en évidence (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977a). Le niveau de la nitracline constitue un point de repère écologique important car il peut correspondre au maximum de chlorophylle et de production primaire. Ce maximum est d'autant moins marqué que le niveau auquel il se situe

est moins éclairé, donc que la nitracline est plus profonde. Comme ces maxima interviennent pour une bonne part dans les valeurs totales de la production primaire de la colonne d'eau, on peut estimer que les valeurs intégrées de chlorophylle et de production primaire varient en fonction inverse de la profondeur de la nitracline.

C'est là un moyen très rapide d'estimation de la fertilité des eaux. Les équations proposées sont les suivantes :

$$\text{chl } a_i = -0{,}17\ D\,NO_3 + 22{,}5 \qquad \text{avec } r = -0{,}80$$

$$pp_i = -0{,}87\ D\,NO_3 + 90{,}2 \qquad \text{avec } r = -0{,}84$$

$D\,NO_3$ = profondeur de la nitracline (m)

chl a_i = valeur intégrée de la chlorophylle *a* (mg/m^2)

pp_i = valeur intégrée de la production primaire (mg C/m^2/h)

En utilisant cette méthode, les plus fortes valeurs de la chlorophylle *a* relevées au large de la Côte-d'Ivoire pendant cette campagne (fin de grande saison chaude) proviennent de la zone côtière où la nitracline se rapproche de la surface (> 16 mg C/m^2). Il y a ensuite une diminution en allant vers le large (figure 6). Près de l'équateur (1° à 2° N), dans une zone anticyclonique caractérisée par une profondeur importante de la nitracline (> 75 m), les teneurs en chlorophylle *a* sont inférieures à 10 mg/m^2 (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977a).

Les mesures de production primaire confirment cette évolution : moins de 25 mg C/m^2/h dans cette zone du large, ce qui traduit des eaux oligotrophes alors que les régions côtières présentent une production de type mésotrophe comprise entre 25 et 100 mg C/m^2/h (figure 7).

À la fin de la saison froide, un minimum d'oxygène, attribué à une intense activité bactérienne, a été observé près de la côte, sous le sommet de la thermocline (DANDONNEAU, 1973). Cette période est marquée par une intense sédimentation des cellules qui suit le bloom de grande saison froide mais l'utilisation des sels nutritifs qui sont libérés est alors inhibée par l'établissement d'une couche homogène épaisse et turbide qui empêche la lumière de pénétrer (MORLIÈRE et REBERT, 1972) : les processus de minéralisation (= régénération) dominent.

Dans l'ensemble, la production au niveau de la thermocline paraît importante en octobre lorsque les eaux se stabilisent après la grande saison froide, et de janvier à mai, surtout dans l'ouest et près de la côte, c'est-à-dire dans la zone la plus favorable aux affleurements. En juin-juillet et en novembre-décembre, la présence de cette couche homogène à forte turbidité freine cette production. Pendant la grande saison froide, la thermocline est dégradée et le développement du phytoplancton se situe surtout en surface (DANDONNEAU, 1973).

Aspect qualitatif du phytoplancton

La détermination et le comptage des cellules sont très riches en information. La composition spécifique des populations permet, en effet, des hypothèses sur l'intensité et la provenance des enrichissements ou renseigne sur l'origine de l'eau. La proportion des espèces connues comme cosmopolites, tempérées-tropicales ou intertropicales permet de définir l'affinité biogéographique d'un peuplement, celui-ci reflétant le climat marin d'un secteur. Dans l'ouest africain, les variations spatiales de la composition spécifique du phytoplancton traduisent très bien le caractère transitionnel de la côte mauritanienne sur le plan biogéographique (REYSSAC, 1977).

En Côte-d'Ivoire, l'alternance de saisons chaudes et de saisons froides se traduit par de profondes modifications qualitatives du phytoplancton.

Les dinoflagellés dominent surtout pendant la grande saison chaude. Moins exigeants que les diatomées en sels nutritifs, ils tendent à remplacer ces dernières lorsque les eaux sont peu fertiles. Parmi les 158 espèces reconnues par REYSSAC (1970), 15 % sont ubiquistes, 54 % ont une affinité tempérée-tropicale et 28 % ont une aire de répartition généralement limitée au domaine intertropical. Parmi ces der-

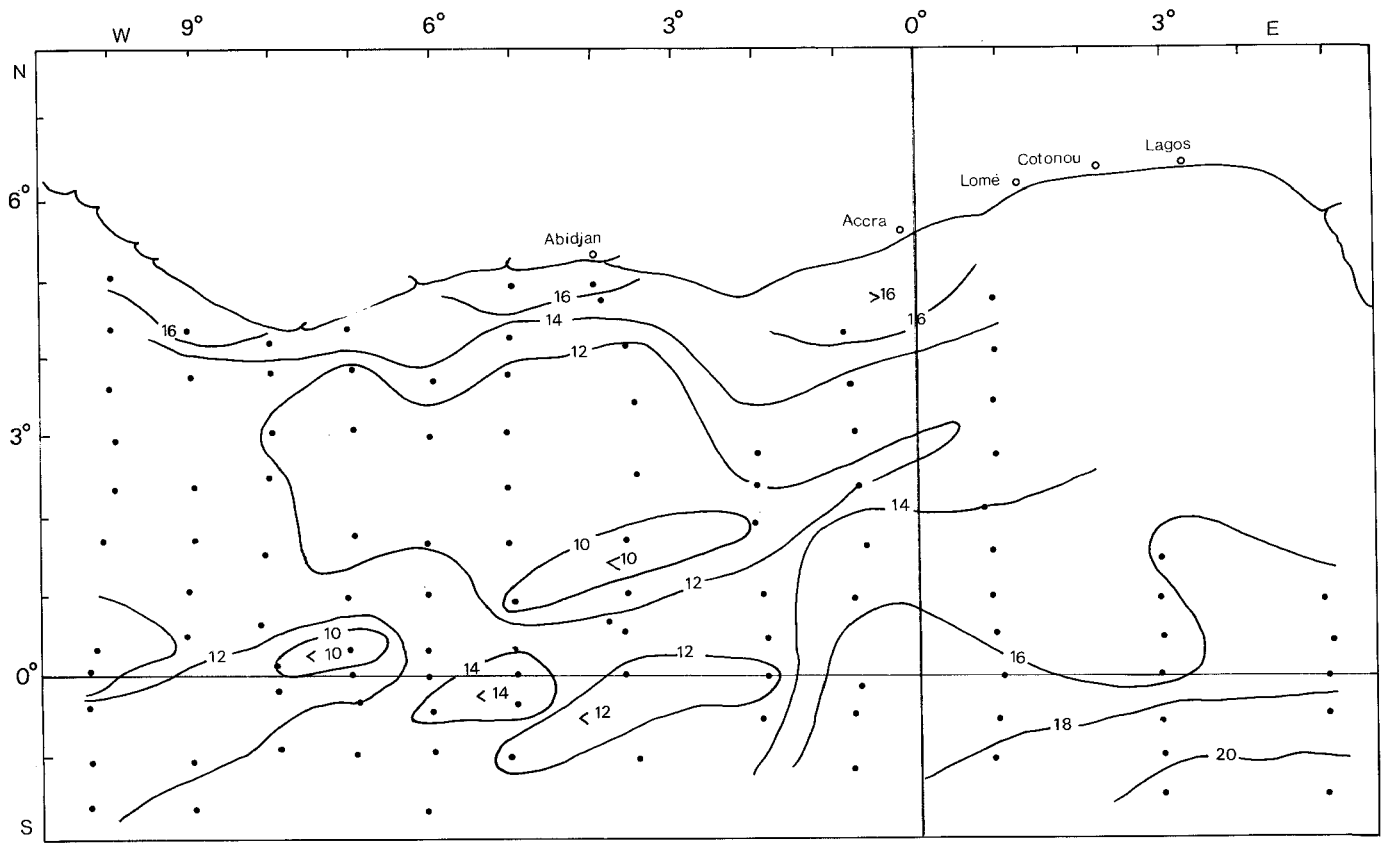


Figure 6
Valeurs intégrées de chlorophylle *a* (mg/m^2) calculées d'après la profondeur de la nitracline, d'après HERBLAND et VOITURIEZ (1977a).

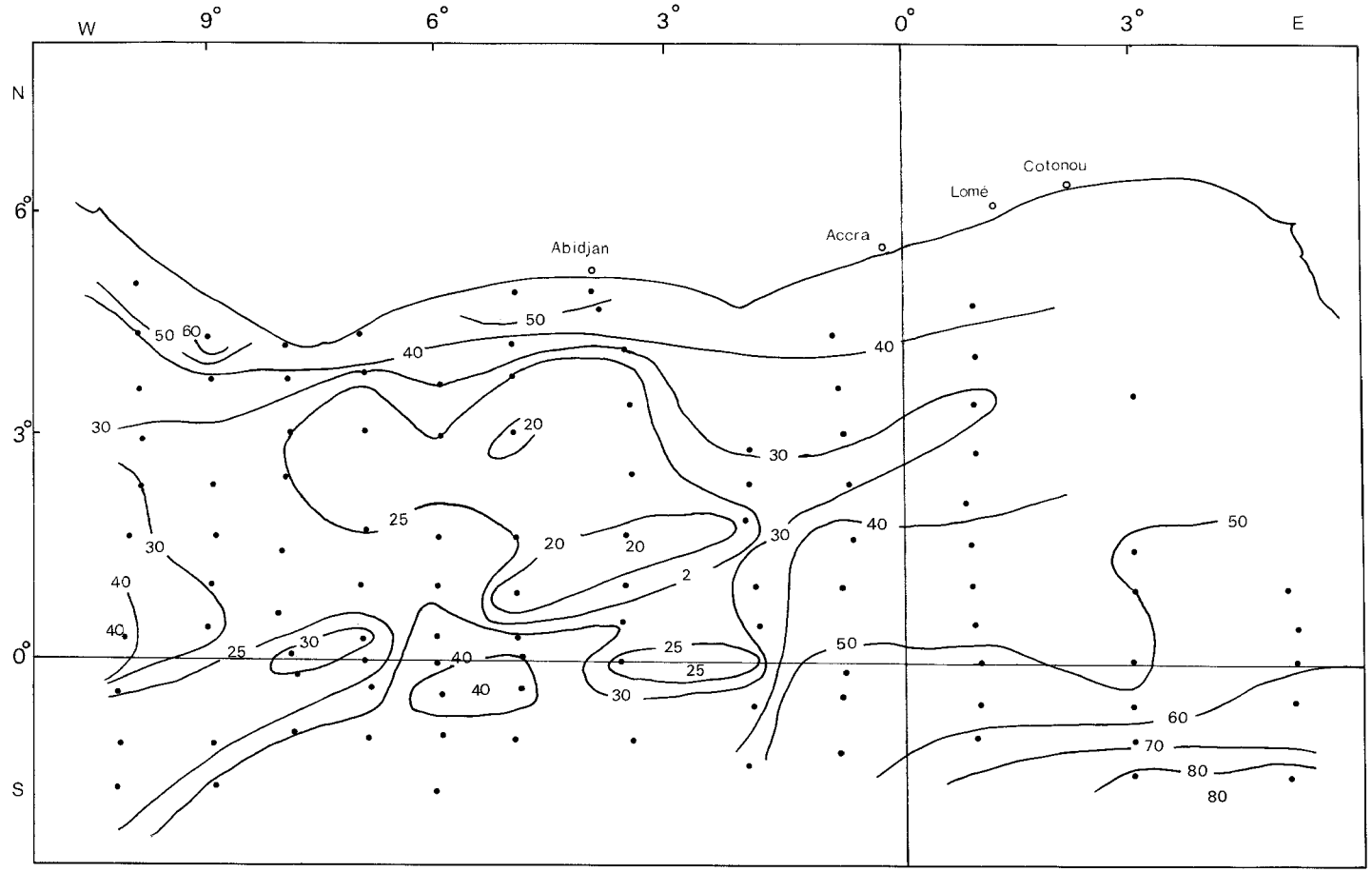


Figure 7
Valeurs intégrées de la production primaire (mg C/m^2/h) calculées d'après la profondeur de la nitracline, d'après HERBLAND et VOITURIEZ (1977a).

nières, il faut surtout citer celles qui appartiennent aux genres *Amphisolenia, Dinophysis, Oxytoxum* et *Pyrocystis*. C'est donc une flore typiquement thermophile.

Le genre *Ceratium* est représenté par un très grand nombre d'espèces. REYSSAC (1970) en dénombre 65 parmi lesquelles les plus fréquentes sont : *furca, tripos, trichoceros, pentagonum, breve, massiliense, fusus, extensum, candelabrum*. Ces espèces présentent toutes un polymorphisme très net dû à des variations dans la longueur et l'orientation des cornes apicales et antapicales. L'auteur montre que ce polymorphisme peut être relié, dans le cas de *Ceratium furca*, aux conditions de température. D'une façon générale, entre deux types morphologiques extrêmes, il existe chez une même espèce plusieurs formes de transition, chacune étant plus ou moins proche de l'un ou l'autre type.

Parmi les autres dinoflagellés, *Protoperidinium depressum* et *Dinophysis caudata* sont les plus fréquents.

Si les dinoflagellés présentent une très grande diversité spécifique, ils n'ont pas, en général, une grande importance quantitative. Ils ont cependant été responsables d'un phénomène d'eaux rouges décrit par DANDONNEAU (1970). Causé par la prolifération de *Gymnodinium splendens* dont la concentration dépassait 37 millions de cellules par litre, ces eaux rouges ont eu, en août-septembre 1969, une très grande extension en occupant toute la zone côtière. DANDONNEAU (*ibid.*) attribue l'apparition de ce phénomène à des apports terrigènes particulièrement abondants ayant succédé à de très fortes précipitations, ces apports étant favorables aux dinoflagellés. Il est cependant très probable que, en Côte-d'Ivoire, d'autres facteurs que celui qui vient d'être évoqué puissent intervenir. Ces phénomènes qui se manifestent dans des eaux calmes, chaudes et riches en éléments nutritifs, paraissent peu fréquents dans cette région, à l'encontre d'autres secteurs ouest africains comme la Mauritanie (REYSSAC, 1977), l'Angola et le sud-ouest africain (BRONGERSMA-SANDERS, 1945, 1948 ; SILVA, 1953 ; PAREDÈS, 1962 ; PIETERSE ET VAN DER POST, 1967). Bien que *Gymnodinium splendens* soit une espèce toxique, aucune mortalité massive de poissons n'a été constatée le long du littoral ivoirien. On peut penser que la toxicité des cellules ne devient active qu'après leur mort, le poison étant alors libéré dans l'eau à un moment où les dinoflagellés ont été dispersés par une nouvelle agitation des eaux. On peut aussi penser que les poissons se sont éloignés des taches colorées comme cela semble se produire dans la baie du Lévrier (Mauritanie) où aucune hécatombe de poissons n'a été signalée malgré la fréquence et la grande extension de ces phénomènes (REYSSAC, 1977).

Les upwellings, et surtout ceux qui se manifestent pendant la grande saison froide, sont marqués par la prolifération des diatomées, notamment des genres *Chaetoceros* et *Rhizosolenia*, les premiers paraissant, selon REYSSAC (1970), plus liés aux eaux froides (< 25 °C) que les *Rhizosolenia* dont les principales proliférations se situeraient dans des eaux plus chaudes (25 à 28 °C). En général, les espèces peuplant les eaux d'upwelling sont ubiquistes (MARGALEF, 1975) et c'est le cas, en Côte-d'Ivoire, pour la majorité d'entre elles : *Chaetoceros decipiens, Chaetoceros affine, Chaetoceros didymum, Thalassionema nitzschioides, Rhizosolenia styliformis, Rhizosolenia stolterfothii, Coscinodiscus concinnus, Coscinodiscus oculus- iridis, Coscinodiscus excentricus* etc. Toutefois, au cours de la petite saison froide et lors des brèves manifestations de phénomènes fertilisants pendant la grande saison chaude, ce sont des diatomées thermophiles qui sont largement représentées : *Hemiaulus indicus, Hemiaulus sinensis, Rhizosolenia castracanei, Rhizosolenia hyalina, Rhizosolenia calcar-avis, Chaetoceros lorenzianum, Chaetoceros coarctatum, Biddulphia sinensis* (REYSSAC, 1970).

Enfin, ces peuplements phytoplanctoniques sont caractérisés, pendant les saisons chaudes, par une diversité spécifique [1] élevée (plus de 3 bits par cellule et parfoisplus de 4 bits), situation caractéristique de populations mûres ou séniles à faible pouvoir de multiplication. En revanche, la diversité est faible pen-

[1] La diversité spécifique, qui est une expression du degré de complexité d'une communauté, est déterminée par le nombre d'espèces et le nombre total d'individus composant cette communauté. MARGALEF (1956, 1958) utilise cette notion de diversité pour déterminer les différentes phases du cycle d'évolution du phytoplancton qui se succèdent pendant une période donnée.

dant l'upwelling de grande saison froide (moins de 1 bit par cellule), les eaux riches en éléments nutritifs favorisant quelques espèces à reproduction rapide qui colonisent le milieu (REYSSAC, 1970). En fait, la composition du phytoplancton peut se modifier en quelques jours et REYSSAC (*ibid.*) a pu mettre en évidence plusieurs « successions » (selon la définition de MARGALEF, 1956) au large d'Abidjan au cours desquelles la communauté phytoplanctonique passe d'un stade « jeune » (faible diversité) à un stade « mûr » (diversité élevée).

Une attention particulière doit être portée aux cyanobactéries. Ces algues, qui ont une importance considérable dans le plancton des eaux douces, jouent un rôle mineur dans le plancton marin des régions tempérées. Mais, dans les eaux tropicales, elles peuvent représenter une part importante de la biomasse végétale et même provoquer des eaux rouges.

En Côte-d'Ivoire, les cyanobactéries (genre *Oscillatoria*) sont pérennes mais leur développement paraît inhibé pendant la grande saison froide, au moment de la prolifération des diatomées. Leur importance devient proportionnellement considérable de février à avril-mai, c'est-à-dire pendant la grande saison chaude : jusqu'à 1 000 filaments par litre en surface (REYSSAC, 1970). On peut donc les considérer comme caractéristiques de la grande saison chaude, les principales poussées ayant été observées dans des eaux à plus de 27 °C. Elles s'accommodent des eaux « guinéennes » pauvres en sels nutritifs, vraisemblablement en raison de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique.

Les données relatives au caractère océanique ou néritique de ces algues sont contradictoires (SOURNIA, 1970). En Côte-d'Ivoire, on les trouve indifféremment dans les deux domaines (REYSSAC, *ibid.*).

Aucun phénomène d'eaux rouges imputable aux cyanobactéries n'a été signalé dans les eaux ivoiriennes.

Quant au nanoplancton (organismes de taille inférieure à 20 µm), il joue un rôle important dans les eaux ivoiriennes où la quantité de cellules reste élevée toute l'année, surtout en zone côtière (4 à 10 millions de cellules par litre). Il faut souligner la forte proportion des coccolithophoridés, organismes du groupe des flagellés qui sont principalement liés aux eaux chaudes pauvres en sels nutritifs (REYSSAC, 1970).

Enfin, bien qu'il n'y ait pas eu de mesures directes de la distribution par taille de la chlorophylle *a* ni d'observations au microscope en épifluorescence, toutes les conditions sont réunies pour que, pendant la saison chaude, le picoplancton (organismes passant au travers d'un filtre nucléopore de 2 µm de vide de maille) représente une grande fraction de la biomasse phytoplanctonique. Ces petites cellules, non décelables en microscopie photonique classique et qui ne sédimentent pas, n'ont pas été prises en compte dans les études citées plus haut parce qu'elles ont fait l'objet d'une découverte récente (LI *et al.*, 1983). Il faut cependant garder à l'esprit que lorsque la structure tropicale typique est installée (saison chaude), 60 % de la chlorophylle *a* est portée par des cellules qui passent au travers d'un filtre de 3 µm de porosité. Ces cellules sont essentiellement des cyanobactéries et des prochlorophytes.

Relations interspécifiques et groupements biogéographiques

À l'aide de traitements mathématiques appropriés, on a tenté de classer les espèces du phytoplancton en groupes composés d'espèces « associées », c'est-à-dire rencontrées souvent ensemble, ce qui laisse penser qu'elles présentent entre elles des affinités plus ou moins fortes ou encore qu'elles ont une préférence marquée pour le même type de milieu.

Pour définir les groupes, il a d'abord été nécessaire d'établir des matrices de corrélations interspécifiques indiquant les différents degrés d'association pouvant exister entre chaque espèce et toutes les autres restantes. Deux catégories d'indices ont été utilisées. Certains tiennent compte uniquement de la présence ou de l'absence de chaque espèce dans différentes récoltes : indice de Dice utilisé par DANDONNEAU (1971) et de Jaccard utilisé par REYSSAC et ROUX (1972). D'autres, comme celui de Bravais-Pearson, employé par REYSSAC et ROUX (*ibid.*) font intervenir l'abondance des espèces dans chaque prélèvement.

Plusieurs procédés ont ensuite été appliqués aux matrices d'association interspécifiques ainsi obtenues pour former les différents groupements : méthode de MARGALEF (1966) qui met en évidence les espèces formant le noyau de chaque groupe, transformation des coefficients de corrélation en distances pour visualiser la matrice et les différents niveaux de liaison, analyse en composantes principales, analyse des correspondances. Nous renvoyons aux travaux de ces auteurs pour le détail des techniques utilisées et nous nous limitons ici à rappeler les principaux résultats obtenus.

En comparant les groupes formés à partir de diverses méthodes de classification, REYSSAC et ROUX (1972) constatent que la composition des groupes en espèces est très différente d'une classification à l'autre. Qui plus est, dans une même classification, certaines espèces peuvent être rattachées à 2 ou 3 groupements. Il apparaît que les groupes définis ne sont pas indépendants les uns des autres mais s'interpénètrent plus ou moins étroitement. L'ensemble des espèces forme un système réticulé comprenant des noyaux d'association, sortes de nuages compacts autour desquels se trouvent des espèces « satellites » qui constituent un passage progressif d'un noyau à l'autre, c'est-à-dire d'un groupe à l'autre.

En fait, dans le phytoplancton, les associations ont un aspect réticulé, chaque espèce étant plus ou moins liée à la plupart des autres. REYSSAC et ROUX (1972) distinguent deux grands groupes biogéographiques qui s'individualisent nettement, chacun comportant des sous-groupes moins bien définis. L'un de ces grands groupements se compose d'espèces thermophiles, peu abondantes, qui s'accommodent d'une pénurie en éléments nutritifs. Elles peuvent être considérées comme caractéristiques des eaux guinéennes qui dominent en saison chaude. Il s'agit principalement de dinoflagellés (genre *Ceratium, Pyrocystis, Protoperidinium, Dinophysis*) mais on y rencontre aussi des diatomées d'eaux chaudes comme *Biddulphia sinensis* et *Hemiaulus membranaceus*.

L'autre grand groupement comprend des diatomées dont beaucoup sont ubiquistes. Elles sont typiques des poussées phytoplanctoniques qui accompagnent les upwellings (genres *Rhizosolenia, Bacteriastrum, Chaetoceros, Coscinodiscus*).

DANDONNEAU (1971) individualise 8 groupements qui apparaissent enchevêtrés les uns dans les autres. Il les relie à un contexte saisonnier précis : eaux d'upwelling jeunes (différents genres de diatomées représentés mais peu de *Chaetoceros*), eaux d'upwelling mûres (surtout des *Rhizosolenia*), apports terrigènes (nombreuses espèces de *Chaetoceros*), eaux guinéennes pauvres (dinoflagellés avec notamment des *Ceratium*, diatomées thermophiles comme *Hemiaulus indicus*). Enfin, un autre groupe est constitué d'espèces pérennes très tolérantes vis-à-vis des conditions du milieu.

Il faut souligner que, pendant la grande saison froide, l'auteur a pu distinguer les deux groupements qui sont liés aux deux processus de fertilisation qui sont alors presque simultanés. L'un, composé surtout de diatomées du genre *Rhizosolenia*, se rencontre dans des eaux froides et salées provenant des affleurements ; l'autre, qui comporte principalement des *Chaetoceros*, est lié aux eaux froides dessalées provenant des apports terrigènes.

La séparation de ces deux groupes, *a priori* difficile, en raison de la quasi-simultanéité des crues et des upwellings, a pu être réalisée grâce aux conditions particulières de la saison froide en 1968 : pluies continues et phénomène de résurgence très atténué. Ces conditions ont entraîné la présence de deux groupements riches en *Chaetoceros* que l'auteur relie aux apports terrigènes.

Conclusion

La diversité des situations hydrologiques le long de la Côte-d'Ivoire aboutit à une grande variété des peuplements phytoplanctoniques qui apparaît à la fois dans l'espace et le temps. Les variations quantitatives du phytoplancton suivent étroitement les modifications du milieu. Le maximum annuel se situe toujours en grande saison froide (juillet-octobre), pendant laquelle se produisent les upwellings qui sont ici les phénomènes les plus fertilisants. C'est au cours de cette saison que les proliférations de cellules se manifestent sur la plus grande longueur de la côte alors que, durant la petite saison froide du début de l'année, elles sont moins intenses et surtout plus localisées au domaine côtier.

Les diatomées, avec surtout les genres *Rhizosolenia* et *Chaetoceros*, sont caractéristiques de ces saisons froides, les *Chaetoceros* paraissant plus liés aux apports terrigènes, apports très enrichissants mais à un degré nettement moindre que les upwellings, à cause des volumes d'eau mis en œuvre (BINET, 1983).

La définition des groupes d'espèces associées liées à des conditions hydrologiques particulières a surtout abouti à situer les espèces en fonction de leurs préférences thermo-halines. Il serait donc intéressant d'entreprendre d'autre essais de classification faisant intervenir des données physico-chimiques plus complètes (nitrates, phosphates, silice, oligo-éléments et autres facteurs ayant une influence sur la croissance des algues planctoniques).

En Côte-d'Ivoire, les upwellings et les apports des fleuves, qui se produisent presque simultanément, entraînent une production assez élevée généralement de juin à novembre.

En saison chaude, il y a un appauvrissement considérable de la biomasse bien que des mouvements ascendants se produisent sporadiquement avec pour conséquence une multiplication plus active des cellules au niveau de la thermocline ou en surface. Les eaux, peu chargées en sels nutritifs, sont alors peuplées de dinoflagellés parmi lesquels les *Ceratium* sont particulièrement fréquents. La forte diversification de ces organismes, leur caractère pérenne, et la présence parmi eux d'un grand nombre de spécimens connus comme très nettement thermophiles, permettent de considérer la flore microplanctonique de Côte-d'Ivoire comme typiquement tropicale.

Comparer la productivité des eaux ivoiriennes à celles d'autres régions de l'ouest africain est encore assez hasardeux car les données actuellement disponibles proviennent souvent de méthodes d'estimation différentes et portent sur des périodes de durée très inégale. La production nette annuelle par m^2 sur le plateau continental ivoirien semble être d'une importance comparable à celle d'autres régions côtières de l'ouest africain : 86 et 169 g $C/m^2/an$ au large d'Abidjan (REYSSAC, 1970 ; DANDONNEAU, 1973) tandis que pour l'ensemble du plateau continental, DANDONNEAU (*ibid.*) fait une estimation de 94 à 221 g C/m^2an. Les résultats obtenus par les auteurs dans d'autres secteurs sont compris entre 122 et 153 g $C/m^2/an$, les plus fortes valeurs provenant des eaux mauritaniennes (200 g $C/m^2/an$) où les upwellings se manifestent plus longtemps et sont même quasi permanents dans le secteur du cap Blanc (REYSSAC, 1977).

Certes, en Côte-d'Ivoire, les affleurements sont assez limités dans le temps, mais les conditions oligotrophiques qui peuvent apparaître au cours des saisons chaudes sont toujours de courte durée (rarement plus de deux semaines). Exception faite pour la zone est du golfe ivoirien, la position haute de la thermocline dans la couche euphotique rend le milieu plus favorable au développement du phytoplancton de sorte qu'est évitée une mortalité massive des organismes phytoplanctonophages.

Une comparaison avec les résultats de REYSSAC (1971) dans la partie méridionale de la baie de Biafra et avec ceux de CORCORAN et MAHNKEN (1969) et de MAHNKEN (1969) entre la Guinée et le Liberia laisse penser que les eaux y sont beaucoup moins riches qu'en Côte-d'Ivoire. Cependant, des zones productives ont été observées au large de la Guinée Bissau et de la Guinée (SOROKIN et KLYASHTORIN *in* BESSONOV et FEDOSOV, 1965 ; SCHEMAINDA *et al.*, 1975). Ces derniers résultats, qui portent sur un nombre restreint de mesures, montrent qu'en dehors des zones d'upwelling, il peut y avoir des apports fertilisateurs (d'origine fluviale vraisemblablement) susceptibles d'entraîner une prolifération de phytoplancton.

Si l'on considère l'ensemble du golfe de Guinée, on constate que c'est actuellement dans les eaux ivoiriennes que les données qualitatives sur le phytoplancton sont les plus nombreuses. Elles permettent une bonne connaissance des variations saisonnières de ces organismes dans l'espace et le temps ainsi qu'une meilleure approche ou une meilleure compréhension des phénomènes qui régissent les autres niveaux de la chaîne trophique.

RÉFÉRENCES

BERRIT (G.R.), 1961.— Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. *Cah. Océanogr. CCOEC*, 13(10) : 715-727.

BESSONOV (N.M.) et FEDOSOV (M.V.), 1965.— Primary production in the shelf waters of the west african coast. *Okeanologia*, 5(5) : 877-883.

BINET (D.), 1983.— Phytoplancton et production primaire des régions côtières à upwellings saisonniers dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 331-355.

BRONGERSMA-SANDERS (M.), 1945.— The annual fish mortality near Walvis Bay (South West Africa), and its significance for paleontology. *Arch. neerland. Zool.*, 7 : 291-294.

BRONGERSMA-SANDERS (M.), 1948.— The importance of upwelling water to vertebrate paleontology and oil geology. *Verh. der Kon. nederl. Akad Afd. Nat.*, 2e sec., 45(4), 112 p.

CORCORAN (E.F.) et MAHNKEN (C.V.W.), 1969.— Productivity of the tropical Atlantic ocean. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 57-67.

DANDONNEAU (Y.), 1970.— Un phénomène d'eaux rouges au large de la Côte-d'Ivoire causé par *Gymnodinium splendens* Lebour. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 11-19.

DANDONNEAU (Y.), 1971.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. I- Groupes d'espèces associées. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(2) : 247-265.

DANDONNEAU (Y.), 1972a.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. II-Représentativité de l'eau de surface pour la description et pour l'interprétation des phénomènes dynamiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 10(3) : 267-274.

DANDONNEAU (Y.), 1972b.— Aspects principaux des variations du phytoplancton sur le plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 32-59.

DANDONNEAU (Y.), 1973.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. III- Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(4) : 431-454.

DANDONNEAU (Y.) et MÉNARD (H.), 1969.— Résultats des observations effectuées sur le plateau continental de Côte d'ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 12 p.

EPPLEY (D.W.), 1972.— Temperature and phytoplancton growth in the sea. *Fish. Bull.*, 70 : 1063-1085.

HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1977a.— Évaluation de la production primaire et de la chlorophylle à partir des données hydrologiques. Application au golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 8(1) : 73-84.

HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1977b.— Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4° W. V- Observations sur l'activité hétérotrophe. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(4) : 375-387.

LI (W.K.W.), SUBBA RAO (D.V.), HARRISON (W.G.), SMITH (J.C.), CULLEN (J.), IRWIN (B.), PLATT (T.), 1983.— Autotrophic picoplankton in the tropical ocean. *Science*, 219 (4582) : 292-295.

MAHNKEN (C.V.W.), 1969.— Primary organic production and standing stock of zooplankton in the tropical Atlantic ocean. Equalant I and II. *Bull. mar. Sci.*, 19(3) : 550-567.

MARGALEF (R.), 1956.— Información y diversidad especifica en las communidades de organismos. *Invest. Pesq.*, 3 : 99-106.

MARGALEF (R.), 1958.— Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In* : Perspectives in marine biology, Buzzati-Traverso ed., Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles : 323-347.

MARGALEF (R.), 1966.— Analisis y valor indicator de las communidades de fitoplankton mediterraneo. *Invest. Pesq.*, 30 : 429-482.

MARGALEF (R.), 1975.— Composición y distribución del fitoplancton marino en la region de afloramiento del NW de Africa, en marzo de 1973 (Campana Altor II del Cornide de Saavedra). Res. Exp. Cient. B/O Cornide, 4, Supl. *Invest. Pesq.* : 145-170.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.*, 3(2) : 1-30.

NELLEN (W. von), 1967.— Horizontale und verticale Verteilung der Planktonproduktion in Golf von Guinea und in angrenzenden Meeresgebieten während der Monate Februar bis Mai 1964. *Kjel Meeresforsch.*, 23(1) : 48-67.

PARÈDES (J.F.), 1962.— On a occurrence of red waters in the coast of Angola. *Mem. Jta. Invest. Ultramar.*, sér. 2, 33 : 87-114.

PIETERSE (F.) et VAN DER POST (D.C.), 1967.— The pilchard of South West Africa (*Sardinops ocellata*). Oceanographical conditions associated with red tides and fish mortalities in the Walvis Bay region. *Adm. S.W. Afr., Mar. Res. Lab., Invest. Rep.*, 14, 125 p.

REYSSAC (J.), 1966a.— Le phytoplancton entre Abidjan et l'équateur pendant la saison chaude. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2, 11 p.

REYSSAC (J.), 1966b. — Quelques données sur la composition et l'évolution annuelle du phytoplancton au large d'Abidjan (mai 1964 - mai 1965). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3, 31 p.

REYSSAC (J.), 1966c.— Diatomées et dinoflagellés des eaux ivoiriennes pendant l'année 1965. Variations quantitatives. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10, 22 p.

REYSSAC (J.), 1967.— Diatomées et dinoflagellés récoltés par le navire Ombango dans les parages de l'île Annobon. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 13, 14 p.

REYSSAC (J.), 1970.— Phytoplancton et production primaire au large de la Côte-d'Ivoire. *Bull. IFAN*, sér. A, 32(4) : 869-981.

REYSSAC (J.), 1971.— Contribution à la connaissance du phytoplancton de la côte occidentale d'Afrique (biogéographie, variations saisonnières, production primaire, structure des communautés, etc.). Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 98 + 32 p.

REYSSAC (J.), 1977.— Hydrologie, phytoplancton et production primaire de la baie du Lévrier et du banc d'Arguin. *Bull. IFAN*, sér. A, 39(3) : 487-554.

REYSSAC (J.), 1978.— Principales caractéristiques du phytoplancton marin dans les différentes provinces biogéographiques de l'Atlantique africain. *Vie Milieu*, sér. AB, 28-29(3) : 353-370.

REYSSAC (J.) et ROUX (M.), 1972.— Communautés phytoplanctoniques dans les eaux de Côte-d'Ivoire. Groupes d'espèces associées. *Mar. Biol.*, 13(1) : 14-33.

SCHEMAINDA (R.), NEHRING (D.), SCHULTZ (S.), 1975.— Ozeanologische Untersuchungen zum Production Potential des nord-west africanischen Wasserauftriebsregion 1970-73. *Geodätische u. Geophys. Veröff., 4(16)* : 4-88.

SILVA (E.S.), 1953.— Red water por *Exuviaella baltica* Lohm. com simultanea mortande de peixes nas aguas litorais de Angola. *Trab. Miss. Biol. marit.*, 4 : 73-84.

SOURNIA (A.), 1970.— Les cyanophycées dans le plancton marin. *Ann. biol.*, 9(1-2) : 63-76.

STEEMANN NIELSEN (E.) et JENSEN (A.), 1957.— Primary organic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. *Galathea rep.*, 1 : 49-136.

US NODC, 1964-1965.— Data report. Equalant I, II, III. *Intern. Coop. Invest. tropic. Atlantic Biol. Data, Washington*, sec. 4, I, 56 p. ; 2, 61 p.

US NODC, 1968.— Report of the Guinean Trawling Survey. Washington, *OUA, Scient. Tech. Res. Comm.*, Lagos, 99(3), 541 p.

VARLET (F.), 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Études éburn.* (IFAN), *7* : 97-222.

VOITURIEZ (B.) et HERBLAND (A.), 1981.— Primary production in the tropical Atlantic ocean mapped from oxygen values of Equalant 1 and 2 (1983). *Bull. mar. Sci.*, 31(4) : 853-863.

ZOOPLANCTON NÉRITIQUE DE CÔTE-D'IVOIRE

Denis BINET

Au cours des décennies 1960 et 1970, quelques études sur le zooplancton des zones côtières du golfe de Guinée ont été entreprises. BAINBRIDGE (1972), THIRIOT (1977), DESSIER (1981), BINET (1983) en ont résumé l'essentiel. On espérait alors que ces travaux conduiraient rapidement à une amélioration des connaissances permettant de mieux gérer les ressources halieutiques. Les résultats, plus complexes que l'on ne croyait, se sont révélés moins utiles pour la gestion à court terme que pour la compréhension des phénomènes à long terme.

Sur le plateau continental ivoirien, l'essentiel du travail de terrain a été mené de 1969 à 1975 dans le cadre du Projet de développement de la pêche pélagique côtière (FAO/PNUD/Côte-d'Ivoire), puis du Centre de recherches océanographiques d'Abidjan (ORSTOM/Côte-d'Ivoire). Quelques observations antérieures (SEGUIN, 1970) et postérieures (LE BORGNE et BINET, 1979) complètent cet ensemble de travaux (BINET, 1977a, 1979). Il repose essentiellement sur les récoltes hebdomadaires puis bihebdomadaires de la station côtière de Vridi (à proximité d'Abidjan) ainsi que sur une trentaine de campagnes mensuelles, couvrant le plateau, du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes.

Diverses analyses : mesures de biomasse, dénombrement taxonomiques ou spécifiques, conduisent à des résultats complémentaires. Le texte suivant tente de rassembler en une synthèse l'ensemble des connaissances actuelles sur la région.

Variations spatio-temporelles des biomasses

En dépit de leur simplicité, les mesures globales (biovolumes sédimentés ou par déplacement, biomasses, effectifs totaux des grands taxons), beaucoup plus aisées qu'une analyse taxonomique, permettent d'appréhender les facteurs dynamiques de la production et de la répartition planctonique (BINET 1976d et 1972).

VARIATIONS SAISONNIÈRES ET INTERANNUELLES À LA STATION CÔTIÈRE

On schématise un profil de variations saisonnières en calculant une série annuelle composite, à partir des valeurs moyennes de chaque quinzaine. La variabilité à plus court terme est ainsi lissée. L'« année moyenne » obtenue par ce calcul (figure 1) montre des quantités de plancton modérées en janvier-février (petite saison froide), décroissantes de mars à juin (grande saison chaude), augmentant rapidement de juillet à fin août (grande saison froide) et diminuant à nouveau du mois d'octobre à la fin de l'année (petite saison chaude). Les copépodes constituent, de loin, l'essentiel de la biomasse. Leur effectif suit le même schéma de variation à deux nuances près : l'accroissement qui se produit lors de la petite saison froide est plus important que celui des biomasses et le maximum de grande saison froide commence plus tôt (en juin) et se termine plus tard (octobre).

Tout se passe comme si les remontées d'eaux froides entraînaient un accroissement de biomasse, proportionnel à leur intensité : faible en petite saison froide et fort en grande saison froide. Durant les saisons chaudes, les pertes en zooplancton (sédimentation, prédation, advection) ne sont pas compensées par la production primaire, dite de régénération, et l'ensemble de l'écosystème s'appauvrit. Néanmoins, ce schéma n'explique pas pourquoi il existe fréquemment deux maxima en saison froide. Le second pic, le principal, se produit en septembre, lorsque les remontées d'eaux s'atténuent, ou même en octobre, quand elles ont totalement cessé d'être perceptibles devant Abidjan.

On peut supposer que les quantités de zooplancton sont proportionnelles à celles du phytoplancton quelques semaines auparavant. On sait que le nombre d'œufs émis par les copépodes est fonction de la richesse trophique du milieu. La survie des stades larvaires varie vraisemblablement de la même façon. En effet, on observe des corrélations hautement significatives entre les diverses mesures de zooplancton et la densité de cellules phytoplanctoniques de la même quinzaine ou de la quinzaine antérieure, si on considère l'ensemble des observations, toutes saisons confondues.

Mais les analyses faunistiques (p. 178 et suivantes) montrent que les peuplements et leurs dynamiques diffèrent d'une saison à l'autre. Il est donc logique de supposer que la relation entre phyto- et zooplancton n'est pas constante durant toute l'année. On refait donc le même calcul en distinguant les quinzaines de saison chaude de celles de saison froide (selon que la température à 10 m est supérieure ou inférieure à 24 °C). Il en ressort que les corrélations sont beaucoup plus faibles, souvent non significatives, en saison froide.

Pour tester plus directement l'influence des upwellings sur les quantités de zooplancton, on calcule la corrélation entre biovolumes et températures à 10 m. Les corrélations sont toutes plus élevées qu'entre biovolumes et nombre de cellules phytoplanctoniques. L'abondance du zooplancton est mieux prédite par la

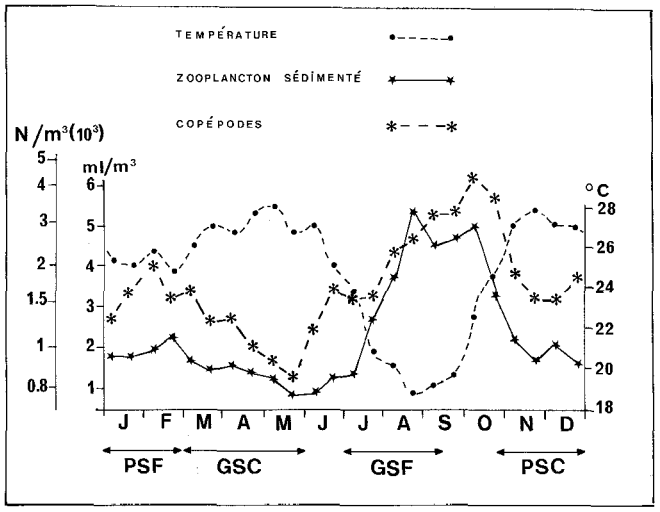


Figure 1
Température à 10 m, biovolume sédimenté de zooplancton et effectif total de copépodes à la station côtière d'Abidjan au cours d'une année moyenne (1969-1975).
D'après BINET (1977a).

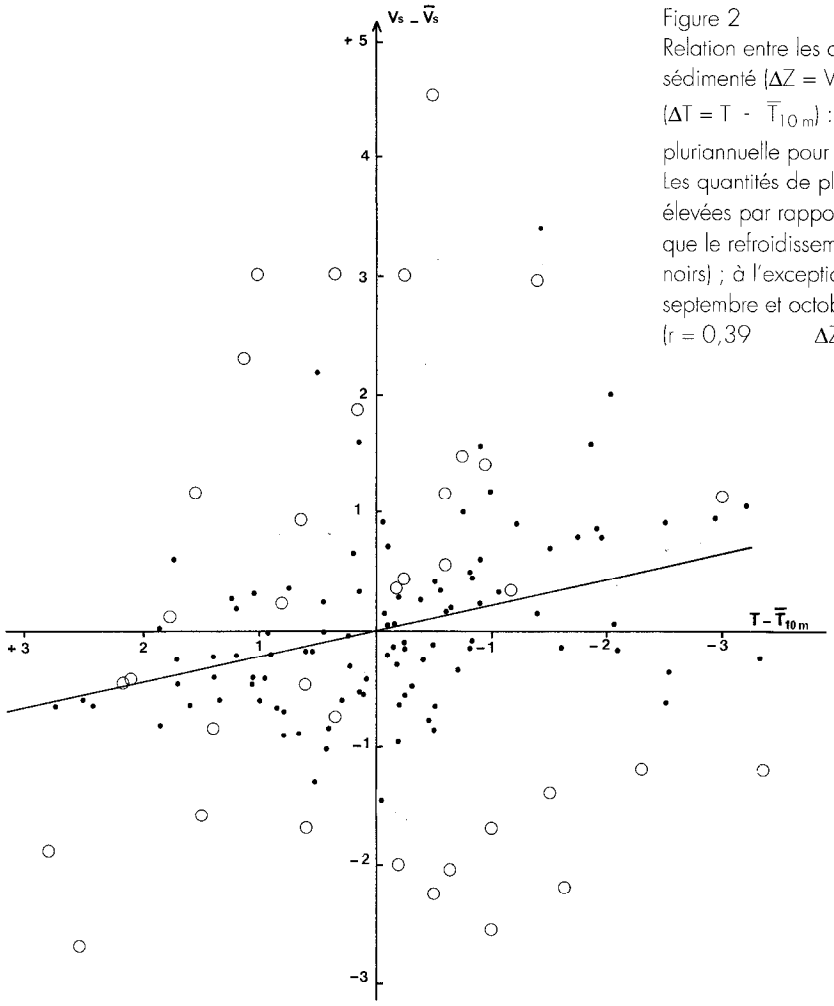


Figure 2
Relation entre les anomalies de zooplancton sédimenté ($\Delta Z = Vs - \overline{Vs}$) et de température ($\Delta T = T - \overline{T}_{10\,m}$) : écarts à une moyenne pluriannuelle pour chaque quinzaine.
Les quantités de plancton sont d'autant plus élevées par rapport à la moyenne pluriannuelle que le refroidissement est plus intense (points noirs) ; à l'exception des mois d'août, septembre et octobre (cercles).
($r = 0,39$ $\Delta Z = -0,218\ \Delta T - 0,0093$)

température que par les effectifs phytoplanctoniques, ce qui semble paradoxal ! Cela signifie vraisemblablement que la variance des données phytoplanctoniques est supérieure à celle du zooplancton, probablement parce que les distributions spatio-temporelles sont différentes.

La corrélation entre zooplancton et refroidissement est forte pour l'ensemble des données et même pour celles de saison chaude uniquement. En revanche, si on ne considère que les observations de saison froide, les corrélations sont plus faibles, pas toujours significatives. On le montre en supprimant la tendance saisonnière, c'est-à-dire en représentant les anomalies (écarts à la moyenne) des biomasses par rapport aux températures, durant la même quinzaine (figure 2). La corrélation entre ces résidus est significative, à l'exception des mois d'août, septembre et octobre. On doit donc nuancer le modèle précédent : les quantités de zooplancton sont proportionnelles aux refroidissements lorsque ceux-ci interrompent la saison chaude, c'est-à-dire lorsqu'il y a apport de sels nutritifs à un milieu qui en est très dépourvu (petites saisons froides, début de grande saison froide). Mais, au-delà d'un certain refroidissement, les biovolumes de plancton n'augmentent plus avec l'intensité des résurgences. Le facteur limitant la biomasse secondaire n'est plus l'apport en sels nutritifs profonds.

L'examen de la série pluriannuelle, de 1969 à 1980 (figure 3), suggère l'existence d'une autre source de variation : l'hydraulicité des fleuves (rapport du débit observé au débit moyen). Lorsque les débits sont normaux, l'influence fluviale passe inaperçue parce que la crue des grands fleuves (Bandama, Comoé) coïncide avec la fin de la saison des upwellings (septembre, octobre). En revanche, durant les années les plus sèches (1972, 1976, 1978), les biomasses planctoniques restent modestes, en grande saison froide.

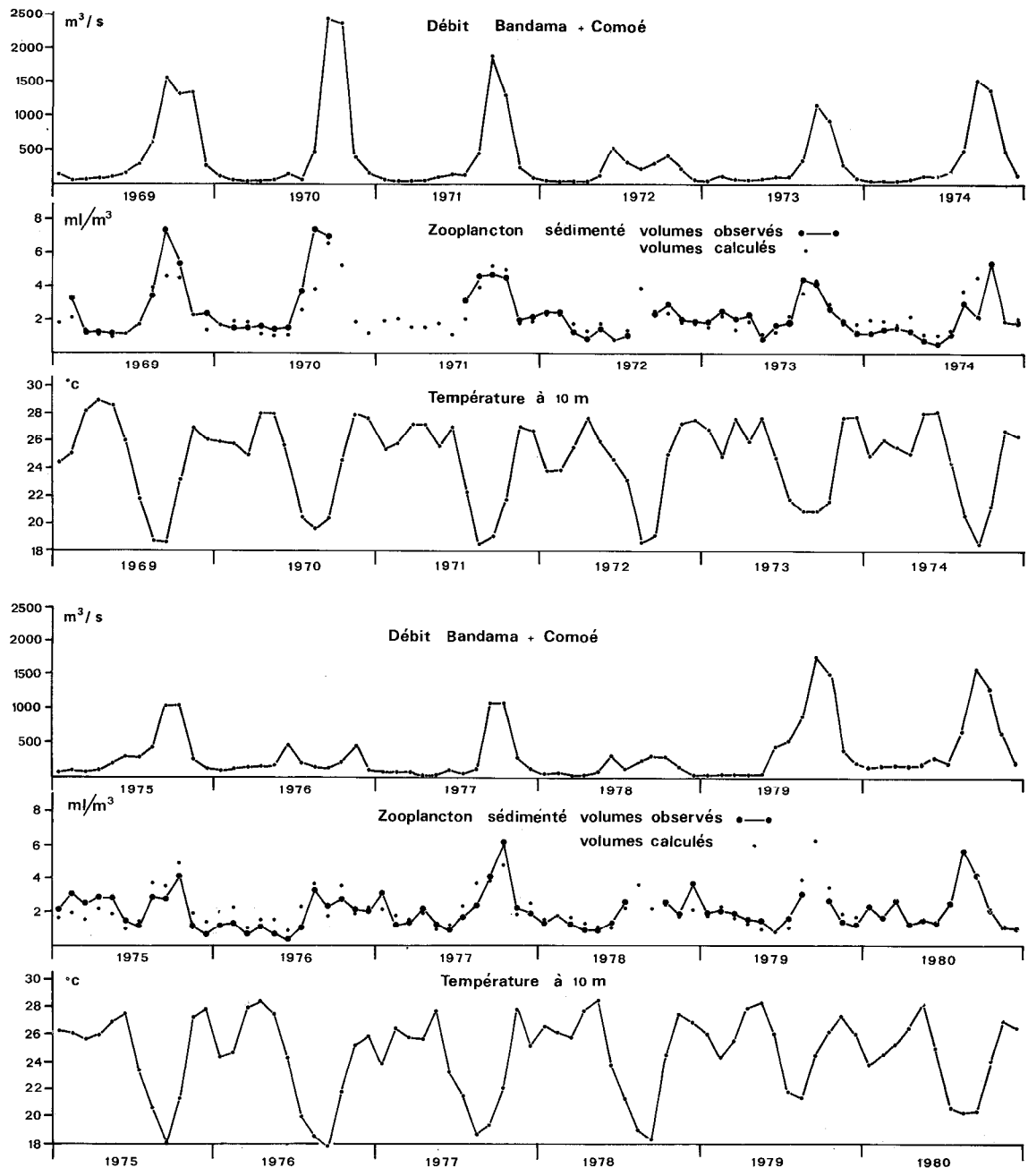


Figure 3

De haut en bas : débits des fleuves Bandama et Comoé à Tiassalé et M'Basso (données du Service hydrologique de Côte-d'Ivoire), zooplancton sédimenté à la station côtière d'Abidjan, température à 10 m à la station côtière (données du Centre de recherches océanographiques d'Abidjan).
Les volumes de plancton calculés le sont au moyen des régressions du tableau I.

On peut formaliser ces remarques en calculant des régressions multiples entre le zooplancton, la température et les débits fluviaux. Étant donné la diversité des peuplements et des dynamiques saisonnières, on observe le meilleur ajustement avec une série de 12 régressions mensuelles ($r = 0,84$ pour $n = 118$), (tableau I).

TABLEAU I

Paramètres des régressions multiples entre les moyennes mensuelles de biovolume sédimenté (Z), de température à 10 m (T), et de débit des fleuves Bandama et Comoé (D)

Mois	B_1	$\overline{T}$ (°C)	B_2	$\overline{D}$ ($m^3.s^{-1}$)	$\overline{Z}$ ($ml.m^{-3}$)	R^2
Janvier	- 0,231	25,3	$-0,172.10^{-2}$	61,0	1,86	0,18
Février	- 0,249	25,3	$0,636.10^{-3}$	60,6	2,07	0,08
Mars	- 0,110	26,2	$-0,276.10^{-2}$	55,7	1,53	0,19
Avril	- 0,275	27,1	$0,340.10^{-2}$	58,9	1,60	0,37
Mai	- 0,244	27,6	$0,283,10^{-2}$	97,6	1,27	0,24
Juin	$-0,364.10^{-1}$	25,4	$-0,101.10^{-2}$	261,9	1,03	0,15
Juillet	- 0,237	22,0	$-0,238.10^{-2}$	198,6	1,87	0,31
Août	- 0,123	19,7	$0,839.10^{-3}$	426,1	3,81	0,01
Septembre	0,245	19,1	$0,180.10^{-2}$	1 234,2	4,08	0,52
Octobre	- 0,429	23,2	$0,142.10^{-2}$	938,9	3,93	0,66
Novembre	$-0,370.10^{-1}$	27,0	$0,376.10^{-3}$	403,3	1,90	0,14
Décembre	- 0,433	26,6	$-0,477.10^{-2}$	113,3	1,90	0,19

Chaque régression s'écrit $Z = B_1(T - \overline{T}) + B_2(D - \overline{D}) + \overline{Z}$. R^2, carré du coefficient de corrélation multiple, est la proportion des variances extraites par chaque régression. D'après BINET (1983).

VARIATIONS SAISONNIÈRES DES DISTRIBUTIONS VERTICALE ET RÉGIONALE

Quatre séries de prélèvements nycthéméraux, à proximité d'Abidjan, en septembre, décembre, mai et juin (BINET, 1975, 1976a, b, c, 1978, 1983) ont montré que, au-delà des migrations verticales entre le jour et la nuit (figure 4), il existe des répartitions verticales moyennes, propres à chaque saison (figure 5).

En saison froide, la densité phytoplanctonique diminue la transparence et la production phytoplanctonique se situe dans les eaux superficielles (DANDONNEAU, 1973). En saison chaude, la couche superficielle homogène est épuisée en sels nutritifs et la production primaire n'a pratiquement lieu qu'au niveau de la thermocline, à la faveur d'une diffusion turbulente des sels infrathermoclinaux. Le maximum de zooplancton se trouve toujours à une profondeur voisine de celle du phytoplancton : dans les 10 ou 20 premiers mètres en saison froide (juin-septembre) et vers 25 ou 30 m en saison chaude (décembre-mai). Maxima de phyto- et zooplancton se situent donc à proximité ou sous la thermocline (figure 5).

Au mois de juillet, en début de grande saison froide, les remontées d'eaux sont très actives dans l'ouest. Le courant de Guinée atteint 20 m d'épaisseur et une vitesse de 0,7 m/s (LEMASSON et REBERT, 1973), (tableau III). Aussi les zones les plus riches en plancton sont-elles décalées d'une centaine de milles à l'est des upwellings les plus actifs (figure 6). Au mois d'août, la vitesse et l'épaisseur du courant superficiel diminuent, une plus grande partie des zooplanctontes est prise dans le courant profond et ramenée vers l'ouest. Les teneurs en plancton sont élevées sur l'ensemble du plateau.

Le développement du plancton s'effectue dans un panache d'upwelling qui dérive vers l'est en s'écartant donc légèrement de la côte. Ce schéma d'advection coïncide avec les observations suivantes (BINET, 1972, 1979) :

1° près de la côte, le maximum zooplanctonique annuel apparaît avec un retard croissant d'ouest en est, (un mois d'écart entre les secteurs les plus orientaux et la région de San Pedro - Sassandra) ; l'amplitude de ce pic s'atténue d'ouest en est également (figure 8) ;

2° les plus fortes concentrations planctoniques, dans l'ensemble de la couche d'eau, ne se situent pas à la côte - comme il est courant - mais au milieu du plateau, particulièrement à l'ouest d'Abidjan (figure 6) ;

3° le maximum de zooplancton est souvent plus profond au-dessus des fonds de 60 m, que près de la côte et aux accores (figure 7).

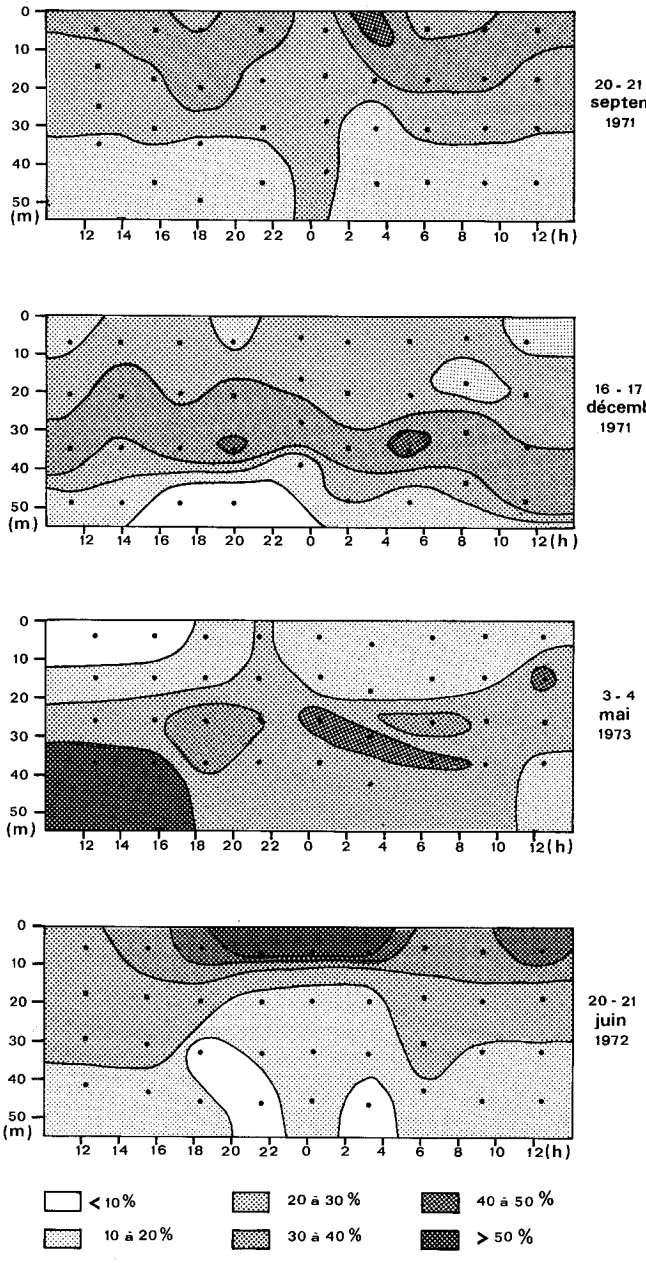


Figure 4 : Migrations nycthémérales en différentes saisons, au large de Grand-Bassam. Les quantités de zooplancton sont exprimées aux différentes profondeurs en pourcentage du volume sédimenté total de chaque série de récoltes. Les points matérialisent l'heure et la profondeur moyennes des récoltes. L'isotherme 24 °C (proche de la thermocline) est situé aux profondeurs suivantes :
24 m en décembre 1971 (petite saison chaude),
30 m en mai 1973 (grande saison chaude),
18 m en juin 1972 (début de la grande saison froide)
Il est inexistant en septembre 1971 (fin de la grande saison froide).
D'après BINET (1972).

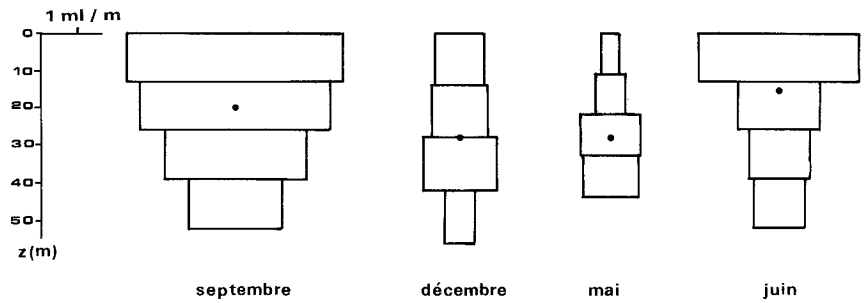


Figure 5
Migration saisonnière au large de Grand-Bassam. Répartitions verticales moyennes du zooplancton sédimenté pendant 24 h.

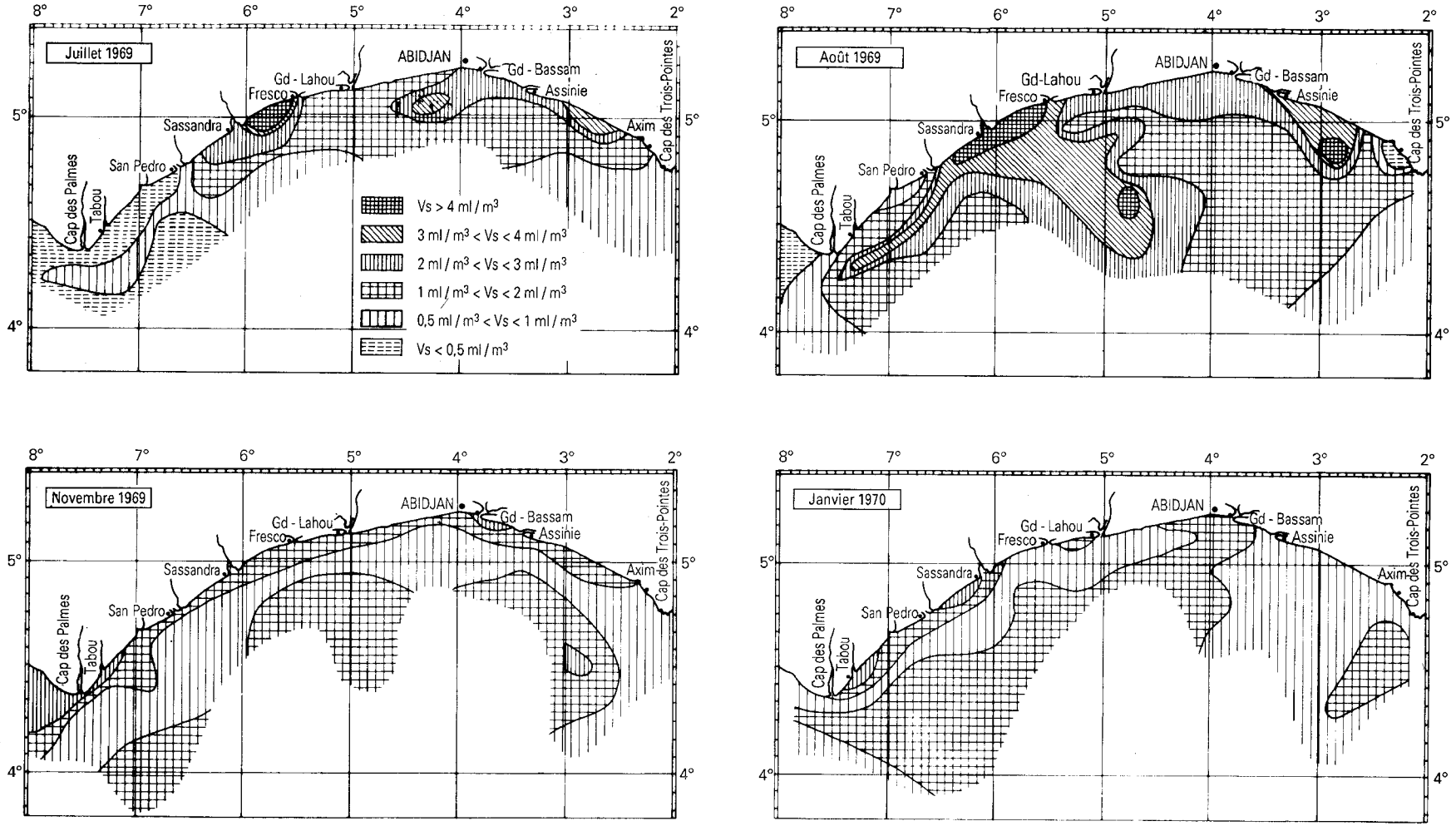


Figure 6

Répartition des biovolumes sédimentés de zooplancton (ml/m³) recueilli au cours de quelques campagnes « PK » , en traits obliques au filet ICITA : 22 au 28 juillet 1969, 19 au 24 août 1969, 19 au 23 novembre 1969, 16 au 23 janvier 1970.

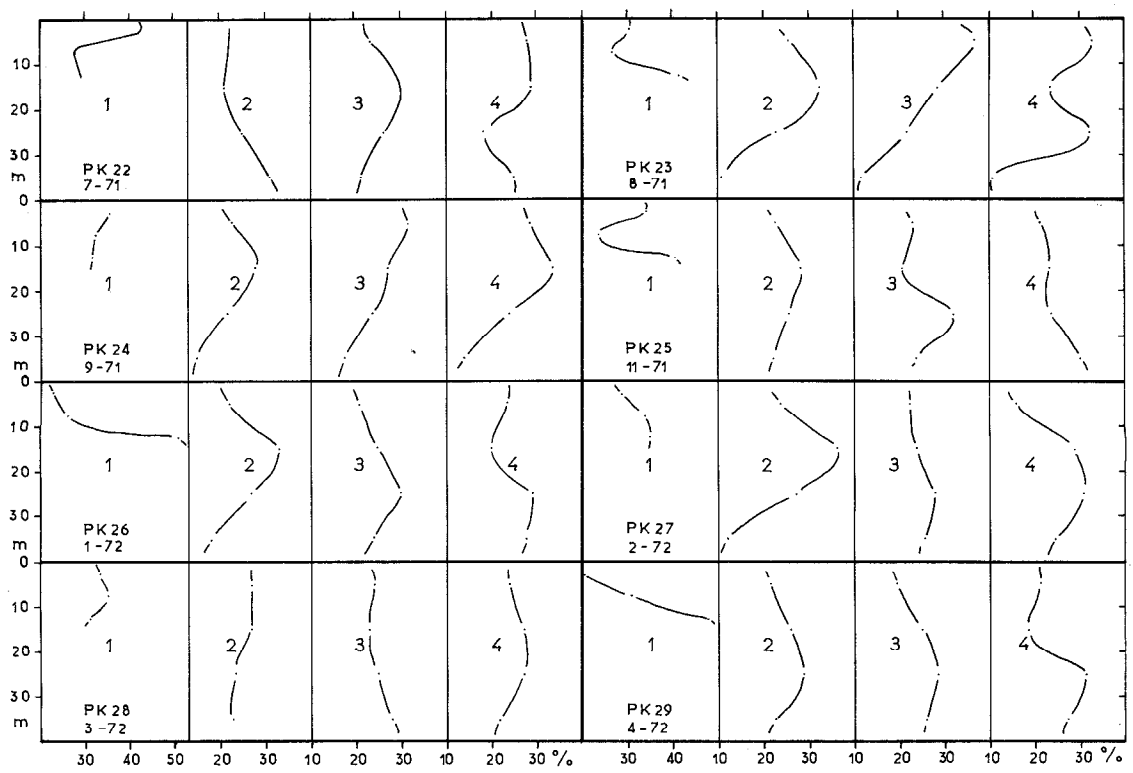


Figure 7
Variation saisonnière de la répartition verticale des biovolumes, exprimée en pourcentage de la biomasse de toute la colonne d'eau. Moyennes des 5 secteurs de longitude, aux quatre stations échelonnées de la côte à l'extérieur du plateau. Stations 1 : fonds de 20 m, stations 2 : fonds de 60 m, stations 3 : fonds de 200 m, stations 4 : 5 milles plus au sud (année 1971-1972).

Les observations 1 et 2 sont conformes à l'existence d'un affleurement d'eaux profondes avec enrichissement en plancton, entre 6 et 7°W, puis dérive vers l'est et appauvrissement progressif. En général, les plus fortes densités de plancton sont situées près de la côte, sauf pendant les mois d'août, septembre et octobre où l'advection superficielle vers le large est la plus rapide, et ne laisse pas au plancton le temps de se développer sur place.

Les observations 2 et 3 confortent l'hypothèse d'une convergence au milieu du plateau, émise par Morlière et Rebert (1972), mais non confirmée depuis.

La situation de grande saison froide se maintient sensiblement en septembre. L'ensemble du golfe ivoirien connaît alors les teneurs en plancton les plus élevées. Puis, en octobre, les upwellings s'interrompent, les dernières eaux remontées sont bloquées dans l'ouest par une inversion du courant de surface, et les quantités de zooplancton décroissent légèrement. Le déclin se confirme nettement en novembre, sur l'ensemble du plateau, à l'exception d'une frange côtière dont la richesse pourrait être attribuée aux panaches des fleuves en crue.

Lorsque les résurgences se réaniment dans l'ouest, au cours des petites saisons froides, on observe un accroissement des quantités de zooplancton près des remontées d'eaux. Cet enrichissement se manifeste plus ou moins loin selon l'intensité de la résurgence (figure 6).

En grande saison chaude, toute la région est uniformément pauvre. L'enfoncement du zooplancton vers le large accompagne celui de la thermocline et entraîne donc un appauvrissement de la couche superficielle.

Le schéma proposé ci-dessus s'applique à l'ensemble du plateau et des accores, depuis le front de Tabou jusqu'au cap des Trois-Pointes. Les eaux libériennes, toujours chaudes et dessalées, sont séparées des upwellings de la région de Tabou par un front halin ou thermo-halin (Morlière et Rebert, 1972).

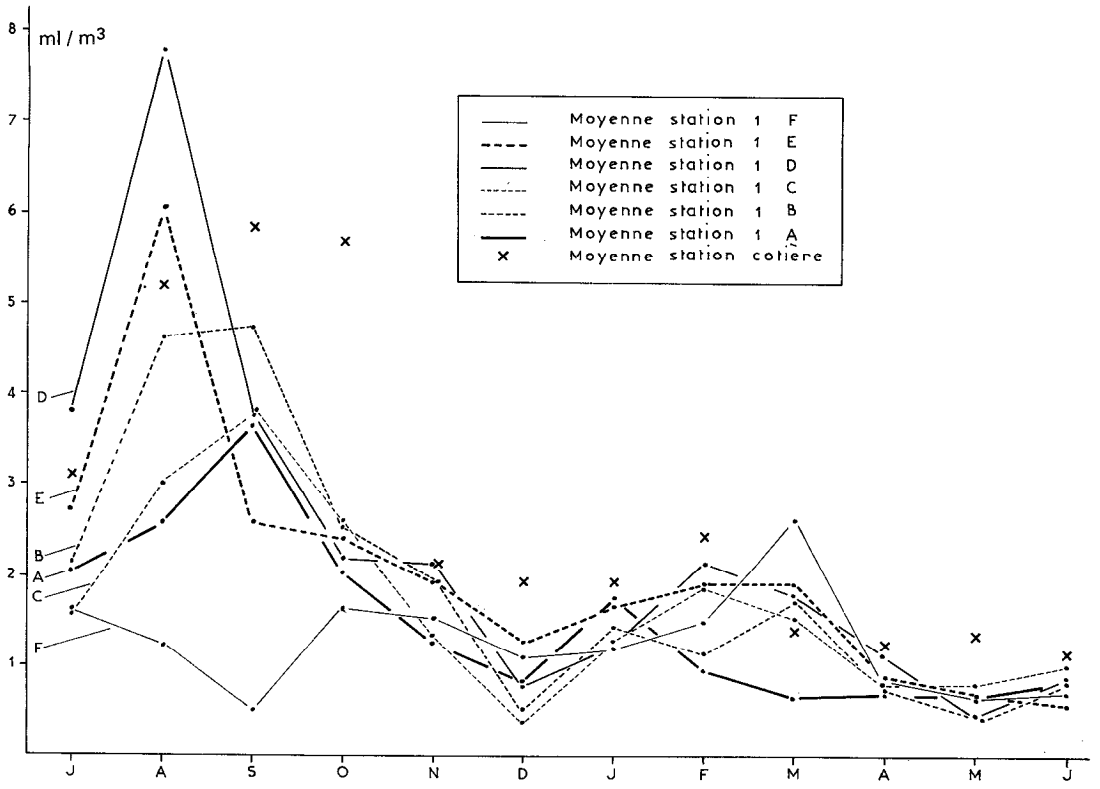


Figure 8

Moyennes mensuelles (1969-1972) des biovolumes sédimentés, aux stations 1, situées au-dessus de fonds de 20 m, par secteurs d'un degré de longitude. Secteur A : 2-3 °W, secteur B : 3-4 °W, secteur C : 4-5 °W, secteur D : 5-6 °W, secteur E : 6-7 °W, secteur F : 7-8 °W.

La station côtière d'Abidjan (x) est presque située entre les secteurs B et C. Le pic de saison froide est atténué et retardé d'un à deux mois, d'ouest en est, comme si le foyer de production était situé dans l'ouest du golfe ivoirien et que les biomasses décroissaient progressivement au cours de leur advection vers l'est par le courant de Guinée. A l'ouest du front de Tabou (secteur F), en dehors des upwellings, les fluctuations saisonnières sont complètement différentes.

La dynamique du plancton y est différente : les biovolumes y sont les plus faibles en septembre et les plus élevés en mars (figure 8), alors que c'est en août (de 5 à 7 °W) et en septembre (2 à 5 °W) que se produit le maximum aux autres stations.

Bilan de l'étude des biomasses, comparaisons

Les récoltes de l'ensemble des campagnes permettent de calculer une biomasse moyenne de zooplancton au-dessus du plateau continental, dans la couche 60 m - surface, de la côte jusqu'aux accores (Binet, 1972, 1976d). La conversion des volumes sédimentés en poids secs donne 0,91 t/km^2 pour la zone littorale et 2,16 t/km^2 pour l'ensemble du plateau. En admettant une teneur en carbone de 37,7 % (Le Borgne, 1975), on obtient une valeur moyenne de 0,34 t C/km^2 dans la zone côtière. Malgré la somme d'incertitudes qui frappe ce calcul, l'ordre de grandeur du résultat est intéressant car il montre que la quantité de carbone immobilisée par le zooplancton est voisine de celle assimilée chaque jour par la production primaire : 0,46 t C/km^2/j (Dandonneau, 1973).

C'est à la fin de la saison froide que sont observées les plus fortes quantités de plancton après que se soient produits les upwellings les plus intenses, alors que les apports terrigènes, drainés par les fleuves en crue, sont les plus importants. Lorsque cessent les arrivées de sels nutritifs dans les eaux superficielles, la production primaire ne dispose plus que des sels dits de régénération. La biomasse de phytoplancton décroît

pendant la saison chaude et il en est de même pour la biomasse secondaire. Cet appauvrissement progressif est momentanément interrompu par les résurgences des petites saisons froides, dans l'ouest du golfe.

Le maximum planctonique se produit entre juillet et septembre ; c'est, en Côte-d'Ivoire, la saison froide et celle des pluies. Il en est de même pour toute la côte comprise entre le cap des Palmes et Lagos, qui connaît un régime analogue d'alternance d'upwellings et de périodes stables. Il semble que dans les régions de stabilité, (Guinée, Sierra Leone), le pic de plancton se situe après les saisons de crues (BAINBRIDGE, 1960a, 1972).

Avec toutes les mises en garde que justifient la variété des échantillonnages, on peut tenter quelques comparaisons avec d'autres régions d'Afrique occidentale (BINET, 1983b). A la station côtière d'Abidjan le volume par déplacement est en moyenne 0,37 ml/m^3, valeur presque identique aux 0,35 ml/m^3 de la station côtière de Freetown (BAINBRIDGE, 1960a) où il n'existe pourtant aucun upwelling. Dans l'ensemble du golfe ivoirien, de la côte aux accores, la biomasse moyenne est 0,27 ml/m^3. Ce biovolume se situe entre les valeurs du plateau congo-gabonais (0,12 ml/m^3), (DESSIER, 1981) et celles du plateau sénégambien (0,52 ml/m^3), (TOURÉ, 1972).

Étude des peuplements

PRINCIPAUX TAXONS

Les peuplements planctoniques sont très diversifiés, avec néanmoins une dominance de copépodes. Il arrive parfois que les ostracodes (principalement *Euconchoecia chierchiae*) atteignent des effectifs équivalents ou même supérieurs (BINET, 1977b). Le tableau II donne un classement des divers taxons observés à la station côtière, par abondance décroissante.

TABLEAU II

Effectif moyen des principaux taxons à la station côtière. Moyennes calculées après transformation log^2, pondération par quinzaine et transformation inverse [1]

TAXONS	EFFECTIFS (par m^3)
Copépodes	1 730
Ostracodes	142
Appendiculaires	108
Chaetognathes	94
Véligères de lamellibranches	17,8
Limacina spp.	17,6
Lucifer faxonii	14,3
Calycophores	12,5
Véligères de gastéropodes	10,5
Penilia avirostris	8,07
Larves de décapodes natantia et anomoures	7,03
Dolioles	5,20
Amphipodes	5,16
Creseis spp.	5,06
Polychètes larves et adultes	4,35
Cirripèdes nauplii et cypris	2,05
Larves de décapodes brachyoures	2,30
Salpes	1,90
Hydroméduses	1,69
Evadne tergestina	0,88
Desmopterus papilio	0,86
Atlanta spp.	0,80
Mysidacés	0,34
Euphausiacés	0,12

[1] La transformation log^2 a été effectuée sur les effectifs par 10 m^3, sauf pour les copépodes (transformation sur les effectifs par m^3) et les euphausiacés (transformation sur les effectifs par 100 m^3).
D'après BINET (1977b).

Pour schématiser les variations saisonnières des grands groupes taxonomiques, on a constitué une année composite. C'est une moyenne de toutes les observations réalisées à la station côtière entre 1969 et 1974, calculée sur les logarithmes au carré des effectifs. Une analyse en composantes principales est effectuée sur une matrice de type R (corrélations entre $\log^2$ des taxons), (BINET, 1977b). La projection des points-taxons sur le plan des deux premiers axes montre trois groupes qui correspondent à différents types de variations saisonnières.

Le premier groupe rassemble la plupart des taxons : copépodes, siphonophores calycophores, méduses d'hydraires, *Penilia avirostris* (cladocère), véligères, larves de polychètes et de cirripèdes, hétéropodes (*Atlanta* spp.) et ptérododes (*Limacina* spp.), amphipodes, dolioles (figure 9), chaetognathes et appendiculaires. Leurs variations saisonnières sont caractérisées par deux maxima inégaux. Le premier a lieu en petite saison froide (janvier ou février) et le second, le plus important, en grande saison froide (août à octobre). La plupart des taxons suivent évidemment le même profil de variations que la biomasse totale.

Le second groupe ne comprend que les salpes, un ptéropode (*Desmopterus papilio*), et un cladocère (*Evadne tergestina*). On note encore les deux pics d'abondance, mais leur importance respective est inversée, le plus important se situe en janvier ou février et le second entre août et octobre.

Le troisième groupe ne rassemble que des crustacés supérieurs : larves de décapodes, benthiques pour la plupart (anomoures, macroures, brachyoures), *Lucifer faxonii*, mysidacés et euphausiacés. Ces crustacés passent par trois maxima : février, juin et octobre-décembre (figure 10).

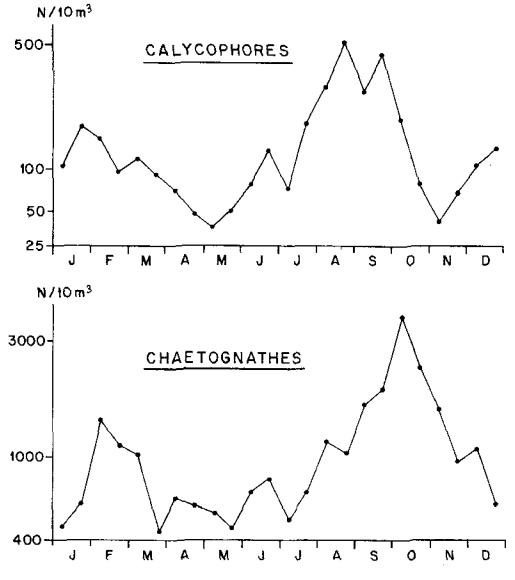


Figure 9
Variations saisonnières moyennes, au cours d'une année composite (1969-1974) : taxons du 1er groupe. Ils montrent deux principaux maxima au cours de l'année, lors des petite et grande saisons froides. Le second maximum se prolonge lors de la saison des crues. Un léger accroissement des effectifs se produit pendant la saison des pluies (juin).

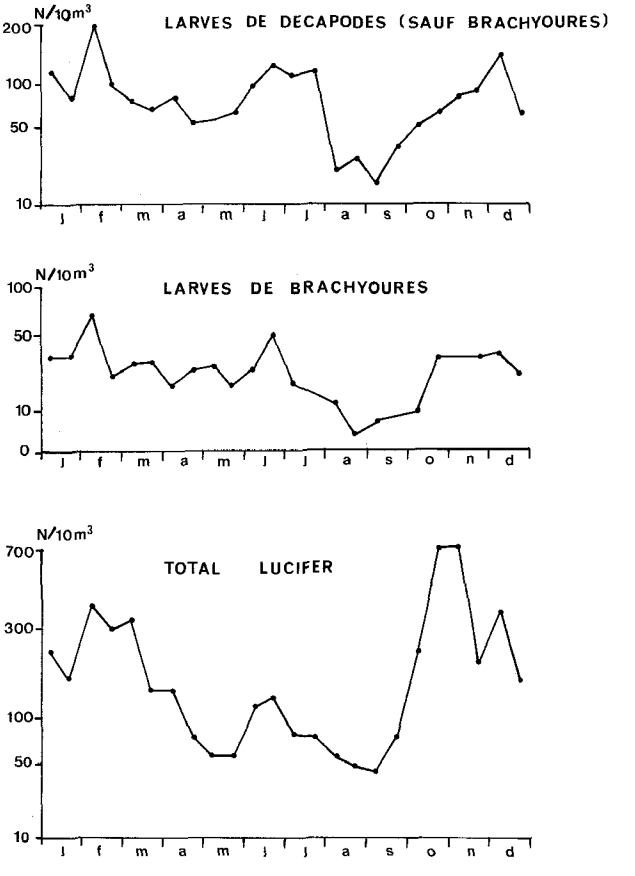


Figure 10
Variations saisonnières moyennes, au cours d'une année composite (1969-1974) : taxons du 3e groupe. Ils montrent 3 maxima au cours de l'année, lors de la petite saison froide et au cours des première et deuxième saisons de décharges (respectivement la saison des pluies et la saison des crues). Ils ont la particularité d'être peu abondants pendant la grande saison froide.

TABLEAU III
Récapitulatif des principaux éléments de l'hydroclimat
D'après BINET (1979)

	Juin	Juillet	Août	Septembre
Précipitations	Grande saison des pluies dans le sud		Saison sèche dans le sud fortes pluies dans le nord	
Hydrographie	Crues des fleuves côtiers			Crues de tous les fleuves
Upwellings	+ +	+ + + + + + + + +		+ + +
Dessalure	+ + +			
Masse d'eau en surface	Froide et dessalée	Froide et salée		
Saisons hydrologiques	SD 1		GSF	
Courant de Guinée :				
hauteur (m)	20		10	
vitesse (nœud)	1,4		0,4	
Sous-courant ivoirien (nœud)	Proche de la côte : 0,8		Loin de la côte : 0,3	
Production primaire nouvelle	+ +	+ +	+ + +	+ + + +
Production primaire de régénération	+	+	+	+

GSF, PSF, grande et petite saison froide. GSC, PSC, grande et petite saisons chaudes.

La plupart des taxons suivent donc des variations d'effectif calquées sur les enrichissements en phytoplancton. Le cas des crustacés supérieurs est plus intéressant. Il est probablement révélateur d'une faune d'affinités tropicales qui ne peut se reproduire en pleine saison froide, mais qui évite néanmoins de libérer un trop grand nombre d'œufs en saison chaude, car celle-ci est oligotrophe. Les conditions optimales seraient réunies lors des enrichissements de petites saisons froides et lors des enrichissements qui accompagnent les deux périodes de crues (juin et septembre-octobre).

La projection des points de récoltes (moyennes par quinzaines), dans l'espace factoriel, montre que des « saisons écologiques », définies par leur composition faunistique, correspondent bien aux saisons hydrologiques (tableau III). La grande saison froide est séparée du reste de l'année dans le premier plan de l'analyse (axes I-II). Dans le plan des axes II-III (figure 11), la saison chaude est au centre du diagramme et les première et seconde saisons de décharge, petite et grande saisons froides, apparaissent chacune dans un quadrant.

COPÉPODES

Ils ont été l'objet de dénombrements spécifiques et l'analyse qui en a été faite confirme les facteurs écologiques et le découpage des saisons vu ci-dessus.

Facteurs écologiques

Les cycles de récoltes 1969-1970 et 1972-1973 ont été soumis à des analyses des correspondances (BINET, 1973, 1978), dont les résultats simplifiés sont présentés figure 12. On retrouve les oppositions entre grande saison froide et saisons chaudes, première et seconde saison de décharge. La principale différence entre les deux années est liée à l'existence d'un réchauffement passager au cours de la saison froide 1973. Une analyse regroupant toutes les observations met en évidence des gradients saisonniers et annuels. L'axe I oppose la grande saison froide aux autres saisons, c'est le gradient thermique saisonnier. L'axe II sépare les saisons froides 1969 et 1973, c'est la différence de refroidissement d'une année à l'autre. L'axe III met en évidence le mois de juin 1973 ; en effet, le filet utilisé cette année 1973 récolte mieux les espèces de petite taille, dont certaines sont apportées par les effluents lagunaires lors des premières pluies.

Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Petite saison des pluies dans le sud			Saison sèche			« Tornades »	
				Étiage			
+		+	+ +	+ +	+	+	
+ +	+ +						
	Chaude et dessalée			Chaude et salée parfois froide et salée		Chaude et salée	
SD 2	PSC			PSF		GSC	
Repoussé au large	15			10		30	
	0,5			0,5 irrégulier		1	
Surface : 0,8	Talus : 0,3		Côtier souvent en surface : 0,6			Aux accores : 0,4	
+ + +	+ +		+	+			
+	+	+	+	+	+	+	+

SD 1, SD 2, première et seconde saisons de décharge.

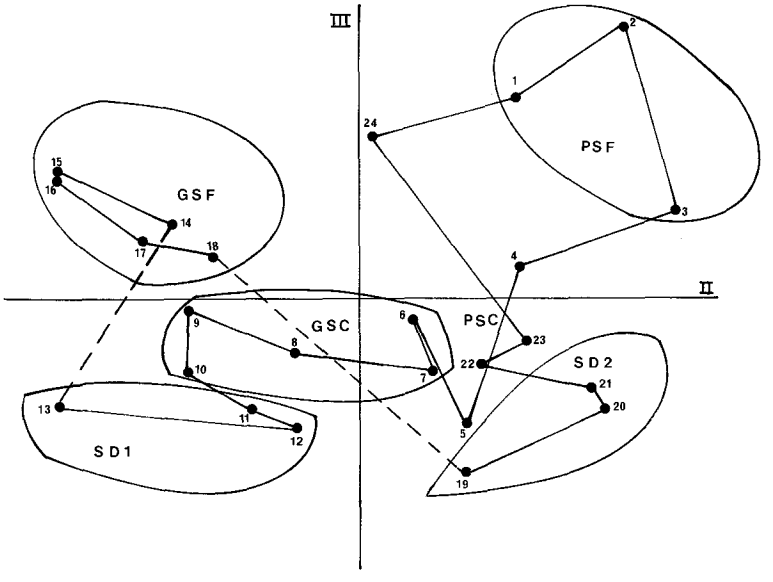


Figure 11
Analyse en composantes principales des corrélations entre taxons. Les chiffres représentent les projections des 24 quinzaines de l' « année moyenne » . PSF, GSF : petite et grande saisons froides, PSC, GSC : petite et grande saison chaude, SD 1, SD 2 : première et seconde saisons de décharge. Les tirets figurent les « coupures écologiques ». Plan des axes II et III. D'après BINET (1977a).

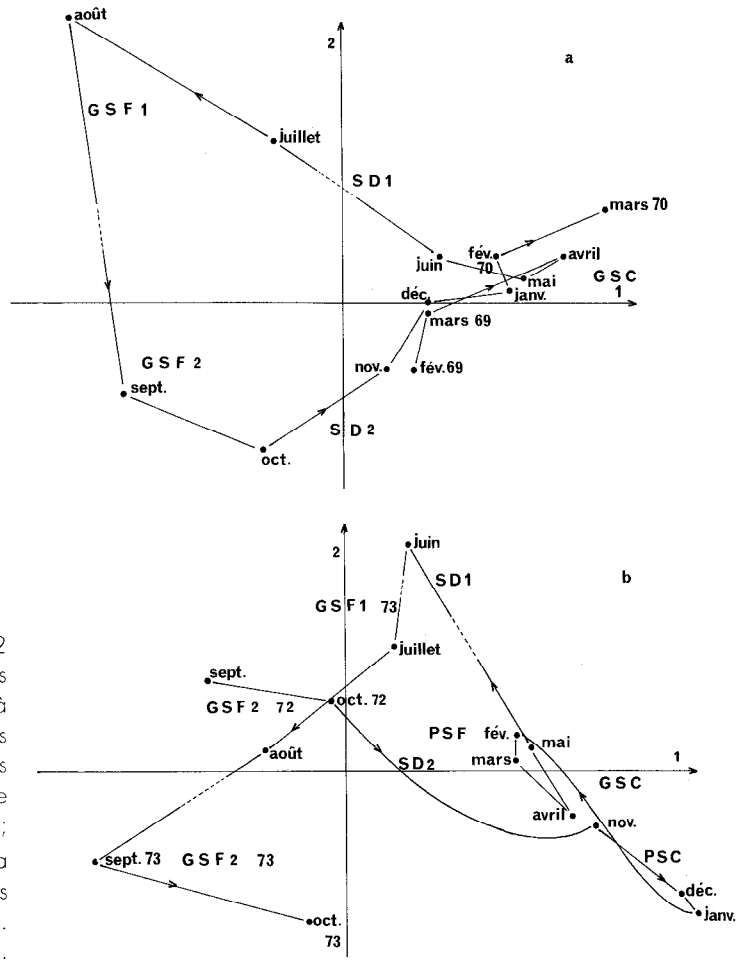


Figure 12
Analyse des correspondances des variations saisonnières des copépodes à la station côtière. Projection des barycentres mensuels des observations dans le plan des axes 1 et 2. a) Cycle 1969-1970 ; b) cycle 1972-1973 ; GSF1 et GSF2 : 1re et 2nde parties de la grande saison froide. Autres abréviations identiques à celles de la figure 11. D'après BINET (1978).

Il ressort de ces analyses que les facteurs responsables des variations saisonnières et interannuelles des peuplements sont apparemment : deux paramètres thermiques, l'un lié directement à la valeur de la température, l'autre à sa dérivée (refroidissement ou réchauffement) et un ou deux facteurs halins (salure et dessalure). D'une façon moins triviale, on peut exprimer ces facteurs écologiques en termes d'enrichissement :

— l'alternance saison froide-saison chaude correspond au passage d'une production nouvelle à une production de régénération. Le premier type de production dépend des sels nutritifs des upwellings, le second dépend de l'excrétion et d'un début de décomposition du plancton ;

— la séparation entre le début et la fin de la saison froide est une distinction entre les périodes de refroidissement et celles de réchauffement, soit encore entre les flux croissants et décroissants de sels nutritifs d'origine profonde ;

— l'opposition entre saisons froides et saisons de décharge correspond à une différence entre apports profonds et apports telluriques ;

— les deux saisons de décharge se distinguent par leur type d'apports terrigènes ; la crue de juin est celle des fleuves côtiers, celle de septembre-octobre concerne les grands fleuves ; étant donné la végétation respective des bassins versants, les effluents déversés par la première crue proviennent de forêt et ceux de la seconde crue proviennent de savane.

Groupes d'espèces associées

Parmi les espèces pérennes, beaucoup sont eurythermes et on les récolte n'importe quand. Cependant, la plupart des zooplanctontes passent par des maxima d'abondance dénotant une affinité saisonnière.

Les analyses multivariables permettent de distinguer un certain nombre de peuplements liés aux saisons décrites ci-dessus. Dans l'énumération suivante des peuplements qui se succèdent à la station côtère, on ne citera que les espèces de copépodes les plus typiques.

Quand la saison chaude est bien établie à la côte - couche homogène au-dessus d'une thermocline profonde et bien marquée, vers 30 ou 40 m - on observe le peuplement des eaux tropicales. Sa présence dans les eaux côtières montre une influence hauturière. On y trouve : *Undinula vulgaris, Paracalanus aculeatus, Clausocalanus furcatus, Euchaeta marina, Centropages furcatus, Acartia danae, Farranula gracilis.* Liées à des eaux oligotrophes, ces espèces ne sont jamais abondantes ; elles disparaîssent totalement en saison froide.

Lors des crues lagunaires, notamment en juin, on observe à la station côtière quelques éléments d'un peuplement néritique mal défini. *Acartia clausi* est ainsi rejeté en mer avec les effluents de la lagune. *Pseudodiaptomus serricaudatus* possède aussi des affinités saumâtres ; on le trouve dans les eaux froides, légèrement dessalées, du mois de juin. *Paracalanus parvus* et *Paracalanus scotti* sont des espèces opportunistes qui peuvent coloniser les eaux très côtières, notamment lors des saisons de décharge.

Début juillet, lorsque les remontées d'eaux se déclenchent à proximité de la station côtière d'Abidjan, on y rencontre soudainement un grand nombre d'espèces océaniques d'origine infrathermoclinale. Les plus caractéristiques sont : *Euaetideus giesbrechti, Paivella inaciae, Euchaeta hebes, Scolecithrix bradyi, Scolecithricella ctenopus, Scolecithricella tenuiserrata, Scolecithricella dentata, Temoropia mayumbaensis, Pleuromamma gracilis, Lucicutia gemina, Haloptilus longicornis, Oithona setigera, Agetus flaccus, Agetus limbatus, Urocorycaeus furcifer.* Les espèces de ce peuplement subthermoclinal océanique, vraisemblablement inadaptées aux conditions néritique et superficielle, sont rapidement éliminées à l'exception de deux d'entre elles.

Ces copépodes, *Calanoides carinatus* et *Eucalanus monachus,* issus de profondeurs supérieures à 500 m, au voisinage du talus continental, colonisent rapidement l'ensemble du plateau, à la faveur du bloom phytoplanctonique qui se développe alors. Ils représentent (surtout *Calanoides carinatus*) un peuplement pionnier de grande saison froide.

Mais, dès que s'amorce le réchauffement (fin août), leurs effectifs régressent et il se produit un développement d'espèces plus petites (*Centropages chierchiae, Temora turbinata*). Peu à peu ces espèces font place à celles de saison chaude, déjà mentionnées.

Structure des peuplements

On utilise, pour décrire cette structure, la répartition des effectifs entre les espèces (diversité) et la proportion des différentes catégories trophiques (herbivores, omnivores, carnivores). Le cycle 1969-1970, beaucoup plus régulier que celui de 1972-1973, est pris comme exemple.

Durant la grande saison chaude la diversité est élevée, le pourcentage de carnivores atteint presque 50 %. Pendant la période qui précède l'établissement de la saison froide, l'alternance d'eaux issues de la lagune et d'eaux d'upwellings entraîne des variations rapides de la diversité : chute avec les apports continentaux, augmentation avec les apports profonds. Lorsque les espèces subthermoclinales sont éliminées, la faune a les caractéristiques d'un peuplement jeune, à faible diversité, constitué presque uniquement d'herbivores. Il évolue en quelques semaines vers une maturité, marquée par une croissance de la diversité et de forts effectifs d'omnivores et de carnivores.

Au début de la saison chaude, les effectifs diminuent mais la diversité reste élevée. De façon un peu surprenante, le pourcentage d'herbivores augmente, peut-être à la faveur de la seconde saison de décharge, puis des upwellings passagers de petite saison froide.

Les peuplements sont fréquemment perturbés par l'instabilité hydrologique : résurgences au milieu de la saison chaude, interruption des remontées d'eaux au cours de la saison froide, décharges fluviales qui mèlent leurs influences à celles des eaux profondes... Quelle qu'en soit la cause (modification de l'environnement ou transports advectifs), il est difficile de trouver des régularités dans l'évolution des peuplements en dehors de la grande saison froide. Mais, lors de celle-ci, le développement rapide des herbi-

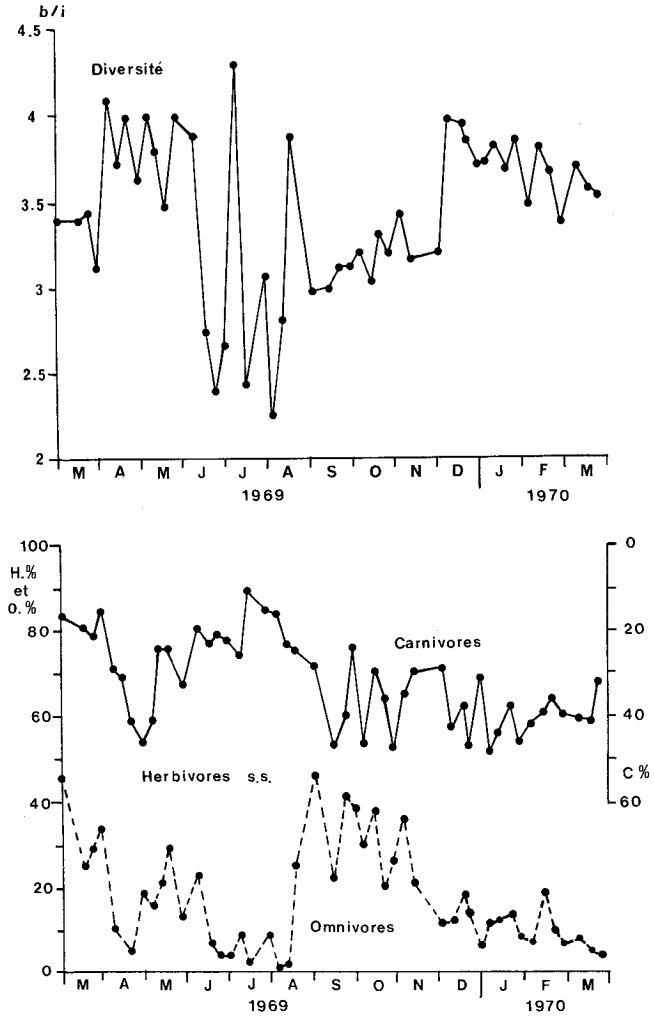


Figure 13
Station côtière 1969-1970 : variations saisonnières de la diversité (indice de Shannon-Wiener) et de la proportion des différentes catégories trophiques des copépodes.

vores (notamment *Calanoides carinatus*) au moment du bloom phytoplanctonique, suivi de leur remplacement par des omnivores (*Temora turbinata, Centropages chierchiae*) en fin de saison, est tout à fait caractéristique et a d'ailleurs été également observé sur le plateau congolais (DESSIER, 1981).

Évolution des peuplements sur l'ensemble du plateau

Les échantillons récoltés par traits verticaux en trois stations, situées au-dessus de fonds de 30, 50 et 200 m, pendant l'année 1969-1970, sont décrits par des analyses factorielles ainsi que par l'algorithme de l'ALM (agglomération des points récoltes selon leurs distances minimales), (ROUX *et al.*, 1973 ; BINET, 1978). Les évolutions saisonnières des populations aux deux stations du plateau sont assez voisines. Ces populations sont, en général, très différentes de celles des accores.

Il convient de nuancer cette appréciation par des considérations sur les gammes de profondeur échantillonnées. Les récoltes aux accores proviennent de la couche 200 m - surface, par conséquent les populations supra- et infrathermoclinales y sont mélangées. La diversité y est presque toujours supérieure, notamment à cause du plus grand nombre d'espèces présentes. La fréquence des espèces carnivores est un peu plus élevée que dans les eaux côtières, conformément à ce que l'on sait des eaux profondes.

Lorsqu'il existe un puissant facteur uniformisant, remontée d'eaux profondes en saisons froides, ou extension des eaux fluviales en période de crue, les différences de diversité entre stations sont minimales.

Les divergences entre les évolutions des populations du plateau et des accores pourraient tenir aussi aux caractéristiques de la circulation. La superposition du courant de Guinée et du sous-courant ivoirien se

retrouve de la côte au proche large. Cependant, le noyau du sous-courant est situé, en moyenne, aux accores, vers 50 m de profondeur (MORLIÈRE et REBERT, 1972). Il s'ensuit que les transports advectifs des peuplements ne sont pas identiques à la côte et au large et que les mélanges de population sont les plus forts là où le gradient vertical de courant est le plus élevé.

Stratégies adaptatives trophiques et démographiques

Dans ces eaux tropicales, soumises à une forte instabilité hydrologique, diverses stratégies démographiques et trophiques se sont développées. L'examen des cycles biologiques et des répartitions verticales en montre quelques-unes.

CYCLES BIOLOGIQUES

La plupart des espèces planctoniques au large de la Côte-d'Ivoire sont pérennes, elles se reproduisent tout au long de l'année. Les exceptions concernent les espèces sténothermes. Les plus thermophiles restent strictement inféodées aux eaux tropicales (*Undinula vulgaris, Nannocalanus minor, Centropages furcatus, Farranula gracilis*) et disparaissent pendant la saison froide. Sauf s'il se produit un réchauffement exceptionnel, avec interruption de l'upwelling et retour en surface des eaux tropicales, comme en 1973. Les autres espèces, qui n'apparaissent au-dessus du plateau qu'en saison froide (*Calanoides carinatus, Eucalanus monachus*...) font au contraire partie de la faune infrathermoclinale.

On peut donc distinguer trois types de cycles biologiques, selon que l'espèce est présente et se reproduit toute l'année, en saison chaude ou en saison froide. On n'a pas observé d'espèce, à l'état adulte ou subadulte, en état de repos génital au-dessus du plateau. Tout se passe comme si les espèces qui ne peuvent plus assurer leur reproduction, parce qu'elles se trouvent en dehors de leurs limites physiologiques, étaient éliminées des eaux côtières ivoiriennes.

La ponte d'une femelle de copépode peut s'étaler sur plusieurs semaines, le nombre d'œufs émis variant brutalement ou non durant l'activité génitale (*in* HIRCHE, 1980). Une émission d'œufs continue rend évidemment difficile la distinction des cohortes chez les espèces pérennes. Néanmoins, à la station côtière, une diminution de l'effectif des adultes accompagne généralement l'apparition des stades larvaires, laissant penser que la plus grande partie des adultes ne survit pas à la ponte et que durée de vie d'une cohorte et temps de génération sont sensiblement confondus. Parmi la douzaine d'espèces chez qui les stades copépodites ont été dénombrés, les cohortes se suivent rapidement à des intervalles allant de 16 à 27 jours (BINET, 1977c).

La plupart des copépodes se reproduisent donc toutes les 2 à 4 semaines et leur durée de vie n'excéderait guère ces limites. Chez *Lucifer faxonii* (crustacé décapode), les cohortes se suivent à un intervalle de 2 à 5 semaines (BINET, 1976a). Chez les ostracodes, on note des pics d'abondance - correspondant vraisemblablement à des cohortes - toutes les 3 à 4 semaines (BINET, 1975).

La reproduction sexuée est la plus courante parmi les animaux holoplanctoniques. Certains taxons alternent cependant reproduction sexuée et asexuée. Ainsi, lors des phases de multiplication rapide, les thaliacés (salpes et dolioles) se reproduisent par bourgeonnement. Cette multiplication asexuée permet une reproduction très rapide lors de blooms phytoplanctoniques (LE BORGNE, 1983). HERON (1972) a montré que la durée de génération d'une salpe, inférieure à deux jours en conditions favorables, est parmi les plus rapides de tous les métazoaires. La reproduction par parthénogénèse des cladocères (*Penilia avirostris, Evadne* sp.) permet aussi une exploitation rapide du milieu, quand il s'y prête. Les essaims de dolioles en saison froide, de *Penilia avirostris*, dans les eaux enrichies par les crues ou les upwellings, sont vraisemblablement constitués par multiplication ou reproduction asexuée.

MIGRATIONS VERTICALES

Il est bien connu que la distribution verticale des zooplanctontes est très affectée par les phases de lumière et d'obscurité. Cette répartition diffère d'une saison à l'autre et n'est pas homogène pour les différents stades d'une même espèce. Les résultats suivants s'appuient sur des répartitions verticales, moyennes obtenues par un échantillonnage de 24 h (BINET 1975, 1976b, c, d, 1977b, c, 1978).

Migrations nycthémérales

Quatre périodes nycthémérales ont été échantillonnées lors de nuits sans lune : en décembre 1971, juin et septembre 1972, mai 1973. Le nombre d'espèces en présence, certains mouvements advectifs au cours de l'échantillonnage, rendent complexe une interprétation globale. L'utilisation d'analyses factorielles, avec remplacement de certains groupes de récoltes par leur barycentre, facilite la représentation de ces observations (BINET, 1978).

D'une façon générale, on constate que les caractères « profond » et « nocturne » sont liés et s'opposent aux caractères « superficiel » et « diurne ». Schématiquement, la répartition verticale est peu modifiée au cours des nycthémères de saisons froides, alors qu'elle l'est davantage pendant les saisons chaudes. Durant les saisons froides, une proportion voisine de chaque espèce migre, aussi la structure des peuplements reste-t-elle à peu près inchangée d'une profondeur à l'autre bien qu'un grand nombre d'individus migrent. Au contraire, en saison chaude il y a une opposition très nette entre les espèces migrantes et les sédentaires ; aussi les structures factorielles diurnes et nocturnes diffèrent-elles nettement, bien que la migration ne concerne que peu d'individus.

La présence d'une thermocline forte et profonde en saison chaude, son absence en saison froide expliquent ces disparités. En effet, le peuplement suprathermoclinal de saison chaude est constitué pendant le jour d'espèces épipélagiques (Pontellidés) et d'espèces thermophiles tropicales (*Undinula vulgaris, Calocalanus pavo, Oncaea media, Corycaeus speciosus, Farranula gracilis*). Au crépuscule, des espèces issues des couches profondes parviennent au-dessus de la thermocline et s'y maintiennent pendant la nuit. Il s'ensuit une forte modification du peuplement superficiel.

Ces résultats sont cohérents avec la théorie de MC LAREN (1963), selon laquelle le bénéfice tiré de la migration verticale résulte de l'économie énergétique réalisée par le métabolisme. En effet, des animaux poïkilothermes dépensent moins d'énergie dans les couches profondes, plus froides. Suivant ce principe, la migration devrait être maximale en saison chaude, puisqu'en saison froide les eaux sont relativement homothermes. En saison froide, la migration vers la surface riche en phytoplancton se comprend aisément. En revanche, on ne voit pas l'avantage trophique que procure une incursion au-dessus de la thermocline et du maximum phytoplanctonique en saison chaude. La migration pourrait alors avoir une fonction démographique : reproduction (émission d'œufs près de la surface), maintien de la population dans une région donnée (compensation de l'advection due à un courant par un autre)...

Déplacements saisonniers

Les répartitions verticales de saisons chaude et froide ne sont pas les mêmes. Les médianes des distributions verticales sont proches de la surface en saison froide et s'enfoncent au cours des saisons chaudes. La répartition des biovolumes le résume bien (figure 5).

Ces différences saisonnières ne concernent pas les mêmes individus, car il s'écoule entre deux échantillonnages un intervalle de temps supérieur à la durée de vie d'un planctonte. Les profils saisonniers de répartitions verticales indiquent le temps passé par les individus d'un même taxon à diverses profondeurs. D'une façon générale, la plupart des taxons passent plus de temps dans les couches superficielles en saison froide qu'en saison chaude. Le phénomène est visible pour la plupart des espèces examinées : copépodes (*Temora turbinata, Temora stylifera, Centropages chierchiae, Euchaeta paraconcinna*, etc.), larves méroplanctoniques, ostracodes et cladocères, thaliacés.

Ces caractéristiques ont des conséquences trophiques et métaboliques. En toutes saisons, les zooplanctontes demeurent plus de temps dans les couches riches en phytoplancton ; en saison chaude, ces organismes poïkilothermes limitent la durée d'exposition à des températures élevées et donc la dépense énergétique induite.

Migrations ontogéniques

Au cours de son existence, un planctonte ne vit pas toujours à la même profondeur. La migration ontogénique est celle qui concerne le déplacement moyen de stades successifs d'un même individu. C'est un phénomène courant en milieu pélagique.

Quand la distribution verticale des adultes et des stades larvaires n'est pas identique, on observe généralement un enfoncement au cours du développement, qu'on appellera migration ontogénique descendante (figure 14). Chez un certain nombre de grands copépodes herbivores (*Calanoides carinatus, Undinula vulgaris, Eucalanus pileatus, Eucalanus crassus, Eucalanus monachus*) les premiers stades vivent dans des couches superficielles ; les stades âgés sont plus profonds. Parmi les espèces omnivores, de taille plus petite (*Temora turbinata, Temora stylifera, Centropages chierchiae*), le phénomène est peu sensible. La seule espèce, chez qui une migration ontogénique ascendante (stades âgés plus superficiels que les jeunes) ait été observée, est carnivore (*Euchaeta paraconcinna*). La migration ontogénique n'est pas l'apanage des copépodes ; on a observé une migration descendante, très nette, chez *Lucifer faxonii* : les stades mastigopus et adultes vivent plus profondément que les stades zoés et mysis, (BINET, 1976b).

CALANOIDES CARINATUS

Cette espèce habite d'autres régions tropicales soumises à des upwellings saisonniers : nord-ouest de l'océan Indien (SMITH, 1982), Australie (TRANTER, *comm. pers.*) et tout le plateau continental de l'ouest africain (BAINBRIDGE, 1960a, b, 1972 ; BINET et DESSIER, 1971 ; BINET, 1973 ; HIRCHE, 1980 ; BRENNING, 1985). Le cycle biologique de *Calanoides carinatus* devant la Côte-d'Ivoire (BINET et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE, 1975), très original, a été également analysé sur la côte congolaise (PETIT et COURTIES, 1976 ; PETIT, 1978, 1982) et ghanéenne (MENSAH, 1974a et b). Ce cycle se rapproche d'ailleurs de celui des *Calanus* des eaux tempérées et diffère fortement de ceux examinés ci-dessus.

Au début de la saison froide, des adultes apparaissent au-dessus du plateau avec les premières remontées d'eaux froides. Ils sont rapidement dispersés sur l'ensemble du golfe ivoirien et donnent naissance à une première cohorte qui colonise la région. Quatre à six générations se succèdent. *Calanoides carinatus* peut constituer 40 à 90 % des effectifs de copépodes. Cette dominance est obtenue grâce à un comportement migratoire qui permet à l'espèce de minimiser les pertes advectives et d'exploiter au mieux les possibilités trophiques.

En juillet, la dérive vers l'est des premiers stades copépodites est très rapide. En août, l'épaisseur du courant de surface diminue, le transport vers l'est est moins rapide, on observe même que les stades les plus âgés s'étendent plus à l'ouest que les stades jeunes. En effet, la répartition verticale des différents stades (moyenne sur 24 h), montre un enfoncement progressif du premier au dernier stade copépodite. Autrement dit, les premiers stades sont entièrement soumis au courant de Guinée et dérivent vers l'est, tandis qu'une partie importante des stades CIV et surtout CV sont ramenés vers l'ouest par le sous-courant ivoirien. Les variations respectives de vitesse et d'épaisseur de ces deux courants expliquent les différences de répartition au cours de la saison froide.

Lorsque les upwellings cessent, durant le mois d'octobre, la reproduction s'interrompt et les adultes disparaissent. Seuls demeurent quelques CIV et CV de la dernière génération dans la région centrale. Ils s'enfoncent, aux accores, au-dessous de 500 m. Pendant toute la saison chaude, on trouve des CV en profondeur, au large du talus ; ils sont chargés d'un gros globule lipidique dans la tête, témoin des réserves accumulées dans la zone euphotique. Leur nombre diminue au cours de la saison chaude. Ils peuvent réapparaître au-dessus du plateau, en petit nombre, lors d'upwellings sporadiques, mais leur développement avortera alors. Ce n'est qu'au début de la grande saison froide suivante que ces CV, issus des profondeurs, donnent naissance à une nouvelle génération qui reconstitue le stock.

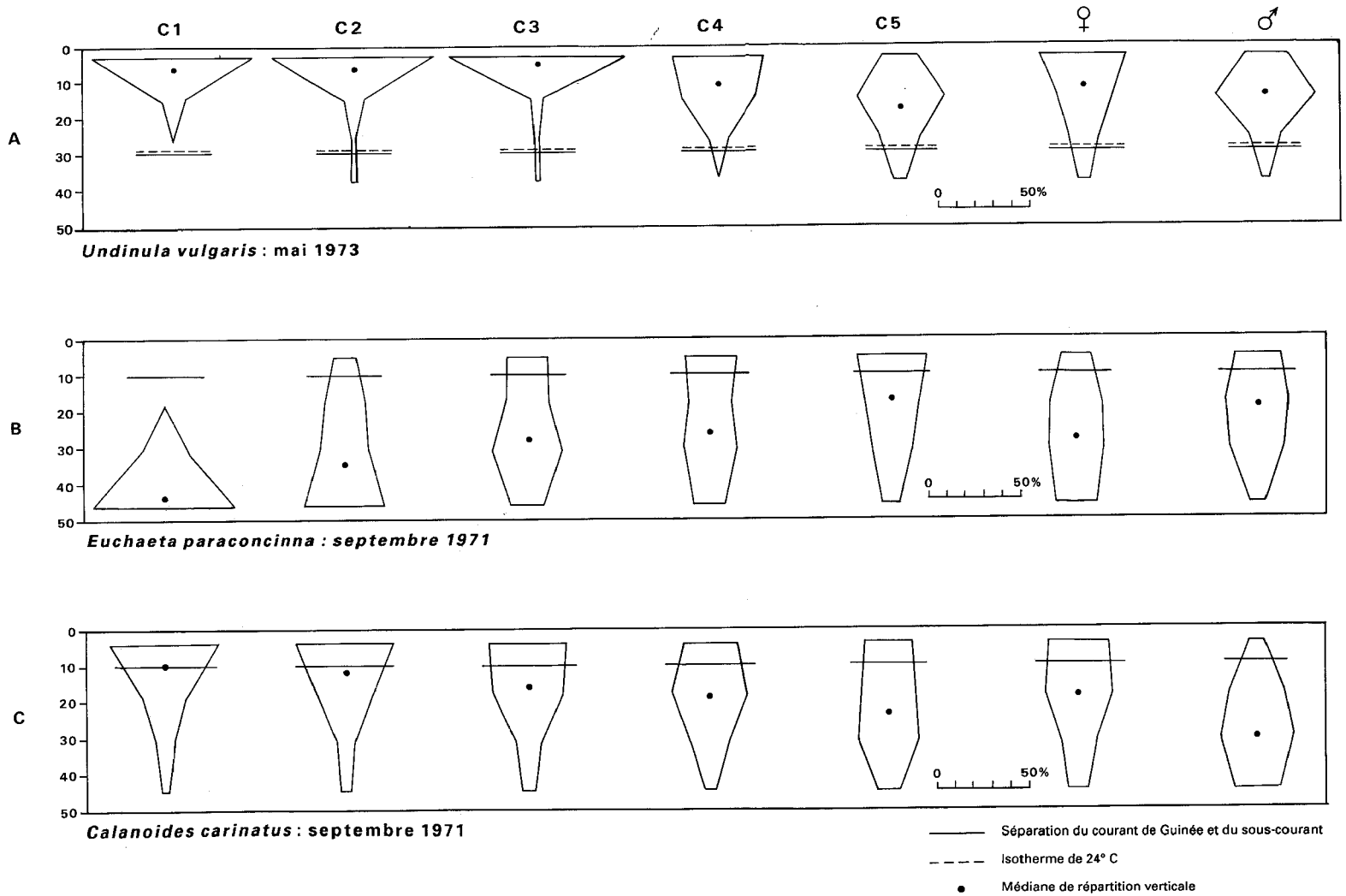


Figure 14

Migrations ontogéniques de quelques espèces : répartition verticale moyenne (pendant 24 h) des stades copépodites. (A) Migration descendante d'une espèce thermophile en saison chaude, la quasi-totalité des individus est au-dessus de la thermocline dans le courant de Guinée. (B) Migration ascendante en saison froide. (C) Migration descendante en saison froide, la répartition verticale chevauche les deux courants.

D'après BINET (1977b) et BINET et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE (1975).

Relation entre migration ontogénique et type trophique

La direction de la migration ontogénique (ascendante ou descendante) pourrait être liée au régime alimentaire (BINET, 1977c). En effet, les œufs des copépodes herbivores ne possèdent pas de réserves vitellines (BERNARD, 1964 ; MARSHALL, 1973), donc les premiers stades larvaires doivent s'alimenter. Ils sont peu mobiles et doivent se trouver à proximité du maximum phytoplanctonique, c'est-à-dire dans les couches superficielles. S'il existe une migration ontogénique, elle ne peut qu'être descendante : les stades successifs s'enfoncent au fur et à mesure de leur développement tout en gardant la possibilité d'exploiter occasionnellement les couches superficielles, à la faveur de la migration nycthémérale.

Au contraire, certains copépodes carnivores ont des œufs riches en vitellus (BERNARD, 1964 ; MARSHALL, 1973). Il est donc possible à leurs *nauplii*, lécithotrophes, de vivre en profondeur, sur leurs réserves, puis, lorsqu'elles seront épuisées, de venir habiter des couches plus superficielles. Autrement dit, une migration ontogénique chez des herbivores, ne peut qu'être « descendante » alors que rien n'empêche qu'elle soit « ascendante » pour des espèces à larves lécithotrophiques. Ce serait même une stratégie avantageuse dans la mesure où les premiers stades éviteraient les niveaux superficiels éclairés, fréquement visités par des carnivores, où la mortalité par prédation est vraisemblablement élevée. En s'enfonçant, ces larves éviteraient également les dépenses métaboliques qu'implique, pour des poïkilothermes, la vie dans des eaux chaudes.

SEKIGUCHI (1975a et b) note que le sens de la migration ontogénique dépend du mode d'alimentation des *nauplii*. Cette remarque est étayée par les observations de BERNARD (1964) et de MARSHALL (1973). Les cas de migration ascendante sont assez rares pour être signalés. Aussi, la découverte d'une migration ascendante chez *Pareuchaeta elongata* dans la mer du Japon (MORIOKA, 1975) et chez *Euchaeta paraconcinna* devant la Côte-d'Ivoire (BINET, 1977c) conforte ce qui pourrait être un principe plus général.

Dispersion et rétention, fonctions de la répartition verticale

Dans un système de deux courants superposés on conçoit l'importance de la répartition verticale sur le bilan du transport planctonique. Les cartes de répartition régionale des volumes sédimentés (figure 6) sont cohérentes avec les différences saisonnières de répartition verticale (figure 5). En saison froide le transport vers l'est prévaut, non pas tant à cause de l'épaisseur et de la rapidité du courant de Guinée (tableau III, LEMASSON et REBERT, 1973) - qui n'atteint 20 m de puissance et 0,7 m/s de vitesse moyenne qu'en juillet, pour 10 m et 0,20 m/s en août et septembre - qu'à cause de la répartition très superficielle du zooplancton. Pendant les saisons chaudes, l'épaisseur du courant de Guinée atteint 30 m et sa vitesse 0,5 m/s. Mais le déplacement vers l'est n'est pas plus important, car l'ensemble du zooplancton est plus profond.

Une analyse par taxon permet d'affiner ce schéma (BINET, 1977c). Les espèces les plus thermophiles, celles dont tout le cycle se déroule dans les eaux tropicales superficielles, sont presque toujours soumises au courant de Guinée. Ainsi, en mai, *Undinula vulgaris* effectue la totalité de son développement dans la couche suprathermoclinale (figure 14) et tous ses stades larvaires et adultes se déplacent vers l'est. Inversement, les différents stades de *Eucalanus crassus* et *Eucalanus monachus* sont, en septembre, étagés dans le sous-courant et ne traversent pas la thermocline. Ces deux espèces se déplacent donc vers l'ouest.

Plus intéressantes sont les espèces dont le cycle se déroule à cheval sur les deux courants. *Calanoides carinatus* en est le type, mais non la seule. *Eucalanus pileatus* et *Euchaeta paraconcinna* ont des migrations ontogéniques opposées, (respectivement descendante et ascendante), mais leur distribution verticale étalée leur vaut d'être soumises au double déplacement vers l'est et vers l'ouest. Schématiquement, les premiers stades (environ CI à CIII) de *Calanoides carinatus* et *Eucalanus pileatus* dérivent vers l'est, tandis que les derniers (CIV à CVI) sont ramenés vers l'ouest. Le bilan exact du transport dépend de la répartition de chaque stade, de sa durée de vie et du gradient vertical de courants.

On peut tenter un bilan très approximatif en utilisant les vitesses moyennes des courants (tableau III). On estime l'intervalle entre générations à 23 j, dont 12 j de l'œuf jusqu'au CIII, et 11 j du CIV jusqu'à la

ponte ; si tous les stades de l'œuf au CIII sont soumis au courant de Guinée ils seront déportés de 400 milles en juillet et de 140 milles en août. Si le retour vers l'ouest ne concerne que les stades postérieurs au CIII, leur déplacement sera de 210 milles en juillet et de 80 mille en août. Le résultat serait que la génération suivante apparaîtrait 190 milles à l'est de la précédente en juillet et 30 milles à l'est en août. La différence serait encore plus accentuée si on avait tenu compte des variations d'épaisseur des courants.

La réalité est infiniment plus complexe parce que : 1° la distribution verticale des individus d'un même stade est étagée sur les deux courants (figure 14) et 2° la circulation aux petites échelles spatio-temporelles est sans doute turbulente. Cela accroît donc la dispersion spatiale de chaque cohorte. Ce schéma simpliste rend néanmoins compte des différences de répartition géographique observées au cours de la saison froide. Il représente également un mode probable de rétention dans une structure hydrologique favorable.

Stratégies démographiques

Les zooplanctontes sont par définition des êtres errants au sein de masses d'eaux auxquelles ils sont plus ou moins adaptés. Leur problème est que ces masses d'eaux, particulièrement en milieu côtier, passent par des états trophiques différents. L'exemple type est celui d'une eau infrathermoclinale riche en sels nutritifs et pauvre en phytoplancton, dont les caractéristiques s'inversent quand elle parvient à la profondeur euphotique. Après l'assimilation des sels nutritifs, la chlorophylle disparaît également en quelques jours et la masse d'eau finit dans un état oligotrophique. L'évolution des eaux fluviales rejetées en mer suit un schéma analogue : mélange turbulent avec les eaux marines, retour à la stratification et poussée végétale, dans la mesure où la turbidité le permet, puis retour à l'oligotrophie. Les zooplanctontes vivant dans ces eaux doivent donc, soit posséder une gamme d'adaptations assez large pour survivre à des conditions variées, soit pouvoir se maintenir à une distance constante de la source enrichissante. Cela correspond à des cycles biologiques et à des stratégies démographiques très distinctes.

Les espèces suprathermoclinales herbivores (*Undinula vulgaris*, etc.) ou carnivores (*Corycaeus speciosus*) vivent dans un milieu oligotrophe et relativement constant (prévisible). Effectuer tout leur cycle dans la même masse d'eau tropicale leur permet d'éviter les remontées d'eaux froides, mais n'assure aux filtreurs de particules qu'une alimentation parcimonieuse, au niveau de la thermocline.

Les thaliacés et les cladocères ont une stratégie qui leur permet d'exploiter un milieu variable (imprévisible). Plus superficiels en saison froide, plus proches de la thermocline en saison chaude, ils restent à proximité du maximum phytoplanctonique et leur répartition verticale chevauchant les deux courants leur permet de se maintenir à proximité des zones d'enrichissement (remontées d'eaux pour les deux taxons, panaches fluviaux pour le second). Lorsqu'un bloom phytoplanctonique se produit, il est rapidement exploité, grâce aux possibilités de multiplication asexuée qui prennent de vitesse les autres taxons. On peut qualifier ces espèces d'opportunistes. Quand les eaux superficielles sont épuisées, les espèces doivent attendre le retour de conditions favorables sous une forme résistante. Comportement peu élaboré, explosions numériques suivies de récessions, phases de colonisation et de résistance sont des exemples typiques de stratégie *r*.

Les petits copépodes omnivores *Temora* spp., *Centropages* spp. n'ont pas de migration ontogénique marquée. Ils vivent plus près de la surface en saison froide et plus près de la thermocline en saison chaude. Ils sont donc très soumis aux mouvements advectifs. On peut supposer que leur régime omnivore leur permet de s'adapter aux diverses conditions que subit une eau superficielle au cours de son évolution.

Un comportement plus élaboré est celui d'espèces pérennes qui effectuent une migration ontogénique entre deux courants. Que cette migration soit descendante chez un herbivore (*Eucalanus pileatus*) ou ascendante chez un carnivore (*Euchaeta paraconcinna*) revient à diminuer les pertes advectives dans les deux cas et à maintenir une part importante de la population à proximité des zones d'enrichissement. En outre, la présence des premiers stades de *Euchaeta paraconcinna* en profondeur a peut-être pour effet de diminuer la prédation dont ils sont l'objet.

Le type de cycle biologique le plus élaboré est celui de *Calanoides carinatus*. L'espèce cumule l'aptitude à l'exploitation rapide d'un milieu favorable (générations hivernales au-dessus du plateau) avec une

phase de vie ralentie à de grandes profondeurs (500-1000 m), dans un milieu où les dépenses métaboliques sont plus faibles — à cause des basses températures — et où les prédateurs sont moins nombreux. Grâce à sa migration ontogénique hivernale (au-dessus du plateau), *Calanoides carinatus* limite les pertes d'effectifs vers des eaux oligotrophes, assure un maximum de retour d'adultes près du bloom de l'upwelling. Ce comportement limite également le mélange des cohortes et le déphasage des individus, ce qui maximise les probabilités de rencontre des adultes des deux sexes, dans des eaux riches. Les stades âgés qui dérivent au-delà du plateau, pendant la saison froide, ne sont pas perdus pour l'espèce car ils s'enfoncent et participent à la reconstitution du stock de résistance estival (PETIT et COURTIES, 1976). *Calanoides carinatus* montre donc un comportement élaboré, mêlant des caractères de stratégies *r* et *K*.

Au début de la saison froide, *Calanoides carinatus* prend de vitesse les autres copépodes incapables de coloniser le plateau aussi rapidement. Malgré leur durée de génération un peu plus courte, *Temora turbinata* et *Centropages chierchiae* n'atteignent leurs effectifs maximaux qu'en septembre. Le remplacement des diatomées de début de saison froide par des dinoflagellés en fin de saison — notamment lors des phénomènes d'eaux rouges — s'accompagne vraisemblablement d'une diminution de la taille des particules. Ce peut être un facteur favorable à ces copépodes plus petits. Mais, l'absence de migration ontogénique et donc une plus grand sujétion aux pertes advectives rend sans doute ces espèces moins aptes à la colonisation rapide d'un panache d'upwelling violent.

Conséquences pour l'ensemble de l'écosystème

Un écosystème d'upwelling, isolé sur une longueur de côte limitée, ne peut produire une biomasse secondaire importante si une migration verticale ne contre, d'une façon ou d'une autre, ses pertes advectives. La plupart des espèces planctoniques ne sont adaptées qu'à des gammes d'environnement assez limitées (alimentation, profondeur, température). Il existe en effet des communautés liées à des conditions environnementales données, c'est-à-dire à certains âges, ou à certaines régions d'une masse d'eau en évolution et en déplacement permanents. Les espèces de ces biocénoses planctoniques doivent donc, dans une certaine mesure, s'affranchir des translations horizontales imposées par les masses d'eaux. Pour des planctontes, dont les seuls déplacements verticaux sont notables, les migrations ascendantes et descendantes représentent un comportement capable de compenser la dispersion horizontale ; pourvu qu'il existe un gradient vertical de courants. Bien entendu, ces mécanismes n'évitent pas toute perte advective, mais ils la limitent.

Les différences entre les écosystèmes des upwellings canarien, sénégalais et ivoiro-ghanéen pourraient être liés à leur structure hydrologique et à l'existence éventuelle de migration entre courants opposés (BINET, 1988). Le plateau continental est étroit dans presque tout l'ouest africain. Sur la côte, au nord-ouest, les mouvements de résurgence entraînent un déplacement hélicoïdal des particules, combinaison du déplacement d'Ekman et du courant général (JACQUES et TRÉGUER, 1986). Du Maroc à la Mauritanie, il n'existe pas de circulation à double sens (courants superposés ou juxtaposés), sur le plateau. Le zooplancton est entraîné loin des lieux de résurgence et les fortes biomasses secondaires se trouvent au large du plateau, au-dessus des accores (BINET, 1988). Au contraire, sur le plateau ivoirien la structure des courants permet le développement, puis le maintien, de fortes biomasses pendant la saison froide. S'il n'y avait pas de migration verticale, les fortes biomasses seraient situées en aval du courant de Guinée, à des distances correspondant au transport des individus pendant leur développement.

Conclusion

Le milieu marin de Côte-d'Ivoire est caractérisé, comme une partie du golfe de Guinée, par une alternance de périodes stables et instables. Pendant les premières, les eaux tropicales chaudes sont séparées des eaux centrales par une thermocline. Durant les périodes d'instabilité, les eaux superficielles sont remplacées par une irruption des eaux infrathermoclinales. Ce schéma se complique du fait que les pluies de mousson se produisent pendant la saison froide, si bien que les rejets des fleuves et lagunes sont particulièrement élevés au début et à la fin de la saison d'upwelling.

Le double apport en sels nutritifs (d'origine profonde et continentale) entraîne une poussée phytoplanctonique dès le mois de juin et jusqu'en septembre. Cette poussée est exploitée par le zooplancton, dont la plupart des espèces (à l'exception des plus thermophiles) ont des effectifs maximaux pendant la saison froide. Lorsque la situation de saison chaude se rétablit, en octobre ou novembre, tout se passe comme si l'écosystème vivait sur les réserves accumulées au cours des mois précédents. La biomasse diminue progressivement. Entre janvier et avril, de faibles refroidissements se produisent par intermittence. Ils sont accompagnés de poussées végétales qui contribuent à maintenir la biomasse secondaire. Mais, progressivement, celle-ci décroît et les plus faibles quantités de plancton sont observées en fin de saison chaude, juste avant le déclenchement des résurgences de grande saison froide.

À la station côtière d'Abidjan, proche d'une ouverture de la lagune sur la mer, la variation interannuelle de cet écosystème semble davantage liée à la variabilité des apports terrigènes qu'à celle des upwellings. Il n'est pas sûr qu'il en soit de même sur l'ensemble de la plate-forme continentale. La principale ressource pélagique côtière, le stock de *Sardinella aurita*, a subi, au cours des dernières décennies, de très fortes fluctuations. La raison de celles-ci échappe aux modèles de dynamique et les changements de l'environnement y ont certainement une part de responsabilité. Deux types d'hypothèses peuvent être envisagées selon que les modifications du milieu touchent la disponibilité (BINET, 1982 ; MENDELSSHON et CURY, 1987) ou le recrutement (CURY et ROY, 1987 ; FRÉON, 1988). Dans le premier cas les alternances d'années pluvieuses et d'années sèches, dans le second les successions d'années froides ou chaudes influenceraient le déplacement vers la côte ou le recrutement des sardinelles. Les clupéidés ne sont pas les seuls poissons dont le stock subisse des alternances d'expansion et de récession : *Scomber japonicus* a disparu au moment de la première crise des sardinelles (1973), tandis que *Balistes carolinensis* manifestait une expansion sans précédent (CAVERIVIÈRE, 1982).

Ces bouleversements s'inscrivent dans la réaction de l'écosystème à l'exploitation halieutique et aux variations climatiques. Un certain nombre d'équilibres élémentaires, sur lesquels sont basés les rapports interspécifiques, sont rompus et de nouvelles relations s'établissent. Pour le comprendre il ne suffit pas d'étudier la dynamique de chaque espèce, mais il faut suivre l'évolution de l'ensemble du système.

D'autres régions tropicales côtières connaissent des alternances de stabilité hydrologique et de remontées d'eaux. Outre la côte d'Afrique occidentale on peut citer le Brésil et la côte ouest de l'Inde. Il existe entre ces écosystèmes et les économies halieutiques qui en vivent un certain nombre de similitudes.

Entre la côte américaine et africaine on trouve l'opposition connue entre les rives orientale et occidentale d'un même océan. L'immersion de la thermocline, relativement faible sur la côte africaine, profonde du côté américain en est le signe le plus important. Il semble néanmoins que l'on rencontre dans ces régions des biocénoses analogues avec des espèces identiques comme *Calanoides carinatus* parmi les copépodes herbivores (VALENTIN *et al.*, 1984), ou vicariantes comme *Sardinella brasiliensis* parmi les planctonophages (CAMPANER et HONDA, 1987).

Les côtes indiennes sont soumises à un régime de mousson accompagné de changements de peuplements planctoniques (STEPHEN, 1977 ; SAKTHIVEL et HARIDAS, 1974) qui ont de nombreux points communs avec ceux qui se produisent devant la Côte-d'Ivoire. *Sardinella longiceps* donne lieu à une très importante pêcherie, soumise elle aussi à de fortes fluctuations interannuelles (LONGHURST, 1971 ; MURTY, 1974).

Ces trois écosystèmes (de l'Ouest africain, de l'Est américain, du Sud indien) subissent le même type de fluctuations climatiques, la comparaison de leurs variations à long terme serait peut-être utile à la compréhension de la dynamique des ressources halieutiques de chacun.

RÉFÉRENCES

BAINBRIDGE (V.), 1960a.— The plankton of Inshore Waters off Freetown, Sierra-Leone. *Col. Office, Fish. Publ.*, 13, 43 p.

BAINBRIDGE (V.), 1960b.— Occurrence of *Calanoides carinatus* (Kröyer) in the plankton of the Gulf of Guinea. *Nature*, 188 : 932-933.

BAINBRIDGE (V.), 1972.— The zooplankton of the Gulf of Guinea. *Bull. mar. Ecol.*, 8 : 61-97.

BERNARD (M.), 1964.— Le développement nauplien de deux copépodes carnivores : *Euchaeta marina* (Prestandrea) et *Candacia armata* (Boeck) et observations sur le cycle de l'astaxanthine au cours de l'ontogénèse. *Pelagos, Bull. Inst. Océanogr. Alger*, 2(1) : 51-70.

BINET (D.), 1972.— Variation des biovolumes de zooplancton du plateau continental entre le cap des Palmes et le cap des Trois-Pointes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 60-93.

BINET (D.), 1973.— Copépodes pélagiques du plateau ivoirien. II - Utilisation de l'arbre de longueur minimum dans le classement des récoltes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(2) : 1-16.

BINET (D.), 1975.— Notes sur l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte-d'Ivoire. I- Ostracodes, Cladocères et Cirripèdes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(2) : 19-39.

BINET (D.), 1976a.— Contribution à l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte-d'Ivoire. II- Dolioles, Salpes, Appendiculaires. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan* 7(1) : 45-61.

BINET (D.), 1976b.— Contribution à l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte-d'Ivoire. III- Larves de Décapodes et Lucifer. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(1) : 63-84.

BINET (D.), 1976c.— Contribution à l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte-d'Ivoire. IV- Euphausiacés. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(1) : 85-90.

BINET (D.), 1976d.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.

BINET (D.) 1977a.— Contribution à la connaissance du zooplancton néritique ivoirien. Écologie descriptive et dynamique. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 282 p.

BINET (D.), 1977b.— Grands traits de l'écologie des principaux taxons du zooplancton ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(2) : 89-109.

BINET (D.), 1977c.— Cycles biologiques et migrations ontogéniques chez quelques Copépodes pélagiques des eaux ivoiriennes. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(2) : 111-138.

BINET (D.), 1978.— Analyse globale des populations de Copépodes pélagiques du plateau continental ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 16(1) : 19-61.

BINET (D.), 1979.— Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique. *Oceanol. Acta*, 2(4) : 397-410.

BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

BINET (D.), 1983.— Zooplancton des régions côtières à upwellings saisonniers du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 357-380.

BINET (D.), 1988.— Rôle possible d'une intensification des alizés sur les changements de répartition latitudinale des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. *Aquat. Living Resour.*, 1(2) : 115-132.

BINET (D.) et DESSIER (A.), 1971.— Premières données sur les copépodes pélagiques de la région congolaise. I- Liste des espèces et note écologique. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(4) : 411-457.

BINET (D.) et SUISSE DE SAINTE-CLAIRE (E.), 1975.— Le Copépode planctonique *Calanoides carinatus*. Répartition et cycle biologique au large de la Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 13(1) : 15-30.

BRENNING (U.), 1985.— Structure and development of calanoid populations (Crustacea, Copepoda) in the upwelling regions off North West and South West Africa. *Beitr. Meereskunde*, 52 : 3-33.

CAMPANER (A.F.) et HONDA (S.), 1987.— Distribution and co-occurrence of *Calanoides carinatus* and larvae of *Sardinella brasiliensis* and *Engraulis anchoita* over the southern brazilian continental shelf. *Bolm Inst. Oceanogr. Sao Paulo*, 35(1) : 7-16.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982.— Le baliste des côtes africaines, (*Balistes carolinensis*). Biologie, prolifération et possibilité d'exploitation. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 453-459.

CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-357.

DANDONNEAU (Y.), 1973.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. III- Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(4) : 431-454.

DESSIER (A.), 1981.— La production planctonique : phytoplancton et zooplancton. *In* : Milieu marin et ressources halieutiques de la République Populaire du Congo. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 138 : 75-150.

FRÉON (P.), 1988.— Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 287 p.

HERON (A.C.), 1972.— Population ecology of a colonizing species : the pelagic tunicate *Thalia democratica*. I - Individual growth rate and generation time. *Oecologia*, 10 : 269-293.

HIRCHE (H.J.), 1980.— The cultivation of *Calanoides carinatus* Kröyer (Copepoda : Calanoida) under different temperature and food conditions - with a description of eggs and nauplii. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 60 : 115-125.

JACQUES (G.) et TRÉGUER (P.), 1986.— Écosystèmes pélagiques marins. Paris, Masson., 243 p.

LE BORGNE (R.), 1975.— Équivalence entre les mesures de biovolumes, poids secs, poids secs sans cendre, carbone, azote et phosphore du mésozooplancton de l'Atlantique tropical. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 13(3) : 179-196.

LE BORGNE (R.), 1983.— Note sur les proliférations de Thaliacés dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(1) : 49-54.

LE BORGNE (R.) et BINET (D.), 1979.— Dix ans de mesures de biomasses de zooplancton à la station côtière d'Abidjan : 1969-1979. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10(2) : 165-176.

LEMASSON (L.) et REBERT (J.P.), 1973.— Les courants marins dans le golfe ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(1) : 67-96.

LONGHURST (A.R.), 1971.— The Clupeoid resources of tropical seas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 9 : 349-385.

MC LAREN (I.A.), 1963.— Effect of temperature on growth of zooplankton and the adaptive value of vertical migration. *J. Fish. Res. Board Can.*, 20(3) : 685-727.

MARSHALL (S.M.), 1973.— Respiration and feeding in Copepods. *Adv. mar. Biol.*, 11 : 57-120.

MENSAH (M.A.), 1974a.— The occurrence of the marine copepod *Calanoides carinatus* (Kröyer) in Ghanaian waters. *Ghana J. Sci.* 14(2) : 147-166.

MENSAH (M.A.), 1974b.— The reproduction and feeding of the marine copepod *Calanoides carinatus* (Kröyer) in Ghanaian waters. *Ghana J. Sci.* 14(2) : 167-191.

MENDELSSHON (R.) et CURY (P.), 1987.— Fluctuations of a fortnightly abundance index of the Ivorian coastal pelagic species and associated environmental conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44(2) : 408-421.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 1-30.

MORIOKA (Y.), 1975.— A preliminary report on the distribution and life history of a Copepod *Pareuchaeta elongata*, in the vicinity of Sado Island, the Japan Sea (en japonais). *Bull. Jpn. Sea Reg. Fish. Res. Lab. Niigata*, 26 : 41-56.

MURTY (A.V.S.), 1974.— The wind drifts off the west coast of India and their influence on the oil sardine fishery. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 16(2) : 520-522.

PETIT (D.), 1978.— *Calanoides carinatus* (copépode planctonique) sur le plateau continental congolais. II- Aspects de la variabilité « ponctuelle » de l'abondance des stades copépodites et des adultes. Choix d'une transformation. Comparaison des efficacités de capture de deux filets. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 16(3-4) : 229-238.

PETIT (D.), 1982.— *Calanoides carinatus* (copépode planctonique) sur le plateau continental congolais. III- Abondance, tailles et temps de génération. Relation avec la chlorophylle. *Océanogr. trop.*, 17(2) : 155-175.

PETIT (D.) et COURTIES (C.), 1976.— *Calanoides carinatus* (copépode pélagique) sur le plateau continental congolais. I - Aperçu sur la répartition bathymétrique, géographique et biométrique des stades; générations durant la saison froide 1974. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(3) : 177-200.

ROUX (M.), GABORIT-REZOUK (M.), BINET (D.), 1973.— Copépodes pélagiques du plateau ivoirien. II- Utilisation de l'arbre de longueur minimum dans le classement des récoltes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(2) : 1-16.

SAKTHIVEL (M.) et HARIDAS (P.), 1974.— Synchronization in the occurrence of *Trichodesmium* bloom and swarming of *Creseis acicula* Rang (Pteropoda) and *Penilia avirostris* Dana (Cladocera) in the area of Cochin. *Mahasagar*, 7(1-2) : 61-67.

SEGUIN (G.), 1970.— Zooplancton d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). Cycle annuel (1963-1964). Étude qualitative et quantitative. *Bull. IFAN*, sér. A, 32(3) : 607-663.

SEKIGUCHI (H.), 1975a.— Distributional expansion of the pelagic Copepod in relation to its large-scale ontogenic vertical migration. *Bull. Fac. Fish. Mie Univ.*, 2 : 19-28.

SEKIGUCHI (H.), 1975b.— Seasonal and ontogenic vertical migrations in the northern region of the north Pacific. *Bull. Fac. Fish. Mie Univ.*, 2 : 29-38.

SMITH (S.), (L.), 1982.— The northwestern Indian Ocean during the monsoons of 1979 : distribution, abundance and feeding of zooplankton. *Deep-Sea Res.* 29(11A) : 1331-1353.

STEPHEN (R.), 1977.— Calanoid Copepods from the shelf and slope waters off Cochin : Distribution, Biomass and Species Diversity. Proc. Symp. on warm water. NIO Goa : 21-27.

THIRIOT (A.), 1977.— Peuplements zooplanctoniques dans les régions de remontées d'eau du littoral atlantique africain. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 8(1) : 1-72.

TOURÉ (D.), 1972.— Variations quantitatives et qualitatives du zooplancton dans la région du Cap-Vert de septembre 1970 à août 1971. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 39, 25 p.

VALENTIN (J.L.), MONTEIRO-RIBAS (W.M.), MUREB (M.A.), PESSOTTI (E.), 1987.— Sur quelques zooplanctontes abondants dans l'upwelling de Cabo Frio (Brésil). *J. Plankt. Res.*, 9(6) : 1195-1216.

LA FAUNE BENTHIQUE DU PLATEAU CONTINENTAL DE CÔTE-D'IVOIRE

Pierre LE LŒUFF et André INTÈS

Introduction

L'étude de la faune benthique de Côte-d'Ivoire, essentiellement celle du plateau et du haut de la pente continentale, a débuté en 1966. Les opérations de terrain se sont poursuivies jusqu'en 1973 et ont dû s'interrompre avec la mise à la réforme du chalutier océanographique *Reine Pokou*.

Les recherches ont d'abord porté sur la bionomie, avec la détermination et la description des communautés, puis sur les variations, notamment saisonnières, qui affectent ces communautés.

Les méthodes d'échantillonnage adoptées sont des plus classiques : prospections par radiale (échantillonnage systématique), suivi de stations types, à l'aide d'engins divers, complémentaires les uns des autres, chalut, chalut à crevettes, chalut à perche, drague, drague à coquilles, benne de type Smith-Mc Intyre. De même, les méthodes de séparation des organismes du sédiment (sur tamis de 1 ou 2 mm), de tri des espèces, de mesure de la biomasse (en poids sec décalcifié) sont celles qu'utilisent couramment les spécialistes d'écologie benthique. On notera en particulier que l'étude synécologique s'appuie sur l'ensemble des données réunies lors des campagnes de prospection à la drague, notamment au sud d'Abidjan (voir figure 15 pour la position des stations).

L'interprétation se fonde sur les résultats obtenus par les techniques statistiques classiques, les analyses multivariables, notamment l'analyse des correspondances ; l'originalité dans le traitement des données tient à l'utilisation de l'analyse de gradient, beaucoup plus connue des phyto-sociologues que des écologistes marins et qui permet de classer directement les espèces et les prélèvements sur l'échelle des paramètres du milieu (LE LŒUFF et INTÈS, 1979 ; INTÈS, 1980 ; PLANTE et LE LŒUFF, 1983 ; INTÈS et LE LŒUFF, 1984, 1986a, b). Compte tenu du grand nombre d'espèces et de prélèvements considérés, on a aussi fait appel à des méthodes de partition et à des analyses hiérarchiques.

Structures spatiales

Milieu et répartition des espèces

L'hydroclimatologie et la nature du milieu sédimentaire, facteurs essentiels de la répartition des organismes benthiques, ont déjà été décrits dans de précédents chapitres de cet ouvrage auxquels il convient donc de se référer.

Étagement

La répartition verticale de la faune traduit la réponse des espèces aux variations des facteurs température, éclairement et autres, sans doute plus accessoires, comme la salinité et la teneur en oxygène, quand on va du littoral vers le talus.

On dispose facilement de mesures de température, réputée, par ailleurs, être le meilleur témoin de l'environnement climatique d'une région. Un système d'étages fondé sur la température et ses variations a pu ainsi être défini par Glémarec (1973) dans le cas du plateau continental Nord-Gascogne.

En attachant à chacune des espèces une valeur (valeur centrale de l'analyse de gradient) qui représente le centre de sa distribution sur l'échelle des températures, il devient possible de pratiquer leur ordination (on peut aisément passer de la température moyenne annuelle à la profondeur, voir Intès et Le Lœuff, 1984). Le diagramme rangs/valeurs centrales ainsi construit (figure 1) est une représentation de la répartition verticale de la faune qui laisse apparaître des discontinuités au niveau des températures 22,3 °C, 18,3 °C, 16 °C, correspondant aux profondeurs 30, 65 et 100 m. Ces coupures limitent quatre contingents faunistiques qui se succèdent sur le plateau continental et qui composent une structure pouvant être mise en parallèle avec le système de stratification des couches d'eau en saison chaude. Par analogie avec les termes adoptés par Glémarec (1973), on est amené à distinguer :

— l'étage infralittoral ;
— l'étage circalittoral côtier ;
— l'étage circalittoral du large ;
— la marge externe (amorce de l'étage bathyal).

Un étage est défini par des caractères hydroclimatiques et un contenu faunistique. On donnera, pour chacun, une courte description du milieu hydroclimatique et une liste des espèces types, les plus communes parmi celles strictement inféodées à l'étage (tableau I).

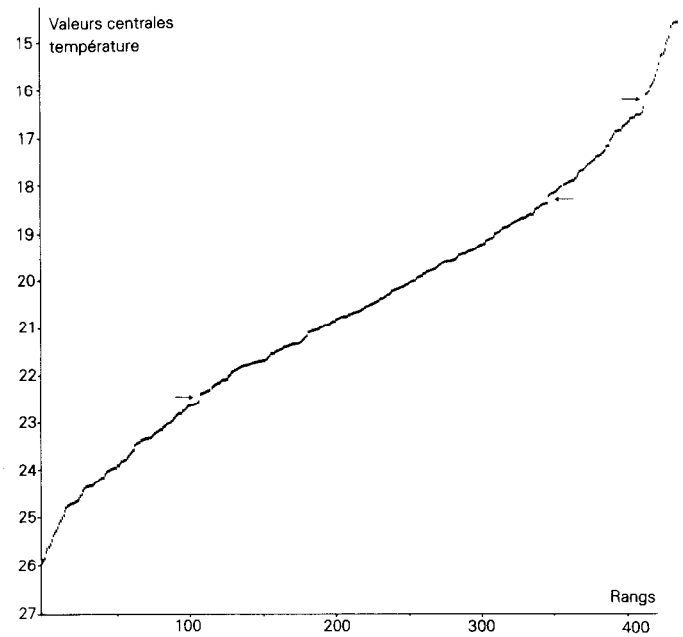


Figure 1
Diagramme rangs/valeurs centrales « température ».

TABLEAU I

Espèces types des étages

Profondeur	30 m		65 m			100 m	
Infralittoral		Circalittoral côtier			Circalittoral du large	Marge externe	
Thalenessa vazensis	*Clavatula lineata*	*Julienella foetida*	*Maera hirondellei*	*Turris laevisulcata*	*Onuphis amoureuxi*	*Thenea muricata*	
Goniadides abidjanensis	*Clavatula coerulea*	*Metalcyonium violaceum*	*Paguristes mauritanicus*	*Cythara adansoni*	*Cossura coasta*	*Pennatula rubra*	
Petaloproctus terricola	*Clavatula smithi*	*Cirratulus cirratus*	*Pagurus alatus*	*Cythara atlantidea*	*Scalibregma inflatum*	*Paramphinome trionyx*	
Cavernularia elegans	*Terebra senegalensis*	*Disoma orissae*	*Pagaridium minimum*	*Genota mitraeformis*	*Clymene gracilis*	*Ceratonereis costae*	
Ochetostoma glaucum	*Hastula lepida*	*Aricidea assimilis*	*Ebalia affinis*	*Ringicula conformis*	*Echiurus sp*	*Onuphis bihanica*	
Ogyrides rarispina	*Pecten exoticus*	*Ophelia kirkegaardi*	*Ilia spinosa*	*Fustiaria rubescens*	*Thalassema sp*	*Ninoe saeva*	
Palaemon hastatus	*Cardita lacunosa*	*Asychis atlantideus*	*Typhlocarcinodes integrifrons*	*Nucula crassicosta*	*Processa elegantula*	*Ophelina acuminata*	
Laurentiella heterocheir	*Cardita ajar*	*Pherusa tropica*	*Pisa carinimana*	*Nucula turgida*	*Upogebia crosnieri*	*Auchenoplax crinita*	
Callichirus foresti	*Cardium ringens*	*Pherusa scutigeroides*	*Heterocrypta maltzani*	*Nuculana gruveli*	*Calappa peli*	*Thelepus setosus*	
Paguristes difficilis	*Tivela bicolor*	*Jasmineira elegans*	*Xenophora senegalensis*	*Modiolus stultorum*	*Pseudomyra m'bizi*	*Ampelisca aequicornis*	
Paguristes hispidus	*Macoma cumana*	*Sipunculus phalloides*	*Polynices lacteus*	*Cardita regularis*	*Chaetoderma abidjanense*	*Fustiaria subtorquata*	
Phylira laevidorsalis	*Tellina compressa*	*Golfingia muricaudata*	*Trophon fusulus*	*Beguina trapezia*	*Cadulus nicklesi*	*Nucula sulcata*	
Parahexapus africanus	*Amphioplus cincta*	*Phascolion strombi*	*Nassarius goreensis*	*Phacoides reyri*		*Cuspidaria abbreviata*	
Nassarius obliquus		*Eocuma cochlear*	*Nassarius heynemanni*	*Abra lecointrei*			
		Iphinoe crassipes	*Drillia rosacea*	*Antedon dubenii*			
		Diastylis ambigua	*Drillia balista*	*Amphioplus aurensis*			
		Socarnopsis crenulata	*Clavatula diadema*	*Ophiactis lymani*			
		Tmetonyx bruuni	*Clavatula gabonensis*	*Ophiotrix nociva*			
		Urothoe marina	*Clavatula lelieuri*	*Ophiotrix congensis*			
		Tiron intermedia	*Turris undatiruga*	*Schizaster edwardsi*			
		Tiron altifrons	*Turris torta*	*Hippoporidra senegambiensis*			

Étage infralittoral

Il intéresse la frange côtière jusqu'aux fonds de 30 m et est donc soumis à l'influence des « eaux tropicales » (BERRIT, 1973) chaudes, parfois peu salées (« eaux guinéennes »), ainsi qu'aux remontées d'eaux froides saisonnières (MORLIÈRE, 1970). De ce fait, les écarts saisonniers sont importants (10 ‰ de salinité en surface, 2,5 ‰ à 20 m ; 11 °C de température en surface, 14,5 °C à 20 m). Les variations à courte période, combinaison d'une onde de marée et d'une onde de période trois jours (PICAUT et VERSTRAETE, 1979), sont plus fortes en saison froide (maximum de 4 °C) et sont très atténuées (0,5 °C) quand les structures de saison chaude sont bien établies.

Étage circalittoral côtier

Dans cet étage, les fonds sont balayés par la thermoclie limitée vers le haut par « l'eau tropicale » et vers le bas par « l'eau centrale sud-atlantique ». Les écarts saisonniers restent importants, les températures évoluant de 17 à 28 °C à 35 m, de 17 à 24 °C à 65 m, tandis que les salinités restent stables. Mais cet étage est surtout caractérisé par l'intensité accrue des ondes à courte période qui induisent des variations rapides de la température, fortes surtout à la base de la thermocline, s'amortissant vers le sommet. En 24 heures, les écarts peuvent être de 5 à 7 °C à 65 m, de 2 à 4 °C à 35 m. Cette situation est celle de saison chaude ; en saison froide la thermocline disparaît, il y a homogénéisation de la couche d'eau ; c'est une période de stabilité hydrologique.

Étage circalittoral du large

Il s'étend de l'isobathe 65 m jusqu'à la rupture de pente. Les fonds sont baignés par « l'eau centrale sud-atlantique ». Cet étage se caractérise par sa stabilité hydroclimatique. Les variations saisonnières sont très amorties, avec des écarts de l'ordre de 3 °C, de même que les variations journalières avec, au maximum, une amplitude de 1 °C.

La marge externe

Au plan de l'hydrologie, il y a continuité avec l'étage précédent ; des phénomènes peuvent cependant se produire, en relation avec la topographie qui amplifie les ondes de marées. On observe toujours, au niveau de la rupture de pente, en Côte-d'Ivoire comme ailleurs, un renouvellement de la faune. Il faut avoir présent à l'esprit qu'il y a eu, après les dernières glaciations (voir l'article de TASTET *et al.* dans cet ouvrage), reconquête du plateau continental par les espèces, ce qui implique de nouvelles adaptations conduisant à une diversification faunistique.

Tel qu'il est décrit, ce système d'étagement est tout à fait analogue à celui qui existe en Atlantique nord-oriental (CHARDY et GLÉMAREC, 1974). On notera cependant que, s'il y a stratification des masses d'eau dans l'un et l'autre milieu, la disparition de ces structures s'effectue, en milieu tempéré, par la propagation turbulente verticale de la baisse de température atmosphérique, en milieu tropical, par remontée des eaux froides profondes.

Espèces et nature des fonds

La nature du sédiment est, avec l'hydroclimat, un facteur déterminant de la répartition des organismes benthiques. Un sédiment peut être défini par un certain nombre de caractères qui tous ont une influence sur la présence et l'abondance des espèces. On retiendra :

— la teneur en fraction fine (lutites : particules < 50 µm) qui renseigne sur le degré d'envasement ;
— la médiane granulométrique qui permet de séparer des catégories de sables, toujours bien classés en Côte-d'Ivoire ;
— l'hétérogénéité, notion associée ici à la teneur en carbonate (débris d'origine organogène, récente ou ancienne) ;
— la teneur en matière organique (carbone et azote organique).

Les trois premiers caractères sont d'ordre dimensionnel et déterminent la granulométrie du substrat, le dernier informe sur la quantité et la nature des éléments nutritifs à la disposition des organismes limivores de la macro- et de la microfaune.

Répartition selon la granulométrie

De même que pour la température, une ordination des espèces a été pratiquée sur l'échelle du taux de lutites, de la médiane (uniquement dans le cas des sabulicoles) et de la teneur en carbonate.

On a noté une coïncidence entre discontinuités hydrologiques et coupures faunistiques ; si les géologues établissent, pour leur part, une classification des sédiments en fonction de la teneur en éléments fins (MARTIN, 1977), elle ne revêt aucun sens écologique. En effet, sur l'échelle des lutites (figure 2), les coupures apparaissent aux valeurs 9,5 , 38 et 54 % ; elles déterminent quatre contingents faunistiques qui peuplent respectivement les sables, les sables vaseux, les vases sableuses, les vases ; cette terminologie est la même que celle des géologues mais recouvre cette fois une réalité biologique, soulignée également par GLÉMAREC (1969), qui considère que les limites les plus importantes dans les relations faune-sédiment doivent être placées à 10 et 30 % de teneur en lutites. Les espèces types de chacun des contingents figurent au tableau II. On notera que plus l'envasement est prononcé, moins on rencontre d'espèces types : la richesse faunistique des sédiments envasés n'est pas forcément moindre, mais la plupart des organismes qui les peuplent sont peu exigeants vis-à-vis du taux de particules fines.

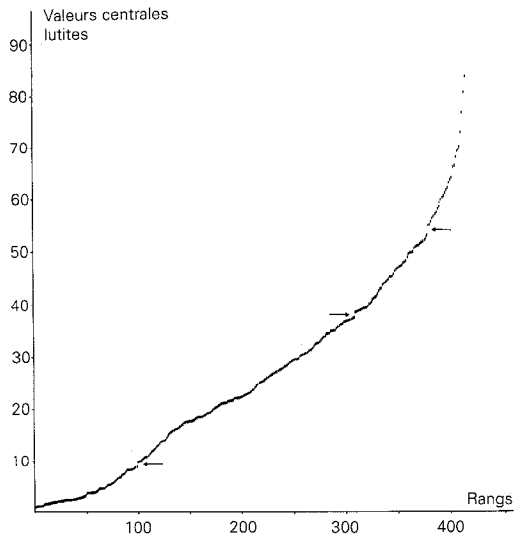


Figure 2
Diagramme rangs/valeurs centrales « lutites ».

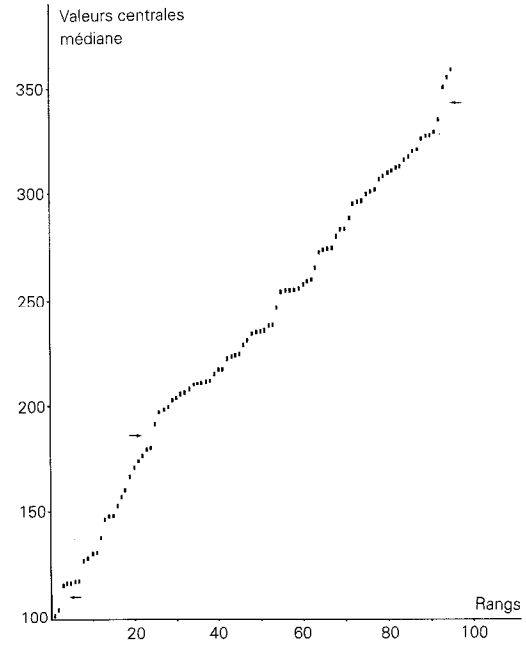


Figure 3
Diagramme rangs/valeurs centrales « médiane ».

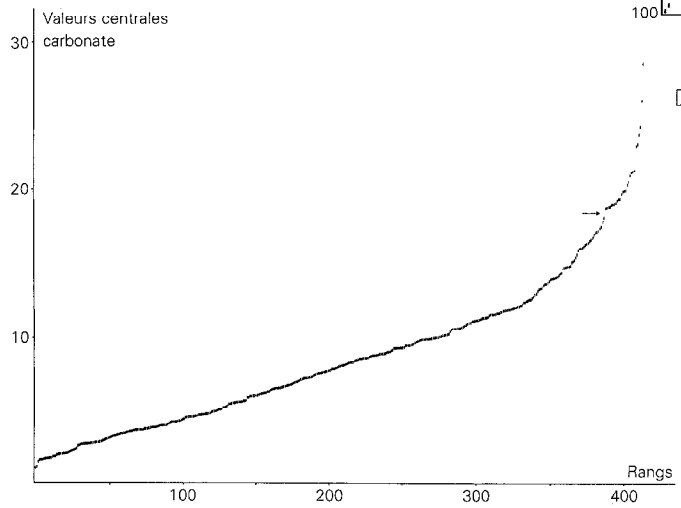


Figure 4
Diagramme rangs/valeurs centrales « carbonate ».

TABLEAU II

Espèces types des contingents sédimentaires, selon la distribution sur l'échelle des lutites (en %)

Lutites	10			38		54	
Sables				Sables vaseux		Vases sableuses	Vases
Sigalion opalinum	*Alima hieroglyphica*	*Clavatula milleti*		*Schizammina furcata*	*Processa elegantula*	*Spio multioculata*	*Schizammina sp.*
Thalenessa dendrolepis	*Pontophilus wolffi*	*Cythara angolensis*		*Pholoe minuta*	*Ogyrides rarispina*	*Aonides oxycephala*	*Onuphis amoureuxi*
Nephtys cirrosa	*Paguristes difficilis*	*Fustiaria rubescens*		*Cirratulus cirratus*	*Callichirus foresti*	*Eocuma cochlear*	*Heterospio longissima*
Goniadides abidjanensis	*Paguridium minimum*	*Nucula crassicosta*		*Paraonis gracilis*	*Upogebia deltaura*	*Ampelisca aequicornis*	*Aricia cuvieri*
Ophelia kirkegaardi	*Anapagurus curvidactylus*	*Nucula turgida*		*Petaloproctus terricola*	*Pagurus m'bizi*	*Upogebia crosnieri*	*Clymene gracilis*
Galathowenia africana	*Spiropagurus elegans*	*Pecten exoticus*		*Clymene lumbricoides*	*Calappa peli*	*Clavatula lelieuri*	*Eriopisa epistomata*
Sosane sulcata	*Albunea carabus*	*Cardita regularis*		*Clymene capensis*	*Trophon fusulus*	*Cythara atlantidea*	*Alpheus macrocheles*
Heterocuma africana	*Matuta michaelseni*	*Cardita ajar*		*Brada villosa*	*Nassarius obliquus*	*Nuculana fragilis*	*Pontophilus bidens*
Eocuma ferox	*Calappa rubroguttata*	*Cardium ringens*		*Pherusa tropica*	*Drillia balista*	*Antedon dubenii*	*Chaetoderma abidjanense*
Tmetonyx bruuni	*Xaiva mcleayi*	*Tivela bicolor*		*Lygdamis indicus*	*Clavatula lineata*	*Hippoporidra senegambiensis*	
Urothoe leone	*Achaeus monodi*	*Donax oweni*		*Amaeana accraensis*	*Turris undatiruga*		
Urothoe marina	*Nassarius heynemanni*	*Amphiura ungulata*		*Phascolion strombi*	*Pleurobranchaea gela*		
Mandibulophoxus stimpsoni	*Cyllene lyrata*	*Amphioplus cincta*		*Echiurus* sp.	*Tellina compressa*		
Perioculodes longimanus	*Oliva acuminata*	*Echinocyanus pusillus*		*Thalassema diaphanes*	*Rhopalodina gracilis*		
Tiron intermedia	*Mitra hamillei*	*Plagiobrissus jullieni*		*Hippomedon robustus*			

TABLEAU III

Espèces présentant une affinité pour la matière organique (écarts négatifs) et sans affinité (écarts positifs)

Espèces	Écart ordination carbone/ ordination lutites	Espèces	Écart ordination carbone/ ordination lutites
Petaloproctus terricola	- 260	*Lanice conchylega*	+ 148
Clavatula smithi	- 199	*Clavatula strebeli*	+ 103
Drillia pyramidata	- 198	*Ophiopsila guineensis*	+ 91
Laurentiella heterocheir	- 195	*Pseudomyra m'bizi*	+ 83
Ochetostoma glaucum	- 194	*Iphinoe tenella*	+ 81
Callichirus foresti	- 191	*Upogebia crosnieri*	+ 80
Paguristes hispidus	- 190	*Onuphis amoureuxi*	+ 76
Clavatula lineata	- 183	*Golfingia margaritacea*	+ 36
Ogyrides rarispina	- 162	*Brada villosa*	+ 35
Macoma cumana	- 140	*Amphicteis pennata*	+ 34
Parahexapus africanus	- 114	*Prionospio ehlersi*	+ 33
Amaeana accraensis	- 105	*Marphysa kinbergi*	+ 33
Lumbriconereis heteropoda	- 94	*Aspidosiphon hartmeyeri*	+ 30
Clavatula milleti	- 85	*Rhopalodina gracilis*	+ 68
Palaemon hastatus	- 83	*Loimia medusa*	+ 66
Amphioplus bananensis	- 81	*Ampelisca ctenopus*	+ 65
Aloidis dautzenbergi	- 33	*Tharyx marioni*	+ 65
Nucula crassidens	- 35	*Thalassema* sp.	+ 63
Manningia posteli	- 65	*Chlorotocus crassicornis*	+ 63
Clavatula coerulea	- 64	*Chaetoderma abidjanense*	+ 63
Modiolus stultorum	- 64	*Glycera rouxi*	+ 61
Aspidosiphon mulleri	- 60	*Amphiura filiformis*	+ 60
Natica fanel	- 58	*Chloeia venusta*	+ 60
Rhopalodina lageniformis	- 53	*Cadulus nicklesi*	+ 55
Dentalium intesi	- 56	*Monodaeus rouxi*	+ 54
Aloidis sulcata	- 53	*Harpinia* sp.	+ 53
Euphione sp.	- 52	*Ampelisca diadema*	+ 53
Tellina compressa	- 52	*Amphioplus aciculatus*	+ 52
Paraonis gracilis	- 51	*Clymene palermitana*	+ 52
Porcellana longicornis	- 50	*Pista grubei*	+ 51
		Cardita lacunosa	+ 51
		Ampharete kerguelensis	+ 51
		Nassarius turbineus	+ 50
		Clymene gracilis	+ 50

Dans l'ordination sur le facteur médiane (figure 3), les discontinuités faunistiques ne correspondent pas non plus aux limites des groupes dimentionnels granulométriques des géologues ; les principales peuvent être placées à 110, 190, et 340 µm et définissent des contingents faunistiques liés aux sables très fins, fins, moyens et grossiers. De nombreuses espèces sont tolérantes vis-à-vis de la taille des grains. On ne peut guère retenir que *Clavatula coerulea* (sables fins), *Thalenessa vazensis, Paguristes difficilis, Hastula lepida, Plagiobrissus jullieni* (sables moyens), *Cirolana* spB (sables grossiers), comme espèces types de contingents.

L'ordination sur le facteur carbonate (figure 4) se présente sous la forme d'un continuum dont on ne peut séparer que les 26 espèces qui se situent au-delà de la valeur 18 sur l'échelle et qui présentent les plus fortes affinités pour les fonds hétérogènes à teneurs élevées en carbonate. Il s'agit (dans l'ordre croissant des valeurs) de *Pagurus m'bizi, Scalibregma inflatum, Harmothoe antilopis, Pennatula rubra, Maldane sarsi, Apanthura* spA, *Macoma bruuni, Amphicteis gunneri, Lumbriconereis coccinea, Amphiura filiformis, Monodaeus rouxi, Piromis arenosus, Polynices fusca, Philine* sp., *Haliophasma* spD, *Upogebia*

TABLEAU IV
Espèces présentant une affinité pour l'azote (écarts négatifs) et sans affinité (écarts positifs)

Espèces	Écart ordination azote/ ordination carbone	Espèces	Écart ordination azote/ ordination carbone
Onuphis bihanica	- 91	*Lumbriconereis impatiens*	+ 32
Ampelisca aequicornis	- 83	*Onuphis conchylega*	+ 69
Lepidasthenia brunnea	- 58	*Clavatula gabonensis*	+ 62
Amphicteis pennata	- 53	*Cythara atlantidea*	+ 59
Tharyx marioni	- 53	*Phascolion* sp.	+ 53
Echiurus sp.	- 55	*Ophiactis lymani*	+ 46
Onuphis amoureuxi	- 53	*Nuculana fragilis*	+ 45
Pista grubei	- 49	*Ophiothrix congensis*	+ 44
Chaetoderma abidjanense	- 43	*Macoma cumana*	+ 44
Ampharete kerguelensis	- 46	*Antedon dubenii*	+ 44
Virgularia tuberculata	- 42	*Nuculana tuberculata*	+ 43
Scalibregma inflatum	- 41	*Aricidea assimilis*	+ 43
Dasybranchus caducus	- 38	*Aricia faetida*	+ 40
Thalassema diaphanes	- 36	*Aonides oxycephala*	+ 39
Cirolana spA	- 36	*Heterospio longissima*	+ 39
Potidoma sp.	- 35	*Parahexapus africanus*	+ 38
Melinna palmata	- 34	*Disoma orissae*	+ 33
Philine sp.	- 33	*Ampelisca ctenopus*	+ 35
Phascolion strombi	- 32	*Goniada multidentata*	+ 34
Cadulus nicklesi	- 32	*Amphipholis bananensis*	+ 34
Nassarius tritoniformis	- 31	*Nassarius obliquus*	+ 33
Epidiopatra hupferiana	- 30	*Turris torta*	+ 33
		Mactra nitida	+ 33
		Ogyrides rarispina	+ 32
		Onchnesoma steenstrupi	+ 31
		Drillia pyramidata	+ 31
		Cirratulus filiformis	+ 30
		Isolda whydahensis	+ 30
		Phascolion hupferi	+ 30

deltaura, *Ebalia* sp., *Melinna palmata*, *Cirolana* spA, *Glycera lapidum*, *Aloidis gibba*, *Thalassema diaphanes*, *Nematonereis unicornis*, *Haliophasma* spA, *Schizammina furcata*, *Thalassema* sp. Toutes ces espèces font partie des contingents de sables vaseux et vases sableuses et se situent dans l'étage circalittoral du large ou à la limite inférieure du circalittoral côtier, ce qui correspond parfaitement aux fonds détritiques organogènes envasés.

Répartition des espèces et matière organique

De nombreux travaux (NICHOLS, 1970 ; LIE, 1978 ; DOMAIN, 1980, entre autres) ont souligné la liaison entre teneurs du sédiment en éléments fins et en matière organique. C'est également le cas en Côte-d'Ivoire. De ce fait, les ordinations des espèces sur les facteurs lutites, carbone et azote sont très proches les unes des autres ; on trouve ainsi respectivement des valeurs de r (coefficient de corrélation de rang de Spearman) égales à 0,92 entre ordinations lutites et carbone, 0,94 entre ordinations lutites et azote, 0,99 entre ordinations carbone et azote. Dans ces conditions, mieux vaut noter les espèces qui présentent les plus fortes différences de rang dans les ordinations « lutites » et « carbone » d'une part, dans les ordinations « carbone » et « azote » d'autre part pour mettre en évidence celles qui manifestent le plus (ou le moins) d'affinité pour la matière organique totale dont la teneur en carbone est l'indice, le plus (ou le moins) d'affinité pour l'azote, indice de matière organique non dégradée (tableaux III et IV).

On constate que les espèces qui recherchent la matière organique fréquentent, pour la plupart, les fonds de sables vaseux de l'infralittoral, biotope sous l'influence des apports fluviatiles et lagunaires. Le long du gradient profondeur, l'affinité décroît de l'infralittoral à la marge externe. Le long du gradient teneur en lutites, l'affinité diminue quand l'envasement augmente. On n'a donc pas le droit, d'après cette dernière observation, de conclure qu'une espèce recherche la matière organique dès lors qu'elle est récoltée dans un sédiment à teneur élevée en carbone où la matière organique peut être piégée sous une forme peu assimilable et où les échanges eau-sédiment peuvent être faibles. Il est donc plus important de disposer de valeurs de flux (facteur dynamique) que de teneur du sédiment (paramètre statique) et il est essentiel d'en déterminer la nature biochimique. Le résultat de l'analyse rappelle simplement que ces flux sont particulièrement importants aux faibles profondeurs et près du débouché de fleuves ou de lagunes et qu'il s'agit vraisemblablement d'une matière organique plus fraîchement produite.

Les espèces qui présentent des affinités vis-à-vis de la présence d'azote sont, en revanche, nombreuses dans la partie profonde du plateau (étage circalittoral du large) ou sur la marge externe, dans les sables vaseux et les vases sableuses ; c'est là en effet que les teneurs en azote sont élevées et que, surtout, le rapport C/N est le plus faible.

Ces quelques observations mettent en évidence la complexité des relations faune-matière organique dans le sédiment et incitent à en approfondir l'étude. On a donc été amené, compte tenu des données disponibles, à entreprendre une analyse de variance pour examiner, en fonction de la profondeur et de la position en longitude, les variations des valeurs de taux de carbone, d'azote, du rapport C/N, et du descripteur dont on peut disposer comme indice de la richesse faunistique : les effectifs par prélèvement [1]. Des résultats préliminaires figurent dans Intès et Le Lœuff (1986a) et seront approfondis ici.

On considère les distributions de C, N, C/N et des effectifs — exprimés en Ln (x + 1) — en fonction de la profondeur d'une part, la situation en longitude d'autre part, selon trois strates ou régions : est, entre Grand-Bassam et Trou-sans-Fond ; centre, entre Trou-sans-Fond et Jacqueville ; ouest, représentée par les radiales devant Grand-Lahou et Sassandra. On aboutit aux conclusions suivantes : toutes les variables, C, N, C/N, effectifs, dépendent significativement de la situation bathymétrique (effet « profondeur », figure 5) et de la position en longitude des prélèvements (effet « région », figure 6). Il y a, de plus, interaction significative de ces deux facteurs, qu'il faut rattacher au contexte sédimentaire, variable dans chaque région avec la profondeur, dans le cas des taux de carbone et d'azote. Le rapport C/N et les effectifs ne subissent pas cette interaction. On constate que la région centrale, où les apports continentaux sont faibles, se distingue des deux autres par les teneurs plus modérées de ses sédiments en carbone et azote alors que sa richesse faunistique est forte. En revanche, la région orientale est significativement plus pauvre en effectifs avec un rapport C/N plus élevé.

Ces résultats montrent aussi sans ambiguïté qu'on ne peut lier la richesse faunistique aux teneurs élevées du sédiment en matière organique : c'est précisément dans la région centrale, là où C et N prennent les valeurs les plus basses, que les effectifs sont les plus importants ; en bordure de plateau où la matière organique est abondante, les effectifs sont modestes. Le rapport C/N semble être un meilleur indice ; la région orientale, où C/N est élevé, est aussi celle où la richesse en effectifs est la plus faible ; en revanche, si l'on considère les répartitions selon la profondeur, il y a, paradoxalement, évolution parallèle des courbes des effectifs et de C/N. Il faut donc se garder d'interprétations simplistes ; le facteur granulométrie joue en fait un rôle primordial ; 77 % des espèces ont leur préférendum, vis-à-vis des lutites, dans la plage de valeurs 0-38 %. Les sédiments au large de Grand-Bassam d'une part, de Grand-Lahou et Sassandra d'autre part, ont des teneurs respectives de 42 et 43 % de lutites alors qu'on ne mesure que 19 % entre Jacqueville et Abidjan ; de ce point de vue, la région centrale s'avère plus favorable aux invertébrés benthiques. De même, la teneur moyenne en lutites augmente avec la profondeur : 5 % à 20 m, 33 % à 40 m, 52 % à 60 m, 60 % à 80 m, 66 % à 100 m et on observe une chute des effectifs au-delà de 60-70 m (figure 5).

[1] Dans tout ce chapitre « Structure spatiale », les valeurs d'effectifs indiquées et utilisées dans les analyses seront rapportées à 100 l de sédiments récoltés à la drague.

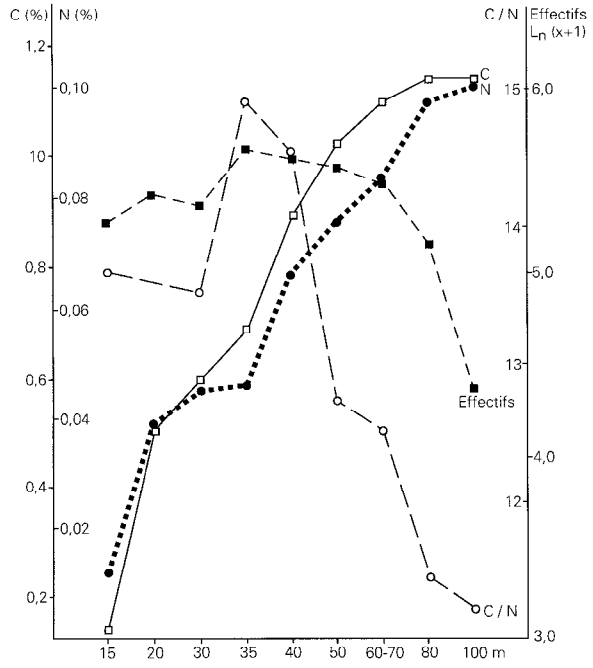


Figure 5

Moyennes des teneurs en carbone et azote des sédiments, du rapport C/N, des effectifs de la faune exprimés en Ln (x+1), aux profondeurs de prélèvement.

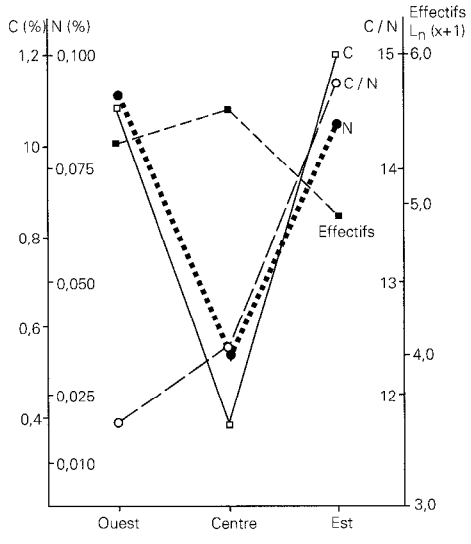


Figure 6

Moyennes des teneurs en carbone et azote des sédiments, du rapport C/N, des effectifs de la faune exprimés en Ln (x+1), dans les trois régions considérées.

Il faut enfin noter (figure 6) que si les valeurs élevées de C et N se rencontrent à l'est et à l'ouest, les plus faibles valeurs de C/N se situent à l'ouest, là où l'upwelling est le plus intense ; elles se rapprochent alors de celles mesurées par De Miro Orell (1973) et Domain (1980) dans la région sénégalo-mauritanienne. À l'est, en revanche, région qui reçoit les apports de la lagune Ébrié, le rapport C/N est élevé ; d'après Dufour (1984) la production primaire de ce système lagunaire équivaudrait à celle d'un upwelling océanique modéré, mais le rapport des biomasses pélagiques animales et végétales ne serait que de l'ordre de 3 % alors qu'il atteindrait 27 % en moyenne dans le milieu marin de Côte-d'Ivoire. D'où probablement ce rapport C/N élevé dans les sédiments, au large de Grand-Bassam, indice d'une origine végétale (Glémarec, 1964 ; Establiér *et al.*, 1984).

Peuplements

Dans l'étude des peuplements, une double approche est, d'une façon générale, utilisée :

1° on détermine des distances entre espèces en tenant compte de leurs effectifs dans les prélèvements pour constituer des groupements ou assemblages ;

2° on calcule des distances entre prélèvements, d'après leur composition faunistique, pour aboutir à la définition de communautés, concept qui réunit à la fois la notion de biotope (chaque prélèvement concerne une station définie par un certain nombre de caractères physiques) et de contenu faunistique ; une synthèse des résultats d'une analyse de gradient et d'une analyse des correspondances portant sensiblement sur le même jeu de données aboutit aux conclusions qui vont suivre ; les deux méthodes sont en effet jugées complémentaires (Intès et Le Loeuff, 1986b).

Assemblages d'espèces

Sept assemblages sont définis. La faune qui les compose est donnée en annexe. On distinguera :

— les espèces sabulicoles de l'infralittoral ;

— les espèces sabulicoles du circalittoral côtier ;
— les espèces des sables vaseux de l'infralittoral ;
— les espèces des sables vaseux du circalittoral côtier ;
— les espèces des vases sableuses et vases du circalittoral côtier et du circalittoral du large ;
— les espèces des fonds détritiques organogènes envasés ;
— les espèces profondes de la marge externe.

Des représentations de ces assemblages sont données dans les plans température/lutites (figure 7) et carbonate/lutites (figure 8) de l'analyse de gradient, ainsi que dans le plan (I, II) de l'analyse des correspondances (figure 9).

Les deux facteurs qui apparaissent les plus importants pour expliquer la répartition des espèces sont, et ce n'est pas une surprise en écologie benthique, la bathymétrie (ou le gradient température) et la teneur

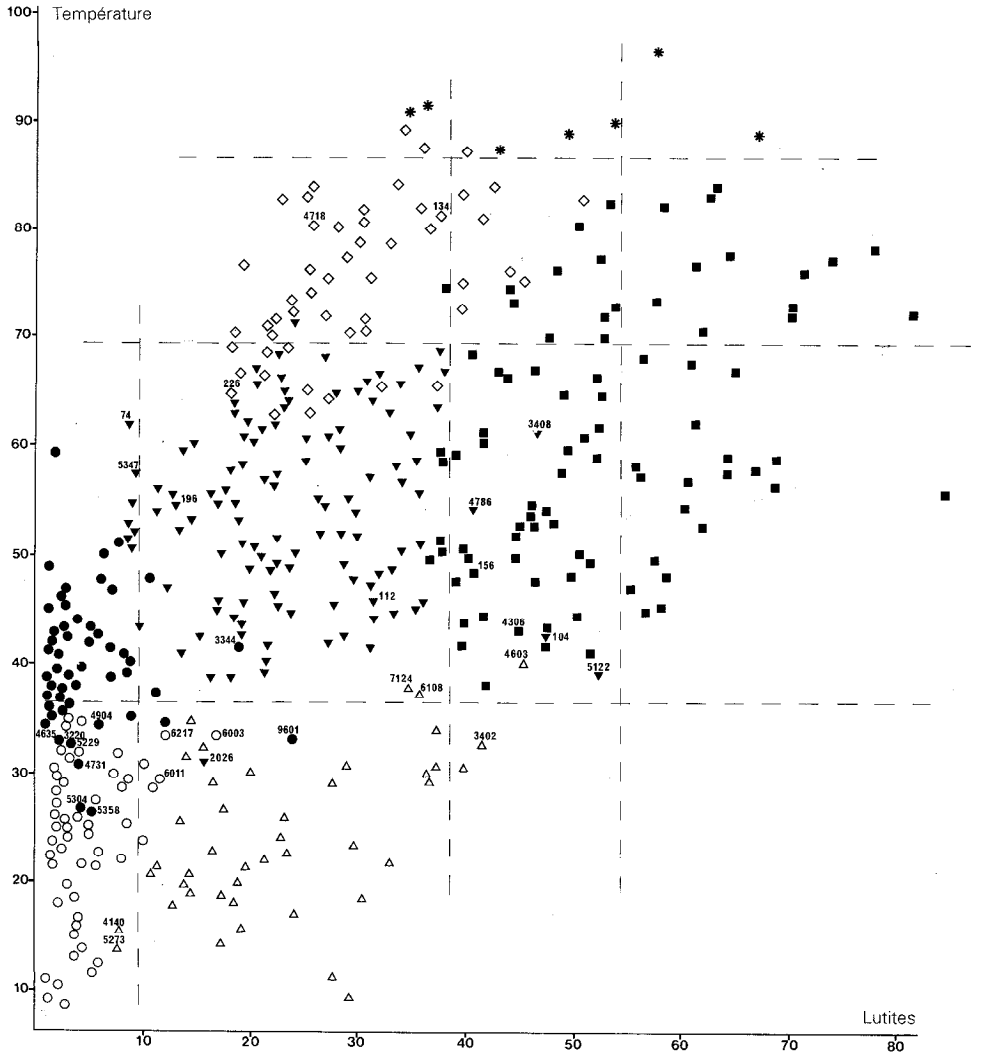


Figure 7
Analyse de gradient ; représentation des espèces par leurs valeurs centrales dans le plan lutites/température.
Les symboles désignent l'appartenance à un assemblage : 1 (○), 2 (●), 3 (Δ), 4 (▼), 5 (■), 6 (◊), 7 (✳).
Une échelle arbitraire 0-100 est adoptée pour la température de façon à simplifier les calculs. On trouvera dans INTÈS et LE LŒUFF (1984) la correspondance entre cette échelle, la température moyenne sur le fond et la profondeur.

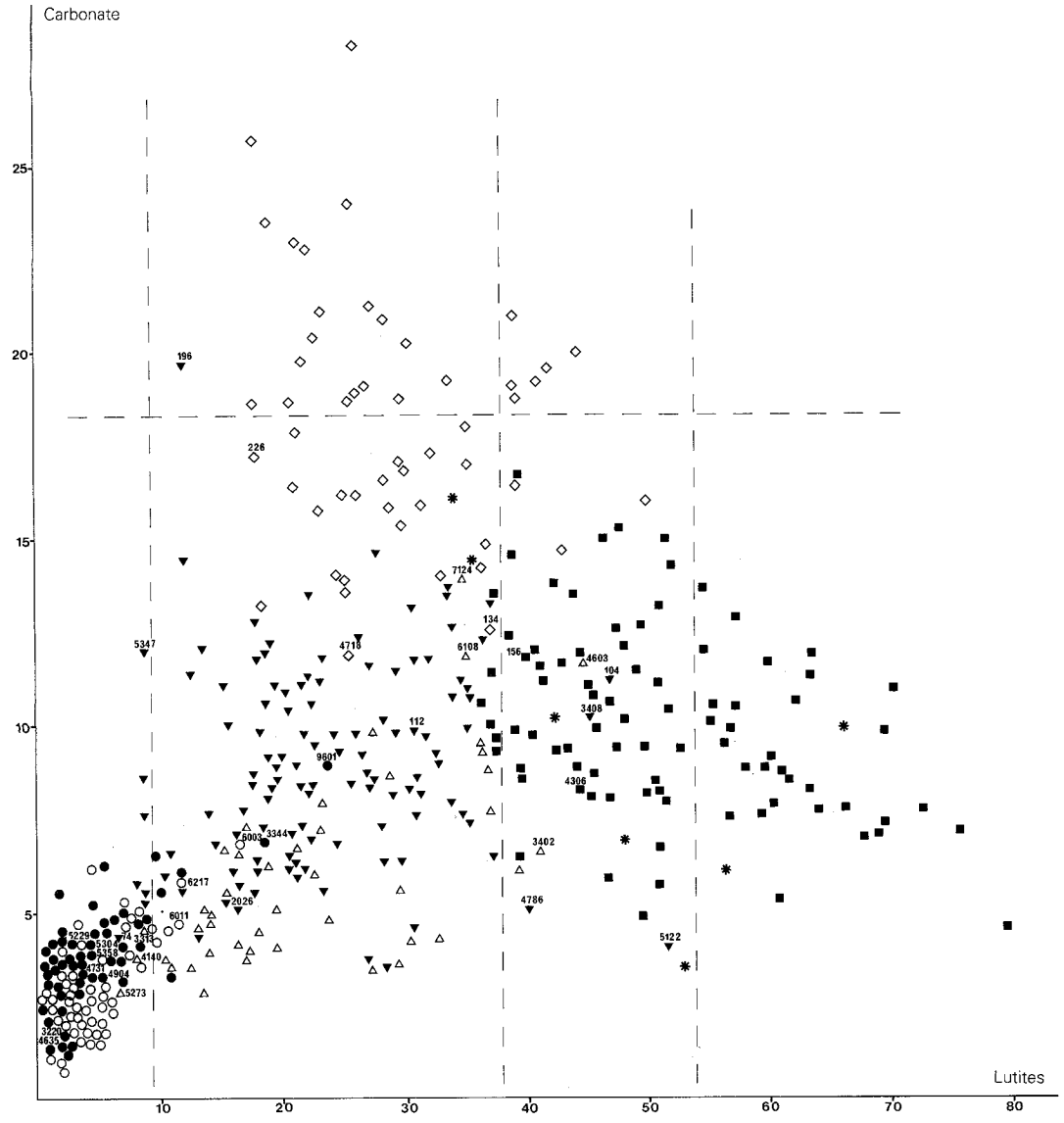


Figure 8

Analyse de gradient ; représentation des espèces par leurs valeurs centrales dans le plan lutites/carbonate. Les symboles désignent l'appartenance à un assemblage : 1 (○), 2 (●), 3 (Δ), 4 (▼), 5 (■), 6 (◊), 7 (✳).

en éléments fins du sédiment. Les teneurs en carbonate et carbone, pour être des facteurs secondaires, permettent cependant, d'une part de mettre en évidence une faune des sédiments hétérogènes (carbonate), d'autre part de mieux séparer les ensembles faunistiques sur sables vaseux (carbone).

La composition taxonomique (tableau V) des différents groupes permet d'opposer les trois premiers assemblages où dominent crustacés (26, 48 et 33 %) et mollusques (38, 31 et 40 %) aux quatre derniers où les polychètes deviennent de plus en plus prépondérants (39, 43, 49 et 57 %). On notera aussi l'importance des mollusques (30 %) dans les sédiments hétérogènes (assemblage 6) où ils trouvent un biotope favorable.

La proportion des catégories trophiques dans chacun des assemblages (tableau VI) donne des informations sur l'économie alimentaire des peuplements (Massé, 1963), les relations entre espèces et sédiment, les équilibres interspécifiques. Les déposivores, puis les carnivores, sont dominants avec, ensemble, près de 75 % des espèces. Les déposivores, toujours présents de façon notable, voient leur nombre culminer dans le groupe des espèces des sables vaseux du circalittoral côtier. Les carnivores sont prépondérants chez les sabulicoles du circalittoral côtier et les espèces de la marge externe. La proportion de limivores

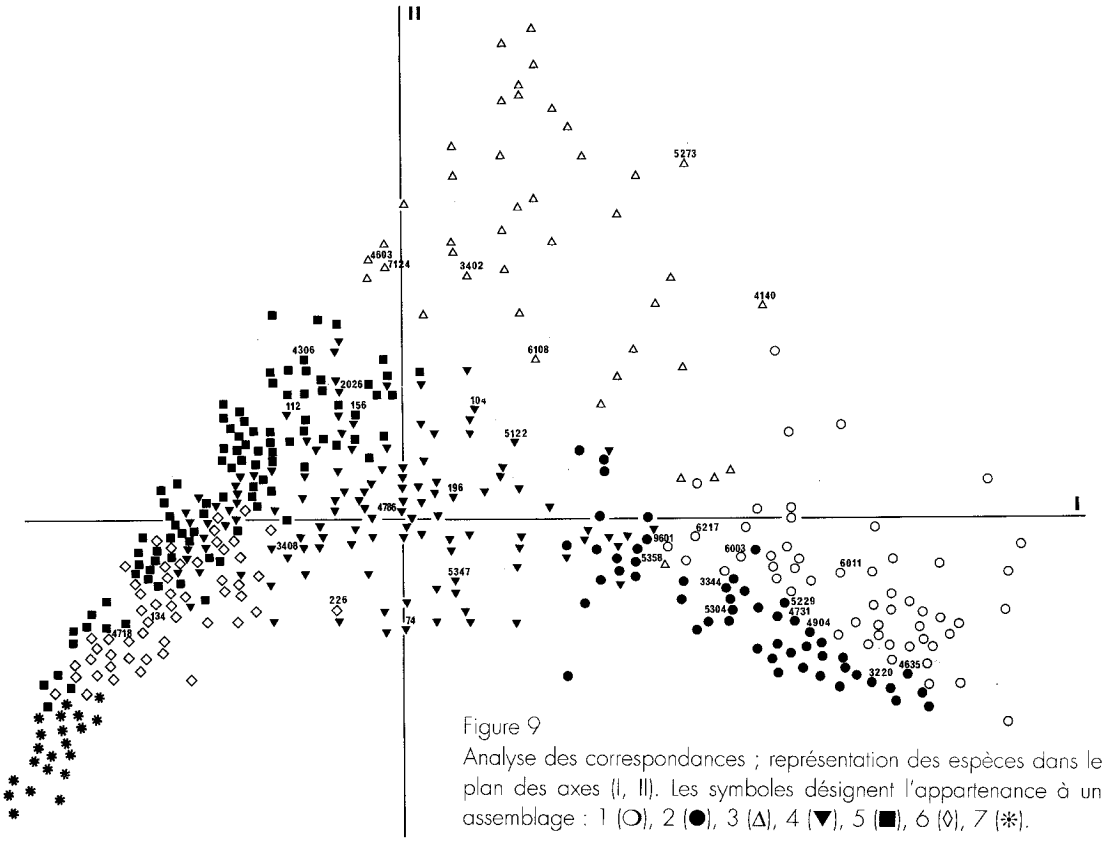


Figure 9
Analyse des correspondances ; représentation des espèces dans le plan des axes (I, II). Les symboles désignent l'appartenance à un assemblage : 1 (○), 2 (●), 3 (Δ), 4 (▼), 5 (■), 6 (◊), 7 (✳).

(dont une majorité de polychètes) augmente avec l'envasement du substrat et, corrélativement, avec l'accroissement du taux de matière organique, atteignant son maximum chez les espèces des vases et vases sableuses. Le rôle des filtreurs est notable dans les deux assemblages de l'infralittoral, étage où les

TABLEAU V
Proportion des principaux taxons dans les assemblages d'espèces

Assemblage	1	2	3	4	5	6	7	Total faune
Nombre d'espèces	53	52	43	118	92	53	21	432
Cnidaires (%)	6	-	2	1	3	2	-	2
Polychètes (%)	17	13	14	39	43	49	57	34
Géphyriens (%)	-	2	7	4	5	6	5	4
Crustacés (%)	26	48	33	24	18	30	19	27
Mollusques (%)	38	31	40	27	15	9	14	25
Échinodermes (%)	11	4	2	4	10	2	-	6

TABLEAU VI
Proportion des catégories trophiques dans les assemblages d'espèces

Assemblage	1	2	3	4	5	6	7	Total faune
Nombre d'espèces	53	52	43	118	92	53	21	432
Carnivores (%)	40	44	33	35	25	38	48	35
Déposivores (%)	30	38	37	43	39	38	33	38
Limivores (%)	4	8	7	7	19	13	14	10
Filtreurs (%)	24	8	21	13	16	11	5	15
Herbivores (%)	2	2	2	2	1	-	-	2

turbulences sont les plus fortes et les productions primaire et secondaire les plus élevées. Quant aux herbivores, ils sont partout rares sur ces fonds meubles et disparaissent, ce qui est normal, au-delà du circalittoral côtier où l'assimilitation chlorophyllienne benthique n'est plus possible. Comme dans le cas des polychètes seules (INTÈS et LE LŒUFF, 1986a), il n'a pas été possible de mettre en évidence de différence statistiquement significative dans la structure trophique des assemblages, même si l'on est tout près du seuil de 95 %. De même, aucune des catégories trophiques n'a de distribution significativement hétérogène dans l'ensemble des assemblages, pas même les limivores.

Communautés

L'interprétation des résultats tirés de l'analyse de gradient et de l'analyse des correspondances aboutit à distinguer sept unités de peuplement :

— la communauté des sables moyens à très fins de l'infralittoral et du circalittoral côtier ;
— la communauté des sables vaseux de l'infralittoral ;
— la communauté des sables vaseux du circalittoral côtier ;
— la communauté des vases sableuses et vases du circalittoral côtier ;
— la communauté du détritique organogène envasé (= sables vaseux et vases sableuses hétérogènes du circalittoral du large) ;
— la communauté des vases du circalittoral du large ;
— la communauté de la marge externe.

On trouvera une représentation de ces structures dans les plans température/lutites (figure 10), carbonate/lutites (figure 11) de l'analyse de gradient, ainsi que dans le plan (I,II) de l'analyse des correspondances (figure 12).

Comme il fallait s'y attendre, on observe une grande analogie entre assemblages d'espèces et com-

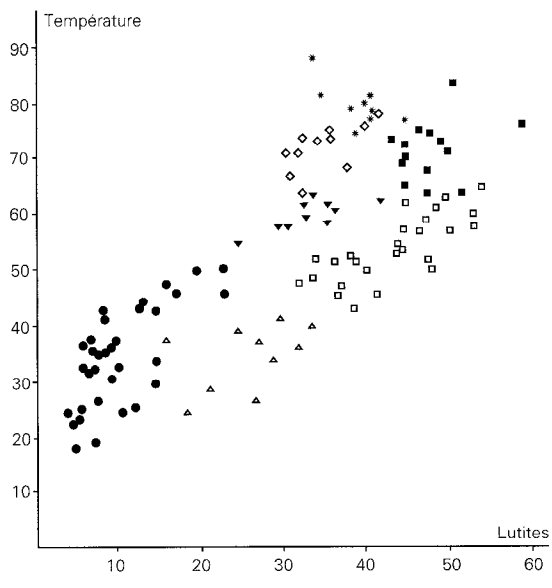


Figure 10
Analyse de gradient ; représentation des prélèvements par leurs valeurs faunistiques dans le plan lutites/température. Les symboles désignent l'appartenance à une communauté :
1 (●), 2 (Δ), 3 (▼), 4 (❑), 5 (◊), 6 (■), 7 (✳).

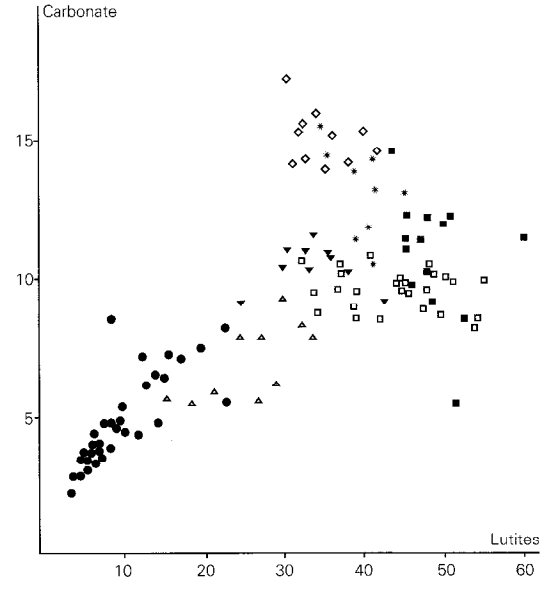


Figure 11
Analyse de gradient ; représentation des prélèvements par leurs valeurs faunistiques dans le plan lutites / carbonate. Les symboles désignent l'appartenance à une communauté :
1 (●), 2 (Δ), 3 (▼), 4 (❑), 5 (◊), 6 (■), 7 (✳).

Échelle de température : même remarque que pour la figure 7.

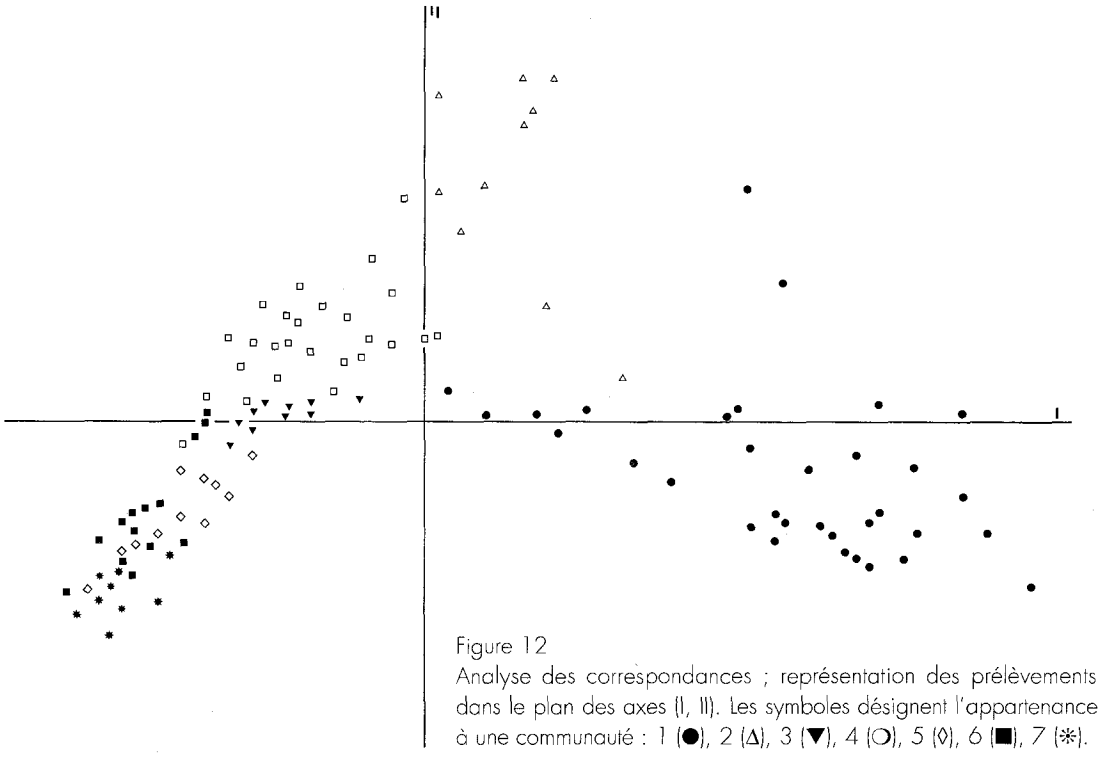


Figure 12
Analyse des correspondances ; représentation des prélèvements dans le plan des axes (I, II). Les symboles désignent l'appartenance à une communauté : 1 (●), 2 (Δ), 3 (▼), 4 (○), 5 (◊), 6 (■), 7 (✻).

munautés, à deux différences près. Alors que, chez les espèces sabulicoles, on peut distinguer celles qui appartiennent aux deux étages les plus côtiers, un seul grand peuplement sur sables est mis en évidence : de très nombreuses espèces sabulicoles sont en effet tolérantes vis-à-vis du facteur climatique et se rencontrent dans les deux étages. En revanche, si les organismes les plus vasicoles ne peuvent être séparés, la position de nombreuses espèces près de la limite des deux étages du circalittoral n'autorisant pas la formation de deux assemblages, les analyses parviennent à distinguer deux unités de peuplement vasicoles, l'un dans le circalittoral côtier, l'autre dans le circalittoral du large.

Caractères des unités de peuplement

Caractères externes : les biotopes

Les données sur les biotopes figurent au tableau VII. On note que les deux peuplements de sables vaseux (2) et (3), n'occupent qu'une frange bathymétrique étroite. Le biotope des fonds organogènes (5) correspond bien à des sédiments de teneur moyenne en carbonate très supérieure à celle de tous les autres. On relève les plus fortes valeurs des taux de carbone et d'azote dans le biotope des vases et vases sableuses du circalittoral côtier (4), mais ces valeurs sont également élevées dans les sables vaseux de l'infralittoral (2) où l'envasement n'est que modéré ; on rencontre notamment ces sables vaseux au débouché des fleuves et le biotope est donc particulièrement exposé aux effets des crues (baisse de salinité, turbidité accrue, apport de sels nutritifs et particules organiques en suspension). Les sables (1), bien classés, peuvent, sur des fonds de 10-15 m, être remués sous l'action de fortes houles ; ils sont beaucoup plus stables vers 40 m. Il est enfin intéressant de signaler que le biotope (4) coïncide précisément avec le fond de pêche à crevettes pénéides de Côte-d'Ivoire (Garcia, 1977, Lhomme et Vendeville, dans cet ouvrage).

Tous ces biotopes s'organisent, sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire, en deux séries biosédimentaires principales :

— dans les régions peu ou pas touchées par la sédimentation actuelle (sud de Jacqueville), on observe, de la côte au large, des sables (infra- et circalittoral côtier), puis des sables vaseux (circalittoral côtier), enfin les fonds détritiques organogènes jusqu'en bordure de plateau ;

TABLEAU VII

Caractères physiques des biotopes : moyennes, écarts-types, valeurs minimales et maximales de la profondeur, du taux de lutites, de la médiane granulométrique, des teneurs en carbonate, carbone, azote du sédiment

Biotopes		Profondeur (m)	Lutites (%)	Médiane (m)	Carbonate (%)	Carbone (%)	Azote (%)
	Moyenne	26	3	236	3,0	0,137	0,010
1	Écart-type	10	3	114	2,2	0,085	0,007
	Valeur min.	10	0	90	0,2	0,061	0,003
	Valeur max.	40	11	460	10,4	0,372	0,028
	Moyenne	20	24	99	7,6	1,293	0,091
2	Écart-type	5	12	15	5,1	0,502	0,031
	Valeur min.	10	8	85	2,8	0,326	0,040
	Valeur max.	25	43	120	15,0	1,740	0,126
	Moyenne	54	22	116	9,7	0,520	0,045
3	Écart-type	5	8	28	5,1	0,295	0,024
	Valeur min.	50	9	85	4,6	0,219	0,017
	Valeur max.	60	35	170	22,4	1,229	0,102
	Moyenne	43	64	-	8,8	1,664	0,120
4	Écart-type	9	21	-	4,1	0,562	0,042
	Valeur min.	30	35	-	2,0	0,850	0,060
	Valeur max.	60	96	-	19,9	3,168	0,240
	Moyenne	89	28	-	23,5	0,758	0,068
5	Écart-type	16	10	-	10,3	0,185	0,018
	Valeur min.	60	14	-	10,0	0,411	0,039
	Valeur max.	110	47	-	41,0	1,097	0,099
	Moyenne	89	75	-	6,8	1,399	0,117
6	Écart-type	12	19	-	2,5	0,640	0,046
	Valeur min.	70	43	-	2,8	0,780	0,074
	Valeur max.	100	98	-	11,7	3,042	0,243

— dans les régions soumises à forte sédimentation par apports d'origine continentale (sud de Grand-Bassam), on rencontre la série : sables, sables vaseux infralittoraux, vases sableuses et vases du circalittoral côtier, vases du circalittoral du large.

Dans le premier cas, les fonds très vaseux sont absents et tout le circalittoral du large est occupé par la thanatocénose à algues calcaires et amphistégines qui s'étend au pied des barres de grès de plage, anciennes lignes de rivage submergées, et qui donne naissance à un sédiment hétérogène riche en carbonate. Dans le second cas, les vases néoformées viennent se déposer sur un substrat plus ancien ; le passage de sable-sable vaseux à vase peut s'effectuer alors pratiquement sans transition. Des variantes de ces deux situations types peuvent se rencontrer, notamment dans l'ouest.

Caractères internes

Les espèces caractéristiques

La simple présence de certains organismes peut permettre d'identifier, avec une bonne probabilité, un peuplement et son biotope. On parlera d'espèces caractéristiques.

En comparant la distribution des fréquences des espèces dans les biotopes avec celle qu'on observerait du fait des seuls lois du hasard (INTÈS et LE LŒUFF, 1986b), on peut mettre en évidence celles qui présentent une affinité significative pour une communauté (caractéristiques exclusives et électives, voir tableau VIII)

Plus les biotopes s'envasent, plus le nombre d'espèces caractéristiques diminue. La lecture du tableau II le laisse déjà présager : la plupart des espèces à affinité vasicole sont tolérantes aux variations du milieu sédimentaire.

TABLEAU VIII

Espèces caractéristiques des communautés benthiques de Côte-d'Ivoire

1		2	3	4	5	6	7
Sigalion opalinum	*Nassarius heynemanni*	*Eurythoe parvecarunculata*	*Julienella foetida*	*Aonides oxycephala*	*Schizammina furcata*	*Onuphis amoureuxi*	*Ceratonereis costae*
Thalenessa dendrolepis	*Cyllene lyrata*	*Petaloproctus terricola*	*Panthalis oerstedi*	*Spio multioculata*	*Scalibregma inflatum*	*Clymene gracilis*	*Onuphis bihanica*
Nephtys cirrosa	*Oliva flammulata*	*Aspidosiphon albus*	*Goniada multidentata*	*Scoloplos armiger*	*Thalassema* sp.	*Schizammina* sp.	*Ninoe saeva*
Glycera tesselata	*Oliva acuminata*	*Ochetostoma glaucum*	*Laonice cirrata*	*Golfingia muricaudata*	*Upogebia talismani*		*Auchenoplax crinita*
Goniadides abidjanensis	*Mitra hamillei*	*Ogyrides rarispina*	*Cirratulus cirratus*	*Eocuma cochlear*			*Cuspidaria abbreviata*
Dispio africana	*Cythara angolensis*	*Palaemon hastatus*	*Aricidea assimilis*	*Clavatula lelieuri*			
Ophelia kirkegaardi	*Terebra senegalensis*	*Laurentiella heterocheir*	*Phascolion strombi*	*Antedon dubenii*			
Armandia intermedia	*Terebra reticulare*	*Callichirus foresti*	*Aspidosiphon hartmeyeri*				
Galathowenia africana	*Hastula lepida*	*Paguristes hispidus*	*Iphinoe tenella*				
Epizoanthus senegambiensis	*Actaeon senegalensis*	*Phylira laevidorsalis*	*Maera othonis*				
Aspidosiphon venabulum	*Fustiaria rubescens*	*Hexapinus africanus*	*Acanthosquilla septemspinosa*				
Tmetonyx bruuni	*Nucula crassicosta*	*Nassarius obliquus*	*Raninoides bouvieri*				
Urothoe leone	*Nucula turgida*	*Drillia pyramidata*	*Ebalia affinis*				
Urothoe marina	*Pecten exoticus*	*Clavatula lineata*	*Typhlocarcinodes integrifrons*				
Mandibulophoxus stimpsoni	*Cardita regularis*	*Clavatula coerulea*	*Trophon fusulus*				
Perioculodes longimanus	*Cardita ajar*	*Clavatula smithi*	*Phos grateloupianus*				
Tiron intermedia	*Cardium ringens*	*Cardita lacunosa*	*Drillia balista*				
Alima hieroglyphica	*Tivela bicolor*	*Macoma cumana*	*Clavatula diadema*				
Gastrosaccus sanctus	*Donax oweni*	*Tellina compressa*	*Clavatula strebeli*				
Processa parva	*Amphiura ungulata*	*Genota mitraeformis*					
Pontophilus wolffi	*Amphioplus cincta*	*Phacoides reyri*					
Paguristes difficilis	*Echinocyanus pusillus*	*Amphioplus aurensis*					
Paguridium minimum	*Plagiobrissus jullieni*	*Ophiactis lymani*					
Spiropagurus elegans	*Branchiostoma takoradii*						
Albunea carabus							
Xaiva mcleayi							

TABLEAU IX

Espèces les plus communes (à la fois fréquentes et abondantes) des communautés benthiques de Côte-d'Ivoire. Les espèces caractéristiques sont soulignées

1	2	3	4	5	6	7
Sthenelais zonata	*Paguristes hispidus*	*Ophiophragmus acutispina*	*Ophiophragmus acutispina*	*Hyalinoecia fauveli*	*Marphysa kinbergi*	*Amphiura chiajei*
Branchiostoma takoradii	*Eurythoe parvecarunculata*	*Amphiura chiajei*	*Callianassa diaphora*	*Amphiura filiformis*	*Monodaeus rouxi*	*Amphiura filiformis*
Ampelisca brevicornis	*Callianassa diaphora*	*Hyalinoecia fauveli*	*Onchnesoma steenstrupi*	*Monodaeus rouxi*	*Schizammina labyrinthica*	*Onuphis bihanica*
Echinocyanus pusillus	*Nephtys lyrochaeta*	*Aspidosiphon hartmeyeri*	*Scoloplos armiger*	*Notomastus latericeus*	*Ophiophragmus acutispina*	*Notomastus latericeus*
Oliva flammulata	*Diopatra neapolitana*	*Typhlocarcinodes integrifrons*	*Amphipholis nudipora*	*Ophiophragmus acutispina*	*Notomastus latericeus*	*Ampelisca diadema*
Onuphis eremita	*Lumbriconereis heteropoda*	*Laonice cirrata*	*Sternaspis scutata*	*Dasybranchus caducus*	*Onuphis amoureuxi*	*Monodaeus rouxi*
Xaiva mcleayi	*Diogenes pugilator*	*Paguristes mauritanicus*	*Glycera unicornis*	*Marphysa kinbergi*	*Ampelisca diadema*	*Magelona cincta*
Ophiura grubei	*Amphioplus congensis*	*Julienella foetida*	*Diopatra neapolitana*	*Amphiura chiajei*	*Phyllochaetopterus socialis*	*Clymene palermitana*
Donax oweni	*Ochetostoma glaucum*	*Raninoides bouvieri*	*Phyllochaetopterus socialis*	*Eunice vittata*	*Schizammina sp.*	*Nematonereis unicornis*
Diogenes pugilator	*Aspidosiphon albus*	*Panthalis oerstedi*	*Scoloplos chevalieri*	*Nematonereis unicornis*	*Clymene gracilis*	*Ampharete kerguelensis*
Philine aperta	*Callichirus foresti*	*Automate evermanni*	*Schizammina arborescens*	*Clymene palermitana*	*Drilonereis filum*	*Paramphinome trionyx*
Gastrosaccus sanctus	*Amphipholis nudipora*	*Ampelisca latifrons*	*Nephtys lyrochaeta*	*Ampelisca diadema*	*Sternaspis scutata*	*Marphysa kinbergi*
Dispio africana	*Parahexapus africanus*	*Goniada multidentata*	*Paguristes mauritanicus*	*Pista cristata*	*Maldane decorata*	*Eunice vittata*
Armandia intermedia	*Ampelisca brevicornis*	*Phos grateloupianus*	*Schizaster edwardsi*	*Amphipholis nudipora*	*Chloeia venusta*	*Glycera rouxi*
Nephtys cirrosa	*Ophiophragmus acutispina*	*Amphioplus congensis*	*Automate evermanni*	*Scalibregma inflatum*	*Prionospio pinnata*	*Alpheus talismani*
Terebra knockeri	*Palaemon hastatus*	*Nephtys lyrochaeta*	*Machaerus oxyacantha*	*Nephtys lyrochaeta*	*Amphipholis nudipora*	*Auchenoplax crinita*

TABLEAU X

Moyennes et écarts types (valeurs soulignées) du nombre d'espèces, des effectifs, de la diversité et de la régularité dans les communautés benthiques de Côte-d'Ivoire

Communautés	1	2	3	4	5	6	7
Nombre d'espèces	46,7	42,3	78,9	41,4	54,6	22,4	32,9
	23,1	12,5	20,9	18,9	28,7	10,3	13,2
Effectifs	122,1	167,9	267,9	151,2	199,8	61,1	91,2
	69,8	141,8	140,1	110,8	218,3	55,8	43,3
Diversité	4,68	4,46	5,37	4,41	4,72	3,62	4,16
	0,80	0,69	0,58	0,59	0,63	0,78	0,80
Régularité	0,88	0,84	0,86	0,85	0,86	0,84	0,84
	0,05	0,13	0,09	0,09	0,10	0,15	0,08

Les espèces dominantes

En zone tropicale, la notion de dominance est toute relative. Pratiquement aucune espèce n'est rencontrée régulièrement dans un biotope avec des abondances très supérieures à celles des autres. Une exception cependant : la polychète *Phyllochaetopterus socialis*, du fait de son mode de vie en agrégats de tubes, peut présenter une dominance élevée, particulièrement dans son biotope d'élection, les vases du circalittoral du large (moyenne de 20 %). Des concentrations importantes de *Paguristes hispidus* (sables vaseux de l'infralittoral) et *Echiurus* sp. (détritique organogène envasé) ont été notées mais en une seule occasion ; on ne peut donc leur accorder une grande signification.

Il est cependant important de donner (tableau IX) la liste des espèces les plus communes dans chaque communauté, pour mieux en cerner le contenu faunistique. Cette liste permet aussi de repérer les espèces les plus largement répandues ; ainsi, l'ophiure *Ophiophragmus acutispina* est partout commune, sauf dans les sables et sur le talus ; la polychète *Nephtys lyrochaeta* et l'ophiure *Amphipholis nudipora* sont également présentes dans tous les milieux, dès lors qu'il y a envasement ; l'ophiure *Amphiura chiajei* est dans le même cas mais évite les vases pures. Enfin, les polychètes *Marphysa kinbergi*, *Notomastus latericeus*, l'amphipode *Ampelisca diadema* et le brachyoure *Monodaeus rouxi* peuplent tous les fonds de la partie profonde du plateau continental. En outre, le tableau fait ressortir les espèces à la fois caractéristiques et communes, qu'il faut donc considérer comme jouant un rôle particulièrement important dans les communautés (elles sont soulignées dans le tableau).

Les caractères synthétiques

Il s'agit (valeurs moyennes et écarts-types) du nombre d'espèces, des effectifs récoltés dans chaque unité de peuplement, de la diversité et de la régularité (tableau X et figure 13). L'allure des diagrammes rangs-fréquence dans chacune des communautés a également été tracée (figure 14).

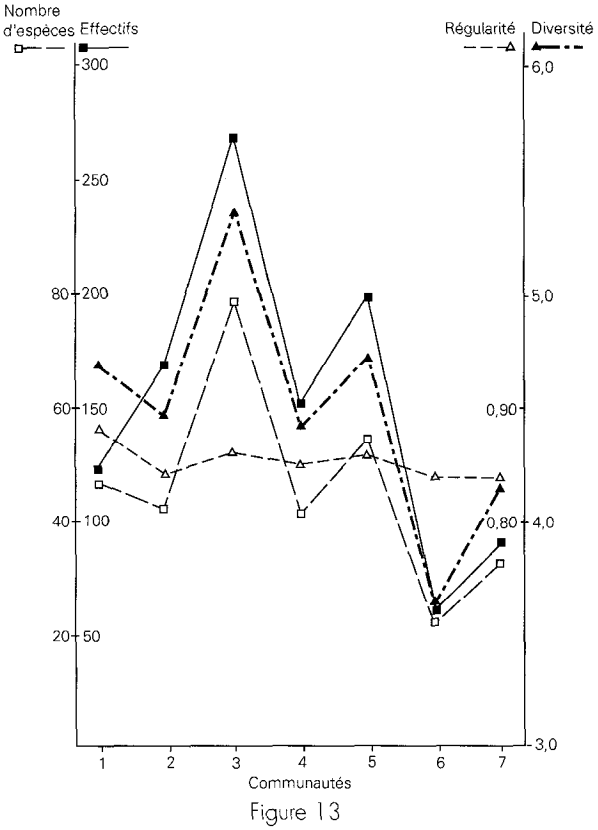


Figure 13

Moyennes, dans les prélèvements (dragages), du nombre d'espèces, des effectifs, de la diversité (H', indice de Shannon-Weaver), de la régularité (H'/H' max.), dans les sept communautés benthiques identifiées.

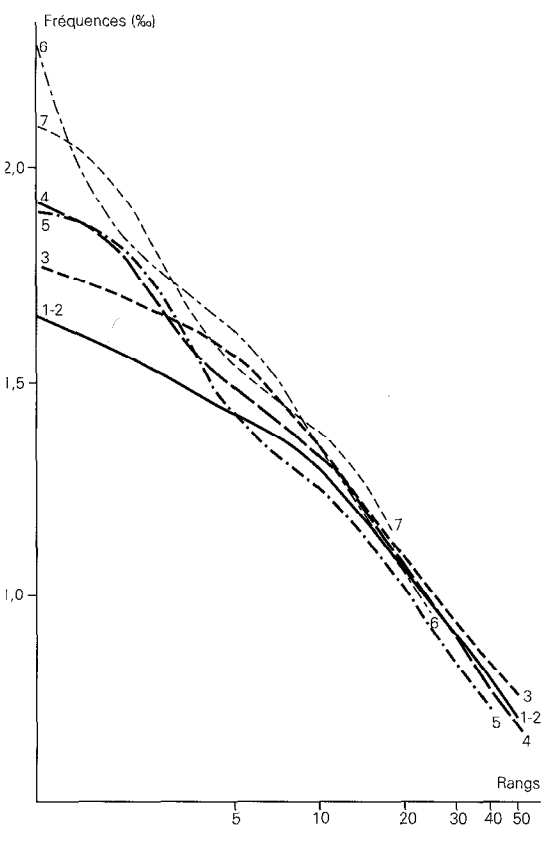


Figure 14

Allure des diagrammes rangs-fréquence des espèces dans les sept communautés benthiques identifiées.

La régularité, élevée et pratiquement constante, avec cependant une légère tendance à diminuer de la côte vers le large, ne permet guère de caractériser les communautés. Il n'en va pas de même des trois autres descripteurs. Nombre d'espèces, effectifs et diversité restent à un niveau moyen dans les communautés (1) et (2), les plus littorales, qui apparaissent ici très voisines alors que leurs faunes sont bien distinctes, de même que dans les vases et vases sableuses de milieu de plateau de la communauté (4) ; les valeurs sont élevées dans les milieux faiblement envasés du circalittoral du large — communauté (5) du détritique organogène — et surtout du circalittoral côtier — communauté (3) — qui constituent donc les fonds les plus riches et diversifiés des sédiments meubles de Côte-d'Ivoire ; elles sont faibles dans la communauté (6) des vases profondes, et se relèvent sur la marge externe — communauté (7).

Sur les diagrammes rangs-féquences, on constate une évolution graduelle d'un peuplement à l'autre. Sans attacher une signification fonctionnelle aux formes des graphiques (maturité, stabilité...), cette évolution montre, quand on passe des communautés sableuses les plus littorales aux communautés de vases profondes, une accentuation de la dominance, modeste mais cependant sensible, d'un petit nombre d'espèces au sein des peuplements.

Discussion

Chacune des sept unités de peuplement mises en évidence dans cette étude présente des caractères particuliers (espèces caractéristiques, espèces dominantes, richesse en espèces, densité, diversité) et occupe un biotope bien déterminé, ce qui correspond donc bien au concept de communauté benthique, et autorise le tracé d'une carte bionomique des fonds du plateau continental ivoirien entre Jacqueville et Grand-Bassam (figure 15).

La faune benthique de Côte-d'Ivoire est un élément de l'ensemble faunistique tropical ouest-africain qui peuple la zone s'étendant du cap Blanc au cap Frio. Plus précisément, la Côte-d'Ivoire fait partie de la région tropicale atypique qui, du cap des Palmes au front Togo-Bénin, subit des remontées saisonnières d'eau profonde. INTÈS et LE LŒUFF (1984) ont montré, à propos de la faune annélidienne, que cette région atypique se distingue par une richesse faunistique élevée. Ce travail a aussi mis en évidence une plus grande affinité de cette faune avec la faune boréale qu'avec celle d'Afrique du Sud.

On dispose, pour situer les écosystèmes benthiques de Côte-d'Ivoire dans l'ensemble tropical ouest-africain, de quelques études plus anciennes : COLLIGNON (1957, 1960) en baie de Pointe-Noire (Congo), BUCHANAN (1958) au Ghana, LONGHURST (1958) en Guinée-Sierra Leone.

La baie de Pointe-Noire, milieu abrité, connaît des conditions hydrodynamiques très différentes de celles de Côte-d'Ivoire ; aussi ne peut-on guère établir de comparaison entre les peuplements des sables ; en revanche, on relève une certaine parenté entre la faune des sables vaseux infralittoraux de Côte-d'Ivoire et celle des sédiments modérément envasés de la baie de Pointe-Noire avec, notamment, la présence commune de *Drillia pyramidata, Clavatula lineata, Clavatula coerulea, Fustiaria maltzani, Mactra nitida, Macoma cumana, Tellina compressa, Aloidis dautzenbergi*. Sur des sédiments plus vaseux, on rencontre des organismes du circalittoral côtier de Côte-d'Ivoire alors que les profondeurs restent en général inférieures à 10 m au Congo : il s'agit de *Pisa carinimana, Cancellaria cancellata, Clavatula diadema, Asthenotoma spiralis, Natica fanel, Modiolus stultorum, Phacoïdes lamothei, Cultellus tenuis*, la plupart de ces espèces étant cependant tolérantes vis-à-vis du facteur profondeur ; *Antedon dubenii* constitue un faciès en baie de Pointe-Noire (fonds à comatules), tandis que *Schizaster edwardsi* peuple la fosse la plus vaseuse (10-16 m de profondeur) ; ces deux échinodermes sont strictement limités au circalittoral côtier en Côte-d'Ivoire. On assiste donc en baie de Pointe-Noire à une remontée de certains organismes, vraisemblablement favorisée par le calme qui règne dans la baie. Un phénomène analogue de remontée de peuplement vasicole côtier venant se surimposer au peuplement infralittoral a déjà été signalé par HILY (1976) dans les Pertuis charentais.

Au Ghana, l' « inshore fine sand community » de Buchanan recouvre les peuplements infralittoraux de Côte-d'Ivoire sur sables et sables vaseux. On reconnaît *Cavernularia elegans, Sthenelais zonata, Eurythoe parvecarunculata, Phylira laevidorsalis, Diogenes pugilator, Ogyrides rarispina, Clavatula lineata, Fustia-*

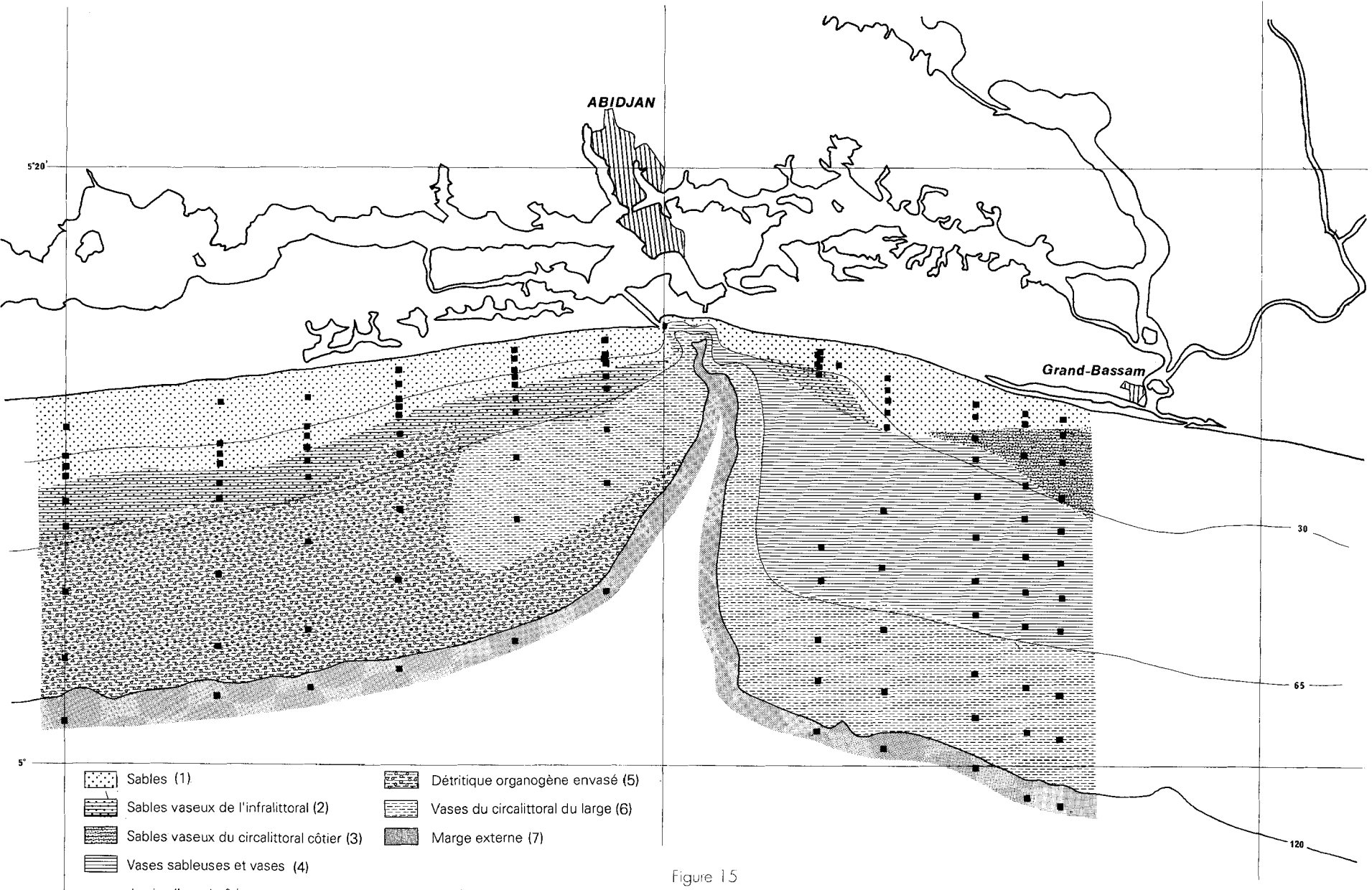


Figure 15

Les communautés benthiques de Côte-d'Ivoire au sud d'Abidjan, de Jacqueville à Grand-Bassam. Carte bionomique.

ria maltzani, Cardium ringens, Mactra nitida, Macoma cumana, Amphioplus cincta... On ne retrouve cependant pas en Côte-d'Ivoire des aspects de cette communauté : les bancs à *Owenia fusiformis*, la zone à dentales (*Dentalium congoense* et *Fustiaria maltzani*), le fond à *Macoma cumana*.

La « sandy-silt community » est installée à cheval sur l'infralittoral et le circalittoral côtier ; le sédiment est déjà hétérogène et le peuplement composite, avec des espèces des communautés (1), (2), (3), (4), (5) de Côte-d'Ivoire : *Aspidosiphon venabulum, Metapenaeopsis miersi, Processa parva, Portunus inaequalis* (1) ; *Eurythoe parvecarunculata, Tellina compressa, Rhopalodina lageniformis* (2) ; *Pherusa scutigeroides, Automate evermanni* (3) ; *Sternaspis scutata, Schizaster edwardsi* (4) ; *Upogebia talismani* (5). La « sandy-silt community » est dominée par le gastropode *Turritella annulata* qui n'a été rencontré qu'à quelques exemplaires en Côte-d'Ivoire.

La « silty sand community » occupe des sables vaseux du circalittoral côtier où la proportion de fraction grossière organogène est élevée (jusqu'à 50 %). Les espèces appartenant au peuplement (3) de Côte-d'Ivoire dominent (*Julienella foetida, Leanira yhleni, Goniada multidentata, Pterolysippe bipennata, Phos grateloupianus, Amphioplus aurensis, Ophiactis lymani*) ; il s'agit vraisemblablement de la même unité bionomique.

L' « offshore coarse sand community » intéresse des fonds détritiques très grossiers (teneur en carbonate de 68 à 80 %) du circalittoral côtier profond et du circalittoral du large. Des organismes appartenant à la communauté (5) de Côte-d'Ivoire, notamment *Schizammina furcata* et *Upogebia talismani* accompagnés d'espèces diverses, des sables et sables vaseux (*Onuphis eremita, Ophiura grubei, Phos grateloupianus, Amphioplus aurensis*), ou plus vasicoles (*Turris torta* et *Schizammina labyrinthica*) sont également présents sur ces fonds du Ghana.

Au total, le milieu sédimentaire de la zone étudiée par Buchanan, au large d'Accra, est dominé par une série détritique beaucoup plus grossière que celle rencontrée en Côte-d'Ivoire. Il n'en reste pas moins que l'analogie entre peuplements de ces deux régions voisines est forte.

En Sierra Leone, Guinée, et dans une moindre mesure Gambie, LONGHURST décrit essentiellement deux peuplements sur le plateau continental, la « *Venus* community » et l'« *Amphioplus* community » séparés par une zone de transition.

La « *Venus* community », installée sur sables propres ou légèrement envasés, correspond à la communauté (1) de Côte-d'Ivoire. On retrouve *Thalenessa dendrolepis, Sthenelais zonata, Spiropagurus elegans, Matuta michaelseni, Heterocrypta maltzani, Oliva flammulata, Oliva acuminata, Mitra hamillei, Cardium ringens, Ophiura grubei, Lingula parva*.

L'« *Amphioplus* community », que LONGHURST rapproche des communautés à « *Amphiura* » d'Europe, couvre tous les fonds vaseux de l'infralittoral, du circalittoral côtier, et de la frange supérieure du circalittoral du large ; elle pénétrerait même les estuaires en subissant un appauvrissement de sa composition faunistique. On y relève la présence d'espèces des peuplements (2), (3), (4), (5) de Côte-d'Ivoire : *Nassarius obliquus, Drillia pyramidata, Clavatula lineata, Mactra nitida, Macoma cumana, Aloïdis dautzenbergi, Rhopalodina lageniformis* (2) ; *Acanthosquilla septemspinosa, Automate evermanni, Amphioplus aurensis* (3) ; *Panthalis bicolor, Sternaspis scutata* (4) ; *Dasybranchus caducus, Maldane sarsi, Upogebia talismani, Amphiura filiformis* (5). Dans une région où les passages entre catégories sédimentaires semblent se faire très progressivement et à une époque où l'on ne disposait pas encore de méthodes analytiques performantes, il était sans doute difficile d'établir des coupures dans ce grand ensemble cénotique.

LONGHURST décrit enfin une « deep shelf community » qui couvre les fonds meubles de 80 à 250 m, limite de sa prospection. Il cite des organismes qui n'ont pas été récoltés par dragage en Côte-d'Ivoire, mais on peut rapprocher ses résultats de ceux de LE LŒUFF et INTÈS (1968, 1969) obtenus au chalut, qui définissent une « faune du talus », les espèces communes citées étant *Pennatula phosphorea, Veretillium cynomoryum, Stichopus regalis, Cidaris cidaris*.

La faune tropicale d'Afrique de l'Ouest et celle d'Europe possèdent en commun de nombreuses espèces. Une comparaison des communautés benthiques de Côte-d'Ivoire avec celles de Méditerranée, du golfe de Gascogne, de Manche, et de mer du Nord paraît donc s'imposer. On se référera à l'excellente revue du benthos nord-atlantique d'Europe rédigée par GLÉMAREC (1973) d'après de nom-

breuses références, ainsi qu'aux travaux de CABIOCH (1961, 1968), PICARD (1965), PÉRÈS (1967a, b), GUILLE (1970), REYSS (1971, 1972), HILY (1976), RETIÈRE (1979).

La « communauté des sables bien classés » de Côte-d'Ivoire doit être rapprochée des communautés de sables fins à *Venus gallina* d'Europe (dans le golfe de Guinée *Venus declivis* est l'espèce vicariante de *Venus gallina*). En Méditerranée, la communauté des sables fins à *Spisula subtruncata* (côte catalane) et la biocénose des sables fins bien calibrés (golfe de Marseille) font également partie de cette famille, dominée par les petits crustacés et les mollusques ; on y retrouve en particulier *Magelona papillicornis, Perioculodes longimanus, Siphonocoetes sabatieri, Processa parva, Fustiaria rubescens*. Des invertébrés comme *Thalenessa dendrolepis, Nephtys cirrosa, Onuphis eremita, Gastrosaccus sanctus, Tellina donacina, Ophiura grubei, Echinocyanus pusillus*, récoltés dans les sables de Côte-d'Ivoire, peuplent en Europe des substrats plus grossiers.

La « communauté des sables vaseux de l'infralittoral » dominée par des crustacés décapodes de petite taille et des gastropodes Turridae, avec de nombreuses espèces recherchant la matière organique, n'a guère d'homologue en Europe. Ni la communauté à *Acrocnida brachiata - Clymene oerstedi*, ni le faciès des sables vaseux à *Nephtys hombergi* (au large de Banyuls) ne lui ressemblent vraiment de par leur composition faunistique.

On peut tenter de rapprocher la « communauté des sables vaseux du circalittoral côtier » de celle des « sables vaseux à *Amphiura filiformis* et *Tellina serrata* ». De nombreuses espèces de ce peuplement de Côte-d'Ivoire sont également présentes en Europe mais le plus souvent dans des milieux différents, à l'exception de *Cirratulus cirratus* et *Glycinde nordmanni* dont les biotopes restent sensiblement les mêmes.

La « communauté des vases et vases sableuses du circalittoral côtier » trouve son équivalent en Europe dans les vases à *Sternaspis scutata, Maldane glebifex ou Virgularia mirabilis*. En Méditerranée, le faciès à *Scoloplos armiger* (côte catalane), avec *Sternaspis scutata* et *Prionospio pinnata*, de même que la biocénose des vases terrigènes côtières du golfe de Marseille, avec *Virgularia mirabilis, Prionospio pinnata, Sternaspis scutata*, sont également des exemples de cette famille de communautés.

La « communauté des fonds détritiques organogènes envasés » est à classer auprès des peuplements de sédiments hétérogènes du golfe de Gascogne à *Nucula nucleus* et *Pitar rudis* où sont signalés *Eunice vittata* et *Pista cristata* ainsi que de la sous-communauté à *Auchenoplax crinita* rencontrée au large de Banyuls avec *Hyalinoecia fauveli* et *Lophogaster typicus*, communes sur ce type de substrats en Côte-d'Ivoire, de même que *Notomastus latericeus, Ampelisca diadema* et *Amphiura filiformis* ; dans le golfe de Marseille, ce type de peuplement est également représenté, avec la biocénose du détritique du large où sont aussi signalés *Lophogaster typicus, Nematonereis unicornis, Ampelisca diadema* et *Amphiura filiformis*.

On trouve peu d'espèces communes à la « communauté des vases du circalittoral du large » et aux peuplements d'Europe rencontrés sur les mêmes substrats (en particulier, dans le golfe de Gascogne, les vases à *Ninoe armoricana* et *Nucula sulcata*) ; *Clymene gracilis* est cependant présent dans le détritique envasé de Marseille.

Dans les récoltes à 200 m, un renouvellement de la faune est sensible, manifestant le passage vers une faune bathyale typique. Ce qui a été défini comme « communauté de la marge externe » ne représente donc pas l'aspect le plus achevé du peuplement de la pente continentale, de nombreuses espèces du plateau descendant jusqu'à ce niveau. Ces remarques rejoignent celles de REYSS (1971) dans son étude des canyons de la côte catalane française. Dans le matériel collecté à la drague, seul le bivalve *Cuspidaria abbreviata* est retrouvé sur des fonds analogues en Atlantique nord-oriental ; *Auchenoplax crinita* et *Nucula sulcata*, rencontrés à ce niveau en Côte-d'Ivoire vivent sur le plateau continental en Europe. En fait, il existe une grande analogie, déjà soulignée par LONGHURST (1958), entre la faune africaine et la faune européenne du talus. On rappellera les récoltes au chalut de LE LŒUFF et INTÈS (1968, 1969) qui ont permis de récolter des organismes comme *Thenea muricata, Poecillastra compressa, Leiodermatium lynceus, Acanthocarpus brevispinis, Cidaris cidaris, Tethyaster subinermis*, bien connus en Europe.

Au total, dans l'Atlantique oriental, en passant des régions boréales aux régions tropicales, on assiste à un important renouvellement de la faune des substrats meubles qui n'est cependant pas accompagné

par un changement radical des écosystèmes benthiques. On retrouve sensiblement le même système d'étagement de la faune, de même que des conditions sédimentaires analogues liées, d'une part à l'arrivée en mer de matériel d'origine terrigène, d'autre part à la présence de constructions organogènes anciennes en cours de remaniement. De ce fait, on a affaire, quelle que soit la latitude, aux mêmes grands types de peuplement.

La communauté benthique de Côte-d'Ivoire qui présente la plus grande originalité est installée sur les sables vaseux infralittoraux, aux débouchés des fleuves et comprend un nombre élevé d'espèces endémiques du golfe de Guinée. Il faut également noter que les foraminifères coloniaux du genre *Schizammina* et surtout *Julienella*, signalés dans ce travail peuvent être très abondants sur certains substrats situés à l'ouest de la zone d'étude qui peuvent alors rappeler, par certains aspects, les fonds de maërl d'Atlantique nord-oriental ou de Méditerranée. Les foraminifères servent d'abri à toute une faune de petits crustacés et mollusques et de support à de nombreux organismes sessiles.

Variabilité temporelle

Les peuplements macrobenthiques sont caractérisés, par rapport à d'autres compartiments des écosystèmes marins, par une relative stabilité. Il n'en demeure pas moins que des mouvements, des évolutions ont lieu ; des espèces se déplacent, quittent le substrat pour migrer dans la couche d'eau, s'enfouissent dans le sédiment ; des recrutements se produisent, plus importants en certaines saisons, certaines années ; des équilibres se modifient, suivant l'abondance des proies et des prédateurs, selon l'intensité des changements saisonniers.

Toute cette vie des écosystèmes, ces changements, peuvent être mesurés selon différentes échelles de temps. Dans ce qui va suivre, on donnera les informations qui ont pu être réunies sur les variabilités circadienne, saisonnière et interannuelle.

Variabilité circadienne

Peu d'observations existent qui permettent de mettre en évidence cette variabilité, liée aux changements d'activité des organismes, notamment des crustacés, au cours du nycthémère.

Le Lœuff et Binet (1975) ont montré l'apparition dans le plancton nocturne des cumacés *Heterocuma africana, Bodotria bineti* et *Eocuma lanata* chez lesquels existent des rythmes d'activité avec plusieurs montées au cours d'une même nuit. Cette présence nocturne n'est pas constante mais se manifeste en mai et juin, c'est-à-dire en saison des pluies.

Deux campagnes de chalutage au chalut à crevettes, du 20 au 24 mai 1969, puis du 6 au 10 février 1970, sur les fonds de 45 m au large de Grand-Bassam, les chalutages se succédant sans interruption sur la même sonde pendant quatre jours et quatre nuits, ont été réalisées pour mettre en évidence les rythmes d'activité circadienne des organismes récoltés. Les invertébrés les plus mobiles, c'est-à-dire les crustacés, présentent les rythmes d'activité jour-nuit les plus caractéristiques. On peut classer ainsi les espèces en deux groupes.

Celles du premier sont actives, se nourrissent et chassent de nuit ; un bel exemple est donné par *Squilla mantis* dont les captures n'ont eu lieu que de nuit au cours de la campagne de février (figure 16) ; on citera également dans ce groupe *Squilla cadenati, Sicyonia galeata, Solenocera africana, Parapandalus narval, Pontocaris cataphracta, Raninoides bouvieri, Dromidiopsis spinirostris, Dorippe lanata, Macropipus rugosus, Scyllarus caparti, Scyllarus posteli.*

D'autres crustacés paraissent plus actifs le jour, en particulier certains pagures, comme *Paguristes mauritanicus* (figure 17), mais aussi *Dardanus pectinatus, Pagurus cuanensis*, de même que le brachyoure *Calappa peli*. Chez d'autres espèces de pagures : *Diogenes ovatus, Pagurus alatus, Pagurus m'bizi*, on n'observe pas de périodicité nette dans les captures ; il se peut que ces anomoures ne possèdent pas la faculté de s'enfouir dans le sédiment pendant la journée, d'où leur capture par le chalut quelle que soit l'heure.

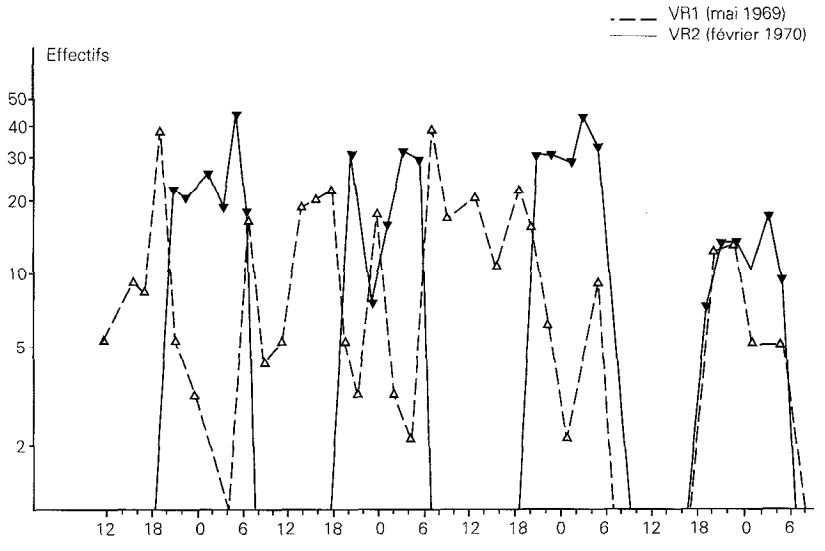


Figure 16

Récoltes de *Squilla mantis* au cours des campagnes de chalutage de mai 1969 (VR 1) et février 1970 (VR 2).

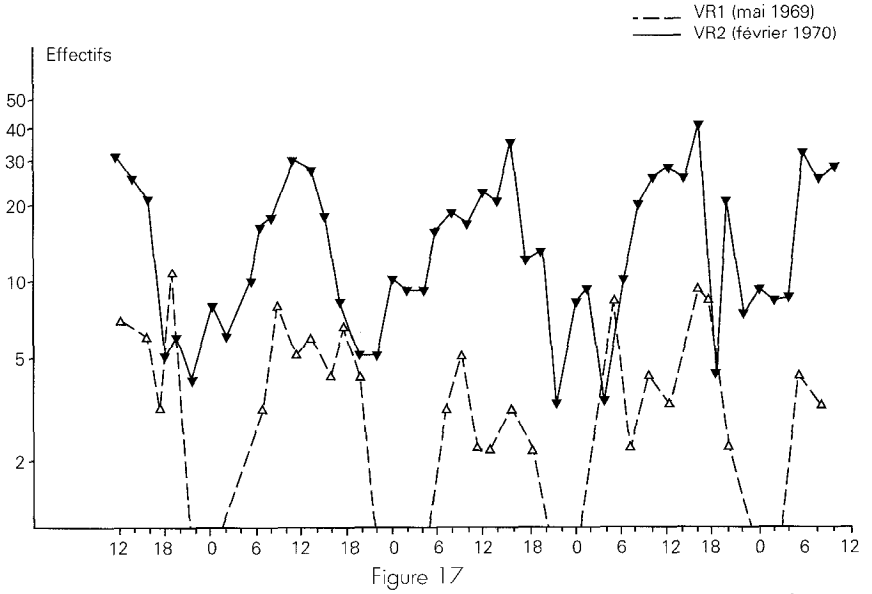


Figure 17

Récoltes de *Paguristes mauritanicus* au cours des campagnes de chalutage de mai 1969 et février 1970.

Au cours de la campagne de mai, on peut observer que la régularité du rythme jour-nuit se trouve totalement perturbée chez certaines espèces, en particulier *Squilla mantis* (figure 16) mais aussi *Squilla cadenati, Sicyonia galeata, Pontocaris cataphracta, Scyllarus posteli, Scyllarus caparti, Dorippe lanata*. D'autres organismes, en revanche, ne sont pas touchés par le phénomène : *Paguristes mauritanicus* (figure 17), *Pagurus cuanensis, Dardanus pectinatus, Calappa peli*, espèces diurnes, mais aussi *Solenocera africana, Dromidiopsis spinirostris, Macropipus rugosus*, espèces nocturnes. En Côte-d'Ivoire, la saison des pluies commence en mai et très rapidement les eaux deviennent turbides. La campagne de 1969 a eu lieu précisément à ce moment où les eaux claires tendent à disparaître, le phénomène donnant lieu sans doute à des avancées, des retraits, des formations de lentilles d'eau turbide. On constate en effet, dans la journée du 23 mai, un rétablissement du cycle, chez les espèces jusque-là perturbées, donc, vraisemblablement, à un retour des eaux claires.

Il semble ainsi que le rythme de certains invertébrés (*Squilla mantis*) soit sous la dépendance de stimuli extérieurs (passage de la clarté à l'obscurité) tandis que d'autres (*Paguristes mauritanicus*) conservent inchangé leur cycle, réglé, probablement, par une forte « horloge biologique » interne.

VARIABILITÉ SAISONNIÈRE

La première tentative de mise en évidence de variations saisonnières dans les peuplements de Côte-d'Ivoire a eu lieu de mars 1966 à février 1967 au moyen de campagnes expérimentales périodiques de chalutage sur une radiale au large de Grand-Bassam (LE LŒUFF et INTÈS, 1968, 1969).

Sensiblement à la même période (septembre 1966 à octobre 1967), en une station au sud-ouest d'Abidjan, sur fonds de 20 m, dite « station côtière », le peuplement benthique a été suivi régulièrement, de façon qualitative, avec une drague comme engin de prélèvement.

Enfin, d'avril à décembre 1973, trois stations de la radiale de Grand-Bassam (18, 35 et 70 m) ont été échantillonnées tous les mois environ, cette fois avec un engin quantitatif, la benne Smith-McIntyre. À titre de comparaison, trois récoltes ont eu lieu également à la « station côtière », cette fois sur fond de 25 m.

Faune benthique chalutable au large de Grand-Bassam

La répartition de la majorité des espèces n'est pas affectée par les fluctuations des conditions hydroclimatiques. Certains invertébrés apparaissent cependant sur les fonds en quantités importantes à certaines époques. Ainsi, les carides *Palaemon hastatus* et *Hippolysmata hastatoides* sont capturés à partir de juillet, fin de saison des pluies, et pendant la saison froide jusqu'en octobre ; ce sont des espèces d'eaux saumâtres qui viennent pondre en mer (très fort pourcentage de femelles ovigères dans les récoltes). Des femelles de grande taille du crabe de lagune *Callinectes amnicola*, le plus souvent ovigères, ont aussi été pêchées en mer ; d'après CHARLES DOMINIQUE et HEM (1981), ce brachyoure d'eaux saumâtres se reproduit dans la zone estuarienne de la lagune Ébrié et son passage en milieu marin reste accidentel. Autre espèce saisonnière, l'opisthobranche *Aplysia fasciata* est présent en saison chaude, en février-mars, en même temps que se développe, sur les fonds de 25 m, la petite algue *Hypnea musciformis*, dont il se nourrit ; la transparence des eaux est alors maximale.

Deux types de mouvements verticaux peuvent être notés : remontée vers le littoral en même temps que les eaux upwellées des crustacés *Sicyonia galeata, Calappa peli, Macropipus rugosus, Portunus inaequalis* et des échinodermes *Luidia heterozona* et *Centrostephanus longispinus* ; phénomène inverse, les crustacés *Petrochirus pustulatus* et, de nouveau, *Portunus inaequalis*, tendent à éviter les eaux chaudes et dessalées présentes en juin-juillet et en novembre-décembre sur les petits fonds, en se concentrant dans la zone la plus profonde de leur biotope.

Enfin, certaines espèces manifestent une vulnérabilité moindre à la capture en saison froide, par exemple le gastropode *Xenophora senegalensis* dont l'activité est sans doute alors plus réduite et qui s'enfouit davantage dans le sédiment (LE LŒUFF *et al.*, 1971).

D'après les résultats de ces chalutages, les fonds les plus riches sont ceux de la zone médiane du plateau entre 35 et 50 m, donc dans le circalittoral côtier ; on trouve ensuite les fonds de l'infralittoral, enfin ceux du circalittoral du large, les plus pauvres. Ces données viennent corroborer les conclusions précédentes (figure 5). Nombre d'espèces et effectifs (figure 18) sont élevés en saison froide (août-septembre) et en saison chaude (de janvier à mars), faibles en saisons des pluies (juin-juillet) et des crues (d'octobre à décembre). Ces tendances sont encore mieux décrites si l'on considère les seules captures dans l'infralittoral (15-20-25 m) où les variations hydroclimatiques sont les plus intenses (figure 19).

Suivi à la drague de la « station côtière »

Sur ces fonds de 20 m, le sédiment est un sable propre, fin, jaune-roux, et le peuplement est typique de la communauté des sables bien classés de l'infralittoral et du circalittoral côtier. Les conditions hydroclimatiques en 1966 et 1967 sont sensiblement normales ; on peut précisément suivre l'évolution des températures et salinités à 20 m en cette station (figure 20).

Les variations du nombre d'espèces et des effectifs (correspondant ici à 50 l de sédiment prélevé) au cours du temps (figure 21) sont tout à fait parallèles et présentent deux maxima, le plus important en

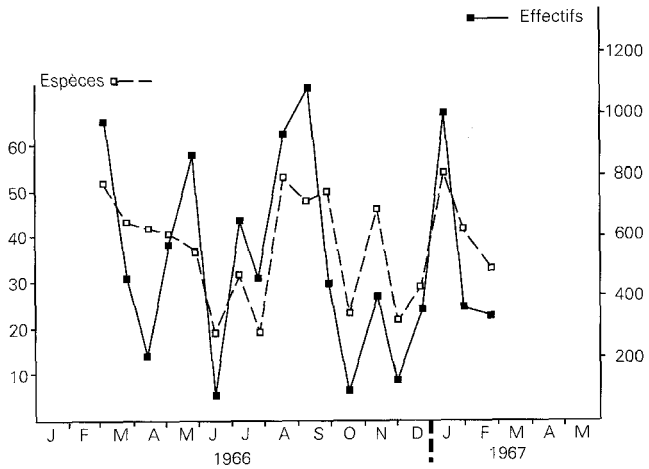


Figure 18
Variation du nombre d'espèces et des effectifs récoltés au cours des campagnes de chalutage sur la radiale de Grand-Bassam (mars 1966 - février 1967).

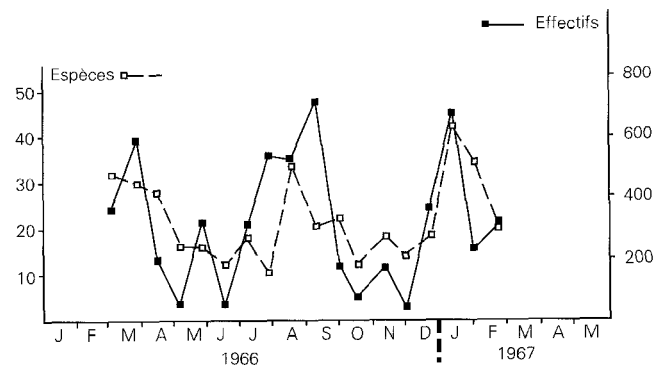


Figure 19
Variation du nombre d'espèces et des effectifs récoltés dans l'étage infralittoral au cours des campagnes de chalutage sur la radiale de Grand-Bassam (mars 1966 - février 1967).

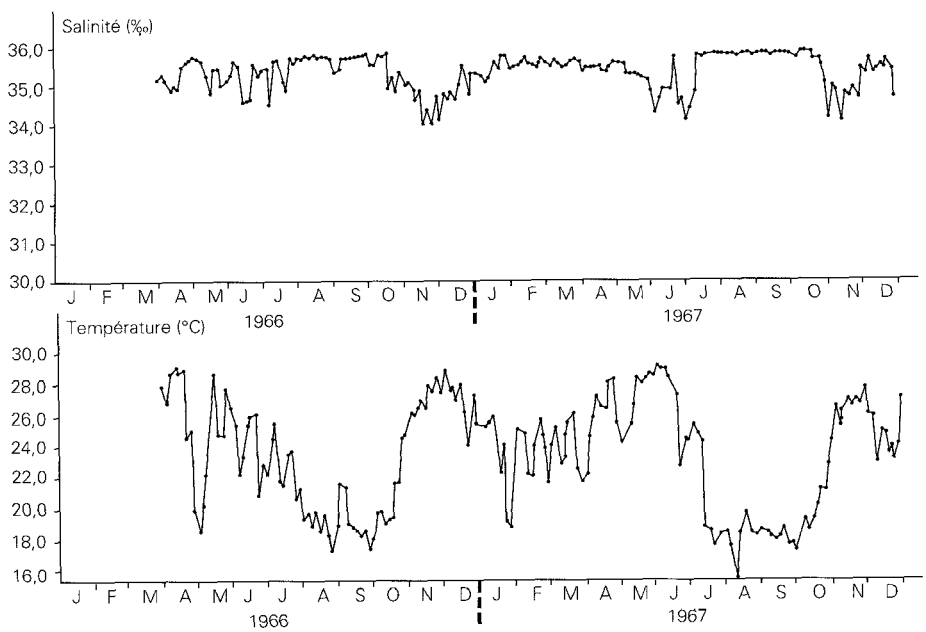


Figure 20
Variation des conditions hydrologiques à 20 m à la station côtière pendant les années 1966 et 1967 (température et salinité).

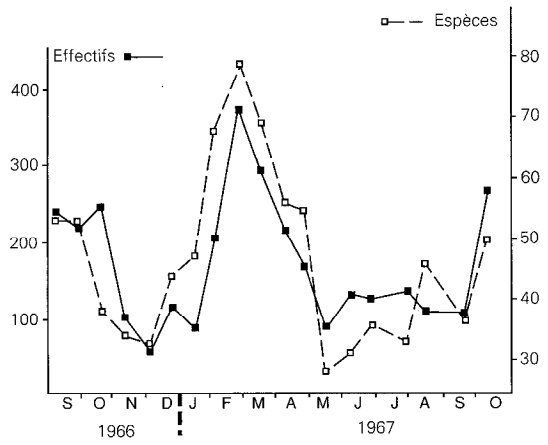


Figure 21
Variation du nombre d'espèces et des effectifs récoltés au cours du suivi par dragages du peuplement benthique à la station côtière (fonds de 20 m) de septembre 1966 à octobre 1967.

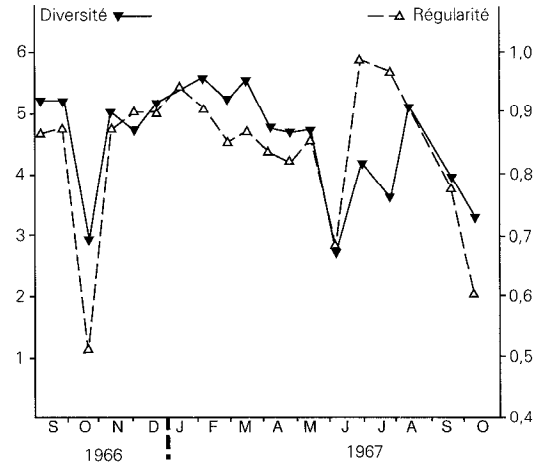


Figure 22
Variation des valeurs de diversité et régularité au cours du suivi par dragages du peuplement benthique à la station côtière (fonds de 20 m) de septembre 1966 à octobre 1967.

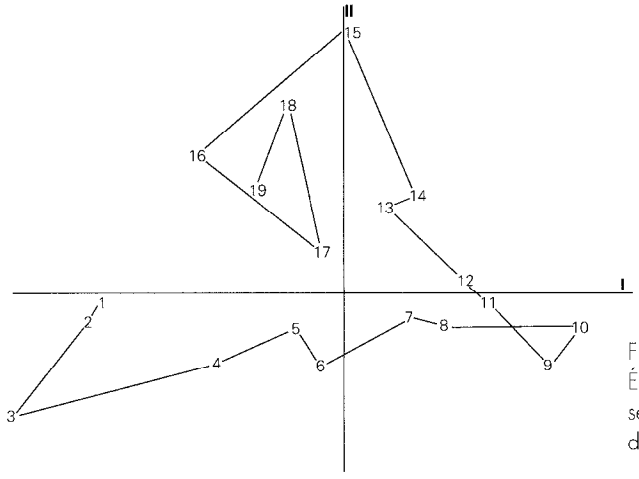


Figure 23
Évolution des prélèvements à la station côtière de septembre 1966 à octobre 1967 dans le plan des axes (I, II) d'une analyse des correspondances.

février-mars-avril (saison chaude), le second en septembre-octobre (saison froide). Les valeurs les plus faibles sont rencontrées en novembre-décembre (saison des crues) et en mai-juin-juillet (saison des pluies). Ces résultats sont analogues aux précédents. Une analyse de variance sur les données confirme l'existence d'un effet saisonnier significatif. Le suivi de la diversité et de la régularité (figure 22) apporte peu d'éléments complémentaires à la compréhension des phénomènes saisonniers ; les chutes de diversité observées en octobre 1966, puis juin et octobre 1967 s'expliquent par l'abondance inhabituelle de trois espèces, tour à tour *Diogenes pugilator, Echinocyanus pusillus, Ophiura grubei*. Dans le cas des deux échinodermes, il s'agit de l'installation sur le fond d'individus nouvellement recrutés, tandis que la forte concentration de pagures doit plutôt être liée à la présence d'une proie près du lieu de récolte (cadavre de poisson ou de gros invertébré).

L'évolution de la composition faunistique du peuplement a été mesurée au travers des résultats d'une analyse des correspondances. La représentation dans le plan (I, II) de l'analyse (figure 23) est la plus significative ; on observe que le passage de la saison froide 1966 (points 1, 2, 3) à la saison chaude 1967 (points 7, 8, 9, 10, 11, 12) en passant par la période des crues (points 4, 5, 6) se fait par déplacement le long de l'axe 1 ; l'arrivée de la saison des pluies fait monter les points (13, 14, 15)

sur l'axe 2 ; et, enfin, il y a tendance au retour vers la position de départ quand revient la saison froide en 1967. L'ensemble évoque une boucle, certes incomplète, mais qui indique que la faune suit un cycle, en phase avec celui de l'hydroclimat. Il est possible de lier la présence de certaines espèces à des périodes du cycle mais une seule année d'observation n'est pas suffisante pour tirer des conclusions définitives.

Étude quantitative

Les méthodes utilisées ont été mises au point au cours de travaux préliminaires menés en 1970 qui ont montré qu'avec dix opérations élémentaires (coup de benne) à chaque station on obtient un échantillon (correspondant à une surface prélevée de 1 m^2) avec une bonne signification écologique, une précision sur les valeurs de biomasse de l'ordre de 20 à 25 %, et sur les effectifs d'environ 15 %. Le choix d'un tamis de 1 mm de vide de maille permet de récolter les juvéniles et les espèces de petite taille.

Les faunes des stations de la radiale de Grand-Bassam à 18, 35 et 70 m peuvent être respectivement rattachées à trois communautés :

— la communauté des sables bien classés de l'infralittoral et du circalittoral côtier ;
— la communauté des vases sableuses et vases du circalittoral côtier ;
— la communauté des vases du circalittoral du large.

La situation hydroclimatique de 1973 apparaît sur la figure 24. Après l'année de sécheresse de 1972, on assiste en 1973 au retour des pluies qui n'atteignent cependant pas le niveau de 1969, 1970, 1971. La saison froide est assez peu marquée, davantage cependant qu'en 1968, mais sa durée est plus longue que la normale, débutant en juin et se terminant début octobre. Les petites remontées d'eaux froides de saison chaude sont tout à fait notables de janvier à avril.

Si l'on considère les valeurs moyennes (tableau XI), les fonds de 35 m sur vases sableuses sont les plus riches aussi bien en nombre d'espèces qu'en effectifs et biomasse, ce qui confirme les observations précédentes, tout comme la faible densité d'organismes notée à 70 m. En revanche, les biomasses sont plus élevées à ce niveau que dans les sables infralittoraux, peuplés de très nombreux petits crustacés et mollusques qui contribuent peu à la biomasse. La diversité présente des écarts minimes entre stations tandis que la régularité tend régulièrement à augmenter avec la profondeur, ce qui n'est pas en accord avec les résultats de l'étude synécologique.

Le cycle annuel est incomplet (figures 25 et 26), mais on note une nouvelle fois que le peuplement le plus côtier (18 m) atteint son développement optimal en saison chaude. Le peuplement intermédiaire (35 m) présente deux maxima, l'un en saison chaude, l'autre en fin de saison froide-début de saison des

TABLEAU XI
Moyennes et écarts types (valeurs soulignées) du nombre d'espèces, des effectifs, de la biomasse, de la diversité et de la régularité aux quatre stations étudiées en 1973

Situation	Profondeur	Nombre d'échantillons	Nombre d'espèces	Effectifs	Biomasse	Diversité	Régularité
Station côtière	25 m	3	77,7 13,5	361,0 221,5	3,89 1,47	5,08 0,39	0,62 0,10
	18 m	7	47,6 15,6	274,4 134,2	1,49 0,49	4,10 1,07	0,53 0,16
Grand-Bassam	35 m	8	89,2 19,2	535,1 158,7	11,57 3,61	5,01 0,45	0,78 0,04
	70 m	5	49,4 17,9	129,2 69,2	4,42 1,50	5,01 0,44	0,90 0,03

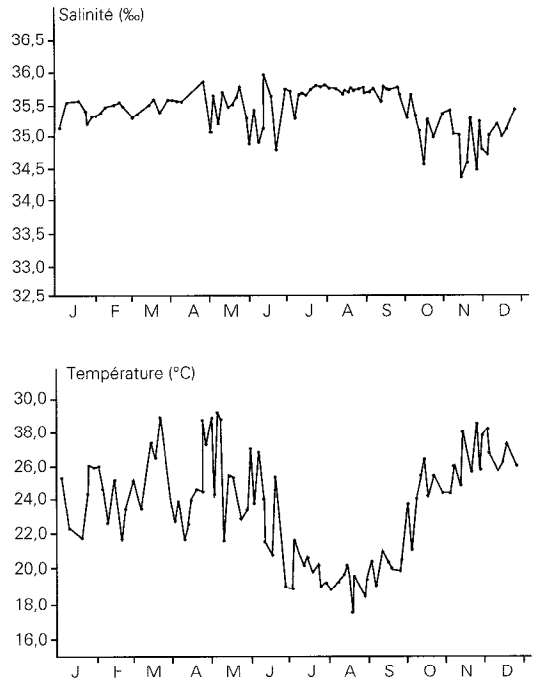


Figure 24
Conditions hydrologiques à 20 m à la station côtière pendant l'année 1973 (température et salinité).

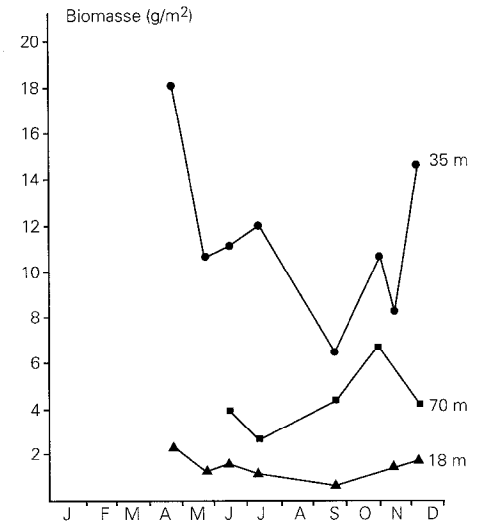


Figure 26
Variation de la biomasse (g/m^2) aux stations 18, 35 et 70 m de la radiale de Grand-Bassam (récoltes à la benne Smith-Mc Intyre) d'avril à décembre 1973.

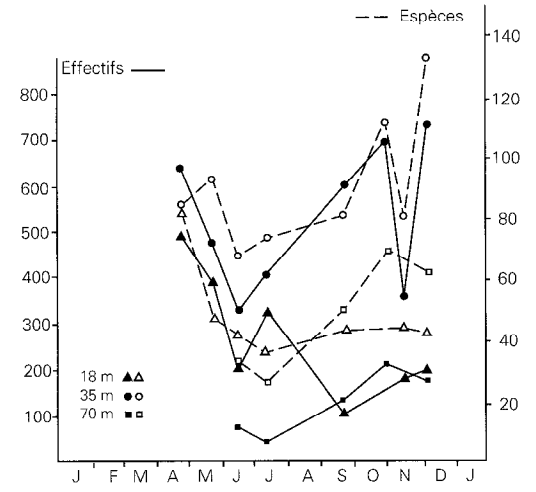


Figure 25
Variation du nombre d'espèces et des effectifs par mètre carré aux stations 18, 35 et 70 m de la radiale de Grand-Bassam (récoltes à la benne Smith-Mc Intyre) d'avril à décembre 1973.

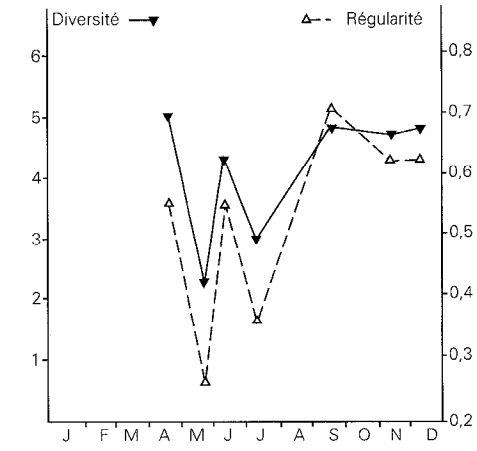


Figure 27
Variation des valeurs de diversité et régularité à la station 18 m de la radiale de Grand-Bassam (récoltes à la benne Smith-Mc Intyre) d'avril à décembre 1973.

crues, tandis que le peuplement profond (70 m), voit son nombre d'espèces, ses effectifs et sa biomasse culminer en fin de saison froide. Ces observations semblent montrer que la richesse benthique a tendance, au cours des saisons, à évoluer de façon inverse quand on va du littoral vers le large.

Diversité et régularité varient peu à 35 et 70 m ; en revanche, à 18 m, des chutes de valeurs se produisent (figure 27), liées à la présence en grand nombre de l'oursin *Echinocyanus pusillus*, consécutive à des recrutements successifs en mai et juillet. Le même phénomène a eu lieu en juin de l'année 1967.

L'évolution des contenus faunistiques est représentée dans le plan (I, II) des analyses de correspondances réalisées à chacune des stations (figures 28a, b, c). Le début de cycle le plus clair concerne la station 35 m où sont groupés les points de saison des pluies et saison froide d'une part, ceux de saison des crues et début de saison chaude d'autre part. Les variations sont beaucoup plus irrégulières à 18 et 70 m.

Comme on dispose de deux séries d'observations sur le peuplement des sables (1966-1967 et 1973), on peut tenter de faire ressortir des espèces types caractérisant certaines saisons. On retiendra ainsi, comme espèces de saison chaude, les amphipodes *Ampelisca spinimana* et *Tiron altifrons*, le mysidacé *Acanthomysis trophopristes*, le caride *Processa parva*, le pagure *Paguristes difficilis*, le bivalve *Cardita ajar*, l'échinide *Plagiobrissus jullieni*, le brachiopode *Lingula parva*. Seul le cumacé *Cumopsis wafri* peut servir à caractériser la saison froide. Les saisons des crues et des pluies apparaissent, au plan de l'écologie des organismes, comme des transitions, aucune espèce n'étant vraiment typique de ces périodes.

Discussion

Les observations précédentes montrent que les peuplements benthiques de Côte-d'Ivoire atteignent, en zone littorale (étages infralittoral et circalittoral côtier), leur plus haut niveau de richesse en saison chaude (février, mars, avril). De mai à juillet, avec l'arrivée des pluies et jusqu'au début de la saison froide, les peuplements régressent. À partir d'août, puis en septembre et octobre, il y a de nouveau augmentation du nombre d'espèces, des effectifs et de la biomasse. Une nouvelle chute de ces valeurs a lieu en novembre. À partir de décembre, les peuplements reprennent leur développement. En zone profonde (étage circalittoral du large), la richesse en benthos devient plus élevée en fin de saison froide.

Le cycle des sels nutritifs dans la zone euphotique (HERBLAND et LE LŒUFF, dans cet ouvrage) indique des teneurs élevées de phosphates et nitrates en juillet, août, septembre, lors des upwellings ; ces teneurs restent notables en octobre (crues) et chutent à un très bas niveau en novembre pour remonter ensuite légèrement de décembre à mars (influence des petites remontées d'eau profonde) ; avril connaît également des eaux très pauvres en sels nutritifs ; on retrouve enfin en mai-juin (pluies) des valeurs égales, voire légèrement supérieures à celles de saison chaude.

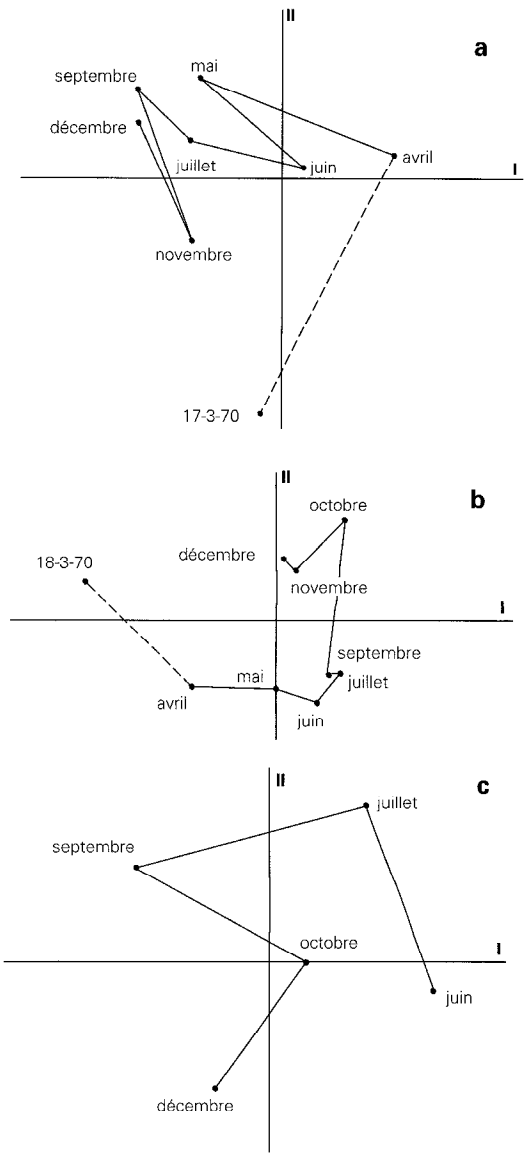


Figure 28

a.— Évolution des prélèvements à la station 18 m de la radiale de Grand-Bassam dans le plan des axes (I, II) d'une analyse des correspondances.

b.— Évolution des prélèvements à la station 35 m de la radiale de Grand-Bassam dans le plan des axes (I, II) d'une analyse des correspondances.

c.— Évolution des prélèvements à la station 70 m de la radiale de Grand-Bassam dans le plan des axes (I, II) d'une analyse des correspondances.

La biomasse phytoplanctonique suit presque parfaitement le cycle des sels nutritifs avec un pic en saison froide (BINET, 1977, SEVRAIN-REYSSAC dans cet ouvrage) ; si la variation de la biomasse zooplanctonique (BINET, 1979) présente sensiblement la même évolution, on distingue cependant déjà nettement deux maxima, le plus important en saison froide (août, septembre, octobre), le second en saison chaude (février), où la production est alimentée par de petits upwellings, et deux minima en mai-juin et en novembre ; le phénomène est encore plus net si l'on considère seulement le taxon des copépodes avec un maximum secondaire de saison chaude plus important. Le méroplancton a été peu étudié en Côte-d'Ivoire. Un travail de BINET (1976a) sur les larves de décapodes montre cependant qu'elles sont nombreuses en saison chaude, notamment de décembre à février, et en début de saison froide. Des recrutements benthiques ont lieu plutôt en février-mars et novembre-décembre, ce qui contribue à enrichir la faune benthique à ces moments de l'année.

Au total, ces observations sur le cycle biologique de la faune benthique de Côte-d'Ivoire, bien qu'encore très fragmentaires, s'intègrent aux connaissances déjà acquises sur la vie marine dans cette zone néritique tropicale. Elles restent malheureusement les seules de ce genre, ou presque, dans le golfe de Guinée. On citera cependant DOMAIN (1980) qui a montré, dans une étude sur la biomasse benthique du plateau continental du Sénégal, que cette biomasse est, en moyenne, deux fois et demie supérieure en saison chaude qu'en saison froide ; on constate cependant, après examen des données publiées, que, dans la zone profonde du plateau, c'est plutôt en saison froide que les fonds sont les plus riches en benthos ; ces résultats viennent ainsi conforter ceux obtenus en Côte-d'Ivoire.

VARIABILITÉ INTERANNUELLE

Les séries de données sur le phyto- et le zooplancton couvrent un nombre d'années suffisant (BINET, 1976b, 1978, 1979) pour bien montrer que les cycles biologiques se succèdent régulièrement au fil des saisons mais qu'il existe aussi une variabilité liée à l'intensité et la durée des phénomènes dont dépendent l'hydroclimat : upwellings et précipitations. Ainsi, BINET (1982) a pu mettre en relation l'appauvrissement en zooplancton des eaux ivoiriennes avec le déficit des pluies constaté de 1970 à 1976. De telles évolutions n'ont pas dû être sans conséquence sur la faune benthique ; mais, faute de données, on ne peut que le supposer.

À titre anecdotique, on a placé sur les figures 28a et 28b la position des prélèvements obtenus en mars 1970 aux stations 18 et 35 m de la radiale de Grand-Bassam. Ces points restent à bonne distance de ceux de 1973, ce qui témoigne d'une certaine dérive des peuplements entre ces deux années. Mais, curieusement, en tenant compte des données de 1970, les cycles apparaissent mieux formés.

Conclusion

Les communautés benthiques des substrats meubles de Côte-d'Ivoire constituent, au regard des connaissances déjà acquises sur les milieux analogues de la zone tropicale ouest-africaine, un exemple particulièrement simple de séries édapho-climatiques. Leur parenté avec les communautés de l'Atlantique nord-oriental a été soulignée.

Les quelques valeurs de biomasses disponibles ne permettent pas vraiment de comparer la richesse en benthos de la Côte-d'Ivoire à celle d'autres régions du golfe de Guinée et d'Europe.

Les chiffres très ponctuels de biomasse publiés par BUCHANAN (1958) au Ghana, qu'on peut situer autour de 1,5 g/m^2 de poids sec décalcifié dans les sables infralittoraux, 5 g/m^2 dans les sables vaseux et vases sableuses du circalittoral côtier, 4 g/m^2 dans le détritique organogène du circalittoral du large, sont du même ordre que ceux de Côte-d'Ivoire.

LONGHURST (1959), donne des valeurs moyennes pour chacune de ses communautés (*Venus*, *Amphioplus*, transition V/A), en Sierra Leone, Guinée, Gambie ; en estimant ces valeurs en terme de poids sec décalcifié, on obtient, dans la communauté à *Venus*, de 1 à 2 g/m^2 en Guinée-Sierra Leone, 6 à

7 g/m^2 en Gambie ; dans la communauté à *Amphioplus*, 1,5 à 2 en Sierra Leone-Guinée, 2 à 3 en Gambie ; dans les fonds de transition, 2 à 2,5 en Sierra Leone-Guinée, 12 à 15 g/m^2 en Gambie ; ce qui tendrait à indiquer une richesse benthique moindre en Sierra Leone-Guinée qu'en Côte-d'Ivoire, plus élevée en Gambie.

Au Sénégal, DOMAIN (1980) estime que ses valeurs de biomasse sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en Gambie par LONGHURST.

Enfin, NICHOLS et ROWE (1977) ont mesuré des biomasses benthiques au large du cap Blanc. En prenant en considération que leurs récoltes ont eu lieu en saison froide et que la biomasse est minimale à cette époque, on peut estimer que leurs résultats sont supérieurs, d'un facteur 1,5, à ceux obtenus par DOMAIN au Sénégal.

Les peuplements benthiques étudiés par PLANTE (1967) à Madagascar n'atteignent pas les niveaux de biomasse rencontrés dans le golfe de Guinée, qui sont du même ordre que ceux de Méditerranée (VATOVA, 1967 ; REYS, 1968 ; BOURCIER, 1970 ; GUILLE, 1971 ; MASSÉ, 1972). Les valeurs citées dans le golfe de Gascogne, en Manche et mer du Nord, sont plus élevées, mais, autant qu'on puisse en juger, dans un rapport n'allant pas au-delà de 2 (HOLME, 1953 ; JONES, 1956 ; BUCHANAN et WARWICK, 1974 ; HILY, 1976 ; CHASSÉ *et al.*, 1978 ; RETIÈRE, 1979 ; ROSENBERG et MÖLLER, 1979).

On se refusera enfin à évaluer la production à partir des valeurs de biomasse. On ne peut être sûr d'aucune estimation du rapport P/B ; des chiffres ont été publiés pour quelques rares espèces, mais les calculs intéressent des milieux tout à fait différents. L'absence d'espèces dominantes est également un obstacle à ce genre d'exercice. On obtiendrait, de toute façon, des chiffres de production très ponctuels qu'il serait hasardeux d'étendre à tout un biotope où existe, sans nul doute, une hétérogénéité spatiale non négligeable. Il est donc bien difficile de juger du bien-fondé des quelques résultats publiés (NICHOLS et ROWE, 1977 ; LONGHURST, 1983).

RÉFÉRENCES

BERRIT (G.R.), 1973.— Recherches hydroclimatiques dans les régions côtières de l'Atlantique tropical oriental. État des connaissances et perspectives. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*,3e sér., Écol. Gén., 4 : 85-99.

BINET (D.), 1976a.— Contribution à l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte-d'Ivoire. III - Larves de Décapodes et *Lucifer*. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(1) : 63-84.

BINET (D.), 1976b.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.

BINET (D.), 1977.— Grands traits de l'écologie des principaux taxons du zooplancton ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(2) : 89-109.

BINET (D.), 1978.— Zooplancton néritique ivoirien. Aperçu écologique. *J. Rech. Océanogr.*, 3(3) : 13-19.

BINET (D.), 1979.— Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique. *Oceanol. Acta*, 2(4) : 397-410.

BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

BOURCIER (M.), 1970.— Étude quantitative du macrobenthos de la baie de Cassis (zone sud du cap Canaille). *Téthys*, 2(3) : 633-638.

BUCHANAN (J.B.), 1958.— The bottom fauna communities across the continental shelf off Accra, Ghana (Gold Coast). *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 130(1) : 1-56.

BUCHANAN (J.B.) et WARWICK (B.M.), 1974.— An estimate of benthic macrofaunal production in the offshore mud of the Northumberland coast. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 54(1) : 197-222.

CABIOCH (L.), 1961.— Étude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cah. Biol. mar.*, 2(1) : 1-40.

CABIOCH (L.), 1968.— Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. mar.*, 9(5) : 493-720.

CHARDY (P.) et GLÉMAREC (M.), 1974.— Contribution au problème de l'étagement des communautés benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 278, sér. D : 313-316.

CHARLES DOMINIQUE (E.) et HEM (S.), 1981.— Biologie et pêche des crabes du genre *Callinectes* Stimpson, 1860 (Décapodes, Portunidae) en lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire). Résultats préliminaires. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 95-121.

CHASSE (C.), GLÉMAREC (M.), GUILLOU (J.), HILY (C.), 1978.— Répartition des biomasses de la macrofaune endogée des sédiments meubles du golfe de Gascogne (nord et centre). *J. Rech. Océanogr.*, 4(2) : 3-9.

COLLIGNON (J.), 1957.— Préliminaires à une étude écologique de la baie de Pointe-Noire. Répartition de quelques échinodermes caractéristiques. *Bull. Inst. Études Centraf.*, 13-14 : 29-37.

COLLIGNON (J.), 1960.— Observations faunistiques et écologiques sur les mollusques testacés de la baie de Pointe-Noire (Moyen Congo). *Bull. IFAN*, sér. A, 22(2) : 411-464.

DE MIRO ORELL (M.), 1973.— Sedimentos recientes del margen continental de Mauritania (expedicion Sahara II). Supl. *Invest. Pesq.*, Res. Exp. Cient. B/O Cornide, 2 : 1-12.

DOMAIN (F.), 1980.— Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégalo-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 342 p..

DUFOUR (P.), 1984.— Production primaire d'une lagune tropicale (Ébrié, Côte-d'Ivoire). Facteurs naturels et anthropiques. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 164 p.

ESTABLIER (R.), BLASCO (J.), GOMEZ (A.), ESCOLAR (D.), 1984.— Materia organica en los sedimentos de la bahia de Cadiz y su zonas de marismas y salinas. *Invest. Pesq.*, 48(2) : 285-301.

GARCIA (S.), 1977.— Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis Perèz Farfante*, 1967) en Côte-d'Ivoire. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 79, 271 p.

GLÉMAREC (M.), 1964.— Biologie benthique de la partie orientale du golfe du Morbihan. *Cah. Biol. mar.*, 4(1) : 33-96.

GLÉMAREC (M.), 1969.— Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 167 p.

GLÉMAREC (M.), 1973.— The benthic communities of the european north atlantic continental shelf. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 11 : 263-289.

GUILLE (A.), 1970.— Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II - Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, 21(1B) : 149-280.

GUILLE (A.), 1971.— Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. IV - Densités, biomasses et variations saisonnières de la macrofaune. *Vie Milieu*, 22(1B) : 93-157.

HERBLAND (A.) et LE LŒUFF (P.), 1993.— Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I - Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 123-148.

HILY (C.), 1976.— Écologie benthique des pertuis charentais. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bretagne occidentale, Brest, 236 p.

HOLME (N.A.), 1953.— The biomass of the bottom fauna in the English Channel off Plymouth. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 32(1) : 1-48.

INTÈS (A.), 1980.— Les annélides polychètes du golfe de Guinée central. Systématique, écologie, zoogéographie. Thèse Doct. État, Univ. Bretagne occidentale, Brest, 264 p.

INTÈS (A.) et LE LŒUFF (P.), 1984.— Les annélides polychètes de Côte-d'Ivoire. III- Relation faune-conditions climatiques. Unités régionales faunistico-climatiques dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 19(1) : 3-24.

INTÈS (A.) et LE LŒUFF (P.), 1986a.— Les annélides polychètes de Côte-d'Ivoire. IV- Relations faune-sédiments. *Océanogr. trop.*, 21(1) : 53-88.

INTÈS (A.) et LE LŒUFF (P.), 1986b.— Les annélides polychètes de Côte-d'Ivoire. V- Mise en évidence et description des peuplements. *Océanogr. trop.*, 21(2) : 117-142.

JONES (N.S.), 1956.— The fauna and biomass of a muddy sand deposit off Port Erin, Isle of Man. *J. Anim. Ecol.*, 25 : 217-252.

LE LŒUFF (P.) et BINET (D.), 1975.— Quelques observations sur la présence des cumacés dans le zooplancton des eaux néritiques de Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(2) : 153-163.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A.), 1968.— La faune benthique du plateau continental de Côte-d'Ivoire. Récoltes au chalut : abondance, dominance, répartition, variations saisonnières. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 25 : 1-110.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A.), 1969.— Premières observations sur la faune benthique du plateau continental de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7(4) : 61-66.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A.), 1979.— Principes d'une méthode d'étude simple des peuplements benthiques : l'analyse par les valeurs centrales. Première application à la faune des polychètes du plateau continental de Côte-d'Ivoire. Comm. Colloque UOF, Nantes, février 1979, 2 p.

LE LŒUFF (P.), INTÈS (A.), MARCHE-MARCHAD (I.), 1971.— Les *Xenophora* (Gastropoda Prosobranchiata) de l'Afrique de l'Ouest. Remarques systématiques et écologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(4) : 501-512.

LHOMME (F.) ET VENDEVILLE (Ph.), 1990.— La crevette rose, *Penaeus notialis* (Perèz Farfante, 1967) en Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 489-520.

LIE (U.), 1978.— The quantitative distribution of benthic macrofauna in Fanafjorden, Western Norway. *Sarsia*, 63(4) : 305-316.

LONGHURST (A.R.), 1958.— An ecological survey of the west african marine benthos. *Col. Office Fish. Publs*, 11 : 1-101.

LONGHURST (A.R.), 1959.— Benthos densities off tropical west Africa. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 25(1) : 21-28.

LONGHURST (A.R.), 1983.— Benthic-pelagic coupling and export of organic carbon from a tropical atlantic continental shelf, Sierra Leone. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 17 : 261-285.

MARTIN (L.), 1977.— Morphologie, sédimentologie et paléogéographie du quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 61, 265 p.

MASSÉ (H.), 1963.— Quelques données sur l'économie alimentaire d'une biocoenose infralittorale. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 31(47) : 153-166.

MASSÉ (H.), 1972.— Contribution à l'étude de la macrofaune des peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence. VII - Discussion, comparaison et interprétation des données quantitatives. *Téthys* 4(2) : 397-422.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2(3) : 1-30.

NICHOLS (F.H.), 1970.— Benthic polychaetes assemblages and their relationship to the sediment in Port Madison, Washington. *Mar. Biol.*, 6(1) : 48-57.

NICHOLS (J.) et ROWE (G. T.), 1977.— Infaunal macrobenthos off cap Blanc, Spanish Sahara. *J. Mar. Res.*, 35(3) : 525-536.

PÉRÈS (J.M.), 1967a.— The mediterranean benthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5 : 449-534.

PÉRÈS (J.M.), 1967b.— Les biocoenoses benthiques dans le système phytal. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 42(58) : 3-114.

PICARD (J.), 1965.— Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 36(52) : 1-160.

PICAUT (J.) et VERSTRAETE (J.M.), 1979.— Propagation of a 14.7 day wave along the northern coast of the Guinean gulf. *J. Phys. Oceanogr.*, 9(1) : 136-149.

PLANTE (R.), 1967.— Étude préliminaire du benthos dans la région de Nosy Bé : note préliminaire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5(2) : 95-108.

PLANTE (R.) et LE LŒUFF (P.), 1983.— Le benthos marin et les stratégies d'échantillonnage. *In :* Frontier (S.) éd., Stratégies d'échantillonnage en écologie, Masson, Paris. Les Presses de l'Université Laval, Québec : 325-340.

RETIÈRE (C.), 1979.— Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse Doct. État, Univ. Rennes, 318 p.

REYS (J.P.), 1968.— Quelques données quantitatives sur les biocoenoses benthiques du golfe de Marseille. *Rapp. Comm. intern. Mer Méditer.*, 19(2) : 121-123.

REYSS (D.), 1971.— Les canyons sous-marins de la mer catalane : le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. III - Les peuplements de la macrofaune benthique. *Vie Milieu*, 22(3B) : 529-613.

REYSS (D.), 1972.— Les canyons sous-marins de la mer catalane : le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. IV - Étude synécologique des peuplements de la macrofaune benthique. *Vie Milieu*, 23(1B) : 101-142.

ROSENBERG (R.) et MÖLLER (P.), 1979.— Salinity stratified benthic macrofaunal communities and long-term monitoring along the west coast of Sweden. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 37(1) : 175-223.

SEVRIN-REYSSAC (J.), 1993.— Phytoplancton et production primaire dans les eaux marines ivoiriennes. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 151-165.

TASTET (J. P.), MARTIN (L.), AKA (K.), 1993.— Géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 23-61.

VATOVA (A.), 1967.— La fauna bentonica della costa occidentale dell'alto Adriatico. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, suppl. 15 : 159-167.

Annexe

Assemblage des espèces sabulicoles de l'infralittoral (53 espèces)

Lovenella corrugata
Epizoanthus senegambiensis
Cavernularia elegans
Sigalion opalinum
Thalenessa vazensis
Thalenessa dendrolepis
Nephtys cirrosa
Goniadides abidjanensis
Lumbriconereis mucronata
Ninoe africana
Spiophanes bombyx
Armandia intermedia
Ampelisca heterodactyla
Urothoe grimaldii
Urothoe leone
Mandibulophoxus stimpsoni
Atylus swammerdami
Ericthonius brasiliensis
Siphonocoetes sabatieri
Gastrosaccus sanctus
Pontophilus wolffi
Paguristes difficilis
Anapagurus curvidactylus
Matuta michaelseni
Portunus inaequalis
Achaeus monodi
Eulima spC
Natica simplex
Nassarius argenteus
Cyllene lyrata
Oliva acuminata
Clavatula milleti
Terebra senegalensis
Terebra reticulare
Terebra knockeri
Hastula lepida
Actaeon senegalensis
Dentalium intesi
Cadulus leloeuffi
Arca subglobosa
Pecten exoticus
Cardita ajar
Cardium ringens
Tivela bicolor
Donax oweni
Aloidis sulcata
Amphiura ungulata
Amphioplus sp.
Amphioplus cincta
Astropecten michaelseni
Echinocyanus pusillus
Plagiobrissus jullieni
Branchiostoma takoradii

Assemblage des espèces sabulicoles du circalittoral côtier (52 espèces)

Sthenelais zonata
Glycera tesselata
Dispio africana
Magelona papillicornis
Ophelia kirkegaardi
Galathowenia africana
Sosane sulcata
Aspidosiphon venabulum
Heterocuma africana
Eocuma ferox
Eocuma cadenati
Iphinoe brevipes
Iphinoe crassipes
Apanthura spB
Eurydice sp.
Cirolana spB
Tmetonyx bruuni
Ampelisca incerta
Urothoe marina
Perioculodes longimanus
Tiron intermedia
Tiron altifrons
Megaluropus sp.
Alima hieroglyphica
Metapenaeopsis miersi
Processa parva
Paguridium minimum
Spiropagurus elegans
Albunea carabus
Calappa rubroguttata
Xaiva mcleayi
Heterocrypta maltzani
Nymphon sp.
Xenophora senegalensis
Polynices lacteus
Nassarius heynemanni
Oliva flammulata
Mitra hamillei
Turris laevisulcata
Cythara angolensis
Conus genuanus
Obeliscus suturalis
Cylichna sp.
Philine aperta
Fustiaria rubescens
Nucula crassicosta
Nucula turgida
Cardita regularis
Tellina donacina
Ophiura grubei
Luidia atlantidea
Lingula parva

Assemblage des espèces des sables vaseux de l'infralittoral (45 espèces)

Laomedea gracilis
Euphione sp.
Grubeulepis sp.
Eurythoe parvecarunculata
Onuphis eremita
Petaloproctus terricola
Amphicteis pennata
Phascolion hupferi
Aspidosiphon albus
Ochetostoma glaucum
Listriella picta
Manningia posteli
Ogyrides rarispina
Palaemon hastatus
Lucifer faxoni
Laurentiella heterocheir
Callichirus foresti
Paguristes virilis
Paguristes hispidus
Diogenes pugilator
Phyllodorippe armata
Phylira laevidorsalis
Parahexapus africanus
Nassarius obliquus
Nassarius tritoniformis
Drillia pyramidata
Clavatula lineata
Clavatula coerulea
Clavatula smithi
Philine scabra
Fustiaria maltzani
Nucula crassidens
Nuculana tuberculata
Cardita lacunosa
Diplodonta rotundata
Mactra nitida
Abra pilsbryi
Macoma cumana
Tellina compressa
Aloidis dautzenbergi
Amphipholis bananensis
Rhopalodina gracilis

Assemblage des espèces des sables vaseux du circalittoral côtier (118 espèces)

Julienella foetida
Metalcyonium violaceum
Panthalis oerstedi
Pholoe minuta
Sthenelais boa
Chloeia viridis
Eteone siphonodonta
Phyllodoce madeirensis
Phyllodoce lineata
Phyllodoce capensis
Nephtys hombergi
Glycera convoluta
Glycera gigantea
Goniada multidentata
Glycinde nordmanni
Diopatra neapolitana
Onuphis conchylega
Lumbriconereis impatiens
Lumbriconereis heteropoda
Arabella iricolor
Prionospio ehlersi
Magelona cornuta
Tharyx multibranchis
Chaetozone setosa
Cirratulus cirratus
Cirratulus filiformis
Cirriformia afer
Aricia foetida
Aricidea fragilis
Paraonis gracilis
Clymene palermitana
Clymene capensis
Owenia fusiformis
Brada villosa
Piromis arenosus
Pherusa swakopiana
Pherusa tropica
Pherusa scutigeroides
Lygdamis indicus
Isolda whydahensis
Phyllamphicteis collaribranchis
Lysippe vanelli
Pterolysippe bipennata
Terebellides stroemi
Amaeana accraensis
Pista grubei
Lanice conchylega
Jasmineira elegans
Sipunculus phalloides
Phascolion strombi
Phascolion spB
Phascolion spC
Asposiphon mulleri
Cycloleberis squamiger
Asteropteron setiferum
Iphinoe tenella
Haliophasma spC
Haliophasma spE
Hippomedon robustus
Socarnopsis crenulata
Ampelisca latifrons
Ampelisca spinimana
Ampelisca brevicornis
Harpinia sp.
Maera othonis
Acanthosquilla septemspinosa
Meiosquilla africana
Processa borboronica
Automate evermanni
Upogebia contigua
Porcellana longicornis
Galathea intermedia
Paguristes mauritanicus
Diogenes ovatus
Pagurus alatus
Anapagurus laevis
Raninoides bouvieri
Ebalia affinis
Ilia spinosa
Typhlocarcinodes integrifrons
Pisa carinimana
Turritella annulata
Eulima angulosa
Eulima spB
Natica fanel
Natica flammulata
Trophon fusulus
Phos grateloupianus
Nassarius goreensis
Nassarius elatus
Nassarius sesarma
Cancellaria cancellata
Drillia rosacea
Drillia balista
Clavatula diadema
Clavatula gabonensis
Clavatula strebeli
Turris undatiruga
Turris torta
Cythara adansoni
Asthenotoma spiralis
Genota mitraeformis
Ringicula conformis
Pleurobranchaea gela
Nuculana gruveli
Modiolus stultorum
Diplodonta globosa
Phacoides lamothei
Phacoides reyri
Potidoma sp.
Pitaria tumens
Tellina rubicincta
Cultellus tenuis
Amphioplus aciculatus
Amphipholis nudipora
Ophiothrix congensis
Ophiopsila guineensis
Rhopalodina lageniformis

Assemblage des espèces des vases sableuses et vases du circalittoral côtier et du circalittoral du large (92 espèces)

Schizammina labyrinthica
Schizammina arborescens
Schizammina sp.
Cariophyllia smithi
Virgularia mirabilis
Virgularia tuberculata
Lepidasthenia maculata
Eupanthalis kinbergi
Ponthalis bicolor
Ehlersileanira incisa
Eurythoe rullieri
Loandalia maculata
Pilargis modesta
Gymnonereis fauveli
Nereis lamellosa
Nephtys lyrochaeta
Glycera unicornis
Goniada congoensis
Marphysa kinbergi
Epidiopatra hupferiana
Onuphis amoureuxi
Drilonereis filum
Aonides oxycephala
Spio multioculata
Prionospio pinnata
Tharyx marioni
Heterospio longissima
Disoma orissae
Poecilochaetus modestus
Phyllochaetopterus major
Phyllochaetopterus socialis
Aricia cuvieri
Scoloplos armiger
Scoloplos chevalieri
Scoloplos madagascariensis
Aricidea assimilis
Cossura coasta
Clymene gracilis
Clymene wolffi
Maldane decorata
Maldane glebifex
Asychis atlantideus
Sternaspis scutata
Pycnoderma congoense
Amage adspersa
Loimia medusa
Sipunculus nudus
Thysanocardia catharinae
Onchnesoma steenstrupi
Golfingia muricaudata
Aspidosiphon hartmeyeri
Eocuma cochlear
Diastylis ambigua
Apseudes acutifrons
Ampelisca diadema
Maera hirondellei
Eriopisa epistomata
Solenocera africana
Alpheus talismani
Alpheus floridanus
Alpheus macrocheles
Athanas amazone
Pontophilus bidens
Callianassa diaphora
Upogebia crosnieri
Machaerus oxyacantha
Hexapinus buchanani
Asthenognathus atlanticus
Chaetoderma abidjanense
Natica bouvieri
Sigaretus bifasciatus
Nassarius turbineus
Marginella cincta
Clavatula lelieuri
Cythara atlantidea
Cadulus nicklesi
Nuculana fragilis
Arca lactea
Beguina trapezia
Lepton sp.
Pitaria belcheri
Abra lecointrei
Antedon dubenii
Amphiura chiajei
Amphioplus congensis
Amphioplus aurensis
Ophiophragmus acutispina
Ophiactis lymani
Ophiothrix fragilis
Ophiothrix nociva
Schizaster edwardsi
Hippoporidra senegambiensis

Assemblage des espèces des fonds détritiques organogènes envasés (53 espèces)

Schizammina furcata
Pennatula rubra
Harmothoe antilopis
Leanira yhleni
Chloeia venusta
Paralacydonia paradoxa
Nephtys inermis
Glycera lapidum
Eunice vittata
Nematonereis unicornis
Hyalinoecia fauveli
Onuphis quadricuspis
Lumbriconereis latreillei
Lumbriconereis coccinea
Laonice cirrata
Magelona cincta
Tharyx dorsobranchialis
Scalibregma inflatum
Notomastus latericeus
Dasybranchus caducus
Clymene lumbricoides
Clymene affinis
Maldane sarsi
Melinna palmata
Isolda pulchella
Amphicteis gunneri
Ampharete kerguelensis
Pista cristata
Echiurus sp.
Thalassema diaphanes
Thalassema sp.
Apanthura spA
Haliophasma spA
Haliophasma spD
Cirolana spA
Ampelisca sarsi
Eurysquilla leloeuffi
Lophogaster typicus
Processa elegantula
Callianassa marchali
Upogebia talismani
Upogebia deltaura
Pagurus m'bizi
Calappa peli
Ebalia sp.
Pseudomyra m'bizi
Monodaeus rouxi
Polynices fusca
Turris sp.
Philine sp.
Macoma bruuni
Aloidis gibba
Amphiura filiformis

ASSEMBLAGE DES ESPÈCES PROFONDES DE LA MARGE EXTERNE (21 espèces)

Thenea muricata
Eunoe nodosa
Lepidasthenia brunnea
Paramphinome trionyx
Ceratonereis costae
Glycera rouxi
Rhamphobrachium agassizi
Onuphis bihanica
Ninoe saeva
Ophelina acuminata
Petaloproctus crosnieri
Auchenoplax crinita
Thelepus setosus
Golfingia margaritacea
Ampelisca aequicornis
Chlorotocus crassicornis
Pontophilus prionolepis
Monodaeus rectifrons
Fustiaria subtorquata
Nucula sulcata
Cuspidaria abbreviata

BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES POISSONS PÉLAGIQUES CÔTIERS DU LITTORAL IVOIRIEN

Émile MARCHAL

Introduction

Les recherches en biologie et en écologie des poissons pélagiques ont commencé en Côte-d'Ivoire au début des années soixante. Les premières études ont surtout porté sur la caractérisation des espèces ou populations par comparaison avec les caractéristiques établies dans d'autres régions tant pour les adultes que pour les stades larvaires (MARCHAL, 1965a, b, 1966c, 1967a), sur la saisonnalité de certaines propriétés physiologiques (MARCHAL, 1966b), et sur les fluctuations de l'abondance en relation avec certains paramètres de l'environnement (MARCHAL, 1966a). À partir de 1966, la restructuration du Centre de recherches océanographiques et le renforcement des équipes de recherche permettent le développement d'un programme d'observation plus systématique basé sur les débarquements de la flottille commerciale et sur l'extension des observations du milieu physique (MARCHAL, 1967b).

De 1969 à 1972, un programme d'« étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers » apporte des moyens supplémentaires ; une série de campagnes d'observation du milieu physique et biologique du plateau continental, du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes (FAO, 1974), peut ainsi être entreprise.

À partir de 1973 une autre approche est choisie avec la réalisation de plusieurs campagnes de détection acoustique destinées à évaluer la distribution et l'abondance des ressources pélagiques.

Les échantillonnages biologiques des débarquements, arrêtés pendant plusieurs années, ont repris récemment de façon intensive et permettront de compléter les connaissances encore bien fragmentaires sur la biologie et l'écologie de ces espèces.

Espèces principales

Dix-sept espèces appartenant à six familles constituent la quasi-totalité de la faune ichtyologique pélagique côtière, ce qui n'exclut pas la présence sporadique mais parfois abondante d'autres espèces telles que le « voilier » (*Istiophorus americanus*), ou d'espèces qui vivent généralement près du fond mais peuvent, dans certaines circonstances, se rencontrer en pleine eau.

La liste suivante indique la répartition géographique générale de chaque espèce.

Clupéidés

Sardinella aurita : Atlantique tropical et Méditerranée, océans Indien et Pacifique.
Sardinella maderensis : Atlantique tropical oriental et Méditerranée.
Sardinella rouxi : golfe de Guinée.
Ilisha africana : golfe de Guinée.
Ethmalosa fimbriata : golfe de Guinée.

Engraulidés

Engraulis encrasicolus : Atlantique oriental, tropical et tempéré nord, Méditerranée.

Carangidés

Chloroscombrus chrysurus : Atlantique tropical.
Vomer setapinnis : Atlantique tropical.
Decapterus rhonchus : Atlantique tropical oriental.
Decapterus punctatus : Atlantique tropical oriental.
Trachurus trecae : Atlantique tropical oriental.

Scombridés

Scomber japonicus : Océan tropical mondial.
Auxis thazard : Océan tropical mondial.
Euthynnus alleteratus : Océan tropical mondial.
Scomberomorus tritor : Atlantique tropical oriental.

Haemulidés

Brachydeuterus auritus : Atlantique tropical oriental.

Balistidés

Balistes carolinensis : Atlantique tropical.

Caractéristiques biologiques

Nutrition

Peu d'observations directes et suivies ont été faites en Côte-d'Ivoire sur le régime alimentaire et le mode de nutrition. Dia (1972) a comparé la composition des contenus stomacaux des trois espèces de sardinelles à celle de traits de plancton effectués à proximité de la pêche. Apparemment, les sardinelles se comportent plutôt en filtreurs « actifs » que « passifs » : elles sélectionnent des essaims de plancton monospécifiques. En réalité, la différence avec la composition des traits de filets n'est peut-être qu'apparente car un trait va « moyenner » la composition du zooplancton dans un volume important, alors que le contenu stomacal peut ne refléter que le voisinage immédiat du poisson. L'étude portait aussi sur la différence possible de régime des trois espèces eu égard à la différence de leur filtre branchial : celui-ci est très serré chez *Sardinella aurita*, moyennement chez *Sardinella maderensis* et lâche chez *Sardinella rouxi* (figure 1). Si, effectivement, les proies sont nettement plus grandes dans les estomacs de cette dernière espèce, il n'y a, en revanche, pas de différence notable chez les deux autres. La part pondérale du phy-

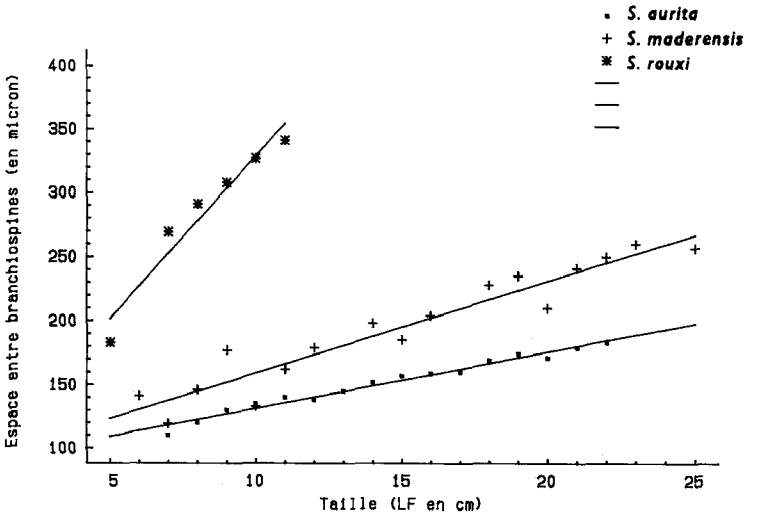


Figure 1
Comparaison des filtres branchiaux de *Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, *Sardinella rouxi*. Écartement des branchiospines (en micron) en fonction de la taille du poisson (en cm), d'après DIA, 1972.

toplancton est très faible dans les contenus stomacaux observés. La nutrition paraît être essentiellement diurne, avec cependant des possibilités nocturnes en période de pleine lune.

D'autres observations, moins systématiques, faites sur ces espèces et sur les autres, ainsi que les informations contenues dans la littérature, permettent de classer les espèces de pélagiques côtiers en plusieurs catégories en fonction de leur mode de nutrition et de leur régime alimentaire : cette classification peut permettre de mieux comprendre leur comportement.

On distingue ainsi :

— les filtreurs, au filtre branchial plus ou moins serré ; dans cette catégorie on trouve : *Ethmalosa fimbriata*, qui se nourrit de phyto- et de zooplancton, à part à peu près égale (ALBARET, *à paraître*) ; *Sardinella aurita* et *Engraulis encrasicolus*, au régime composé en majorité de zooplancton (copépodes) ; *Sardinella maderensis*, à peu près exclusivement zooplanctonophage ;

— les semi-filtreurs qui, en plus d'un filtre branchial, possèdent des dents assez développées ; leur régime est surtout composé de zooplancton, d'ichtyoplancton et de petits crustacés ; on relève dans ce groupe : *Ilisha*, *Chloroscombrus* et *Vomer* ;

— les prédateurs, dont le filtre branchial est plus ou moins réduit et qui possèdent une denture fonctionnelle ; leur régime est composé en partie de zooplancton de taille assez grande, d'ichtyoplancton, de crustacés (mysidacés, euphausiacés, crevettes), de jeunes poissons ; on note dans ce groupe : *Decapterus*, *Trachurus*, *Scomber*, *Auxis*, *Euthynnus*, *Scomberomorus* ;

— les « opportunistes », qui ont une denture développée et parfois un « gésier », mais qui sont capables de se nourrir d'œufs et de larves de poissons aussi bien que de crevettes ou de poissons morts ; c'est le cas, par exemple, de *Balistes carolinensis* et de *Brachydeuterus auritus*.

ENGRAISSEMENT ET FACTEUR DE CONDITION

Les seules observations en Côte-d'Ivoire concernent les deux espèces majeures de sardinelles. Le ***cycle d'engraissement*** a été étudié sur une période de 14 mois par analyse d'un échantillon mensuel de chacune des espèces (MARCHAL, 1966b). La teneur en graisse a été déterminée par extraction chimique, la teneur en eau par dessiccation. Ces deux valeurs sont très fortement corrélées négativement, comme cela a déjà été observé pour d'autres espèces. Un cycle saisonnier apparaît nettement chez ces deux clupéidés (figure 2) avec un minimum d'engraissement très marqué en juin-juillet (environ 1 % de l'extrait sec en matière grasse). À ce minimum fait suite une augmentation rapide de l'engraissement culminant à un maximum en novembre (*Sardinella aurita*) ou octobre (*Sardinella maderensis*), le maximum étant plus élevé chez la première que chez la seconde (15 % contre 10 %). Chez *Sardinella aurita* la teneur en graisse chute ensuite brutalement pour marquer un second minimum en janvier suivi d'un nouveau cycle d'engrais-

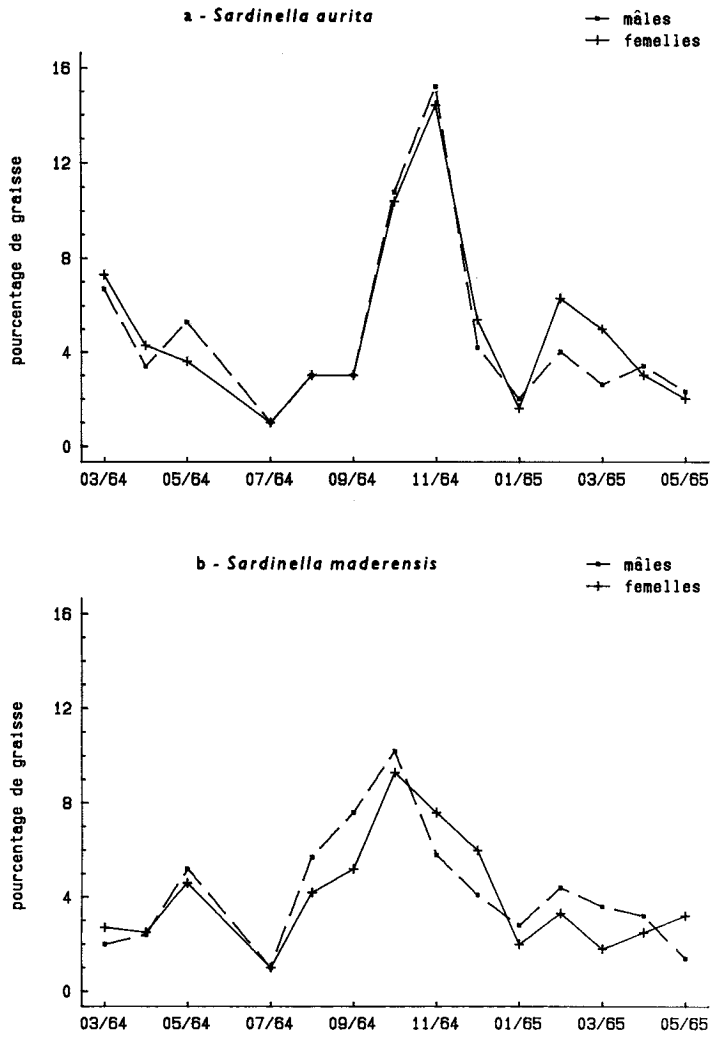


Figure 2
Cycle annuel de la teneur en matière grasse exprimée en pourcentage du poids total de poisson (1964-1965).
a- *Sardinella aurita* ; b- *Sardinella maderensis*

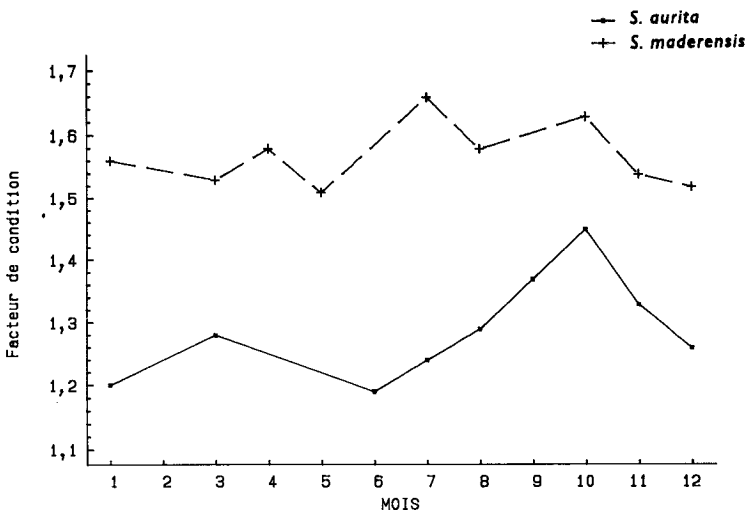


Figure 3
Cycle annuel du facteur de condition K (année 1966) chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*
$K = P\,(g) \times 100/LF^3\,(cm)$

sement en février mais avec un maximum nettement moins élevé qu'en octobre. Chez *Sardinella maderensis* on observe également une diminution de la teneur en graisse suivie d'un second cycle d'engraissement, mais ce cycle est moins prononcé que chez l'autre espèce. On peut donc conclure de ces observations qu'il existe chez ces deux sardinelles (et probablement chez d'autres petits pélagiques) un cycle saisonnier biannuel dissymétrique de l'engraissement faisant alterner les périodes de forte et de faible accumulation de lipides, séparées par des diminutions plus ou moins brusques des réserves. La période de forte accumulation se situe en fin de saison hydrologique froide. Des observations macroscopiques portant sur les dépôts de graisse mésentérique chez *Sardinella maderensis* confirment tout à fait ce cycle avec des individus gras d'août à décembre.

Chez les sardinelles, l'embonpoint ou ***facteur de condition*** (rapport entre le poids du poisson et le cube de sa longueur) suit un cycle saisonnier comparable à celui de l'engraissement, avec deux maxima par an (figure 3). Chez *Sardinella aurita* la série de 1966 montre un minimum de début d'année et un second minimum de début de saison froide (juin) suivi d'une augmentation régulière et soutenue jusqu'en octobre, puis une chute importante en fin d'année. Le cycle de saison froide correspond tout à fait aux résultats ghanéens (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) : il porte en fait sur des poissons pêchés au Ghana. Mais il semble que dans le cas de lots provenant de Côte-d'Ivoire (pour d'autres années cependant) l'évolution soit différente avec une variation annuelle nettement moins accusée. Cette variation peu marquée s'observe aussi chez l'autre espèce, *Sardinella maderensis* dont le facteur de condition montre une légère augmentation de juillet à octobre (saison froide). Il n'y pas d'observations suivies pour les autres espèces.

Reproduction

Maturité, maturation et première reproduction

La maturité sexuelle est l'aptitude à la reproduction. La taille à laquelle elle est atteinte est souvent exprimée par un stade d'évolution de la première maturation des produits sexuels. Ainsi on définira pour une population une taille de ***première maturation*** correspondant au point où 50 % des individus femelles ont atteint le stade IV (ou III de l'échelle Fontana), c'est-à-dire dont les ovaires sont développés et présentent des ovocytes parfaitement visibles à l'examen macroscopique. Dans l'échelle adoptée, l'émission des produits sexuels correspond au stade VI (V de l'échelle Fontana).

Les tailles (longueur à la fourche caudale, LF, en cm) de première maturation (TPM) d'un certain nombre d'espèces pélagiques déterminées en Côte-d'Ivoire ou au Ghana sont indiquées dans le tableau I.

En fait, il y a une variation saisonnière marquée de cette taille. Ainsi chez *Sardinella aurita* la taille indiquée se réfère essentiellement à la grande saison froide, l'évolution apparaît plus tardive en saison chaude ou petite saison froide.

Tableau I
Taille de première maturation (TPM, cm) déterminée pour certaines espèces pélagiques en Côte-d'Ivoire et au Ghana

Espèces	*S. aurita*	*S. maderensis*	*S. rouxi*	*Engraulis*	*Scomber*	*Trachurus*
TPM	14,5	18,5	< 10	9	22	13

Sex-ratio

La proportion des sexes n'est pas constante au cours de la vie de la plupart des espèces. D'une façon générale il ressort des observations (figure 4) que, chez les trois sardinelles et probablement le maquereau, la proportion de femelles augmente au fur et à mesure de la croissance pour finalement atteindre 100 % à partir d'une certaine taille. En fait, il apparaît clairement que les mâles sont majoritaires jusqu'à une taille située un peu au-delà de la première maturation (plus proche de la première reproduction en fait), tout au moins chez les sardinelles. Le sex-ratio de la population, toutes tailles confondues, n'est que

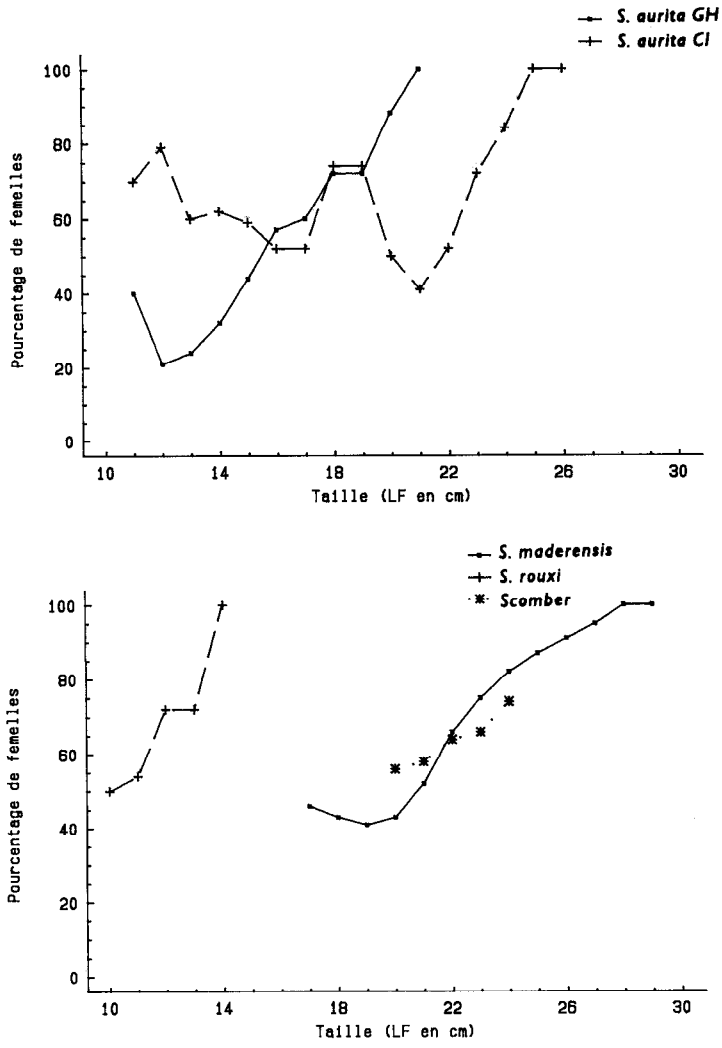


Figure 4
Pourcentage de femelles en fonction de la taille (longueur à la fourche caudale LF) pour les 3 espèces de sardinelles et le maquereau.

légèrement en faveur des femelles, et n'est en fait pas significativement différent de 1 si l'on considère les effectifs des tailles les plus faibles. Chez *Sardinella aurita*, la proportion des femelles par classe semble différente selon qu'il s'agit de poissons pêchés au Ghana en saison froide ou en Côte-d'Ivoire en saison chaude (début de l'année). Mais la variabilité est forte d'un échantillon à l'autre car, quelle que soit l'étendue de la distribution, la proportion de femelles est plus élevée dans les plus grandes classes pour un échantillon donné.

Évolution saisonnière du rapport gonado-somatique (RGS) et stades sexuels

Des observations relativement suivies n'existent que pour les deux espèces majeures de sardinelles. Chez l'une comme chez l'autre, il existe une bonne corrélation entre les mesures du RGS et la proportion de stades sexuels femelles en maturation avancée (stades IV, V et VI). Chez *Sardinella aurita* (figure 5) on distingue nettement un signal saisonnier montrant une forte activité génésique de juin à octobre, très faible pendant le reste de l'année. Il faut toutefois préciser que ces observations concernent essentiellement le Ghana et l'est ivoirien et ont été faites antérieurement à 1972. Chez *Sardinella maderensis*, la période d'activité génésique paraît plus étalée dans l'année avec simplement une forte diminution de mai à juillet (transition saison chaude, saison froide). D'après les stades sexuels, le maximum d'activité apparaît clairement en saison chaude (octobre à avril).

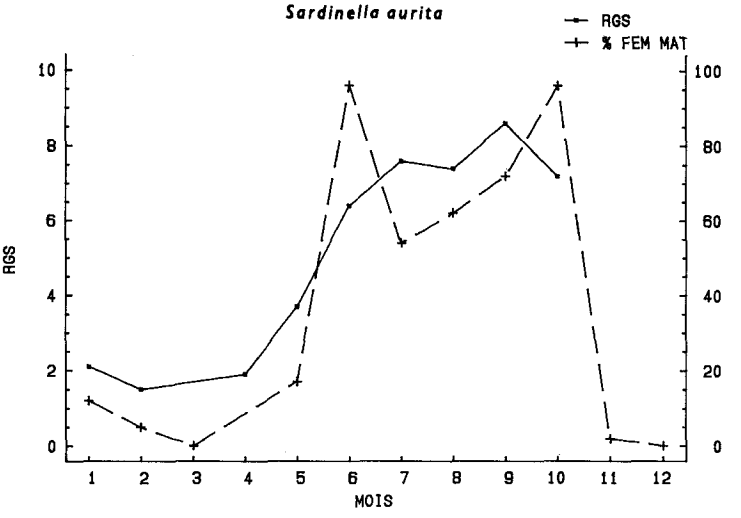


Figure 5
Sardinella aurita. Cycle du rapport gonado-somatique (RGS) femelle et du pourcentage de femelles avec stades sexuels avancés (stades IV, V, VI, de l'échelle de Hjort). RGS = poids des gonades x 100/poids total.

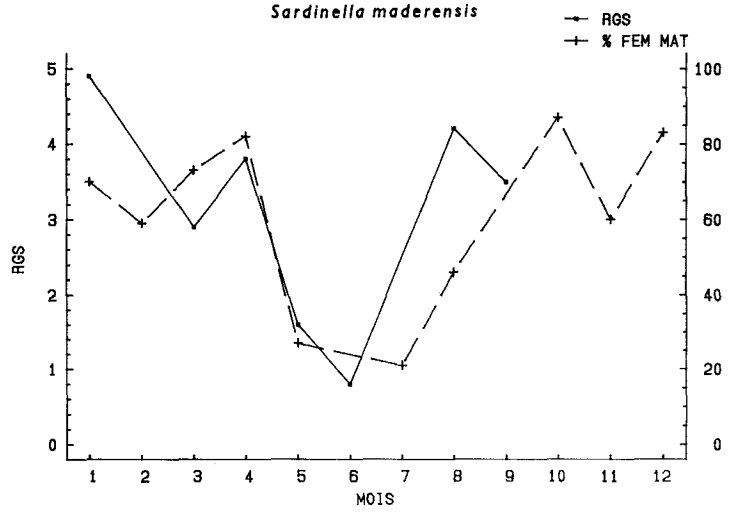


Figure 6
Sardinella maderensis. Cycle annuel du RGS femelle et du pourcentage de femelles aux stades sexuels avancés (voir figure 5).

Des observations sur le maquereau montrent une forte activité génésique en août-septembre et nulle en octobre. Des exemplaires de *Sardinella rouxi* pêchés en décembre témoignaient d'une activité génésique forte (100 % de stade IV).

Répartition spatio-temporelle des œufs et larves

Une série de campagnes mensuelles de récolte d'ichtyoplancton réalisées de juillet 1969 à avril 1972 dans le cadre du projet « Sardinelles » permet d'avoir une bonne représentation de la répartition des larves dans le « golfe ivoirien » (du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes) et de leur phénologie (Krzeij 1972a, b, c, d). L'étude a porté sur les larves de *Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, *Sardinella rouxi*, *Engraulis encrasicolus* et sur les œufs de cette espèce uniquement. L'analyse de la distribution de l'abondance des larves dans l'espace montre pour plusieurs de ces espèces une différence marquée entre l'est et l'ouest de la zone couverte (tableau II).

Afin d'analyser plus précisément cette différence géographique et son évolution au cours de l'année, on a regroupé les deux secteurs occidentaux et les deux secteurs orientaux en écartant les secteurs centraux. Leur variation saisonnière est portée sur la figure 7. Chacune des espèces étudiées montre une distribution spatio-temporelle différente.

Sardinella aurita présente deux périodes d'abondance des larves observables dans les deux zones mais celle de début d'année est beaucoup plus importante dans l'ouest alors que c'est l'inverse pour celle

TABLEAU II

Abondance des larves récoltées au-dessus du plateau continental du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes de 1969 à 1971 (nombre moyen de larves par 100 m^2 de surface)

Secteur / Espèces	Tabou	San Pedro	Fresco	Jacqueville	Gd-Bassam	Axim	Moyenne
S. maderensis	60	27	8	29	42	30	33
S. aurita	63	5	3	4	5	14	16
S. rouxi	12	6	7	8	66	27	21
Engraulis	988	624	423	459	383	596	579

de grande saison froide. Globalement sur l'ensemble de l'année, c'est dans les secteurs occidentaux qu'on a récolté le plus de larves de cette espèce.

Sardinella maderensis ne montre pas de différence significative entre l'est et l'ouest, l'abondance moyenne des larves est très stable d'octobre à avril (saisons chaudes), avec des minima aux périodes de transition hydrologique. On observe une deuxième période d'abondance en début de saison froide, plus longue à l'ouest qu'à l'est.

Sardinella rouxi est nettement plus abondante à l'est qu'à l'ouest (un facteur de 10 environ), avec une évolution saisonnière tout à fait comparable : les larves de cette espèce sont entièrement absentes en saison froide.

L'abondance des larves de l'anchois *Engraulis encrasicolus*, de loin la plus forte, est stable pendant toute la première partie de l'année puis chute très nettement en saison froide pour remonter plus progressivement dans le dernier trimestre. En fait, ce schéma correspond surtout à la zone occidentale. Dans l'est, si la première partie de l'année est stable, elle se situe à un niveau nettement inférieur à celui de l'ouest alors que la baisse de saison froide est à peine indiquée en début puis rapidement suivie d'une forte augmentation aboutissant à un niveau élevé mais fluctuant. Schématiquement, on peut dire que les larves d'anchois sont plus abondantes à l'ouest pendant la première partie de l'année (décembre à mai) et à l'est pendant la deuxième (juillet à novembre). Cette situation aboutit à une moyenne régionale stable dans l'année (minimum en juillet). Cette opposition de phase se retrouve curieusement dans l'abondance des œufs, mais avec une période beaucoup plus courte, à laquelle on ne trouve guère d'explication. Un minimum absolu pour les deux zones est observé en mai alors que celui des larves l'est en juillet : compte tenu de l'évolution rapide de l'embryogénèse (la durée estimée entre la ponte et l'éclosion est de 48 h), il n'y a pas de relation possible entre les deux. En fait, il apparaît d'une part une très grande variabilité dans l'abondance observée des œufs, causée justement par la rapidité de l'éclosion ne permettant pas une dispersion suffisante, d'autre part une certaine discordance entre abondance des œufs et des larves pendant la saison froide, principalement dans l'ouest. On doit cependant souligner que ces résultats ne concernent que le plateau continental. Or des récoltes effectuées au large (jusqu'à 30 milles au-delà de l'isobathe 200 m) ont montré que les larves peuvent être trouvées en abondance au moins jusqu'à cette distance, alors que la présence des œufs est limitée quasi exclusivement au plateau continental. En août-septembre 1964, des larves ont été rencontrées en abondance bien au-delà du plateau, jusqu'à 150 milles au large (MARCHAL, 1966c) ; en outre, elles ont aussi été signalées jusqu'à 40 m, profondeur maximale échantillonnée, laissant supposer que certaines se trouvaient plus profondément et donc pouvaient ne pas être récoltées. Il n'est donc pas certain que l'abondance des larves sur le plateau continental corresponde réellement à celle de toute la population; variations observées ne peuvent être qu'une mesure de leur disponibilité locale.

Cela ne paraît pas être le cas des autres espèces (sardinelles) dont les larves n'ont été rencontrées que rarement au large du plateau continental et en profondeur au-dessous de 20 m.

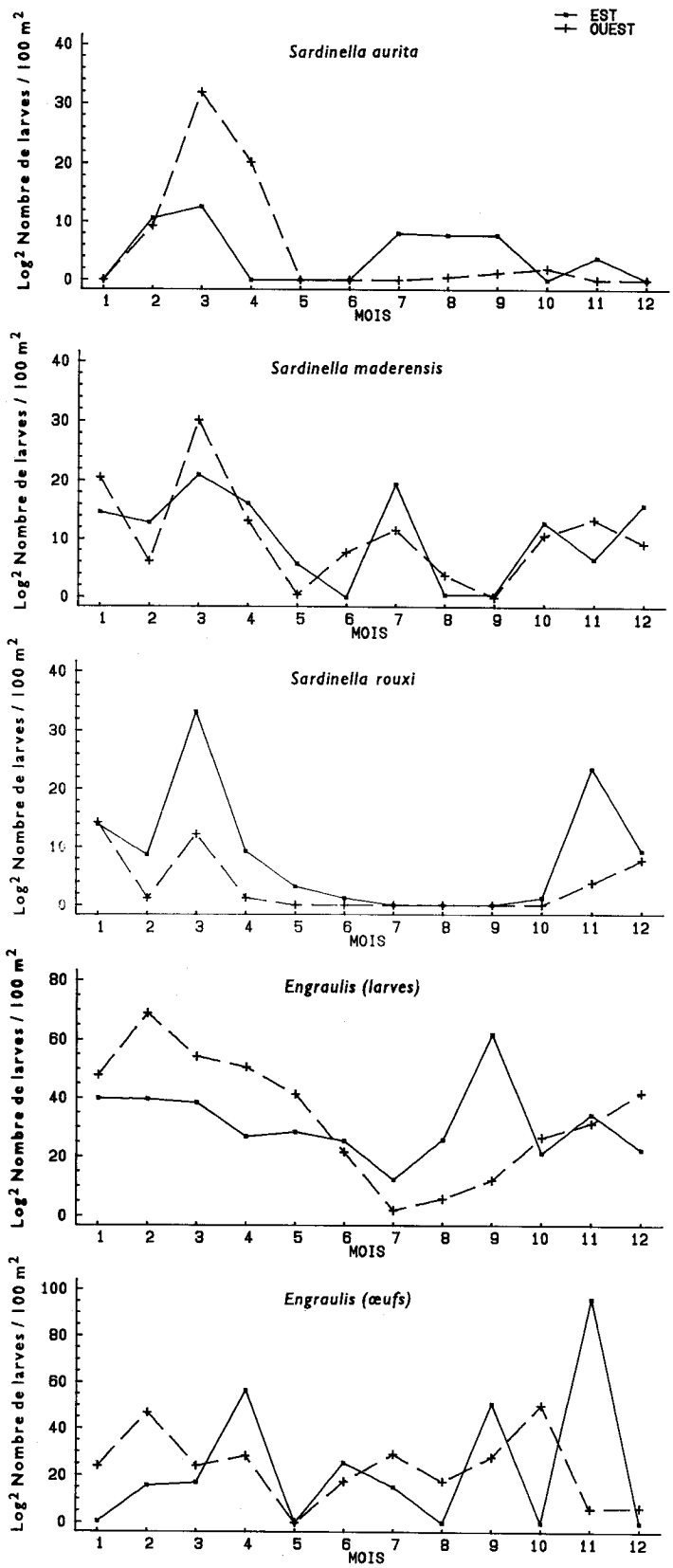


Figure 7
Cycle annuel de l'abondance des larves des 3 espèces de sardinelles (*Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, *Sardinella rouxi*) et des larves et œufs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*). Moyennes sur 3 années (1969, 1970, 1971). Les résultats sont présentés en deux ensembles, est et ouest. L'abondance est exprimée en nombre par 100 m^2 de surface (échelle log^2).

En considérant l'ensemble des clupéidés et anchois, on peut observer que :

— le signal saisonnier est bien marqué chez toutes les espèces, mais elles n'y répondent pas de façon homogène ;

— le signal géographique est également très marqué, excepté chez *Sardinella maderensis* ;

— la conjugaison des deux signaux permet de préciser la phénologie de leurs larves : *Sardinella aurita* et *Engraulis encrasicolus* ont deux périodes et deux zones d'abondance maximale croisées, correspondant aux grande et petite saisons froides ; *Sardinella maderensis* présente une affinité marquée pour les eaux chaudes mais curieusement montre un pic d'abondance en début de saison froide, cette évolution se retrouvant tout à fait similaire à l'est et à l'ouest ; *Sardinella rouxi* est strictement inféodée aux eaux chaudes et, en toute période, se rencontre en plus grande abondance à l'est.

Conclusion

On peut conclure ce chapitre sur la reproduction, en constatant qu'il y a une bonne adéquation générale chez *Sardinella maderensis* entre l'évolution du RGS et les stades sexuels d'une part et l'abondance des larves de l'autre : il y a une seule grande saison de ponte interrompue par la fin de la saison chaude qui correspond aussi à une baisse importante de salinité. Il est possible que la reprise de la ponte en juillet soit bloquée par le refroidissement des eaux agissant soit directement sur la maturation soit sur la survie des larves. La ponte a lieu uniformément le long de la côte. On remarquera, en revanche, chez *Sardinella aurita* que seule la période de ponte de grande saison froide (juillet à septembre) du secteur oriental se retrouve dans l'évolution du RGS et des stades sexuels. Une première explication vient du fait qu'à cette époque (et en fait jusqu'aux années 1980) très peu de *Sardinella aurita* étaient pêchées à l'ouest : on a donc très peu ou pas d'observation sur les stades sexuels dans cette région. Pour une raison un peu similaire (faiblesse des captures en début d'année) l'échantillonnage est faible à cette période. Enfin, l'évolution du RGS se réfère à la seule année 1966 ; en moyenne (FRU/CRO/ORSTOM, 1976), le RGS des *Sardinella aurita* du Ghana montre une valeur assez faible mais soutenue pendant les premiers mois de l'année, chutant en avril. Ce schéma est cohérent avec l'évolution de l'abondance des larves dans la zone orientale. Pour ce qui est de la zone occidentale, la majorité des larves a été en fait pêchée au voisinage du cap des Palmes et pouvait provenir, au moins partiellement, d'une population localisée encore plus à l'ouest.

Croissance

La croissance est difficile à préciser chez des poissons à période de reproduction étendue, capables de déplacements d'amplitude plus ou moins grande et soumis à des conditions environnementales elles-mêmes très variables. Les structures que l'on peut observer sur les pièces ossifiées ou calcifiées, et notamment les otolithes, sont souvent irrégulières, nombreuses mais peu interprétables. Quant aux modes que l'on peut distinguer d'après les fréquences de tailles dans les débarquements, ils ne montrent guère d'évolution interprétable, conséquence probable de l'étalement de la reproduction.

Les *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana ont manifestement une croissance très différente de celle observée au Congo (Ghéno, 1975) et au Sénégal (Boely, 1981, Camarena-Luhrs, 1986). Un fait d'observation courant est la faible taille des individus telle qu'elle apparaît dans les captures : les exemplaires dépassant 22 cm sont l'exception, du moins dans la période antérieure à 1980 alors qu'ils atteignent couramment 30 cm au Sénégal. De même, la taille à la maturité est de 14 cm environ contre 18 cm au Sénégal. Cependant, dans les années récentes, des individus nettement plus grands formant des classes modales à 24 ou 25 cm sont apparus dans les captures.

Diverses hypothèses de croissance ont été présentées. Prosvirov et Riabikov (1961) ainsi que Muta (1966) se sont basés sur la lecture des écailles et aboutissent à une croissance lente. À l'opposé, le document FAO (1971) propose une croissance très rapide, aboutissant à un temps de génération de 4 mois (de l'œuf à 13 cm). Marchal (*in* FAO, 1974) base sa courbe de croissance sur la lecture des otolithes

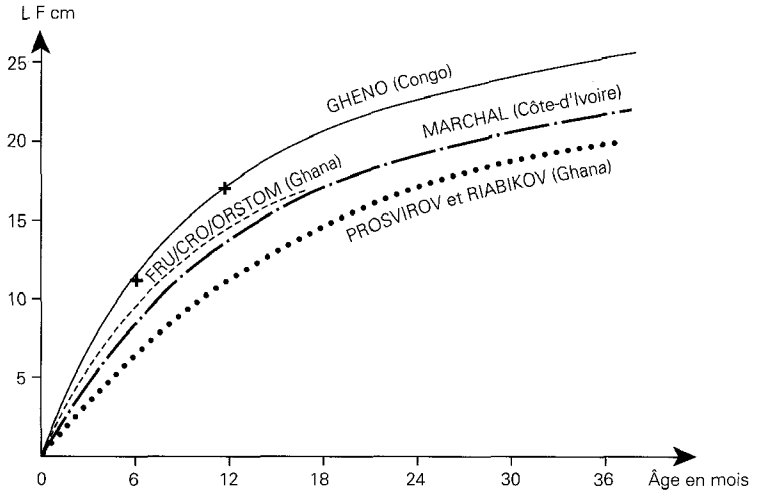


Figure 8
Courbes de croissance de *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana proposées par divers auteurs. À titre de comparaison est également indiquée la courbe de croissance établie par GHÉNO (1975) pour le Congo.

sous l'hypothèse de la formation de deux anneaux par an. Le groupe de travail FRU/CRO/ORSTOM (1976) déduit la courbe de croissance des déplacements des modes de taille (méthode Petersen) et arrive sensiblement à la même conclusion que MARCHAL. Enfin, le groupe de travail COPACE (FAO, 1989) propose une croissance un peu plus rapide. Ces différentes hypothèses sont schématisées figure 8. Cependant, aucun de ces résultats n'est basé sur des observations suffisamment nombreuses et suivies. De plus, ils ne permettent pas d'interpréter correctement les progressions modales apparentes d'une année à l'autre : ainsi, de 1969 à 1973, on peut observer une progression régulière de 1 cm environ du mode majeur (de 15 à 19 cm) dans les captures des senneurs ivoiriens. Si cela correspond à l'évolution d'un même mode, la croissance serait très lente ! Depuis quelques années, on capture des individus nettement plus grands, principalement en Côte-d'Ivoire, avec des modes importants de 23 à 25 cm. À ce propos, on notera que l'hypothèse de croissance formulée par le groupe COPACE coïncide parfaitement avec la courbe de croissance donnée par GHÉNO (1975) pour le Congo. Si cette hypothèse est exacte elle pourrait signifier qu'on a affaire à une population dont les caractéristiques biologiques sont différentes de la population exploitée antérieurement et voisines de celle du Congo. Ceci devrait se retrouver également pour la taille de première maturation. Les déplacements modaux ne sont cependant pas plus nets, sauf peut-être de 1985 à 1986 avec le passage du mode de 19 cm à 23 cm (PEZENNEC *et al.*, dans cet ouvrage). Enfin, on n'a pas pris en considération la différence de croissance entre sexes : or une analyse des mensurations par sexe réalisée de juin à octobre 1966 montre des différences significatives et constantes entre les modes mâles et femelles. Celles-ci mesurent en moyenne 0,5 cm de plus en dessous de 15 cm et environ 1 cm de plus entre 15 et 18 cm, probablement plus au-delà : ce qui est cohérent avec l'évolution du sex-ratio (figure 9). De même, la lecture des otolithes d'une même série indique un décalage régulier entre mâles et femelles aboutissant pour une taille de 19,5 cm à la présence d'un (pour une même série) anneau supplémentaire chez les mâles. La prise en compte de cette différence est donc indispensable pour l'interprétation de la croissance.

La croissance de *Sardinella maderensis* a donné lieu à de nombreuses tentatives d'interprétation, mais sans résultat concluant. L'analyse des structures osseuses ou calcifiées s'est avérée décevante. On n'observe pas d'anneaux interprétables sur les écailles. Les otolithes, quant à eux, présentent des anneaux nombreux, multiples, à périodicité non évidente. L'étude des tailles mesurées au débarquement n'a pas non plus montré d'évidence en matière de croissance, malgré un échantillonnage très important à certaines époques (1966-1967 et 1970-1972). C'est donc la prise en compte d'éléments divers sur la même espèce qui peut permettre de proposer un schéma de croissance. Dans la région s'étendant de la Mauritanie à l'Angola, cette espèce présente une certaine homogénéité, tout au moins en ce qui concerne la

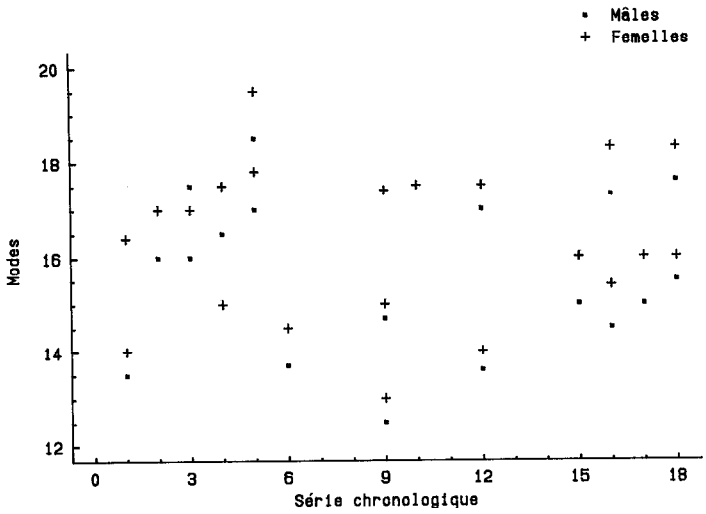


Figure 9
Sardinella aurita.
Évolution des modes mâles et femelles observés de juin à septembre 1966.

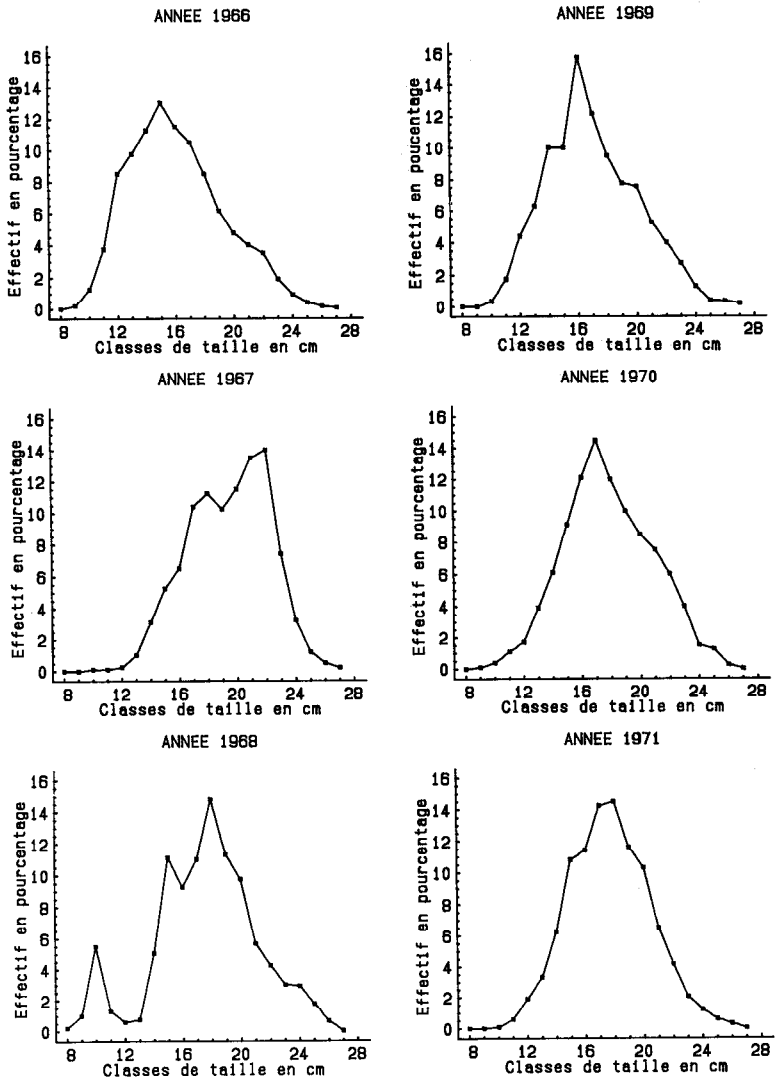


Figure 10
Distributions annuelles des tailles de *Sardinella maderensis* d'après un échantillonnage effectué au débarquement de 1966 à 1971. Tailles (LF) en centimètre, effectifs en pourcentage du nombre total.

taille maximale atteinte (de l'ordre de 30 cm de « longueur à la fourche ») et la taille de première reproduction (de 18 à 20 cm), contrairement à l'espèce précédente. Toutes les observations indiquent une croissance très rapide chez les juvéniles : 2,5 à 3 cm par mois jusqu'à 12 cm en Sierra Leone (CORTEN, 1971), mêmes valeurs au Sénégal jusque vers 10 cm (BOELY, 1981), un peu moins au Congo avec 12 cm en 8 mois (GHÉNO et LE GUEN, 1968). Il n'y a pas eu en Côte-d'Ivoire de suivi de la croissance des jeunes. Chez les adultes, en l'absence de progression modale nette, on a examiné l'allure des histogrammes annuels de taille au débarquement pendant la période 1966-1971 (figure 10). Si l'on porte les pourcentages annuels des classes de 1 cm sur un graphique et que l'on trace le diagramme de la droite de Henry (anamorphe de la courbe de probabilité totale de la loi de Gauss), on pourra mettre en évidence d'éventuelles discontinuités pouvant correspondre à des classes annuelles d'importance différente. Jusqu'à la taille au plein recrutement, qui se situe aux alentours de 16 cm, la distribution est évidemment faussée. Le tableau III indique par année les intervalles de taille identifiés.

TABLEAU III

Sardinella maderensis

Classes de taille déterminées à partir des discontinuités de la distribution annuelle des tailles (en cm)

Années / Classes	1966	1967	1968	1969	1970	1971
1	16-20	16-20	15-19	16-20	16-20	16-21
2	21-25	21-25	20-23	21-24	21-24	21-26
3		25-27	24-26	25-26	24-26	

Cette méthode ne permet pas de distinguer des classes aux effectifs voisins et peut seulement donner une idée du nombre de classes importantes présentes dans la pêcherie et de leur étendue approximative. Si on compare ces résultats avec la relation âge-longueur calculée par CAMARENA-LUHRS (1986) au Sénégal à partir des lectures d'écaille, on en déduit que la classe « 1 » correspond à des poissons âgés de 1 à 2 ans, la classe « 2 » de 2 à 3 ans et la classe « 3 » de 3 à 4 ans, avec cependant une incertitude assez grande selon les années. Toutefois, la concordance paraît suffisamment bonne pour considérer comme hypothèse probable la relation établie au Sénégal.

Il n'y a pas d'observations suivies sur les autres espèces pélagiques. Des relations ont été proposées pour certaines espèces dans d'autres zones géographiques de la côte ouest-africaine, mais il existe des différences très importantes (voir ci-dessous) entre les tailles maximales et à la reproduction qui ne permettent en aucune façon d'utiliser ces relations, notamment pour *Scomber japonicus* et *Trachurus trecae*. L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) lui-même paraît de taille moindre qu'en Mauritanie ; il atteint à peine 12 cm au maximum et sa longévité n'excéderait pas un an (BA, 1988).

SPÉCIFICITÉ DES POPULATIONS LOCALES

La plupart des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire et du Ghana présentent, si l'on se réfère à d'autres régions de leur aire de répartition, des phénomènes de réduction de taille que l'on peut qualifier de nanisme : en effet, à la fois la longueur maximale et la taille à la reproduction sont concernées par cette réduction. Ceci a été bien établi pour les espèces *Sardinella aurita*, *Trachurus trecae*, *Scomber japonicus* (tableau IV)

D'autres espèces présentent ce phénomène, notamment *Decapterus rhonchus*, mais n'ont pas fait l'objet d'observations aussi précises. On constate également un nanisme important chez *Ethmalosa fimbriata* vivant en milieu confiné tel que les lagunes côtières (CHARLES DOMINIQUE, 1982). Ces formes « naines » ne sont pas réellement spécifiques de la zone Côte-d'Ivoire-Ghana puisqu'elles se rencontrent plus ou moins continûment dans tout le golfe de Guinée. En fait, d'après MARCHAL (1991a) ce nanisme serait lié au caractère sédentaire de ces populations par rapport à celles situées au nord et au sud qui

TABLEAU IV
Taille maximale (Tmax) et taille de première maturation (TPM) de trois espèces pélagiques présentant des caractéristiques de nanisme par rapport à d'autres régions

Régions / Espèces	Côte-d'Ivoire Ghana		Sénégal Mauritanie	
	Tmax	TPM	Tmax	TPM
Sardinella aurita	25	14	32	19
Trachurus trecae	21		35	24
Scomber japonicus	30	21	53	26

effectuent de grandes migrations saisonnières. On remarque cependant que certaines espèces ne sont pas concernées par ce phénomène de nanisme, notamment l'autre espèce de sardinelle, *Sardinella maderensis*. On a relevé des caractères autres que la taille qui individualisent ces populations « guinéennes » de celles que l'on peut qualifier d'atlantiques. Le nombre de branchiospines qui augmente avec la taille est nettement inférieur chez les populations guinéennes des deux espèces de sardinelles « majeures », *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* : chez cette dernière, ce nombre ne croît pratiquement plus à partir de la maturité sexuelle (MARCHAL, 1965a ; BOELY, 1981). L'indice céphalique, rapport entre la longueur de la tête et celle du corps, est également plus faible chez les populations guinéennes de sardinelles ; MARCHAL (1991b) associe d'ailleurs ces deux caractères et leur donne une signification physiologique en relation avec l'amplitude des migrations (tableau V).

TABLEAU V
Indice céphalique de lots de *Sardinella aurita* provenant de trois régions différentes de la côte ouest-africaine
L'indice céphalique s'exprime par 100 lt/ls avec lt : longueur de la tête, ls : longueur standard

Classes de taille de longueur standard (ls)	20	21	22
Sénégal	26,4	26,6	26,4
Congo	26,9	26,6	26,1
Côte-d'Ivoire	24,5	24,1	23,7

Une identification plus précise des populations « locales » de sardinelles a été tentée à partir de plusieurs méthodes. La sérologie (BARON, 1969, 1971) n'a pas donné de résultats probants. La moyenne vertébrale est considérée comme un bon indicateur des saisons de ponte (GHÉNO et POINSARD, 1968) et devrait permettre d'identifier des populations se reproduisant dans des conditions hydrologiques contrastées, ce qui est le cas de la plupart des espèces pélagiques comme cela a été montré ci-dessus. Les observations effectuées jusqu'à présent n'ont cependant pas été concluantes (HARTSUIJKER, 1972). Au paragraphe « Populations, déplacements, migrations », nous exposerons cependant certaines hypothèses sur la caractérisation des populations, basées sur un ensemble de présomptions.

Comportement grégaire

MÉTHODES D'APPROCHE

Les poissons pélagiques côtiers ont par nature un comportement grégaire. Ce comportement est toutefois dépendant de l'espèce, de l'état physiologique, de l'environnement, de l'éclairement, du stress provoqué par les prédateurs (autres poissons, pêcheurs), etc. On peut l'étudier soit par des observations directes (caméra, plongeurs, sondeurs à ultrasons), soit indirectement par les résultats des opérations de

pêche commerciale. En Côte-d'Ivoire, la pêche est uniquement exercée par les ***senneurs***, c'est-à-dire des navires équipés d'un filet tournant, ou senne, destiné à capturer les bancs de poissons. L'absence de formation en bancs entraîne l'absence de pêche, et la prise obtenue lors d'une opération de senne, ou calée, peut être considérée comme représentative du poids d'un banc. Par ailleurs, le temps de recherche peut être assimilé à une distance (à vitesse constante ou corrigée), et l'intervalle de temps moyen entre deux calées à la distance moyenne entre les bancs. Connaissant la prise dans un secteur donné, le nombre de calées et le temps de recherche correspondants, on aura une mesure de la taille moyenne des bancs et de leur dispersion. Ces indices, exprimés éventuellement par strate spatio-temporelle, pourront être mis en relation avec divers paramètres influençant le comportement grégaire de ces poissons. Une telle étude a été entreprise de 1966 à 1972 mais n'a été que partiellement publiée (MARCHAL, 1967b ; MARCHAL, *in* FAO, 1974).

TAILLE ET DISPERSION DES BANCS

Une première analyse portant sur l'année 1966 et traitant globalement de l'ensemble des espèces capturées a montré qu'il existe une assez bonne corrélation entre la « prise par calée » et la « prise par temps de recherche » (figure 11) ; cela laisse supposer que les variations d'abondance (réelle ou apparente) correspondraient plus à des variations de la taille des bancs que de leur dispersion. Au cours de l'année, la taille moyenne des bancs (calculée par quinzaine) a varié dans un rapport de 5 environ alors que la dispersion n'a fluctué que dans un rapport de 2,3. Comme l'espèce *Sardinella maderensis* représente environ 50 % des débarquements, son influence sur les résultats est prépondérante (MARCHAL, 1967b).

L'analyse de cette espèce a été reprise plus en détail en considérant une série de quatre années (1966-1969). L'évolution de la prise moyenne par calée (taille des bancs) au cours de l'année (figure 12) montre une saisonnalité assez marquée avec deux périodes de gros bancs (avril et août-septembre) et un mois où ils sont très petits (juillet). Les valeurs, d'abord calculées par quinzaine, ont été ensuite moyennées par semestre : on dispose ainsi de 12 couples de prise par calée/prise par 24 h de recherche (figure 13). Cette présentation permet de disposer à la fois de la taille moyenne des bancs, de l'abondance correspondante exprimée en prise par unité de temps et de la dispersion des bancs, rapport des abscisses aux ordonnées : ainsi l'écart angulaire entre un point et la droite moyenne passant par l'origine indique-t-il l'éloignement de la dispersion moyenne des bancs. Ce graphique permet de constater que :

— la taille des bancs et leur dispersion au ***second semestre*** ont été remarquablement stables en 1966, 1967, et 1968 ; en revanche, la valeur de 1969 indique des bancs beaucoup plus petits et un peu plus dispersés ; elle peut s'expliquer par une baisse réelle de l'abondance consécutive à une exploitation trop intensive (MARCHAL, 1971) ;

— la taille des bancs et leur dispersion paraissent beaucoup plus variables au ***premier semestre*** ; en fait les valeurs de 1966, 1968, 1969 indiquent des bancs de taille semblable, mais une dispersion variable alors que la valeur de 1967 correspond à de très gros bancs dispersés : on a ainsi une même « abondance » en 1967 et 1968 avec des couples taille de bancs-dispersion très différents ; la taille exceptionnelle des bancs — très gros au premier semestre 1967, très petits au second semestre 1969 — a fortement influencé les moyennes mensuelles des quatre années portées sur la figure 12 en diminuant le contraste entre les deux semestres. Cependant, même ainsi, on relève des différences sensibles dans la taille et dans la dispersion (tableau VI).

TABLEAU VI

Sardinella maderensis. Taille et dispersion moyennes des bancs au premier et au second semestre d'après la pêche des senneurs ivoiriens (1966-1969)

Période	Taille	Dispersion
1er semestre	1,2 tonnes	2,0 bancs/24 h
2e semestre	1,9 tonnes	1,5 bancs/24 h

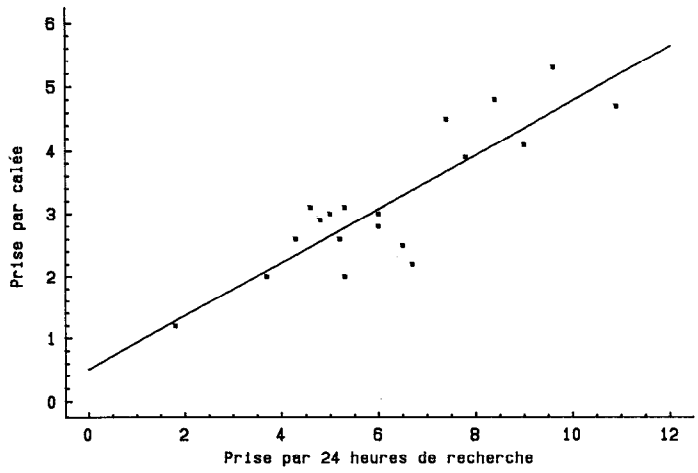


Figure 11
Relation des « prises par calée » et « prises par 24 h de recherche » (en tonne) établie par quinzaine (année 1966).

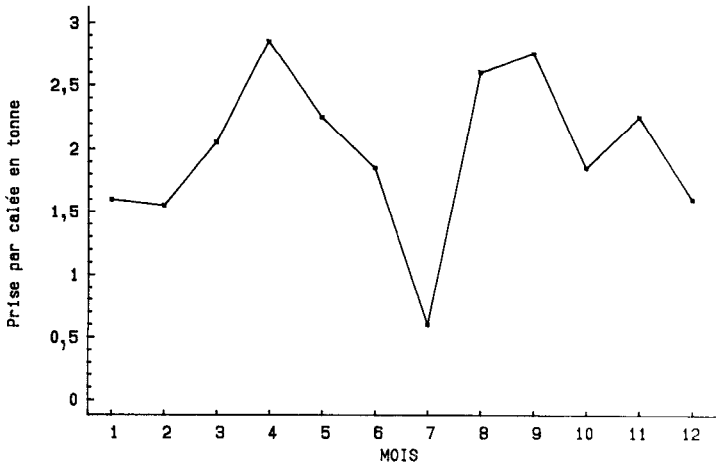


Figure 12
Évolution annuelle de la prise moyenne par calée pour l'espèce *Sardinella maderensis* pendant la période 1966-1969.

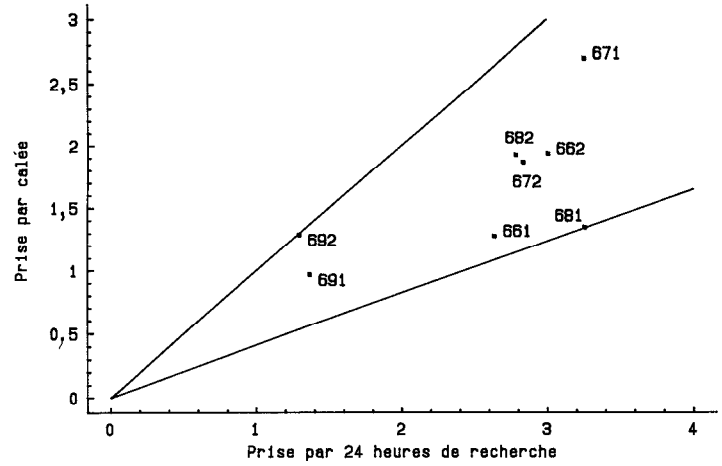


Figure 13
Sardinella maderensis.
Prise par calée et prise par 24 h de recherche, moyennes par semestre (1966-1969). Les prises sont en tonnes. Les droites issues de l'origine indiquent des dispersions égales (nombre de bancs par temps de recherche, donc par unité de distance ou de surface).

Ces valeurs ne sont qu'indicatives, car elles ont été calculées comme si *Sardinella maderensis* était le seul poisson recherché et pêché : cette approximation, justifiée par l'importante prédominance de cette espèce au cours de ces années, entraîne une sous-estimation de la taille des bancs et une surestimation de leur densité (nombre par temps de recherche). Des observations effectuées directement par un observateur embarqué sur divers senneurs ivoiriens de 1967 à 1969 montrent que le poids moyen des bancs de *Sardinella maderensis* pêchés de jour était de 2,35 tonnes et de nuit de 4,95 tonnes, soit une moyenne globale pondérée de 3,2 tonnes environ. Le plus gros banc pêché pesait environ 17 tonnes.

L'abondance générale plus faible de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire pendant cette même période ne permet pas d'utiliser la même méthode globale pour déterminer avec quelque précision la taille et la dispersion des bancs. En revanche, cette espèce était la cible quasi exclusive des senneurs ivoiriens pêchant au Ghana pendant les saisons d'upwelling (de juin à octobre). Sur la figure 14 ont été portées les moyennes par saison des prises par calée et par 24 heures de recherche obtenues dans le secteur de pêche le plus fréquenté et le plus riche (Takoradi et accessoirement Axim). On remarque que la dispersion des bancs (nombre de bancs par unité de surface) a assez peu varié au cours des sept années d'observation et avoisine les 2 bancs par 24 heures. L'amplitude de variation de taille des bancs est plus grande, elle est passée aux extrêmes de 8 tonnes en 1967 à 4 tonnes en 1968. On peut souligner le fait que l'abondance (apparente ou réelle) exprimée par la prise par temps de recherche a peu varié autour d'une moyenne de 10 tonnes par 24 heures, à l'exception de l'année 1967 où les bancs étaient gros et plus concentrés que la moyenne. L'année 1972 correspond à la dernière année de pêche avant l'effondrement du stock ; or, la taille des bancs y est la plus grande, à l'exception de 1967, et la dispersion normale.

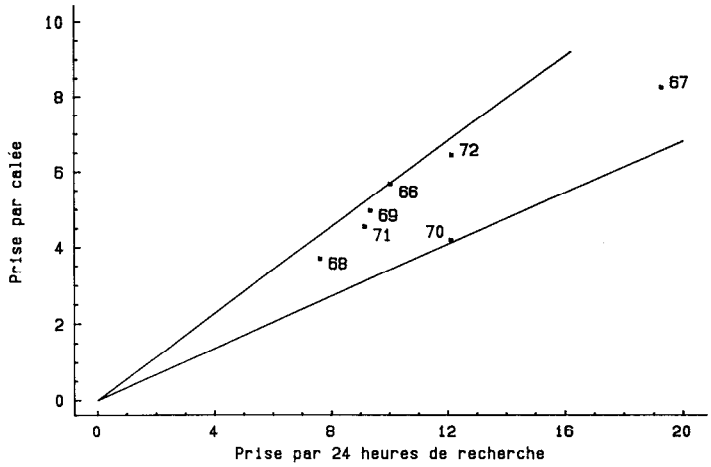


Figure 14
Sardinella aurita.
Prise par calée et prise par 24 h (en tonne) de recherche dans le meilleur secteur de pêche du Ghana, moyenne par saison annuelle de pêche, débarquement des senneurs ivoiriens

L'évolution de la taille et de la dispersion des bancs de *Sardinella aurita* au cours de la saison de pêche est intéressante à considérer. Les graphiques annuels (1966-1972) de la figure 15 permettent de suivre cette évolution par quinzaine. On constate que la ***taille des bancs*** diminue très fortement au cours de la saison. Toutefois, on note sur plusieurs années des séries successives où les gros bancs réapparaissent plusieurs fois, suivis de leur diminution. Cette « réapparition » peut se produire après une quasi-disparition du poisson (« coupure » de la pêche) ou, dans certains cas dans un secteur géographique adjacent. Un bon exemple en est fourni par l'année 1967 : la pêche a débuté la deuxième quinzaine de juin dans le secteur de Takoradi avec de très gros bancs ; pendant trois quinzaines, l'abondance est restée assez constante avec une oscillation dans la taille des bancs compensée par une oscillation inverse de la dispersion. La quatrième quinzaine (première d'août) a été nulle du point de vue de la pêche. Celle-ci a repris la cinquième quinzaine dans le secteur adjacent d'Axim avec des bancs nettement plus petits mais stables pendant deux quinzaines, puis diminuant de taille la quinzaine suivante tout en conservant la même dispersion. La huitième quinzaine a vu la réapparition de gros bancs dans le même secteur d'Axim, suivie d'une forte diminution la neuvième et dernière quinzaine avec une dispersion plus grande. Les caractéristiques moyennes des bancs et de l'environnement par saison ont été portées dans le tableau VII.

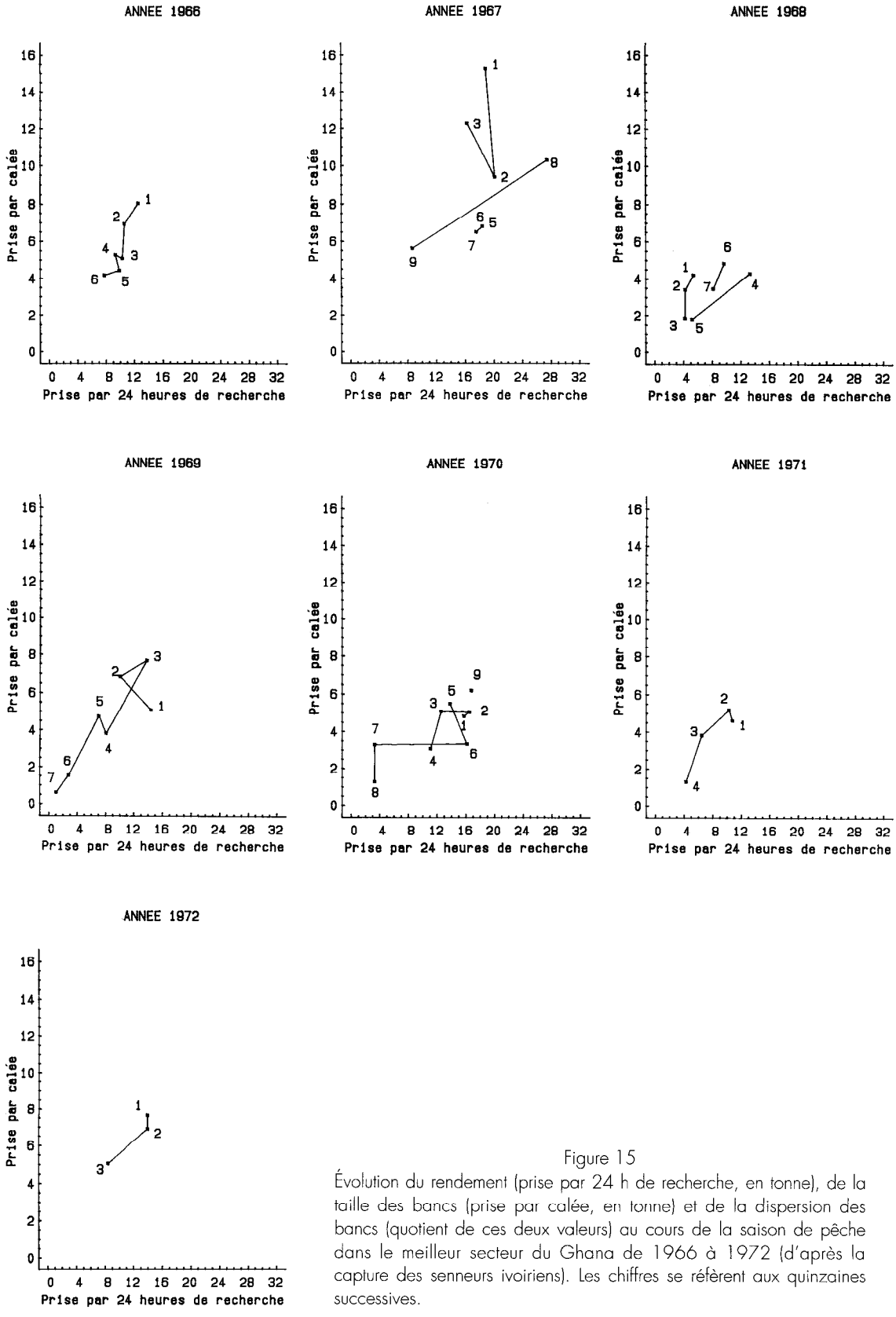


Figure 15

Évolution du rendement (prise par 24 h de recherche, en tonne), de la taille des bancs (prise par calée, en tonne) et de la dispersion des bancs (quotient de ces deux valeurs) au cours de la saison de pêche dans le meilleur secteur du Ghana de 1966 à 1972 (d'après la capture des senneurs ivoiriens). Les chiffres se réfèrent aux quinzaines successives.

TABLEAU VII

Sardinella aurita. Poids (en tonnes), dispersion des bancs (en nombre par 24 h de recherche) et abondance (prise en tonnes par 24 h de recherche) d'après la pêche des senneurs ivoiriens dans le meilleur secteur de pêche au Ghana (Takoradi et Axim) pendant la saison d'upwelling

Années	66	67	68	69	70	71	72
Poids	5,7	8,8	3,7	4,3	4,2	3,7	6,5
Dispersion	1,82	2,25	2,13	1,87	2,91	1,84	2,30
Abondance	10,0	17,9	7,6	8,2	12,1	7,9	12,1
IndiceC upwelling	20,7	41,0	6,0	25,0	19,6	27,2	25,9
$\Delta t = (26\,^{0}C - t)$	2,3	4,1	1,0	2,5	2,8	3,4	3,7

Indice d'upwelling (prenant en compte température et durée) et écart de température à 26 °C d'après les mesures effectuées au Ghana. Ces dernières données sont extraites du rapport du groupe de travail sardinelles (FRU/CRO/ORSTOM, 1976).

Du tableau VII et des figures 14 et 15 on peut déduire que :

— la taille des bancs, particulièrement en début de saison, paraît dépendre des conditions de l'environnement : aux eaux froides et productives correspondent les plus grands bancs (1967-1972), à l'inverse aux saisons peu marquées les plus petits bancs (1968) ;

— la dispersion varie moins que la taille des bancs, ce qui explique la bonne corrélation générale entre l'abondance (prise par temps de recherche) et la taille des bancs (prise par calée) ; il n'apparaît pas de relation évidente entre la dispersion et l'environnement : la plus faible dispersion (plus grande concentration) a été observée en 1970 avec des conditions moyennes d'upwelling ;

— la tendance à la forte réduction de la taille des bancs au cours de la saison de pêche, ou plus strictement de périodes de pêche, peut s'interpréter comme un effet direct de la pêche sur le nombre de gros bancs choisis en premier, et également un effet indirect par « apprentissage » des poissons dont la proportion s'échappant de la senne irait en croissant ; on peut aussi imaginer que les bancs se recomposent, et que leur taille se restreint avec la diminution de l'abondance (meilleure stratégie de prédation) ; à cela peut s'ajouter le fait que la reproduction, maximale en début de saison, favorise la constitution de grands bancs à l'inverse de la prédation ;

— les « reconstitutions » de grands bancs au cours d'une même saison sont très problablement le fait de nouveaux arrivants (recrues) dans la pêcherie ; aux raisons précédemment évoquées s'ajoute l'absence d'évolution nette de la taille des poissons, avec même réduction fréquente de la taille modale (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Sardinella aurita. Tailles modales par quinzaine numérotée à partir du début de la saison de pêche au Ghana. L'échantillonnage a été effectué sur les débarquements des senneurs ivoiriens

Quinzaine / Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1966	15	13,5 16,5	17	14	14				
1967	17	15,5 17	15,5 18,5	16 17,5	15,5 17	15			
1970	17,5	17	17,5	16	17,5	18	18	18	18,5
1971	19,5	19	17						
1972	16 18,5	16,5 19							

INFLUENCE DU CYCLE LUNAIRE

Une analyse des prises par calée comme des prises par temps de recherche du poisson, toutes espèces confondues, portant sur l'année 1966 et basée sur un découpage par quinzaine lunaire (MARCHAL, 1967b) montre qu'elles sont nettement plus importantes en nouvelle lune qu'en pleine lune. Toutefois, cette différence n'est réellement significative que pendant le deuxième semestre (à partir du mois d'août). Afin d'analyser de plus près ce comportement, l'étude a été ensuite étendue à quatre années (1966 à 1969) en considérant séparément les espèces principales : *Sardinella maderensis, Sardinella aurita, Brachydeuterus auritus, Scomber japonicus*. De ces quatre espèces, seule la première paraît influencée par le cycle lunaire. La répartition des prises de *Sardinella maderensis* par temps de recherche, considérée en période de pleine et de nouvelle lunes par semestre, confirme le schéma établi globalement pour 1966, sur l'influence du cycle saisonnier : les rendements sont près de deux fois plus élevés en période de nouvelle lune par rapport à la pleine lune au second semestre, alors qu'ils sont sensiblement équivalents au premier semestre (tableau IX).

La figure 16 indique la distribution des valeurs de rendement regroupées par classe d'une tonne. On note la similitude des distributions au premier semestre et leur différence au second avec toutefois une distribution bimodale en nouvelle lune dont le premier mode correspond à celui de pleine lune. Bien que ces rendements aient été calculés en regroupant les prises de jour et de nuit, il est bien évident que l'influence de la lune ne se fait sentir que de nuit. Cette différence peut traduire soit un mode de groupement différent des poissons, soit une plus grande efficacité de l'engin de pêche à certaines périodes (les deux pouvant éventuellement se combiner).

L'analyse de 1966 a montré que les bancs pêchés de nuit sont en règle générale nettement plus gros que ceux de jour (d'après la prise par calée). Toutes ces observations plaident donc pour une influence de la lumière sur la taille et éventuellement la capturabilité des bancs.

La transparence de la mer (disparition du disque de Secchi) mesurée à une station proche d'Abidjan est maximale de décembre à mai. La nébulosité, autre paramètre important jouant sur l'éclairement, est à l'inverse minimale pendant la même période : en fait on constate que les deux paramètres varient de façon opposée. Mais, en terme d'éclairement, c'est l'inverse de la nébulosité qui est à prendre en compte, et donc les deux paramètres varient de façon synchrone et s'ajoutent (figure 17). Si l'on porte sur un graphique (figure 18) le rapport des prises de nouvelle lune aux prises de pleine lune en fonction de la transparence (regroupées par semestre), on constate que celle-ci paraît jouer un rôle primordial : plus les eaux sont claires, moins la différence est marquée. Ainsi, on en arrive à la conclusion que c'est la limitation de l'éclairement qui est le facteur déterminant, limitation qui ne joue en fait que pendant les périodes de nouvelle lune. On peut imaginer que pour maintenir une structure en bancs, les poissons sont obligés de se rapprocher de la surface et les uns des autres, et ce d'autant plus que l'éclairement est faible : transparence faible, forte nébulosité, conditions qui se rencontrent particulièrement marquées au second semestre. À cela s'ajoute peut-être la plus grande visibilité de la bioluminescence du zooplancton causée par les mouvements du poisson qui à la fois favoriserait la cohésion du banc et son repérage à vue par le pêcheur (méthode bien connue des pêcheurs basques dite « a l'ardor »).

TABLEAU IX

Sardinella maderensis. Rendements moyens pondérés en période de pleine et nouvelle lune au cours des premier et second semestres (de 1966 à 1969). La pondération est destinée à annuler les autres sources de variation

Cycle annuel / Cycle lunaire	1er semestre	2e semestre
Pleine lune	3 744 (24)	2 685 (22)

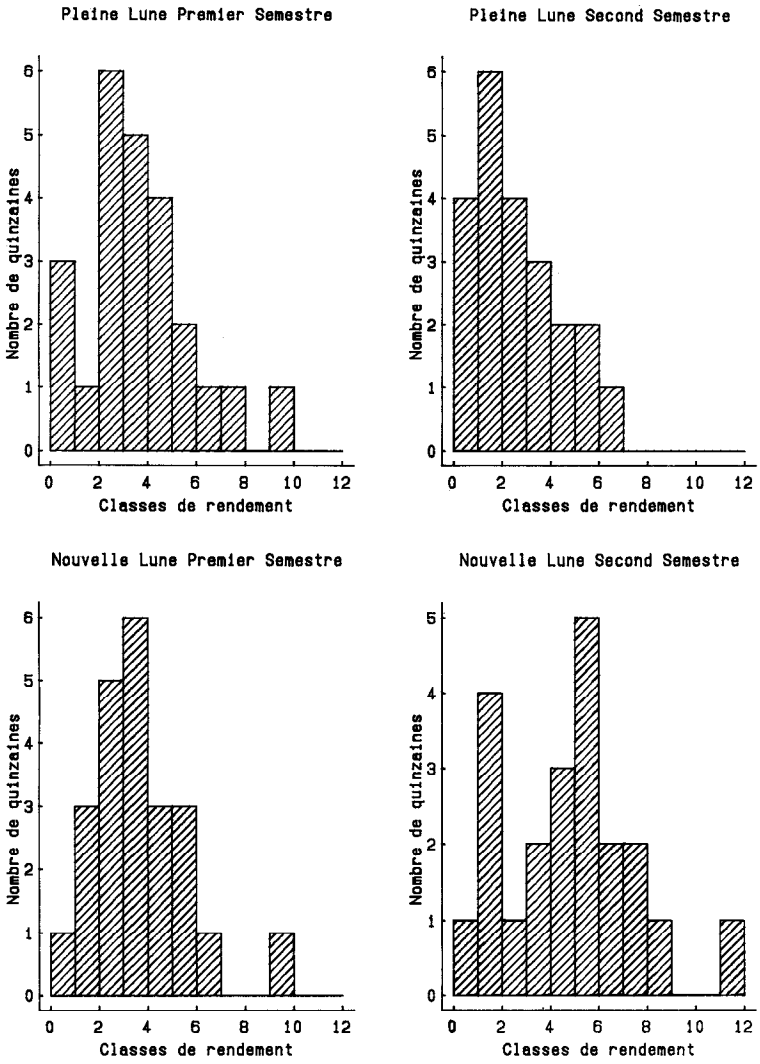


Figure 16
Sardinella maderensis.
Rendements (prise en tonnes par 24 h de recherche) et cycle lunaire au cours des premier et second semestres. Les rendements moyens par quinzaine lunaire sont regroupés par classe de 1 tonne (abscisse). Le nombre de quinzaines où chaque classe est représentée est indiqué en ordonnée.

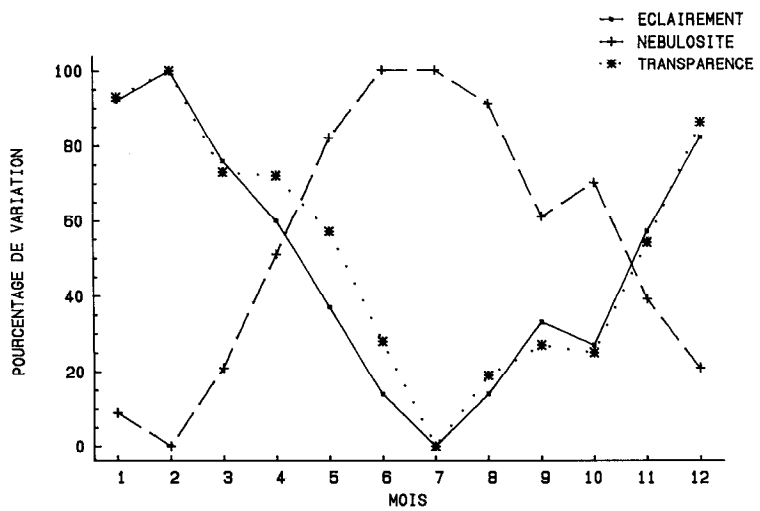


Figure 17
Variation annuelle de la nébulosité atmosphérique, de la transparence de l'eau et d'un indice d'éclairement d'après des mesures effectués près d'Abidjan entre 1963 et 1969. La nébulosité est mesurée en octa et la transparence en profondeur de disparition du disque de Secchi. L'une et l'autre sont exprimées en pourcentage de la variation annuelle (0 % : valeur minimale, 100 % : valeur maximale). L'indice d'éclairement, exprimé également en pourcentage, représente la moyenne des pourcentages de la transparence et de l'inverse de la nébulosité. Les minima et maxima coïncidant, l'étendue de la variation de cet indice est également de 100.

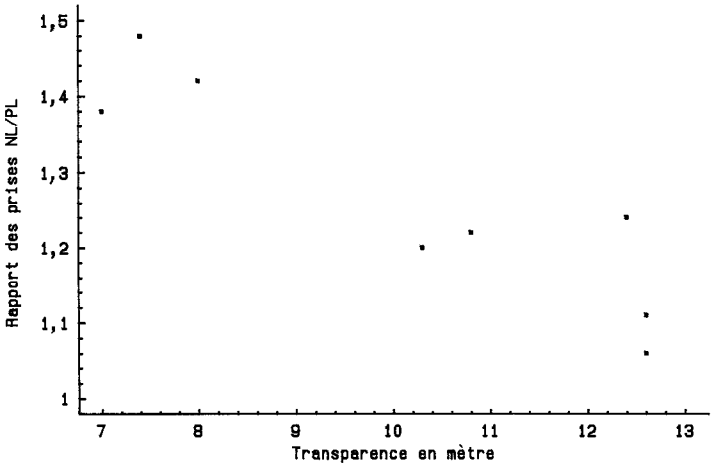


Figure 18
Sardinella maderensis.
Rapport des prises de nouvelle lune aux prises de pleine lune en fonction de la transparence de l'eau.
Moyenne par semestre (1966-1969).
Les prises se réfèrent aux deux secteurs de pêche adjacents à la station où était mesurée la transparence (proche d'Abidjan).

Il est assez étonnant que l'on ne retrouve pas chez *Sardinella aurita* une influence semblable du cycle lunaire. Il est possible que son seuil de perception lumineuse ne soit pas le même car elle peut vivre à des profondeurs nettement plus importantes ; en outre elle est moins côtière, et la turbidité décroît en s'éloignant de la côte. Mais il faut aussi prendre en compte le fait que cette étude a porté sur la pêche dans les eaux ivoiriennes où cette espèce représentait, à cette époque, à peine 10 % des prises alors que *Sardinella maderensis* atteignait environ 50 %.

Abondance, répartition, déplacements

Évaluations par détection acoustique

Répartition saisonnière et géographique des bancs

On dispose d'une série de neuf campagnes de détection acoustique au sondeur réalisée en 1970 du cap des Trois-Pointes au cap des Palmes. Villegas (1972a) en a analysé les résultats et mis en évidence les points essentiels suivants :

— la plus grande abondance en bancs a été rencontrée pendant la grande saison froide, ces bancs se trouvant alors près de la surface dans la zone côtière et concentrés dans des zones d'extension limitée, à l'est et au centre ; il s'agit essentiellement de *Sardinella aurita* et du maquereau ; en fin de saison on note la présence de très nombreux petits bancs d'anchois ; en petite saison froide (début d'année), on rencontre des bancs proches de la surface mais sous la thermocline, et également des bancs proches du fond dans les parties profondes du plateau continental à proximité des caps ;

— la situation de grande saison chaude (de février à juin) est assez semblable à celle de petite saison froide, mais les bancs sont plus profonds car la thermocline est elle-même plus profonde ; la plupart de ces bancs sont au-delà des fonds de 50 m ; des bancs profonds se rencontrent toujours au voisinage des caps ; en fin de saison (mai-juin), les bancs se rapprochent de la côte mais ont tendance à se disperser ;

— en petite saison chaude (fin d'année), l'abondance des bancs décroît ; ceux-ci ne sont plus guère rencontrés qu'à proximité de Vridi (Abidjan) et entre Vridi et Grand-Bassam.

Évolution de l'abondance globale de 1974 à 1987

De 1974 à 1987, cinq des huit campagnes d'évaluation de l'abondance et de la répartition des concentrations par écho-intégration réalisées dans la région ont couvert l'ensemble du plateau continental de Côte-d'Ivoire et du Ghana (tableau X). Même en gardant une certaine prudence dans la comparaison de résultats qui, s'ils correspondent à la même méthodologie de base, ont cependant été

obtenus avec des équipements et des supports qui ont varié, on doit reconnaître certaines évidences :

— la densité moyenne évaluée sur le plateau du Ghana est restée assez stable, avec une moyenne générale de 54 tonnes au mille carré et un coefficient de variation de 15 % entre les campagnes ;

— la densité moyenne en Côte-d'Ivoire montre deux périodes : de 1974 à 1980, elle est stable et voisine de 17 tonnes au mille carré (coefficient de variation de 11 %), donc environ 3 fois plus faible que celle du Ghana ;

— à partir de 1981, la densité moyenne s'élève brusquement au niveau de celle observée au Ghana : 58 tonnes pour 56 tonnes au Ghana pendant la même période, avec un coefficient de variation plus élevé (23 et 20 % respectivement) ; ces évaluations ont été obtenues par trois navires différents mais aboutissent au même ordre de grandeur ;

— le baliste (*Balistes carolinensis*) représente une fraction importante de la biomasse détectée, même si sa capture est plus facile que celle des véritables pélagiques (sardinelles, maquereau notamment) ce qui fait surestimer cette biomasse ; malheureusement les premières campagnes n'ont pas donné lieu à des pêches d'identification suffisantes pour établir une estimation de leur abondance ; il est cependant peu vraisemblable que le baliste soit responsable de l'augmentation de densité en Côte-d'Ivoire après 1980 car son abondance était déjà élevée auparavant (CAVERIVIÈRE, 1990).

TABLEAU X

Récapitulatif des campagnes d'écho-intégration avec indication de la densité moyenne (en tonnes par mille carré) et du pourcentage estimé de *Balistes carolinensis* et *Sardinella aurita*

Année	Mois	Navire	Campagne	Densité moyenne		Espèces principales	
				C.-I.	Ghana	C.-I.	Ghana
1974	Janv.	CAP	7401	18,1	46,0		
1976	Déc.	FIOL	FAO		52,4		19 % *Balistes*
1977	Juin	CAP	ECHOPREG1	18,7	56,0		
1980	Août	CAP	ECHOBAL1	15,0		35 % *Balistes*	
1981	Juin	F.N.	NORAD	77,0	57,0	82 % *Balistes*	83 % *Balistes*
1981	Nov.	CAP	ECHOBAL2	48,3	66,0	25 % *Balistes*	59 % *Balistes*
1986	Août	CdS	I.E.O.	48,4	44,2	18 % *Balistes* et 38 % *S. aurita*	49 % *Balistes* et 10 % *S. aurita*
1987	Juin	CdS	I.E.O.	58,8		65 % *Balistes* et 18 % *S. aurita*	

Ces pourcentages sont très approximatifs, et biaisés par le comportement des espèces vis-à-vis du chalut.
Navires : CAP = *Capricorne* (ORSTOM). FIOL = *Fiolent* (URSS). F.N. = *Dr. Fridtjof Nansen* (Norvège).
CdS = *Cornide de Saavedra* (Espagne)
Superficie des plateaux continentaux (0-200 m) : Côte-d'Ivoire, 3 549 milles carrés ; Ghana, 6 538 milles carrés.

IMPORTANCE RELATIVE DES ESPÈCES

La proportion en poids des espèces dans les captures des senneurs industriels a évolué de 1966 à 1988. On peut distinguer trois périodes assez stables bien individualisées par des changements brutaux (tableau XI)

Les changements concernent en fait essentiellement deux espèces : *Sardinella aurita* et *Scomber japonicus*. La première a pratiquement disparu des débarquements après la prise record de 1972 (prise effectuée essentiellement au Ghana) ; à partir de 1981, ses captures augmentent très rapidement pour atteindre un niveau très largement supérieur à celui de la première période. Le maquereau, disparu également en 1973, n'a pratiquement pas reparu depuis, à part de faibles quantités pêchées dans les dernières années, signe d'une réapparition possible.

TABLEAU XI

Proportion en poids des espèces principales dans les captures des senneurs ivoiriens devant la Côte-d'Ivoire

Espèces \ Période	1966-1972	1973-1980	1981-1988
S. aurita	11	6	51
S. maderensis	43	70	31
Brachydeuterus	19	12	7
Scomber	5	0	0
Divers	22	9	11
Total	100	100	100

Les fluctuations en proportion de *Sardinella maderensis* sont en fait beaucoup plus le reflet de celles des autres espèces : pendant la période 1973-1980, elle a « bénéficié » de la chute de toutes les autres espèces et, au cours de la dernière période, c'est surtout le développement de *Sardinella aurita* qui a fait baisser son importance relative. En réalité, c'est l'espèce dont les prises ont été les plus constantes, sans tendance marquée.

L'accroissement de l'importance de *Sardinella aurita* est encore plus spectaculaire si l'on prend en compte les prises de la pêcherie artisanale dont le développement et l'extension géographique semblent liés à ce phénomène.

VARIATION SPATIALE ET TEMPORELLE DE LA RÉPARTITION

D'après la pêche de surface

La répartition des deux espèces principales de sardinelles n'est pas uniforme le long de la côte ivoirienne. De plus, elle varie au cours de l'année. Enfin, si l'on considère la première et la troisième période définies au paragraphe précédent, on constate de profondes modifications dans cette répartition. Pour mettre en évidence cette variation dans la répartition, on a utilisé le découpage par secteur de pêche, numérotés de 4 à 8 et correspondant aux degrés de longitude ouest (le secteur 4 est compris entre 3° et 4° ouest par convention). Ils sont aussi nommés par les ports ou lieux-dits plus ou moins centraux de ces secteurs, soit de l'est à l'ouest :

— secteur 4 : Grand-Bassam (Assinie) ;
— secteur 5 : Jacqueville (ouest Vridi) ;
— secteur 6 : Fresco (ouest Grand-Lahou) ;
— secteur 7 : San Pedro (Sassandra) ;
— secteur 8 : Tabou (cap des Palmes).

On a porté entre parenthèses d'autres repères géographiques importants.

Pour chacune des deux espèces de sardinelles, on a calculé la moyenne mensuelle des prises pour la période 1970-1971 (première période) et 1983-1987 (troisième période). Leur évolution est portée sur des graphiques, en négligeant toutefois le secteur 8 dans lequel les prises ont été en moyenne très faibles pendant ces deux périodes.

Chez *Sardinella aurita* (figure 19) il apparaît clairement une différence entre les secteurs orientaux (4 et 5) et occidentaux (6 et 7). Dans les premiers, les prises sont maximales de juillet à septembre, c'est-à-dire pendant la grande saison froide (saison de l'upwelling majeur). Ce schéma saisonnier est sensiblement le même dans les deux périodes, à un facteur d'extrapolation près : les prises ont été en moyenne 6,5 fois plus importantes dans la seconde pour ces secteurs. À l'ouest, le schéma est totalement différent avec des prises très faibles en saison des pluies (mai-juin) et en grande saison froide et, au contraire, très importantes en saison chaude (d'octobre à mai) ; au cours de cette saison on observe des fluctuations

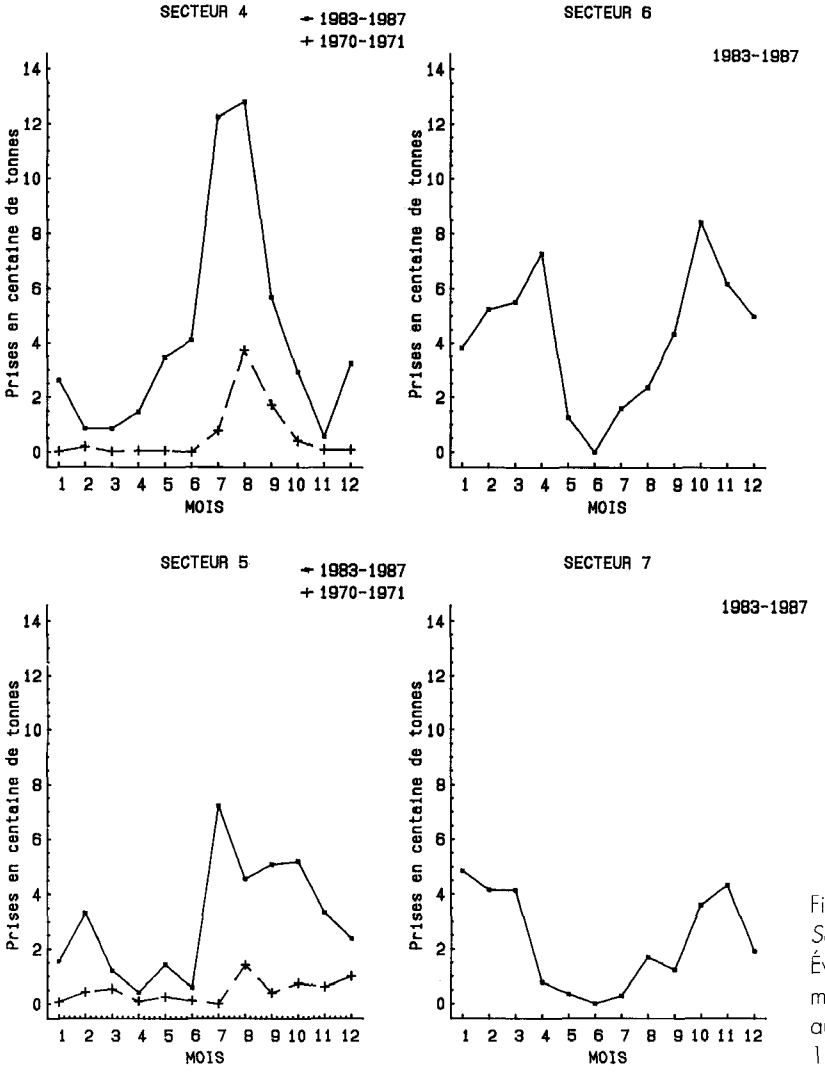


Figure 19
Sardinella aurita.
Évolution annuelle des prises mensuelles par secteur de pêche au cours de deux périodes : 1970-1971 et 1983-1987.

avec deux maxima situés en début et en fin de saison. Le secteur 6 (Fresco) est le plus productif. Ce schéma ne s'applique qu'aux années récentes car, dans la première période, la pêche de *Sardinella aurita* dans les secteurs occidentaux était très faible. On remarque que le profil saisonnier de pêche du secteur 5, à la charnière de deux zones, reflète à la fois ceux des secteurs 4 et 6.

Les prises de *Sardinella maderensis* (figure 20) indiquent une évolution quelque peu différente. En effet, pour cette espèce c'est le secteur le plus oriental (secteur 4) qui paraît avoir le plus changé entre les deux périodes : dans la première période on observe trois maxima correspondant aux débuts de saison chaude, petite saison froide et grande saison froide, ce dernier se présentant sous forme de « pic » car généralement restreint à un mois. Dans la période actuelle, il n'apparaît plus qu'une seule grande saison d'abondance de mai à septembre. Les secteurs occidentaux (6 et 7), pour leur part, montrent un schéma actuel opposé, des maxima de début et de fin de saison chaude et une quasi-absence de captures en grande saison froide. Ce schéma n'est pas différent de celui observé en 1970-1971. Quant au secteur 5, il paraît aussi à la charnière des deux systèmes, que ce soit dans la première ou dans la dernière période.

Ainsi, il y a manifestement deux « systèmes » sur le littoral ivoirien, un à l'est, l'autre à l'ouest. Dans la période récente, c'est-à-dire depuis 1980, l'un et l'autre paraissent productifs et propices au développement simultané des deux espèces de sardinelles, mais à des périodes inversées : grande saison froide pour le système oriental, saison chaude pour le système occidental.

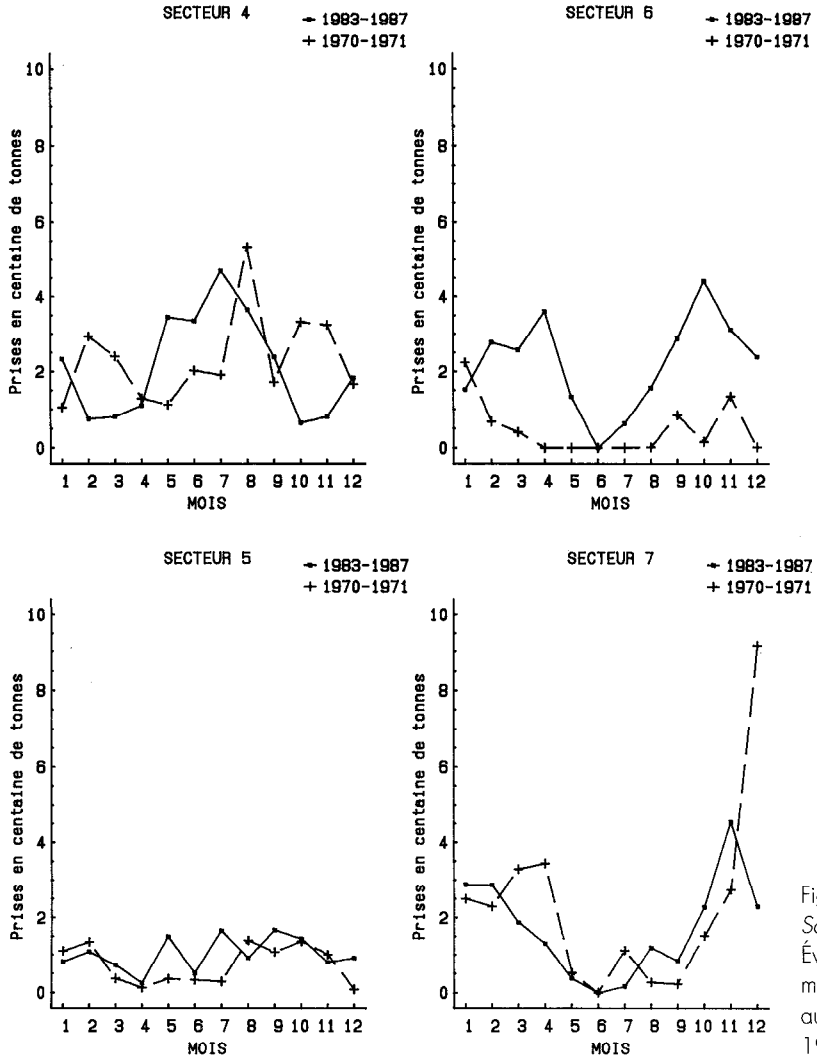


Figure 20
Sardinella maderensis.
Évolution annuelle des prises mensuelles par secteur de pêche au cours de deux périodes : 1970-1971 et 1983-1987.

L'évolution comparée des deux systèmes de la première à la troisième période montre des ressemblances et des différences: l'augmentation de productivité, reflétée par les captures, est générale même si elle paraît plus marquée à l'ouest. À l'est il semble que cette productivité se soit particulièrement accrue en grande saison froide et commence plus tôt dans la saison, alors qu'à l'ouest ce serait surtout le fait de la petite saison froide et de la saison chaude.

Brachydeuterus auritus est beaucoup plus uniformément réparti, avec des prises maximales en début et en fin d'année : mais, cette espèce moins cotée est également moins recherchée en période d'abondance d'espèces plus intéressantes. Le maquereau *Scomber japonicus* était exclusivement pêché dans les secteurs orientaux, essentiellement pendant la grande saison froide. Les espèces classées dans la catégorie « divers » et appartenant surtout à la famille des carangidés montrent, d'après leurs captures, une répartition très uniforme.

D'après les captures au chalut de fond

D'autres observations sur la répartition au voisinage du fond d'espèces pélagiques ont eu lieu au cours de campagnes de recherche : GTS (*Guinean Trawling Survey*) en 1963-1964, radiale Bassam (1967), campagnes du *Président Kennedy* (1971-1972), programme CHALCI (1978-1986), etc. Ces observa-

tions sont cohérentes et confirment la présence des espèces suivantes : *Sardinella aurita, Sardinella rouxi, Trachurus trecae, Scomber japonicus* et sporadiquement *Engraulis encrasicolus*.

Sardinella aurita a été pêchée à l'est sur les fonds de 50 à 75 m pendant GTS1 (octobre), mais à l'ouest aux mêmes profondeurs en mars et en juillet 1972. Il est intéressant de signaler qu'une très bonne capture de cette espèce avait été réalisée sur les fonds de 70 à 75 m au Liberia, proches du cap des Palmes, en fin octobre 1963 (GTS1), alors que les captures à l'est du cap des Palmes étaient nulles et faibles à l'est du cap des Trois-Pointes. Au cours des campagnes du programme CHALCI, de nombreux traits ont ramené des *Sardinella aurita* sur les fonds de 60 à 110 m, mais la plupart du temps en faible quantité. Des prises significatives n'ont commencé à apparaître qu'à partir des campagnes de l'année 1983 (mais il n'y a pas eu de campagnes en 1981 et 1982). Les maxima de capture se situent très largement à l'extrême ouest (secteurs 7 et 8) en saison chaude, à une profondeur moyenne de 75 m, mais le meilleur trait a été effectué à 110 m. En saison froide (juillet), les rendements sont nettement plus faibles. Il faut noter que le programme CHALCI ne couvrait que les eaux ivoiriennes et qu'il n'y a donc pas eu de prospection dans le secteur 3 (est de 3° ouest au cap des Trois-Pointes) d'où provenaient en fait les captures de GTS1.

Sardinella rouxi a été pêchée sur les fonds de 40 m à l'est de la Côte-d'Ivoire uniquement.

Trachurus trecae est l'espèce pélagique la plus abondante en moyenne et la plus constante dans les prises sur les fonds de 40 à 200 m. Au cours des campagnes GTS, le maximum d'abondance se situe à l'est de la Côte-d'Ivoire, principalement sur fonds de 100 à 200 m en octobre et un peu moins profondément et surtout en moindre quantité en mars. La différence saisonnière apparaît encore plus clairement dans les résultats du *Président Kennedy* avec des rendements 5 fois plus élevés en juillet qu'en mars, mais une distribution assez uniforme d'ouest en est. On note un rapport analogue (4,5) entre les campagnes de saison froide (juillet) et de saison chaude (mars) du programme CHALCI en 1985 et 1986. Des quantités significatives ont été pêchées de 50 à 80 m en saison chaude et de 50 à 100 m en saison froide avec un maximum d'abondance de 60 à 80 m. Du point de vue géographique c'est dans les secteurs 6-7 en saison chaude et 5-6 en saison froide que les meilleurs rendements ont été obtenus. On remarque par ailleurs la quasi-absence de *Trachurus* dans les campagnes de 1980 à 1984.

Scomber japonicus est absent des traits effectués dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire durant les campagnes GTS alors qu'il était rencontré en assez grande abondance de 50 à 200 m à l'est, et plus particulièrement en octobre (par rapport à mars) sur les fonds de 70 à 75 m. Pendant les campagnes du *Président Kennedy*, il est surtout capturé à l'est en juillet sur les fonds de 70 à 80 m. Au cours du programme CHALCI, les maquereaux ne sont apparus dans les captures qu'à partir de 1983, pratiquement comme *Sardinella aurita*. Cependant, seuls quelques traits ont rapporté des quantités significatives, aussi bien en saison froide qu'en saison chaude avec une prédominance à l'est (secteur 4, fonds de 60 à 80 m) et secondairement à l'ouest (secteur 7, fonds de 100 m).

Engraulis encrasicolus est capturé par le *Président Kennedy* sur les fonds de 70 à 90 m en quantité parfois importantes, notamment en septembre 1971 dans la région du cap des Trois-Pointes et en octobre de la même année au large de San Pedro.

En conclusion on soulignera :

— la présence de toutes ces espèces pélagiques dans la bande bathymétrique 60-200 m (et plus spécialement 70-80 m) avec prédominance en saison froide jusqu'en 1972 au moins ;
— leur disparition (anchois exclus) à une date non précisée mais au moins à partir de 1978 et jusqu'en 1980 ;
— la réapparition à partir des campagnes de 1983 (pas de campagne en 1981 et 1982) de *Sardinella aurita* et de *Scomber* avec de meilleurs rendements à l'ouest qu'à l'est pour la première espèce et l'inverse pour la seconde ;
— la réapparition plus récente (1985) de *Trachurus*, mais avec des rendements élevés, particulièrement à l'ouest et au centre en saison froide.

RÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

Afin de préciser le rôle que peut jouer l'environnement physico-chimique sur la concentration des poissons dans la tranche d'eau accessible à la pêche à la senne tournante, on a calculé la moyenne des « prises par temps de recherche » (en kg par 24 h) par saison marine telles qu'elles ont été définies par MORLIÈRE (1970). L'étude a porté sur 135 quinzaines de 1966 à 1971. Les conditions hydrologiques prises en compte sont la température et la salinité mesurées à 10 m de profondeur sur une station hydrologique dite côtière (au-dessus des fonds de 20 m) située à proximité d'Abidjan. Les rendements de la pêche sont ceux obtenus par la flottille de senneurs ivoiriens dans les deux secteurs adjacents à cette station (secteurs 4 et 5). Les résultats pour les espèces principales (*Sardinella maderensis*, *Sardinella aurita*, *Scomber japonicus*) sont portés dans le tableau XII.

Sardinella maderensis est peu influencée par les variations de l'environnement ; ce n'est qu'en période de transition que les rendements diminuent significativement. Dans les périodes où se présentent à la fois température basse et faible salinité, généralement en juin-juillet, les rendements sont particulièrement faibles. La transition vers la saison chaude en fin de saison froide est souvent marquée par des teneurs en oxygène faibles dans les eaux superficielles côtières qui pourraient chasser le poisson vers le large.

Sardinella aurita apparaît beaucoup plus dépendante des conditions de milieu, et plus particulièrement de la salinité : en effet, les rendements de petite et grande saisons froides sont à peu près équivalents alors que la différence entre ces deux saisons porte surtout sur la température. Les saisons chaudes se distinguent surtout par la salinité, et c'est en saison chaude dessalée que les rendements sont les plus faibles. Au vu de ces résultats, on a émis l'hypothèse que cette espèce vit en permanence dans la veine d'eau du maximum de salinité qui atteint la surface en saison froide, et ne la quitte brièvement aux autres saisons que pour s'alimenter dans la couche superficielle (MARCHAL *in* FAO, 1974).

Scomber japonicus est l'espèce qui paraît la plus inféodée aux eaux froides et salées : en fait le maquereau ne se pêche en abondance, quand il est présent, que dans les eaux à température inférieure à 21 °C et à salinité supérieure à 35 ‰.

Brachydeuterus auritus, non porté dans le tableau, présente des rendements plus faibles en grande saison froide, mais comme il a déjà été indiqué, il est moins recherché quand les autres espèces sont abondantes.

Il faut rappeler que cette étude du rôle de l'environnement porte sur ce qui a été défini plus haut comme la première période, c'est-à-dire avant les modifications importantes observées depuis dans l'abondance et la répartition des sardinelles et du maquereau. Elle a permis d'établir clairement les relations entre saisons marines et concentration des espèces à cette époque et peut servir de base de comparaison avec la situation actuelle.

TABLEAU XII

Rendements moyens obtenus par les senneurs ivoiriens au cours de chacune des saisons marines (1966 à 1971)

Saison*	Limites de température	Limites de salinité	Nombre de quinzaines	Rendements (kg/24 h) *S. maderensis*	*S. aurita*	*Scomber*
GSF	$< 22^0$	> 35,0	30	2121	987	841
PSF	$22^0 < t < 25^0$	> 35,0	13	1900	902	428
GSC	$> 25^0$	> 35,0	28	1882	451	147
PSC	$> 26^0$	< 34,8	27	2092	185	84
Transition		< 35,0	37	1489	162	127

* GSF = grande saison froide — GSC = grande saison chaude
PSF = petite saison froide — PSC = petite saison chaude

Les espèces pélagiques présentes en Côte-d'Ivoire forment-elles chacune une ou plusieurs entités, ou populations, effectuent-elles des migrations ou déplacements importants et orientés ? On manque de faits précis pour répondre de façon incontestable à ces interrogations, mais un certain nombre d'éléments permettent d'avancer quelques hypothèses (MARCHAL, 1991b).

D'une façon générale, l'est et l'ouest du « golfe » ivoirien paraissent constituer deux entités que l'on retrouve dans la répartition des larves comme dans l'abondance des adultes.

Sardinella aurita en particulier présente deux zones de ponte situées à chacune des extrémités du golfe, c'est-à-dire au niveau des caps. Les périodes de ponte correspondant à ces deux zones sont également décalées, l'une (cap des Palmes) se situant en petite saison froide, l'autre (cap des Trois-Pointes) étant beaucoup plus importante en grande saison froide. S'il existe deux populations, seule celle du cap des Trois-Pointes est numériquement importante de 1966 à 1972, et même jusqu'en 1980. De fait, la population des Trois-Pointes est alors essentiellement concentrée au Ghana et ne s'étend aux secteurs orientaux ivoiriens que pendant la grande saison froide comme l'indique à la fois l'évolution saisonnière des prises et les marquages effectués en Côte-d'Ivoire (VILLEGAS, 1972b). Hormis les larves, les *Sardinella aurita* de l'ouest ivoirien ne sont connues à cette époque que par les chalutages scientifiques et des captures de juvéniles par les thoniers aux alentours du cap des Palmes. Depuis les très importantes captures de 1981 dans l'ouest, les différences de taille observées entre la Côte-d'Ivoire et le Ghana fournissent des arguments en faveur d'une population « autonome » (MARCHAL, 1991b).

La « population ghanéenne », dont le foyer de reproduction se situerait à l'est du cap des Trois-Pointes, passerait la phase de première croissance dans les eaux côtières où elle fait l'objet d'une pêche importante. À partir de 10 à 12 cm les juvéniles, âgés de quelques mois, quittent le rivage et rejoignent les adultes qui se trouvent un peu plus au large. En fin de saison froide, toute la population plonge et se répartit sur les fonds de 60 à 100 m. Elle ne réapparaît en surface que sporadiquement à la faveur de petits upwellings (de janvier à mars) ; puis les sardinelles se rapprochent de la côte et de la surface en début de saison froide. La population s'étalera alors vers l'est et l'ouest, peut-être après s'être reproduite, et un nouveau cycle commencera.

On manque d'observations sur la population du cap des Palmes. Son foyer de reproduction pourrait se situer autour de ce cap ou même plus à l'ouest au Liberia où s'observe un refroidissement marqué en mars-avril (MARCHAL *in* FAO, 1974). On ignore où se situe la nourricerie, mais, comme déjà indiqué, les juvéniles sont bien pêchés aux alentours du cap. Le comportement des adultes paraît très différent de celui décrit précédemment dans la mesure où ils sont capturés en abondance pendant la saison chaude. Cependant, ils passent au moins une phase de leur vie près du fond comme en témoigne leur capture au chalut. On manque actuellement d'éléments pour situer cette population par rapport à celle se trouvant au nord de la Sierra Leone. Enfin, une dernière hypothèse, basée uniquement sur l'alternance saisonnière des captures entre l'est et l'ouest, tendrait à ne considérer qu'une seule population se déplaçant de l'ouest, où elle passerait la saison chaude, à l'est où elle ne serait abondante qu'en grande saison froide.

Les foyers de reproduction de *Sardinella maderensis* paraissent plus diffus, même si on note une très nette diminution du nombre de larves dans le secteur central, et les pontes dans les deux foyers sont synchrones avec deux saisons d'inégale importance. On retrouve également chez cette espèce une saisonnalité des prises inversée entre le secteur oriental et les secteurs occidentaux : l'hypothèse de deux populations n'est donc pas à exclure et a déjà été évoquée par MARCHAL (*in* FAO, 1974) et par HEM (1976). Les déplacements sont supposés être de faible importance, car c'est une espèce très côtière, ne plongeant jamais en profondeur. Les juvéniles se trouvent près des plages ou même dans les lagunes jusqu'à une taille de 10 à 13 cm environ. Tolérant une certaine dessalure, ils quittent cependant les lagunes quand la salinité devient très faible (juin).

Les informations concernant les autres espèces pélagiques sont insuffisantes pour émettre quelques hypothèses quant aux populations ou aux migrations. *Engraulis*, numériquement très important si l'on se réfère à l'abondance des larves (17 fois plus que *Sardinella maderensis* en 1969-1971), ne paraît pas

avoir de foyer de reproduction délimité, mais on a relevé une alternance entre l'est en saison froide et l'ouest en saison chaude au niveau de cette abondance (figure 7). En Côte-d'Ivoire, l'anchois paraît moins côtier qu'au Ghana et formerait de petits bancs près du rebord du plateau continental. Le fait que l'on trouve des larves très au large laisse à penser que cette espèce est moins inféodée que les précédentes au plateau continental et pourrait effectuer des migrations vers le domaine hauturier. À moins que, comme cela paraît établi dans l'Atlantique européen, il existe deux races, une côtière et une du large. Pour l'instant rien ne vient étayer — ni contredire — cette hypothèse.

Conclusion

Un certain nombre de phénomènes ont eu lieu au cours des deux dernières décennies ; ils ont été décrits ou évoqués au cours de ce travail ; on rappellera :

— la constitution d'un stock très important de *Balistes carolinensis* à partir du début des années 1970 ;
— l'effondrement (1973) puis la reconstitution (1978) du stock de *Sardinella aurita* du Ghana et de l'est ivoirien avec stabilisation des captures par rapport à la période précédente ;
— l'émergence (1980) dans l'ouest ivoirien d'une très importante population de *Sardinella aurita* qui se caractérise par un comportement différent de la précédente vis-à-vis de l'environnement physico-chimique ;
— le très fort développement de la pêche de l'anchois au Ghana à partir du début des années 1970 ;
— l'augmentation très importante de la biomasse totale pélagique évaluée par détection à partir de 1980, portant la densité moyenne au niveau de celle du Ghana alors qu'elle en était au tiers auparavant.

Ces faits témoignent d'un bouleversement — le mot ne paraît pas trop fort — de l'écosystème pélagique. La pêcherie a pu jouer un rôle, notamment en surexploitant le stock juvénile de *Sardinella aurita* au Ghana en 1972. Mais l'essentiel doit être considéré comme dû à des causes « naturelles ».

On trouvera décrit par ailleurs dans cet ouvrage l'évolution des températures côtières sur le littoral ivoiro-ghanéen (Arfi *et al.*, 1993) et celle des sels nutritifs (Herbland et Le Lœuff). Des indices de modification du milieu au cours des dernières années sont mis en évidence. La sécheresse et ses conséquences sur le débit des fleuves, les changements dans le régime des courants marins ont problablement joué un rôle essentiel dans ce processus (Binet *et al.*, 1990). Ainsi, le déplacement vers l'ouest de la frontière entre courant et sous-courant de Guinée aurait entraîné une augmentation de la rétention larvaire dans l'ouest ivoirien. Le recrutement des populations de cette région en serait amélioré et le nouveau mode d'exploitation en découlerait.

Les recherches sur la biologie et l'écologie des poissons pélagiques côtiers en Côte-d'Ivoire — et au Ghana — ont permis de prendre conscience de ces bouleversements et d'en décrire les manifestations les plus importantes. Les recherches sur le milieu physique permettent d'avancer des hypothèses pour les expliquer. Mais ni les unes ni les autres ne sont suffisantes pour arriver à une compréhension globale de l'évolution de l'écosystème pélagique au cours des deux dernières décennies. Elles ont toutefois permis, et c'est peut-être l'essentiel, de mettre en évidence à la fois le ***caractère variable*** de cet écosystème et sa grande ***capacité d'adaptation***. Les futurs programmes de recherche devront largement en tenir compte.

RÉFÉRENCES

ALBARET (J.C.), à paraître.— Les poissons : biologie et peuplement. *In :* Environnement et ressources aquatiques en Côte-d'Ivoire. II - Les lagunes ouest-africaines, l'exemple de la lagune Ébrié. Paris, ORSTOM.

ARFI (R.), PEZENNEC (O.), CISSOKO (S.), MENSAH (M.), 1993.— Évolution spatio-temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 111-122.

BA (I.), 1988.— Biologie et dynamique des populations d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes mauritaniennes. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bretagne Occidentale, 139 p.

BARON (J.C.), 1969.— Notes sur le sang de *Sardinella eba*. Rapport Centre Rech. Océanogr. Abidjan, non référencé, 17 p.

BARON (J.C.), 1971.— Les transferrines de deux espèces de sardinelles : *Sardinella aurita* (C.V.) et *Sardinella eba* (C.V.). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* 9(1) : 85-96.

BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

BINET (D.), MARCHAL (É.), PEZENNEC (O.), 1993.— *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana : Fluctuations halieutiques et changement climatique. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 320-342.

BOELY (T.), 1981.— Biologie de deux espèces de sardinelles, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847, et *Sardinella maderensis*, Lowe 1841 des côtes sénégalaises. Thèse Doct. État, Univ Paris-VI, 212 p.

CAMARENA-LUHRS (T.), 1986.— Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal : biologie et évaluation des ressources. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bretagne Occidentale, 188 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1993.— Les peuplements ichtyologiques démersaux. Biologie et écologie. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 271-320.

CHARLES DOMINIQUE (E.), 1982.— Exposé synoptique des données biologiques sur l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata* S. Bowdich 1825). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15(4) : 373-397.

CORTEN (A.A.), 1971.— Observations on juvenile *Sardinella eba* in beach seine catches. FAO/PNUD, Freetown, non réf., 10 p.

DIA (A.), 1972.— Étude de la nutrition de certains Clupéidés (Poissons Téléostéens) de Côte-d'Ivoire. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 11/72, 32 p.

FAO, 1971.— Séminaire de travail sur les ressources pélagiques côtières au large de l'Afrique de l'Ouest. Compte rendu.Tema (Ghana), 1-5 novembre 1971, FAO/PNUD, 66p.

FAO, 1974.— Étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers. Côte-d'Ivoire. Conclusions et recommandations du projet. FAO/PNUD, FI : DP/IVC/66/506, Rome, 72 p.

FAO, 1989.— Rapport de la consultation technique sur les petites espèces pélagiques de la division statistique golfe de Guinée ouest, Abidjan, décembre 1987. *COPACE/PACE*, sér. 89/47, 91 p.

FONTANA (A.), 1969.— Étude de la maturité sexuelle des sardinelles, *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* (Val.) de la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7(2) : 101-114.

FRÉON (P.), 1988.— Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 287 p.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.

GHÉNO (Y.), 1975.— nouvelle étude sur la détermination de l'âge et de la croissance de *Sardinella aurita* Val. dans la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 13(3) : 251-262.

GHÉNO (Y.) et LE GUEN (J.C.), 1968.— Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella eba* (Val.) de la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 6(2) : 69-82.

GHÉNO (Y.) et POINSARD (F.), 1968.— Observations sur les jeunes sardinelles de la baie de Pointe-Noire (Congo). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 6(2) : 53-67.

HARTSUIJKER (L.), 1972.— Analysis of the biometric data from samples of *Sardinella aurita* and *Sardinella eba*. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 9/72, 13 p.

HEM (S.), 1976.— État des stocks pélagiques de Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(2) : 29-47.

HERBLAND (A.) et LE LŒUFF (P.), 1993.— Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 123-148.

HERBLAND (A.) et MARCHAL (É.), 1991.— Variations locales de l'upwelling, répartition et abondance des sardinelles en Côte-d'Ivoire. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 343-353.

KONAN (J.), 1972.— Pêche au chalut à grande ouverture sur le plateau continental profond de Côte-d'Ivoire (mars-août 1972). Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 12/72, 8 p.

KORANTENG (K.A.), 1991.— Some aspects of the sardinella fishery in Ghana. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 269-279.

KRZEJ (S.), 1972a.— Étude de la distribution et de l'abondance des larves de Clupéidés sur le plateau continental ivoirien. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 1/72, 19 p.

KRZEJ (S.), 1972b.— Étude de la distribution et de l'abondance des œufs et larves d'anchois du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 5/72, 10 p.

KRZEJ (S.), 1972c.— Étude de la distribution et de l'abondance des larves de Clupéidés sur le plateau continental ivoirien durant la période 1971-72. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 6/72, 15 p.

KRZEJ (S.), 1972d.— Étude de la distribution et de l'abondance des œufs et larves d'anchois du cap des Palmes au cap des Trois-Pointes durant la période 1971-72. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 7/72, 8 p.

MARCHAL (É.), 1965a. - Étude de quelques caractères de *Sardinella eba* (C. et V.) de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 3(1) : 87-94.

MARCHAL (É.), 1965b.— Note sur deux caractères de *Sardinella aurita* (C. et V.) de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 3(1) : 95-99.

MARCHAL (É.), 1966a.— Fluctuations de la pêche des sardinelles (*Sardinella aurita* C.V., *Sardinella eba* C.V.) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1, 15 p.

MARCHAL (É.), 1966b.— Teneur en matières grasses et teneur en eau chez deux Clupéidés de Côte-d'Ivoire (*Sardinella aurita* C.V., *Sardinella eba* C.V.). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan* 4, 14 p.

MARCHAL (É.), 1966c.— Œufs, larves et postlarves de l'anchois du golfe de guinée *Anchoviella guineensis* Rossignol et Blache. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 281-287.

MARCHAL (É.), 1967a.— Clé provisoire de détermination des œufs et larves des Clupéidés et Engraulidés ouest-africains. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 14, 8 p.

MARCHAL (É.), 1967b.— La pêche des sardiniers ivoiriens en 1966. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 19, 40 p.

MARCHAL (É.) 1971.— Étude du stock de hareng (*Sardinella eba*) de Côte-d'Ivoire (version préliminaire). Projet de developpement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 5/71, 12 p.

MARCHAL (É.), 1991a.— Un essai de caractérisation des populations de poissons pélagiques côtiers : cas de *Sardinella aurita* des côtes ouest-africaines. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 192-200.

MARCHAL (É.), 1991b.— Nanisme et sédentarité chez certaines espèces de poissons pélagiques : deux aspects d'une même réponse à des conditions défavorables. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 201-208.

MENSAH (M.A.), 1991.— The influence of climate changes on the coastal oceanography of Ghana. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 67-79.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MUTA (K.), 1966.— Age determination of *Sardinella aurita* (C. et V.) by scales in Ghana waters. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Ressources of tropical Atlantic. Adidjan, 20-28 october 1966. Exp. paper 36.

PEZENNEC (O.), MARCHAL (É.), BARD (F.X.), 1993.— Les espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire. Ressource et exploitation. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 387-426.

PROSVIROV (E.S.) et RIABIKOV (O.G.), (1961).— Some problems in the biology and fishing of *Sardinella aurita* in the Takorady and Dakar regions. *Baltic. Inst. Scient. Res. Mar. Fish. Oceanogr.* (BALTNIRO), *7* : 3-16.

ROY (C.), CURY (P.), FONTANA (A.), BELVÈZE (H.), 1989.— Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des Clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'ouest. *Aquat. Living. Resour.*, 2 : 21-29.

VILLEGAS (L.), 1972a.— Distribution et abondance relative des poissons pélagiques côtiers au large de la côte d'Ivoire et du Ghana en 1970. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS2/72, 25 p.

VILLEGAS (L.), 1972b.— Résultats des opérations ivoiriennes de marquage de sardinelles. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD IVC 6/288, Abidjan, RS 4/72, 19 p.

WILLIAMS (F.), 1968.— Report on the Guinean Trawling Survey. US NODC Washington, OUA, Scient. Tech. Res. Comm., 99, 1, 828 p.

LES PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES DÉMERSAUX, ÉCOLOGIE ET BIOLOGIE

Alain CAVERIVIÈRE

Si les espèces démersales sont, d'après le « Vocabulaire de l'Océanologie » (ACCT, 1976), celles qui vivent sur le fond ou à son voisinage, ce chapitre traitera également des espèces définies comme semi-pélagiques, dont les prises par les chalutiers peuvent être importantes et qui forment régulièrement entre le fond et la surface des bancs plus ou moins denses.

Étude écologique

LES PEUPLEMENTS DÉMERSAUX

Le classement des espèces démersales de l'Atlantique tropical occidentale en ensembles cohérents a fait l'objet de plusieurs travaux dont les principaux sont ceux de LONGHURST (1963, 1965a, 1969), CROSNIER (1964), CROSNIER et BERRIT (1966), DURAND (1967), DOMAIN (1972, 1980), CAVERIVIÈRE (1982). L'importance de la thermocline au niveau de la séparation des groupements d'espèces de la plate-forme continentale est plus ou moins soulignée par tous les auteurs. L'unité faunistique de l'ensemble du golfe de Guinée pris au sens large (province guinéenne) est également mise en évidence.

FAGER et LONGHURST (1968) et LONGHURST (1969) sont les premiers à regrouper en communautés de manière non empirique les espèces démersales de l'Afrique de l'Ouest. La méthode utilise des index de co-occurrence et s'applique aux principales espèces rencontrées lors du *Guinean Trawling Survey* (GTS, 1964-1965). Par la suite, DOMAIN (1980) met en évidence des espèces caractéristiques de différents peuplements au Sénégal à partir d'analyses en composantes principales et d'analyses des correspondances ; la nature du substrat est prise en compte. VILLÉGAS et GARCIA (1983) reprennent la classification de LONGHURST en précisant les caractéristiques des masses d'eau et les types de fond.

Un travail beaucoup plus récent (CAVERIVIÈRE et RABARISON ANDRIAMIRADO, 1988) reconsidère le classement par communautés de LONGHURST, qui est le plus utilisé, et modifie la liste des espèces de chaque communauté par rajouts et déplacements à partir des études ultérieures de DOMAIN (1980, 1986), VILLÉGAS et GARCIA (1983) et surtout CAVERIVIÈRE (1982), qui utilise les résultats des nombreuses campagnes de chalutage devant la Côte-d'Ivoire. Ces listes par communauté sont données dans le tableau I avec la nomenclature la plus récente des espèces. On distingue :

La communauté des Sciaenidae

Elle est principalement représentée par des espèces appartenant aux familles des Sciaenidae, Polynemidae, Pomadasyidae, Ariidae, Drepanidae. Les Sciaenidae, en particulier les *Pseudotolithus*, dominent en poids et en valeur dans les prises des chalutiers industriels, d'où le nom de la communauté. Elle s'étend sur substrats meubles jusqu'à la base de la thermocline et LONGHURST (1969) donne l'isotherme 20 °C comme valeur représentant correctement, en moyenne, la limite de séparation de cette communauté avec celle des Sparidae.

Une forme estuarienne de ce groupement, où, entre autres modifications, les *Pseudotolithus senegalensis* sont supplantés par d'autres *Pseudotolithus* (*elongatus, typus, brachygnatus*), a été reconnue par LONGHURST (1965a) et par DURAND (1967) mais n'a pas été échantillonnée lors du *Guinean Trawling Survey*. Elle n'est pas importante en Côte-d'Ivoire.

La communauté des Sparidae

Dominée par des espèces de la famille des Sparidae, elle peut être subdivisée en deux éléments :

— l'élément côtier, caractérisé par des espèces telles *Sparus caeruleostictus, Dentex canariensis, Chilomycterus spinosus, Dactylopterus volitans* ; d'après LONGHURST (1969), les espèces de ce peuplement sont capables de pénétrer au-dessus de la thermocline sur des sédiments qui, sans être rocheux, sont suffisamment grossiers pour être évités par la communauté des Sciaenidae ; sous la thermocline, ces espèces tendent aussi à demeurer ensemble ; on a choisi de placer dans cet élément un groupe d'importantes espèces (*Pseudupeneus prayensis, Pagellus bellottii, Epinephelus aeneus*) que LONGHURST classe dans l'élément profond de la communauté des Sparidae, non sans avoir noté leurs affinités avec l'élément côtier et avec les espèces eurybathes ou de la thermocline ;

— l'élément profond, formé par des Sparidae (*Dentex angolensis, Dentex congoensis, Boops boops*), des Carangidae (*Trachurus* spp.), des Triglidae, des Uranoscopidae. Il se rencontre sous la thermocline au-dessus des sédiments meubles (40-100 m).

La communauté des Lutjanidae

Il s'agit d'espèces appartenant à différentes familles, dont celles des Lutjanidae (*Lutjanus agennes, Lutjanus goreensis*), Chaetodontidae (*Chaetodon hoefleri*), Acanthuridae (*Acanthurus monroviae*), connues dans d'autres régions pour avoir de nombreux représentants inféodés aux fonds durs et plus particulièrement aux fonds coralliens. En Afrique de l'Ouest, ce peuplement est caractéristique des zones d'affleurememt du socle et des bancs de grès fossiles, ou de leur proximité.

Les espèces eurybathes ou de la thermocline

Quelle que soit la méthode utilisée, ces espèces présentent des difficultés de classement et forment un petit groupe qui a des affinités à la fois avec les communautés des Sciaenidae et des Sparidae. En effet, elles ont souvent une très large distribution bathymétrique, comme *Trichiurus lepturus*, et peuvent montrer de nettes affinités avec les conditions particulières de la thermocline, comme *Cynoglossus canariensis*. On remarquera, dans cet assemblage, le nombre relativement élevé de sélaciens, qui sont capables de s'adapter à des changements rapides de température et de pression, de même que la présence de l'espèce semi-pélagique *Brachydeuterus auritus*, quantitativement très importante.

TABLEAU I

Les communautés démersales du plateau continental et de la pente continentale de l'Atlantique oriental intertropical d'après LONGHURST (1969), modifié par CAVERIVIÈRE et RABARISON ANDRIAMIRADO (1988)

Communauté à Sciaenidae	Communauté à Sparidae (élément côtier)	Communauté de la partie profonde du plateau
Galeoides decadactylus	*Sparus caeruleostictus*	*Peristedion cataphractum*
Pseudotolithus senegalensis	*Dentex canariensis*	*Antigonia capros*
Pseudotolithus typus	*Balistes carolinensis*	*Zeus faber*
Selene dorsalis	*Dactylopterus volitans*	*Zenopsis conchifer*
Arius parkii	*Pseudupeneus prayensis*	*Synagrops microlepis*
Ilisha africana	*Pagellus bellottii*	*Bembrops heterurus*
Pteroscion peli	*Plectorhynchus mediterraneus*	*Pterothrissus belloci*
Drepane africana	*Epinephelus aeneus*	*Chlorophthalmus atlanticus*
Pomadasys jubelini	*Diplodus cervinus*	*Brotula barbata*
Pomadasys peroteti	*Lithognathus mormyrus*	*Ariomma bondi*
Cynoglossus browni	*Sparus auriga*	*Lepidotrigla cadmani*
Cynoglossus monodi	*Chilomycterus spinosus mauritanicus*	*Priacanthus arenatus*
Cynoglossus senegalensis		*Pentheroscion mbizi*
Pentanemus quinquarius	Communauté à Sparidae (élément profond)	*Monolene microstoma*
Sphyraena guachancho		Communauté de la pente continentale
Ephippion guttifer	*Squatina aculeata*	
Chloroscombrus chrysurus	*Fistularia petimba*	
Lagocephalus laevigatus	*Sardinella aurita*	*Galeus polli*
Eucinostomus melanopterus	*Boops boops*	*Eumopterus pusillus*
Fistularia tabacaria	*Scomber japonicus*	*Centrophorus granulosus*
Dasyatis margarita	*Trachurus trecae*	*Chaunax pictus*
Espèces eurybathes ou de la thermocline	*Uranoscopus albesca*	*Benthodesmus tenuis*
	Dentex angolensis	*Setarches guentheri*
	Dentex congoensis	*Epigonus telescopus*
Mustelus mustelus	*Spicara alta*	*Halosaurus oweni*
Paragaleus pectoralis	*Saurida brasiliensis parri*	*Cyttopsis roseus*
Rhizoprionodon acutus	*Neanthias accraensis*	*Merluccius cadenati*
Torpedo torpedo	*Pontinus kuhlii*	*Hoplostetus mediterraneus*
Raja miraletus	*Chelidonichthys gabonensis*	*Gephyroberyx darwini*
Trichiurus lepturus	*Citharus linguatula*	*Trigla lyra*
Brachydeuterus auritus	*Syacium micrurum*	*Dibranchus atlanticus*
Grammoplites gruveli		*Hypoclidonia bella*
Cynoglossus canariensis		*Chascanopsetta lugubris*
Communauté à Lutjanidae		
Lethrinus atlanticus		
Lutjanus goreensis		
Lutjanus agennes		
Balistes punctatus		
Chaetodon hoefleri		
Acanthurus monroviae		

La communauté profonde du plateau et la communauté de la pente continentale

La pêche en Côte-d'Ivoire des espèces appartenant à ces deux dernières communautés est faible pour la première et négligeable pour la seconde, mis à part celle du requin chagrin, *Centrophorus granulosus*, exploité de façon artisanale devant Abidjan.

Répartition des espèces

Les résultats présentés dans ce chapitre ont été obtenus lors de campagnes expérimentales de chalutage réalisées en Côte-d'Ivoire et dans d'autres régions du golfe de Guinée et sont tirés des travaux de Crosnier (1964), Crosnier et Berrit (1966), Durand (1967), Troadec *et al.* (1969), Bouillon *et al.* (1969), Caverivière et Champagnat (1978 et 1979), Caverivière (1980a et 1982). Toutes les données prises en considération dans cette étude concernent des traits de jour car, comme on le verra, les variations nycthémérales modifient considérablement les abondances apparentes de la plupart des espèces et la répartition bathymétrique de certaines d'entre elles. Malgré cette précaution, il est bien connu que l'échantillonnage au chalut ne peut donner qu'une estimation de l'abondance avec, selon Durand (1967), 30 à 40 % de marge d'erreur, du fait de variations aléatoires importantes. Caverivière (1982) met aussi en évidence cette variabilité (tableau II) qui s'explique en partie par l'action d'ondes internes à

Tableau II

Prises totales (kg) des traits effectués à 24 h d'intervallle au même endroit (fonds de 35 m entre 3° 41' et 3° 35' W, durée 1/2 heure) et relevés de température correspondants (°C)

HEURE DÉBUT DATE	0 h	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h	20 h	22 h
21.3.1979									67	164	154	110
									23,2	22,2	23,2	24,8
22.3.1979	107	94	100	148	371	116	365	102	378	163	119	82
	23,7	19,5	22,3	23,0	22,5	21,6	22,0	22,5	21,9	22,3	22,3	23,2
23.3.1979	74	74	117	117	138	61	118	156				
	22,6	20,5	19,8	22,5	22,3	22,8	20,1	20,5				
% différence	31 %	21 %	15 %	21 %	63 %	47 %	68 %	35 %	82 %	0 %	23 %	25 %

Tableau III

Pourcentage des prises (> 0,5 %) des principales espèces capturées de 15 à 100 m sur la radiale de Grand-Bassam. Il est tenu compte de l'écartement des stations

Espèces	%	Espèces	%
Brachydeuterus auritus	17,6	*Ariomma bondi*	2,0
Ilisha africana	15,7	*Raja miraletus*	1,8
Pteroscion peli	7,7	*Selene dorsalis*	1,6
Dentex angolensis	7,2	*Cynoglossus canariensis*	1,5
Pentheroscion mbizi	6,9	*Priacanthus arenatus*	1,3
Trichiurus lepturus	6,9	*Pagellus bellottii*	1,2
Pseudotolithus senegalensis	5,6	*Trachurus trecae*	1,1
Brotula barbata	3,6	*Uranoscopus albesca*	0,8
Galeoides decadactylus	2,7	*Pentanemus quinquarius*	0,6
Sphyraena spp.	2,5	*Pomadasys jubelini*	0,6

courte période (voir le chapitre consacré à ces phénomènes) ; la part considérée comme aléatoire reste forte cependant, mais le calcul de moyennes permet d'accorder une certaine valeur aux résultats obtenus à partir de séries suffisamment longues.

La liste des espèces attachées à chacune des communautés figure au tableau I. L'abondance (en pourcentage) des plus importantes d'entre elles sur les fonds au large de Grand-Bassam (Côte-d'Ivoire) est indiquée au tableau III. Les limites de répartition et les pourcentages d'occurrence (N traits positifs pour l'espèce/N total de traits x 100) sont tirés de résultats acquis sur ces mêmes fonds de Grand-Bassam.

Communauté des Sciaenidae

Dasyatis margarita est rencontré de 15 à 35 m et son pourcentage d'occurrence à 15 m approche 90 % avec une moyenne de 15 kg par trait. Sa distribution est analogue au Bénin, Cameroun, Congo.

Ilisha africana est la deuxième espèce en importance (15,7 %) et présente un caractère semi-pélagique marqué ; récoltée de 15 à 50 m avec une abondance maximale à 25 m (figure 1), son pourcentage d'occurrence est très proche de 100 % sur les fonds de 15 à 30 m.

Lagocephalus laevigatus est assez commun de 15 à 50 m, la prise maximale a été de 15 kg en 1 heure sur les fonds de 40 m.

Les *Sphyraena* sont représentés dans les traits réalisés de 15 à 100 m ; le pourcentage d'occurrence est supérieur à 50 % de 15 à 60 m ; ils sont classés au dixième rang des abondances dans les traits de chalut mais sont également capturés en quantité non négligeable par les sardiniers.

Galeoides decadactylus représente 2,7 % des prises (neuvième rang) sur les fonds de 15 à 30 m avec une abondance moyenne relativement uniforme ; il disparaît ensuite assez rapidement (figure 1). Au Ghana, Rijavec (1971) indique que l'espèce préfère les fonds mous, mais, en Côte-d'Ivoire, *Galeoides* est également abondant sur fonds sableux et sablo-vaseux, les vases putrides ayant tendance à être évitées ; les individus les plus gros se tiennent plutôt à la côte et les plus petits sont proportionnellement plus fréquents en profondeur. Des individus de petite taille sont régulièrement capturés en lagune Ébrié.

Pentanemus quinquarius est rencontré de 15 à 40 m (figure 1), avec un pourcentage d'occurrence supérieur à 50 % de 15 à 25 m (maximum à 20 m). Les répartitions observées au Dahomey, Cameroun, Congo sont proches, mais les maxima sont obtenus sur des fonds un peu plus faibles (15 m). Cette différence proviendrait sans doute de ce que l'espèce évite les fonds purement sableux.

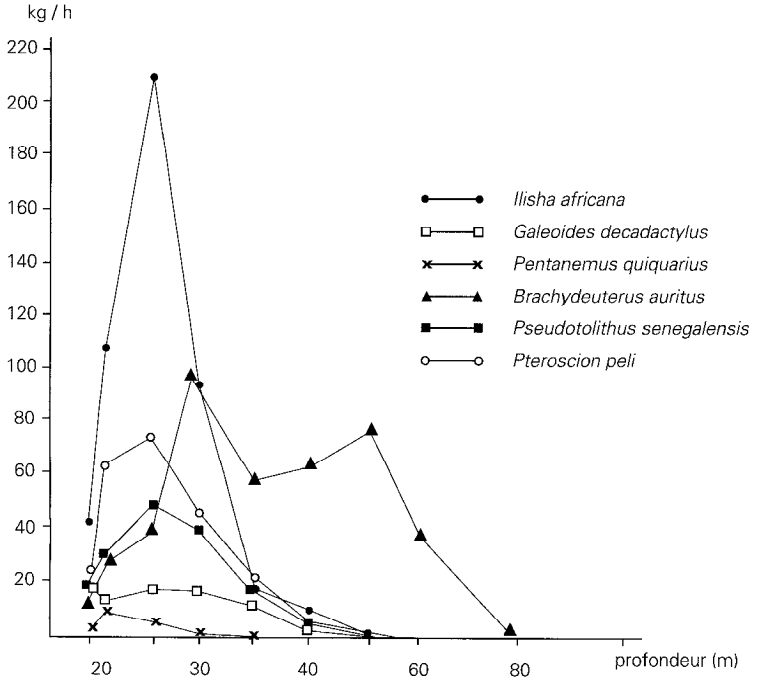


Figure 1
Espèces de la communauté des Sciaenidae plus *Brachydeuterus auritus*. Prises horaires moyennes annuelles sur la radiale de Grand-Bassam (1966-1967) en fonction de la profondeur (chalut classique de 24 m de corde de dos, maillage du cul de 40 mm étiré).

Pomadasys jubelini est régulièrement présent sur les fonds côtiers, ainsi que *Pomadasys peroteti*, dont l'abondance est 17 fois plus faible. *Pomadasys jubelini* est capturé de 15 à 40 m avec un pourcentage d'occurrence supérieur à 75 % de 15 à 30 m et nettement inférieur à 50 % ensuite. L'espèce a un caractère assez grégaire qui se manifeste dans des captures parfois importantes des sardiniers ivoiriens. Les prises sont élevées au débouché des fleuves (Bandama, Sassandra). Cela paraît en rapport avec l'importance de *Pomadasys jubelini* dans la faune estuarienne et lagunaire, notée par GRAS (1961) au Dahomey, LONGHURST (1963) en Sierra Leone. L'espèce est pêchée très régulièrement dans la lagune Ébrié où les tailles ne sont jamais élevées.

Pseudotolithus typus est commun sur les petits fonds avec des pourcentages d'occurrence nettement supérieurs à 50 % de 15 à 25 m. Les valeurs de l'abondance moyenne observées en Côte-d'Ivoire sont en accord avec les observations de CROSNIER (1964), LONGHURST (1966) et DURAND (1967), qui indiquent que l'espèce est abondante dans les eaux dessalées côtières et qu'elle éviterait les fonds sableux.

Pseudotolithus senegalensis est l'espèce commercialement la plus importante de Côte-d'Ivoire, quoique seulement en sixième position sur le tableau II. Sa distribution va de 15 à 50 m (figure 1) et son pourcentage d'occurrence est de 100 % de 15 à 25 m ; les fonds de 25 à 30 m présentent l'abondance maximale. L'évitement des fonds durs et sableux a été noté par plusieurs auteurs. LONGHURST (1966) est celui qui le montre le mieux en comparant les pourcentages d'occurrence au-dessus de six types de substrats. CAVERIVIÈRE (1982) note que *Pseudotolithus senegalensis* évite probablement aussi les vases putrides. Comme indiqué par TROADEC (1971) en Côte-d'Ivoire et FONTANA (1979) au Congo, les jeunes individus sont plutôt côtiers.

Pteroscion peli est une espèce abondante, troisième en importance (tableau II). Elle a été observée de 15 à 60 m (figure 1) avec un pourcentage d'occurrence égal ou proche de 100 % de 15 à 30 m ; elle semble éviter les fonds sableux.

Selene dorsalis est récolté de 15 à 80 m avec des pourcentages d'occurrence supérieurs à 50 % de 15 à 40 m. Sa répartition est similaire au Congo et dans les autres régions du golfe de Guinée. Une autre espèce de Carangidae est plus côtière (15 à 35 m) et moins abondante, il s'agit de *Chloroscombrus chrysurus*. Les deux espèces se rencontrent dans la partie de type estuarien de la lagune Ébrié.

Espèces eurybathes ou de la thermocline

Torpedo torpedo est pêché de 20 à 100 m, en quantités toujours faibles avec un maximum en abondance et occurrence de 35 à 60 m.

Raja miraletus est rencontré de 15 à 100 m avec une abondance maximale sur les fonds de 30 à 60 m (figure 2). Les distributions observées au Bénin et au Congo sont tout à fait similaires.

Mustelus mustelus est le plus abondant des requins. Il a été pêché de 25 à 200 m avec une abondance maximale qui semble se situer sur les fonds de 35 à 60 m. Au Congo, il est capturé de 15 à 200 m et surtout de 70 à 100 m.

Brachydeuterus auritus est l'espèce la plus abondante sur le plateau continental. Elle présente un caractère semi-pélagique marqué et l'agrégation fréquente des individus entraîne une importante variabilité des prises. L'espèce est rencontrée de 15 à 80 m (figure 1) avec une abondance maximale sur les fonds de 30 à 50 m, ce qui est très comparable aux résultats obtenus au Congo. Les jeunes individus se tiennent plutôt en profondeur d'après les distributions de tailles. Selon CROSNIER et BERRIT (1966), la répartition bathymétrique des tailles paraît varier avec la saison. Il semble que *Brachydeuterus* préfère les fonds vaso-sableux et sablo-vaseux, mais évite les vases et les sables purs.

Trichiurus lepturus, espèce semi-pélagique, est capturé de 15 à 200 m avec un pourcentage d'occurrence supérieur à 50 % de 15 à 100 m. Sur ces fonds, il représente 6,9 % des prises (sixième rang). L'abondance moyenne (figure 2) montre un pic bien marqué à 25 m. La distribution est assez similaire au Congo ainsi qu'au Bénin, Nigeria, Cameroun. *Trichiurus* est présent en lagune Ébrié, près du débouché sur la mer.

Cynoglossus canariensis représente 90 % des pêches de soles en Côte-d'Ivoire (CHAUVET, 1970) et 1,5 % des prises de 15 à 100 m sur les fonds de Grand-Bassam où il est récolté de 25 à 100 m

(figure 2) en quantités notables et avec des pourcentages d'occurrence supérieurs à 75 % de 30 à 60 m, sans pic très marqué dans cet intervalle (maximum à 40 m). Les répartitions bathymétriques notées au Togo-Bénin, Cameroun, Congo, Sénégal (THIAM, 1978), sont similaires. La préférence de l'espèce pour les substrats contenant une fraction importante de vase est signalée par CROSNIER et BERRIT (1966) au Togo-Bénin, CHAUVET (1970) en Côte-d'Ivoire et THIAM (1978) au Sénégal. Il semble exister une répartition différentielle des tailles suivant la profondeur en Côte-d'Ivoire ; les gros individus se rencontrent plutôt sur les petits fonds et ce serait l'inverse pour ceux de moins de 30 cm. D'après DURAND (1967) au Congo, les plus petits et les plus gros individus se situent aux profondeurs moyennes de l'aire de répartition.

Communauté des Sparidae

Epinephelus aeneus est assez fréquent en Côte-d'Ivoire. Il est capturé de 20 à 80 m ; le pourcentage d'occurrence le plus élevé se situe dans la strate 30-50 m, mais la prise moyenne est nettement plus forte dans la strate 50-80 m. Les gros individus occupent les fonds de 50 à 100 m et plus particulièrement ceux de 50 à 80 m ; ils sont généralement pris sur des fonds assez durs ou proches d'affleurement rocheux. La répartition bathymétrique est en accord avec celle observée au Congo et au Ghana (RIJAVEC, 1971).

Pseudupeneus prayensis est capturé de 15 à 80 m avec un pourcentage d'occurrence supérieur à 50 % de 30 à 60 m. La répartition paraît assez similaire dans les autres régions du golfe de Guinée et au Congo. Le rouget-barbet fait l'objet d'une importante pêche au Sénégal sur les fonds sableux et durs où il se rencontre de la côte à 75 m de profondeur avec un maximum de 30 à 50 m (GARCIA *et al.*, 1978). Cette préférence pour les fonds à fraction sableuse importante se manifeste aussi en Côte-d'Ivoire.

Dentex angolensis est une des espèces les plus abondantes de Côte-d'Ivoire (4e rang du tableau III) ; elle est présente de 40 à 200 m et surtout à 80-100 m (figure 3). Sa distribution est similaire au Congo. Comme noté par CROSNIER et BERRIT (1966), DURAND (1967) et KONAN (1977), les petits individus se can-

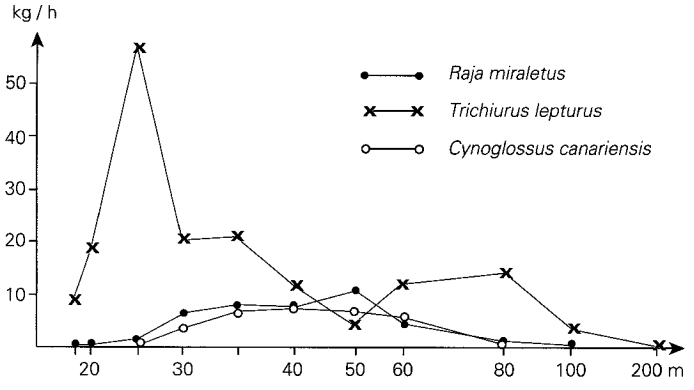


Figure 2
Espèces eurybathes ou de la thermocline.
Prises horaires moyennes annuelles sur la radiale de Grand-Bassam (1966-1967) en fonction de la profondeur.

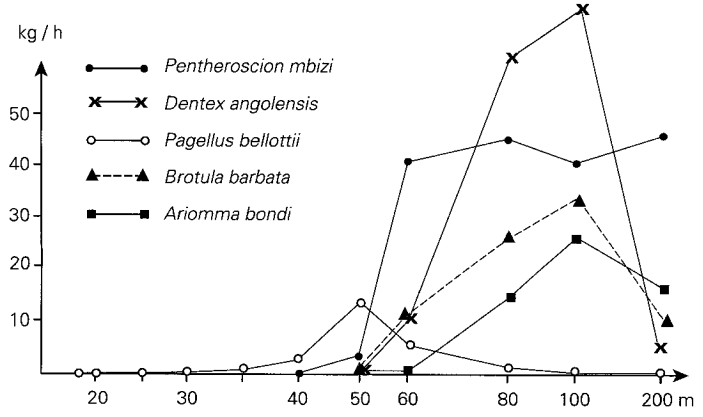


Figure 3
Communauté des Sparidae et de la partie profonde du plateau.
Prises horaires moyennes annuelles sur la radiale de Grand-Bassam (1966-1967) en fonction de la profondeur.

tonnent dans la frange côtière de l'aire de distribution et les grands plutôt dans la frange profonde, ce que l'analyse des données de mensuration en Côte-d'Ivoire confirme parfaitement.

Dentex congoensis est pêché assez fréquemment sur toute la longueur du plateau continental ivoirien. Un peu plus petit que *Dentex angolensis*, sa répartition s'étend un peu plus vers la profondeur. CROSNIER et BERRIT (1966) indiquent que l'augmentation des tailles avec la profondeur est moins marquée que chez l'espèce précédente.

Pagellus bellottii est récolté de 15 à 200 m ; son abondance est maximale à 50 m (figure 3), alors qu'il est rare en deçà de 30 m et à 200 m. La distribution est similaire au Togo-Bénin, ainsi qu'au Ghana, et assez proche au Congo, Cameroun, Nigeria. *Pagellus bellottii* préfère les fonds à importante fraction sableuse, comme signalé par CROSNIER et BERRIT (1966), ainsi que RIJAVEC (1973). En Côte-d'Ivoire, cette prédilection pour les substrats de ce type semble plus nettement visible sur les petits fonds. Les conclusions de RIJAVEC (1973) au Ghana sur la répartition bathymétrique en fonction de la taille ne sont pas très claires, bien que basées sur un nombre important de poissons échantillonnés : les plus gros poissons éviteraient les eaux côtières (moins de 35 m). En Côte-d'Ivoire, les plus gros individus seraient plutôt dans la partie profonde de la distribution. Une étude détaillée au Sénégal sur les nurseries de ce *Pagellus* (FRANQUEVILLE, 1980) montre une concentration en saison froide des juvéniles sur les petits fonds de 5-30 m, alors que les adultes se trouvent de 15 à 65 m ; l'auteur indique également que les juvéniles auraient une préférence pour les zones d'affleurement rocheux et de sables grossiers.

Balistes carolinensis est encore rare en 1966-1967 en Côte-d'Ivoire où il est pêché de 20 à 50 m ; son abondance s'accroît considérablement au début des années 1970 et l'espèce fait, depuis, l'objet d'études particulières, notamment en Côte-d'Ivoire (CAVERIVIÈRE *et al.*, 1981 ; CAVERIVIÈRE, 1982). C'est un poisson semi-pélagique dont la répartition au niveau du fond en saison chaude (période d'abondance) est représentée par strate bathymétrique sur la figure 4 : l'essentiel de la biomasse chalutable se situe entre 25 et 60-70 m, avec un pic nettement marqué aux alentours de 40 m ; l'abondance moyenne est plus faible sur les fonds vaseux que sur les fonds contenant une fraction sableuse. Les bancs et les pointements rocheux ne seraient pas favorables à de fortes concentrations.

Dentex canariensis et *Sparus caeruleostictus* sont présents, généralement en faibles quantité et occurrence, de 15 à 80 m. Au Ghana, RIJAVEC (1973) observe une abondance maximale à 55 m et des prises moyennes considérablement plus basses sur les fonds mous que sur les fonds durs ; il note également une augmentation de la taille moyenne avec la profondeur.

Trachurus trecae peut parfois se montrer assez abondant de 50 à 100 m et plus particulièrement de 60 à 80 m. La distribution de cette espèce semi-pélagique est similaire au Congo.

Uranoscopus albesca est récolté en Côte-d'Ivoire de 45 à 200 m, avec un pourcentage d'occurrence supérieur à 80 % de 80 à 100 m, contre moins de 15 % à 60 et 200 m. Les prises horaires sont souvent de l'ordre de 5 à 13 kg. La répartition en Côte-d'Ivoire est identique à celle observée au Congo.

Communauté de la partie profonde du plateau

Brotula barbata est capturé de 35 à 200 m, avec un maximum à 80-100 m (figure 3). Le pourcentage d'occurrence est supérieur à 75 % de 50 à 200 m. La répartition bathymétrique est identique au Congo et apparemment aussi au Togo-Bénin, mais l'abondance est nettement plus faible dans ces régions.

Priacanthus arenatus est pêché de 25 à 200 m, son aire de répartition préférentielle s'étend de 50 à 100 m, avec des pourcentages d'occurrence compris entre 66 et 94 %.

Pentheroscion mbizi est présent à partir de 50 m mais surtout abondant de 60 à 200 m (figure 3) avec un pourcentage d'occurrence très proche ou égal à 100 %. Il y a une nette répartition bathymétrique des tailles ; les individus les plus petits vivent sur les fonds de moins de 100 m, les plus gros étant plus profonds. La répartition de l'espèce est comparable dans d'autres régions du golfe de Guinée et au Congo. Il semble, d'après DURAND (1967), que *Pentheroscion* évite les fonds durs, ce qui est confirmé par RIJAVEC (1971) au Ghana.

Ariomma bondi apparaît dans les prises de 50 à 200 m, avec un pic à 100 m (figure 3).

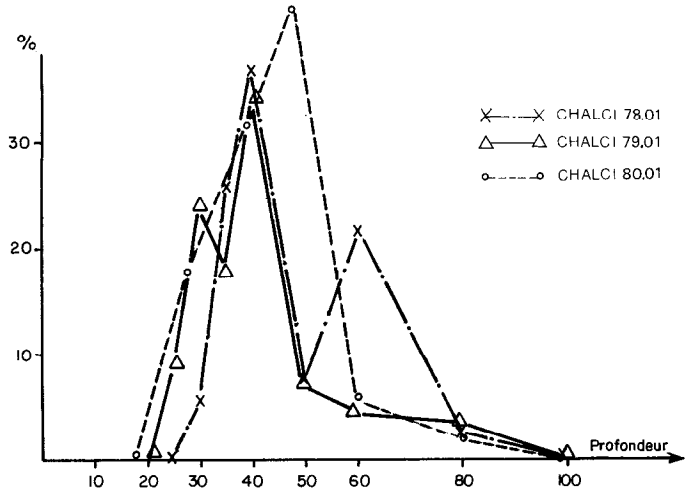


Figure 4
Campagnes CHALCI. Pourcentages des prises de balistes en fonction de la profondeur au large de Grand-Bassam (CHALCI 78.01 ; CHALCI 79.01 ; CHALCI 80.01).

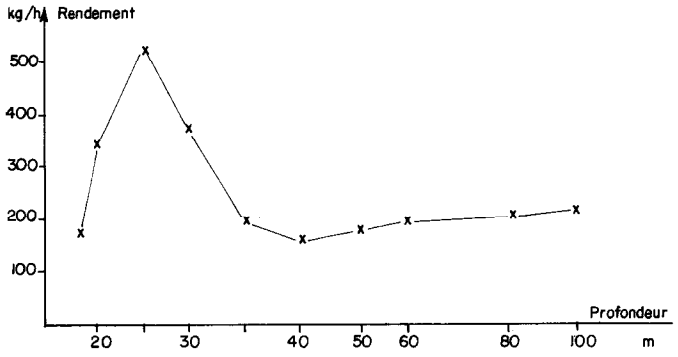


Figure 5
Rendements (kg/h) moyens annuels sur la radiale de Grand-Bassam en 1966-1967 (toutes espèces).

Chelidonichthys lastoviza, Chelidonichthys gabonensis, Lepidotrigla cadmani, Lepidotrigla carolae sont capturés entre 35 et 200 m, en plus ou moins grande quantité suivant les zones et les périodes. la principale espèce est *Lepidotrigla cadmani*, qui a son abondance maximale à 100 m. Les *Chelidonichthys* ont tendance à être plus côtiers.

Communauté de la pente continentale

Centrophorus granulosus est pêché au large d'Abidjan par une flottille piroguière (CAVERIVIÈRE, 1983) ; devant le Sénégal (CAVERIVIÈRE *et al.*, 1986), l'espèce est capturée entre 100 et 900 m avec un pic d'abondance nettement marqué entre 400 et 600 m. Les *Centrophorus* sont assez grégaires et les canyons sous-marins joueraient un rôle dans leur concentration. Il y a une augmentation de la taille avec la profondeur et les plus gros individus sont des femelles.

Discussion et conclusions

Après avoir observé la répartition bathymétrique moyenne des principales espèces, il convient d'examiner celle des prises totales toutes espèces (figure 5) qui en constitue la synthèse. Les rendements maximaux s'observent de 20 à 30 m et le pic de 25 m est bien marqué (plus de 500 kg/h). À partir de 35 m, les rendements sont assez stables autour de 200 kg/h ; il faut cependant noter une baisse à 40-50 m correspondant à la base de la thermocline et à la séparation entre les deux communautés principales. En effet, la limite la plus basse des espèces de la communauté des Sciaenidae correspond, d'après LONGHURST (1966), à la plus basse limite de la thermocline. Plus tard, TROADEC (1971) montre cependant que la limitation vers le bas de l'ombrine *Pseudotolithus senegalensis* est plutôt due à un facteur trophique. Il se base :

— sur les travaux de LE LŒUFF et INTÈS (1968, 1969) qui notent un changement qualitativement et quantitativement important dans la faune benthique ivoirienne au-dessous de 50 m, correspondant à un changement de peuplement, et distinguent de plus, dans le peuplement littoral, une faune côtière séparée, à partir de 25-30 m, d'une faune subcôtière ;

— sur l'observation que les ombrines ne descendent pas au-delà de 50 m et diminuent fortement d'abondance à partir de 30 m, même quand les conditions physico-chimiques et la nature du fond sont favorables.

LE LŒUFF et INTÈS (1968) ajoutent également : «(...) dans la majorité des cas, la distribution bathymétrique des organismes n'est pas modifiée par le changement des conditions hydrologiques sur les fonds où ils vivent, même pour les espèces les plus vagiles ».

Si la conclusion précédente s'applique à l'ensemble des espèces de la communauté des Sciaenidae, à savoir l'action prépondérante des facteurs trophiques sur leur répartition, là où les conditions physico-Ochimiques ne sont pas trop défavorables, la limite inférieure de la thermocline n'est importante que parce qu'elle coïncide avec celle de la faune benthique littorale aux dépens de laquelle la communauté des Sciaenidae s'alimente.

De nombreuses espèces de la communauté des Sciaenidae ou eurybathes évitent les fonds trop sableux (*Pentanemus quinquarius*, *Brachydeuterus auritus*, *Pseudotolithus typus* et *Pseudotolithus senegalensis*, *Pteroscion peli*), ou trop vaseux (*Galeoides decadactylus*, *Brachydeuterus auritus*, *Pseudotolithus senegalensis*). Au total, on peut observer une diminution de l'abondance globale des espèces sur les fonds de sable et de vase compris entre 10 et 50 m (tableau IV). Cette diminution reste également apparente si l'on enlève des prises totales celles des principales espèces semi-pélagiques. Une telle baisse globale de l'abondance des espèces démersales côtières sur les fonds de vase et sable purs est à mettre en relation avec une plus faible biomasse benthique sur ces fonds (LONGHURST, 1959 ; LE LŒUFF et INTÈS, dans cet ouvrage). Il n'y a pas suffisamment de données, au-delà de 50 m, pour les différents types de fonds ; il semblerait cependant que les différences — si tant est qu'elles existent réellement — y soient moins marquées.

D'après l'étude des distributions bathymétriques en fonction de la taille, il semble que l'on puisse dégager une indication générale menant à un schéma de répartition différent entre les espèces des divers groupements. Les espèces de la communauté des Sparidae ont, en moyenne annuelle, une proportion de gros individus plus importante vers le bas de leur aire de répartition que vers le haut (*Epinephelus aeneus*, *Pentheroscion mbizi*, *Dentex angolensis*, *Pagellus bellottii*) ; ce serait le plus souvent l'inverse pour les espèces de la communauté des Sciaenidae ou eurybathes (*Galeoides decadactylus*, *Cynoglossus canariensis*, *Brachydeuterus auritus*).

TABLEAU IV

Prises globales en kg (traits de 1/2 h) diminuées ou non de celles du baliste (*Balistes carolinensis*) et de la friture (*Brachydeuterus auritus*) sur les fonds de 10 à 50 m répartis suivant 4 types de sédiments

	CHALCI 78.01			CHALCI 79.01			CHALCI 80.01		
	Nombre de traits	Prise moyenne totale	Idem sauf friture et baliste	Nombre de traits	Prise moyenne totale	Idem sauf friture et baliste	Nombre de traits	Prise moyenne totale	Idem sauf friture et baliste
Sables	9	127	135	3	(230)	(170)	7	114	97
Sables vaseux	3	(250)	(135)	9	243	161	13	161	137
Vases sableuses	10	442	167	11	382	243	19	147	125
Vases	8	195	131	8	136	95	13	91	83

Données des campagnes CHALCI de février 1978, mars 1979 et août-septembre 1980.
( ) = valeur peu représentative du fait du faible nombre de chalutages.

Les variations périodiques d'abondance étudiées (CAVERIVIÈRE, 1982 ; CAVERIVIÈRE *et al.* 1982) concernent des cycles variant de moins d'une journée à une année. Des variations à période plus longue (inter- et pluriannuelles) existent, en relation avec celles du climat, mais leur examen n'a pas été abordé.

Ces variations périodiques dépendent plus ou moins directement des variations du milieu physique (température, salinité, teneur en oxygène). Les modifications de l'abondance dues à des facteurs biologiques — telles celles parfois observables en période de ponte — peuvent être considérées comme « étant souvent, sinon toujours, déclenchées par des modifications du milieu physique » (DURAND, 1967).

Variations de périodes inférieures à 24 heures

PICAUT et VERSTRAETE (1979) et PARK (1979) mettent en évidence de fortes ondes internes semi-diurnes devant Abidjan en relation avec la marée. La figure 6 montre l'existence de variations rapides de la température au niveau du fond avec une période proche de 12 h. Ces variations, qui peuvent atteindre plus de 5 °C en moins de 6 heures, sont en phase avec celles du niveau de la surface de la mer à Abidjan et de la composante est-ouest du courant.

On trouvera une description détaillée des méthodes d'échantillonnage (chalutages répétés sur des fonds de 35 m) et des systèmes d'analyse utilisés, dans CAVERIVIÈRE (1982). La méthode dite du « maximum d'entropie » (ULRYCH et BISHOP, 1975) met en évidence, dans l'évolution des données de température et de courant, des pics qui correspondent aux périodes connues des ondes de marée semi-diurnes et quart-diurnes, 12 h 25 et 6 h 13 (figure 7). Dans les variations de rendement des espèces, trois pics apparaissent souvent, les deux premiers en relation certaine avec les ondes de marées précédemment citées ; le troisième, situé autour de 24 h, représente très probablement les variations nycthémérales d'abondance (cas de *Pseudotolithus senegalensis* et *Pomadasys incisus*, (figures 8 et 9).

Des pics, qui paraissent également pouvoir être reliés aux ondes de marée, sont aussi observés chez *Galeoides decadactylus*, *Pomadasys peroteti*, *Eucinostomus melanopterus*, *Pteroscion peli*. En revanche, pour d'autres espèces, aucun pic ne peut être décelé entre les périodes 4-20 h, et cela concerne plus particulièrement les espèces eurybathes et celles dont le maximum d'abondance n'est guère éloigné des fonds de 35 m, comme *Cynoglossus canariensis*, *Brachydeuterus auritus*, *Pseudupeneus prayensis*, *Pagellus bellottii*. Il semble donc très probable, à partir de ce qui précède, que des mouvements de poissons — en particulier ceux de la communauté des Sciaenidae, proches de la limite inférieure de leur distribution — correspondent sur les fonds de 35 m aux variations de la température dues aux ondes internes de marée. De tels mouvements existent sans doute à d'autres profondeurs.

Variations nycthémérales

Variations d'abondance

Elles sont connues depuis fort longtemps et sont dues à deux types principaux de comportement qui permettent de distinguer :

— les espèces qui sont relativement abondantes au-dessus d'un fond le jour et qui s'en éloignent la nuit, de manière suffisante pour que les prises des chaluts de fond en soient notablement diminuées ;

— les espèces plus ou moins enfouies dans le sédiment le jour et qui ne le sont pas (ou moins) la nuit, ce qui augmente leur vulnérabilité au chalutage ; c'est le cas de l'ensemble des « poissons-plats ».

Les résultats des travaux en Côte-d'Ivoire de CAVERIVIÈRE *et al.* (1980) sont donnés dans le tableau V, de même que ceux de BAUDIN-LAURENCIN (1967) au Congo. Ils révèlent que l'alternance jour-nuit a une grande influence sur l'abondance de nombreux poissons au niveau du fond.

La plupart des espèces de « poissons-plats » présentent des rendements de jour nettement inférieurs à ceux de nuit (*Torpedo torpedo*, *Raja miraletus*, *Grammoplites gruveli*, *Syacium micrurum*, *Bothus podas*, *Cynoglossus canariensis*). Chez certains (*Dasyatis margarita*, *Citharus linguatula*, *Cynoglossus senegalensis* et *Cynoglossus browni*), ils sont cependant à peine plus faibles. Les rendements plus élevés obtenus de

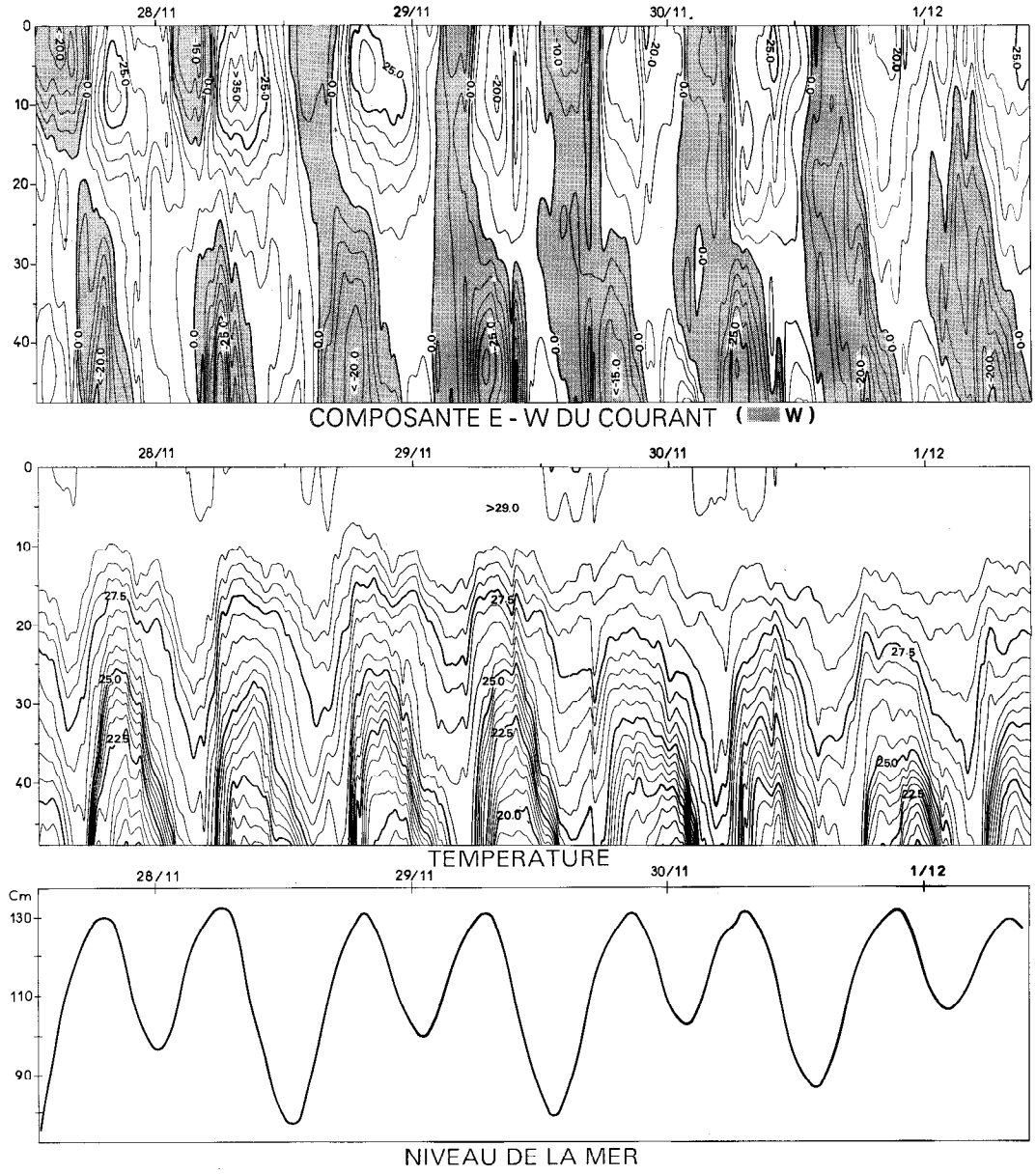


Figure 6
Niveau de la mer à Abidjan, température et composante est-ouest du courant au-dessus des fonds de 52 m (saison chaude). D'après PICAUT ET VERSTRAETE (1979).

nuit sur la majorité de ces espèces seraient dus à une augmentation de l'enfouissement dans le sédiment pendant la journée. À l'inverse des « poissons-plats », ceux qui sont très comprimés dans le sens vertical (*Ilisha africana, Chloroscombrus chrysurus, Selene dorsalis, Drepane africana, Balistes carolinensis*) donnent des rendements de nuit très faibles par rapport à ceux de jour. Ces espèces sont notoirement connues comme ayant un comportement semi-pélagique. L'observation des valeurs du tableau V permet aussi de dire que, hormis les « poissons-plats », la plupart des espèces de la communauté des Sciaenidae sont davantage pêchées de jour ; *Pomadasys incisus* et *Eucinostomus melanopterus* font cependant exception de manière apparemment significative.

C'est en général l'inverse pour les espèces de l'élément profond de la communauté des Sparidae et de la partie profonde du plateau (*Priacanthus arenatus, Pentheroscion mbizi, Dentex congoensis, Urano-*

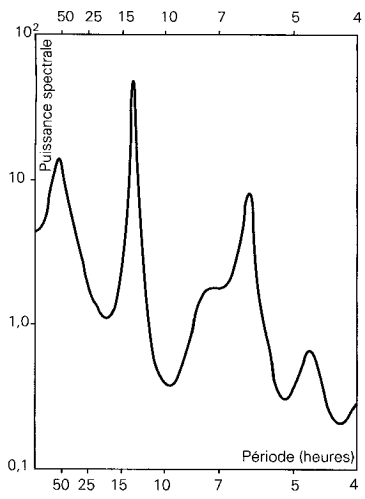


Figure 7
Spectre par maximum d'entropie des températures à 19 m (fonds de 35 m).

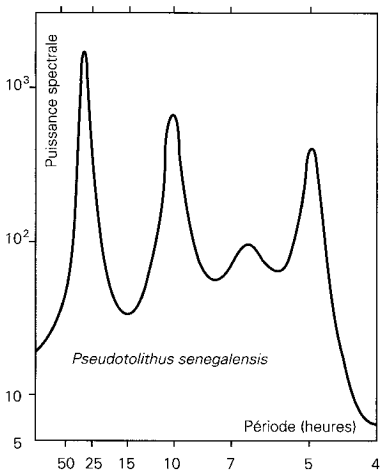


Figure 8
Spectre par maximum d'entropie des variations d'abondance de *Pseudotolithus senegalensis*.

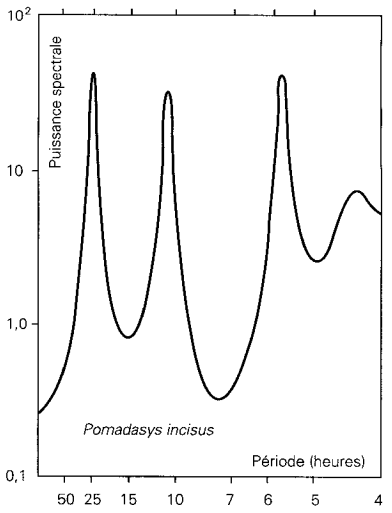


Figure 9
Spectre par maximum d'entropie des variations d'abondance de *Pomadasys incisus*.

scopus spp., *Brotula barbata, Ariomma bondi*) sauf, sans cependant que cela soit statistiquement significatif, *Dentex angolensis* et les Triglidae. Il y aurait donc grosso modo une augmentation du rapport des rendements nuit/jour (r) quand on passe des espèces les plus côtières à celles peuplant le bas du plateau continental. Cette hypothèse est étayée par les valeurs du rapport obtenues sur les fonds de 35 m pour les espèces de l'élément côtier de la communauté des Sparidae (*Dentex canariensis, Sparus caeruleostictus, Balistes carolinensis, Pagellus bellottii, Pseudupeneus prayensis*), qui sont toujours inférieures à 100, sans être très proches de zéro comme c'est la cas chez certaines espèces de la communauté des Sciaenidae. De plus, les valeurs du rapport augmentent souvent avec la profondeur chez les espèces pour lesquelles il est calculé à deux niveaux (*Galeoides decadactylus, Pomadasys jubelini, Pteroscion peli, Pseudotolithus senegalensis, Balistes carolinensis, Trichiurus lepturus*).

On peut supposer qu'il y a dans ce phénomène une action de la lumière ; les variations de la luminosité étant de plus en plus atténuées avec la profondeur (BAUDIN-LAURENCIN, 1967), il s'agit très probablement d'une migration des poissons et non d'un évitement de l'engin de pêche grâce à une meilleure vision, puisque, sur les petits fonds, les rendements diurnes sont généralement supérieurs aux nocturnes. Une migration verticale des poissons à la tombée de la nuit et au début du jour a d'ailleurs été observée au sondeur chez de nombreuses espèces. L'augmentation assez générale du rapport des rendements nuit/jour avec la profondeur s'observe lorsque l'on considère les valeurs obtenues pour les prises totales (tableau V) : à 20 et 35 m elles sont significativement différentes de 100, alors qu'à 80 m elle en est proche. On remarquera cependant que BAUDIN-LAURENCIN trouve une augmentation beaucoup plus faible, avec des prises totales de jour à 100 m encore deux fois plus fortes que les prises de nuit ; de plus, à l'inverse des observations en Côte-d'Ivoire, le rapport diminue avec la profondeur chez les espèces pour lesquelles il a pu être calculé à plusieurs niveaux.

Variations nycthémérales de taille

BAUDIN-LAURENCIN (1967) indique qu'il y aurait au Congo, chez certaines espèces, des variations de la taille des individus capturés en relation avec les rythmes nycthéméraux. Les petites tailles seraient souvent mieux représentées dans les prises nocturnes.

En Côte-d'Ivoire, une augmentation de la représentation nocturne des petites tailles combinée avec une diminution des plus grandes, comme indiqué par BAUDIN-LAURENCIN, semble exister à 20 m chez *Pseudotolithus senegalensis*, à 35 m dans le cas de *Galeoides decadactylus* et *Pomadasys jubelini*, à 80 m chez *Dentex angolensis*. L'augmentation de la représentation des plus petites tailles est aussi combinée

TABLEAU V

Variations nycthémérales d'abondance (kg) sur des fonds de 20, 35 et 80 m (3°41' W) en mars 1979, campagne CHALCI 79.01 (CH) et mai 1980, campagne RYTHNIC (RY)

ESPÈCES	LOCALISATION DES TRAITS	$\overline{C}j$	$\overline{C}n$	r	r'	r (B.L.)
Mustelus mustelus	(CH) 35 m	0,5	2,3	460**		
Torpedo torpedo	(CH) 35 m	0,3	1,6	533**		
Raja miraletus	(CH) 35 m	0,6	1,1	183(*)		82 (40m)
Raja miraletus	(RY) 35 m	(0,7)	(1,5)	(214)		
Dasyatis margarita	(RY) 20 m	5,7	6,0	105		
Ilisha africana	(RY) 20 m	8,4	0,1	1**		2 (15m)
Sardinella maderensis	(CH) 35 m	0,9	0,0	0**		
Sphyraena guachancho	(CH) 35 m	13,0	0,0	0**		
Galeoides decadactylus	(RY) 20 m	10,7	1,3	12**		7 (15m)
Galeoides decadactylus	(CH) 35 m	8,8	9,1	104		
Galeoides decadactylus	(RY) 35 m	(30,9)	(5,1)	(17)		
Priacanthus arenatus	(RY) 80 m	0,6	1,2	200		
Pomadasys incisus	(CH) 35 m	0,9	1,6	178(*)		
Pomadasys jubelini	(RY) 20 m	14,5	6,6	46(*)		
Pomadasys jubelini	(CH) 35 m	1,5	10,4	693**		
Pomadasys jubelini	(RY) 35 m	(0,6)	(12,7)	(2117)*		
Pomadasys peroteti	(CH) 35 m	2,9	2,9	100		
Brachydeuterus auritus	(CH) 35 m	49,3	1,3	3**		1 (40m)
Eucinostomus melanopterus	(CH) 35 m	2,2	4,5	205**		
Pteroscion peli	(RY) 20 m	8,2	2,0	24**		33 (15m)
Pteroscion peli	(CH) 35 m	0,6	3,4	567*		29 (40m)
Pentheroscion mbizi	(RY) 80 m	2,1	2,2	105		45 (97m)
Pseudotolithus senegalensis	(RY) 20 m	23,9	10,6	44**	32**	85 (15m)
Pseudotolithus senegalensis	(CH) 35 m	7,4	12,9	174*		57 (40m)
Pseudotolithus senegalensis	(RY) 35 m	(1,8)	(4,8)	(267)		
Chloroscombrus chrysurus	(RY) 20 m	0,6	x	**E****		
Chloroscombrus chrysurus	(CH) 35 m	3,7	x	**E****		
Selene dorsalis	(RY) 20 m	2,9	0,1	3**		
Selene dorsalis	(CH) 35 m	7,3	x	**E****		
Pseudupeneus prayensis	(CH) 35 m	21,6	5,6	26**		
Dentex canariensis	(CH) 35 m	0,4	0,1	25**		
Dentex congoensis	(RY) 80 m	4,5	6,1	136*		
Dentex angolensis	(RY) 80 m	11,6	7,5	65**		32 (97m)
Pagellus bellottii	(CH) 35 m	24,8	11,5	46(*)		
Sparus caeruleostictus	(CH) 35 m	0,7	0,1	14**		
Drepane africana	(RY) 20 m	1,1	0,2	18**		
Uranoscopidae	(RY) 80 m	0,8	1,3	163*		
Brotula barbata	(RY) 80 m	4,8	9,8	204*		144 (97m)
Balistes carolinensis	(CH) 35 m	18,1	1,4	8**		
Balistes carolinensis	(RY) 80 m	1,0	0,3	30**		
Trichiurus lepturus	(RY) 20 m	0,9	x	**E****		1 (15m)
Trichiurus lepturus	(RY) 80 m	3,8	1,7	45*		
Ariomma bondi	(RY) 80 m	1,4	2,6	186	29*	
Triglidae	(RY) 80 m	12,7	8,7	69(*)	52**	(45) (97m)
Grammoplites gruveli	(CH) 35 m	0,2	0,8	400**		
Syacium micrurum	(CH) 35 m	1,0	5,4	540**		
Citharus linguatula	(RY) 80 m	2,0	2,1	105		
Bothus podas	CH) 35 m	0,8	2,2	275**		
Cynoglossus canariensis	(CH) 35 m	3,9	17,4	446**		93 (40m)
Cynoglossus canariensis	(CH) 35 m	(9,9)	(22,4)	(226)**		
Cynoglossus spp.	(RY) 20 m	10,8	11,2	104		
TOTAL GÉNÉRAL 20 m	(RY) 20 m	92,0	42,8	47**		44 (15m)
TOTAL GÉNÉRAL 35 m	(CH) 35 m	176,0	103,1	59*		44 (40m)
TOTAL GÉNÉRAL 35 m	(RY) 35 m	253,8	121,1	48*		

$\overline{C}j$ = prise moyenne de jour (traits de 1/2 h)

$\overline{C}n$ = prise moyenne de nuit (traits de 1/2 h)

r' = valeurs de r sans prise en compte des traits effectués entre 5 h 00 et 5 h 30

r (B.L.) = valeurs de r obtenue par BAUDIN-LAURENCIN (1967) au Congo.

$$r = \frac{\overline{Cn}}{\overline{Cj}} \times 100$$

avec un accroissement des plus grandes dans le cas de *Pomadasys jubelini* à 20 m et *Pseudotolithus senegalensis* — ainsi que peut-être chez *Cynoglossus canariensis* — à 35 m. Il n'y a pas de variation chez *Pteroscion peli* (20 m) et *Pomadasys peroteti* (35 m). En revanche, la variation est inverse à 80 m chez *Dentex congoensis* et peut-être *Pagellus bellottii*.

Les variations nycthémérales des tailles qui paraissent avoir lieu en Côte-d'Ivoire ne présentent donc pas le schéma simple décrit par BAUDIN-LAURENCIN (1967), soit une diminution plus élevée des rendements de nuit pour les plus grandes tailles que pour les plus petites ; de tels changements sont sans doute d'autant plus sensibles que les étendues des distributions spécifiques sont plus grandes.

Discussion et conclusions

On observe en Côte-d'Ivoire, pour toutes les espèces pêchées à deux niveaux, une augmentation du rapport des rendements nuit/jour avec la profondeur, dans la majorité des cas significative, particulièrement chez *Pomadasys jubelini*, *Pteroscion peli*, *Pseudotolithus senegalensis*, quand on passe des fonds de 20 m à ceux de 35 m. Le phénomène apparaît plutôt inverse au Congo.

Pseudotolithus senegalensis est étudié au Congo et en Côte-d'Ivoire à des profondeurs similaires (15-20 m et 35-40 m). Les distributions de fréquence sur chaque fond sont proches dans les deux régions et si BAUDIN-LAURENCIN (1967) peut expliquer au Congo, du moins en partie, la diminution du rapport r entre les deux profondeurs par une plus grande variabilité - supposée plutôt due à une migration verticale - entre les rendements diurnes et nocturnes pour les poissons de grande taille qui sont plus nombreux sur les fonds de 35-40 m, c'est un phénomène différent qui s'observe en Côte-d'Ivoire. On peut ici formuler l'hypothèse d'un certain mouvement de la population le long du gradient de bathymétrie au niveau du fond, les fonds de 20 m se dépeuplant la nuit au profit des fonds de 35 m ; ce mouvement serait apparemment plus net dans le cas des gros individus, mais il affecterait plus ou moins toute l'étendue de la distribution.

D'après les données disponibles, un déplacement sur le fond vers le bas, la nuit, pourrait également exister chez *Pomadasys jubelini* et *Pteroscion peli*, les gros individus de la première espèce se déplaçant alors de manière moins sensible que les autres, tandis qu'au Congo seul un déplacement vertical en pleine eau du bas vers le haut de *Pomadasys jubelini* aurait été observé aux deux profondeurs de 15 et 40 m. Sur les fonds de 80 m, si des déplacements sur le fond existent, ils auraient lieu pour *Dentex congoensis* dans le sens d'une montée la nuit d'individus de taille moyenne plus élevée que ceux rencontrés de jour à ce niveau.

La situation, en ce domaine des variations nycthémérales d'abondance, apparaît donc fort complexe, avec des déplacements bathymétriques pouvant être des remontées (en pleine eau) ou des mouvements au niveau du fond, et plus ou moins importants suivant les tailles des individus. On notera que les données de la Côte-d'Ivoire concernent la deuxième partie de la saison chaude, alors que l'étude menée au Congo porte sur des données récoltées en fin de saison froide-début de saison chaude. Des changements saisonniers dans la répartition des espèces en relation avec les facteurs du milieu, la reproduction, l'alimentation... pourraient modifier les rythmes nycthéméraux à une profondeur donnée. En conclusion, s'il est certain que les variations nycthémérales ont une grande importance sur l'abondance apparente au niveau du fond de la plupart des espèces, elles demandent cependant encore des études complémentaires pour pouvoir être appréhendées sur une période annuelle et pour que leur déterminisme soit mieux compris.

Variations saisonnières d'abondance

Deux types de variations seront distinguées, liées toutes deux à la présence d'upwellings côtiers périodiques se produisant lors de l'hiver austral. Les premières sont en rapport apparent direct avec le refroidissement de l'eau tandis que les secondes — plus brèves — correspondent à un phénomène très particulier : une diminution importante de la quantité d'oxygène dissous à la fin de la saison froide, qui peut être considérée comme un effet indirect du refroidissement. D'autres variations saisonnières non directement liées à la température, comme celles dues au recrutement et aux migrations de reproduction, peuvent également intervenir. Elles contribuent aux variations saisonnières observées entre saison chaude et saison froide, mais, dans l'ensemble, leur rôle reste assez faible.

Variations saisonnières en rapport apparent direct avec les remontées d'eaux froides

Les données et leur traitement

Cette étude utilise les données des campagnes expérimentales déjà citées mais aussi les statistiques de pêche : rendements standardisés moyens mensuels des chalutiers (de 1968 à 1977) et sardiniers (de 1974 à 1978) calculés en pourcentage par rapport à la moyenne pour servir d'indice d'abondance dans les diverses strates bathymétriques. La séparation entre saison chaude et saison froide est définie par l'apparition de l'isotherme 24 °C en surface, ce qui limite pratiquement la saison froide aux mois de juillet, août et septembre.

Communauté des Sciaenidae

Chez la plupart des espèces de cette communauté, les rendements de saison chaude sont supérieurs à ceux de saison froide (tableau VI). C'est le cas de *Lagocephalus laevigatus*, *Sphyraena* spp., *Pentanemus*

TABLEAU VI

Rendements moyens (kg/h) de saison chaude (SC) et de saison froide (SF) des espèces principales de la communauté des Sciaenidae sur la radiale de Grand-Bassam

PROFONDEURS / ESPÈCES		15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	50 m	60 m	80 m	100 m	SC/SF (1)
Dasyatis margarita												
	SC	7,3	5,4	6,2	1,6	x						1,9
	SF	17,3	2,1	1,2	0,5	0						
Ilisha africana	SC	50,6	130,8	213,6	103,1	20,1	13,9	1,9				1,4
	SF	15,8	40,2	209,0	72,8	10,5	2,2	0				
Lagocephalus laevigatus												
	SC	1,6	0,6	0,2	0,4	1,1	2,0	0,6	0,1	x	0,2	
	SF	x	0,2	x	0	x	x	x	0,1	0	0	
Sphyraena spp.	SC	1,5	2,5	3,1	2,6	7,3	11,5	19,8	20,1	0,5	x	20,9
	SF	0,8	0,2	0	x	x	0,2	1,3	0,4	0,8	0	
Galeoides decadactylus												
	SC	23,5	16,4	23,0	22,2	15,0	5,5	1,5	x			3,4
	SF	6,0	7,5	4,9	5,4	3,3	3,9	0,1	x			
Pentanemus quinquarius												
	SC	3,1	13,8	8,0	1,9	0,6						4,3
	SF	2,4	0,7	3,8	x	0						
Pomadasys jubelini												
	SC	4,3	6,8	6,5	2,8	0,9	0,2					0,9
	SF	8,8	11,1	4,8	3,1	0	0					
Pseudotolithus typus												
	SC	1,6	6,9	8,4	0,7							2,7
	SF	3,3	1,8	3,5	0							
Pseudotolithus senegalensis												
	SC	16,4	35,2	53,0	44,2	23,6	7,8	2,6				1,4
	SF	27,0	23,0	40,1	38,0	9,0	3,6	3,0				
Pteroscion peli	SC	25,0	70,6	81,5	51,8	25,6	7,8	2,2	0			1,5
	SF	26,5	48,3	57,1	29,1	14,9	4,5	1,1	0,5			
Selene dorsalis	SC	8,4	13,3	11,2	8,8	7,3	5,7	0,8	1,8	0,2		2,5
	SF	0,5	2,6	5,2	0	0,1	0,2	1,0	7,7	0,3		

(1) Rapport calculé après pondération des rendements par l'écartement des stations.

x : rendements inférieurs à 50 g (valable pour les tableaux suivants).

quinquarius, *Pseudotolithus typus*, *Pteroscion peli*, *Selene dorsalis*. Ce phénomène peut parfois être expliqué par une concentration des populations près de la côte en saison froide, largement hors de portée des chaluts ; ainsi, *Dasyatis margarita* est plus abondant à 15 m à cette période alors que les rendements diminuent sur les fonds de 20 à 35 m. De même, selon TROADEC (1971), *Pseudotolithus senegalensis* se concentre sur la frange littorale (< 20 m) quand les eaux sont froides, avec également un déplacement vers la surface ; ces conclusions sont confirmées par FONTANA (1979) au Congo ; DURAND (1967) n'observe cependant pas, dans la même région, de variations saisonnières sensibles chez *Pseudotolithus senegalensis* et note, de plus, en saison chaude, une concentration d'adultes sur les fonds de 15 m qui serait liée à la reproduction. En Côte-d'Ivoire, les rendements des chalutiers (figure 10f) atteignent les plus fortes valeurs en début de saison chaude et diminuent ensuite jusqu'à un palier minimal de mai à septembre ; les chalutiers congolais capturent également davantage de *Pseudotolithus* en saison chaude qu'en saison froide (POINSARD, 1969 ; FONTANA, 1979).

Galeoides decadactylus (figure 10b) est, lui aussi, nettement plus abondant en saison chaude qu'en saison froide, en Côte-d'Ivoire comme au Congo ; l'hypothèse d'une remontée à la côte sur des fonds très faibles en période d'eaux froides a été avancée par SAMBA (1974) au Sénégal ; au Ghana, les rendements obtenus avec un chalut à grande ouverture verticale sont plus élevés en saison froide, ce qui tend à indiquer un décollement du fond à ce moment. Cette explication serait aussi à retenir pour *Ilisha africana* (figure 10a), les chalutiers obtenant de meilleurs résultats en saison chaude alors que les pêches des sardiniers sont plus importantes en saison froide.

Pomadasys jubelini (figure 10c) est la seule espèce de la communauté des Sciaenidae dont les prises au chalut soient supérieures en saison froide. ALBERDI (1971) signale au Sénégal que la reproduction a lieu en saison froide. Les *Pomadasys* seraient alors plus proches du fond.

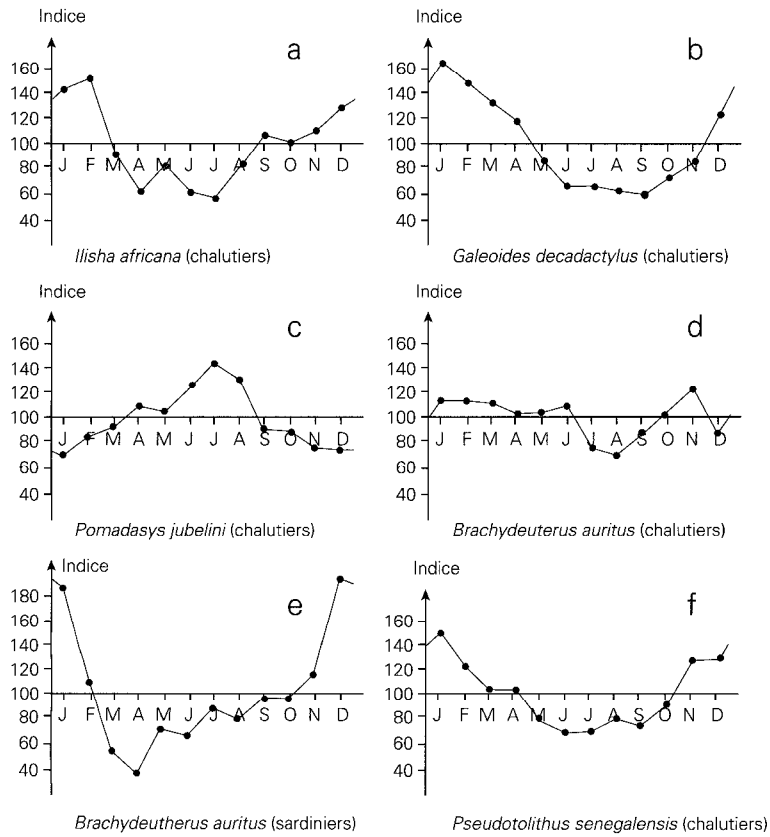


Figure 10
Évolution des indices mensuels moyens de rendement des chalutiers ou sardiniers en Côte-d'Ivoire pour certaines des plus importantes espèces de la communauté des Sciaenidae et pour *Brachydeuterus auritus*.

Espèces eurybathes ou de la thermocline (tableau VII)

Mustelus mustelus et *Raja miraletus* font mouvement vers la côte en saison froide, époque où les rendements d'ensemble sont les plus élevés.

Brachydeuterus auritus (figure 10d) semble avoir le même comportement avec, de plus, décollement du fond, ce qui expliquerait les faibles rendements, en Côte-d'Ivoire, des chaluts classiques à cette période et les bons résultats de RIJAVEC (1971), sur les petits fonds du Ghana (18-27 m), avec un chalut à grande ouverture.

TABLEAU VII

Rendements moyens (kg/h) de saison chaude (SC) et de saison froide (SF) des principales espèces eurybathes ou de la thermocline sur la radiale de Grand-Bassam

PROFONDEURS / ESPÈCES		15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	50 m	60 m	80 m	100 m	200 m	SC/SF (1)
Brachydeuterus auritus													
	SC	15,9	37,4	50,6	128,1	74,8	77,9	100,4	50,8	0,5			8,7
	SF	1,5	x	4,9	0,7	2,1	19,4	3,0	0,6	0			
Cynoglossus canariensis													
	SC			0,5	4,3	6,4	7,5	6,7	6,4	0	x		1,0
	SF			0	1,7	8,3	9,6	6,9	6,1	x	0		
Raja miraletus	SC	0	0,1	0,9	2,8	7,0	8,1	11,5	5,4	0,9			0,7
	SF	1,6	1,4	5,6	21,4	11,6	8,1	7,3	1,9	0			
Trichiurus lepturus	SC	8,6	18,6	44,0	14,6	15,0	13,7	4,1	6,5	17,5	4,0	x	0,5
	SF	13,5	20,5	93,0	39,1	44,0	27,6	5,0	32,1	3,1	1,0	0	
Mustelus mustelus	SC			0	0,1	2,5	0,1	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,2
	SF			1,8	6,4	3,4	3,0	9,6	3,4	1,4	0	0	

(1) Rapport calculé après pondération des rendements par l'écartement des stations.

La disponibilité plus forte de *Trichiurus lepturus* (figure 11) aux engins de pêche en début de saison chaude doit être mise en relation avec un maximum de reproduction à cette période.

Enfin, au moment de la ponte en saison chaude, *Cynoglossus canariensis* (figure 12) se déplacerait vers la côte avec peut-être une diminution de la vulnérabilité du fait d'un meilleur enfouissement, ce qui expliquerait les meilleurs résultats des chalutiers en saison froide dans la strate 21-50 m.

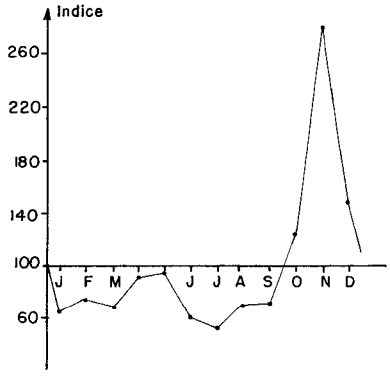


Figure 11
Évolution des indices moyens mensuels des rendements de *Trichiurus lepturus* des chalutiers ivoiriens dans la strate 21-50 m.

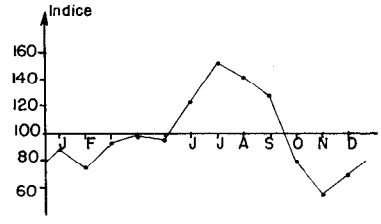


Figure 12
Évolution des indices moyens mensuels des rendements de *Cynoglossus canariensis* des chalutiers ivoiriens dans la strate 21-50 m.

Communauté des Sparidae

La plupart des espèces de cette communauté (*Pagellus bellottii*, *Trachurus trecae*, *Dentex angolensis*, *Dentex canariensis* et *Sparus caeruleostictus*) sont, d'après la plupart des données disponibles en Côte-

d'Ivoire comme en d'autres régions du golfe de Guinée, plus abondantes en saison froide qu'en saison chaude (figure 13) ; il y aurait alors migration vers la côte. Le phénomène n'est cependant pas toujours observé chez *Pagellus bellottii*, en particulier au Congo ; de même, si les captures de *Trachurus trecae* sont plus élevées en Côte-d'Ivoire en saison froide (surtout au cours de la deuxième partie), elles présentent peu de variations au Congo bien qu'une remontée à la côte assez nette soit observée dans cette région.

En revanche, *Balistes carolinensis* est peu abondant au niveau du fond en Côte-d'Ivoire au cours de la période froide. Les meilleures pêches ont lieu en saison chaude en Côte-d'Ivoire et au Ghana (tableau VIII) ; ce pic d'abondance est sans doute en relation avec la période de reproduction.

TABLEAU VIII
Pourcentages mensuels des prises de balistes des chalutiers côtiers (8-12 m) ghanéens de 1973 à 1977 (d'après ANSA-EMMIM, 1979)

Mois / Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	19,4	11,6	13,1	7,5	6,4	0,7	0,6	0,3	0,3	3,1	15,4	21,6
1974	12,5	16,5	9,7	7,3	11,5	1,2	1,0	0,8	2,7	6,9	8,6	21,4
1975	19,2	10,5	5,7	5,4	3,4	1,0	0,4	0,8	0,3	5,6	20,0	27,8
1976	14,3	12,6	10,6	9,1	0,5	0,6	0,3	0,4	6,0	6,1	16,0	23,4
1977	17,6	14,0	9,6	11,1	4,9	0,5	0,7	0,3	1,8	5,4	18,5	15,5
Moyenne	16,6	13,0	9,7	8,1	5,3	0,8	0,6	0,5	2,2	5,4	15,7	21,9

Communauté de la partie profonde du plateau

Les rendements de *Priacanthus arenatus* et de *Brotula barbata* sont nettement plus importants en saison froide (tableau IX). Il en est de même chez *Pentheroscion mbizi* chez lequel on note une remontée de la population en période froide ; la même observation a été faite au Congo. *Ariomma bondi* voit son abondance diminuer au niveau du fond en saison froide, le caractère pélagique de l'espèce s'accentuant alors.

Communauté de la pente continentale

Selon CAVERIVIÈRE (1983), l'évolution des prises et des rendements de *Centrophorus granulosus*, de décembre à août 1978 devant Abidjan (figure 14), montre deux pics, l'un en février (petite saison froide), l'autre, plus important, en juillet - août (grande saison froide). La pêche artisanale se pratiquant à la limite supérieure de la distribution des requins-chagrins, les pics traduiraient une remontée de l'espèce en périodes froides.

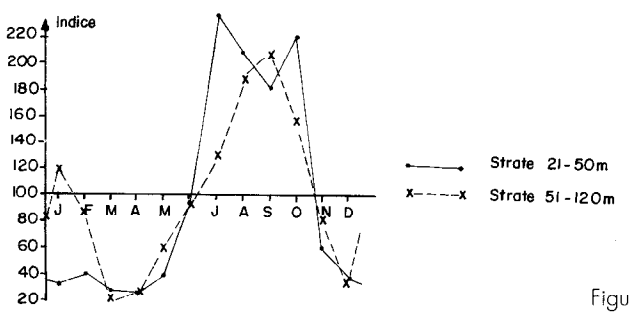


Figure 13
Pageots (Sparidae) - Évolution des indices moyens mensuels de rendement.

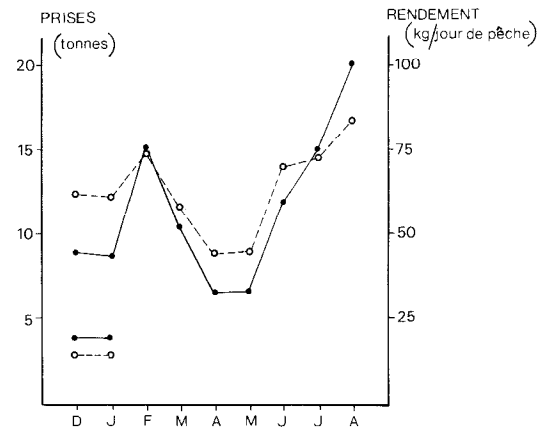


Figure 14
Prises et rendements mensuels (décembre 1977 à août 1978) de requins-chagrins.

TABLEAU IX

Rendements moyens (kg/h) de saison chaude (SC) et de saison froide (SF) des espèces principales de la communauté des Sparidae et de la communauté de la partie profonde du plateau sur la radiale de Grand-Bassam

PROFONDEURS / ESPÈCES		15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	50 m	60 m	80 m	100 m	200 m	SC/SF (1)
Priacanthus arenatus													
	SC				x	0,2	0,5	5,4	4,2	5,6	3,3	0,2	0,4
	SF				0,2	x	0,1	5,3	14,4	11,5	17,8	0,3	
Pentheroscion mbizi													
	SC							2,9	29,4	46,6	33,3	48,1	0,7
	SF							7,8	80,8	38,5	67,1	39,0	
Trachurus trecae	SC						x	0,3	3,2	0,6	0,7		0,1
	SF						0,2	3,8	29,4	27,4	7,7		
Dentex angolensis	SC							0,4	10,7	53,1	58,3	5,0	0,6
	SF							x	9,8	89,3	112,8	7,6	
Pagellus bellottii	SC	x	0,1	0,2	0,3	0,9	2,3	11,7	5,9	1,8	0,1	x	0,7
	SF	0	0	0	x	0,9	4,8	21,6	5,1	0,8	0	0	
Brotula barbata	SC					x	x	0,6	8,9	19,7	26,3	9,8	0,5
	SF					0	0	0,9	18,8	47,5	58,8	9,5	
Ariomma bondi	SC							0,5	0,7	17,8	31,0	20,3	4,6
	SF							x	0	6,4	8,9	x	

(1) Rapport calculé après pondération des rendements par l'écartement des stations.

Variations saisonnières consécutives à la diminution du taux d'oxygène dissous

Les variations de la teneur en oxygène sont très sensibles sur les fonds de 15 à 50 m et jusqu'à 80 m (VERSTRAETE, 1970). En règle générale, la quantité d'oxygène dissous décroît à partir de début juin pour atteindre un minimum vers septembre-début octobre. Les teneurs en oxygène peuvent alors être très faibles (inférieures à 1 ml/l et 20 % de saturation).

D'après TROADEC (1971), les rendements de *Pseudotolithus senegalensis* paraissent, de manière très probable, diminuer nettement quand la teneur en oxygène dissous devient inférieure à 2,0 ml/l ; il indique également que l'effet négatif des faibles concentrations en oxygène agirait sur la plupart des espèces de la communauté des Sciaenidae ; en effet, seuls *Pteroscion peli* et *Ilisha africana* sont pêchés pendant cette période en quantité encore appréciable, ainsi que l'espèce eurybathe *Trichiurus lepturus*.

Ces conclusions n'ont cependant pas été confirmées lors de chalutages expérimentaux ultérieurs, tout au moins pour les teneurs comprises entre 1,5 et 2,0 ml/l, où de bonnes prises de *Pseudotolithus senegalensis* ont été réalisées.

Discussion et conclusions

Si l'on s'en tient aux résultats des campagnes expérimentales, presque toutes les espèces étudiées appartenant à la communauté des Sciaenidae et aux communautés plus profondes manifestent des variations saisonnières de l'abondance allant dans le même sens à l'intérieur de chaque groupe ; rendements plus élevés en saison chaude dans la communauté littorale des Sciaenidae et en saison froide dans les communautés plus profondes (à l'exception de *Ariomma bondi*). Ces variations de sens inverse apparaissent également lorsque l'on considère les prises toutes espèces sur les fonds de 15 à 50 m (peuplés en majorité par les espèces de la communauté des Sciaenidae) et celles obtenues sur les fonds de 60 à 100 m. Il y a diminution globale des rendements horaires dans la strate littorale en saison froide et augmentation dans la strate profonde, les rendements dans cette dernière devenant alors supérieurs à ceux de

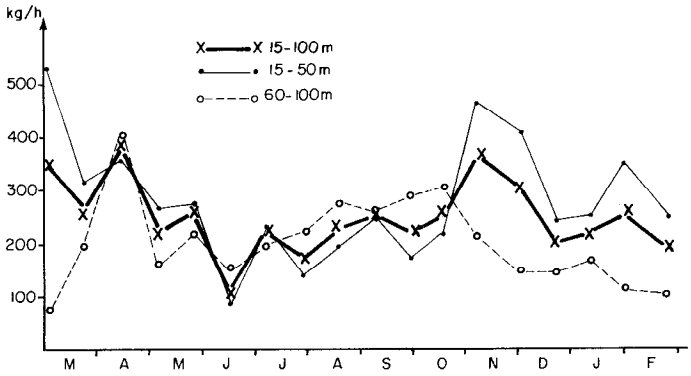


Figure 15
Évolution des rendements horaires moyens par strate bathymétrique lors des campagnes de chalutage devant Grand-Bassam en 1966-1967.

la première (figure 15). Les variations de rendement sur l'ensemble du plateau sont faibles — du fait des évolutions opposées de l'abondance des deux principales communautés — et montrent au total une légère diminution en saison froide.

Cette variabilité apparaît moins nettement si l'on considère les indices mensuels moyens de rendement toutes espèces des chalutiers (tableau X), sur la période 1968-1977 ; les écarts sont en effet amortis dans les statistiques de pêche (effet tampon) dans la mesure où il y a recherche constante des meilleures prises possibles par les pêcheurs ; ainsi l'effort optimal dans la strate profonde (50-120 m) (tableau XI) se situe en septembre et octobre et correspond à une augmentation effective de l'abondance (figure 15).

Les variations saisonnières d'abondance correspondent à des changements dans l'abondance apparente au niveau du fond, qui peuvent être dus à des déplacement horizontaux ou verticaux ainsi qu'à l'arrivée de classes nouvellement recrutées. Les migrations verticales existent apparemment chez de nombreuses espèces, particulièrement celles de la communauté des Sciaenidae, qui évitent, en se déplaçant vers la surface, les remontées d'eaux trop froides en période d'upwelling. Les migrations horizontales vers la côte peuvent obéir au même phénomène d'évitement, ou au contraire à la montée des espèces plus profondes qui suivent les eaux froides en période d'upwelling (communauté des Sparidae) ; elles peuvent aussi être liées de manière directe à la reproduction. Ces migrations verticales et horizontales vers la côte sont de plus en plus confirmées en Côte-d'Ivoire par l'étude des pêches artisanales (traîne, palangrotte, filets maillants). Des migrations horizontales latérales hors des eaux de Côte-d'Ivoire ne paraissent guère

TABLEAU X
Indices moyens mensuels (i) des rendements (toutes espèces) des chalutiers en Côte-d'Ivoire par strate bathymétrique

		SAISON CHAUDE						SAISON FROIDE			SAISON CHAUDE		
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensemble du	(i)	105	103	99	95	89	92	97	102	105	105	109	99
plateau (10-120 m)	(s)	(17)	(11)	(5)	(12)	(7)	(12)	(13)	(12)	(23)	(7)	(14)	(15)
Strate 10-50 m	(i)	110	103	97	95	89	92	99	99	93	110	112	100
	(s)	(21)	(12)	(9)	(13)	(5)	(13)	(9)	(17)	(13)	(14)	(14)	(15)
Strate 50-120m	(i)	113	97	70	91	88	94	111	109	111	97	108	109

(s) = écart-type.

TABLEAU XI
Pourcentages moyens mensuels de l'effort exercé sur les fonds supérieurs à 50 m (moyenne 1969-1977)

SAISON CHAUDE						SAISON FROIDE			SAISON CHAUDE		
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,7	1,1	0,8	3,0	5,3	9,4	11,0	17,8	22,3	23,1	4,1	1,5

avoir lieu chez les espèces démersales, quoique seuls quelques marquages de *Pseudotolithus senegalensis* aient été effectués dans cette région (TROADEC, 1971) ; en revanche, elles pourraient exister chez les espèces semi-pélagiques capturées par les chalutiers et elles sont sans doute importantes dans le cas de *Balistes carolinensis*. L'arrivée des recrues dans la pêcherie, soit par sélectivité des chaluts, soit par migration des jeunes sur les fonds de pêche, ne modifie apparemment jamais grandement l'abondance des espèces dans les captures et leur répartition sur les fonds, bien que les nombres de classes d'âge contribuant significativement aux prises soient très généralement faibles ; cela sans doute du fait d'une répartition assez étalée des périodes de ponte. Cette absence d'effet notable du recrutement est caractéristique des eaux tropicales de l'Afrique de l'Ouest, même quand les saisons sont bien marquées, et plus généralement de toutes les eaux tropicales.

CONCLUSIONS SUR LA RÉPARTITION DES ESPÈCES ET LES VARIATIONS PÉRIODIQUES DE L'ABONDANCE

On notera en premier lieu l'importance des espèces semi-pélagiques dans les prises au chalut de fond, notamment *Brachydeuterus auritus* et *Ilisha africana* (tableau III). Cette situation est commune dans tout le golfe de Guinée.

Les espèces principales sont le plus souvent de petite taille ; ainsi, celles dont les individus dépassent assez régulièrement les 25 cm de longueur totale peuvent être estimées comme représentant à peine 25 à 30 % des prises pondérales totales. Le facteur trophique paraît jouer un rôle prépondérant dans les répartitions bathymétriques moyennes de l'abondance puisque, même quand les conditions physiques du milieu sont satisfaisantes, les espèces de la communauté des Sciaenidae ne descendent pas plus bas que la profondeur moyenne de la thermocline qui déterminerait la limite de la faune littorale benthique. Le facteur trophique pourrait être, en particulier, une explication au nanisme des espèces quand l'on passe des zones où les upwellings périodiques provoquent un enrichissement planctonique des eaux et en fin de compte une augmentation de nourriture pour les populations de poissons, à des zones stables et plus pauvres ne présentant pas de remontées d'eau froide. Ce phénomène est noté par CROSNIER (1964) et par LONGHURST (1965a). FONTANA (1979) l'a parfaitement illustré en analysant les structures de taille de *Pseudotolithus senegalensis* et *Galeoides decadactylus* pêchés en Côte-d'Ivoire et au Congo pendant les campagnes GTS (WILLIAMS, 1968). Le facteur trophique pourrait également expliquer la faible abondance de la plupart des espèces de la communauté des Sciaenidae sur les fonds de vase et de sable purs, pauvres en benthos.

La répartition bathymétrique globale peut être modifiée par des variations saisonnières dépendant des facteurs physiques du milieu. Ces variations sont particulièrement importantes chez les espèces de la communauté des Sciaenidae. La nourriture serait le facteur essentiel déterminant la répartition de ces espèces, sauf quand d'autres facteurs — température et concentration en oxygène dissous — sont vraiment par trop défavorables. Il y a alors remontée des espèces vers la côte ou vers la surface, une même espèce pouvant présenter ces deux types de mouvements. Les espèces démersales côtières ne présentent généralement pas de migrations latérales de quelque importance pour échapper à des milieux hydrologiquement défavorables et supportent donc en saison froide des conditions qu'elles évitent quand elles ont le choix ; TROADEC (1971) a pu écrire ainsi au sujet de *Pseudotolithus senegalensis* : «(...) la relation hydrologique reste souple (...). Tout semble se passer comme si, en présence de conditions défavorables d'origine diverse, les *Pseudotolithus senegalensis* se concentraient de préférence sur les fonds où l'ensemble des conditions présenterait la situation la moins défavorable ». Cette nécessaire tolérance a bien été montrée par cet auteur quand les eaux froides arrivent sur les petits fonds. CAVERIVIÈRE (1982) a pu également mettre en évidence ce phénomène chez *Galeoides decadactylus* : il y a une augmentation très nette des prises moyennes de 15 à 20 m quand la catégorie d'eau la plus froide atteint ces fonds, alors que plus bas, dans les mêmes eaux, les prises sont minimales. Dans les régions où le refroi-

dissement est moins marqué, les espèces côtières ne sont pas obligées de supporter des températures aussi basses que dans les régions d'upwelling et, en effet, TROADEC (1971) a noté que les limites inférieures de distribution en fonction de la température chez *Pseudotolithus senegalensis* sont plus élevées en Sierra Leone (17,5 °C) et surtout au Nigeria (19,9 °C) — région où les remontées d'eau ont une amplitude très faible — qu'en Côte-d'Ivoire (16,9 °C) et au Congo (15,5 °C). Les espèces des communautés plus profondes peuvent, elles, toujours suivre les eaux qui leur conviennent et présentent une abondance globale plus élevée en saison froide sur le plateau continental. La moyenne générale pour l'ensemble du plateau diminue cependant (figure 15) au cours de cette saison du fait de la prépondérance habituelle des espèces de la communauté des Sciaenidae qui présentent alors une diminution plus importante.

La répartition bathymétrique peut également être modifiée par des variations à courtes périodes ; les plus importantes sont les variations nycthémérales qui peuvent avoir un effet très important sur l'abondance globale des espèces au niveau du fond et présentent parfois des inversions de rapport, encore mal connues, en fonction de la profondeur et peut-être de la saison. Les variations nycthémérales d'abondance peuvent donc modifier quelque peu les répartitions bathymétriques moyennes et les variations saisonnières décrites à partir de résultats de traits de chalut de jour. Une meilleure connaissance de ces variations et de leur déterminisme, qui est encore loin d'être bien élucidé, nécessitera des études supplémentaires avec des moyens importants.

Principaux aspects de la biologie des espèces démersales

Cette partie traite de l'alimentation, de la reproduction et de la croissance, principaux volets de la biologie d'une espèce, liés les uns aux autres dans la mesure où l'énergie fournie par la nourriture ingérée est transformée dans une proportion plus ou moins variable en énergie servant à la reproduction, à la croissance... Ainsi JONES (1977) écrit : « Chaque génotype est vraisemblablement adapté à répartir son énergie entre survie, croissance et production d'œufs, d'une façon qui lui est propre. Toutefois, s'il dispose d'une nourriture réduite, n'importe lequel des trois facteurs peut être favorisé aux dépens des deux autres. » La connaissance de la croissance et de la fécondité des espèces est importante en dynamique des populations car susceptible de permettre une meilleure compréhension de l'évolution des stocks en fonction des modifications apportées, ou que l'on pourra apporter, dans leur exploitation.

ALIMENTATION

Les régimes alimentaires des espèces démersales n'ont été, en général, que brièvement étudiés en Côte-d'Ivoire. Le travail de LE LŒUFF et INTÈS (1973) intéresse 21 espèces mais l'analyse n'a porté que sur peu d'individus récoltés à une seule époque de l'année. Les seules études approfondies sont menées par TROADEC (1968, 1971) sur *Pseudotolithus senegalensis* et *Pseudotolithus typus*, par BARRO (1976) sur *Brachydeuterus auritus*, par INTÈS et LE LŒUFF (1976) sur *Dentex angolensis*. Les résultats obtenus en Côte-d'Ivoire peuvent cependant être complétés par quelques études réalisées en d'autres régions du golfe de Guinée, en particulier celles de LONGHURST (1957, 1960) qui portent sur 25 espèces de l'estuaire de la Sierra Leone et 71 espèces récoltées entre les îles du Cap-Vert et Fernando Po.

Avant de décrire les régimes alimentaires des espèces démersales, il paraît utile de schématiser brièvement les connaissances sur les peuplements d'invertébrés de l'épifaune benthique qui sont d'une grande importance dans l'alimentation de ces poissons, notamment les crustacés ; on parlera plus en détail de la répartition et de l'abondance de deux d'entre eux, le caridé *Palaemon hastatus* et le péneidé *Parapenaeopsis atlantica*, qui peuvent être très abondants dans les bols alimentaires des espèces démersales côtières de Côte-d'Ivoire.

Épifaune benthique

Rappel général des connaissances utiles à l'étude de l'alimentation des poissons démersaux

RIJAVEC (1971) indique qu'il y a au Ghana une bonne corrélation, significative à 99 %, entre la prise moyenne de poissons démersaux et la quantité d'invertébrés benthiques ramenée dans le filet, et prise comme indicateur de l'abondance sur le fond (le vide de maille du cul de chalut étant de 32 mm).

En Côte-d'Ivoire, l'étude de LE LŒUFF et INTÈS (1968) sur la faune benthique ne concerne que l'épifaune de grande taille et l'inadéquation du filet de 40 mm à la capture des espèces benthiques du point de vue du nombre des espèces récoltées et de leur abondance a été soulignée. La corrélation obtenue par RIJAVEC montre cependant la valeur globale de la méthode vis-à-vis de la densité pondérale des espèces démersales et on peut penser que la corrélation obtenue avec ce type d'échantillonnage doit être meilleure que celle que l'on pourrait obtenir à partir d'engins plus classiques de récolte du benthos, bennes et dragues principalement, qui ne permettent pas d'échantillonner la faune vagile. Cette hypothèse nous a conduit à privilégier l'étude de LE LŒUFF et INTÈS (1968), qui permet en outre une schématisation plus facile, plutôt que la synthèse par les mêmes auteurs de l'ensemble des travaux sur la faune benthique de Côte-d'Ivoire, contenue dans cet ouvrage à laquelle on pourra se référer pour plus de précision.

LE LŒUFF et INTÈS regroupent les invertébrés benthiques du plateau continental en deux peuplements, d'après les relations organismes-conditions hydrologiques.

Le peuplement littoral est situé au-dessus de l'isobathe 60 m. Cette zone est caractérisée par l'instabilité des conditions hydrologiques. À l'intérieur de ce peuplement, une distinction est faite entre la faune côtière, dont les espèces se maintiennent au-dessus de la thermocline et supportent de grandes variations de température et de salinité, et la faune subcôtière dont les espèces se rencontrent à partir de 25 à 30 m, évitant ainsi les eaux chaudes et dessalées.

Le peuplement profond s'étend, à partir de 60 à 70 m, vers la bordure du plateau, la limite des deux peuplements étant marquée par un changement faunistique qui s'accompagne d'une brusque diminution de la richesse en espèces et en effectifs du benthos.

Ces peuplements d'invertébrés benthiques, dans leur extension, correspondent assez bien aux principales communautés de vertébrés démersaux.

LE LŒUFF et INTÈS mettent en évidence des variations, en fonction de la profondeur, du nombre des espèces et de l'abondance totale en individus. Ces variations sont en relation avec les unité bionomiques précédemment décrites ; le nombre d'espèces et d'individus est :

— assez important entre 15 et 30 m ;
— élevé en espèces et surtout en individus entre 35 et 50 m ;
— faible dans les deux cas — mais surtout en individus — à partir de 60 m, profondeur qui correspond à l'extension limite des influences littorales et à la charnière entre deux faunes.

Il y a augmentation, dans les deux premières strates bathymétriques, des captures au chalut d'invertébrés benthiques en saison froide, notamment sur les petits fonds, du fait de l'apparition, en abondance, de *Palaemon hastatus* et de *Parapenaeopsis atlantica*.

Répartition et abondance de Palaemon hastatus *et* Parapenaeopsis atlantica

Palaemon hastatus, petite crevette d'une taille maximale de 7 cm, est une espèce côtière abondante en Côte-d'Ivoire au moment du maximum de productivité planctonique en saison froide (juillet à octobre-novembre). TROADEC (1971) note que des prises atteignant jusqu'à 10 kg par heure de pêche ont pu être obtenues malgré l'inadéquation des mailles du chalut à la pêche de cette espèce. LE LŒUFF et INTÈS (1968) l'ont récoltée jusqu'à une profondeur de 30 m, et surtout entre 15 et 20 m. Sa présence au débouché des fleuves (Grand-Bassam, Sassandra et Grand-Lahou) et son absence ailleurs (Fresco et Jacqueville) laissent à penser que son apparition est liée à la proximité d'eaux dessalées. Ce caridé est, par ailleurs, connu comme une espèce d'eaux saumâtres, notamment au Nigeria, ainsi que le signale SAGUA (1980).

Parapenaeopsis atlantica n'a encore été que peu étudié (CROSNIER, 1967 ; CROSNIER et DE BONDY, 1967). Cette crevette côtière, qui ne se rencontre jamais en lagune, paraît commune sur les fonds vaseux ou vaso-sableux. Les longueurs totales des individus capturés au chalut sont comprises entre 6 et 14 cm. Son abondance dans le chalut en Côte-d'Ivoire n'a jamais été très forte (maximum 20 kg/h). Elle a été pêchée de 15 à 50 m, plus particulièrement de 15 à 30 m avec un maximum à 25 m. Elle se rencontre toute l'année, mais les variations saisonnières d'abondance sont importantes. Selon TROADEC (1971), les meilleures prises ont lieu pendant la petite saison des pluies et la crue des fleuves, en fin de saison froide-début de saison chaude.

De l'ensemble des observations en Côte-d'Ivoire et au Congo (CAVERIVIÈRE, 1982), il semble se dessiner que les augmentations d'abondance de *Palaemon* et *Parapenaeopsis* sur les fonds de pêche des poissons démersaux côtiers, qui apparaissent dans leur bol alimentaire, seraient en liaison avec de forts apports d'eaux continentales, sans que les variations de facteurs souvent liés à ces apports comme la température, la salinité, l'abondance planctonique sur ces fonds, paraissent entrer en ligne de compte. Les fortes abondances observées coïncideraient avec la période de reproduction de ces espèces, comme l'indiquerait l'observation de femelles ovigères de *Palaemon* en Côte-d'Ivoire et l'augmentation du nombre de larves de Caridae et de Penaeidae au Congo. LE RESTE (1973) et GARCIA (1977) ont déjà signalé l'importance des précipitations et des crues des fleuves sur le déclenchement des pontes de *Penaeus indicus* à Nosy-Bé (Madagascar) et de *Penaeus notialis* en Côte-d'Ivoire. Le premier auteur écrit que l'on peut supposer que « les variations pluviométriques sont l'horloge de la reproduction ».

Régime alimentaire des principales espèces démersales capturées en Côte-d'Ivoire

Moyens d'étude et présentation des données

Le principal moyen est l'analyse des contenus stomacaux. On va dénombrer (occurrence) les estomacs contenant telle proie ou tel groupe de proies (en général constitué sur une base taxonomique : crustacés, mollusques, etc.) ; le pourcentage d'occurrence sera la proportion des estomacs non vides contenant l'espèce ou le groupe considéré. Ce procédé très simple ne tient pas compte des quantités ingérées, mais JONES (1954) a trouvé une bonne corrélation entre l'augmentation du pourcentage d'occurrence et celle du poids de chaque type de nourriture. Le facteur de condition traduit l'embonpoint du poisson ; il est souvent de la forme : poids/cube de la longueur.

Dans cet aperçu, on ne mentionnera que les espèces du plateau continental qui ont une certaine importance quantitative ou qui présentent un type d'alimentation particulier. Les espèces relativement abondantes dont le rôle de prédateur est bien connu ne seront pas cités : requins, mérous, barracudas. CAVERIVIÈRE (1982) a regroupé sous une forme synoptique (tableaux XII à XIV) à partir des données de LONGHURST (1960), LE LŒUFF et INTÈS (1973) et de celles des auteurs ayant étudié une espèce particulière, les informations sur l'alimentation des principales espèces démersales de la région. Quatre symboles sont utilisés pour indiquer les niveaux de présence, élevés à faibles, des grands groupes zoologiques. L'ordre de classement de gauche à droite de ces groupes dans les tableaux correspond *grosso modo* au passage des espèces les plus vagiles à celles qui sont pratiquement fixes. LONGHURST (1957) regroupe la plupart des espèces en trois classes suivant que leur nourriture est principalement composée de poissons (ichtyophages), d'épifaune active et poissons, d'épifaune sédentaire et endofaune. Cette classification est conservée en fin de tableau, malgré son caractère parfois trop schématique, en ajoutant une classe formée des espèces dont l'alimentation est très variée.

Résultats

Communauté des Sciaenidae

De nombreuses espèces ont une alimentation à base de crustacés épibenthiques (*Ilisha africana, Pentanemus quinquarius, Galeoides decadactylus, Pteroscion peli, Pseudotolithus senegalensis, Pseudotolithus*

TABLEAU XII
Régimes alimentaires des espèces de la communauté des Sciaenidae

Espèces	Estomacs N	Estomacs N'	Poissons	Céphalopodes	Petits crustacés	Crevettes	Crabes Pagures	Stomatopodes Thalassinides	Ensemble crustacés	Mollusques	Ophiures	Polychètes Échiuriens	Catégorie	Auteurs
Dasyatis margarita	150	74			●	Δ	Δ	○	●	○		■	2-3	LONGHURST (1960)
Ilisha africana	8	7	●			Δ			Δ				2	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	284	54	Δ		●	Δ			●				2	LONGHURST (1960)
Pentanemus quinquarius	23	23	■		●	●	Δ		●			○	2	Le LŒUFF et INTÈS (1973)
	154	39	Δ		●	●	○		●				2	LONGHURST (1960)
Galeoides decadactylus	950	175	■		●	●	●	Δ	●	Δ	○	Δ	2	SAMBA (1974) (Congo)
	20	20	Δ		●	●	●	■	●	Δ	Δ	Δ	2 —> 3	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	360	192	Δ		●	●	●	○	●	○	○	Δ	2 —> 3	LONGHURST (1960)
Pomadasys jubelini	349	70	■			■	Δ		●	■	Δ	●	4	LONGHURST (1960)
Peroscion peli	47	32			●	●	○		●				2	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	248	39	Δ	○	●	○			●	Δ			2	LONGHURST (1960)
Pseudotolithus elongatus	?	?	Δ		●	Δ	○	○	●	○			2	LE GUEN (1971 et *comm. pers.*)
Pseudotolithus senegalensis	3 437	2 814	Δ	○	■	●	○	○	●	○			2	TROADEC (1968, 1971)
Pseudotolithus typus	1 864	1 645	Δ	○	Δ	●			●	○			2	TROADEC (1968)
Chloroscombrus chrysurus	19	18	●		●	Δ			●				2 macroplancton	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
Selene dorsalis	5	3	●	■	●				●				2 macroplancton	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
Cynoglossus browni	14	14			●	●	●	■	●	●		●	3	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
C. senegalensis	151	62			○	Δ	Δ		■	○		●	3	LONGHURST (1960)

Occurrences : élevée ● assez élevée ■ peu élevée Δ faible ❍

N = estomacs examinés ; N' = estomacs non vides

1 = ichtyophages ; 2 = poissons et épifaune active ; 3 = épifaune sédentaire et endofaune : 4 = très varié

2 —> 3 : la catégorie soulignée est dominante.

TABLEAU XIII

Régimes alimentaires des espèces eurybathes ou de la thermocline

Espèces	Estomacs N	Estomacs N'	Poissons	Céphalopodes	Petits crustacés	Crevettes	Crabes Pagures	Stomatopodes Thalassinides	Ensemble crustacés	Mollusques	Ophiures	Polychètes Échiuriens	Catégorie	Auteurs
Raja miraletus	182	123	Δ	❍	❍	●	Δ	❍	●	❍		❍	2	LONGHURST (1960)
Trichiurus lepturus	9	5	●										1	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	83	27	●			■			■				1-2	LONGHURST (1960)
Cynoglossus canariensis	?	52			●	Δ	■	Δ	●	●	■	■	3	THIAM (1978)
Brachydeuterus auritus	2 316	1 633	❍	❍	●	Δ			●	❍	❍	❍	crustacés planctoniques	BARRO (1976)
	386	77	■		●	❍			●	Δ		■	4	LONGHURST (1960)

TABLEAU XIV
Régimes alimentaires des espèces de la communauté des Sparidae et de la partie profonde du plateau

Espèces	Estomacs N	Estomacs N'	Poissons	Céphalopodes	Petits crustacés	Crevettes	Pagures	Crabes	Stomatopodes Thalassinidés	Ensemble crustacés	Mollusques	Ophiures	Polychètes Échiuriens	Catégorie	Auteurs
Fistularia petimba	8	7	●											1	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
Priacanthus arenatus	2	2	●	■	●	■				●				2	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
Pentheroscion mbizi	77	3	●	■										1	LONGHURST (1960)
Pseudupeneus prayensis	22	22	●		■	●	●	■		●	○		■	4	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	36	21	■		●					●	●		Δ	4	LONGHURST (1960)
Sparus caeruleostictus	4 268	134	●	■						●	■	Δ	○	2 —> 3	RIJAVEC (1973) (Ghana)
	1 148	373	●	Δ	Δ	Δ	■	○		●	Δ	Δ	■	2 —> 3	LONGHURST (1960)
Dentex canariensis	4 202	129	●	■						Δ	Δ	Δ	○	2	RIJAVEC (1973) (Ghana)
	33	20			●	●				●			■	2 —> 3	LONGHURST (1960)
Dentex angolensis	?	386	●		■	●	●	Δ		●	Δ		Δ	2 —> 3	INTÈS et LE LŒUFF (1976)
Pagelus bellottii	4 754	164	●	■						■	Δ	Δ	Δ	2	RIJAVEC (1973) (Ghana)
	33	24	■		■	■	○			●	○	●	●	4	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	291	105	■		■	Δ	Δ	Δ		●	○		●	4	LONGHURST (1960)
Uranoscopus sp.	27	8	●			Δ				Δ				1 —> 2	LONGHURST (1960)
Chelidonichthys lastoviza	3	3	■		●	●	■			●				2 —> 3	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
Lepidotrigla cadmani	166	16	●		■	Δ	Δ			■			■	2 —> 3	LONGHURST (1960)
Dactylopterus volitans	7	7	Δ		●	●	●	Δ		●	■	●		4	LE LŒUFF et INTÈS (1973)
	51	39	●	Δ	●	Δ	●			●		Δ	Δ	4	LONGHURST (1960)

typus). Des poissons entrent également dans la nourriture de *Pentanemus* et des *Pseudotolithus* alors que *Pteroscion* a, d'après LONGHURST (1960), une alimentation plus variée avec, outre des crustacés, présence de poissons et mollusques (en particulier des céphalopodes). *Parapenaeopsis atlantica* est surtout rencontré dans les estomacs de *Galeoides*, *Palaemon hastatus* dans ceux de *Pentanemus* et des *Pseudotolithus*. Le régime alimentaire de *Pseudotolithus senegalensis* a particulièrement été étudié par TROADEC (1971) ; il y aurait choix des proies, *Palaemon hastatus* étant la proie préférée en saison froide, *Parapenaeopsis atlantica* venant ensuite comme proie de remplacement. *Pomadasys jubelini* présente un régime varié qui s'étend des polychètes aux poissons avec parfois une forte tendance à être malacophage. *Cynoglossus browni* et *Cynoglossus senegalensis* s'alimentent de la même façon, aux dépens des divers groupes zoologiques appartenant à l'épifaune sédentaire et à l'endofaune. Enfin, *Chloroscombrus chrysurus* et *Vomer setapinnis*, espèces semi-pélagiques, ont une nourriture à base de zooplancton et de micronecton, la seconde pouvant même être ichtyophage.

Communauté des espèces eurybathes ou de la thermocline

D'après BARRO (1976), *Brachydeuterus auritus* est polyphage et consomme essentiellement des organismes de la faune benthique vagile (crustacés, poissons juvéniles, céphalopodes) et du zooplancton ; les crustacés planctoniques forment la majorité du régime alimentaire, principalement les copépodes calanoïdés, qui vivent au voisinage des fonds et sont nombreux en saison froide ; en saison chaude, le régime est plus varié du fait de leur faible abondance. L'espèce semi-pélagique *Trichiurus lepturus* est connue comme un prédateur redoutable. L'étude des contenus stomacaux de *Cynoglossus canariensis* est abordée par THIAM (1978) au Sénégal. Le régime alimentaire serait varié à base de mollusques et de crustacés, du même type que celui des deux espèces de cynoglosses déjà citées, c'est-à-dire constitué principalement d'épifaune sédentaire et surtout d'endofaune. Selon CHAUVET (1970), le facteur de condition et la croissance de l'espèce diminuent en Côte-d'Ivoire au cours de la période froide.

Communauté des Sparidae

Pseudupeneus prayensis, *Pagellus bellottii* et *Dactylopterus volitans* ont un large spectre alimentaire ; chez *Pseudupeneus*, les proportions de polychètes, crustacés, mollusques et poissons peuvent être variables, en fonction de la disponibilité des proies (LE LŒUFF et INTÈS, 1973) ; dans les estomacs de *Pagellus*, on rencontre des éléments de la faune vagile et de l'endofaune, avec des pourcentages toujours importants de crustacés et de poissons ; les crustacés, notamment les moins mobiles, dominent dans l'alimentation de *Dactylopterus*. La dentition extrêmement robuste et la bouche relativement petite de *Balistes carolinensis* en font par excellence un prédateur de mollusques, d'oursins, de crustacés et, plus généralement, de tous les invertébrés. Les balistes prélèvent également, tout au moins dans la phase pélagique de leur existence, une partie de leur alimentation sur les espèces planctoniques (crustacés, larves et œufs de poissons), utilisant ainsi les possibilités trophiques de l'ensemble de leur biotope. Enfin, le poisson-trompette *Fistularia petimba*, pourvu d'une petite bouche à l'extrémité d'un long tube, est un redoutable prédateur de jeunes poissons.

Communauté de la partie profonde du plateau

INTÈS et LE LŒUFF (1976) ont étudié en détail l'alimentation de *Dentex angolensis* en Côte-d'Ivoire. Les crustacés en constituent la base et sont rencontrés dans 92 % des bols alimentaires, les poissons venant en seconde position. Ce *Dentex* recherche sa nourriture au niveau de la surface du sédiment et évite de fouir ; les crevettes de l'épifaune vagile constituent des proies appréciées. Il n'y a pas de variations significatives des indices de réplétion en fonction des saisons et des profondeurs de prélèvement. Cependant, le facteur de condition (KONAN, 1977) montre une valeur minimale en fin de grande saison chaude (juin), suivie de valeurs croissantes jusqu'en fin de grande saison froide-début de petite saison chaude ; cette augmentation serait en relation avec la nourriture disponible. Le régime alimentaire de *Chelidonichthys lastoviza*, *Lepidotrigla cadmani*, *Priacanthus arenatus* est surtout constitué, d'après les observations, de petits crustacés et de poissons.

Discussion et conclusions

La grande importance des crustacés dans le régime alimentaire des espèces démersales du golfe de Guinée et de la Côte-d'Ivoire en particulier est manifeste et ce dans chacune des quatre communautés examinées. En général, les petits crustacés et les crevettes dominent ; cependant, chez les espèces non côtières, le groupe des crabes et pagures a souvent un pourcentage d'occurrence élevé. Chez les espèces côtières (communauté des Sciaenidae), qui sont économiquement les plus importantes en Côte-d'Ivoire, le rôle prédominant de *Palaemon hastatus* et, dans une moindre mesure, de *Parapenaeopsis atlantica* est souvent mis en évidence. Les juvéniles de poissons sont aussi très souvent représentés, en quantité plus ou moins grande, dans le bol alimentaire des espèces étudiées. Il semblerait que leur occurrence soit en général plus grande chez les espèces des communautés des Sparidae et de la partie profonde du plateau que chez celles de la communauté des Sciaenidae. Cela pourrait être une conséquence de la diminution de la faune benthique au-dessous de la thermocline.

Dans un peuplement donné, tous les types d'alimentation peuvent être rencontrés avec une dominance des prédateurs actifs. Pour LONGHURST (1957), le pourcentage d'estomacs vides diminuerait en passant des ichtyophages aux espèces se nourrissant principalement à partir de l'endofaune, la valeur calorique des poissons ingérés étant forte par rapport à celle des autres groupes de proies.

D'après l'ensemble des renseignements recueillis, l'alimentation de toutes les espèces démersales présenterait des variations saisonnières liées aux variations d'abondance des groupes de la faune benthique composant l'essentiel des proies. En Côte-d'Ivoire, les saisons froides seraient les périodes favorables pour la grande majorité des espèces ; il en serait de même au Congo pour *Pseudotolithus senegalensis* et *Pseudotolithus typus* (POINSARD et TROADEC, 1966 ; TROADEC, 1971). Deux exceptions sont actuellement connues :

— *Cynoglossus canariensis* marque un ralentissement de croissance et un amaigrissement en saison froide en Côte-d'Ivoire (il en est également ainsi au Sénégal) ; cette espèce se nourrit principalement aux dépens de l'endofaune qui est plus abondante en saison chaude (LE LŒUFF et INTÈS, dans cet ouvrage) ;

— *Galeoides decadactylus* au Congo (SAMBA, 1974) présente une alimentation et une croissance plus importantes en saison chaude qu'en saison froide ; dans cette région, en effet, l'abondance de certaines proies apparemment liées aux apports d'eaux continentales (*Palaemon hastatus*, *Parapenaeopsis atlantica*) serait plus grande en saison chaude ; notons à ce sujet que, dans la même région, le facteur de condition de *Pseudotolithus elongatus* est maximal à l'époque des crues, et que celui de *Pseudotolithus senegalensis* a des valeurs en augmentation pendant les grandes crues.

Les proies sont en général de petite taille par rapport à celle du prédateur et, de ce fait, la crevette *Penaeus notialis*, dont les tailles en mer sont généralement élevées, est assez peu rencontrée dans les bols alimentaires. D'une manière générale, la taille moyenne des proies augmenterait pour une espèce donnée en fonction de la taille ; l'importance des groupes zoologiques entrant dans le régime alimentaire peut varier de ce fait.

La « préférence » des poissons pour certaines espèces de proies a été mise en évidence par TROADEC (1971) chez *Pseudotolithus senegalensis* ; leur diminution entraîne une variété plus grande du régime alimentaire, mais cette diversification est souvent impuissante à éviter un amaigrissement saisonnier. L'adaptation, dans une certaine limite, des espèces démersales à la nourriture disponible peut expliquer les quelques divergences parfois relevées entre différentes études qui sont cependant toujours en accord dans leurs grandes lignes.

Il n'y a que peu d'informations sur les variations nycthémérales de l'alimentation des espèces démersales du golfe de Guinée. LONGHURST (1960) fournit des indications à propos de *Sparus caeruleostictus* qui doivent pouvoir être étendues à de nombreuses autres espèces ; un pic d'activité aurait lieu à l'aube et au crépuscule ; les céphalopodes seraient ingérés principalement de jour ainsi que les organismes sédentaires ; le pourcentage d'occurrence des invertébrés mobiles ne montre pas de tendance marquée sur 24 heures, la variabilité est grande.

REPRODUCTION

La reproduction des poissons démersaux du plateau continental ivoirien n'a été étudiée de manière détaillée que chez quelques-unes des principales espèces commerciales. Cependant, de nombreuses recherches — particulièrement sur les espèces côtières de fonds meubles — ont été menées en d'autres lieux sur des espèces appartenant au même ensemble faunistique et les résultats obtenus dans les régions présentant une saison froide marquée peuvent être extrapolés sans grand danger à la Côte-d'Ivoire ; cela d'autant mieux que nous disposons, pour la plupart des espèces, de quelques observations visuelles de l'état des gonades, recueillies lors des trois campagnes de chalutage de la période 1978-1980 ; les résultats sont en accord avec ceux des études réalisées dans les autres zones.

D'un point de vue synthétique, l'ensemble des données disponibles sur les espèces du golfe de Guinée a fait l'objet d'un rapport du groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979) ; un peu plus tard, la synthèse de FONTANA (1979) sur la reproduction des espèces côtières du Congo a encore accru les connaissances.

Périodes et zones de ponte

Moyens d'étude

Échelle de maturité et taille à la première maturité

Contrairement aux espèces des mers froides et tempérées, les poissons tropicaux ont des ovaires présentant simultanément plusieurs modes d'ovocytes séparés du stock général, trois le plus souvent. Ces modes évoluent successivement pour donner lieu à plusieurs pontes pendant la saison de reproduction. Dans le golfe de Guinée, ce phénomène, bien mis en évidence par FONTANA (1969) chez *Sardinella maderensis* et *Sardinella aurita*, a depuis été observé chez de nombreuses espèces démersales aussi bien que pélagiques. L'échelle de maturité définie par FONTANA a donc été généralisée ; elle fait intervenir la taille et l'état des ovocytes en plus de critères macroscopiques (aspect, couleur, vascularisation de la gonade) qui ne suffisent pas à définir un stade de maturité dans le cas des poissons tropicaux. En période favorable, FONTANA estime que la maturation du stade II (repos) au stade IV (pré-ponte) dure de 15 jours à trois semaines. L'échelle de maturité permet de définir la taille à la première maturité : on utilise surtout la valeur L50 (50 % des individus de cette taille sont considérés comme matures), ou la valeur L100, des courbes à la première maturité qui ont l'allure de sigmoïdes.

Indices de reproduction

Plusieurs indices peuvent servir à déterminer et visualiser les périodes de reproduction. Ils sont bien décrits, avec leurs inconvénients, dans le rapport du groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979). Leur utilisation est basée sur une quasi-simultanéité de leurs maxima avec les périodes de ponte. Nous ne citerons que les trois indices les plus importants :

— le pourcentage d'individus matures : généralement seules les femelles sont étudiées, ce qui suppose que la proportion de mâles matures n'est jamais un facteur limitant ;

— le rapport gonado-somatique (ou *gonad index*) :

$$RGS = \frac{Pg}{P} \times 100 \quad \text{ou} \quad RGS = \frac{Pg}{L^3} \times 10$$

Pg = poids de la gonade (g), P = poids du poisson (g)

L^3 = longueur du poisson (mm) élevée au cube ;

— l'abondance larvaire : l'utilisation de cet indice est coûteuse mais peut se révéler intéressante quand les autres indices ne fournissent guère de résultats, comme FONTANA (1979) l'a montré chez *Galeoides decadactylus*. C'est également le cas des *Elops lacerta* de Côte-d'Ivoire (HIÉ DARÉ, *comm. pers.*).

Présentation des résultats

Communauté des Sciaenidae

D'après les quelques données réunies par ALBERDI (1971), la ponte de *Pomadasys jubelini* a lieu en saison froide au Sénégal. En Côte-d'Ivoire, il n'y a pas d'arrêt de la ponte en saison chaude, de nombreuses femelles aux stades pré-ponte et ponte ayant été observées pendant cette période.

En Côte-d'Ivoire, TROADEC (1971) signale en saison chaude des femelles de *Pseudotolithus typus* au stade ponte caractérisé. LONGHURST (1966) indique que la ponte a lieu principalement en saison chaude au Nigeria. POINSARD et TROADEC (1966) notent au Congo un pourcentage de femelles mûres nul ou faible pendant les saisons froides.

Les périodes de reproduction en Côte-d'Ivoire et au Congo de *Pseudotolithus senegalensis* se situent aussi pendant les saisons chaudes (TROADEC, 1971) ; les périodes de transition paraissent également favorables. Au Sénégal, les pourcentages les plus élevés de femelles mûres coincident avec ces périodes (SUN, 1975). D'après des observations indirectes de différents auteurs cités par TROADEC, la ponte s'effectuerait à de faibles profondeurs et sans doute au voisinage des embouchures de rivières ou de lagunes ; ce phénomène semble être de règle chez les Sciaenidae côtiers.

Communauté des espèces eurybathes ou de la thermocline

D'après les pourcentages de femelles « mûres » (BARRO, 1976, 1979), la reproduction chez *Brachydeuterus auritus* prend place pendant la grande saison chaude et aurait lieu dans la partie la plus côtière de l'aire de distribution. RAITT et SAGUA (1969) au Nigeria, FONTANA et BOUCHEREAU (1976) au Congo, situent les maxima de reproduction pendant les transitions saisons froides-saisons chaudes. Les larves récoltées par CONAND (1970) au Sénégal sont abondantes pendant ces périodes de transition.

La reproduction chez *Cynoglossus canariensis* (CHAUVET, 1970) peut avoir lieu toute l'année en Côte-d'Ivoire, la période maximale correspondant au réchauffement des eaux. THIAM (1978), au Sénégal, montre que la ponte se déroule principalement aux deux périodes de transition, celle qui se situe à la transition froid-chaud étant la plus importante. Les deux auteurs signalent une répartition plus côtière en saison chaude qu'en saison froide ; CHAUVET la relie à la période de ponte tandis que, pour THIAM, la reproduction aurait lieu sur toute l'aire de répartition géographique de l'espèce.

Communauté des Sparidae

En Côte-d'Ivoire, des femelles mûres de *Fistularia petimba* ont été rencontrées en saison chaude et en saison froide. Bien que l'échantillonnage soit très insuffisant, il semble que le nombre de femelles au stade pré-ponte et ponte soit plus élevé en saison froide.

Chez *Dentex angolensis* (KONAN, 1977), le maximum de la ponte a lieu de mai à juillet en Côte-d'Ivoire, soit pendant la transition grande saison chaude-grande saison froide. Une deuxième période de ponte pourrait se situer au niveau de la petite saison froide (transition chaud-froid également ?). Au Sénégal, DOMAIN (1979) rencontre des femelles à un stade avancé pendant les périodes de transition et une partie de la saison froide.

On sait, à partir d'observations en aquarium (GARNAUD, 1960), que *Balistes carolinensis* creuse un nid de ponte sur le fond. L'abondance près du substrat de cette espèce semi-pélagique est maximale au début de la saison chaude, de novembre à janvier, période qui doit correspondre à la saison de reproduction. Ceci a été grossièrement vérifié en Côte-d'Ivoire, par observation des stades de maturité sexuelle.

Discussion et conclusions

Le groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979) et CAVERIVIÈRE (1982) concluent que pour la plupart des espèces du golfe de Guinée, même dans les régions d'upwellings marqués comme la Côte-d'Ivoire, la reproduction dure toute l'année avec des variations saisonnières plus ou moins nettes. Il apparaît que la période la moins favorable est d'autant plus accentuée que les variations des conditions hydrologiques, par rapport à la période préférentielle, sont importantes. Ainsi, l'amplitude des variations saisonnières de l'intensité de la reproduction est-elle moins forte au large du Nigeria qu'en Côte-d'Ivoire ou que dans le secteur sénégalo-mauritanien.

Il ressort de l'examen du tableau XV, qui schématise l'importance des saisons hydrologiques dans la reproduction des espèces des régions à saison froide marquée de l'Afrique de l'Ouest, que les espèces de la communauté des Sciaenidae se reproduiraient plutôt en saison chaude. Au moins une exception notable est à signaler avec l'espèce très côtière *Pentanemus quinquarius*. Il semble également que *Pteroscion peli* soit une exception, son cas n'est cependant pas très net. *Pomadasys jubelini* se reproduit aussi en saison froide, mais, d'après les données recueillies en Côte-d'Ivoire, il ne nous a pas semblé que la reproduction pendant cette saison soit plus importante qu'en période chaude. Dans la communauté des Sparidae, les espèces se reproduisant surtout pendant les périodes de transition et en saison chaude sont parmi les plus côtières de cette communauté (*Epinephelus aeneus, Pseudupeneus prayensis, Dentex canariensis, Sparus caeruleostictus, Pagellus bellottii*). Pour les autres, le groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979) a pu conclure que, dans la zone sénégambienne, les espèces d'affinité nord se reproduisent principalement en saison froide. Ces espèces ne sont rencontrées en Côte-d'Ivoire que dans la partie profonde du plateau continental.

Quelle que soit la communauté, le tableau XV montre l'importance, qui est souvent très accusée, des saisons de transition. Ce phénomène est noté par DOMANEVSKY dès 1968, et DOMAIN (1979) indique la prédominance de la période de transition froid-chaud chez la plupart des espèces de la communauté des Sciaenidae et les espèces les plus côtières de la communauté des Sparidae. Cela doit sans doute être l'inverse, comme on l'a observé chez *Dentex angolensis*, chez les espèces profondes du peuplement et celles du sommet de la pente continentale, avec prédominance de la transition chaud-froid sur le passage froid-chaud.

Contrairement à d'assez nombreuses espèces du secteur sénégalo-mauritanien (CHAMPAGNAT et DOMAIN, 1979), les espèces démersales de la Côte-d'Ivoire et des régions avoisinantes ne semblent pas présenter de migrations notables, associées à la reproduction, le long des côtes. Il existe, en revanche, des migrations bathymétriques en relation avec les périodes de frai, principalement chez les espèces de la communauté des Sciaenidae qui, le moment venu, migrent souvent vers la côte à proximité des estuaires. Ce mouvement pourrait s'expliquer par des facteurs trophiques. Le rapport du groupe de travail ISRA-ORSTOM indique que, pour les espèces eurybathes et les plus côtières de la communauté des Sparidae, il pourrait y avoir un regroupement des individus en reproduction dans une frange bathymétrique qui, parfois (cas de *Pseudupeneus prayensis, Pagellus bellottii*), se situerait vers le milieu de leur aire de distribution totale. RIJAVEC (1971) observe une montée à la côte de *Sparus caeruleostictus* pendant la période de reproduction. Enfin, il paraît intéressant de signaler, au sujet des migrations bathymétriques, que des bancs importants de Lutjanidae (*Lutjanus agennes*) ont été capturés à plusieurs reprises près de la surface au-dessus de grands fonds alors qu'il s'agit d'une espèce démersale côtière. Ces déplacements semblent associés à la reproduction (CAVERIVIÈRE, 1980b). Marchal (comm. pers.) a observé un phénomène similaire chez une espèce d'Ariidae (*Arius* sp.).

CHABANNE (1979) note que les grands individus adultes de *Pseudupeneus prayensis* ont une période de reproduction plus longue que les petits. Il paraît probable, d'après les quelques observations réalisées en Côte-d'Ivoire, qu'il en soit de même pour l'ensemble des espèces.

Sex-ratio

À partir d'une certaine taille, le sex-ratio est souvent favorable aux femelles, particulièrement chez les espèces de la communauté des Sciaenidae. Ce qui peut traduire :

— une disponibilité ou une capturabilité plus grande des mâles ;
— une mortalité naturelle plus élevée des mâles ;
— une inversion sexuelle ;
— ou, plus simplement, une croissance différentielle.

Généralement, en l'absence d'inversion sexuelle, le pourcentage des femelles est le plus souvent proche de 50 % jusqu'à une certaine taille, à partir de laquelle il augmente pour avoisiner les 100 % en fin de distribution. C'est le cas chez *Pentanemus quinquarius* et *Pteroscion peli* (FONTANA et BARON,

TABLEAU XV

Périodes de reproduction. Importance relative des saisons hydrologiques dans les régions à upwellings marqués pour différentes espèces des communautés (province guinéenne) du plateau continental

	ESPÈCES	ZONE	RÉFÉRENCES	S. FROIDE	F —> C	S.CHAUDE	C —> F
COMMUNAUTÉ DES SCIAENIDAE	*Sphyraena sphyraena*	3	RAZNIEWSKI (1970)				
	Pentanemus quinquarius	2	FONTANA et BARON (1976)				
	Galeoides decadactylus	2S	SAMBA (1974)				
		2N	SAMBA (1974)				
		3	LOPEZ (1979)				
		3	DOMAIN (1979)				
	Pomadasys jubelini	3	ALBERDI (1971)				
	Pteroscion peli	2	FONTANA et BARON (1976)				
	Pseudotolithus typus	2	POINSARD et TROADEC (1966)				
	Pseudotolithus senegalensis	1	TROADEC (1971)				
		2	TROADEC (1971)				
		3	SUN (1975)				
	Selene dorsalis	3	CONAND et FRANQUEVILLE (1973)				
	Chloroscombrus chrysurus	3	RAZNIEWSKI (1970)				
	Drepane africana	3	DOMAIN (1979)				

COMMUNAUTÉ DES SPARIDAE	*Epinephelus aeneus*	3	DOMAIN (1979)	
	Trachurus trecae	3	CONAND et FRANQUEVILLE (1973)	
		3	DOMANEVSKI (1968, 1970)	
	Pseudupeneus prayensis	3	CHABANNE (1979)	
	Dentex canariensis	1	RIJAVEC (1973)	
	Sparus caeruleostictus	1	RIJAVEC (1973)	
		3	GIRET (1974)	
	Dentex angolensis	1	KONAN (1977)	
		3	DOMAIN (1979)	
	Pagellus bellottii	1	RIJAVEC (1973)	
		3	FRANQUEVILLE (1979)	
ESPÈCES EURYBATHES OU DE LA THERMOCLINE	*Brachydeuterus auritus*	1	BARRO (1979)	
		2	FONTANA et BOUCHEREAU (1976)	
		3	CONAND (1970), DOMAIN (79)	
	Trichiurus lepturus	3	RAZNIEWSKI (1970)	
	Cynoglossus canariensis	1	CHAUVET (1970)	
		3	THIAM (1978)	

1 = Côte-d'Ivoire - Ghana ; 2 = Congo-Gabon ; 3 = Sénégal-Mauritanie.

1976), *Pseudotolithus senegalensis* (LONGHURST, 1964 ; TROADEC, 1971), *Brachydeuterus auritus* (FONTANA, 1979) et *Cynoglossus canariensis* (CHAUVET, 1970 ; THIAM, 1978).

Les mâles dominent nettement dans les petites tailles chez *Galeoides decadactylus*, avant que l'inversion sexuelle, décrite particulièrement par SAMBA (1974), entraîne la prédominance des femelles. C'est l'inverse pour *Dentex angolensis*, hermaphrodite protogynique, chez qui les mâles ne représentent que 39 % des individus sur le plateau continental ivoirien (KONAN, 1977). RIJAVEC (1973) indique que les mâles dominent de manière globale chez *Pagellus bellottii* ; selon FRANQUEVILLE (1979) au Sénégal, les individus de 10 cm de cette espèce (LF) ont des gonades en majorité femelles ; le rapport s'inverse à partir de 13 cm du fait d'un hermaphrodisme protogynique, mais les femelles dominent à nouveau à partir de 30 cm.

Fécondité

Son étude est réalisée par comptage de l'effectif du dernier mode d'ovocytes au stade pré-ponte d'un échantillon volumétrique ou pondéral de l'ovaire.

Définitions

Le groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979) a adopté un certain nombre de définitions adaptées aux pontes pluriannuelles des poissons tropicaux. Nous ne citerons que :

— la fécondité partielle individuelle ; elle correspond au concept de fécondité employé par FONTANA et LE GUEN (1969) ; la fécondité réelle ne peut être obtenue qu'en connaissant le nombre de pontes ;
— la fécondité de la population ; c'est la production d'œufs d'une population calculée à partir des fécondités partielles individuelles par groupe de taille et de la structure démographique de la population ;
— la capacité de reproduction est la production ***relative*** d'œufs d'une espèce, la distribution de taille de la population étant représentée par des ***pourcentages*** ;
— la fécondité « par recrue ». Ce concept a été introduit par LE GUEN en 1971.

Relations entre fécondité partielle et taille des individus

Les résultats disponibles dans la province guinéenne ont été récapitulés par CAVERIVIÈRE (1982). Toutes les études montrent que la fécondité partielle des individus augmente avec leur taille. Du fait de cette augmentation, la structure démographique des femelles et la courbe de production d'œufs peuvent être nettement décalées. FONTANA (1979) le montre pour plusieurs espèces de la communauté des Sciaenidae, particulièrement celles pouvant atteindre des tailles relativement élevées (*Galeoides decadactylus, Pseudotolithus senegalensis, Pseudotolithus elongatus*). Chez ces espèces, des changements dans les structures des populations au niveau des individus âgés, du fait de modifications dans l'exploitation, auront un effet relatif plus important sur la production d'œufs que sur le nombre total d'individus.

Comparaison des fécondités spécifiques

Les espèces de poissons sont plus ou moins fécondes ; ainsi, *Brachydeuterus auritus* a une fécondité moyenne deux à trois fois plus élevée que *Pentanemus quinquarius* et *Pteroscion peli*, qui sont des espèces de taille similaire (FONTANA, 1979).

CUSHING (1971), CUSHING et HARRIS (1973), arrivent à la conclusion que des espèces à forte fécondité (gadoidés) ont une relation stock-recrutement en dôme très marqué, tandis que des espèces à faible fécondité (clupéidés) ont une relation de quasi-proportionalité et des espèces à fécondité intermédiaire une relation de type asymptotique ; les stocks les plus féconds sont les plus stables car mieux à même de résister à des modifications de l'environnement ou du taux d'exploitation. Ils auraient plus de chances de succès dans la compétition interspécifique pour la nourriture. Les espèces à faible fécondité sont les plus fragiles et c'est parmi elles qu'ont lieu les disparitions de stocks. On peut noter à ce sujet que le stock ivoiro-ghanéen du clupéidé *Sardinella aurita* a quasiment disparu pendant trois années successives après une importante pêche de poissons immatures en 1972 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976b ; CAVERIVIÈRE, 1979) ; cette espèce est, d'après FONTANA et PIANET (1973) et le rapport ISRA-ORSTOM (1979), relativement peu féconde.

Le rapport ISRA-ORSTOM classe *Pteroscion peli* et *Pentanemus quinquarius* parmi les espèces à faible fécondité et *Brachydeuterus auritus*, *Pseudotolithus typus* et *Pseudotolithus senegalensis* parmi les espèces à fécondité moyenne. CAVERIVIÈRE (1982) a pu ajouter *Dentex angolensis* et *Pagellus bellottii* au premier groupe, *Cynoglossus canariensis* au second. Du fait du phénomène des pontes successives on peut estimer, à l'échelle de l'océan mondial, que les espèces du premier groupe ont plutôt, comme celles du second, une fécondité totale moyenne.

FONTANA (1979) pense qu'il pourrait exister une relation linéaire entre la capacité de reproduction d'une espèce et son abondance numérique, cela à l'intérieur de groupes homogènes quant à la stratégie démographique.

Relations entre la reproduction et les conditions du milieu

Autorégulation à courte période de l'importance de la reproduction

JONES (1977) indique qu'on a la preuve qu'un certain nombre d'espèces ont la possibilité de limiter leur production d'œufs quand la nourriture est rare. FRANQUEVILLE (1979) signale d'autre part que les *Pagellus bellottii* des côtes sénégalo-mauritaniennes ont une deuxième période annuelle de reproduction plus importante quand la première a été faible.

Variations de la taille à la première maturité

Un certain nanisme des espèces a été noté lorsque l'on passe des zones à upwellings périodiques à des zones stables et plus pauvres ne présentant pas (ou peu) de remontées d'eaux froides. D'après CROSNIER (1964), on observerait, corrélativement à la diminution de la longueur moyenne, une diminution de la taille à la première maturité. Ce phénomène est bien mis en évidence par FRANQUEVILLE (1979) pour *Pagellus bellottii*. Dans le cadre des relations entre reproduction et croissance — dont on parlera plus loin — l'observation d'une telle corrélation est satisfaisante.

Déterminisme de la ponte

Des relations entre la reproduction et les conditions du milieu peuvent être recherchées à trois niveaux :

— relations à court terme : il s'agit des signaux de déclenchement de la ponte ; ils ne peuvent être invoqués que lorsque la maturation des gonades a atteint un certain stade ; le plus aisément perceptible est la modification de la température et il faut souligner le rôle apparent des changements rapides de ce paramètre : la ponte est très souvent déclenchée pendant les périodes de transition et elle est souvent localisée aux zones où cette transition présente un caractère aigu, ceci selon DOMANEVSKY (1968) qui note pour *Sparus caeruleostictus* une corrélation entre les périodes horaires de ponte et les courants de marée apportant des eaux salées et plus froides ; d'autres facteurs accompagnant les variations de température, souvent mal perçus, peuvent sans doute agir conjointement et avoir un rôle tout aussi important : turbidité, photopériode, gradients divers, substances ectocrines ;

— relations à moyen terme : « le deuxième type de facteurs est à rechercher dans le métabolisme interne de l'animal et ses composantes (nutrition, repos sexuel, photopériode, température ambiante) ; la maturation est la résultante d'un ensemble complexe de facteurs internes et externes dont l'étude n'est le plus souvent abordable que par l'expérimentation ; c'est la raison pour laquelle le biologiste des pêches s'y réfère très peu et tend à les oublier » (rapport ISRA-ORSTOM, 1979) ;

— relations à très long terme : il s'agit de l'adaptation de l'espèce au milieu ou de la sélection par le milieu des espèces les mieux adaptées ; ainsi CUSHING (1975) estime-t-il que le cycle de reproduction est accordé au cycle de production biologique des eaux ; l'adaptation à un cycle de production primaire discontinu à forte amplitude saisonnière conduit à une reproduction discontinue à chronologie rigoureuse ; à l'inverse, dans des eaux à productivité faible, mais dont les variations saisonnières sont peu marquées, la reproduction sera pratiquement continue ; les poissons vivant dans des eaux tempérées, qui montrent des cycles de production à deux modes, dont le plus important prend place au prin-

temps et le second à l'automne, auront deux périodes de reproduction d'importance inégale ; dans les régions intertropicales où des périodes à upwellings marqués déterminent des saisons froides, le cycle de production est de type tempéré et les dates des périodes maximales de reproduction paraissent dans l'ensemble en accord avec la théorie de CUSHING (1975).

Conclusion

En Côte-d'Ivoire, la reproduction de la plupart des espèces démersales peut avoir lieu toute l'année mais, du fait de l'existence de saisons hydrologiques, certaines périodes sont beaucoup plus favorables que d'autres. Les espèces de la communauté des Sciaenidae se reproduiraient plutôt en saison chaude alors que les espèces les plus profondes de la communauté des Sparidae pondraient plutôt en saison froide ; dans bien des cas, les périodes de transition sont les plus propices et induiraient le déclenchement de la ponte.

Les pontes successives en zone tropicale, la reproduction s'étendant sur une longue période, seraient sans doute en partie à l'origine du recrutement pratiquement constant des poissons démersaux (FONTANA, 1979 ; CAVERIVIÈRE, 1982). Cette stabilité interannuelle du recrutement est analysé dans le chapitre sur les ressources en poissons démersaux et leur exploitation.

La diminution de la taille moyenne d'une espèce dans certaines régions, due à des conditions du milieu plus défavorables, s'accompagne d'une diminution de la taille à la première maturité. Une relation plus générale, au niveau interspécifique, entre croissance et taille à la première maturité, est communément reconnue. Ainsi HOLT (1962) indique-t-il que le rapport de la taille moyenne à la première maturité sur la longueur asymptotique de la courbe de croissance de VON BERTALANFFY (1938) est de l'ordre des deux tiers (0,64) pour des poissons de mers froides et tempérées ; les données de BEVERTON et HOLT (1959) montrent que la variabilité est cependant élevée. Le groupe de travail ISRA-ORSTOM (1979) a calculé un rapport similaire pour les espèces du golfe de Guinée, en utilisant, à la place de la longueur asymptotique, la dernière taille significativement présente dans les histogrammes de fréquence annuels. La valeur moyenne obtenue est 0,58 ± 0,03 (au seuil 95 %) ; cette faible variabilité montrerait que, chez ces espèces, le niveau d'exploitation ne jouerait pas ou peu sur la valeur choisie comme dénominateur, et que les « erreurs » sur la longueur asymptotique sont en grande partie responsables de la variabilité des rapports spécifiques observée par BEVERTON et HOLT.(1959) Les participants au groupe de travail ont considéré que toutes les conclusions ou hypothèses relatives à la relation de HOLT (1962) — émises pour des espèces de régions tempérées — restent valables pour la zone tropicale, et en particulier que les lois qui régissent la croissance sont les mêmes.

CROISSANCE ET RELATIONS TAILLE-POIDS

La connaissance de la croissance moyenne individuelle des espèces exploitées est une donnée de base pour l'étude de la dynamique de ces populations. Le gain de poids moyen obtenu en un temps donné est un paramètre essentiel des équations de rendement qui intègrent également les facteurs de mortalité. On parlera aussi rapidement des relations taille-poids qui sont également nécessaires pour les études de dynamique analytique.

Croissance

Généralités sur les méthodes d'étude et la formulation mathématique

L'étude de la croissance consiste à établir une relation entre la taille ou le poids des individus et leur âge ; il est donc nécessaire, soit de déterminer l'âge d'un individu ou d'une cohorte (l'ensemble des individus issus de la même période de ponte), soit de suivre les variations de taille de poissons marqués. Dans le premier cas, il faut pouvoir distinguer des marques périodiques sur les structures osseuses de l'individu (lecture des écailles, otolithes, etc.) ou discerner les différentes cohortes dans les structures démographiques et étudier le déplacement de leurs modes (méthode des filiations modales). Dans les mers

chaudes, ces déterminations sont difficiles du fait des faibles variations saisonnières et des pontes successives s'étendant souvent sur la majeure partie de l'année ; elles sont cependant possibles pour certaines espèces dans des régions comme le plateau continental ivoirien. Le marquage n'a pour le moment guère été utilisé dans le cas des poissons démersaux de l'Afrique de l'Ouest, les quelques tentatives se sont révélées décevantes (WATTS, 1959 ; TROADEC, 1971 ; BECK, 1974).

La traduction par une formule mathématique simple de la croissance moyenne des individus pendant une grande partie de leur vie présente de grands avantages ; la plus utilisée est ajustée aux données sur le taux de croissance ; c'est l'équation dite de VON BERTALANFFY (1938) : $Lt = L\infty (1 - e^{-K(t - to)})$, qui donne la longueur moyenne au temps t. La représentation graphique est une courbe de la taille en fonction du temps, dont la pente décroît de manière continue quand l'âge augmente et qui tend vers une asymptote parallèle à l'axe du temps de valeur $L\infty$. Le paramètre t_0 représente le temps pour lequel la courbe de von Bertalanffy coupe l'axe des abscisses. K fixe la façon dont la vitesse de croissance diminue lorsque la taille augmente dans l'intervalle d'âge considéré.

Résultats obtenus dans le golfe de Guinée chez les espèces présentant quelque importance sur le plateau continental ivoirien

Peu d'espèces ont été étudiées du fait des difficultés décrites précédemment, et les résultats actuellement disponibles dans le golfe de Guinée (au sens large) ont été principalement obtenus dans les régions d'upwellings marqués : Sénégal, Côte-d'Ivoire-Ghana, Congo.

Les paramètres des courbes de croissance, ainsi que les tailles moyennes à divers âges, des principales espèces de Côte-d'Ivoire et des régions hydrologiquement proches, sont donnés dans le tableau XVI Les équations de ce tableau concernent toutes, sauf une, l'ensemble des individus mâles et femelles. Ceux des auteurs qui ont étudié la croissance en séparant les sexes trouvent très généralement que les courbes divergent à partir d'un certain âge, les femelles ayant le plus souvent une croissance plus rapide que les mâles (*Brachydeuterus auritus*, *Pseudotolithus typus*, *Pseudotolithus senegalensis*, *Cynoglossus canariensis*) ; ils indiquent cependant que l'on peut employer sans grands inconvénients en dynamique des populations une équation unique pour les deux sexes, les divergences des courbes mâles et femelles n'étant sensibles qu'à partir d'âges qui ne sont que très peu représentés dans les prises.

Les valeurs obtenues ailleurs que dans la région Côte-d'Ivoire-Ghana, mais dans des situations hydrologiquement proches, peuvent probablement être utilisées sans trop de danger en Côte-d'Ivoire. On peut penser en effet que l'intensité d'exploitation des stocks en milieu marin n'a guère d'incidence sur la croissance, comme l'a montré LE GUEN (1971) pour les *Pseudotolithus elongatus* du Kouilou, du Congo et de la Sierra Leone ; notons cependant que TROADEC (1971) considère que l'hypothèse contraire est tout à fait plausible dans le cas des *Pseudotolithus senegalensis* du Congo. D'autre part, même si les équations de croissance sont notablement dissemblables entre deux zones du golfe de Guinée à caractéristiques hydrologiques proches, il semble fort probable que les différences de taille entre les âges qui forment la majeure partie des captures divergent bien moins que l'ensemble des courbes de croissance, comme le montre TROADEC (1971) pour les *Pseudotolithus senegalensis* du Congo et du Ghana. Enfin, on citera DAGET (1978) : « De toute façon, lorsqu'on cherche à estimer la production d'une population ou à étudier l'évolution de sa structure démographique, les résultats dépendent beaucoup plus des taux de mortalité que des paramètres de croissance. Aussi est-il illusoire et sans intérêt de les déterminer avec une très grande précision. »

Relations taille-poids

Les études de dynamique des populations portent sur le poids des poissons et non sur leur taille. Les structures démographiques sont étudiées, pour des raisons pratiques, à partir de mesures de longueur, et il faut transformer par la suite ces longueurs en poids à l'aide de relations taille-poids. Ces relations sont de la forme :

$$W = a\, l^n$$

Tableau XVI

Paramètres des équations de croissance de von Bertalanffy et tailles moyennes à divers âges, calculés en Côte-d'Ivoire ou en des régions hydrologiquement proches, pour les principales espèces rencontrées sur le plateau continental ivoirien. Le temps dans l'équation de croissance est exprimé en mois

		PARAMÈTRES			TAILLES MOYENNES À DIVERS ÂGES (cm)								
ESPÈCES	Zone	$L\infty$	$K.10^3$	t_0	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	Gamme tailles (cm)	Méthode	Auteurs
Pentanemus quinquarius	C	26,4	40,0	0,86	9,5	16,0	19,9				7-20 LF	F	FONTANA et BARON (1976)
Galeoides decadactylus	C	47,0	13,4	- 19,6	16,2	20,8	24,7	28,0	30,8	33,2	12-37 LF	L	d'après SAMBA (1974)
(*Pomadasys jubelini*)	-				(15)	(23)	(30)				LT	-	LONGHURST (1963)
Brachydeuterus auritus	C.I.	25,8	27,7	- 13,2	13,0	16,6	19,2	21,1			9-22 LT	F	BARRO (1968, 1976)
Brachydeuterus auritus	C	23,5	61,0	- 1,08	12,9	18,4	21,0				6-19 LF	F	FONTANA et BOUCHEREAU (1976)
Pteroscion peli	C	25,0	59,1	0,76	12,1	18,6	21,8				7-20 LF	F	FONTANA et BARON (1976)
Pseudotolithus typus	C	89,7	14,6	- 12,4	25,3	35,0	43,3	50,3	56,2	61,3	12-87 LT	L	POINSARD (1973)
Pseudotolithus seneg.	C	52,7	29,2	- 7,8	23,1	31,8	37,9	42,3	45,4	47,5	14-56 LT	L	TROADEC (1971)
Pseudotolithus seneg.	S	62,5	14,2	- 14,4	19,5	26,3	31,9	36,7	40,7	44,1	15-50 LT	L	SUN (1975)
Dentex angolensis	C.I.	26,4	35,5	- 8,4	13,6	18,1	21,0	22,9	24,1	24,9	8-24 LF	L	KONAN (1977)
Pseudupeneus prayensis	S	31,7	44,5	- 3,09	15,5	22,2					6-25 LF	F	CHABANNE (1987)
Balistes carolinensis	C.I.	41,0	11,3	- 9,6	8,9	13,0	16,5	19,6	22,3	24,7	12-30 LF	L	CAVERIVIÈRE *et al.* (1981)
Pagellus bellottii	G	30,8	36,7	0,0	10,9	17,9	22,5	25,4	27,3	28,2	8-22 LT	F	RIJAVEC (1973)
Cynoglossus canariensis	C.I.	53,5	28,3	-12,0	26,4	34,0	39,0	43,2	46,0		12-50 LT	L	CHAUVET (1972)
Cynoglossus canariensis	S	52,0	40,1	- 3,1	23,6	34,5	41,1	45,3	47,8		18-52 LT	L	THIAM (1978)

C = Congo ; G = Ghana ; C.I. = Côte-d'Ivoire ; S = Sénégal ; F = méthode des filiations modales ; L = lecture de pièces osseuses.

L'exposant n de la longueur l est proche de 3 mais le plus souvent significativement différent ; la valeur a est appelée facteur (ou coefficient) de condition (*cf.* FRÉON, 1979, pour plus de détails).

De nombreuses relations taille-poids sont calculées chez les espèces démersales de l'Afrique de l'Ouest, en particulier au Sénégal (FRANQUEVILLE et FRÉON, 1976). On ne donnera ci-dessous que les noms d'auteurs qui se sont intéressés à des espèces qui ont fait par la suite l'objet d'études de dynamique analytique en Côte-d'Ivoire :

— *Cynoglossus canariensis* (CHAUVET, 1970) ;
— *Pagellus bellottii* (RIJAVEC, 1973) ;
— *Dentex angolensis* (KONAN, 1977) ;
— *Pseudotolithus senegalensis* (TROADEC, 1971) ;
— *Brachydeuterus auritus* (BARRO, 1976) ;
— *Pomadasys jubelini* (FRANQUEVILLE et FRÉON, 1976) ;
— *Galeoides decadactylus* (SAMBA, 1974).

CONCLUSION

Il apparaît, à partir des études portant sur l'alimentation et la croissance des espèces démersales de Côte-d'Ivoire et du golfe de Guinée, que la plupart des espèces de la communauté des Sciaenidae se nourrissent mieux et grandissent plus vite en saisons froides qu'en saisons chaudes. Chez ces espèces, la reproduction et les modifications du milieu physique n'auraient guère d'effets directs sur les rythmes saisonniers de croissance, qui dépendraient principalement de la quantité de nourriture disponible. Ainsi, TROADEC (1971) écrit : «(...) la température de l'eau ne descend pas, dans l'habitat des *Pseudotolithus senegalensis*, à des valeurs suffisamment basses pour jouer un rôle de facteur limitant ». La nourriture des poissons démersaux, conditionnant la croissance, est nettement plus abondante en Côte-d'Ivoire pendant les saisons froides que pendant les saisons chaudes du fait de l'abondance des petites crevettes vagiles (*Palaemon hastatus* surtout), tout au moins dans la moitié la plus côtière du plateau continental. Le facteur de condition suit une évolution saisonnière assez analogue ; les variations de ce facteur traduiraient principalement les variations quantitatives de la nourriture disponible pour chaque espèce (LE GUEN, 1971 ; TROADEC, 1971 ; SAMBA, 1974 ; BARRO, 1976) et ne seraient qu'assez peu influencées par les modifications de l'état sexuel, qui peuvent cependant être parfois discernées sans ambiguïté.

On ne dispose que de peu de renseignements sur les espèces des autres communautés.

Dans la communauté des espèces eurybathes ou de la thermocline, *Brachydeuterus auritus*, espèce semi-pélagique précédemment classée dans la communauté des Sciaenidae, présente les caractéristiques saisonnières d'alimentation et de reproduction propres aux espèces de cette dernière communauté : alimentation plus importante en saison froide et reproduction en saison chaude (BARRO, 1976). En revanche, *Cynoglossus canariensis* a une croissance et un facteur de condition qui diminuent en saison froide (CHAUVET, 1970 ; THIAM, 1978) ; cette espèce se nourrit principalement aux dépens de l'endofaune, qui est plus abondante en saison chaude.

Dans la communauté des Sparidae, *Pagellus bellottii* suivrait le même schéma que les espèces de la communauté des Sciaenidae ; en effet, la nourriture est abondante en saison froide et le facteur de condition croît (RIJAVEC, 1973). Ce même auteur indique qu'il en est de même pour l'alimentation de *Sparus caeruleostictus* et *Dentex canariensis*. Ces espèces appartiennent à l'élément côtier de la communauté des Sparidae et leur reproduction a lieu principalement pendant les saisons de transition, la transition froid-chaud paraissant la plus favorable. En revanche, la croissance de *Dentex angolensis*, espèce profonde de cette communauté, est ralentie en saison froide (KONAN, 1977) ; cette observation pourrait être mise en relation avec les périodes de reproduction qui prennent place à peu près à la même époque avec une prédominance de la saison de transition chaud-froid, ou avec un changement du métabolisme dépendant des modifications des caractéristiques physiques du milieu.

Bien qu'on ne dispose pas de données suffisantes, il est tentant de généraliser à l'ensemble des espèces de chaque sous-ensemble de la communauté des Sparidae ces deux types de réponses biologiques (reproduction, croissance) qui contribuent aussi à les distinguer. Les modifications apportées par CAVERIVIÈRE (1982), CAVERIVIÈRE et RABARISON ANDRIAMIRADO (1988), à partir de l'étude des répartitions bathymétriques (passage de *Epinephelus aeneus*, *Pseudupeneus prayensis*, *Pagellus bellottii* dans l'élément côtier), à la composition spécifique des deux éléments de la communauté proposés par LONGHURST (1969), *rendent également ces sous-ensembles tout à fait cohérents* au plan des processus biologiques, notamment de la reproduction.

L'étude des liens entre la reproduction et la croissance, dans le cadre des stratégies globales qui seraient suivies par les espèces d'après leur adaptation aux conditions du milieu, paraît d'un grand intérêt. Elle n'est basée pour le moment que sur très peu d'espèces dans le golfe de Guinée, et l'obtention de données permettant de l'élargir à un plus grand nombre devra être entreprise.

RÉFÉRENCES

ACCT (Agence de coopération culturelle et technique, éd.) 1976a.— Vocabulaire de l'Océanologie, Paris, Hachette, 431 p.

ALBERDI (P.G.), 1971.— Biologie et pêche du « sompat » *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) des eaux sénégambiennes (aperçu préliminaire). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 30, 38 p.

ANSA-EMMIM (M.), 1979.— Occurrence of the trigger fish, *Balistes capriscus* (Gmelin), on the continental shelf of Ghana. Groupe travail spécial évaluation stocks démersaux secteur Côte-d'Ivoire-Zaïre. *FAO/COPACE Series/79/14* : 20-36.

BARRO (M.), 1968.— Première estimation sur la croissance des *Brachydeuterus auritus* (Val., 1831) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 31, 18 p.

BARRO (M.), 1976.— Biologie et dynamique de *Brachydeuterus auritus* en Côte-d'Ivoire. Thèse Doct. Univ., Univ. Paris-VI, 200 p.

BARRO (M.), 1979.— Reproduction de *Brachydeuterus auritus* (Val., 1831) (Poissons, Pomadasyidae) en Côte-d'Ivoire. In La reproduction des espèces exploitées dans le golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 57-62.

BAUDIN-LAURENCIN (F.), 1967.— La sélectivité des chaluts et les variations nycthémérales des rendements dans la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5(1) : 83-121.

BECK (U.), 1974.— Bestandskundliche Untersuchungen an einigen Fisharten der Grundschleppnetzfischerei auf dem Schelf vor Togo (Westafrica). Diplomarbeit für den Fachbereich Biologie der Universität Hamburg, 126 p.

BERTALANFFY (L.VON), 1938.— A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10(2) : 181-213.

BEVERTON (R.J.H.) et HOLT (S.J.), 1959.— A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and others physiological characteristic. CIBA Foundation Colloquia on Ageing, 5 : The lifespan of animals. Litle, Brown and Company, Boston : 142-180.

BOUILLON (P.), TROADEC (J.P.), BARRO (M.), 1969.— Pêches au chalut sur les radiales de Jacqueville, Grand-Lahou, Fresco et Sassandra (mars 1966-février 1967). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 36, 13 p. + 46 pl.

CAVERIVIÈRE (A.), 1979.— Estimation des potentiels de pêche des stocks démersaux ivoiriens par les modèles globaux. Effets de la prolifération du baliste (*Balistes capriscus*). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10(2) : 95-164.

CAVERIVIÈRE (A.), 1976.— Mensurations effectuées devant la Côte-d'Ivoire lors des radiales de chalutage de Grand-Bassam, Jacqueville, Grand-Lahou, Fresco et Sassandra (1966-1967). *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3), 124 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1980a.— Campagne CHALCI 80.01 (20.8.80-10.9.80). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(3), 160 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1980b.— Note sur des pêches de bancs de Lutjanidae par des thoniers senneurs dans l'Atlantique tropico-oriental. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 91-94.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982.— Les espèces démersales du plateau continental ivoirien. Biologie et exploitation. Thèse Doct. État, Univ. Aix-Marseille-II, 2 vol., 415 et 159 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1983.— Note sur la pêche artisanale des requins profonds du genre *Centrophorus* (Squalidae) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 14(1) : 69-77.

CAVERIVIÈRE (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1978.— Campagne CHALCI 78.01 (30.1.78 au 12.2.78). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(1), 118 p.

CAVERIVIÈRE (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1979.— Campagne CHALCI 79.01 (13.03.79 au 31.03.79). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5(4), 198 p.

CAVERIVIÈRE (A.), KONAN (J.), BOUBERI (D.), 1980.— Campagne RYTHNIC (07 au 15 mai 1980). Résultats des chalutages pour l'étude des variations nycthémérales d'abondance des espèces démersales de Côte-d'Ivoire. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(2), 91 p.

CAVERIVIÈRE (A.), KONAN (J.), BOUBERI (D.), 1982.— Étude des variations nycthémérales d'abondance des poissons de chalut en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 13(2) : 1-22.

CAVERIVIÈRE (A.), KULBICKI (M.), GERLOTTO (F.), KONAN (J.), 1981.— Bilan des connaissances actuelles sur *Balistes carolinensis* dans le golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 1-78.

CAVERIVIÈRE (A.) et RABARISON ANDRIAMIRADO (G.A.), 1988.— Captures secondaires et rejets de la pêche crevettière à *Penaeus notialis* du Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 111, 113 p.

CAVERIVIÈRE (A.), THIAM (M.), THIAM (D.), ABELLAN (L.L.), 1986.— Rapport de synthèse des quatre campagnes conjointes hispano-sénégalaises de chalutage sur les stocks profonds du Sénégal (1982-1984). *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 151, 233 p.

CHABANNE (J.), 1979.— Note préliminaire sur la reproduction des rougets des côtes sénégalaises. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 63-77.

CHABANNE (J.), 1987.— Le peuplement des fonds durs et sableux du plateau continental sénégambien. Étude de sa pêcherie chalutière. Biologie et dynamique d'une espèce caractéristique : Le rouget (*Pseudupenaeus prayensis*). Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 355 p.

CHAMPAGNAT (C.) et DOMAIN (F.), 1979.— Migrations des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10 à 24° de latitude nord. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 78-110.

CHAUVET (C.), 1970.— Étude de *Cynoglossus canariensis* (Stein.) du plateau continental de la Côte-d'Ivoire : lecture d'âge, étude de la croissance en longueur et en poids, observations sur leur biologie et leur dynamique. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Aix-Marseille, 102 p.

CHAUVET (C.), 1972.— Croissance et détermination de l'âge par lecture d'écailles d'un poisson plat de Côte-d'Ivoire (*Cynoglossus canariensis*). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(1) : 1-18.

CONAND (F.), 1970.— Distribution et abondance des larves de quelques familles et espèces de poissons des côtes sénégambiennes en 1968. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 26, 52 p.

CONAND (F.) et FRANQUEVILLE (C.), 1973.— Identification et distribution saisonnière des larves des principales espèces de Carangidés des côtes du Sénégal et de la Gambie. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 47, 36 p.

CROSNIER (A.), 1964.— Fonds de pêche le long des côtes de la République Fédérale du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, n° spécial, 133 p.

CROSNIER (A.), 1967.— Quelques données sur la biologie de la crevette pénaeide *Parapenaeopsis atlantica* Balss dans la région de Pointe-Noire. *Doc. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, 376 SR, 30 p. + 7 pl.

CROSNIER (A.) et BERRIT (G.R.), 1966.— Fonds de pêche le long des côtes des Républiques du Dahomey et du Togo. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 4 (suppl.), 144 p.

CROSNIER (A.) et DE BONDY (E.), 1967.— Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique inter-tropicale. Paris, ORSTOM, *Init. Doc. Tech. 7*, 60 p. + annexes.

CUSHING (D.H.), 1971.— The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 33(3) : 340-362.

CUSHING (D.H.), 1975.— Marine ecology and fisheries. Cambridge University press, 278 p.

CUSHING (D.H.) et HARRIS (J.G.K.), 1973.— Stock and recruitment and the problem of density dependence. *Cons. Intern. Explor. Mer, Rapp. et Proc. Verb.*, 164 : 142-156.

DAGET (J.), 1978.— Dynamique des populations de poissons. *Rev. Trav. ISTPM*, 40(3-4) : 425-437.

DOMAIN (F.), 1972.— Poissons démersaux du plateau continental sénégambien. Application de l'analyse en composantes principales à l'étude d'une série de chalutages. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 10(2) : 111-123.

DOMAIN (F.), 1979.— Note sur les périodes de reproduction de quelques espèces démersales du plateau continental sénégambien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 111-126.

DOMAIN (F.), 1980.— Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégalo-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 2 vol., 342 et 68 p.

DOMAIN (F.), 1986.— Les peuplements démersaux du plateau continental mauritanien. In Description et évaluation des ressources halieutiques de la ZEE mauritanienne. *COPACE/PACE Series/86/37* : 7-22.

DOMANEVSKY (L.N.), 1968.— Spawning pecularities of fish from the North-Western coast of Africa. Cons. Intern. Explor. Mer, C.M. 1968/G : 3, Réf. : Pelagic Fish (S) Cttee, 8 p.

DOMANEVSKY (L.N.), 1970.— Biology and distributions of the marin commercial fishes and pecularities of their fishing by trawl on the shelf from Cape Spartel to Cape Verde. *Cons. Intern. Explor. Mer, Rapp. et Proc. Verb.*, 159 : 223-226.

DURAND (J.R.), 1967.— Étude des poissons benthiques du plateau continental congolais. Troisième partie : étude de la répartition, de l'abondance et des variations saisonnières. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5(2) : 3-68.

FAGER (E.W.) et LONGHURST (A.R.), 1968.— Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25(7) : 1405-1421.

FONTANA (A.), 1969.— Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7(2) : 101-114.

FONTANA (A.), 1979.— Étude du stock démersal côtier congolais. Biologie et dynamique des principales espèces exploitées. Propositions d'aménagement de la pêcherie. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 300 p.

FONTANA (A.) et BARON (J.), 1976.— Croissance de *Pentanemus quinquarius* (Barbillon) et *Pteroscion peli* (Madongo) au Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 44, 18 p.

FONTANA (A.) et BOUCHEREAU (J.L.), 1976.— Croissance de *Brachydeuterus auritus* (Pelon) au Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 47, 15 p.

FONTANA (A.) et LE GUEN (J.C.), 1969.— Étude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseudotolithus* (Fonticulus) *elongatus*. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7(3) : 9-19.

FONTANA (A.) et M'FINA (P.), 1975.— Fécondité de cinq espèces démersales au Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 39, 8 p.

FONTANA (A.) et PIANET (R.), 1973.— Biologie des sardinelles, *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* (Val.) des côtes du Gabon et du Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 31, 39 p.

FRANQUEVILLE (C.), 1979.— Reproduction et fécondité de la dorade *Pagellus coupei* Dieuz. le long des côtes nord-sénégalaises et mauritaniennes. *Bull. IFAN., sér. A*, 41(1) : 159-192.

FRANQUEVILLE (C.), 1980.— Étude des nurseries de daurades *Pagellus coupei* le long de la côte ouest-africaine de 10° à 20°N. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 76, 15 p.

FRANQUEVILLE (C.) et FRÉON (P.), 1976.— Relations poids-longueurs des principales espèces de poissons marins au Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 60, 37 p.

FRÉON (P.), 1979.— Relations taille-poids, facteurs de condition et indices de maturité sexuelle : rappels bibliographiques, interprétations, remarques et applications. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 144-171.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.

GARCIA (S.), 1977.— Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* Peréz Farfante, 1967) en Côte-d'ivoire. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 79, 274 p.

GARCIA (S.), LHOMME (F.), CHABANNE (J.), FRANQUEVILLE (C.), 1978.— La pêche démersale au Sénégal : historique et potentiel. FAO, *COPACE/PACE Series/78/8* : 59-77.

GARNAUD (J), 1960.— La ponte, l'éclosion, la larve de baliste, (*Balistes capriscus* Linné 1758. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 57(1169) : 1-6.

GIRET (M.), 1974.— Biologie et pêche de *Pagrus ehrenbergi* sur les côtes du Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 57, 29 p.

GRAS (R.), 1961.— Liste des poissons du Bas Dahomey faisant partie de la collection du laboratoire d'hydrologie du Service des Eaux, Forêts et Chasses du Dahomey. *Bull. IFAN, sér. A*, 23(2) : 572-586.

HOLT (S.J.), 1962.— The application of comparative population studies to fisheries biology : an exploration. *In* : Symp. Brit. Ecol. Soc., Le Cren et Holgate eds, The exploitation of natural animal populations, 2 : 51-69.

INTÈS (A.) et LE LŒUFF (P.), 1976.— Le régime alimentaire de *Dentex angolensis* Poll et Maul, 1953 (Sparidae). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(1) : 91-99.

ISRA - ORSTOM, 1979.— La reproduction des espèces exploitées dans le golfe de Guinée. Rapport groupe travail ISRA-ORSTOM (Dakar, 7-12 novembre 1977). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68, 213 p.

JONES (R.), 1954.— The food of the whiting and a comparison with that of the haddock. *Mar. Res. Scotl. Home Dept.*, 2 : 1-34.

JONES (R.), 1977.— Stock et recrutement. *FAO Circ. Pêches*, 701 (FIRS/C701) : 89-110.

KONAN (J.), 1977.— Biologie et dynamique de *Dentex angolensis* (Poll et Maul, 1953) du plateau continental ivoirien. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Paris-VI, 87 p.

LE GUEN (J.C.), 1971.— Dynamique des populations de *Pseudotolithus (Fonticulus) elongatus* (Bowd., 1825), Poissons, Sciaenidae. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(1) : 3-84.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A.), 1968.— La faune benthique du plateau continental de Côte-d'Ivoire. Récoltes au chalut : abondance, dominance, répartition, variations saisonnières. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 25, 110 p.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A.), 1969.— Premières observations sur la faune benthique du plateau continental de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 7(4) : 61-66.

LE LŒUFF (P.) et INTÈS (A), 1973.— Note sur le régime alimentaire de quelques poissons démersaux de Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(2) : 17-44.

LE RESTE (L.), 1973.— Étude de la répartition spatio-temporelle des larves et des jeunes postlarves de la crevette *Penaeus indicus* H. Milne Edwards en baie d'Ambaro (Côte nord-ouest de Madagascar). Contribution à l'étude d'une baie eutrophique tropicale. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(2) : 179-189.

LONGHURST (A.R.), 1957.— The food of the demersal fish of a West African estuary. *J. Anim. Ecol.*, 26 : 369-387.

LONGHURST (A.R.), 1959.— Benthos densities off tropical West Africa. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 25(1) : 21-28.

LONGHURST (A.R.), 1960.— A summary survey of the food of West African demersal fish. *Bull. IFAN, sér. A*, 22(1) : 276-282.

LONGHURST (A.R.), 1963.— The bionomics of the fishery resources of the eastern tropical Atlantic. *Col. Office, Fish. Publs.*, 20, 65 p.

LONGHURST (A.R.), 1964.— Bionomics of the Sciaenidae of tropical West Africa. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 29(1) : 93-114.

LONGHURST (A.R.), 1965a.— A survey of the Fish Resources of the Eastern Gulf of Guinea. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 29(3) : 302-334.

LONGHURST (A.R.), 1965b.— The biology of West African Polynemid Fishes. *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 30(1) : 58-74.

LONGHURST (A.R.), 1966.— Synopsis of biological data on West African croakers (*Pseudotolithus typus*, *P. senegalensis* and *P. elongatus*). *FAO Fish. Synopsis*, 35, 50 p.

LONGHURST (A.R.), 1969.— Species assemblages in the tropical demersal fisheries. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 147-170.

LOPEZ (J.), 1979.— Biologie de la reproduction de *Galeoides decadactylus* au Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 68 : 191-204.

PARK (Y.H.), 1979.— Contribution à l'étude de la génération et de la propagation des phénomènes des marées internes au large de la Côte-d'Ivoire. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bretagne occidentale, 180 p.

PICAUT (J.) et VERSTRAETE (J.M.), 1979.— Propagation of a 14.7 day wave along the northern coast of the Guinea Gulf. *J. Phys. Océanogr.*, 9 : 136-149.

POINSARD (F.), 1969.— La pêche au chalut à Pointe-Noire. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 381-390.

POINSARD (F.), 1973.— Croissance des *Pseudotolithus typus* dans la région de Pointe-Noire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 20, 11 p.

POINSARD (F.) et LE GUEN (J.C.), 1970.— Note sur les variations quotidiennes de vulnérabilité au chalutage de trois espèces de poissons du genre *Pseudotolithus* du plateau continental congolais. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 8(2) : 57-64.

POINSARD (F.) et TROADEC (J.P.), 1966.— Détermination de l'âge par la lecture des otolithes chez deux espèces de Sciaenidés Ouest-Africains (*Pseudotolithus senegalensis* C.V. et *Pseudotolithus typus* Blkr.). *J. Cons. Intern. Explor. Mer*, 30(3) : 291-307.

RAITT (D.F.S.) et SAGUA (V.O.), 1969.— Preliminary investigations on the biology of *Brachydeuterus auritus* (Val. 1831) in nigerian waters. Proc. Symp UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan 20-28 octobre 1966 : 397-401.

RAZNIEWSKI (J.), 1970.— On the occurrence of spawning concentrations of some fish species over the NW african shelf in the summer of 1967. *Cons. Intern. Explor. Mer, Rapp. Proc. Verb.*, 159 : 199-201.

RIJAVEC (L.), 1971.— A survey of the demersal fish resources of Ghana. Rapp. FAO/PNUD, 40 p. - FAO, 1980, *CECAF/TECH/80/25* : 28 p. + 59 p. annexes.

RIJAVEC (L.), 1973.— Biology and dynamics of *Pagellus coupei* (Dieuz. 1960), *Pagrus ehrenbergi* (Val. 1830) and *Dentex canariensis* (Poll 1954) in Ghana waters. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(3) : 43-97.

SAGUA (V.O.), 1980.— Observations on the ecology and some aspects of reproduction biology of the small white shrimp *Palaemon hastatus* Aurivillius (Crustacea : Palaemonidae) in the Lagos area of Nigeria. *Bull. IFAN, sér. A*, 42(2) : 280-295.

SAMBA (G.), 1974.— Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique d'un Polynemidae ouest-africain, *Galeoides decadactylus* (Bloch 1793). Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bordeaux-I, 122 p.

SUN (C.), 1975.— Étude de la biologie et de la dynamique de *Pseudotolithus senegalensis* (V., 1833) - Poisson Sciaenidae - sur la côte sénégalaise. Thèse Doct. Univ., Univ. Bretagne occidentale, 145 p.

THIAM (M.), 1978.— Écologie et dynamique des Cynoglosses du plateau continental sénégambien. Biologie de *Cynoglossus canariensis* (Steind. 1882). Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Bretagne occidentale, 180 p.

TROADEC (J.P.), 1968.— Le régime alimentaire de deux espèces de Sciaenidae ouest-africaines (*Pseudotolithus senegalensis* V. et *Pseudotolithus typus* Blkr.). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 30, 24 p.

TROADEC (J.P.), 1971.— Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest-africain, *Pseudotolithus senegalensis* (V.). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2(3) : 225 p.

TROADEC (J.P.), BARRO (M.), BOUILLON (P.), 1969.— Pêche au chalut sur la radiale de Grand-Bassam (Côte-d'Ivoire) (mars 1966-février 1967). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 33 : 14 p. + 11 tabl. + 89 pl.

ULRYCH (T.J.) et BISHOP (T.N.), 1975.— Maximum entropy spectral analysis and autoregressive decomposition. *Rev. Geophys. and Space phys.*, 13(1) : 83-200.

VERSTRAETE (J.M.), 1970.— L'oxygène au large de Grand-Bassam. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3) : 19-35.

VILLÉGAS (L.) et GARCIA (S.), 1983.— Demersal fish assemblages in Liberia, Ghana, Togo, Benin and Cameroun. *FAO-CECAF/ECAF Series/83/26*, 16 p. + 17 cartes hors format.

WATTS (J.C.D.), 1959.— Some observations on the marking of demersal fish in the Sierra Leone river estuary. *Bull. IFAN, sér. A*, 21(4) : 1237-1252.

WILLIAMS (F.), 1968.— Report on the Guinean Trawling Survey. US NODC Washington, OUA, Scient. Tech. Res. Comm., 99, 3 vol. : 828, 529 et 541 p.

Annexe

Classification dans l'ordre de la systématique des espèces citées dans le chapitre et noms locaux correspondants. Les qualificatifs mis entre parenthèses indiquent qu'ils ne sont généralement pas utilisés par les pêcheurs.

Famille	Nom scientifique	Nom local
TRIAKIDAE	*Mustelus mustelus*	requin chien
SQUALIDAE	*Centrophorus granulosus*	requin chagrin
TORPEDINIDAE	*Torpedo torpedo*	raie torpille
RAJIDAE	*Raja miraletus*	raie zéro
DASYATIDAE	*Dasyatis margarita*	raie perlée
CLUPEIDAE	*Ilisha africana*	rasoir
	Sardinella aurita	sardinelle ronde
	Sardinella maderensis	sardinelle plate
TETRAODONTIDAE	*Lagocephalus laevigatus*	tétrodon
DIODONTIDAE	*Chilomycterus spinosus*	poisson porc-épic
ARIIDAE	*Arius parkii*	mâchoiron
FISTULARIIDAE	*Fistularia petimba*	poisson trompette
SPHYRAENIDAE	*Sphyraena guachancho*	barracuda
POLYNEMIDAE	*Pentanemus quinquarius*	friture barbée
	Galeoides decadactylus	petit capitaine, plexiglas
SERRANIDAE	*Epinephelus aeneus*	mérou (bronzé)
PRIACANTHIDAE	*Priacanthus arenatus*	motard
LUTJANIDAE	Lutjanus *goreensis*	carpe rouge
	Lutjanus agennes	carpe rouge
POMADASYIDAE	*Pomadasys incisus*	carpe métis
	Pomadasys jubelini	carpe blanche
	Pomadasys peroteti	carpe blanche
	Brachydeuterus auritus	friture (à écaille), pelon
GERRIDAE	*Eucinostomus melanopterus*	friture (argentée)
SCIAENIDAE	*Pteroscion peli*	friture (blanche)
	Pseudotolithus elongatus	bobo
	Pseudotolithus typus	ombrine sosso
	Pseudotolithus senegalensis	ombrine
	Pentheroscion mbizi	friture (blanche)
CARANGIDAE	*Trachurus trecae*	chinchard (noir)
	Chloroscombrus chrysurus	plat-plat médaille
	Selene dorsalis	plat-plat mussolini
MULLIDAE	*Pseudupeneus prayensis*	rouget (barbet)

SPARIDAE	*Sparus caeruleostictus*	dorade (rose)
	Dentex canariensis	dorade (rose)
	Dentex congoensis	pageot (rouge)
	Dentex angolensis	pageot (rouge)
	Pagellus bellottii	pageot (blanc)
	Boops boops	bogue
CHAETODONTIDAE	*Chaetodon hoefleri*	poisson papillon
EPHIPPIDAE	*Drepane africana*	Saint-Pierre
URANOSCOPIDAE	*Uranoscopus albesca*	
BROTULIDAE	*Brotula barbata*	brotule
ACANTURIDAE	*Acanthurus monroviae*	chirurgien
BALISTIDAE	*Balistes carolinensis*	baliste
TRICHIURIDAE	*Trichiurus lepturus*	ceinture
STROMADEIDAE	*Ariomma bondi*	sardineau
TRIGLIDAE	*Lepidotrigla cadmani*	grondin
	Lepidotrigla carolae	grondin
	Chelidonichthys lastoriza	grondin
	Chelidonichthys gabonensis	grondin
PLATYCEPHALIDAE	*Grammoplites gruveli*	
DACTYLOPTERIDAE	*Dactylopterus volitans*	grondin volant
BOTHIDAE	*Syacium micrurum*	limande
	Bothus podas	
	Citharus linguatula	limande
CYNOGLOSSIDAE	*Cynoglossus canariensis*	sole (langue)
	Cynoglossus browni	sole (langue)

LES RESSOURCES VIVANTES ET LEUR EXPLOITATION

II

LES RESSOURCES THONIÈRES DE CÔTE-D'IVOIRE

Jean-Baptiste AMON KOTHIAS et François-Xavier BARD

Introduction

Les ressources thonières de Côte-d'Ivoire ne sont, en fait, qu'un élément de l'ensemble constitué par les thons tropicaux peuplant l'Atlantique centre-est (figure 1a), et même parfois l'Atlantique tropical tout entier. Or, les ressources thonières de l'Atlantique central oriental viennent de faire l'objet d'une synthèse exhaustive publiée par la FAO, dont le titre exact est « Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est » (FONTENEAU et MARCILLE eds, 1988). La présente étude s'intègre donc parfaitement dans cet ouvrage et nous y ferons fréquemment référence sous le nom commode de « Synthèse thonière ».

LE CADRE GÉOGRAPHIQUE

Le comportement migratoire des thons fait qu'il serait illusoire de considérer une ressource thonière ivoirienne réduite à la seule Zone économique exclusive (ZEE) ivoirienne. Plusieurs points de vue peuvent guider la définition d'une zone thonière ivoirienne :

— on peut considérer le cas de thoniers côtiers ivoiriens qui exploiteraient, outre la ZEE ivoirienne, les eaux libres internationales adjacentes qui s'étendent au sud jusqu'à la limite des pêcheries de surface connues, soit donc la latitude 2° S. Cela constitue une zone de pêche ivoirienne propre ;

— mais l'abondance nettement plus forte des thons dans la ZEE du Ghana conduit aussi à considérer pour ces thoniers l'accès à une zone de pêche ivoiro-ghanéenne définie selon les mêmes principes (figure 1b) ;

— enfin les processus de stratification spatio-temporelle nécessaires, l'établissement de séries statistiques de pêche complètes ont conduit l'ICCAT (Commission internationale pour la conservation des thonidés

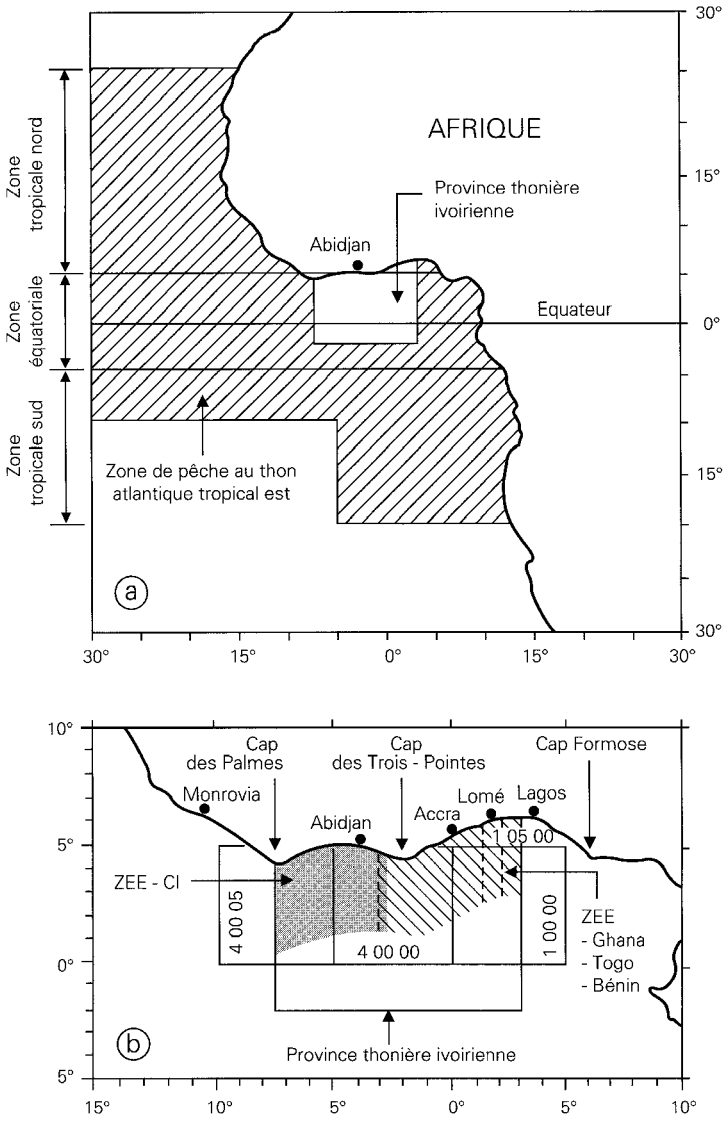


Figure 1
Représentation des différentes zones géographiques considérées dans cette étude. Atlantique tropical est (a) ; composantes de la province thonière ivoirienne (b).

de l'Atlantique) à utiliser couramment des carrés géographiques de 5° x 5°. Ces carrés sont dénommés selon le système CWP. Les carrés 4 00 00 et 4 00 05 concernent directement la zone de pêche ivoirienne. Les carrés 1 00 00 et 1 05 00 concernent la zone de pêche ivoiro-ghanéenne.

Dans la suite de l'exposé, on citera, par souci de clarté, une « province thonière ivoirienne » (figure 1). Parfois on fera appel aux statistiques historiques des carrés 5° x 5° cités.

Les espèces

La présentation systématique des espèces de thonidés et espèces voisines est faite par Diouf et Amon Kothias (1988) dans la synthèse thonière. L'essentiel de leurs informations découle du travail de Collette et Nauen (1983).

Les thonidés pêchés dans la province thonière ivoirienne, avec référence à la gamme des tailles communément rencontrées, sont les suivants :

Quatre thons dits majeurs

— l'albacore (*Thunnus albacares*) de 1 à 100 kg ;
— le listao (*Katsuwonus pelamis*) de 1 à 8 kg ;

— le patudo ou thon obèse (*Thunnus obesus*) de 1 à 150 kg ;
— le germon (*Thunnus alalunga*) de 10 à 35 kg ;

Deux thons dits mineurs

— la thonine (*Euthynnus alletteratus*) de 1 à 4 kg ;
— l'auxide (*Auxis thazard*) de 1 à 2 kg.

On y pêche plus rarement les espèces suivantes :

— le makaire bleu (*Makaira nigricans*) de 30 à 500 kg ;
— le voilier (*Istiophorus albicans*) de 10 à 30 kg ;
— l'espadon vrai (*Xiphias gladius*) de 10 à 100 kg ;
— le thon brochet ou « wahoo » (*Acanthocybium solandri*) ;
— le maquereau-bonite (*Scomberomorus tritor*) ;
— la bonite à dos rayé (*Sarda sarda*).

Abondance des espèces

L'abondance des différentes espèces citées peut être estimée *a priori* selon les chiffres des captures historiques. Il convient alors de distinguer les thons majeurs, objet d'une pêche industrielle, et les autres.

Thons majeurs

Deux espèces de thons majeurs sont capturées en abondance en Atlantique tropical oriental. Ce sont l'albacore et le listao. Le patudo est pêché en moindre mesure et le germon est surtout exploité à des latitudes élevées. Dans la province thonière ivoirienne elle-même, les captures d'albacore, listao et patudo ont culminé lors de la période 1978-1982 (tableau I) alors que l'effort de pêche global était maximal. À ce moment là, les carrés 5° x 5° cités ci-dessus ont été parmi les plus productifs de l'Atlantique tropical oriental (figure 2).

Les captures totales de ces trois espèces de la province ont été alors en moyenne de 60 973 tonnes/an. Toutefois, les trois grandes catégories d'engin de pêche, canne, senne et palangre ont recherché des espèces différentes : albacore puis listao pour les canneurs, albacore pour les senneurs, albacore puis patudo pour les palangriers.

Le germon n'a que rarement été pêché dans la province thonière ; ses lieux de capture, à la palangre essentiellement, se situent à des latitudes plus élevées (figure 3a). Quelques captures sporadiques sont parfois effectuées par les senneurs (figure 3b ; Bard et Amon Kothias, 1986).

Thonidés mineurs et autres

L'abondance des deux thonidés dits mineurs, la thonine et l'auxide, est difficile à évaluer. Car leurs pêches, assez fréquentes semble-t-il, se concluent souvent par des rejets ou des ventes clandestines. Il est possible toutefois de dresser des cartes des pêches signalées (figure 4). Il semble que ces deux espèces

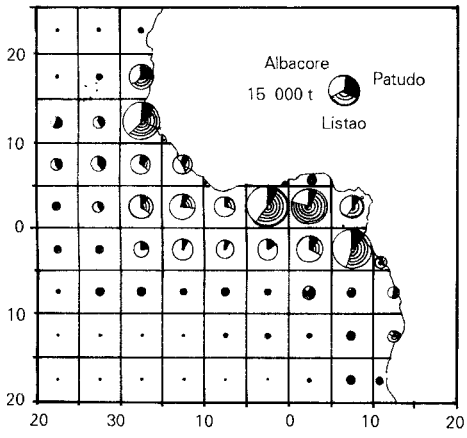


Figure 2
Cartographie par carré 5°x 5° des prises moyennes pour la période 1978-1982, tous engins confondus, pour l'albacore, le listao, le patudo.
Source : Synthèse thonière.

TABLEAU I
Captures annuelles d'albacore (ALB), listao (LIS), patudo (PA), totales (TOT) en Atlantique tropical oriental ; estimation des captures dans la province thonière ivoirienne (PTI), la ZEE ivoirienne (ZEE)

ANNÉES	ALB	LIS	PA	TOT	PTI	ZEE	NBT	C	ABJ
1969	77 623	24 926	16 938	119 487	30 810	4 670	0	0	-
1970	59 500	42 630	16 738	118 868	35 377	12 536	2	848	-
1971	58 032	68 456	23 183	149 671	34 787	5 329	2	2 336	-
1972	76 832	65 170	23 664	165 666	29 651	2 869	2	3 495	
1973	84 510	68 607	27 217	180 334	29 603	6 395	2	3 277	34 173
1974	91 554	104 624	20 728	216 906	24 275	6 436	4	5 227	54 263
1975	112 087	53 637	26 671	192 341	16 006	4 139	6	8 333	72 880
1976	107 882	67 600	22 569	198 051	25 124	9 637	6	10 530	73 118
1977	112 400	99 732	36 444	248 576	25 124	8 467	8	16 534	80 000
1978	108 760	97 656	26 256	232 676	29 138	6 415	8	-	-
1979	105 869	77 231	26 991	210 091	29 020	6 960	8	13 018	90 000
1980	107 258	90 961	31 134	229 353	37 024	13 364	8	15 929	101 226
1981	131 425	98 163	35 249	267 837	37 784	17 301	8	18 422	110 000
1982	130 758	109 690	38 733	279 585	10 568	4 864	8	17 931	125 000
1983	110 653	96 982	11 950	219 585	16 532	6 669	8	14 846	-
1984	75 300	91 000	15 890*	182 190	14 843	4 759	5	3 783	-
1985	112 600	77 700	10 222*	200 522	14 057	4 076	2	1 986	98 517
1986	106 700	89 900	11 453*	208 053	16 715	11 705	0	0	-
1987	104 100	92 400	9 000	205 500		15 000	0	0	95 000
1988				227 600		6 000	0	0	

Nombre de thoniers senneurs ivoiriens en service (NBT). Captures ivoiriennes (C). Chiffres totaux des transbordements et débarquements à Abidjan (ABJ).
* Chiffres de captures n'incluant pas les palangriers.
- Quantités ayant existé mais inconnues.

soient assez communes dans la province thonière, mais seraient apparemment plus abondantes à des latitudes plus élevées.

Enfin, les captures des autres thonidés cités dans la province sont, soit très probablement mineures (sarde, maquereau-bonite, wahoo, espadon, makaire), soit encore mal répertoriées (voilier).

LIMITES DE L'ÉTUDE

Les espèces thonières fréquentant tant la ZEE ivoirienne que la province thonière appartiennent en fait à des stocks plus vastes.

Ces stocks constituent les unités de gestion réelles des ressources. En conséquence, toutes les données ayant trait à la biologie, l'écologie, les statistiques des pêcheries doivent d'abord être traitées dans le cadre de ces stocks avec, par la suite, un examen particulier des conséquences de l'évolution des stocks sur la « ressource thonière ivoirienne ».

Pêcheries de l'Atlantique tropical oriental

MÉTHODES DE PÊCHE

Les méthodes de pêche utilisées pour capturer les thons sont diverses et leur usage a varié avec le temps. Ce sont, dans l'ordre chronologique, la ligne à main, la canne, la palangre flottante, les sennes et le filet maillant. Ces méthodes sont largement décrites par FONTENEAU *et al.* (1988) dans la Synthèse tho-

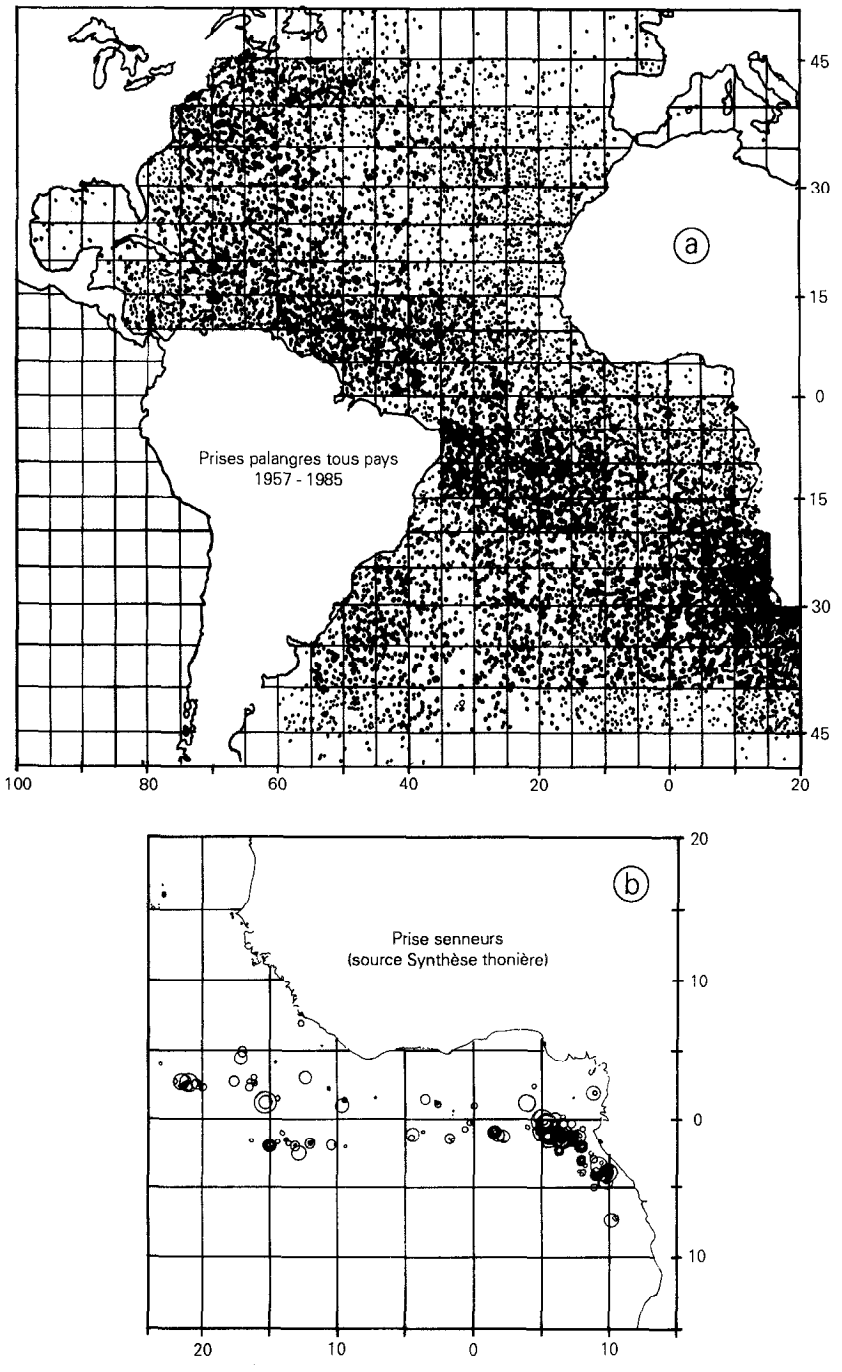


Figure 3
Cartographie des pêches du germon en Atlantique. Palangriers, tout Atlantique (a) ; senneurs, Atlantique oriental (b).

nière et il suffit de les rappeler en insistant sur l'usage qui en est fait dans la zone concernée. La figure 5 représente l'évolution des prises réalisées par chacun de ces types de pêche.

Ligne à main

La méthode la plus ancienne est la ligne à main à l'appât mort depuis des embarcations de petit tonnage, telles des pirogues. La méthode semble avoir été utilisée aux accores du cap des Trois-Pointes, dès le XVII[e] siècle pour la capture des gros patudos (et des albacores ?). Cette méthode est encore pratiquée

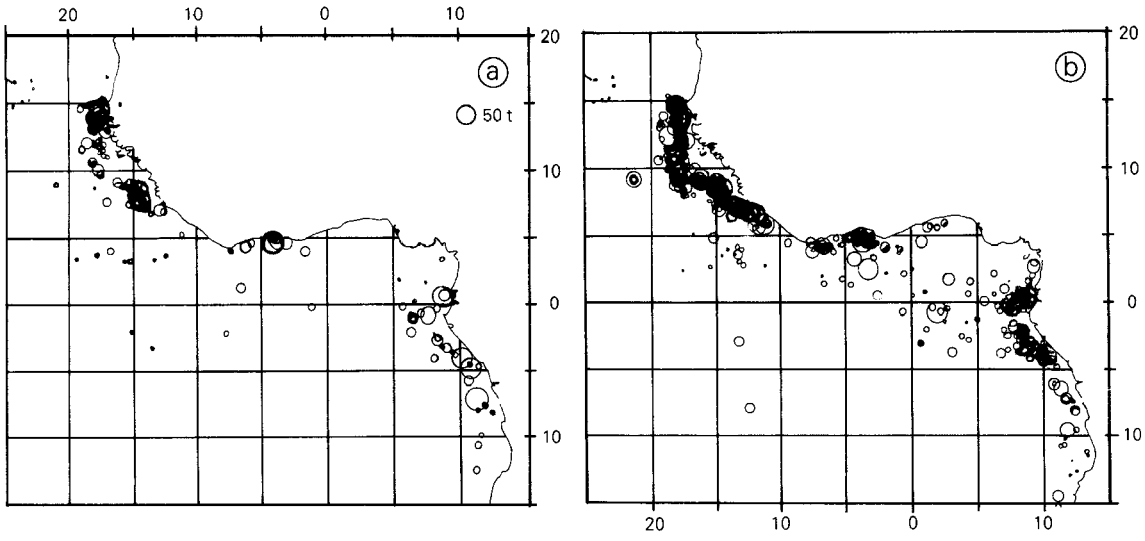


Figure 4
Cartographie des pêches de thonine (a) et d'auxide (b) en Atlantique tropical oriental.
Source : Synthèse thonière.

par les pêcheurs ghanéens depuis des pirogues, à certaines phases de la lune, pour pêcher l'albacore. Le volume des captures a toujours été minime (quelques dizaines de tonnes par an).

Appât vivant

La canne à l'appât vivant est apparue vers 1950, avec des thoniers français et espagnols, puis japonais. Les nécessités de se ravitailler souvent en appât convenable a largement réduit le rayon d'action de ces thoniers aux voisinages des ports de Dakar, Tema, Pointe-Noire. Ces flottilles ont dominé la période 1950-1970, puis leurs armements se sont tourné vers l'usage de la senne.

Actuellement, les seuls canneurs à fréquenter la province thonière sont ceux de la flottille basée à Tema, dont les pavillons se sont successivement transférés du Japon à la Corée et au Panama puis au Ghana.

Cette flottille comporte actuellement 27 canneurs d'une capacité de 100 à 200 tonnes de thon congelé (MENSAH, 1988). Ils effectuent des marées de près de un mois avec ravitaillement en appât aux atterrages du cap des Trois-Pointes. Les lieux de pêche, très constants, sont représentés en figure 6. L'espèce recherchée est le listao (WISE, 1986), bien que les canneurs capturent des quantités notables d'albacores et de patudos juvéniles (ICCAT, 1988). Les tailles pêchées vont de 1 à 8 kg environ et sont toujours très homogènes.

Au débarquement, les captures sont scindées, les plus gros thons dits « Export-fish » étant transbordés à Abidjan, le reste, de qualité moindre, est vendu à Tema sous le nom de « Market-fish ». Les proportions « Export-fish » - « Market-fish » varient toutefois selon la demande en poisson au Ghana.

Palangre flottante

La pêche à la palangre flottante était la spécialité des palangriers japonais, apparus en 1957 dans le golfe de Guinée. Ils recherchaient les gros albacores en profondeur et ils ont obtenu au début d'excellents résultats (figure 7). Ils ont été remplacés par des palangriers coréens et cubains, avec un volume de captures moindre. Actuellement, l'ensemble des palangriers opérant en Atlantique recherche soit le patudo, soit le germon à des latitudes plus hautes, et la province thonière est nettement moins exploitée par les thoniers palangriers.

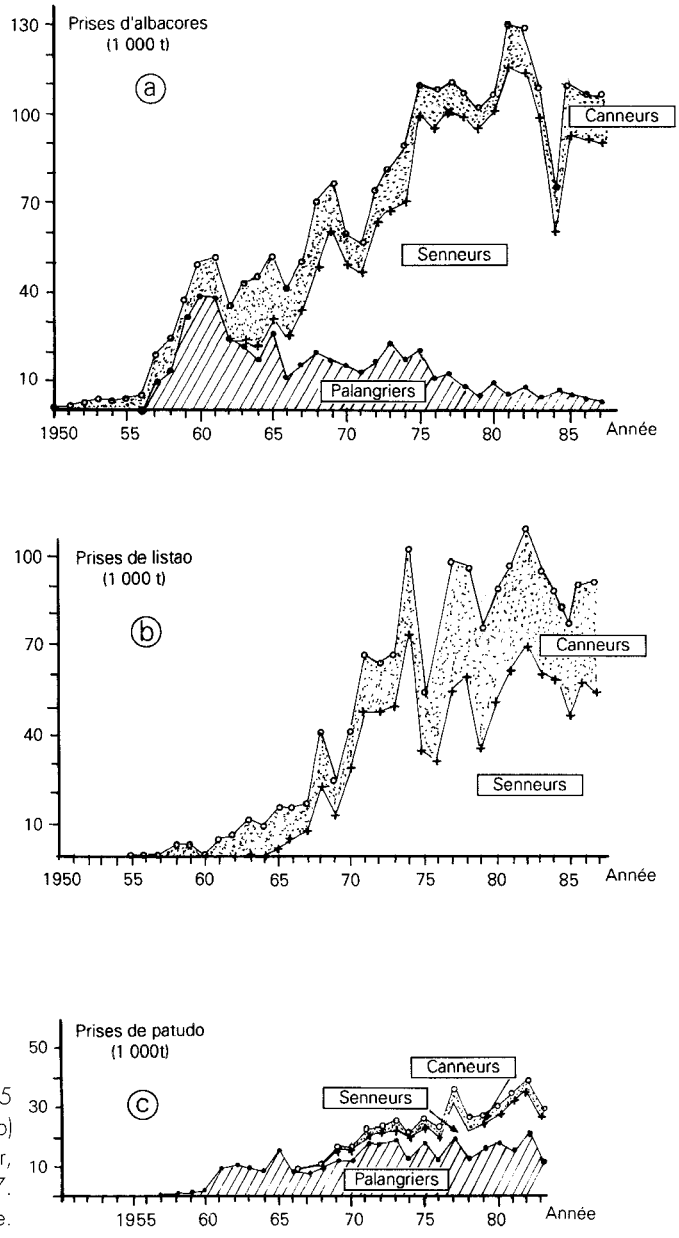


Figure 5
Évolution des prises d'albacore (a), de listao (b) et de patudo (c), par engin majeur, pour la période 1950-1987.
Source : Synthèse thonière.

Senne

La pêche à la senne est prépondérante depuis 1970. Les thoniers senneurs congélateurs de grande capacité représentent maintenant l'essentiel du potentiel thonier dans le golfe de Guinée (figure 5).

Les principales flottilles de senneurs à fréquenter la province thonière ont été française, ivoirienne, japonaise, américaine, espagnole... D'autres pays ont tenté d'exploiter quelques thoniers senneurs congélateurs, abandonnant généralement en quelques années cette activité par manque de rentabilité.

Un cas particulier qu'il convient de traiter ici est celui de la flottille de thoniers battant pavillon ivoirien. Avec l'essor de la fréquentation du port d'Abidjan par les senneurs, des compagnies ivoiriennes ont armé des senneurs congélateurs de plus en plus gros entre 1980 et 1985. À son apogée, cette flottille comportait 6 senneurs de 400 à 500 t de capacité en thon, et 2 senneurs de 800 t de capacité (tableau I). Confrontés à une situation économique difficile en 1984, les thoniers ivoiriens ont suivi le mouvement vers l'océan Indien, puis ont cessé toute activité en 1986. BRULHET (1984) donne des détails sur les raisons de cet abandon.

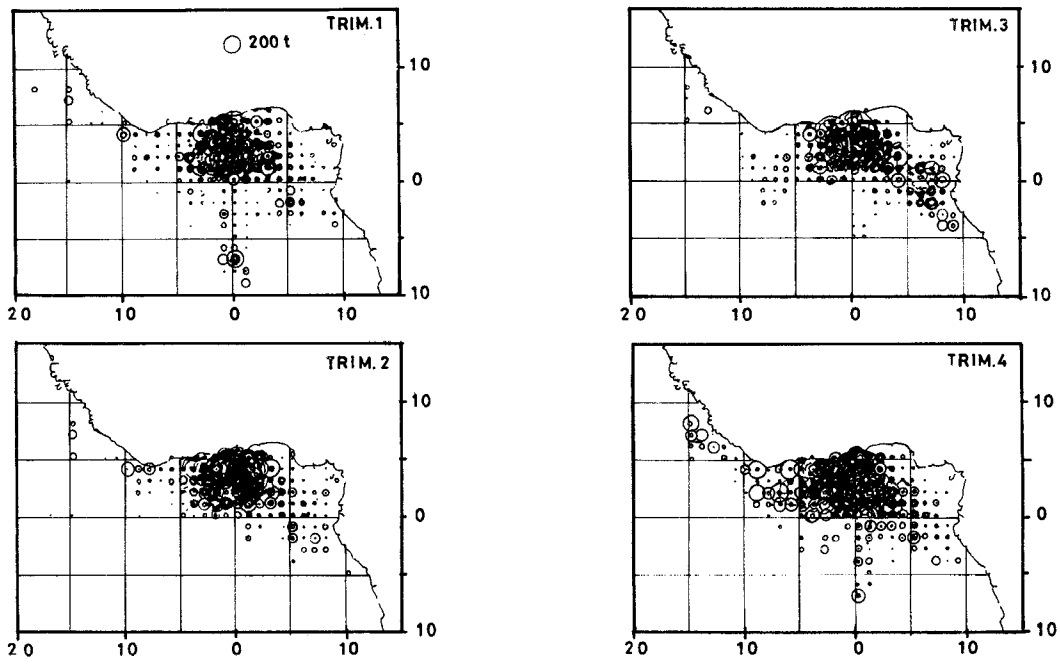


Figure 6
Lieux de pêche des canneurs basés à Tema, par trimestre, pour la période 1969-1982.
Source : Synthèse thonière.

En revanche, le port thonier d'Abidjan, en accueillant des flottilles internationales, a toujours pu maintenir un trafic intense de thon congelé qui transite par le port avant d'être exporté ou qui alimente les deux conserveries ivoiriennes. Les estimations de ce flux de thon figurent au tableau I.

La diminution des rendements en albacore, corrélative à l'apogée de l'effort de pêche en 1982-1983, a déclenché en 1984 un exode de la flottille française et ivoirienne (dite FIS) et d'une partie des senneurs espagnols vers la zone occidentale de l'océan Indien où d'excellents rendements étaient observés.

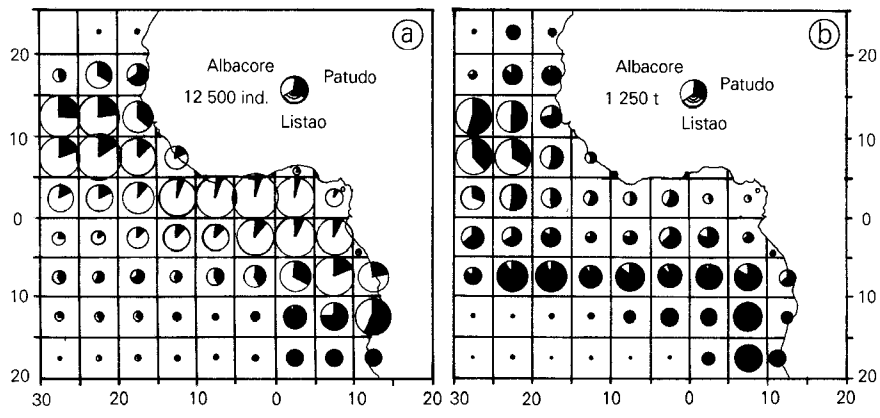


Figure 7
Cartographie par carré 5°x 5° des prises moyennes des palangriers pour deux époques de référence de l'effort de pêche. Période 1957-1969, palangriers japonais (a) ; période 1978-1982, palangriers cubains, taïwanais, coréens, japonais (b). Source : Synthèse thonière.

Depuis, un certain équilibre se maintient en fonction du succès des pêches entre l'ouest de l'océan Indien et l'est de l'Atlantique. Les senneurs espagnols sont plus nombreux en océan Atlantique, et c'est l'inverse pour les senneurs français.

Les lieux de pêche des senneurs, à leur extension maximale, ont couvert l'Atlantique tropical oriental, de la Mauritanie à l'Angola, s'étendant en zone équatoriale jusqu'à 30° W (figure 8). Le détail de la fréquentation des lieux de pêche montre un schéma saisonnier guidé surtout par la recherche de concentrations d'albacore, mais parfois de celles de listao.

Dans ce contexte, il est très net que la province thonière n'est fréquentée que saisonnièrement par les grands senneurs. Seuls quelques senneurs côtiers, japonais (2), norvégien (1), et ghanéens (7 en arrêt) la fréquentent presque toute l'année.

Filet maillant dérivant

La pêche des thonidés avec des filets maillants dérivants mouillés de nuit aux accores par des pirogues est une activité assez récente à proximité d'Abidjan puis de San Pedro. Elle semble avoir été pratiquée à l'origine aux accores du cap des Trois-Pointes et s'étendrait actuellement sur toute la côte d'Afrique de l'Ouest. L'originalité de cette technique est qu'elle capture des quantités notables de poissons porte-épée (makaire, voilier, espadon) associés à des thons, des requins, raies manta et tortues. Les prises, estimées pour Abidjan seulement seraient d'environ 200 tonnes/an (AMON KOTHIAS et BARD, 1989).

CAPTURES PAR ESPÈCES DE THONS MAJEURS

La séparation exacte des espèces dans les statistiques de captures commerciales pose un problème dont la complexité réelle est apparue progressivement de 1979 à 1987. En effet, les compagnies commercialisant le thon tropical ne trient les captures que par catégories de taille (qui ont des prix particuliers). Il y a donc des confusions d'espèces. Un résumé des deux principales grilles de classement utilisées est donné au tableau II.

Pour obtenir des chiffres valables par espèce, il a donc fallu mettre au point des méthodes de correction des statistiques brutes en associant les chiffres de débarquements, les relevés journaliers des opérations de pêche et des échantillonnages de taille multispécifiques aux ports d'Abidjan et de Dakar. Le détail de ces travaux figure dans les documents suivants : CAYRÉ (1984), FONTENEAU (1981), FONTENEAU *et al.* (1984), BARD et VENDEVILLE (1986), ICCAT (1988).

Les estimations résultant de ces corrections sont données en tableau I. Cela a surtout conduit à une augmentation des chiffres d'albacores et de patudos au détriment du listao. En effet, de fortes quantités d'albacores et patudos juvéniles sont vendus sous l'appellation « listao ».

CAPTURES PAR ESPÈCES DE THONS MINEURS ET DE POISSONS PORTE-ÉPÉE

Les captures de thonine et d'auxide pourraient être assez élevées mais elles sont mal estimées. En effet, d'une part les grands thoniers senneurs qui semblent en capturer d'assez fortes quantités les rejettent ou les vendent clandestinement, d'autre part les statistiques de pêche artisanale du littoral africain laissent à désirer, et cela affecte les estimations de prises de tous les thonidés côtiers.

Des remarques similaires sont valables pour les poissons porte-épée. En effet, ces poissons ne représentent que des captures accessoires pour les pêches commerciales des thoniers ou sardiniers. Par ailleurs, ces poissons font l'objet de pêches sportives dont les statistiques sont encore incomplètes. Enfin, les pêcheries piroguières au filet maillant dont nous avons signalé le développement ne font pas toutes l'objet de statistiques régulières.

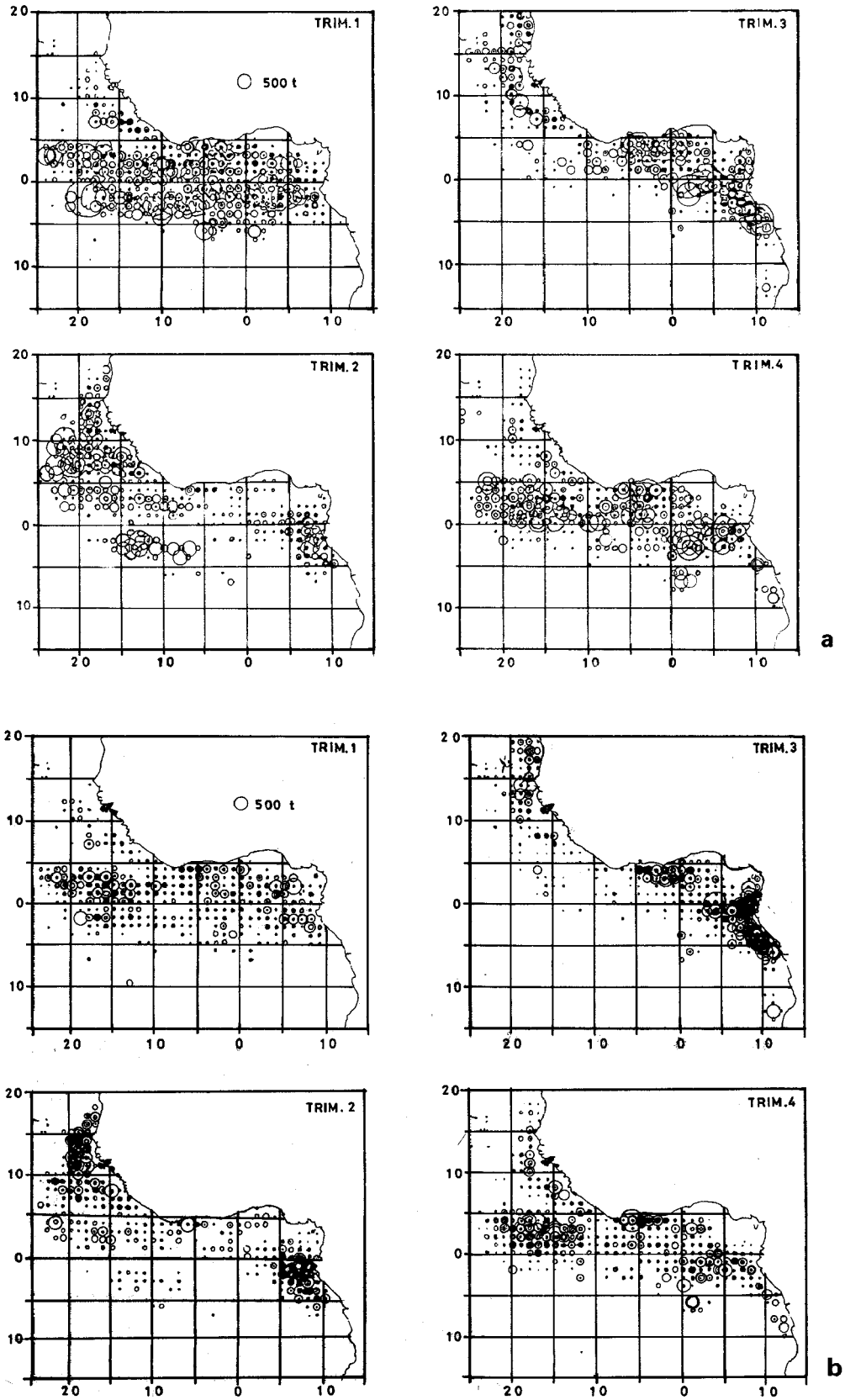


Figure 8
Lieux de pêche des senneurs FIS, et prises par trimestre ; période cumulée 1978-1982. Albacore (a) ; patudo (b).
Source : Synthèse thonière.

TABLEAU II
Dénominations commerciales des thons débarqués par les thoniers tropicaux, dans les ports d'Abidjan, Tema et Dakar

CLASSEMENT SOVETCO UTILISÉ PAR FIS ET ESPAGNE		
Espèce réelle	Taille	Catégorie
Albacore	< 3 kg	Listao
	3 - 10 kg	Albacore - 10
	10 - 100 kg	Albacore + 10
Listao	< 1,8 kg	Listao - 1,8 (-2)
	> 1,8 kg	Listao + 1,8 (+2)
Patudo	< 3 kg	Listao
	3 - 10 kg	Albacore - 10
	10 - 30 kg	Albacore + 10
	> 30 kg	Patudo
Germon	10 - 30 kg	Germon
Thonine	Toutes	« Ravil » Melva
Auxide	Toutes	« Ravil » Bacoreta
CLASSEMENT STARKIST UTILISÉ PAR ÉTATS-UNIS, GHANA,...		
Espèce réelle	Taille	Catégorie
Albacore	< 1,8 kg	R3 = Undersized = U/S
	1,8 - (3,2 kg)	
	(3,4 kg)	R2 = Undersized = U/S
	3,2 - (13,6 kg)	
	(10,0 kg)	R1 = Yellowfin
	(13,6 kg)	
	(10,0 kg)	GG = Yellowfin
Listao	< 1,4 kg	R3 = Skipjack
	1,4 - 1,8 kg	R2 = Skipjack
	1,8 - 3,4 kg	R1 = Skipjack
	> 3,4 kg	Jumbo
Patudo	Toutes	Assimilé Yellowfin
Auxide	Toutes	Black Skipjack
Thonine		Little Tunny

Migrations, biologie, écologie des espèces

L'état des connaissances sur les migrations d'une part, la biologie et l'écologie d'autre part ont fait l'objet de deux chapitres dans la synthèse thonière, l'un par BARD *et al.* (1988), l'autre par CAYRÉ *et al.* (1988). L'essentiel de ces études porte sur les trois thonidés tropicaux majeurs : l'albacore, le listao, le patudo. Il s'y ajoute quelques connaissances nouvelles sur les thonidés mineurs présents en Atlantique tropical oriental.

L'étude des migrations est faite espèce par espèce, à partir des éléments classiques de marquages et répartitions saisonnières des captures. Pour la biologie, les thèmes suivants sont passés en revue : reproduction, sex-ratio, croissance, régime et comportement alimentaires, parasites. Enfin, au plan de l'écologie, les auteurs étudient successivement : les thons et leur environnement thermique, l'oxygène dissous et la répartition des thons dans l'Atlantique, l'association des bancs de thons avec des « objets pélagiques », les mélanges d'espèces au sein des bancs. On renverra donc le lecteur à ces textes, en se contentant de résumer en quelque sorte l'histoire naturelle des espèces principales puis en traitant de quelques problèmes communs aux trois espèces qui conditionnent leur accessibilité aux engins de pêche.

ALBACORE

La reproduction de l'albacore apparaissait comme relativement simple selon les travaux d'ALBARET (1977), mais de nouvelles observations ont montré que le phénomène est plus complexe (figure 9). Les différentes sources d'information sur les larves et les gonades des gros albacores pêchés à la senne ou la palangre ne concordent pas toujours. Quoi qu'il en soit, il semble que la zone de reproduction principale se situe en Atlantique oriental sur l'équateur avec un maximum au 1er et au 2e trimestre de l'année.

Les albacores juvéniles apparaissent par la suite, à la taille de 35 cm, dans le fond du golfe de Guinée, où ils restent assez sédentaires jusqu'à la taille de 50 cm environ. Ils entreprennent alors des migrations de dispersion le long des côtes (figure 10). Il existe des migrations estivales vers les hautes latitudes nord (Sénégal, Canaries, peut-être Açores) et les hautes latitudes sud (Angola).

Les albacores sont matures au-delà de 110 cm, soit 30 kg, et évoluent dans tout l'Atlantique tropical avec, semble-t-il, des migrations génétiques assez précises. Des échanges d'albacores adultes entre l'ouest et l'est de l'Atlantique ont été rapportés (BARD *et al.*, 1987 ; BARD, 1989). Il semble exister en outre des différences entre de gros albacores de surface et d'autres vivant plus généralement sous la thermocline.

La croissance des albacores en Atlantique oriental présente la singularité d'une croissance ralentie jusqu'à 65 cm environ, puis reprenant un rythme rapide jusqu'à une taille d'environ 150 cm, soit 70 kg à l'âge de 6 ans (figure 11). L'âge maximal de l'albacore semble d'environ 8 à 10 ans. Les mâles et les femelles adultes pourraient présenter un dimorphisme de croissance, ce qui expliquerait en partie le sex-ratio en faveur des gros mâles au-delà de 140 cm.

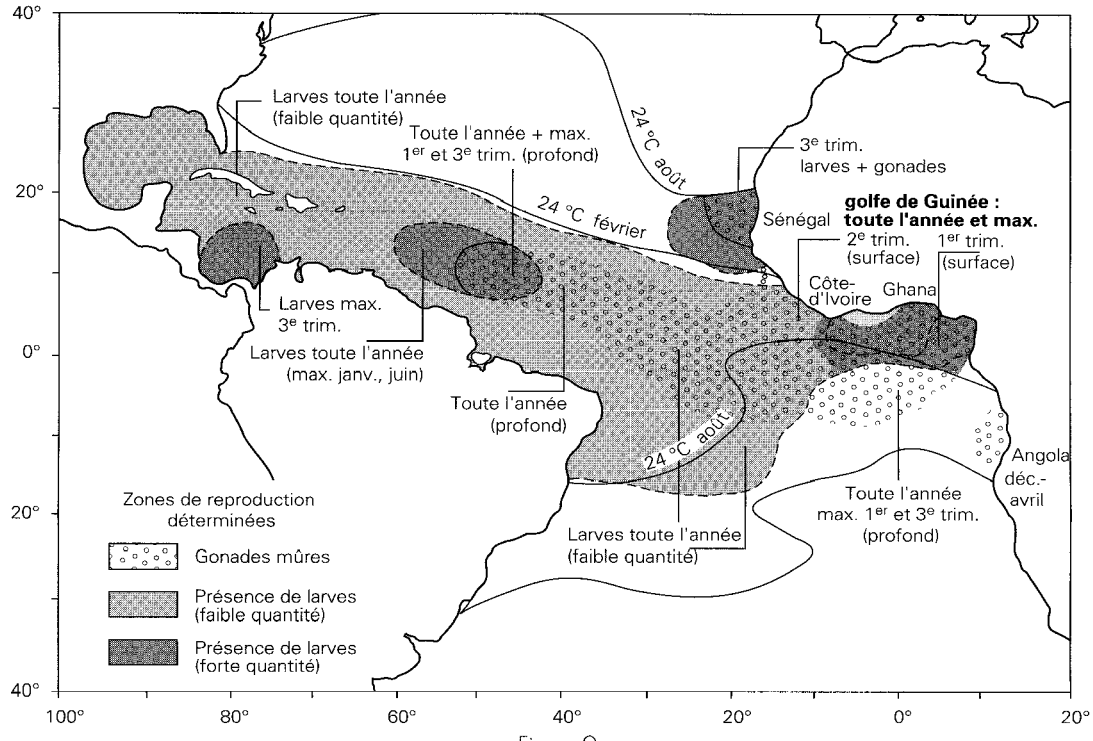


Figure 9
Cartographie synthétique des connaissances sur la reproduction de l'albacore. Source : Synthèse thonière.

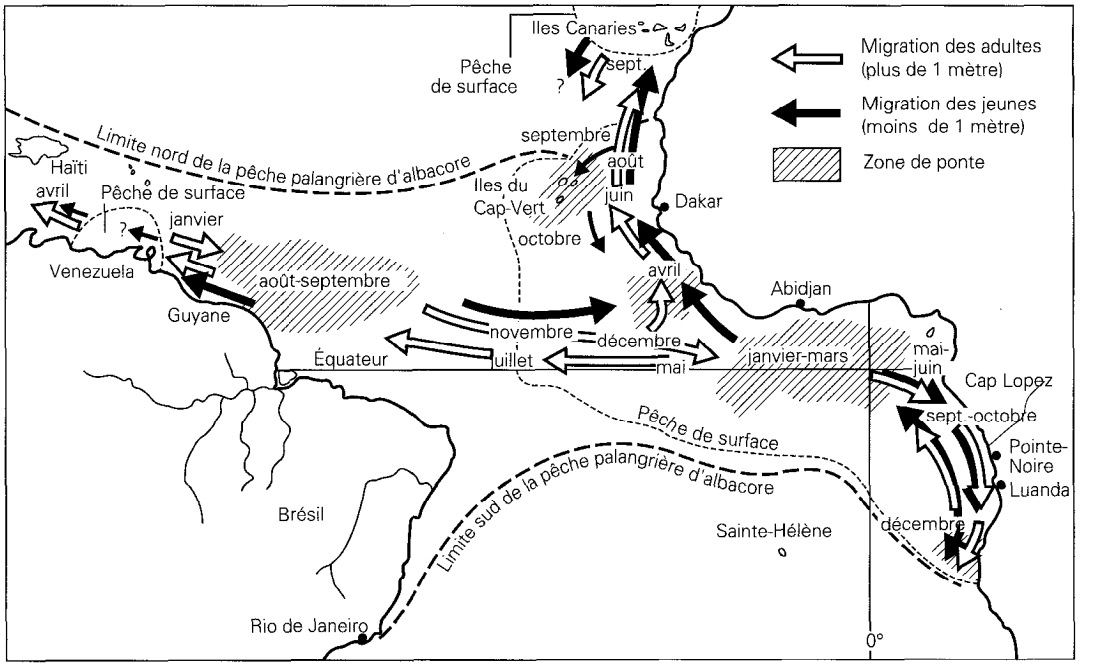


Figure 10
Schéma du modèle de migration de l'albacore en Atlantique. Source : Synthèse thonière.

La mortalité naturelle de l'albacore a fait l'objet de spéculations. Actuellement on admet M = 0,8 pour les juvéniles de 35 jusqu'à 65 cm, et M = 0,6 pour les individus de taille supérieure.

Enfin, il paraît utile de rappeler les résultats de dosage de mercure dans la chair des albacores pêchés en Atlantique oriental. Des dosages avaient été effectués en 1972-1973 par ALDRIN *et al.* (1973). De récentes mesures réalisées en 1987-1988 (SORO MÉTONGO et KOUAMENAN, 1991) n'indiquent aucun changement particulier (figure 12). Les taux de mercure de plus de 1 ppm ne sont que rarement atteints.

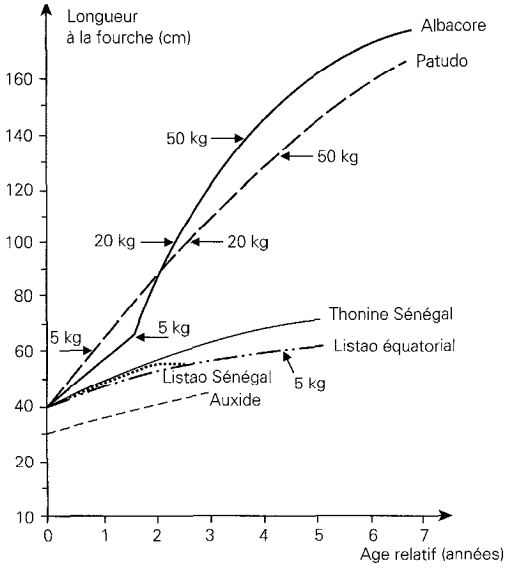


Figure 11
Courbes de croissance en longueur des divers thonidés de l'Atlantique oreintal (les indications de certains poids correspondants sont portées).

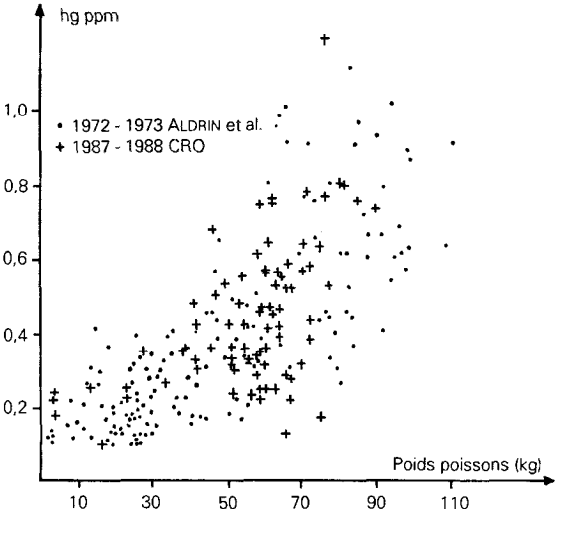


Figure 12
Dosages de mercure total en fonction du poids dans les muscles d'albacore à deux périodes, 1972-1973 et 1987-1988.

LISTAO

À la suite des recherches intensives du programme international Listao (1979-1983), les connaissances sur cette espèce en Atlantique sont devenues bonnes. Elles ont fait l'objet d'un document spécial (SYMONS *et al.*, 1986).

Le listao se reproduit dès la taille de 45 cm (soit 2 kg), de façon opportuniste, toute l'année dans le golfe de Guinée. Des centres de reproduction plus saisonniers ont également été identifiés, mais il semble que les zones de reproduction potentielles s'étendent sur tout l'Atlantique central tropical.

Les jeunes listaos sont recrutés dans les pêches à la taille de 35 à 40 cm, dans le fond du golfe de Guinée, particulièrement devant l'Angola et le cap Lopez aux 1er et 2e trimestres (figure 13).

Il existe une grande migration est-ouest au 3e trimestre, bien démontrée par les marquages jusqu'au 4e trimestre. À cette époque, les listaos ont rejoint la zone du Liberia. D'autres recrutements complémentaires ont lieu au voisinage du Sénégal, des îles du Cap-Vert, voire en zone du Liberia. Un cycle assez compliqué ramène une partie de ces listaos dans le golfe de Guinée. Cependant, des migrations vers l'Atlantique central semblent également avoir lieu toute l'année, à en juger par l'analyse des marquages. Les listaos qui migrent vers le large paraissent y rester et y formeraient une population de gros individus encore modérément exploités. On peut noter également que la taille moyenne des listaos en Atlantique occidental est plus forte qu'en Atlantique oriental.

La croissance du listao présente des variations selon les aires géographiques. En zone équatoriale, cette croissance est assez rapide. Mais elle serait beaucoup plus rapide en zone tropicale nord pendant la période estivale (figure 11). La croissance dans les zones du large, peu pêchées, est encore inconnue. L'âge maximal du listao semble au plus de 10 ans, mais les poissons couramment pêchés auraient entre 1 et 4 ans. Une mortalité naturelle élevée semble donc logique. On conjecture M = 0,8.

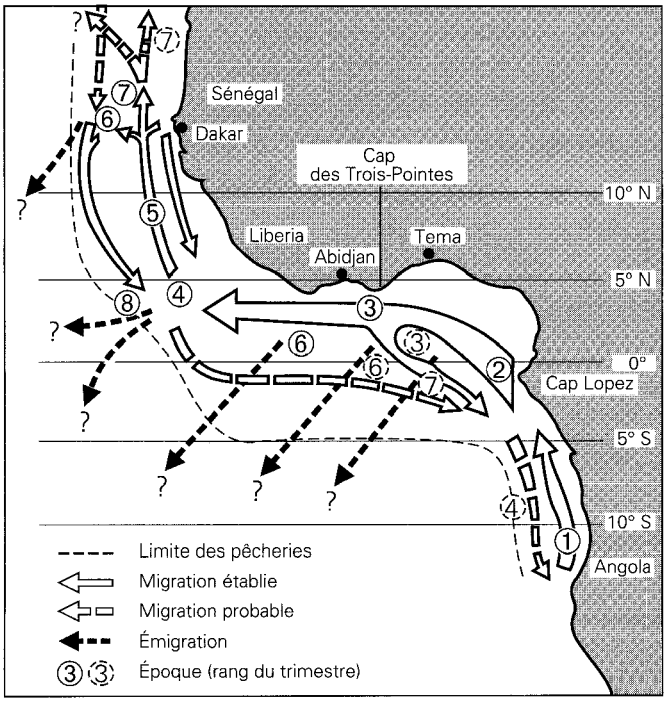


Figure 13
Modèles de migration du listao en Atlantique oriental.
Source : Synthèse thonière.

PATUDO

Le patudo est un thon tropical moins bien connu en Atlantique. La confusion des juvéniles avec les albacores dans les prises, la pêche des adultes par des palangriers qui débarquent très peu en Atlantique en sont les principales raisons.

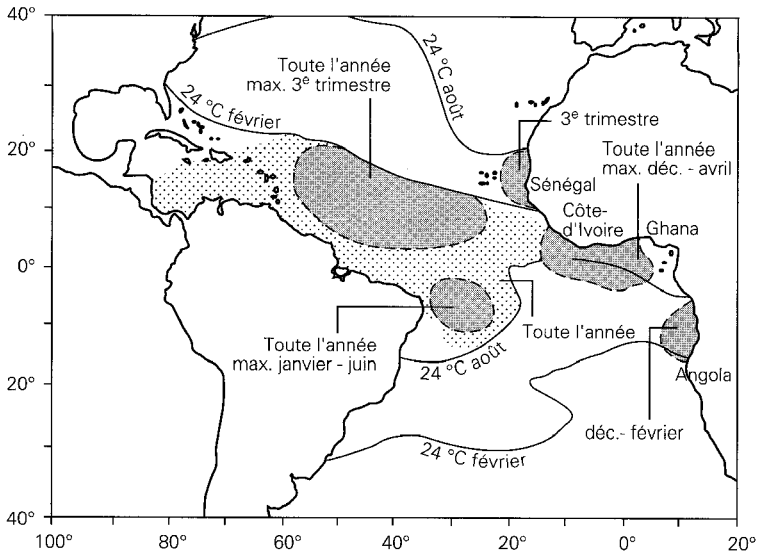


Figure 14
Cartographie Synthétique des connaissances sur la reproduction du patudo.
Source : Synthèse thonière.

Ainsi, les lieux de reproduction des patudos en Atlantique sont encore mal connus. Il existe de vastes zones de ponte quasi permanentes en Atlantique central, mais également dans le golfe de Guinée. Lors de leur période estivale respective, les zones côtières du Sénégal et de l'Angola seraient aussi une zone de ponte (figure 14). La taille de maturité des patudos n'est pas vraiment déterminée. On suppose par analogie avec celui du Pacifique qu'elle est d'environ 100 cm et 25 kg.

Les patudos juvéniles apparaissent à 35 cm dans le fond du golfe de Guinée, très généralement en bancs mixtes avec les albacores et des listaos de même taille. Ils semblent également suivre le même comportement de dispersion vers l'ouest puis dans l'ensemble de l'Atlantique est. La dispersion des patudos juvéniles serait toutefois plus précoce que celle des albacores. Les patudos gagnent ainsi des latitudes élevées selon des migrations rapides. En particulier, pour l'hémisphère nord, les patudos de taille relativement modeste atteignent les Açores en quelques mois. Des pêcheries spécifiques à l'appât vivant mettent à profit ces migrations, au Sénégal, aux Canaries, à Madère, aux Açores (figure 15).

La croissance du patudo est rapide ; les juvéniles ne semblent pas sujets à la croissance ralentie propre aux albacores (figure 10). La maturité sexuelle serait atteinte à 4 ans, et l'âge maximal atteindrait 15 ans. La mortalité naturelle du patudo fait tout autant l'objet de spéculations que celle des autres thons. On admet actuellement M = 0,8 jusqu'à 65 cm, M = 0,4 pour les tailles supérieures.

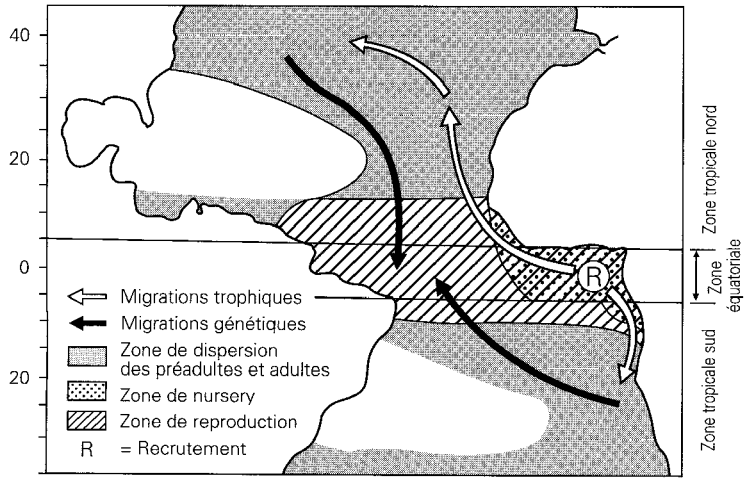


Figure 15
Schéma de migration du patudo en Atlantique.
Source : Synthèse thonière.

THONINE ET AUXIDE

Ces deux thonidés mineurs sont encore assez mal connus, sauf au voisinage du Sénégal (CAYRÉ *et al.*, 1988). On peut relever les éléments suivants :

— la thonine semble assez côtière, présentant une distribution continue du Maroc à l'Angola, avec des variations saisonnières d'abondance qui pourraient être le résultat de migrations ; la reproduction se ferait aux accores du plateau continental sur toute l'aire de distribution ; la croissance serait relativement lente et linéaire, l'âge maximal atteindrait 8 ans (figure 11) ; la maturité sexuelle serait atteinte à 3 ans ; de par son caractère côtier, la thonine, outre les prises par les grands senneurs et canneurs, est capturée par un grand nombre de pêcheries artisanales sur les côtes d'Afrique ; on pourrait espérer tirer bien des informations de l'étude plus poussée de ces pêcheries ;

— l'auxide est encore moins connu que la thonine ; elle se pêche en zone côtière mais pourrait exister en quantité notable au large ; la croissance est assez lente, la longévité de 5 ans (figure 11).

AUTRES ESPÈCES

Les autres espèces citées au premier chapitre sont, soit assez peu fréquentes en Atlantique tropical oreintal, ce qui est le cas du germon, soit encore fort peu étudiées (cas du maquereau-bonite, wahoo...) :

— le voilier semble une prise relativement fréquente, tant en Côte-d'Ivoire (filet maillant, prise accessoire des sardiniers) qu'au Ghana où le volume des captures déclarées a l'ICCAT atteint 2 000 t/an ;

— le makaire bleu est assez fréquent à proximité immédiate d'Abidjan tant dans la pêche sportive que piroguière ;

— les captures d'espadon au filet maillant sont encore réduites, mais il semble que l'on puisse les augmenter avec des engins adaptés ; en effet, des pêches palangrières espagnoles visant l'espadon se sont récemment développées avec un bon succès tout au long des accores d'Afrique de l'Ouest (MEJUTO et GONZALES GARCÉS, 1988).

ÉCOLOGIE DES THONS TROPICAUX MAJEURS

Les relations des thons avec leur environnement pélagique et donc la description de la communauté qu'ils forment sont traités à part (STRETTA, 1988 ; STRETTA *et al.*, dans cet ouvrage). Toutefois, deux thèmes méritent d'être rappelés ici : il s'agit du domaine d'évolution des thons en profondeur, et de leur comportement en bancs multispécifiques.

Domaine bathymétrique d'évolution

La question a été posée pour la première fois en Atlantique tropical par POSTEL (1966). Actuellement, il apparaît que les thons atteignent des profondeurs bien supérieures à ce que l'on pensait par le passé. Des vérifications télémétriques ont été faites essentiellement dans le Pacifique, quelques-unes en Atlantique tropical oreintal. Pour pénétrer dans le domaine subthermoclinal froid et pauvre en oxygène, les thons utilisent une gamme d'adaptations variables selon les espèces :

— échangeurs de chaleur par contre-courants sanguins plus ou moins perfectionnés (systèmes central et/ou latéral et/ou viscéral) ;

— disposition séparée de muscles rouges aérobies et muscles blancs anaérobies ;

— yeux volumineux, adaptés à la vision crépusculaire ;

— vessie natatoire plus ou moins fonctionnelle, croissant allométriquement. Toutefois le listao ne possède pas cette vessie.

L'écophysiologie de tous ces dispositifs n'est pas encore totalement élucidée (en particulier comment se fait l'évacuation de l'excès de chaleur métabolique lors des périodes de forte activité). Mais le rapprochement de l'ensemble de ces propriétés avec les conditions océanographiques a permis de mieux comprendre la répartition générale des diverses espèces de thons majeurs à l'état adulte. Toutefois, on admet

que les capacités écophysiologiques des jeunes thonidés sont moins différenciées que celles des adultes. Ce fait pourrait être une des raisons de l'existence de nombreux bancs mixtes de jeunes albacores et patudos mêlés à des listaos dans le golfe de Guinée.

Bancs mixtes de juvéniles d'albacore et de patudo

En Atlantique oriental, jusqu'à 1979, l'approche des études de biologie et de dynamique de population des thons s'est faite de façon monospécifique. Cela a laissé inaperçu le fait que les bancs mixtes des trois espèces, albacore, listao et patudo, sont fréquents dans le golfe de Guinée. De 1979 à 1984, un groupe de travail spécial de l'ICCAT a étudié le problème (ICCAT, 1984). En effet, l'implication est double :

— d'une part, la sous-estimation des captures de petits albacores biaise l'évaluation des stocks, en particulier d'albacores ;

— d'autre part, on cherche à promouvoir une stratégie de protection réelle des petits albacores et patudos, sans pour autant faire diminuer les captures de listao ; il faut donc connaître la répartition spatio-temporelle des différents types de bancs mixtes comprenant ces trois espèces.

Les résultats, principalement acquis en 1984, ont montré que les bancs mixtes des trois espèces, albacore, listao, patudo d'une même taille, allant de 35 à 65 cm environ, sont très fréquents dans l'ensemble de l'Atlantique tropical oreintal (figure 16). La fréquence d'occurrence de ces bancs mixtes atteindrait environ 57 % des bancs capturés par la flottille de grands senneurs (PALLARES et GARCIA MAMOLAR, 1984). Les caractéristiques de ces bancs pourraient en outre être influencées par l'association ou non avec un objet flottant (BARD *et al.*, 1985) ; des thonines et auxides, entre autres, pourraient alors s'y agréger. Leur déterminisme exact n'est pas encore bien connu. On peut noter toutefois que les trajets migratoires des trois

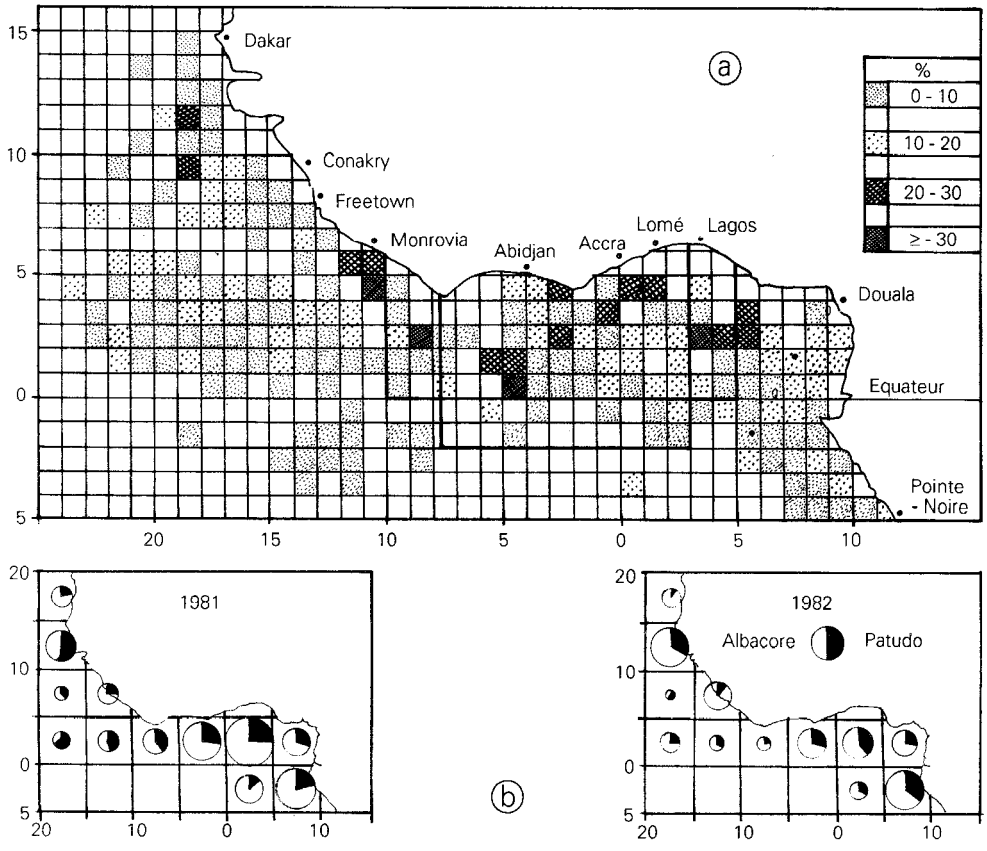


Figure 16

Cartographie des pourcentages d'albacore de moins de 3 kg dans les bancs de listao par carré 1° x 1° en Atlantique oriental, période 1981-1984 (a). Évaluation du nombre d'albacores et de patudos de moins de 4 kg capturés par les senneurs et canneurs en 1981 et 1982 dans la province thonière ivoirienne (b).

espèces, à partir de la zone de nourricerie du fond du golfe de Guinée, sont identiques, avec une tendance générale à la migration vers l'ouest (figures 10, 13, 15). Il y a en particulier au 3e trimestre un passage continu de la zone du cap Lopez à celle du cap des Trois-Pointes. L'importance de ce phénomène de bancs mixtes concerne donc très directement les ressources de la province thonière ivoirienne.

Évaluation des ressources thonières en Atlantique oriental

L'évaluation des ressources se fait sur la base de stocks, définis comme unités autorégénérantes exploitées par l'ensemble des engins. Il faut examiner les stocks existant parmi les espèces thonières de l'Atlantique tropical oriental qui participent aux ressources thonières de la province thonière ivoirienne.

Structure des stocks

Albacore

On admet l'existence de deux stocks d'albacore en Atlantique, l'un à l'est, l'autre à l'ouest, séparés plus ou moins arbitrairement sur le méridien 30° W. En fait, la séparation ne serait que relative, la distribution des gros albacores dans les pêcheries palangrières montrant la possibilité de mélanges en Atlantique central (Homna et Hisada, 1971).

Récemment, des marquages ont démontré l'existence de migrations transatlantiques de gros albacores (Bard *et al.*, 1987 ; Bard, 1989). Ces échanges entre les deux stocks semblent toutefois avoir été très lents. On peut donc considérer que le stock d'albacore alimentant la province thonière ivoirienne est le stock est.

Listao

Toutes les études récentes confortent l'hypothèse d'un stock est-Atlantique tout au long des côtes d'Afrique, parcouru de courants migratoires complexes. Des pêcheries notables existent maintenant en Atlantique occidental, mais l'absence de pêcheries de gros listaos en Atlantique central empêche actuellement toute conclusion sur l'existence d'un stock unique atlantique ou non.

Patudo

Il semble actuellement qu'il n'existe qu'un stock unique de patudo dans tout l'Atlantique. L'un des arguments les plus forts est l'absence signalée de jeunes patudos dans les pêches d'albacores juvéniles en Atlantique ouest. Jusqu'à maintenant donc, le golfe de Guinée est la seule nourricerie connue d'un thon qui migrerait vers les hautes latitudes nord et sud.

Germon

On admet deux stocks de germon, l'un au nord, l'autre au sud du parallèle 5° N (Bard, 1981).

Autres thonidés

La structure exacte des stocks de thonine et auxide en Atlantique n'est pas déterminée. Celle des poissons porte-épée pas davantage. On peut noter que l'on a enregistré deux migrations transatlantiques du makaire bleu (individus marqués pêchés devant la Côte-d'Ivoire, en 1976 et 1984).

État des stocks

Évaluation du stock d'albacore est-Atlantique

Ce stock a fait l'objet d'études les plus poussées et constitue certainement l'un des stocks de thon les mieux suivis dans le monde. L'évaluation a été faite par les deux types classiques de modèle de dynamique de population :

— d'une part, un modèle global de production pour lequel la principale difficulté a été d'estimer un effort de pêche effectif ; en effet, les capacités de concentration rapide des senneurs sur des zones de bonne pêche affectent les indices d'abondance tirés des PUE (FONTENEAU, 1982) ;

— d'autre part, un modèle analytique selon la séquence classique d'analyse séquentielle des populations puis modèle de Ricker ; l'une des difficultés a été de traduire en table démographique complète la multiplicité des captures des diverses pêcheries ; des modèles de simulation ont suivi ; ceux-ci permettent de prévoir les valeurs des productions et des rendements en fonction des niveaux d'efforts de pêche des différentes flottilles thonières (senneurs, canneurs, palangriers) ; toutes les combinaisons de niveaux d'efforts relatifs sont alors possibles.

Le modèle de production est représenté en figure 17. On peut noter que l'ajustement est bon tant lors de la phase d'accroissement de l'effort de pêche que celle de régression. L'excentricité de l'année 1984 s'est avérée liée à des conditions océanographiques particulières (FONTENEAU et DIOUF, 1989). On peut donc considérer que, sous le schéma actuel d'exploitation par les canneurs et les senneurs, le stock d'albacore de l'Atlantique oriental est bien évalué par le modèle de production.

Sur cette base, un recalage des analyses de cohorte a donc pu être fait aboutissant à une solution unique vraisemblable des recrutements et des vecteurs de mortalité par pêche sur la période 1956-1987 (FONTENEAU et DIOUF, 1989). L'emploi du modèle de Ricker à partir de ces éléments permet de caractériser deux états particuliers d'exploitation du stock par des isoplèthes de production (figure 18). D'abord à l'apogée de l'effort de pêche de surface en 1980-1983, puis en la situation récente 1984-1986 où l'effort de pêche des senneurs a bien diminué. On observe que dans les conditions de forte exploitation du stock une protection des juvéniles aurait amené certains gains de production. En l'état actuel d'effort de pêche modéré, le bénéfice d'une protection est moins évident ; qui plus est, le phénomène des bancs mixtes en atténue encore l'intérêt.

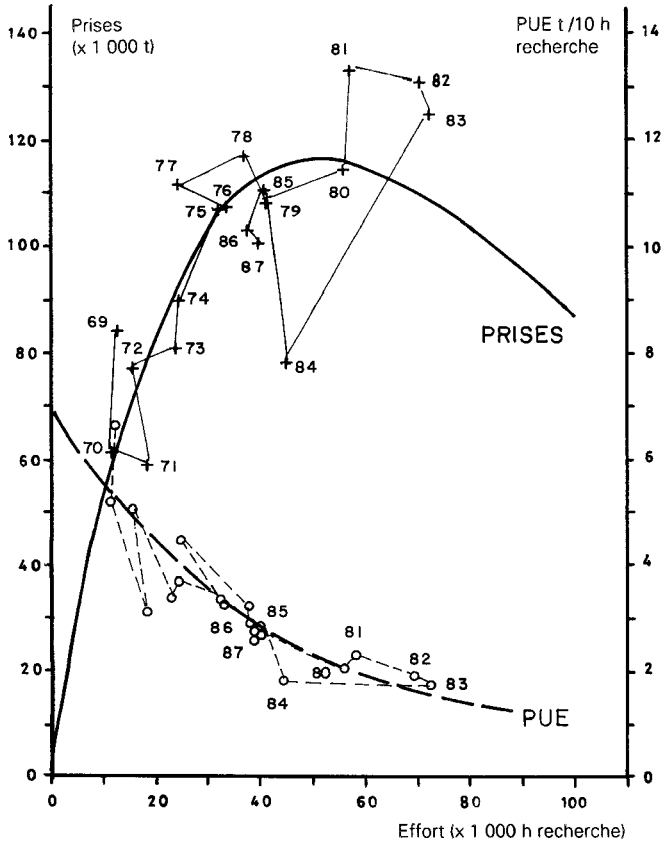


Figure 17
Modèle de production ajusté au stock d'albacore de l'Atlantique oriental, période 1969-1987.
Daprès FONTENEAU et DIOUF (1989).

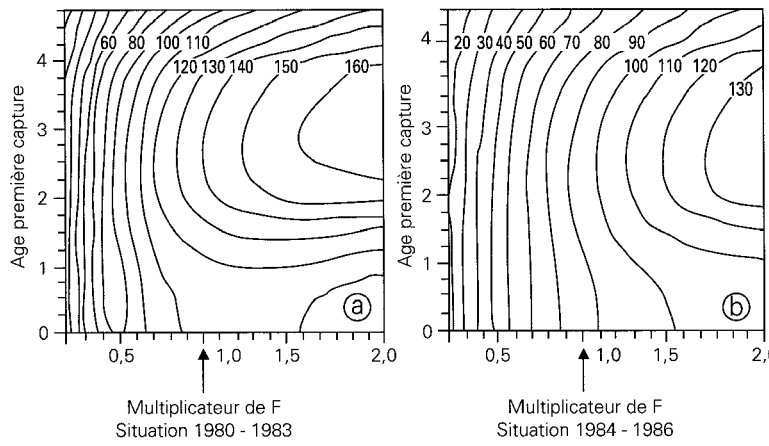


Figure 18
Isoplètes de production par recrue de l'albacore de l'Atlantique oriental, pour la période d'exploitation intense de 1980 à 1983 (a) et pour la période récente 1984-1986 (b).
D'après FONTENEAU et DIOUF (1989).

Par ailleurs, l'analyse de cohorte fournit une estimation du recrutement qui semble avoir fluctué sans tendance de 1968 à 1983 autour d'une valeur moyenne de 58 millions de recrues (albacores de 40 cm).

En conclusion, le stock d'albacore est-atlantique est une ressource dont les flottilles de senneurs et canneurs et, en moindre mesure de palangriers, ont tiré le maximum en 1980-1983 et qui demeure maintenant à un niveau d'exploitation élevé. La production annuelle de l'ordre de 100 000 t/an ne semble guère améliorable sauf aménagements drastiques de l'effort de pêche.

Évaluation du stock atlantique de listao

La modélisation du stock de listao s'est longtemps heurtée au fait que cette espèce ne constitue véritablement une espèce cible que pour les canneurs de Tema, flottille pour laquelle les statistiques journalières étaient incomplètes. Les flottilles de senneurs n'ont recherché le listao qu'en période de pénurie d'albacore. Mais un effort particulier de recherche internationale en 1979-1983 a permis une série d'analyses (SYMONS *et al.*, 1986).

Actuellement, l'état d'un stock atlantique de listao n'est pas évalué avec précision. Toutefois, on dispose des éléments suivants sur la fraction de stocks exploitée pendant les deux années successives où les listaos sont disponibles en Atlantique oriental.

Le modèle analytique appliqué à la fraction de stocks est-Atlantique sur la période d'effort de pêche maximale de 1981-1983 conclut à un degré d'exploitation modéré soit F = 0,48 à 2 ans (40-50 cm) et F = 0,22 à 3 ans (50-60 cm) (FONTENEAU, 1986). Une analyse des marquages aboutit à F = 0,54 à 2 ans appliquée à un recrutement partiel de 90 millions de listaos au cap Lopez en 1981 (BARD, 1986).

Par ailleurs, ce modèle analytique fournit la conclusion qu'il n'y a aucun bénéfice, mais plutôt des pertes à protéger les petites tailles de listao. Cela se comprend au vu de la mortalité naturelle à laquelle s'ajoute une forte émigration vers ce que l'on a appelé le « trou noir » de l'Atlantique central, et un faible potentiel de croissance pondérale.

Au total, le listao en Atlantique oriental apparaît comme une ressource qui peut encore subir un accroissement modéré de la pression de pêche.

Évaluation du stock de patudo

Les statistiques de pêche sur le patudo ont longtemps souffert des confusions avec les jeunes albacores évoquées ci-dessus. De ce fait, les conclusions actuelles sur l'état du stock ne sont pas aussi bonnes que celles sur l'albacore.

L'évaluation par le modèle global est basée sur un indice d'effort effectif calculé à partir des PUE palangrières ; le gréement de ces palangres a été changé à partir de 1978 pour pêcher plus profond dans des couches d'eau à meilleurs rendements en patudo.

Le modèle global, bâti dans ces conditions, fournit des estimations de la production maximale qui restent encore imprécises (figure 19). Cette production maximale n'aurait toutefois pas encore été atteinte.

L'évaluation par modèle analytique a été faite par analyse des cohortes, en sélectionnant l'hypothèse qui ajuste au mieux les biomasses résultantes à la PUE des palangres normalisées (PEREIRA, 1989). Les mortalités par pêche et par âge déduites sont très variables selon les engins de pêche. En particulier les canneurs et senneurs opérant dans le golfe de Guinée n'infligent une mortalité par pêche notable qu'aux patudos juvéniles. L'évaluation des rendements par recrue montre toutefois qu'en l'état actuel des pêcheries il n'y a que peu de gain pondéral à espérer de la protection de ces juvéniles.

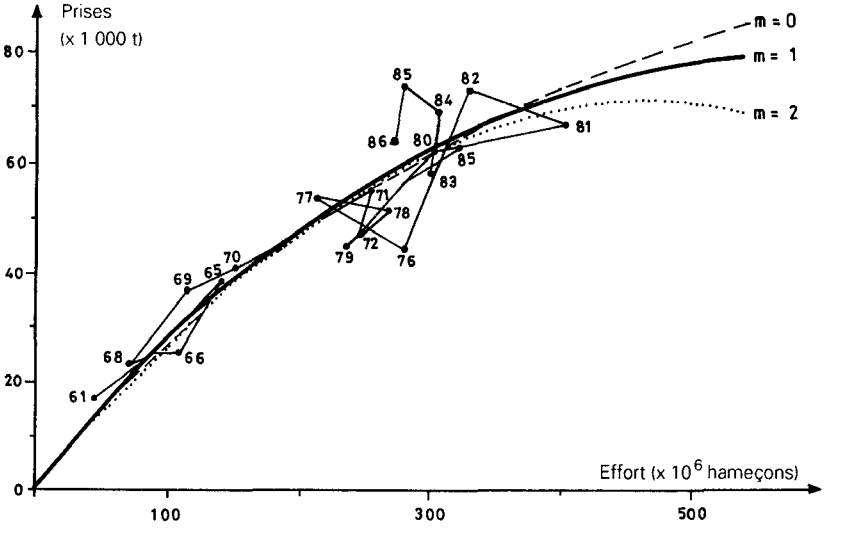


Figure 19
Modèle de production du stock atlantique de patudo. D'après PEREIRA (1989).

Évaluation des stocks des autres espèces

Les données statistiques sur les pêches de thonine et d'auxide sont tellement incomplètes qu'il est encore vain de tenter de faire une évaluation des stocks. On peut simplement supposer que, vu la demande commerciale limitée de ces espèces, elles ne sont pas encore pleinement exploitées.

Pour ce qui est du germon, les individus pêchés dans le golfe de Guinée appartiennent au stock méridional pour lequel les seules évaluations ont été faites par des modèles globaux basés sur les pêches palangrières taïwanaises. Les conclusions de ce modèle font état d'une prise maximale équilibrée (PME) de 25 000 tonnes atteinte à l'apogée de l'exploitation en 1972-1982. Des biais affectant classiquement les PUE palangrières rendent ces conclusions assez douteuses. L'exemple des récents développements d'une pêche de surface sur le stock du Pacifique sud, antérieurement pêché uniquement à la palangre, conforte cette opinion (SPC, 1988).

En ce qui concerne les poissons porte-épée, il faut distinguer deux cas. Les istiophoridés, poissons de surface, présents dans tout l'Atlantique tropical, sont l'objet d'un effort actuel de recherche statistique et biologique, sous l'égide de l'ICCAT. On peut en espérer beaucoup. Pour ce qui est de l'espadon, poisson évoluant aussi en profondeur, le développement récent de pêcheries spécifiques (palangres nocturnes de surface...) dans tout l'Atlantique tropical et subtropical amène à reviser à la hausse les concentrations anciennes d'une ressource assez restreinte (BARD, 1988). Toutefois ces pêcheries ne sont pas encore stabilisées, leurs schémas d'exploitation varient et l'évaluation du ou des stocks reste délicate (ICCAT, 1989).

Conclusion sur l'état des ressources thonières en Atlantique tropical oriental

Les principaux stocks, ceux d'albacore, listao et patudo, sont actuellement raisonnablement exploités. Le stock qui a été momentanément surexploité est celui d'albacore et la sanction économique a été immédiate. Les stocks de listao et de patudo semblent n'avoir jamais atteint ce point. Enfin, il n'y a aucun indice d'une surexploitation ayant endommagé les recrutements.

La possibilité d'accroissement des pêches sur ces stocks semble en revanche assez faible :

— sur l'albacore, ce ne serait possible qu'en protégeant les juvéniles, ce qui réduirait la pêche au listao ; en l'état actuel (1988) des schémas d'exploitation par les senneurs et canneurs, seul un accroissement modéré de l'effort des senneurs semble encore possible ; et il serait plus productif qu'il s'agisse de grands senneurs aptes à pêcher efficacement les concentrations de gros individus au large ;
— sur le listao, un accroissement des captures par les canneurs et senneurs semble possible dans les zones côtières traditionnelles ; il paraît toutefois plus intéressant de diriger l'effort de pêche vers les zones encore peu exploitées, ou saisonnièrement mal exploitées (zone du Liberia) ;
— sur le patudo, un accroissement des captures est possible ; toutefois, les meilleures zones de pêche au patudo, à la palangre ou à la canne, se situent assez en dehors du golfe de Guinée entre 5 et 15° de latitude nord et sud.

En ce qui concerne les autres stocks de thonidés fréquentant la province thonière ivoirienne, on peut conclure ainsi :

— le germon du stock méridional ne semble pas exploité au maximum ; mais les principaux lieux de pêche à la palangre sont très éloignés du golfe de Guinée (figure 3) ; les pêches sporadiques de senneurs dans la région paraissent difficiles à accroître, car les germons évitent facilement les sennes actuelles ;
— l'espadon est une ressource qui était sous-estimée à l'échelle de l'Atlantique ; les taux d'exploitation, particulièrement en Atlantique sud, semblent modérés ; un accroissement de l'effort de pêche palangrier opérant tout au long des accores d'Afrique de l'Ouest semble donc viable ;
— les ressources en auxides et thonines ne sont pas déterminées ; une augmentation de production serait liée, dans l'immédiat, au non-rejet des prises faites par les grands senneurs, si le marché devenait attractif ;
— enfin, dans le cas des istiophoridés, l'effort de recherche en cours sous les auspices de l'ICCAT permettra de préciser l'état réel des ressources.

Ressources thonières ivoiriennes

Potentiel renouvelable

Les chapitres précédents ont montré que la province thonière ivoirienne est alimentée en trois espèces principales, albacore, listao, patudo, appartenant à des stocks dont l'exploitation s'est accrue continuement jusqu'à culminer en 1980-1982.

Dans le même temps, la province thonière ivoirienne a été constamment l'objet d'une bonne part de l'effort de pêche. En effet, la proximité des ports d'Abidjan et de Tema a permis l'exercice de la pêche à la canne ou à la senne même pour des unités de petit tonnage. Toutefois, la production des trois espèces dans cette province a régulièrement régressé de 1970 à 1975 pour passer de plus de 35 000 tonnes à 16 000 tonnes ; puis elle a connu une période de croissance de 1976 (plus de 25 000 tonnes) à 1981 (avec près de 38 000 tonnes). À partir de 1982, la production a chuté et s'est donc maintenue entre 11 000 et 17 000 tonnes (tableau I et figure 23).

Sur la base de ces données, on peut bâtir des « modèles de production locaux » pour les deux zones de pêche qui contribuent le plus à la ressource thonière ivoirienne (figure 20). Ces modèles n'ont pas de valeur pour l'analyse des stocks en elle-même mais indiquent l'existence d'un niveau maximal d'exploitation possible en fonction de l'effort de pêche global exercé dans le compartiment choisi (Fonteneau, 1988).

L'examen de la figure 20 montre effectivement l'existence d'une telle limite d'exploitation possible pour la province thonière ivoirienne. Les années de prises maximales 1980-1981 correspondent bien à l'apogée de l'effort de pêche en Atlantique oriental. Depuis 1982, il existe une tendance des thoniers étrangers à éviter la ZEE du Ghana, ce qui explique la stabilisation des captures à un niveau inférieur.

Si l'on considère la ZEE de Côte-d'Ivoire seule, les chiffres de production sont nettement plus faibles ; ce qui montre *a contrario* l'intérêt de l'accès aux zones thonières proches du Ghana. En revanche, l'effet de limite supérieure de production est bien moins net, quoique la série des valeurs suive le schéma général d'exploitation en Atlantique oriental. Le potentiel de la ZEE ivoirienne est alors estimé à 20 000 t/an, tous thonidés confondus (BARD et AMON KOTHIAS, 1989).

Mais l'estimation que l'on fait du potentiel d'une ressource thonière ivoirienne varie donc selon les aires de pêche considérées en fonction des stratégies d'exploitation que l'on se fixe. Ces estimations ont en commun d'être basées sur la réaction des stocks à la période d'exploitation maximale de 1980-1982 en Atlantique oriental. À cette époque, les stocks majeurs alimentant ces zones ont été, soit au maximum d'exploitation admissible (cas de l'albacore), soit à degré d'exploitation élevé (cas du listao et du patudo).

Des stocks mineurs ont peut-être été exploités à un degré plus modéré (thonine, auxide, voilier, espadon, etc.) mais cela est difficile à estimer.

Enfin, les mesures d'aménagement des pêches qui pourraient être proposées en vue d'augmenter la production d'albacore se heurtent au fait que le phénomène des bancs mixtes est particulièrement important dans la zone. On y trouve couramment 20-30 % d'albacores juvéniles dans les bancs de listao (figure 16). Tout effort de protection des juvéniles d'albacore se traduirait par des pertes immédiates en listao contre des gains futurs de gros albacores dans des zones nettement plus à l'ouest.

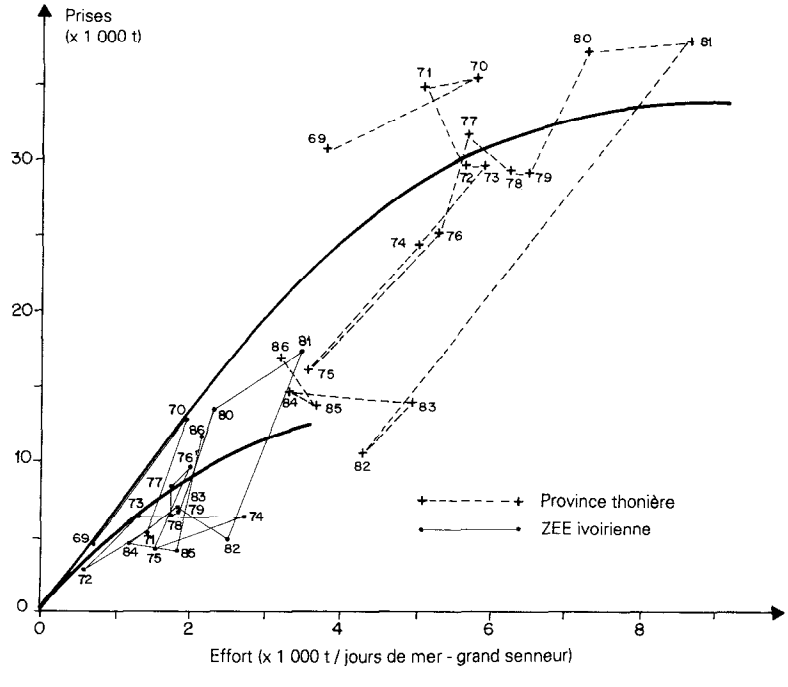


Figure 20
Modèles de production ajustés aux données locales pour la ZEE ivoirienne et la province thonière (*cf.* figure 1).
Les captures concernent les thons majeurs confondus ;
les efforts sont standardisés en jour de mer de grand senneur.

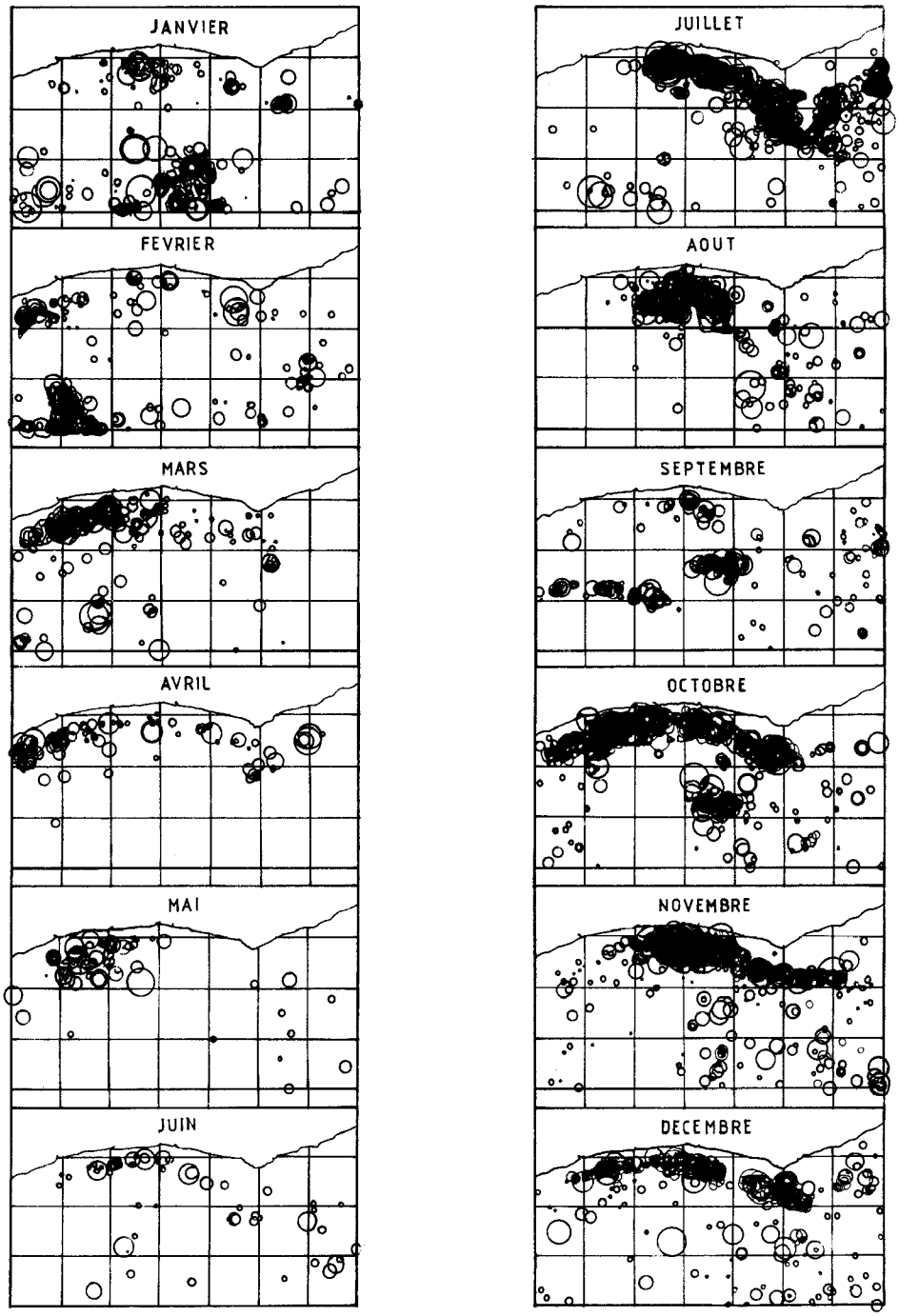


Figure 21
Cartographie mensuelle, période cumulée 1980-1986, des coups de senne des flottilles FIS et espagnoles dans la ZEE ivoirienne.

Variabilité saisonnière

La saisonnalité des captures de thons majeurs (albacore, listao, patudo) dans la province thonière et même dans la seule ZEE ivoirienne est bien marquée. La figure 21 montre les captures mensuelles des seuls senneurs en superposant la période 1980-1986. La figure 22 reprend pour deux périodes distinctes d'exploitation les captures totales mensuelles (senneurs plus canneurs) dans les carrés 5° x 5° englobant la province thonière ivoirienne. On observe un maximum des captures aux 3e et 4e trimestres, en particulier dans le carré 4 00 00 qui est le plus fréquenté par les senneurs. Dans le carré 1 00 00, l'effet de saisonnalité est le même mais moins marqué. On se souvient que ce carré est la zone de pêche habituelle des canneurs basés à Tema. Le carré 4 00 05 présente une saisonnalité bien différente qui correspond à l'extension de l'effort de pêche des senneurs vers le large à la recherche de gros albacores pendant la saison des 4e et 1er trimestres.

La raison de ces variations saisonnières marquées des captures, surtout dans les carrés 1 00 00 et 4 00 00, est due avant tout à l'existence de migrations régulières des thons majeurs. La nature migratrice des trois espèces importantes de thons, albacore, listao et patudo est commentée dans la Synthèse thonière. En particulier, on se souvient qu'il existe une migration commune des juvéniles d'albacore et de patudo, avec des listaos de même taille, du 2e au 4e trimestre de l'année, du cap Lopez à la zone du Liberia, traversant ainsi la province thonière ivoirienne à partir du 3e trimestre. Cette migration semble aussi affecter les gros albacores, présents aux accores du Ghana et de Côte-d'Ivoire d'août à novembre (*cf.* Synthèse thonière : 124). Mais le détail de cette migration n'est pas encore parfaitement connu.

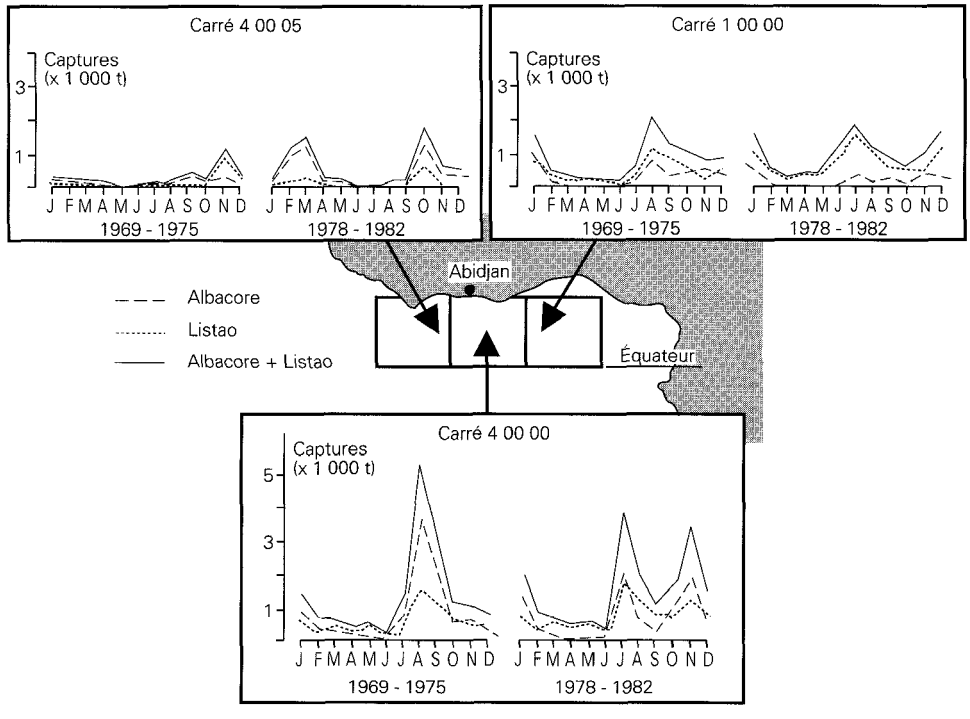


Figure 22
Saisonnalité des captures (senneurs + canneurs) dans trois carrés 5° x 5° proches de la Côte-d'Ivoire.

Variations interannuelles

À niveau d'effort de pêche donné, les variations de quantités de thons pêchées dans les différentes zones considérées sont importantes (figure 20 et tableau I). Cela montre qu'il y a des variations importantes de disponibilité des thons d'une année sur l'autre. En première approche, ces variations de disponibilité semblent procéder de la relation des thons avec l'écosystème inféodé aux upwellings côtiers, particulièrement celui du cap des Trois-Pointes. CAYRÉ et ROY (1986) ont ainsi recherché une relation possible des rendements en albacore des senneurs avec les anomalies de température engendrées par deux upwellings côtiers, celui du Sénégal et celui du cap des Trois-Pointes. Il s'avère qu'il n'y a pas de relation apparente pour les albacores au cap des Trois-Pointes. (Au Sénégal une relation complexe semble exister.) Toutefois, les auteurs précisent qu'il faudrait affiner l'analyse. Une étude identique sur les relations pêche des canneurs/listao serait intéressante.

Si l'on s'intéresse à une approche plus analytique des mécanismes liant les thons aux upwellings, la théorie de base est que les upwellings augmentent la production primaire de la zone côtière et, par le jeu des chaînes trophiques, peuvent offrir une abondance saisonnière de nourriture aux thons. Le détail de ces mécanismes est examiné par STRETTA dans la Synthèse thonière. Les espèces composant le régime alimentaire des thons dans la province thonière seraient très variées et incluraient, au moins pour les listaos, des sardinelles inféodées à l'upwelling. On peut noter également que les auxides présents aux accores (figure 4) seraient une proie préférentielle des albacores selon OLSON (1982). Or, les campagnes de pêche aux larves de thons menées au cours des années 1960 et 1970 dans les eaux du cap des Trois-Pointes, ont montré une très forte abondance de larves d'auxides (MARCHAL, *comm. pers.*).

Il apparaît donc que des mécanismes biologiques couplant la production des upwellings côtiers à celles des thonidés ayant migré au voisinage de ces mêmes upwellings sont possibles mais encore assez mal connus. En définitive, il est donc encore très difficile de proposer un modèle de migration détaillé des thons alimentant la province thonière ivoirienne.

Conclusion

Les ressources thonières ivoiriennes sont donc surtout composées de trois espèces, albacore, listao, patudo, appartenant à des stocks peuplant l'ensemble de l'Atlantique tropical oriental, voire même l'ensemble de l'océan Atlantique tropical et subtropical. Ces trois stocks et surtout l'albacore ont subi une exploitation importante lors de la période 1980-1982. Actuellement (1988), les taux d'exploitation ont diminué et se stabilisent à un niveau plus modéré.

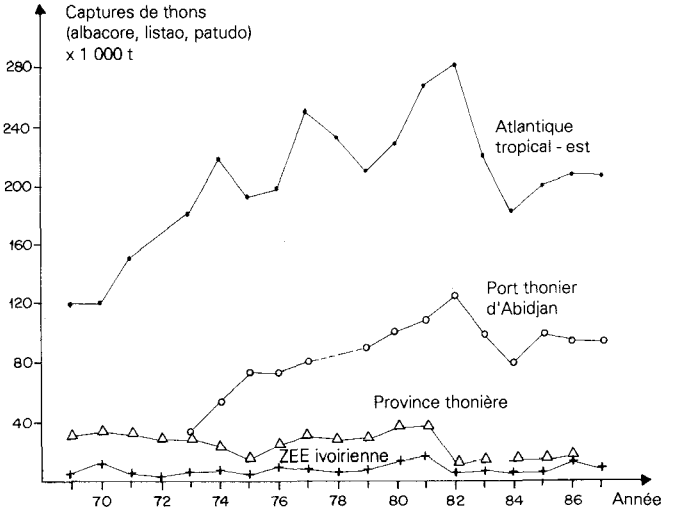


Figure 23
Évolution comparée, sur la période 1969-1987, des captures de thons majeurs en Atlantique oriental, du total de thons débarqué ou transbordé à Abidjan, des captures dans la province thonière et la ZEE.

Si l'on ne considère que la ZEE ivoirienne, les ressources sont modestes, évaluées à environ 20 000 t/an, avec de fortes variations interannuelles (voir tableau I). Si l'on considère maintenant les zones de pêche thonières proches de la Côte-d'Ivoire, les quantités pêchables s'améliorent nettement, atteignant un maximum d'environ 40 000 t/an. Mais il se pose alors le problème primordial d'un accès à la ZEE du Ghana. Les variations interannuelles restent notables. Enfin, on peut admettre que des thoniers à grand rayon d'action basés à Abidjan peuvent exploiter l'ensemble de l'Atlantique tropical oriental, et, en ce cas, les quantités en jeu sont considérables, ces thoniers pouvant évoluer selon les saisons dans un espace océanique qui a produit jusqu'à 265 000 t/an. Les stratégies des flottilles compensent alors les variations saisonnières voire annuelles. À l'évidence, l'accès à certaines ZEE est alors essentiel.

Dans les faits, les flottilles thonières se sont succédé à Abidjan depuis 1965, attirées par la qualité des services et conserveries qu'assure ce port, et leurs débarquements-transbordements ont été relativement stables, les volumes dépendant alors surtout de l'effort de pêche général en Atlantique oriental (figure 23 et tableau I). La part du port thonier d'Abidjan a ainsi atteint 125 000 tonnes en 1982, et se maintient à environ 90 000 t/an ces dernières années. Il s'agit peut-être là de la véritable ressource thonière ivoirienne.

RÉFÉRENCES

ALBARET (J.J.), 1977.— La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, 15(4) : 389-419.

ALDRIN (J.F.), LEMAITRE (P.), FONTENEAU (A.), 1973.— Teneur en mercure du thon albacore. *Rec. Med. Vet.*, 149 : 779-792.

AMON KOTHIAS (J.B.) et BARD (F.X.), 1989.— État d'avancement des échantillonnages de poisson porte-épée au port d'Abidjan. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 30 (2) : 431-435.

BARD (F.X.), 1981.— Le thon germon de l'Océan Atlantique. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 330 p.

BARD (F.X.), 1986.— Analyse des taux de décroissance numériques des listaos marqués en Atlantique est. *In :* Symons (P.E.K.), Miyake (P.M.), Sakagawa (G.T.) eds, Comptes rendus de la Conférence ICCAT sur le Programme de l'Année internationale du Listao. ICCAT, Madrid : 348-362.

BARD (F.X.), 1988.— Pêcheries et état des stocks d'espadon en océan Atlantique. *La Pêche Maritime*, 1322 : 485-493.

BARD (F.X.), 1989.— État des marquages-recaptures d'albacore (*Thunnus albacares*) en océan Atlantique. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 30(1) : 131-137.

BARD (F.X.) et AMON KOTHIAS (J.B.), 1986.— Données sur les germons (*Thunnus alalunga*) pêchés à la senne dans l'Atlantique tropical est. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 25 : 158-164.

BARD (F.X.) et AMON KOTHIAS (J.B.), 1989.— Estimation du potentiel de pêche thonière de la ZEE de Côte-d'Ivoire. Doc. Int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 10 p.

BARD (F.X.), AMON KOTHIAS (J.B.), HOLZAPFEL (E.), 1987.— Migration transatlantique d'albacore (*Thunnus albacares*). *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 26(1) : 27-30.

BARD (F.X.), CAYRÉ (P.), DIOUF (T.), 1988.— Les migrations des thons. *In :* Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 111-156.

BARD (F.X.), STRETTA (J.M.), SLEPOUKHA (M.), 1985.— Les épaves artificielles comme auxiliaires de la pêche thonière en océan Atlantique : quel avenir ? *La Pêche Maritime*, 1291 : 655-659.

BARD (F.X.) et VENDEVILLE (P.), 1986.— Note sur l'échantillonnage plurispécifique des thons tropicaux au port d'Abidjan. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 25 : 37-45.

BRULHET (J.), 1984.— La pêche thonière ivoirienne. Crise actuelle et perspectives de développement. Rapp. Min. Dév. Rural C.I., 15 p.

CAYRÉ (P.), 1984.— Procédure suivie pour la révision de la composition spécifique des statistiques thonières FISM. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 21(2) : 102-106.

CAYRÉ (P.), AMON KOTHIAS (J.B.), STRETTA (J.M.), DIOUF (T.), 1988.— Biologie des thons. *In :* Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 157-268.

CAYRÉ (P.) et ROY (C.), 1986.— Variabilité des rendements en albacore (*Thunnus albacares*) et listao (*Katsuwonus pelamis*) en relation avec les anomalies interannuelles de la température de surface. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 25 : 67-76.

COLLETTE (B.B.) et NAUEN (C.E.), 1983.— FAO species catalogue. Scombrids of the world. An annoted and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonites and related species known to date. *FAO Fish. Synop.*, 125(2), 137 p.

DIOUF (T.) et AMON KOTHIAS (J.B.), 1988.— Présentation systématique et distribution géographique des espèces. *In :* Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds : Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 3-10.

FONTENEAU (A.), 1981.— Note sur le mode de calcul de la PUE des senneurs FISM. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 15(2) : 407-411.

FONTENEAU (A.), 1982.— Dynamique de la population d'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Océan Atlantique. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 324 p.

FONTENEAU (A.), 1986.— État des stocks de listao de l'Atlantique par analyse des cohortes, analyse de production par recrue et par le modèle global. *In* : Symons (P.E.K.), Miyake (P.M.), Sakagawa (G.T.) eds, Comptes rendus de la Conférence ICCAT sur le Programme de l'Année internationale du Listao. ICCAT, Madrid : 208- 234.

FONTENEAU (A.), 1988.— Competition between tuna fisheries. A critical review based on Atlantic examples. Commission for Indian Ocean Tuna, TWS/86/36, 38 p.

FONTENEAU (A.), CAYRÉ (P.), DIOUF (T.), 1984.— Statistiques de la pêcherie thonière FISM durant la période 1969 à 1983. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 23(2) : 214-220.

FONTENEAU (A.) et DIOUF (T.), 1989.— État du stock d'albacore de l'Atlantique est au 30 Septembre 1988. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 30(1) : 90-103.

FONTENEAU (A.), DIOUF (T.), MENSAH (M.), 1988.— Les pêcheries thonières de l'Atlantique tropical est. *In* : Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 33 110.

FONTENEAU (A.) et MARCILLE (J.) eds, 1988.— Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292, 391 p.

HONMA (M.) et HISADA (K.), 1971.— Structure of yellowfin tuna population in the Atlantic Ocean. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 46(4) : 93-124.

ICCAT, 1984.— Rapport du Groupe de travail sur les thonidés tropicaux juvéniles. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 21(1) : 289 p.

ICCAT, 1988.— Rapport du Groupe de travail sur les statistiques des thonidés juvéniles d'espèces mélangées. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 28 : 1-25.

ICCAT, 1989.— Secondes journées d'étude ICCAT sur l'espadon. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 29 : 71-249.

MEJUTO (J.) et GONZALES GARCÉS (A.), 1988.— Graficos de CPUE y peso medio porcuadricala 5 x 5 grados, de la flota espanola de pez espada, *X. gladius*, anos 1982-1985. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 27 : 287-297.

MENSAH (M.), 1988.— National report of Ghana. ICCAT, SCRS/88/79, 3 p.

OLSON (R.J.), 1982.— Feeding and energetic studies of yellowfin tuna, food for ecological thought. *Rec. Doc. Scient.*, ICCAT, 17(2) : 444-457.

PALLARES (P.) et GARCIA MAMOLAR (J.M.), 1984.— Analisis comparativo de los tipos de bancos de tunidos del Golfo de Guinea segun los datos provenientes de los muestreos y de los cuadernos de pesca (1979-1983). *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 21(2) : 184-185.

PEREIRA (J.G.), 1989.— État du stock de patudo (*Thunnus obesus*) de l'Atlantique. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 30(1) : 173-202.

POSTEL (E.), 1966.— Répartition et abondance des thons dans l'Atlantique tropical. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic. Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 109-138.

SORO MÉTONGO (B.S.) et KOUAMENAN (K.F.), 1989.— Concentration en mercure dans les muscles du thon albacore du golfe de Guinée (1987-1988). *J. Ivoir. Océanol. Limnol.*, 1(1) : 1-8.

SPC, 1988.— South pacific albacore. Rep. South Pacific Commission, Fisheries 20, *Information Paper* 10.

STRETTA (J.M.), 1988.— Environnement et pêche thonière en Atlantique tropical oriental. *In* : Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 269-316.

SYMONS (P.E.K.), MIYAKE (P.M.), SAKAGAWA (G.T.) eds, 1986.— Comptes rendus de la Conférence ICCAT sur le Programme de l'Année internationale du Listao. ICCAT, Madrid, 388 p.

WISE (J.P.), 1986.— The baitboat fishery for Skipjack in the Gulf of Guinea 1969-82. *In* : Symons (P.E.K.), Miyake (P.M.), Sakagawa (G.T.) eds, Comptes rendus de la Conférence ICCAT sur le Programme de l'Année internationale du Listao. ICCAT, Madrid : 111-117.

LES PRISES DE THONIDÉS ET LEUR ENVIRONNEMENT AU LARGE DE LA CÔTE-D'IVOIRE

Jean-Michel STRETTA, Michel PETIT et Michel SLÉPOUKHA

Introduction

Dans l'océan Atlantique intertropical et plus particulièrement au large de la Côte-d'Ivoire, trois espèces de thons constituent l'essentiel des captures des canneurs et des senneurs. Ce sont :

— l'albacore (*Thunnus albacares*) ;
— le listao (*Katsuwonus pelamis*) ;
— le patudo (*Thunnus obesus*).

L'étude de l'environnement des thons dans le golfe de Guinée a véritablement débuté par les travaux de POSTEL (1955a et b). Cette étude s'est poursuivie à l'ORSTOM par les travaux de LE GUEN *et al.* (1965). Au large de la Côte-d'Ivoire, plusieurs auteurs se sont penchés sur les conditions de milieu en liaison avec les pêches de thonidés : BANE (1963), INGHAM *et al.* (1968), BAUDIN-LAURENCIN et REBERT (1969, 1970), et STRETTA *et al.* (1973). S'il est vrai comme le souligne POSTEL (1969) que « nos connaissances sur les thons de l'Atlantique doivent beaucoup plus à la pêche commerciale qu'à des expéditions océanographiques systématiquement organisées », en revanche notre étude restreinte de l'environnement des thonidés, dans la province maritime de la Côte-d'Ivoire, s'appuiera également sur des croisières océanographiques et sur des opérations de radiométrie aérienne et de prospection thonière. Généralement, les valeurs limites des paramètres d'environnement, prises en compte dans l'étude de la distribution des thons, sont évaluées essentiellement à partir des pêcheries de surface. En fait, en procédant de cette façon, on

ne décrit pas la distribution des thons mais leur disponibilité et leur capturabilité vis-à-vis des engins de surface. POSTEL (1969) soulève à ce sujet la question de savoir si « nos cartes sont la figuration réelle des différentes espèces ou celle de la distribution des bateaux qui les recherchent ? ».

Parmi les paramètres couramment utilisés pour décrire l'environnement et la distribution des thons, la température — et plus particulièrement la température de surface — a fait l'objet de nombreux travaux pour définir les préférendums thermiques où se rencontrent les différentes espèces de thonidés. D'autres paramètres devront être également pris en compte : la profondeur de la couche homogène et l'intensité du gradient de température au sein de la thermocline, l'oxygène dissous, la salinité, la vitesse du courant, l'état du ciel, de la mer et la vitesse du vent.

Dans un travail de synthèse sur les thonidés dans le golfe de Guinée, STRETTA (1988) décrit les principales relations entre les thons et leur milieu et, dans ce chapitre, nous ferons de larges emprunts à ce travail récent. Notamment, il y est établi que la disponibilité des thons dans l'espace et dans le temps est soumise à de fortes variations et ce n'est que si certaines conditions d'environnement sont réunies qu'apparaîtront les rassemblements de thonidés. En d'autres termes, le comportement des thonidés, dans un écosystème donné, dépend directement des paramètres physiques et biologiques et de leurs interactions relatives, c'est-à-dire de leur action synergique.

La présence des proies ainsi que les systèmes de concentration associés aux bancs (STRETTA et SLÉPOUKHA, 1986) sont un des facteurs primordiaux de la disponibilité des thons. Le thon est le dernier maillon de la chaîne alimentaire. Schématiquement, cette chaîne part d'une production primaire importante déclenchée par l'arrivée des sels nutritifs dans la couche euphotique pour aboutir au micronecton et (ou) au necton qui seront la nourriture des thons. Le thon est un prédateur opportuniste qui chasse à vue (MURPHY, 1959 ; MAGNUSON, 1963) et dont le spectre alimentaire est très vaste (DRAGOVICH, 1969). Cela lui permet de se nourrir sur ce qui lui est le plus accessible à l'endroit où il se trouve (BLACKBURN, 1968 ; VALLÉ *et al.*, 1979). Enfin, de nombreux auteurs estiment que la nourriture va induire la distribution des thons au sein des bornes définies par les paramètres physiques et physiologiques (BLACKBURN, 1965, 1969a ; SUND *et al.*, 1981 ; STRETTA, 1988, 1991).

Données et méthodes

DÉCOUPAGE SPATIO-TEMPOREL

Pour cette étude, nous avons considéré la « zone Côte-d'Ivoire » comme s'étendant de 0° à 7° W et de la côte à 2° S (figure 1) ; soit de la longitude d'Accra au Ghana, à l'est, à la longitude de Grand-Béréby en Côte-d'Ivoire, à l'ouest. Ce découpage, qui déborde de la province maritime ivoirienne *sensu stricto*, correspond à des types de structures et de saisons hydrologiques et à des périodes de pêche particulières ; en raison du caractère migratoire des thonidés, il n'est pas réaliste de traiter de l'environnement des thons dans cette zone en s'arrêtant aux niveaux des frontières politiques des États de la région. La présence de thons au large de la Côte-d'Ivoire dépend de phénomènes hydrologiques qui se déroulent à la fois au large de la Côte-d'Ivoire, au large du Ghana et dans la région équatoriale. Entre la longitude de Grand-Béréby et celle du cap des Palmes, les rares pêches de thonidés sont liées à des situations hydrologiques très éloignées de celles classiquement observées à l'ouest de la Côte-d'Ivoire. Les situations hydrologiques qui règnent entre 2°N et 2°S sont celles de la zone équatoriale. Ces structures hydrologiques sont identifiées par STRETTA (1988). Dans cette synthèse, nous nous bornerons à analyser leurs effets sur la présence des thonidés au sud de la zone d'étude.

DONNÉES D'ENVIRONNEMENT ET MÉTHODES UTILISÉES

Pour étudier les paramètres physiques et biologiques associés à l'environnement des thonidés au large de la Côte-d'Ivoire, nous ferons appel à deux types de données :

— les données et les analyses rencontrées dans la littérature ;

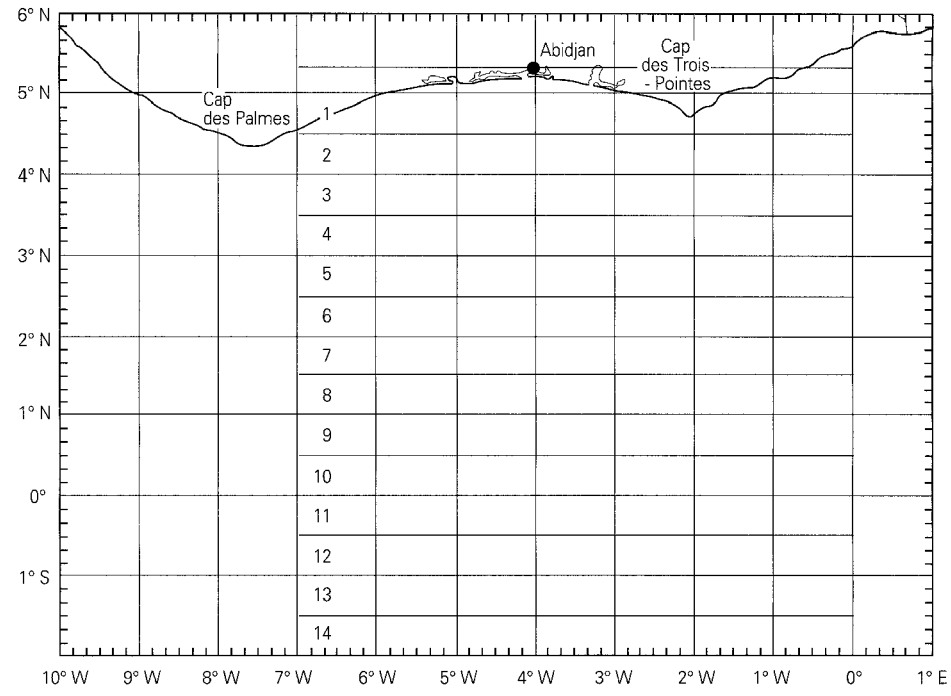


Figure 1
Carte de la zone « Côte-d'Ivoire »

— les données récoltées pendant la campagne océanographique du N.O. *Capricorne* du mois d'août 1971 et au cours des opérations de radiométrie aérienne et de prospection thonière qui ont eu lieu en août 1972 et 1973 (STRETTA *et al.*, 1973).

Les méthodologies d'échantillonnage utilisées lors de la campagne du N.O. *Capricorne* sont présentées dans Dufour et STRETTA (1973a). Il s'agit des récoltes de :

— méso-zooplancton à différents niveaux à l'aide d'une bouteille Niskin de 30 litres ; l'eau de mer de la bouteille est filtrée sur une soie de 200 µm et immédiatement examinée à la loupe binoculaire ; la validité de la bouteille de 30 l pour l'échantillonnage du zooplancton est démontrée par LE BORGNE (1977) ;

— zooplancton à l'aide de filets de type « Bongo » gréés avec deux filets de 505 µm de vide de maille ;

— microncoton à l'aide d'un filet pyramidal de 6 m de long à ouverture carrée de 1,8 m de côté inspiré de celui de BLACKBURN (1968) et de 6,5 mm de vide de maille.

Les opérations de radiométrie aérienne ont été réalisées à bord du *Britten-Norman* d'Interthon volant à une altitude de 500 pieds (150 m environ). La mesure de la température de surface de la mer s'est faite à l'aide d'un radiomètre infrarouge Barnes (PRT 5) analysant l'énergie rétrodiffusée de la mer dans une fenêtre optique comprise entre 8 et 14 µm. La méthodologie ainsi que le protocole de calibration du radiomètre sont présentés dans PETIT *et al.*, (1980).

DONNÉES DE PÊCHE UTILISÉES

Deux types de données interviendront :

— les données statistiques globales des efforts et des prises par flottille, couvrant la période 1979 à 1985, sont celles disponibles à l'ICCAT (*International Commission for Conservation of Atlantic Tuna*, Madrid, Espagne) ; le fichier qui a servi à notre analyse porte sur 208 692 heures de recherche et de pêche et sur 5 466 calées ;

— les données thermiques associées aux calées correspondent aux températures mesurées lors des opéra-

tions de pêche (pour environ 50 % des captures) et reportées sur les livres de bord des thoniers de la flottille thonière française, ivoirienne, sénégalaise (FIS), (ces données sont saisies sur le fichier Écologiethon, STRETTA, 1985).

Cependant, il ne faut pas perdre de vue que le premier type de données est constitué à partir d'estimations visuelles reportées sur les journaux de bord par les patrons des thoniers, et présente de ce fait certaines limites : l'estimation des tonnages au moment de la mise en cuve du poisson, de la composition spécifique des prises et de la taille des individus capturés manquent parfois de rigueur. En revanche, les positions des pêches sont précises car elles sont relevées par satellite.

Caractéristiques hydrologiques de la « zone Côte-d'Ivoire »

MÉCANISMES D'ENRICHISSEMENT EN ATLANTIQUE

Il existe en Atlantique tropical différents processus d'enrichissement des masses d'eaux. HERBLAND *et al.* (1983) les classent en deux catégories :

— les systèmes « quasi géostrophiques » tels les dômes thermiques de Guinée et d'Angola ainsi que la crête thermique centrée pendant la saison chaude (hiver boréal) entre 2° et 3° S ; on pourrait ajouter à ces deux systèmes le dôme thermique qui se forme au-dessus des guyots ;

— les systèmes non géostrophiques tels la divergence équatoriale en saison froide et les upwellings côtiers classiques que l'on rencontre le long des côtes du Sénégal, le long des côtes du Ghana et de la Côte-d'Ivoire et le long des côtes du Gabon, du Congo et de l'Angola entre le cap Lopez et le cap Frio.

Ces zones d'enrichissement ainsi définies ont un point commun : la remontée de la thermocline dans la couche euphotique. Cette remontée peut atteindre la surface et se traduire par un refroidissement en surface : c'est le cas d'un upwelling côtier ou de la zone de la divergence équatoriale. Lorsque cette remontée n'atteint pas la surface, on assiste alors à la formation d'une structure en dôme ou d'une structure du type crête thermique.

Dans la province maritime ivoirienne, DANDONNEAU (1973) cite quatre formes d'enrichissement en sels nutritifs :

« — Les remontées en surface d'eaux froides riches en sels nutritifs ;

— la production au niveau de la thermocline où la lumière peut parvenir à ces mêmes eaux ;

— les apports terrigènes au moment des pluies ou des crues des rivières, dont l'effet fertilisant, mal connu, est assez variable en intensité et en qualité ;

— la reminéralisation aux termes de la chaîne alimentaire qui libère peu à peu des sels nutritifs directement utilisables par la photosynthèse. »

Les zones d'upwelling sont le siège de processus de fertilisation de la masse d'eau (MARGALEF , 1978). De plus, JONES (1982) souligne le fait que, dans une zone de remontée d'eau en surface, c'est le transport horizontal de cette masse d'eau qui est important et il ajoute que ce transport horizontal doit se dérouler pendant suffisamment longtemps pour permettre le déroulement de la chaîne alimentaire. Cet auteur démontre que cette chaîne alimentaire, qui part du phytoplancton pour aboutir aux animaux présentant une valeur commerciale, tend à être relativement courte et on peut assister à un court-circuit de la chaîne alimentaire. Cette forme de court-circuit est décrite pour les thons au large de la Basse-Californie (GRIFFITHS, 1965 ; BLACKBURN, 1969b) et dans le golfe de Thaïlande (JONES, 1982).

La dernière forme d'enrichissement par reminéralisation (ou production de régénération) est essentiellement cantonnée dans les eaux chaudes ainsi que DUFOUR et STRETTA (1973a) l'ont observé dans les eaux guinéennes au large du Gabon. Pour la Côte-d'Ivoire, DANDONNEAU (1973) précise toutefois que « les upwellings donnent lieu, bien sûr, aux départs les plus importants de la chaîne alimentaire. »

Les schémas des mécanismes d'enrichissement que nous venons d'évoquer sont valables aussi bien pour les zones d'upwelling côtier que pour les zones frontales [1].

Toutefois, l'écosystème des thonidés est associé à des mécanismes d'enrichissement qui résultent :

— soit d'un contact entre une eau froide issue d'un upwelling et une masse d'eau chaude créant ainsi une zone frontale avec transfert d'énergie au niveau de l'interface selon le concept développé par FRONTIER (1978) ; exemples : la zone frontale du cap Lopez au large du Gabon (VOITURIEZ *et al.*, 1973 ; DUFOUR et STRETTA, 1973a ; STRETTA, 1977 et 1988) et la zone frontale du cap des Trois-Pointes au large du Ghana (que nous analyserons plus loin) ;

— soit d'une remontée de la thermocline ; exemples : la divergence équatoriale ou encore les dômes d'Angola et de Guinée (STRETTA, 1988).

L'ÉCOSYSTÈME DE TYPE FRONTAL DU CAP DES TROIS-POINTES

Environnement physique

Dans la récente synthèse thonière, GOURIOU (1988) décrit les grandes lignes de l'environnement physique dans le golfe de Guinée. Nous retiendrons que les déplacements saisonniers du Front intertropical (FIT) de convergence des vents déterminent les variations climatiques de toute la zone intertropicale. Ces déplacements sont liés à ceux de l'anticyclone de Sainte-Hélène centré approximativement sur 25° S. Lorsque l'anticyclone de Sainte-Hélène remonte vers le nord pendant l'été boréal, les alizés du sud-est se renforcent et dominent alors dans toute la région septentrionale du golfe de Guinée en tournant vers l'ouest au nord de l'équateur : ils forment alors la mousson du sud-ouest.

L'explication classique du déclenchement des upwellings côtiers le long du littoral ivoirien sous l'influence des alizés était largement admise (MORLIÈRE, 1970 ; WAUTHY, 1977) ; de récentes études théoriques remettent en cause cette explication (voir l'article de COLIN *et al.* dans cet ouvrage). Sans entrer dans les discussions qui animent les océanographes physiciens, nous pouvons retenir que la baisse de la température de surface entre le cap des Palmes et le cap des Trois-Pointes est due à la remontée de la thermocline (VERSTRAETE et PICAUT, 1983). PICAUT (1983) a montré que le signal d'upwelling saisonnier se propage verticalement et, d'après MC CREARY *et al.* (1984), cité par VERSTRAETE et PICAUT (1983), « l'énergie (de ce signal) se propage verticalement sous la forme d'une superposition d'ondes libres excitées initialement par le vent dans l'Atlantique équatorial ouest ». Cette période est désignée sous le nom de saison froide qui s'étend de juin à septembre.

Sur la zone équatoriale, les alizés entretiennent une divergence équatoriale. L'explication classique de la divergence équatoriale induite par l'accélération des flux des alizés du fait du changement de sens de la force de Coriolis au niveau de l'équateur de mai à juillet est, elle aussi, remise en cause. VOITURIEZ (1983) pense que ce refroidissement superficiel peut être considéré comme le résultat à la fois de la variation de la pente dynamique le long de l'équateur et de la divergence équatoriale induite localement au sud de l'équateur par les alizés de sud-est. En liaison avec les phénomènes hydrologiques liés à la divergence équatoriale (tout en restant dans la « zone Côte-d'Ivoire »), il se forme en été boréal, vers 3°N, une zone de transition entre les eaux froides issues de l'upwelling côtier et les eaux froides issues de la divergence équatoriale. Cette masse d'eau de transition, où s'effectue le mélange entre les eaux chaudes tropi-

[1] Front : la notion de front en océanographie est issue, comme la plupart des définitions et théories dynamiques, de la météorologie. En météorologie, un front est une zone de contact entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid. En océanographie, un front est une zone de contact entre une masse d'eaux chaudes et une masse d'eaux froides ; c'est une zone de discontinuité physique dont la trace en surface est déterminée en général par de forts gradients de température et (ou) de salinité donc de densité.

On appelle zone frontale l'étendue marine large de quelques dizaines de milles dans laquelle peut osciller sur quelques jours le front proprement dit.

On désigne par région frontale la totalité de l'espace marin sur lequel évolue le réseau d'isothermes représentatif du front entre le début et la fin d'une saison.

cales définies plus haut et les eaux froides venues du nord et du sud, d'une température comprise entre 25,5° et 26,5 °C, a pu être observée entre 0° et 10° ouest (la région maritime à l'ouest de 10° ouest était située en dehors de la zone d'observation) et entre 2° 30' N et 3° 30' N (figure 2).

En hiver boréal, au moment du déplacement vers le sud de l'anticyclone de Sainte-Hélène, la zone des calmes s'étend en direction de l'équateur. Les vents sont faibles (les alizés de sud-est n'entretiendraient plus la divergence équatoriale ?). Le long de la côte septentrionale du golfe de Guinée, les upwellings disparaissent : c'est la saison chaude qui s'étend d'octobre à mai. La saison chaude est interrompue en janvier et février par une petite saison froide (MORLIÈRE, 1970). L'enrichissement de cette zone côtière provient d'upwellings côtiers qui se produisent sporadiquement pendant ces deux mois. Le mécanisme permettant d'expliquer ce phénomène n'est pas encore compris (CURY et ROY, 1987).

L'hydrologie et l'hydroclimat de la province maritime ivoirienne sont décrits par plusieurs auteurs : VARLET (1958), BERRIT (1961, 1962a et b, 1969), DONGUY et PRIVÉ (1964a et b), MORLIÈRE (1970), MORLIÈRE et REBERT (1972), DANDONNEAU (1973), LEMASSON et RÉBERT (1973), HISARD (1975) ; BINET (1976), ARFI *et al.* (1988) et COLIN *et al.* (dans cet ouvrage). De ces articles, il ressort que les eaux tropicales, chaudes (28 °C) et dessalées (S < 35 g/l) recouvrent l'eau centrale sud-Atlantique pendant les saisons chaudes. Cependant, en saison froide, une masse d'eau froide est présente le long du littoral ivoirien, les eaux les plus froides (18 °C) se trouvant à l'ouest. La température augmente vers l'est et vers le large. Entre les eaux issues de l'upwelling et les eaux chaudes et dessalées du large, une zone favorable aux concentrations de thons va se développer.

Les isothermes de surface sont difficiles voire impossibles à tracer à partir des données recueillies par un navire océanographique (campagne du N.O. *Capricorne* du mois d'août 1971) et ce n'est qu'à partir de 1972 que nous avons pu expliquer la formation de boucles et de méandres grâce à un survol quotidien de la zone par un avion équipé d'un radiomètre infrarouge (STRETTA *et al.*, 1973 ; STRETTA et NOËL, 1974).

Par ailleurs, les liaisons méridiennes entre les différents courants dans le golfe de Guinée et en particulier dans la province maritime ivoirienne sont complexes. Au large de la Côte-d'Ivoire, le caractère anticyclonique de la circulation a été mis en évidence par la topographie de la thermocline et par la profon-

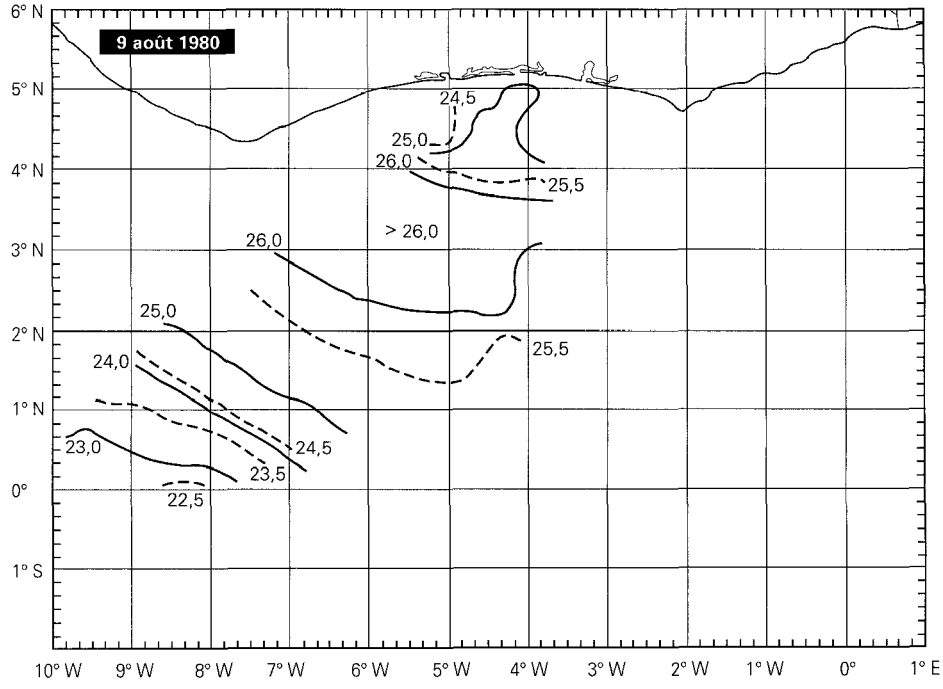


Figure 2
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 9 août 1980.

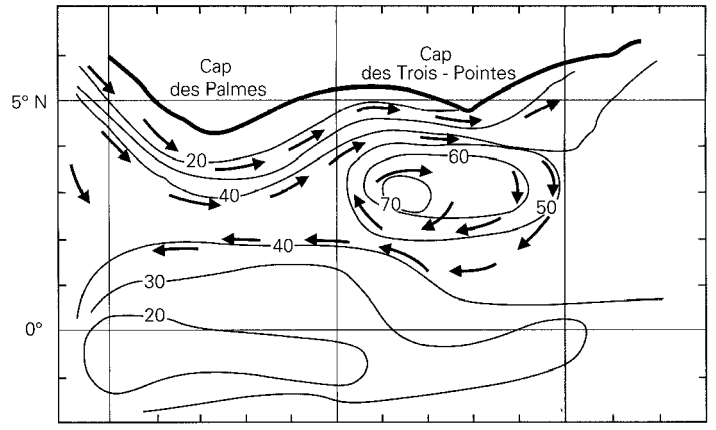


Figure 3
Topographie de la surface isopycne 25,0 en été boréal (*in* HISARD, 1975).

deur de l'isotherme 24 °C (CÉDIR, 1967 ; BERRIT, 1969). GROUZOV (1971) signale une zone de convergence entre 2° et 3° N. LEMASSON et RÉBERT (1973) confirment l'existence en juin-juillet au large de la Côte-d'Ivoire d'une composante méridienne du courant dirigée vers le sud. HISARD (1975), reprenant les travaux cités ci-dessus, les données centralisées au NODC (*National Oceanographic Data Center*, USA) et le trajet d'une bouée dérivante au large de la Côte-d'Ivoire de juillet 1984 à avril 1985, met en évidence l'existence à chaque trimestre de l'année d'une circulation anticyclonique entre le courant de Guinée et le courant équatorial sud ; c'est en été et en automne boréal que ce « vortex » anticyclonique est le plus net (figure 3). L'existence de cette circulation méridienne est capitale. Nous rejoignons l'opinion de GRANDPERRIN (1975) en pensant que les déplacements méridiens des eaux issues d'upwellings sont en zone tropicale déterminants dans les processus de production.

Évolution des températures de surface en août 1972 et 1973

D'après STRETTA *et al.* (1973), « nous sommes en présence au mois d'août au large de la Côte-d'Ivoire de deux régimes convergents : d'une part les eaux issues de l'upwelling côtier entraînées par la circulation générale du golfe de Guinée ont tendance à gagner le large dans une direction sud-est, d'autre part sous l'influence des alizés établis au sud de 4° 30' N, les eaux chaudes ont tendance à pénétrer au sein des eaux froides dans une direction nord-est. Il en résulte entre Abidjan et le cap des Trois-Pointes la formation de langues d'eaux chaudes qui s'insèrent au sein des eaux froides. Si la poussée des eaux froides est plus forte, ces langues d'eaux chaudes pourront se trouver isolées sous forme de poches. Du fait du caractère convergent de ces régimes, les langues d'eaux chaudes formées se déplacent vers l'est, soit dans leur configuration primitive, soit modifiées sous l'influence prédominante d'un des deux régimes. Quand ces régimes convergents sont stables, il s'ensuit, comme en août 1972, une lente évolution de l'ensemble des isothermes pour aboutir à la formation d'une langue de température supérieure à 24 °C (figure 4) au sein de laquelle de très importantes pêches eurent lieu. En revanche, quand ces régimes convergents sont variables, il en résulte, comme en août 1973, un bouleversement quasi quotidien de toutes les isothermes ».

L'analyse des cartes quotidiennes de cette époque a permis de mettre en évidence trois phases principales :

— extension de l'upwelling, du 6 au 15 août 1973 (figures 5 et 6) ; les eaux froides de l'upwelling (température inférieure à 24 °C) s'étendent jusque devant Abidjan ;

— formations et passages de langues d'eaux de températures égales ou supérieures à 24 °C, entre le 16 et le 25 août 1973 (figures 7 et 8) ; des langues d'eaux chaudes s'insèrent au sein des eaux froides et, du fait du caractère convergent de ces systèmes, ces langues d'eaux chaudes se déplacent vers l'est, soit dans leur configuration primitive, soit modifiées sous l'influence prédominante d'un des deux systèmes ;

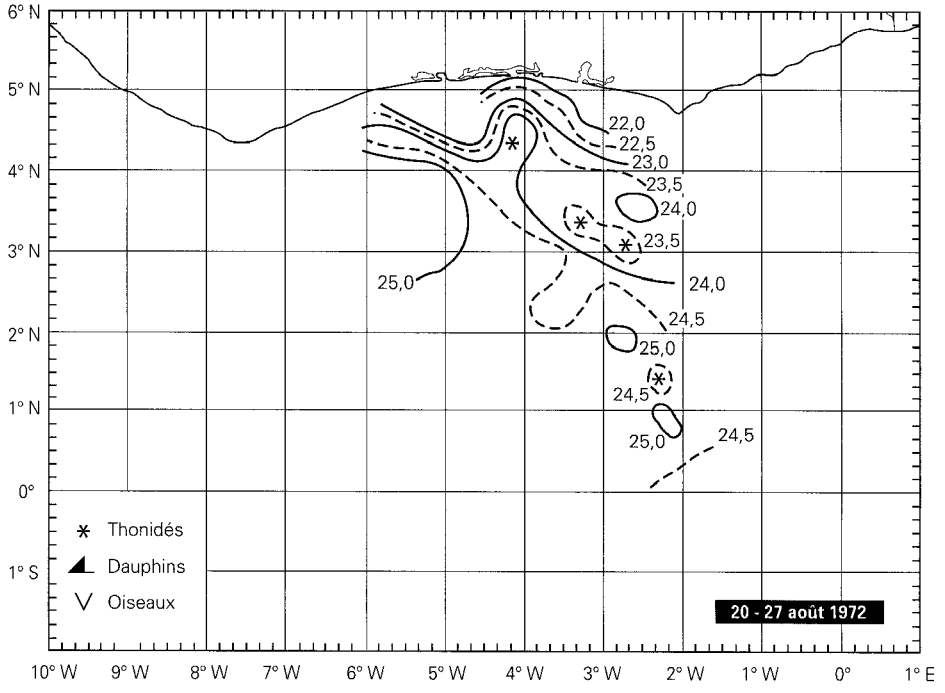


Figure 4
Situation thermique entre les 20 et 27 août 1972.

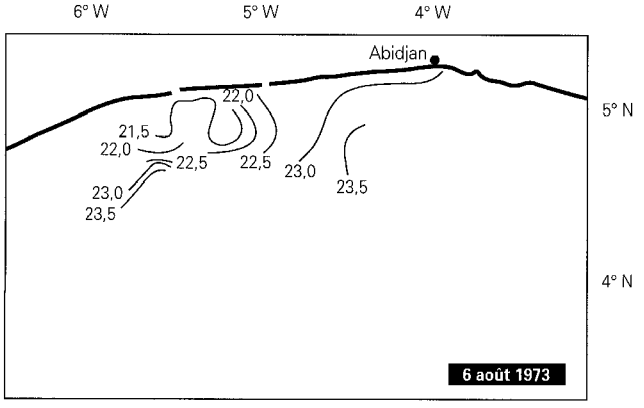


Figure 5
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 6 août 1973.

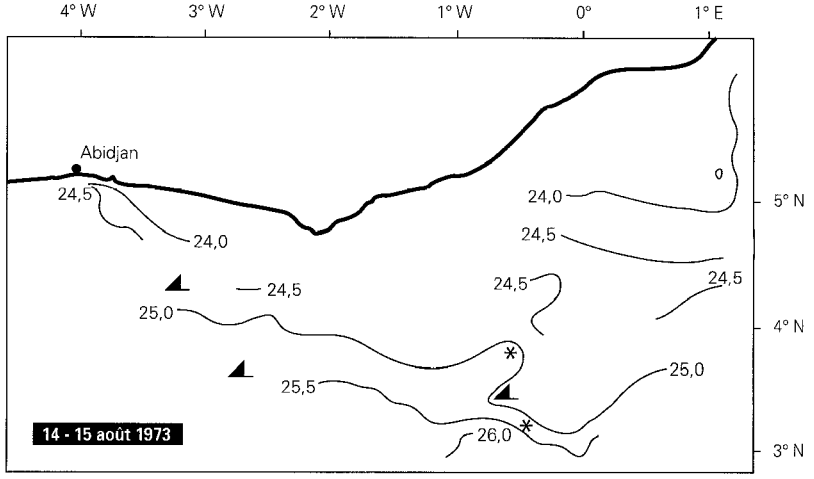


Figure 6
Carte des isothermes de surface relevées lors des vols des14 et 15 août 1973.

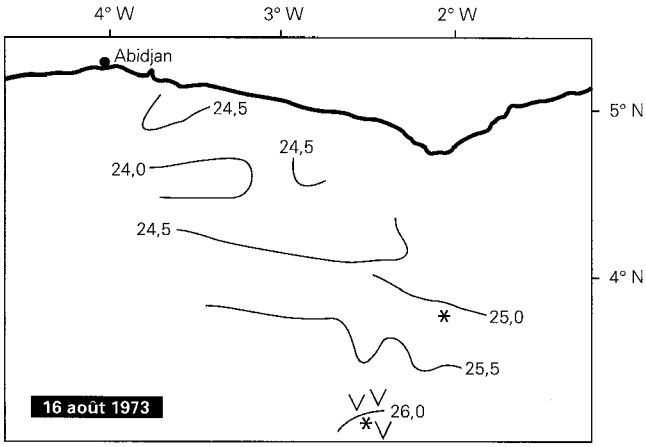


Figure 7
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 16 août 1973.

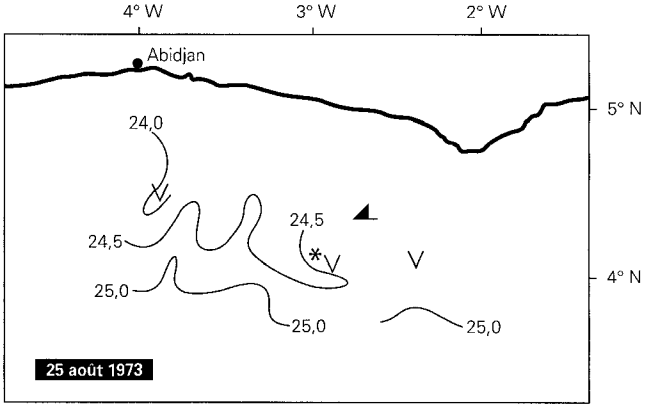


Figure 8
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 25 août 1973.

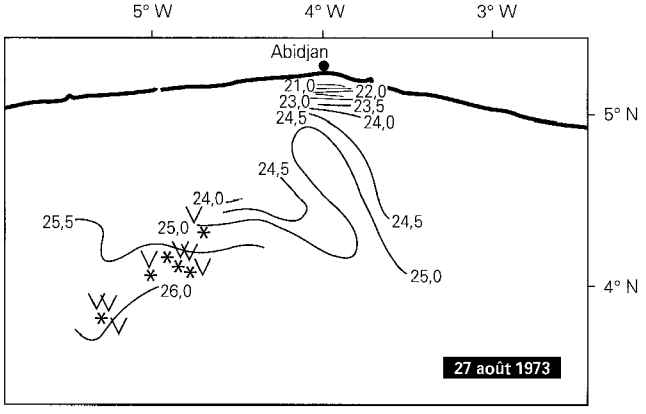


Figure 9
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 27 août 1973.

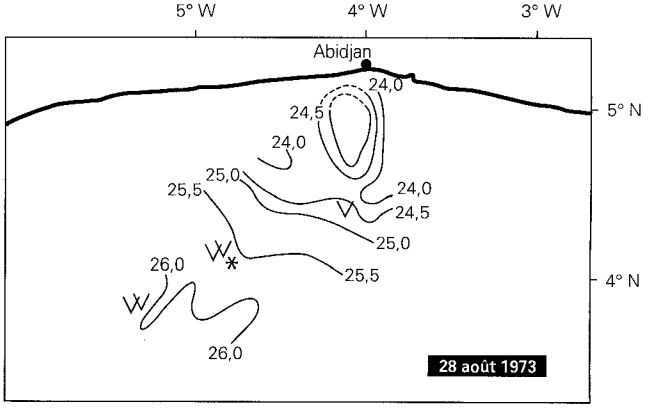


Figure 10
Carte des isothermes de surface relevées lors du vol du 28 août 1973.

TABLEAU I

Quantités intégrées de 0 à 50 m de chlorophylle *a*, copépodes capturés à la bouteille de 30 l, volume de (poissons et crustacés), pour chaque station

Stations	4	5	7	21	32	34	39	41	43	44	46	50	51
Situation	H	P	P	P	P	P	H	P	P	P	H	H	P
Chl a mg/m^2	25,4	19,7	29,8	19,8	21,5	30,2	4,0	-	18,0	41,4	-	19,6	20,4
Cop. bout. nb/m^2	2352	581	640	1 202	403	361	1 782	-	874	1 105	-	2 227	511
Vol. séd. ml/1000 m^3	512	256	362	381	344	166	-	-	-	597	-	1 176	480
Cop. filet 505 µm	211	26	46	11	47	14	-	-	-	343	-	67	183
Micronecton g/1000 m^3	2,8	-	4,2	2,2	4,8	0,4	-	31,4	-	-	11,4	-	-

H = hors zone de pêche. P = zone de pêche.

Chl a mg/m^2 : Quantité intégrée de 0 à 50 m de chlorophylle a recueillie à la bouteille de 30 l.

Cop. bout. nb/m^2 : Copépodes capturés à la bouteille de 30 l. Valeur intégrée de 0 à 50 m.

— stabilisation des isothermes et formation d'une poche d'eau de température égale ou supérieure à 24,5°C, à partir du 27 août 1973 (figures 9 et 10) ; une langue d'eau de température égale ou supérieure à 24,5°C s'est formée dans le sud d'Abidjan (figure 9), elle reste en position stable mais se trouve isolée par les eaux de température égale ou inférieure à 24°C à l'est (figure 10) ; cette présence d'une langue d'eau de température supérieure à 24°C au sud d'Abidjan a également été mise en évidence en août 1972 (figure 4) à partir des relevés de radiométrie aérienne ; c'est au sein de cette langue que les plus importantes pêches ont eu lieu ; on retrouve ce même type de structure hydrologique favorable aux thons dans le système frontal du cap Lopez au large du Gabon (DUFOUR et STRETTA, 1973a).

Phytoplancton

Les remontées d'eaux froides pendant la saison froide se font, d'après DANDONNEAU (1973), le long du rebord du talus continental et il se forme des cellules de circulation sur le plateau continental. Ces poussées d'eaux froides se matérialisent souvent par l'apparition de taches de phytoplancton qui vont se rejoindre à l'est de la Côte-d'Ivoire vers le cap des Trois-Pointes. En août 1971, au large du cap des Trois-Pointes, les zones de pêche se sont situées à la périphérie des cellules de convergence (GALLARDO, *comm. pers.*). De même au large de la Basse-Californie, BLACKBURN (1969b) met en évidence la présence de cellules d'eau froide issues de l'upwelling côtier riches en chlorophylle et en crabe rouge phytophage (*Pleurocondes planipes*). Les thons se rassemblent à la périphérie de ces cellules sans y pénétrer.

Toutefois au large de la Côte-d'Ivoire, pendant la grande saison froide, l'effet de l'upwelling est difficile à cerner du fait de son ampleur et les poussées de phytoplancton apparaissent d'abord au large, puis se rapprochent de la côte quand l'upwelling faiblit (DANDONNEAU, 1973). Les données recueillies à bord du N.O. *Capricorne* en août 1971 à l'est du cap des Trois-Pointes (tableau I) reflètent celles recueillies à l'ouest par DANDONNEAU (1971). Nous avons comparé les valeurs intégrées de 0 à 50 m du phytoplancton prélevé à la bouteille de 30 l au moyen du test de Wilcoxon-Mann-Withney entre les secteurs de pêche et ceux sans pêche [1].

[1] Il s'agit de la situation de la pêche du mois d'août 1971 et le N.O. *Capricorne* a réalisé des prélèvements dans la zone d'activité des thoniers, d'une part (ce que nous nommerons par la suite « zone de pêche »), et loin de cette zone, dans les eaux chaudes du large à plus de 40 milles, d'autre part (ce que nous nommerons par la suite « zone sans pêche »).

plancton sédimenté recueilli par le filet de 505 µm, copépodes capturés au filet de 505 µm et de micronecton en dehors et au sein des zones de pêche

55 P	56 H	57 P	58 P	59 P	61 H	63 H	64 H	66 H	68 H	70 H	71 H	72 P	73 H
61,0	-	-	5,9	11,0	6,9	8,8	9,0	7,2	16,0	11,4	12,0	37,0	9,9
792	-	-	411	1 011	1 050	1 292	1 121	962	2 353	1 418	1 692	178	595
319	-	-	284	131	383	427	317	510	-	582	401	412	471
66	-	-	130	37	110	78	123	262	-	273	211	64	60
5,0	5,2	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	1,9	-	-

Vol. séd. ml/1 000 m^3 : Volume de plancton sédimenté recueilli par le filet de 505 lm de vide de maille.
Cop. filet 505 µm : Copépodes capturés au filet de 505 µm. Valeur exprimée en nombre de copépodes par m^3.
Micronecton g/1 000 m^3 : Poissons + crustacé.

Ce test s'avère hautement significatif (tableau II) : les zones de pêche sont plus riches en chlorophylle (intégrée de 0 à 50 m) que les zones sans pêche.

Zooplancton

L'étude du zooplancton, pendant la période qui nous intéresse, montre que les biovolumes de plancton croissent en liaison avec le phytoplancton d'ouest en est (BINET, 1976). La moyenne des récoltes du mois d'août marque un développement par taches comme c'est le cas pour le phytoplancton. Lors de la campagne du R.V. *Geronimo* (GN4-TS3) du 5 août au 23 août 1964, l'enrichissement en zooplancton a lieu surtout à l'est du cap des Trois-Pointes (MAHNKEN, 1969 ; INGHAM, 1970). Pour BINET (1976), « la production primaire répond aux enrichissements du milieu occasionnés par les upwellings et la majeure partie de la biomasse secondaire est expliquée par les variations de la température. Les quantités de zooplancton suivent donc un cycle saisonnier assez net avec un maximum durant la grande saison froide (juillet-septembre) ».

L'analyse des valeurs intégrées de 0 à 50 m du meso-zooplancton capturé à la bouteille de 30 l au cours de la campagne d'août 1971 du N.O. *Capricorne* (tableau I) met en évidence (au moyen du test de Wilcoxon-Mann-Withney) les différences de richesse des eaux entre les secteurs de pêche et ceux sans pêche. Ce test s'avère hautement significatif (tableau II) : les zones de pêche sont plus pauvres en méso-zooplancton que les zones sans pêche.

Pour la fraction du zooplancton pêché avec les filets de type Bongo de 505 µm de vide de maille (tableau I), les résultats concordent avec ceux obtenus avec la bouteille entre les secteurs de pêche et ceux sans pêche. Pour les volumes sédimentés de zooplancton récolté, le test de Wilcoxon-Mann-Withney est significatif au seuil de 95 % (tableau II). Enfin, pour les effectifs des copépodes capturés avec ce filet de 505 µm (tableau I), le test de Wilcoxon-Mann-Withney est également significatif au seuil de 95 % (tableau II). Les zones de pêche sont plus pauvres en zooplancton que les zones sans pêche.

Micronecton

Le faible nombre de traits de micronecton nocturnes (sept traits dans la zone de pêche et cinq en dehors des zones de pêche, tableau I) ne nous permet pas de tirer des conclusions définitives et ce n'est qu'à titre indicatif que nous avons comparé les deux zones avec le test de Wilcoxon-Mann-Withney

TABLEAU II

Résultats des tests de Wilcoxon-Mann-Withney entre les zones de pêche du cap des Trois-Pointes en août 1971 et en dehors de cette zone de pêche pour les quantités intégrées de 0 à 50 m de chlorophylle *a*, les copépodes capturés à la bouteille de 30 l, le volume de plancton sédimenté recueilli par le filet de 505 µm, les copépodes capturés au filet de 505 µm et le micronecton (poissons + crustacés)

	Phytopl. bouteille	Zooplancton bouteille	Vol. sédimenté filet 505 µm	Copépodes filet 505 µm	Micronecton
Zone de pêche	12	12	11	11	7
Hors zone de pêche	11	11	9	9	5
Valeur U du test de Wilcoxon-Mann-Withney	20	12	20	23	12
Significativité du test de Wilcoxon-Mann-Withney *	$U_{0,05} = 38$ $U_{0,01} = 28$	$U_{0,05} = 38$ $U_{0,01} = 28$	$U_{0,05} = 27$ $U_{0,01} = 18$	$U_{0,05} = 27$ $U_{0,01} = 18$	$P(U_{obs}) = 0,21$ $P(U_{obs}) < 0,52$**

* Rejet de H_0 pour $U_{obs} < U\alpha$ Scherrer (1984).

** Rejet de H_0 pour $2P(U_{obs}) \leq \alpha$ ($\alpha = 0.52$) Scherrer (1984).

(tableau II) : les zones de pêche s'avéreraient plus riches que les zones sans pêche (au seuil de 95 %) en terme de biomasses totales du micronecton (poissons + crustacés). Par ailleurs, un océanographe de l'ORSTOM (BAUDIN-LAURENCIN, *comm. pers.*) embarqué à bord du moyen senneur ivoirien *Ile Boulay* pendant cette période a pu voir que les bancs d'albacore au large de la Côte-d'Ivoire étaient mélangés à des bancs de petits *Auxis thazard*.

Contenus stomacaux

Les contenus stomacaux des *Auxis thazard* prélevés dans la bouche des albacores pêchés par l'*Ile Boulay* à 18 h (heure locale, au moment du crépuscule) étaient constitués de copépodes et d'autres éléments du plancton tels que chaetognathes et larves de décapodes. La prise de nourriture remontait à 16 h (DIA, *comm. pers.*). Les résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par KISHINOUYE (1923) sur les *Auxis* sp. Par ailleurs, les contenus stomacaux de 10 albacores (de 51 à 101 kg) pêchés par deux senneurs américains en août 1971 dans le secteur du cap des Trois-Pointes se sont révélés être, après examen, uniquement composés de *Auxis thazard* de 12 à 15 cm.

Conclusions

Les données recueillies à bord du N.O. *Capricorne* en août 1971 à l'est du cap des Trois-Pointes suggèrent donc que les zones de pêche sont (par rapport aux zones sans pêche) :

— plus riches en phytoplancton ;
— plus pauvres en méso-zooplanton ;
— plus pauvres en zooplancton ;
— plus riches en terme de biomasse totale du micronecton (poissons et crustacés).

Ces résultats peuvent laisser croire que l'on se trouve devant un cas de court-circuit de la chaîne alimentaire entre le phytoplancton et le micronecton. Les quelques contenus stomacaux examinés ne corroborent pas toutefois cette hypothèse : mais il est connu que l'on ne retrouve pas dans les traits de micronecton les animaux proies des thons (GRANDPERRIN, 1975). Au large de la Côte-d'Ivoire, on pourrait avoir la chaîne alimentaire suivante (que nous analyserons plus loin) :

phytoplancton > micronecton > thonidés.

Caractéristiques de la pêche thonière dans la « zone Côte-d'Ivoire »

Analyse des captures

Analyse sur le fichier global

Sur le fichier global des prises des thoniers de la flottille FIS de 1979 à 1985 (voir p. 355), nous avons extrait pour chaque année, chaque mois et chaque strate les paramètres suivants :

— l'effort de pêche (exprimé en nombre d'heures de recherche et de pêche) ;
— le nombre total de calées ;
— le rendement global (rapport du nombre de calées sur le nombre d'heures de recherche et de pêche) ;
— les nombres de calées pour des prises inférieures à 10 t, des prises entre 10 et 60 t et des prises supérieures à 60 t.

Nous nous proposons de tester l'homogénéité : (a) des prises par années, (b) des prises par mois (afin de cerner des fluctuations saisonnières) et (c) des prises par strates. Nous emploierons pour cela l'analyse de variance [1], le test de Kruskal-Wallis [2] et le test de Noether (Scherrer 1984) pour mettre en évidence le ou les échantillons qui entraînent la non-homogénéité des populations étudiées dans les cas bien sûr où le test de Kruskal-Wallis nous amène à rejeter l'hypothèse d'identité des populations testées.

Analyse sur le fichier Écologie-thon

À partir des données du fichier Écologie-thon (voir p. 355) nous avons testé, pour l'albacore et le listao, s'il existe dans la zone Côte-d'Ivoire, de 0° à 7° W, et par strate de 30' de latitude entre 2° N et la côte ou entre 2° S et la côte :

— un effet « température » sur les paramètres suivants : les prises, le nombre de calées, les prises moyennes par calée. Pour analyser cet effet « température », nous utiliserons le test de Kruskal-Wallis.

Dans un deuxième temps, toujours à partir des données du fichier Écologie-thon nous avons testé, pour l'albacore et le listao, s'il existe, dans la zone Côte-d'Ivoire, de 0° à 7° W, et par bandes de 30' de latitude entre 2° N et la côte ou entre 2° S et la côte :

— un effet « strate de pêche » au sein de chaque classe de température pour les paramètres suivants : les prises, le nombre de calées, les prises moyennes par calée ;
— un effet « température » au sein de chaque strate pour les paramètres suivants : les prises, le nombre de calées, les prises moyennes par calée.

Pour analyser ces effets « strate » au sein de chaque classe de température et « température » au sein de chaque strate, soit une analyse à deux critères de classification, nous utiliserons le test de Friedman [3].

Dans un troisième temps, nous avons effectué pour les deux principales périodes de pêche une analyse globale de l'effet « strate » par la taille des calées que l'on peut assimiler à la taille des bancs.

[1] Nous utiliserons l'analyse de variance lorsque les conditions de normalité et d'homocédasticité seront remplies. Pour tester l'homocédasticité des populations, nous utiliserons le test de Bartley qui a en plus l'avantage d'être très sensible à la non-normalité des populations. Les analyses de variance sont effectuées avec le logiciel Statgraphics 2.6.

[2] Nous utiliserons le test de Kruskal-Wallis quand les conditions de normalité ne sont pas respectées : les calculs sont effectués avec le logiciel Statgraphics 2.6.

[3] Les tests de Friedman sont calculés avec le logiciel Statgraphics.

Variations annuelles

À partir du fichier global, pour toute la zone Côte-d'Ivoire de la côte à 2° S, il n'y a pas identité entre les sept années pour l'effort de pêche et le nombre de calées (total et toutes classes de tonnage ; voir *supra*). En revanche, il y a identité des rendements pour les sept années étudiées (tableau IIIa). En comparant le nombre de calées par année ou l'effort de pêche par années prises deux par deux par le test de Noether et en reliant par un trait les années ne présentant pas de différences significatives entre elles, les résultats des comparaisons deux à deux se résument ainsi:

Années : 79 80 81 82 83 84 85

On a donc un ensemble homogène qui s'étend des années 1979 à 1983 et un deuxième ensemble homogène qui couvre les années 1984 et 1985. Cela est à relier au départ, dès 1984, d'une partie de la flottille FIS dans l'océan Indien. Notons que les rendements ne présentent pas de variations interannuelles ; cela signifie que l'efficacité de l'engin de pêche et (ou) le stock de thonidés dans son ensemble sont (est) resté(s) statistiquement constant.

Variations mensuelles

À partir du fichier global, pour toute la zone Côte-d'Ivoire de la côte à 2° S, il n'y a pas identité entre les douze mois pour l'effort de pêche, le nombre de calées (total et toutes classes de tonnage, tableau IIIb). En comparant comme précédemment le nombre de calées par mois ou l'effort de pêche par mois ou les rendements mensuels pris deux par deux par le test de Noether et en reliant par un trait les mois ne présentant pas de différences significatives, les résultats des comparaisons se résument ainsi:

Mois : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2

On relève toutefois une légère incohérence dans les résultats (les mois de décembre et janvier d'une part, ainsi que les mois de janvier et février d'autre part, ne présentent pas de différences significatives alors que les mois de décembre et février en présentent). SCHERRER (1984) estime que ce genre d'incohérence, fréquente dans les résultats, est dû à des erreurs de type II. Les différences sont significatives entre mars et avril d'une part et entre septembre et octobre d'autre part. Il est possible de dégager de cette analyse trois ensembles qui sont, par ordre d'importance :

— les mois d'avril à septembre ;
— les mois d'octobre à décembre-janvier ;
— les mois de décembre-janvier à mars.

Nous verrons plus loin comment, à partir de ces tests et des saisons hydrologiques, nous définissons les périodes de pêche.

Variations géographiques

À partir du fichier global, pour toute la zone Côte-d'Ivoire de la côte à 2° S, il n'y a pas identité (tableau IIIc) entre les quatorze strates, chaque mois, pour l'effort de pêche, les rendements et le nombre de calées (total et toutes classes de tonnage). En comparant comme précédemment le nombre de calées, l'effort de pêche ou les rendements par strate pris deux par deux avec le test de Noether et en reliant par un trait les strates ne présentant pas de différences significatives entre elles, les résultats des comparaisons se résument ainsi:

Strates: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Ce graphique nécessite quelques explications : les strates 1-2, 2-3, 6-7, 7-8, 8-9 et 9-10 ne présentent pas de différences significatives prises deux par deux ; toutefois, la différence entre la strate 1 et la strate 3 est significative ; il en est de même entre la strate 6 et la strate 8, etc. Les strates 3-4-5-6 forment un ensemble homogène et il n'y a pas de différences significatives entre elles. Il en est de même pour l'ensemble formé par les strates 10-11-12-13-14. On peut noter une légère incohérence dans les résultats car la strate 3 ne présente pas de différence significative avec les strates 2 et 4 alors que ces deux dernières présentent une différence significative entre elles. Les deux strates côtières (strates 1 et 2) totalisent 39,3 % du nombre de calées et 29,9 % de l'effort de pêche, dans l'ensemble de la région.

TABLEAU III

Résultats des tests de Kruskal-Wallis portant sur les variations annuelles, mensuelles et géographiques pour les paramètres suivants : les efforts de pêche, le nombre total de calées, le rendement global (rapport du nombre de calées pour 100 heures de recherche et de pêche), les nombres de calées pour des prises inférieures à 10 t, comprises entre 10 et 60 t et supérieures à 60 t

(a) Analyse annuelle

Effet testé (χ^2_{obs})	Global	Saison 1 Mois 1-3	Saison 2 Mois 7-9	Saison 3 Mois 10-12
Effort/années	165,84	103,96	47,73	16,44
Calées/années	27,28	42,26	26,22	77,55
Rendement/années	8,42*	14,50	*cf.* ADV	9,93*
B < 10 t/années	34,46	36,39	28,93	23,16
10 > B < 60 t/années	27,54	40,25	26,65	10,92*
B > 60 t/années	24,81	30,53	7,94*	9,44*

$\chi^2_{0,95}$ = 12,6 pour 6 ddl

(b) Analyse mensuelle

Effet testé (χ^2_{obs})	Global	Saison 1 Mois 1-3	Saison 2 Mois 7-9	Saison 3 Mois 10-12
Effort/mois	136,80	7,56	3,35*	5,08*
Calées/mois	107,84	4,40*	3,35*	0,87*
Rendement/mois	58,47	2,18*	*cf.* ADV	0,64*
B < 10 t/mois	83,80	4,18*	2,66*	0,81*
10 > B < 60 t/mois	86,88	3,37*	6,31	0,85*
B > 60 t/mois	42,72	2,01*	2,21*	0,82*

$\chi^2_{0,95}$ = 19,7 pour 11 ddl pour analyse globale
$\chi^2_{0,95}$ = 5,99 pour 2 ddl pour saisons 1, 2 et 3

(c) Analyse géographique (par strate)

Effet testé (χ^2_{obs})	Global	Saison 1 Mois 1-3	Saison 2 Mois 7-9	Saison 3 Mois 10-12
Effort/strates	117,23	27,49	12,46	57,49
Calées/strates	79,74	34,85	9,89*	59,21
Rendement/strates	76,00	45,10	9,77*	39,13
B < 10/strates	86,63	36,20	7,81*	56,22
10 > B < 60 t/strates	58,55	28,13	12,72	42,84
B > 60 t/strates	35,94	31,31	7,80*	30,67

$\chi^2_{0,95}$ = 22,4 pour 13 ddl pour analyse globale et saisons 1 et 3
$\chi^2_{0,95}$ = 11,1 pour 5 ddl pour saison 2
* $\chi^2_{obs} < \chi^2_{0,95}$

SAISONS DE PÊCHE

Si l'on examine les répartitions par mois et par strate de l'effort de pêche, du nombre de calées et des rendements des senneurs FIS de 1979 à 1985 sur des diagrammes tridimensionnels (figures 11, 12 et 13), on remarque qu'il est difficile de cerner de façon précise des saisons de pêche : cela est à mettre au compte des fluctuations annuelles des prises et de l'effort de pêche. Toutefois, en s'appuyant sur les résultats obtenus ci-dessus et sur les saisons définies en fonction de l'hydroclimat classiquement observé au large de la province maritime ivoirienne, on distingue dans cette région trois saisons de pêche (STRETTA, 1988).

La première période de pêche, de janvier à mars, correspond à la petite saison froide ; la deuxième, de juillet à septembre, correspond à la grande saison froide ; la troisième saison de pêche, d'octobre à novembre-décembre, se situe pendant la première partie de la grande saison chaude. On peut relever le fait que, de 1967 à 1979, la deuxième période de pêche s'étendait en général jusqu'aux mois d'août et septembre. Le raccourcissement de cette période de pêche que l'on constate actuellement demeure inexpliqué : cela pourrait être relié au fait que d'autres secteurs de pêche plus productifs sont exploités à la même époque et en particulier la zone au large du cap Lopez (Gabon). On notera également que les canneurs de Tema qui exploitent en permanence cette zone depuis une vingtaine d'années y ont des rendements en listaos, albacores et patudos juvéniles qui ne manifestent pas de saisonnalité nette (FONTENEAU, 1987).

Saison de pêche de janvier à mars

Analyses mensuelle, annuelle et géographique

Une première période de pêche a lieu au cours du premier trimestre de l'année. Les pêches se situent dans des eaux dont la température de surface est comprise entre 25 et 30 °C (figure 14 a). La gamme de température est très étroite : 67,1 % des prises d'albacore sont réparties en deux classes de température (27 et 28 °C) et 62,2 % des prises de listao se font dans une seule classe de température (28 °C). Au cours de cette période de pêche, il y a lieu de distinguer trois zones géographiquement différentes : la première qui s'étend de la côte à 2-3° N, la deuxième de 2-3° N à l'équateur et la troisième de l'équateur à 2° S (tableau IV). Dans la première zone, cette saison de pêche hivernale est à relier à l'enrichissement par des upwellings côtiers pendant la « petite saison froide » (BINET, 1976). La deuxième zone est incluse dans une des principales aires de ponte de l'albacore (ALBARET, 1977). Enfin, cette saison de pêche hivernale est à relier, entre l'équateur et 2° S, à l'enrichissement de la zone par la crête thermique que l'on observe entre 1 et 3° S (DUFOUR et STRETTA, 1973b ; VOITURIEZ et HERBLAND, 1977). Par rapport à l'ensemble des années, cette saison de pêche représente 43,8 % du nombre de calées et 41,8 % de l'effort de pêche.

Si l'on teste l'homogénéité intermensuelle de cette saison de pêche, on constate qu'il s'agit d'une saison homogène (tableau IIIb) : il y a identité des rendements et du nombre de calées (total et toutes classes de tonnage). En revanche, il n'y a pas identité intermensuelle pour l'effort de pêche.

Si l'on teste à présent l'homogénéité de cette saison de pêche d'une année sur l'autre entre 1979 et 1985, on observe qu'il y a une hétérogénéité interannuelle pour tous les paramètres analysés (tableau IIIa). On retrouve pour les efforts de pêche et le nombre de calées avec le test de Noether l'ensemble homogène des années 1979 à 1983 et le deuxième ensemble des années 1984 et 1985. En revanche, pour le paramètre « rendement » le test de Noether ne permet pas de retrouver les deux groupes d'années.

Si l'on teste à présent la variabilité géographique, c'est-à-dire la variabilité entre les quatorze strates, pendant cette saison de pêche, on note une hétérogénéité totale de la zone pour tous les paramètres analysés (tableau IIIc). Le test de Noether ne permet pas de mettre en évidence de différences significatives entre les strates prises deux par deux.

Figure 11
Diagramme des répartitions par strates et par mois de l'effort de pêche (exprimé en heure de recherche et de pêche).

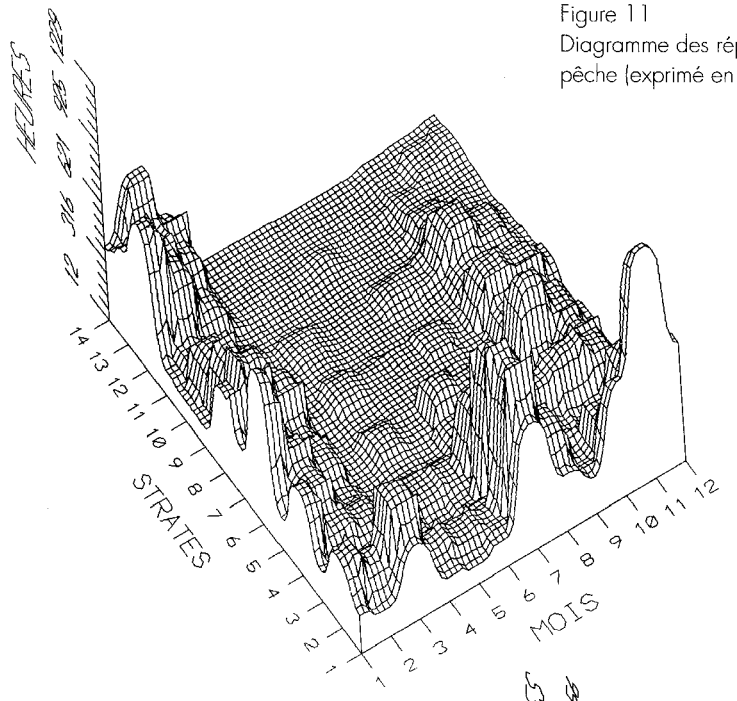
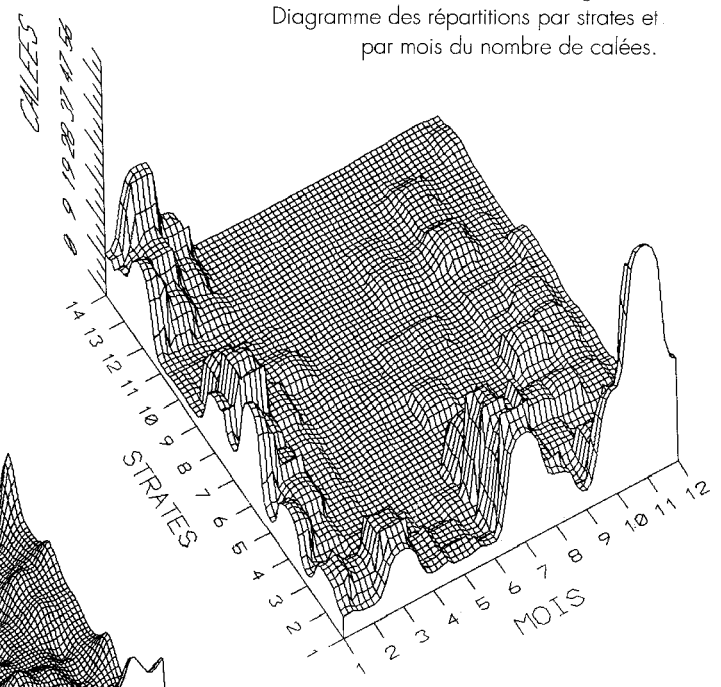


Figure 12
Diagramme des répartitions par strates et par mois du nombre de calées.



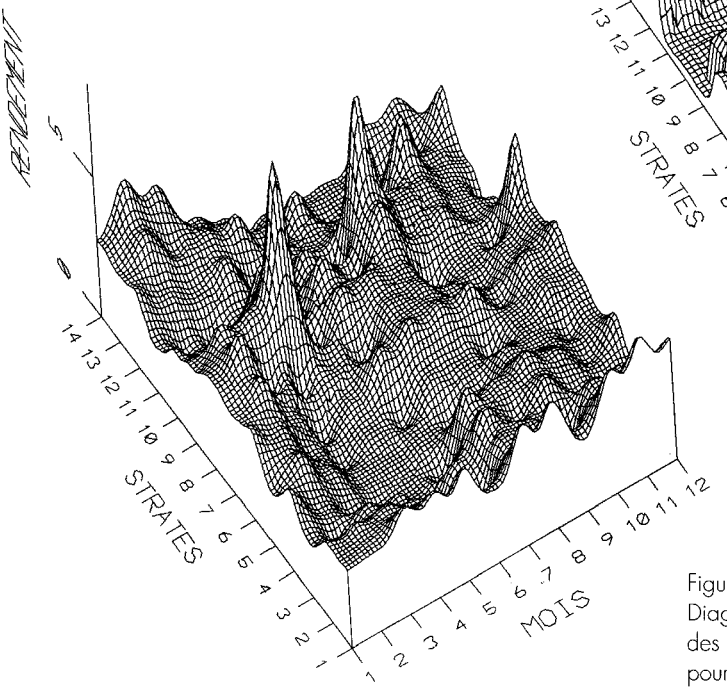


Figure 13
Diagramme des répartitions par strates et par mois des rendements (exprimés en nombre de calées pour 100 heures d'effort de pêche).

TABLEAU IV

Prises totales et prises moyennes par calée positive (en tonnes), nombre total de calées et nombre de calées positives (valeur entre parenthèses) contenant de l'albacore et du listao, par zone géographique (figure 1) et par classe de température pendant les mois de janvier à mars

Zones		25°	26°	27°	28°	29°	30°
1	Albacore	-	16/5,3 (3-0)	204/25,5 (9-1)	125/12,5 (13-2)	5/2,5 (2-0)	-
	Listao	-	6/2,0 (3-0)	8/1,6 (5-0)	62/12,4 (7-2)	5/2,5 (2-0)	-
2	Albacore	215/53,8 (4-0)	133/33,3 (8-4)	88/6,8 (14-1)	74/5,7 (18-5)	20/5,0 (4-0)	4/4,0 (1-0)
	Listao	28/7,0 (4-0)	32/8 (9-5)	76/9,5 (8-0)	63/9,0 (12-5)	52/52,0 (2-1)	-
3	Albacore	-	-	3/1,5 (2-0)	134/19,1 (9-2)	44/22,0 (4-2)	-
	Listao	-	-	3/1,5 (2-0)	18/6,0 (3-0)	1/1,0 (1-0)	-
4	Albacore	-	25/12,5 (2-0)	19/9,5 (2-0)	72/12,0 (11-5)	14/7,0 (3-1)	-
	Listao	-	10/10,0 (2-1)	3/3,0 (1-0)	228/57,0 (4-0)	-	-
5	Albacore	-	-	46/15,3 (3-0)	226/22,6 (12-2)	85/12,1 (8-1)	-
	Listao	-	0/0 (1-1)	9/4,5 (2-0)	10/5,0 (5-3)	1/1,0 (1-0)	-
6	Albacore	-	0/0 (1-1)	271/18,1 (17-2)	462/33,0 (19-5)	146/24,3 (8-2)	70/17,5 (6-2)
	Listao	-	0/0 (1-1)	3/1,5 (2-0)	143/23,8 (11-5)	2/2,0 (1-0)	5/5,0 (2-1)
7	Albacore	-	15/7,5 (3-1)	219/27,4 (10-2)	293/26,6 (16-5)	36/18,0 (4-2)	0/0 (1-1)
	Listao	-	78/26,0 (3-0)	14/4,7 (5-2)	116/16,6 (9-2)	12/12,0 (1-0)	-
8	Albacore	-	15/15,0 (1-0)	52/13,0 (4-0)	162/20,3 (8-0)	225/56,3 (5-1)	20/20,0 (1-0)
	Listao	-	-	21/10,5 (2-0)	127/42,3 (4-1)		75/37,5 (2-0)
9	Albacore	-	-	21/10,5 (2-0)	213/71,0 (4-1)	107/26,8 (6-2)	-
	Listao	-	-	-	183/61,0 (4-1)	1/1,0 (1-0)	-
10	Albacore	-	42/21,0 (2-0)	14/14,0 (4-3)	65/21,7 (3-0)	53/26,5 (3-1)	-
	Listao	-	4/4,0 (1-0)	20/20,0 (1-0)	81/20,3 (4-0)	5/5,0 (1-0)	-
11	Albacore	30/30,0 (2-1)	20/20,0 (5-4)	26/6,5 (9-5)	0/0 (3-3)	-	-
	Listao	-	0/0 (2-2)	46/15,3 (3-0)	60/30,0 (4-2)	-	-
12	Albacore	265/88,3 (4-1)	378/37,8 (11-1)	763/47,7 (22-6)	297/27,0 (14-3)	-	-
	Listao	-	26/13,0 (2-0)	1/1,0 (1-0)	20/20,0 (1-0)	-	-
13	Albacore	-	197/24,6 (10-2)	257/23,4 (16-5)	658/41,1 (18-2)	153/51,0 (8-5)	-
	Listao	-	102/20,4 (6-1)	0/0 (1-1)	8/4,0 (3-1)	-	-
14	Albacore	-	110/36,7 (3-0)	170/28,3 (7-1)	63/31,5 (3-1)	145/48,3 (3-0)	-
	Listao	-	-	8/2,7 (3-0)	3/3,0 (1-0)	2/2,0 (1-0)	-
Totaux	Albacore	510 - (10-2)	951 - (49-13)	2 153 - (121-26)	2 844 - (158-37)	1 033 - (57-17)	94 - (9-3)
	Listao	28 - (4-0)	258 - (30-11)	212 - (36-3)	1 122 - (72-22)	81 - (11-1)	80 - (4-1)

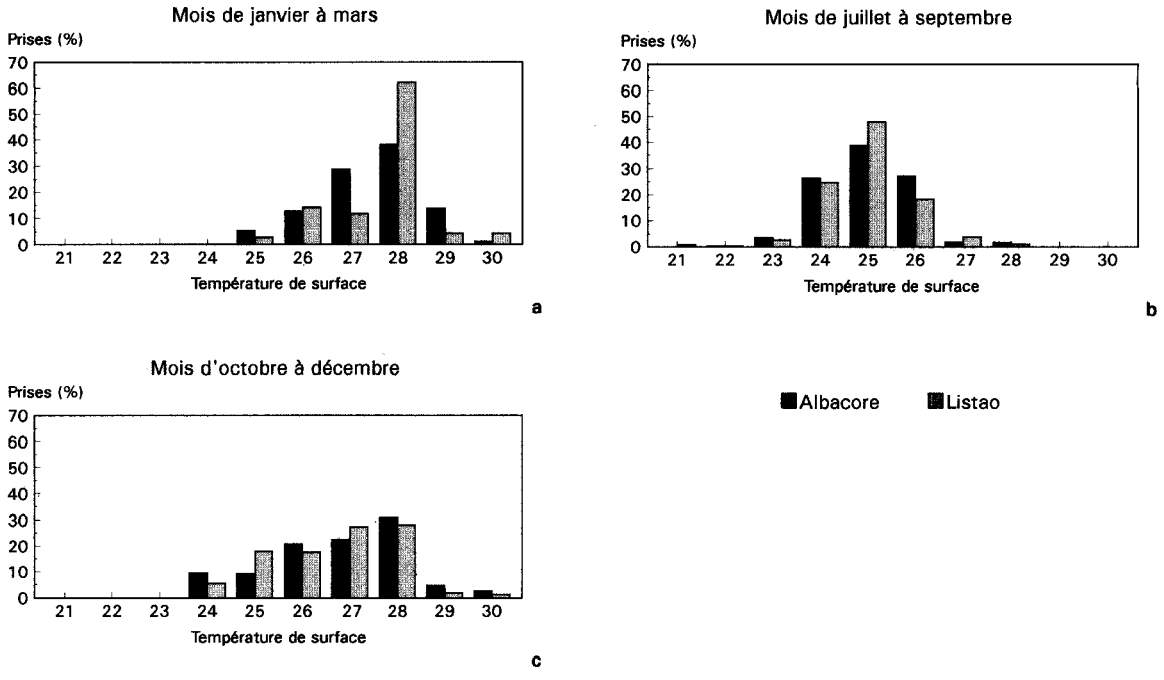


Figure 14
Prises de thonidés au large de la Côte-d'Ivoire en fonction de la température pendant les 3 saisons de pêche.
(a) Mois de janvier-mars : 7 585 t d'albacore et 1 781 t de listao ;
(b) mois de juillet-septembre : 5 422 t d'albacore et 2 914 t de listao ;
(c) mois d'octobre-décembre : 3 834 t d'albacore et 1 920 t de listao.

Dans certaines conditions, il semble que la taille des bancs puisse constituer un bon indice de la richesse en nourriture pour les thons (PETIT, 1991). En vérifiant l'identité du nombre de calées d'un tonnage supérieur à 60 t (tableau IIIc), il y a statistiquement plus de gros bancs dans une strate plutôt que dans une autre. Autrement dit, les différentes strates semblent de potentiel différent quant à la nourriture des thons.

Analyse des données thermiques

Les résultats des tests de Kruskal-Wallis sont regroupés dans le tableau V. Pour l'albacore et le listao, il y a identité des prises, des prises moyennes par calée et du nombre de calées par classe de température. Il y a donc un effet « température ».

Si donc, pour l'albacore et le listao, il y a, dans l'ensemble de la région, une ou des classes de température particulières, qu'en est-il si l'on compare les pêches de ces espèces par classe de température et par strate en recherchant s'il existe (a) un effet « strate » au sein de chaque classe de température et (b) un effet « température » au sein de chaque strate ? Les résultats des tests de Friedman sont reportés dans le tableau VI. Pour l'albacore et le listao, on met en évidence un effet « strate » au sein de chaque classe de température ; ce qui pourrait signifier que chaque classe de température correspond à une productivité différente suivant la strate où l'on se situe. Pour l'albacore et le listao, il n'y a pas d'effet « température » au sein de chaque strate pour les trois paramètres analysés ; ce qui *pourrait* signifier qu'au sein d'une strate donnée, la productivité est la même suivant la température dans laquelle on se situe (tableau VI). Cela ne semble pas étonnant dans la mesure où la gamme de température dans laquelle se déroulent les pêches est très étroite.

TABLEAU V

Résultats des tests de Kruskal-Wallis ; effets de la température de surface le jour de la pêche sur les prises, le nombre de bancs et les prises par calées au cours des saisons de pêche de janvier à mars, de juillet à septembre et d'octobre à décembre

		Prises par calées Effet température	Prises Effet température	Nombre de bancs Effet température
Janv.-mars	Albacore	10,91 [1]	12,49 [1]	18,62 [1]
	Listao	16,24 [1]	13,89 [1]	13,78 [1]
Juil.-sept.	Albacore	8,98 [2]	6,85 [2]	7,67 [2]
	Listao	8,99 [2]	5,66 [2]	9,98 [2]
Oct.-déc.	Albacore	8,08 [3]	10,84 [3]	9,41 [3]
	listao	6,10 [3]	6,45 [3]	7,82 [3]

[1] $\chi^2_{0,95}$ = 11,1 pour 5 degrés de liberté
[2] $\chi^2_{0,95}$ = 9,49 pour 4 degrés de liberté
[3] $\chi^2_{0,95}$ = 12,6 pour 6 degrés de liberté

TABLEAU VI

Résultats des tests de Friedman sur les prises, le nombre de bancs et les prises moyennes par calées au cours des saisons de pêche de janvier à mars, de juillet à septembre et d'octobre à décembre pour rechercher :
un effet de la strate de pêche au sein de chaque classe de température ;
un effet « température » au sein de chaque strate

		Prises		Prises par calées		Nombre de bancs	
		Effet zone	Effet température	Effet zone	Effet température	Effet zone	Effet température
Janv.-mars	Albacore	22,26 [4]	47,58 [2]	20,09 [4]	35,53 [2]	29,68 [4]	59,18 [2]
	Listao	19,28 [4]	55,24 [2]	14,93 [4]	52,46 [2]	26,54 [4]	55,49 [2]
Juil.-sept.	Albacore	10,62 [1]	12,17 [1]	2,22 [1]	7,83 [1]	10,68 [1]	12,20 [1]
	Listao	7,58 [1]	13,70 [1]	7,87 [1]	7,55 [1]	9,29 [1]	13,55 [1]
Oct.-déc.	Albacore	19,30 [2]	19,94 [3]	9,89 [2]	12,24 [3]	23,50 [2]	24,52 [3]
	Listao	19,23 [2]	17,23 [3]	7,61 [2]	10,01 [3]	24,30 [2]	21,49 [3]

[1] $\chi^2_{0,95}$ = 9,49 pour 4 degrés de liberté
[2] $\chi^2_{0,95}$ = 11,1 pour 5 degrés de liberté
[3] $\chi^2_{0,95}$ = 12,6 pour 6 degrés de liberté
[4] $\chi^2_{0,95}$ = 22,4 pour 13 degrés de liberté

Saison de pêche de juillet à septembre

Analyses mensuelle, annuelle et géographique

La période de pêche des senneurs en été boréal est localisée entre le cap des Trois-Pointes à la limite du plateau continental (particulièrement large à cet endroit) et 2° 30' N. On note que, pendant cette période, les pêches se situent dans des eaux dont la température de surface est comprise entre 21 et 28 °C (figure 14 b) avec toutefois 98,4 % des prises réparties en trois classes de 24 à 26 °C. Cela sous-entend que ces prises seraient en relation avec des enrichissements des masses d'eaux en provenance des remontées d'eaux froides issues de la région côtière et de la divergence équatoriale. Les prises d'albacores et de listaos dans les eaux de température inférieure à 24 °C se font dans la frange côtière de la zone d'étude entre 4° 30 'N et la côte (tableau VII).

Nous ne retiendrons que les strates 1 à 6 car, au sud de 2°N, les masses d'eaux sont sous l'influence de la divergence équatoriale. Les masses d'eaux sont froides et aucun bateau ne s'y aventure. Par rapport à l'ensemble des années, cette saison de pêche représente 19,7 % du nombre de calées et 18,2 % de l'effort de pêche. Dans ces conditions, une étude statistique comparable aux précédentes confirme qu'il s'agit bien là d'une période homogène du point de vue des rendements (*cf.* analyse de variance du tableau VIII), de l'effort de pêche et du nombre de calées, total et toutes classes de tonnage (tableau IIIb).

Si l'on teste l'homogénéité de cette saison de pêche d'une année sur l'autre entre 1979 et 1985, on observe qu'il y a identité des rendements (*cf.* analyse de variance du tableau VIII) et du nombre de calées d'un tonnage supérieur à 60 t (tableau IIIa). En revanche, il n'y a pas identité des efforts de pêche, du nombre total de calées, des nombres de calées d'un tonnage inférieur à 10 t et d'un tonnage compris entre 10 et 60 t (tableau IIIa). Ces résultats ne sont pas étonnants : on retrouve l'identité interannuelle des rendements (voir p. 366). Si, pour l'effort de pêche et le nombre de calées, on applique le test de Noether pour mettre en évidence la ou les années qui entraînent la non-homogénéité interannuelle, on retrouve un ensemble homogène qui comprend les années 1979 à 1983 et un deuxième ensemble homogène qui comprend les années 1984 et 1985.

TABLEAU VII

Prises totales et prises moyennes par calée positive (en tonnes), nombre total de calées et nombre de calées positives (valeur entre parenthèses) contenant de l'albacore et du listao, par zone géographique et par classe de température pendant les mois de juillet à septembre

Zones		≤ 23°	24°	25°	26°	27°
1	Albacore	87/8,7 (11-10)	376/16,3 (27-23)	550/26,2 (21-21)	462/66,0 (10-7)	127/15,9 (11-8)
	Listao	61/6,1 (12-10)	84/ 5,6 (15-15)	230/10,9 (24-21)	15/ 7,5 (2-2)	50/10,0 (5-5)
2	Albacore	120/24,0 (6-5)	387/24,2 (20-16)	539/23,4 (30-23)	118/16,9 (9-7)	2/ 2,0 (2-1)
	Listao	42/8,4 (6-5)	126/12,6 (13-10)	276/13,1 (24-21)	89/11,1 (8-8)	-
3	Albacore	-	316/17,5 (20-18)	378/19,9 (25-19)	508/26,7 (21-19)	50/25,2 (2-2)
	Listao	12/12,0 (1-1)	369/24,6 (16-15)	366/16,6 (25-22)	224/17,2 (14-13)	90/45,0 (2-2)
4	Albacore	2/ 2,0 (1-1)	231/33,0 (10-7)	658/31,3 (28-21)	349/15,2 (24-23)	14/ 7,0 (2-2)
	Listao	0/0 (1-0)	57/19,0 (5-3)	510/34,0 (16-15)	193/11,3 (19-17)	6/ 6,0 (1-1)
5	Albacore	-	108/27,0 (4-4)	0/0 (1-0)	40/40,0 (2-1)	0/0 (1-0)
	Listao	-	87/29,0 (3-3)	12/12,0 (2-1)	15/15,0 (2-1)	0/0 (1-0)
Totaux	Albacore	209 - (18-16)	1 418 - (81-68)	2 125 - (105-84)	1477 - (66-57)	193 - (18-13)
	Listao	115 - (20-16)	723 - (52-46)	1 394 - (91-80)	536 - (45-41)	146 - (9-8)

TABLEAU VIII

Résultats de l'analyse de variance ; effets du facteur années et mois sur les rendements de pêche au cours de la saison de pêche de juillet à septembre

	Origine de la variation	ddl	Moyennes des carrés	F calculé	F 5 %
Rendement*					
	Par années	6	$3,916.10^{-4}$	1,105	3,01
	Résiduelle	110	$3,544.10^{-4}$		
Rendement					
	Par mois	2	$2,779.10^{-4}$	0,777	4,83
	Résiduelle	114	$3,577.10^{-4}$		

* Voir texte pour la définition du rendement.

Dans un troisième temps, le test sur la variabilité géographique de la pêche en cette saison révèle qu'il y a homogénéité au niveau du nombre de calées, des rendements et du nombre de calées d'un tonnage inférieur à 10 t et de celles d'un tonnage supérieur à 60 t (tableau IIIc). En revanche, il n'y a pas identité de l'effort de pêche et du nombre de calées d'un tonnage compris entre 10 et 60 t dans les six strates. Dans le cas de l'effort, le test de Noether ne met cependant pas en évidence de différences significatives entre les strates prises deux par deux.

Comme nous l'avons fait pour la première période de pêche, l'analyse des gros bancs (calées d'un tonnage supérieur à 60 t) montre qu'il n'y a pas statistiquement plus de gros bancs dans une strate plutôt que dans une autre (tableau IIIc). Autrement dit, les différentes strates semblent de potentiel comparable quant à la nourriture des thons.

Analyse des données thermiques

Les résultats des tests de Kruskal-Wallis sont regroupés dans le tableau V. Pour l'albacore et les trois paramètres examinés, il y a identité des prises, des prises moyennes par calée et du nombre de calées par classe de température. Il n'y a donc pas d'effet « température ». Pour le listao, il y a identité des prises et des prises moyennes par calée par classe de température. En revanche, il y a un effet « température » pour le nombre de bancs.

Si donc, pour l'albacore, il n'y a pas, dans l'ensemble de la région, une classe de température particulière, qu'en est-il si l'on compare les pêches de cette espèce par classe de température et par strate en recherchant s'il existe (a) un effet strate au sein de chaque classe de température et (b) un effet classe de température au sein de chaque strate ? Les résultats des tests de Friedman sont reportés dans le tableau VI ; pour l'albacore, on met en évidence un effet « strate » au sein de chaque classe de température et un effet température au sein de chaque strate pour les prises et le nombre de bancs : c'est-à-dire que (a) chaque classe de température correspond à une productivité différente suivant la strate où l'on se situe et que (b), au sein d'une strate donnée, la productivité sera différente suivant la température dans laquelle on se situe. Dans le cas du listao on ne trouve pas d'effet « strate » au sein de chaque classe de température pour les trois paramètres étudiés ; en revanche, on rencontre un effet « température » au sein des différentes strates pour les prises et le nombre de calées (tableau VI).

Saison de pêche d'octobre à décembre

Analyses mensuelle, annuelle et géographique

Si pour analyser la saison de pêche estivale nous nous sommes limités à une zone allant de la côte à 2° N, en revanche, pour analyser cette nouvelle saison, nous prendrons la « zone Côte-d'Ivoire » dans son intégralité ainsi qu'elle est définie page 354.

Au cours de la deuxième saison de pêche qui se déroule dans ce secteur d'octobre à décembre, l'essentiel des captures des deux espèces (albacore et listao) par les senneurs se situe dans une gamme thermique allant de 24 à 30°C (figure 14 c), beaucoup plus élevée et plus étendue que pendant le mois de juillet (tableau IX). Par rapport à l'ensemble des années, cette saison de pêche représente 30,18 % du nombre de calées et 29,87 % de l'effort de pêche. On suivra encore dans ces conditions, la même démarche dans l'analyse statistique ; il y a identité intermensuelle entre les rendements, l'effort de pêche, le nombre de calées, total et toutes classes de tonnage (tableau IIIb).

Si l'on teste l'homogénéité de cette saison de pêche d'une année sur l'autre entre 1979 et 1985, on observe qu'il y a identité des rendements et des nombres de calées d'un tonnage compris entre 10 et 60 t et d'un tonnage supérieur à 60 t (tableau IIIa). On retrouve pour l'effort de pêche et le nombre de calées avec le test de Noether l'ensemble homogène des années 1979 à 1983 et le deuxième ensemble homogène des années 1984 et 1985. Comme pour la saison de pêche de juillet-septembre, on retrouve l'identité interannuelle des rendements. On relève que, pour cette saison, le nombre de gros bancs (calées d'un tonnage supérieur à 60 t) n'est pas sensible (au seuil choisi) à des variations annuelles.

Cette saison de pêche diffère cependant totalement de la précédente dans le fait qu'elle présente une totale hétérogénéité géographique (tableau IIIc). Le test de Noether, avec les six différents paramètres que nous avons retenus, ne permet pas de cerner la ou les strates responsables de l'hétérogénéité de la région. Sans apporter de certitude statistique, si l'on porte sur un graphique les moyennes (et leur intervalle) des efforts de pêche et du nombre de calées par strate (figures 15 a et b), on peut remarquer que la strate 1 (la strate côtière) diffère des autres. Cette strate 1 n'est pas la seule responsable de l'hétérogénéité de la région : si l'on refait le test de Kruskal-Wallis sur le nombre de calées, l'effort de pêche et les rendements en éliminant la strate 1, on aboutit au même résultat [1] à savoir qu'il y a toujours une hétérogénéité géographique de la région. Si l'on porte sur un graphique les moyennes des rendements par strate (et leur intervalle), nous pouvons remarquer que ce sont les strates 1 et 8 qui diffèrent des autres bien que le test de Noether ne nous permette pas de cerner statistiquement ces strates (figure 15c).

L'analyse du nombre de gros bancs (calées d'un tonnage supérieur à 60 t) montre également qu'il y a pendant cette saison une différence du potentiel de la nourriture des thons entre les strates (tableau IIIc). Pour ce paramètre, le fait d'ôter les effectifs de la strate 1 n'entraîne pas une homogénéité du potentiel de nourriture dans la région ($\chi^2_{obs} = 22,82$; $\chi^2_{0,95} = 21,0$ pour 12 degrés de liberté).

Analyse des données thermiques

Nous ne retiendrons, dans cette analyse, que les strates 1 à 6. Au sud de 2°N, la quantité d'information que nous possédons dans le fichier Écologie-thon (calées avec une indication de la température de surface) est trop faible par rapport aux strates côtières.

Si l'on analyse avec le test de Friedman, chez l'albacore et le listao, l'effet « strate » par classe de température et l'effet « température » au sein de chaque strate (tableau VI), on met en évidence ces deux effets pour les prises et le nombre de calées ; cette situation a déjà été observée plus haut au cours de la saison de juillet à septembre. C'est-à-dire qu'à une température donnée, les prises et le nombre de calées sont significativement différents suivant la strate et la classe de température auxquelles on s'adresse (tableau VI).

CONCLUSIONS

« Zone Côte-d'Ivoire » dans son ensemble

Si l'on se place à un niveau général, on peut retenir que :

— on est en présence de deux groupes d'années homogènes, le premier de 1979 à 1983 et le deuxième formé par les années 1984 et 1985 ;

[1] Pour le nombre de calées : $\chi^2_{obs} = 54,77$; l'effort de pêche : $\chi^2_{obs} = 57,90$; les rendements : $\chi^2_{obs} = 33,75$ ($\chi^2_{0,95} = 21,0$ pour 12 degrés de liberté).

TABLEAU IX

Prises totales et prises moyennes par calée positive (en tonnes), nombre total de calées et nombre de calées positives (valeur entre parenthèses) contenant de l'albacore et du listao, par zone géographique (figure 1) et par classe de température pendant les mois d'octobre à décembre

Zones		≤ 24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
1	Albacore	70/35,0 (2-2)	132/13,2 (11-10)	140/14,0 (12-10)	318/24,5 (17-13)	653/24,2 (32-27)	132/14,7 (11-9)	1/0,5 (2-2)
	Listao	10/10,0 (1-1)	210/15,0 (16-14)	78/7,8 (10-10)	384/32,0 (17-12)	319/10,6 (36-30)	16/2,7(8-6)	2/1,0 (2-2)
2	Albacore	243/27,0 (10-9)	191/17,4 (15-11)	340/20,0 (20-17)	156/17,3 (16-9)	305/14,5 (22-21)	35/11,7 (4-3)	40/40,0 (1-1)
	Listao	60/8,6 (8-7)	111/13,9 (11-8)	192/11,3 (18-17)	100/14,3 (7-7)	139/13,9 (11-10)	10/3,3 (3-3)	0/0 (1-0)
3	Albacore	-	2/2,0 (2-1)	8/ 8,0 (2-1)	13/ 6,5 (3-2)	15/ 5,0 (3-3)	-	62/31,0 (3-2)
	Listao	-	-	39/13,0 (4-3)	34/ 8,5 (6-4)	14/ 2,8 (8-5)	0/0 (2-0)	25/25,0 (1-1)
4	Albacore	8/8,0 (1-1)	-	28/14,0 (3-2)	130/26,0 (5-5)	90/22,5 (4-4)	0/0 (1-0)	-
	Listao	10/10,0 (1-1)	-	4/4,0 (1-1)	2/2,0 (3-1)	15/3,8 (5-4)	-	-
5	Albacore	-	0/0 (1-0)	107/35,7 (6-3)	180/45,0 (5-4)	105/52,5 (3-2)	0/0 (1-0)	-
	Listao	-	0/0 (1-0)	15/15,0 (3-1)	7/3,5 (2-2)	7/7,0 (1-1)	6/6,0 (1-1)	-
6	Albacore	41/13,7 (5-3)	15/5,0 (4-3)	214/23,8 (11-9)	50/16,7 (6-3)	10/2,5 (5-4)	0/0 (1-0)	-
	Listao	25/25,0 (3-1)	24/6,0 (5-4)	10/10,0 (7-1)	0/0 (1-0)	44/8,8 (6-5)	8/8,0 (1-1)	-
Totaux	Albacore	362	340	837	847	1178	167	103
	Listao	105	345	338	527	538	40	27

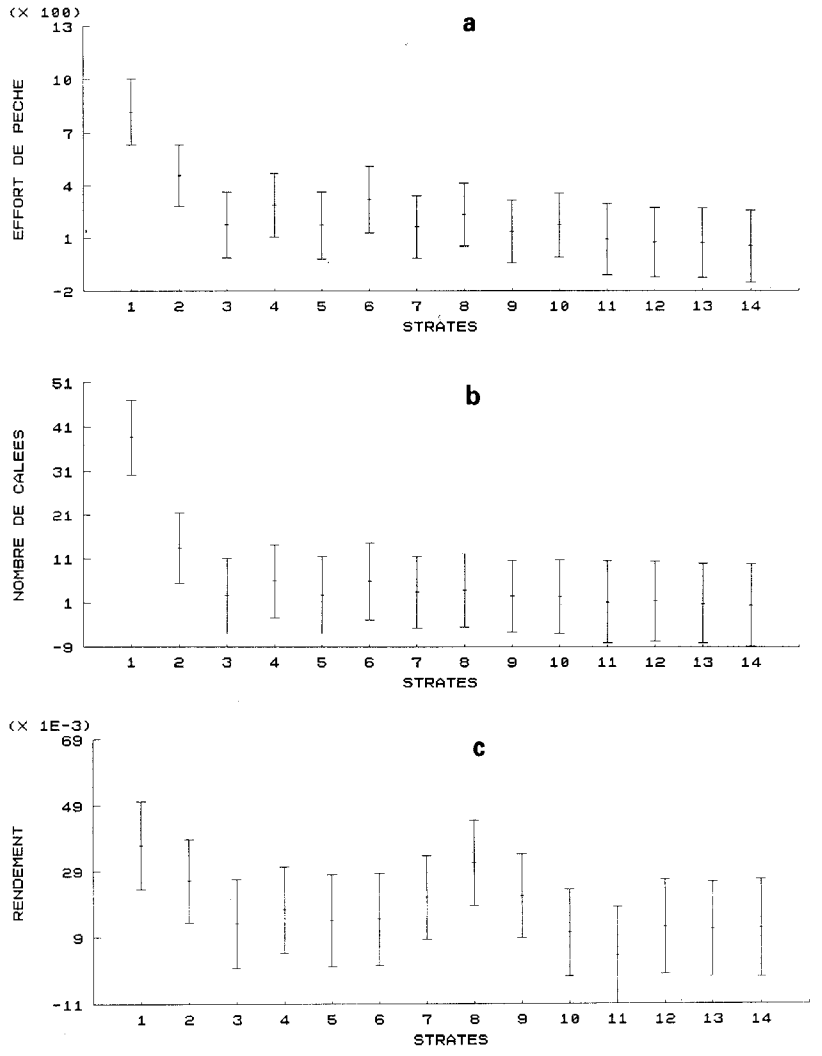


Figure 15
Diagramme des moyennes (et leur intervalle de confiance au seuil de 95 %) par strate pour (a) l'effort de pêche ; (b) le nombre de calées ; (c) les rendements.

— on peut distinguer au large de la Côte-d'Ivoire trois importantes saisons de pêche, la première de janvier à mars, la deuxième de juillet à septembre et une troisième saison d'octobre à décembre ; ces saisons se rattachent à des saisons hydrologiques bien marquées ;
— la zone Côte-d'Ivoire telle que nous l'avons définie plus haut ne présente pas un caractère homogène au niveau spatial, chaque strate ayant ses propriétés propres ; il faut noter que la principale activité de pêche se déroule dans les deux strates côtières avec 39,3 % du nombre de calées.

Saison de pêche de janvier à mars

Cette saison de pêche homogène dans le temps pendant le premier trimestre, présente toutefois une totale hétérogénéité géographique. Cette caractéristique est sans doute à relier au fait que la zone Côte-d'Ivoire est soumise pendant ces trois mois à différents types d'enrichissement. Ces différences se rencontrent dans la répartition des gros bancs (tonnage supérieur à 60 t) entre les quatorze strates.

Saison de pêche de juillet à septembre

Pour cette saison de pêche on retiendra que 98,4 % des prises se répartissent en trois classes de température de 24 à 26 °C, que ces trois mois forment un ensemble homogène et, qu'au niveau spatial, on est en présence d'une région homogène quant aux rendement et nombre de calées. Si l'on se réfère aux gros bancs, les différentes strates semblent de potentiel comparable quant à la nourriture des thons.

Il y a, au cours de cette saison de pêche, chez l'albacore et le listao, un effet « température » pour les prises, les prises moyennes par calée et le nombre de calées. Chaque classe de température correspond à une productivité différente suivant la strate où l'on se situe. En revanche, au sein d'une strate donnée, la productivité est la même suivant la température dans laquelle on se situe.

Saison de pêche d'octobre à décembre

Pour cette saison de pêche, on retiendra que l'essentiel des captures des deux espèces par les senneurs se situe dans une gamme de température allant de 24 à 30 °C, que ces trois mois forment également un ensemble homogène. En revanche, par rapport à la saison de pêche précédente, on est en présence d'une région parfaitement hétérogène pour tous les paramètres étudiés. Au niveau du potentiel de la nourriture des thons existe alors une différence entre toutes les strates.

On ne relève pas globalement, pour les deux espèces de thonidés, la présence d'un effet « température ». On retiendra également qu'à une température donnée, les prises et le nombre de calées sont significativement différents suivant la strate et la classe de température auxquelles on s'adresse.

Discussion et essai de synthèse

Au cours de la saison de pêche estivale, nous avons noté le caractère homogène de la région comprise entre la côte et 2° N : cette homogénéité est à relier au vortex anticyclonique au large de la Côte-d'Ivoire entre la côte et 2° N (voir p. 359). À cette saison, on est en présence de deux systèmes d'enrichissement dans la région, à savoir le système des upwellings côtiers et le système de la divergence équatoriale au sud de 2° N. On peut admettre que la circulation particulière que nous venons de signaler et le « mouvement » des isothermes de surface peuvent contribuer à mettre les différentes strates à un potentiel comparable quant à la nourriture des thons.

Dans le système côtier, les eaux froides et riches en sels nutritifs, issues de l'upwelling, vont être entraînées par la circulation générale du courant de Guinée. Au cours de leur dérive vers l'est, ces eaux se réchauffent et voient leur production phytoplanctonique croître d'ouest en est. Au niveau de la longitude du cap des Trois-Pointes, ces eaux riches en chlorophylle ne sont pas encore le siège d'un important développement de zooplancton alors que le peuplement en phytoplancton de ces eaux est caractéristique d'eaux en cours de maturation (DANDONNEAU , 1973).

Dans le système équatorial, les eaux froides et riches en sels nutritifs issues de la divergence vont également être entraînées par la circulation générale avant qu'une partie de cette masse ne soit reprise par le vortex anticyclonique.

À cette saison, on se trouve donc en présence de deux systèmes d'enrichissement : l'upwelling côtier et la divergence équatoriale. Au centre du dispositif, une masse d'eau de transition beaucoup plus chaude (le centre de ce dispositif étant le centre du vortex anticyclonique). En l'absence de formation de zones *frontales, sensu stricto,* il y a sans doute des échanges selon le concept développé par FRONTIER (1978) entre ces masses d'eaux froides du nord et du sud et cette masse d'eau chaude. Cela pourrait expliquer les très importantes pêches dans cette masse d'eau de transition depuis leur « découverte » en 1978.

Par ailleurs, JONES (1982) insiste sur le fait que, dans une zone de remontée d'eau en surface, c'est le transport horizontal de cette masse d'eau qui est important car il doit durer suffisamment longtemps pour permettre le développement de la chaîne alimentaire. Cette hypothèse trouverait confirmation au large de la Côte-d'Ivoire où DANDONNEAU (1973) montre qu'il existe un décalage entre les saisons froides hydrolo-

gique et phytoplanctonique : « le maximum de développement du phytoplancton se situe à une distance vers l'est, à partir de la zone la plus favorable à l'upwelling, correspondant à un transport pendant 5 à 10 jours ». Au cours de leur transport vers l'est ces eaux peuvent se trouver isolées sous forme de langues ou de poches et subir un réchauffement superficiel. Ce réchauffement superficiel sous l'action des masses d'eaux avoisinantes plus chaudes et plus légères atteint une profondeur de 15 à 30 m et accentue la stabilité verticale : le phytoplancton va pouvoir se développer rapidement.

À partir de là, deux hypothèses peuvent être avancées :

1. Soit le zooplancton qui commence à se développer va être consommé par des *Auxis thazard* ou des sardinelles (*Sardinella aurita* ; DIA, 1972). (Si les *Auxis thazard* se récoltent abondamment dans les contenus stomacaux des albacores et des listaos [BANE, 1963 ; SUND et RICHARDS, 1967 ; DRAGOVICH, 1969 ; BORODULINA, 1982], en revanche les sardinelles sont moins fréquemment rencontrées [MARCHAL, 1959 ; BANE, 1963 ; DRAGOVICH, 1969] ; cela est à relier sans doute au fait que cette espèce se cantonne au plateau continental sur les fonds de 50 à 80 m [FRU/CRO/ORSTOM, 1976] ; il est possible que l'on soit dans des conditions identiques à celles rencontrées au large du Sénégal où le maximum de prises de listaos se fait au niveau de la rupture du plateau continental ; STRETTA [1988] émet l'hypothèse que ces concentrations de thons se nourrissent activement aux dépens de l'important stock de pélagiques côtiers sénégalo-mauritanien.)
2. Soit on assiste comme au large de la Basse-Californie à un court-circuit de la chaîne alimentaire [1] avec comme maillon intermédiaire dans le cas de la zone Côte-d'Ivoire, le micronecton et (ou) le necton phytophage. LE BORGNE *et al.* (1983) évoquent pour le micronecton « la possibilité lors d'un accroissement de la biomasse phytoplanctonique d'augmenter la part d'algues dans leur ration au détriment des autres particules : d'un régime omnivore, ils pourraient passer à un régime franchement phytophage ». Cette variation du régime alimentaire qui s'accompagne d'un court-circuit de la chaîne trophique est signalée par JONES (1982) pour la chaîne alimentaire aboutissant aux thons dans le golfe de Thaïlande (figure 16) ; si, en zone d'upwelling, les plus gros herbivores sont des poissons, JONES (1982) relève qu'avec l'accroissement de la production primaire, les poissons de taille commerciale peuvent se nourrir à des niveaux progressivement plus bas de la chaîne alimentaire, ce qui entraîne un raccourcissement de cette chaîne. Cet auteur souligne que les plus gros individus à chaque niveau trophique ont tendance à croître avec l'augmentation de la production primaire et que cette tendance apparaît à des niveaux élevés de la chaîne alimentaire. Au large, en partant de toutes petites cellules de phytoplancton, RYTHER (1969) trouve qu'il y a quatre ou cinq étapes de la production primaire aux pêcheries ; cela suggère que la chaîne alimentaire doit être considérée comme une série de simples chaînes parallèles classées selon la taille relative des particules.

Ces deux hypothèses ne sont émises qu'à titre indicatif et devraient être vérifiées car les données à partir de contenus stomacaux d'albacore d'une part et les traits de micronecton d'autre part sont trop peu nombreux.

Les importantes pêches des mois d'octobre à décembre se déroulent pendant la petite saison chaude dans des eaux chaudes lorsque l'upwelling cesse. À partir du mois d'octobre, lorsque les eaux de la grande saison froide se stabilisent, DANDONNEAU (1973) relève que la production primaire est importante et se situe au niveau de la thermocline. En novembre-décembre, cette production peut être freinée par une couche homogène épaisse et turbide. Cette période correspond également à une saison de décharge liée à une petite saison des pluies. Toutefois, cet auteur insiste sur le fait que ce qui caractérise la province maritime ivoirienne est « la rareté des périodes où les conditions oligotrophiques se prolongent plus de deux semaines. Des mouvements d'upwelling plus ou moins importants, ou des apports terrigènes, exercent presque toujours une action fertilisante qui se traduit par des eaux plus productives ».

[1] En Basse-Californie, la chaîne alimentaire peut, d'après BLACKBURN (1969b), se résumer ainsi :
phytoplancton —> crabes rouges pélagiques —> albacores

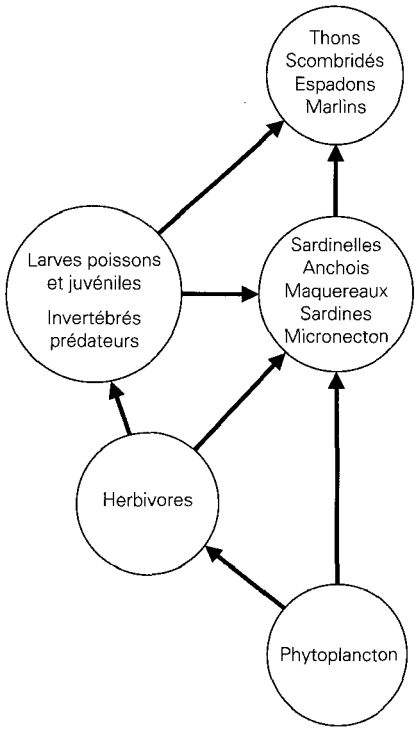


Figure 16
Schéma de la chaîne alimentaire en zone tropicale. D'après JONES (1982).

Les pêches très localisées des mois de janvier à mars sont à relier à deux formes d'enrichissement :

— entre la côte et 2° N l'enrichissement est lié au développement de la petite saison froide qui voit l'apparition d'eaux froides dans ce secteur ; DANDONNEAU (1973) note que la production en petite saison froide contribue au maintien de l'activité biologique ;

— entre l'équateur et 2° S l'enrichissement est lié à la crête thermique.

Cette argumentation qui relie les pêches de thonidés à des enrichissements de la zone, eux-mêmes liés à l'arrivée en surface d'eaux froides et riches, doit-elle être minimisée par l'étude de l'effet des anomalies de l'environnement sur l'exploitation des thonidés de CAYRÉ et ROY (1986) ? Ces auteurs remarquent qu'au sein des zones de pêche thonière au large de la Côte-d'Ivoire et au large du Sénégal, les rendements (exprimés en PUE) semblent répondre de manière négative à toute anomalie thermique importante, qu'elle soit positive ou négative. Ils évoquent le fait « qu'il n'y a pas de corrélation simple entre les rendements (PUE) en albacore dans l'Atlantique tropical oriental et la variabilité interannuelle de la température de surface considérée comme un indicateur de productivité biologique dans les zones à upwellings ».

Conclusion

Le comportement des thonidés dépend directement des paramètres physiques et biologiques et de leurs interactions relatives. Au large de la Côte-d'Ivoire, la disponibilité des thonidés dépend pour une bonne part de conditions hydrologiques qui se sont déclenchées ailleurs que dans la zone de pêche. Le moteur principal de l'enrichissement de cette région est le régime de la remontée en surface d'eaux froides riches en sels nutritifs. Ces remontées d'eaux froides pendant la saison froide ne sont pas permanentes, il en résulte la présence de langues d'eaux chaudes qui s'insèrent au sein des eaux froides. Les campagnes océanographiques dans cette région mettent en évidence une possibilité de court-circuit de la

chaîne alimentaire qui part du phytoplancton pour arriver aux thonidés. Des analyses plus fines à partir des journaux de bord de thoniers mettent en évidence le fait qu'il n'y a pas globalement d'effet zone ni d'effet température : c'est-à-dire qu'il n'y a pas au large de la Côte-d'Ivoire de secteurs, ni de gammes de température particulièrement favorables au rassemblement des thonidés. En revanche, une classe de température n'aura pas la même productivité suivant sa position en latitude ; ce qui revient à dire qu'une masse d'eau à une température donnée aura une fertilité différente suivant la région où elle est mesurée.

Cette synthèse sur les études de l'environnement des thonidés au large de la Côte-d'Ivoire tente de dégager un certain nombre d'acquis. Il apparaît que, compte tenu du caractère hauturier et migratoire des thons, la variabilité du stock de thons au large de la Côte-d'Ivoire, en terme d'abondance, de lieu et de période de pêche, dépend pour une bonne part de conditions hydrologiques qui se sont déclenchées ailleurs que dans la zone de pêche.

La plupart des paramètres de l'environnement qui agissent sur la disponibilité des thons sont identifiés. Toutefois, de nombreuses recherches sont nécessaires pour les quantifier et modéliser leur action synergique sur les variations spatio-temporelles des thonidés dans cette zone.

RÉFÉRENCES

ALBARET (J.J.), 1977.— La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(4) : 389-419

ARFI (R.), PEZENNEC (O.), CISSOKO (S.), MENSAH (M.), 1988.— Évolution spatio-temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne. Groupe de travail « Impact des fluctuations environnementales sur la dynamique des stocks pélagiques côtiers en Afrique de l'ouest », CRODT, Dakar, Sénégal, décembre 1988, 22 p.

BANE (G.W. Jr.), 1963.— The biology of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre) in the gulf of Guinea. Thesis, Cornell Univ., 444 p.

BAUDIN-LAURENCIN (F.) et REBERT (J.P.), 1969.— Août, septembre : une nouvelle saison de pêche thonière dans le secteur ivoirien. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 39, 7 p.

BAUDIN-LAURENCIN (F.) et REBERT (J.P.), 1970.— La pêche thonière à Abidjan de 1966 à 1969. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 37-61.

BERRIT (G.R.), 1961.— Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. Première partie : généralités. *Cah. Océanogr. CCOEC*, 13(10) : 715-727.

BERRIT (G.R.), 1962a.— Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. Deuxième partie : étude régionale. *Cah. Océanogr. CCOEC*, 14(9) : 633-643.

BERRIT (G.R.), 1962b.— Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. Troisième partie : étude régionale (suite et fin). *Cah. Océanogr. CCOEC*, 15(10) : 719-729.

BERRIT (G.R.), 1969.— Les eaux dessalées du golfe de Guinée. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Ressources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 13-22.

BINET (D.), 1976.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.

BLACKBURN (M.), 1965.— Oceanography and the ecology of tunas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 3 : 299-322.

BLACKBURN (M.), 1968.— Micronekton of the eastern tropical Pacific ocean : family composition, distribution, abundance and relations to tuna. *Fish. Bull.*, 67(1) : 71-115.

BLACKBURN (M.), 1969a.— Outlook for tuna oceanography. *In* : Perspectives in Fisheries Oceanography. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., Tokyo : 221-225.

BLACKBURN (M.), 1969b.— Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *Fish. Bull.* 68(1) : 147-176.

BORODULINA (O.D.), 1982.— Food composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Scombridae). *J. Ichthyol.*, 21(6) : 38-46.

CAYRÉ (P.) et ROY (C.), 1986.— Variabilité des rendements en albacore (*Thunnus albacares*) et listao (*Katsuwonus pelamis*) en relation avec les anomalies interannuelles de la température de surface. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 25 : 67-76.

CÉDIR (K.A.), 1967.— Quelques données sur les courants de l'Atlantique équatorial. *Trav. AtlantNIRO*, Kaliningrad, 18 : 67-85. En russe, trad. Hisard (P.) (ORSTOM, Montpellier, France).

CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-358.

DANDONNEAU (Y.), 1971.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. I - Groupes d'espèces associées. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(2) : 247-265.

DANDONNEAU (Y.), 1972.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. II - Repré-

sentativité de l'eau de surface pour la description et l'interprétation des phénomènes dynamiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 10(3) : 267-274.

DANDONNEAU (Y.), 1973.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. III - Facteurs dynamiques et variations spatiotemporelles. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(4) : 431-454.

DIA (A.K.), 1972.— Étude de la nutrition de certains clupéidés (poissons téléostéens) de Côte-d'Ivoire. FAO/PNUD, Rapp. Scient. RS 11/72, Abidjan, 33 p.

DONGUY (J.R.) et PRIVÉ (M.), 1964a.— Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'équateur. *Cah. Océanogr. CCOEC* 16(3) : 193-204.

DONGUY (J.R.) et PRIVÉ (M.), 1964b.— Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'équateur. Deuxième partie : Variations hydrologiques annuelles. *Cah. Océanogr. CCOEC*, 16(5) : 393-398.

DRAGOVICH (A.), 1969.— Review of studies of tuna food in the Atlantic ocean. *U.S. Fish Wildl. Ser., Spec. Sci. Rep. Fish.*, 593, 21 p.

DUFOUR (P.) et STRETTA (J.M.), 1973a.— Fronts thermiques et thermohalins dans la région du cap Lopez (golfe de Guinée) : phytoplancton, zooplancton et micronecton. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 11(3) : 99-142.

DUFOUR (P.) et STRETTA (J.M.), 1973b.— Production primaire, biomasse du phytoplancton et du zooplancton dans l'Atlantique tropical sud le long du méridien 4°W. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(4) : 419-429.

FONTENEAU (A.), 1987.— Composition spécifique des captures des thons de petite taille (albacore, listao et patudo) par les senneurs et les canneurs dans le secteur du cap des Trois-Pointes. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 26(1) : 210-215.

FRONTIER (S.), 1978.— Interface entre deux écosystèmes : exemple dans le domaine pélagique. *Ann. Inst. Océanogr. Paris*, 54(2) : 95-106.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.

GOURIOU (Y.), 1988.— Le milieu dans l'Atlantique tropical est. *In* :Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 11-32.

GRANDPERRIN (R.), 1975.— Structures trophiques aboutissant aux thons de longue ligne dans le Pacifique sud-ouest tropical. Thèse Doct. État, Univ. Aix-Marseille-II, 296 p.

GRIFFITHS (R.C.), 1965.— A study of ocean fronts off cape San Lucas, Lower California. *US Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish.*, 499, 54 p.

GROUZOV (L.N.), 1971.— La formation des accumulations de zooplancton dans la zone pélagique du golfe de Guinée. In Les zones productives de l'océan Atlantique équatorial et les conditions de leur formation. *Trav. AtlantNIRO*, Kaliningrad. 37 : 406-428. En russe, trad. Hisard (P.) (ORSTOM Montpellier, France).

HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), LE BOUTEILLER (A.), VOITURIEZ (B.), 1983.— Structure hydrologique et production primaire dans l'Atlantique tropical oriental. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 249-293.

HISARD (P.), 1975.— La circulation superficielle dans la partie occidentale du golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(2) : 41-57.

INGHAM (M.C.), 1970.— Coastal upwelling in the northwestern gulf of Guinea. *Bull. Mar. Sci.*, 20(1) : 1-34.

INGHAM (M.C.), GOULET (J.R. Jr), BRUCKS (J.T.), 1968.— Oceanic conditions in the northwestern gulf of Guinea, Geronimo Cruise 4, 5 august to 13 october 1964. *US Fish and Wildl. Serv. Data Rep.*, 26, 48 p.

JONES (R.), 1982.— Ecosystems, food chains and fish yields. In Pauly (D.) and Murphy (G.I.) eds, Theory and management of tropical fisheries. *ICLARM Conf. Proc.*, 9 : 195-239.

KISHINOUYE (K.), 1923.— Young scombroid fishes from the gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 9(1) : 100-115.

LE BORGNE (R.), 1977.— Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4° W. II - Biomasses et peuplements du zooplancton. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(4) : 333-348.

LE BORGNE (R.), HERBLAND (A.), LE BOUTEILLER (A.), ROGER (C.), 1983.— Biomasse, excrétion et production du zooplancton - micronecton hauturier du golfe de Guinée. Relations avec le phytoplancton et les particules. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 419-460.

LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.), TROADEC (J.P.), 1965.— La pêche de l'albacore (*Neothunnus albacares* Bonnaterre) dans la zone orientale de l'Atlantique intertropical. Étude préliminaire. *Doc. Scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, S.R., 263, 27 p.

LEMASSON (L.) et REBERT (J.P.), 1973.— Les courants marins dans le golfe ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(1) : 67-95.

MAGNUSON (J.J.), 1963.— Tuna behavior and physiology, a review. *FAO Fish. Rep.*, 6(3) : 1057-1066.

MAHNKEN (C.V.W.), 1969.— Primary organic production and standing stock of zooplankton in the tropical Atlantic ocean. Equalant I and II. *Bull. Mar. Sci.*, 19(3) : 550-567.

MARCHAL É.), 1959.— Analyse de quelques contenus stomacaux de *Neothunnus albacora* (Lowe). *Bull. IFAN*, sér. A, 21 : 1123-1136.

MARGALEF (R.), 1978.— What is an upwelling ecosystem. *In* : Boje (R.) and Tomczack (M.) eds, Upwelling ecosystems. Springer-Verlag, New-York : 12-14.

MC CREARY (J.P.), PICAUT (J.), MOORE (D.W.), 1984.— Effects of remote annual forcing in the eastern tropical Atlantic ocean. *J. Mar. Res.*, 42 : 55-81.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.

MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 1-30.

MURPHY (G.I.), 1959.— Effect of water clarity on albacore catches. *Limn. Oceanogr.*, 4 : 86-93.

PETIT (M.) (1991).— Contribution de la télédétection aérospatiale à l'élaboration des bases de l'halieutique opérationnelle : l'exemple des pêcheries thonières tropicales de surface (aspect évaluatif). Thèse Doct., spécialité océanologie biologique, Univ. Pierre et Marie Curie Paris-VI, 123 p. + annexes.

PETIT (M.), MUYARD (J.), MARSAC (F.), 1980.— Radiométrie aérienne et prospection thonière. Rapp. Centre ORSTOM Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 103 p.

PICAUT (J.), 1983.— Propagation of seasonal upwelling in the Eastern Equatorial Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 13 : 100-128.

POSTEL (E.), 1955a.— Recherches sur l'écologie du thon à nageoires jaunes, *Neothunnus albacora* (Lowe), dans l'Atlantique tropico-oriental. *Bull. IFAN*, sér. A, 17 : 279-318.

POSTEL (E.), 1955b.— Contribution à l'étude de la biologie de quelques Scombridae de l'Atlantique tropico-oriental. *Ann. Sta. Océanogr. Salammbô*, 10, 167 p.

POSTEL (E.), 1969.— Répartition et abondance des thons dans l'Atlantique tropical. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Ressources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 109-138.

RYTHER (J.H.), 1969.— Photosynthesis and fish production in the sea. Science, 166 : 72-76.

SCHERRER (B.), 1984.— Biostatistiques. Gaëtan Morin éd., Québec, Canada, 850 p.

STRETTA (J.M.), 1977.— Température de surface et pêche thonière dans la zone frontale du cap Lopez (Atlantique tropical oriental) en juin et juillet 1972, 1974 et 1975. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(2) : 163-180.

STRETTA (J.M.), 1985.— Description et mode d'emploi de la chaîne d'analyse des paramètres écologiques associés à la pêche thonière. Note diffusion restreinte, Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 04/85, 26 p.

STRETTA (J.M.), 1988.— Environnement et pêche thonière en Atlantique tropical oriental. *In* : Fonteneau (A.) et Marcille (J.) eds, Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292 : 269-316.

STRETTA (J.M.) (1991).— Contribution de la télédétection aérospatiale à l'élaboration des bases de l'halieutique opérationnelle : l'exemple des pêcheries thonières tropicales de surface (aspect prédictif). Thèse Doct. État, Univ. Pierre et Marie Curie Paris-VI, 123 p. + annexes.

STRETTA (J.M.) et NOËL (J.), 1974.— Relation between tunas and thermic fronts (measured by ART) in the gulf of Guinea. First Congress of Ecology, The Hague (september 1974).

STRETTA (J.M.), NOËL (J.), LE GUEN (J.C.), 1973.— Mesures de température de surface par radiométrie aérienne et concentrations de thons au large d'Abidjan en août 1973. *Doc. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 16 p.

STRETTA (J.M.) et SLÉPOUKHA (M.), 1986.— Analyse des facteurs biotiques et abiotiques associés aux bancs de listaos. *In* : Symons (P.E.K.), Miyake (P.M.), Sakagawa (G.T.) eds, Comptes rendus de la Conférence ICCAT sur le Programme International du Listao. ICCAT, Madrid : 161-169.

SUND (P.N.), BLACKBURN (M.), WILLIAMS (F.), 1981.— Tunas and their environment in the Pacific Ocean : a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19 : 443-512.

SUND (P.N.) et RICHARDS (W.J.), 1967.— Preliminary report on the feeding habits of tunas in the gulf of Guinea. *U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish.*, 551, 6 p.

VALLE (S.), MEZENTSEVA (N.), RODRIGUEZ (A.), 1979.— Contenido estomacal del atun de aleta amarilla (*Thunus albacares*) en el Atlantico centro oriental. *ICCAT. Scient. Pap.*, 9(2) : 199-208.

VARLET (1958).— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan. *Études Éburn.* (IFAN), 7 : 97-222.

VERSTRAETE (J.M.) et PICAUT (J.), 1983.— Variations du niveau de la mer, de la température et des hauteurs dynamiques le long de la côte nord du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 139-162.

VOITURIEZ (B.), 1983.— Les variations saisonnières des courants équatoriaux à 4°W et l'upwelling équatorial du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.* 18(2) : 163-199.

VOITURIEZ (B.) et HERBLAND (A.), 1977.— Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4°W. I - Relations entre la structure hydrologique et la production primaire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(4) : 313-331.

VOITURIEZ (B.), VERSTRAETE (J.M.), LE BORGNE (R.), 1973.— Conditions hydrologiques de la zone frontale du cap Lopez pendant la campagne thonière de juin-juillet 1971. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(2) : 229-249.

WAUTHY (B.), 1977.— Révision de la classification des eaux de surface du golfe de Guinée (BERRIT, 1961). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15(2) : 279-295.

Les espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire Ressources et exploitation

Olivier Pezennec, Émile Marchal et François-Xavier Bard

Introduction

Les espèces pélagiques côtières représentent la principale ressource en poissons du littoral ivoirien. Leur exploitation par la pêche artisanale est certainement très ancienne, comme en témoignent les traditions et les chroniques. La pêche industrielle, quant à elle, a un passé plus récent puisqu'elle a débuté peu après l'ouverture du canal de Vridi, dans les années cinquante. Son développement a été rapide et la flottille de senneurs a alors débordé le cadre des eaux ivoiriennes pour compléter ses prises dans les régions voisines, plus riches à certaines saisons. Avec l'adoption des Zones économiques exclusives (ZEE) et l'effondrement à peu près corrélatif de la principale espèce, *Sardinella aurita* (« sardine »), essentiellement pêchée au Ghana du reste, l'activité de la flottille a considérablement baissé. Dans le même temps, et en partie pour pallier la diminution des captures, les importations de poissons pêchés par les flottilles étrangères dans des eaux lointaines ont augmenté considérablement.

Pourtant, l'exploitation paraît avoir retrouvé un second souffle, notamment avec un très grand développement de la pêche artisanale tout le long du littoral. Il y a certes de multiples causes à ce développement ; l'une d'entre elles paraît être un accroissement spectaculaire de l'abondance de l'espèce *Sardinella aurita*, celle-là même qui était pêchée au Ghana et qui avait pratiquement disparu pendant plusieurs années. Cette abondance durera-t-elle et résistera-t-elle au développement de l'exploitation ? C'est une question que se posent les pêcheurs et à laquelle la recherche doit essayer de répondre.

Heureusement, les recherches sur ces espèces, sur l'environnement dans lequel elles vivent et sur leur exploitation ont commencé en Côte-d'Ivoire depuis pratiquement les débuts de la pêche industrielle et se

sont intensifiées à partir de 1966. Certes tout n'est pas connu, car la nature est complexe, mais des hypothèses fondées scientifiquement peuvent être avancées. C'est la synthèse de tous ces travaux sur la ressource et son exploitation qui est donc exposée dans ce qui suit.

Présentation des pêcheries

Espèces exploitées

Avec les deux sardinelles, une quarantaine d'espèces ou de catégories commerciales figurent dans les débarquements de la pêche sardinière industrielle (tableau I). Certaines sont également débarquées en quantité par les chalutiers comme la « friture », *Brachydeuterus auritus*, et les « brochets », *Sphyraena* spp. Seules les deux espèces de sardinelles ont fait l'objet d'études plus ou moins complètes. Le maquereau (*Scomber japonicus*) est une espèce biologiquement intéressante, prédatrice de larves et juvéniles de sardinelles notamment (FRU/CRO/ORSTOM, 1976). De fait, cette espèce a quasiment disparu un an après *Sardinella aurita*.

La pêche artisanale ramène essentiellement des sardinelles et quelques autres espèces : auxides, thonines, chinchards, fritures, ceintures, anchois.

Pêche sardinière industrielle

Composition et évolution de la flottille

La pêche à la senne tournante a débuté en 1955, dès la création du port de pêche d'Abidjan. L'évolution du nombre de sardiniers senneurs, de cette époque à 1988, est caractérisée par quatre phases :

— la première (1955-1963) est celle d'une forte progression de la flottille, qui passe de quelques unités à 35 navires actifs ;
— la deuxième (1964-1973) se caractérise par une stabilisation en nombre avec cependant un remplacement de petites unités par des plus grandes ;
— la troisième, très brève (1974-1975), voit décroître le nombre d'unités de 34 à 20 ;
— enfin la dernière (1975-1988) est de nouveau stable mais à un bas niveau ; on passe de 20 à 17 bateaux entre 1980 et 1981 et, depuis, la flottille est restée à ce niveau malgré l'attribution de nouvelles licences de pêche en 1988 et 1989.

Les deux premières phases correspondent à l'extension de la pêcherie et à sa stabilisation. La possibilité de pêcher sur les plateaux continentaux de pays voisins (Ghana, Sierra Leone) permettait, en outre, de régulariser les captures à un niveau élevé. Le brusque effondrement du stock de *Sardinella aurita* en 1973 et le développement des ZEE qui entraîne des difficultés d'accès aux ressources « hors Côte-d'Ivoire » expliquent la réduction rapide du nombre de bateaux de 1973 à 1975. Enfin, depuis cette époque, la flottille n'exploite que les eaux ivoiriennes et se maintient à un niveau d'exploitation autorisant des rendements intéressants.

Caractéristiques des navires

La flottille est essentiellement composée de navires en bois, la plupart construits par des chantiers locaux. L'âge moyen des bateaux est de 18 ans et leur taux de renouvellement est faible ; seuls deux bateaux ont moins de 10 ans. Cependant, grâce à un bon entretien, leur état général est encore satisfaisant. La comparaison des caractéristiques des sardiniers en 1966 (Marchal, 1967) et en 1988, montre que les navires sont maintenant plus longs, plus gros, plus puissants et ont une capacité de cale supérieure (tableau II). Cependant, cette évolution était déjà réalisée en grande partie à la fin de la première

TABLEAU I

Espèces ou catégories débarquées par les sardiniers industriels ivoiriens en 1987 (total annuel)

Nom d'espèce (ou de famille)	Appellation	Captures (caisses)	Observations
Sardinella aurita	sardine	344 492	Espèces
Sardinella maderensis	hareng	161 349	> 50 % des prises
Brachydeuterus auritus	friture	35 292	Espèces importantes
Chloroscombrus chrysurus	plat-plat	12 879	en tonnage et en valeur
Ilisha africana	rasoir	8 798	mais moins régulières
Sphyraena sp.	brochets	2 879	
Caranx sp.	japons	3 728	
Scomber japonicus	maquereau	519	Espèce absente depuis 1973 réapparue en 1986.
Trichiurus lepturus	ceinture	13	Espèce en nette régression
Trachurus, Selar sp.	chinchards	604	Autres espèces ou catégories
Lichia amia	liche	181	
Trachinotus ovatus	hirondelle	101	
Ethmalosa fimbriata	aoube	799	
Belonidae	aiguilles	11	
Polynemidae	capitaines	291	
Pseudotolithus sp.	ombrine	73	
Pagellus sp.	pageots	20	
Albula vulpes	guinée	87	
Stromateus fiatola	mademoiselle	24	
Lethrinus, Pomadasys	carpe	51	
	mâchoirons	39	
	raies	5	
	requins	92	
	bonites	933	
	tazard	51	
	thons	115	
	maquereau-bonite	155	
	espadons	15	
	voiliers	41	
	divers	4 593	

TABLEAU II

Caractéristiques des sardiniers industriels de Côte-d'Ivoire en 1966 et 1988

	1966 (MARCHAL)	1988
Longueur (m)	15 à 23	19 à 29
Jauge Brute (tx)	24 à 111	54 à 127
Puissance (ch)	120 à 400	200 à 480
Vitesse (nœuds)	7,5 à 10,5	10
Capacité (caisses)	350 à 1 200	900 à 1 800

période stable, puisqu'en 1971 on relevait 66 % de navires de capacité de cale supérieure à 1 000 caisses contre seulement 24 % en 1966 (FAO, 1974). Tous les navires sont équipés d'un *power-block*, système de levage hydraulique du filet, d'une radio et d'un sondeur vertical.

Le filet utilisé est la senne tournante coulissante ou « bolinche », composée d'une nappe de filet nylon en mailles étirées de 25 mm. Sa longueur est en moyenne de 850 m pour une chute de 60 m. Cette grande longueur s'est rapidement imposée à cause de la vitesse de nage des bancs de poissons pélagiques tropicaux. Le mode de conservation du poisson à bord est le glaçage : 10 à 20 tonnes de glace en paillettes sont embarquées à chaque marée. Des essais d'utilisation d'eau réfrigérée dans les années 1960 n'ont pas été concluants.

Méthode et stratégie de pêche

La méthode de pêche est classique et ne semble pas avoir évolué depuis la description qu'en a faite MARCHAL (1967) : la pêche s'effectue en surface, ou à une profondeur n'excédant pas 30 m pour les bancs détectés au sondeur, au-dessus du plateau continental et sur des fonds de 15 à 50 m (BOUBÉRI et AMON KOTHIAS, 1983). En saison froide, quand *Sardinella aurita* se rapproche de la côte, la pêche peut s'effectuer sur des fonds de 10 m, à moins d'un demi-mille du rivage. Les bancs sont repérés à vue, de jour, grâce à l'aspect de la surface de l'eau ou à la présence d'oiseaux, de nuit, grâce à la bioluminescence provoquée par les poissons en mouvement. La pêche n'est pas spécifiquement dirigée, tout banc repéré est susceptible d'être pêché si les poissons sont de taille suffisante ; il semble en effet que dès la localisation visuelle du banc, les patrons soient capables d'estimer l'espèce ainsi que la taille approximative des individus.

Toutes les espèces exploitées sont commercialisées à l'exception des balistes (*Balistes carolinensis*) et, si des différences de prix existent entre les espèces, c'est l'abondance des débarquements qui détermine réellement les prix de vente (figure 1). Pour des raisons économiques évidentes (coût du trajet, durée de la marée), les pêcheurs ont intérêt à exploiter les zones situées à proximité d'Abidjan (figure 2). On peut donc considérer que la recherche du poisson commence dès la sortie du canal de Vridi. Cependant, la pêche peut s'effectuer systématiquement en certaines zones (Ghana et Sierra Leone il y a quelques années, ouest de la Côte-d'Ivoire maintenant) dans lesquelles les bateaux se rendent directement sans rechercher activement le poisson dans les secteurs traversés.

Depuis 1983, les armateurs s'entendent pour limiter les débarquements par jour et par bateau en période d'abondance afin d'éviter l'effondrement des cours. Il semble qu'une saturation du marché se produise quand les débarquements totaux atteignent plusieurs jours de suite 3 000 à 3 500 caisses par jour (200 tonnes). Dans ce cas, les bateaux ne sont autorisés à débarquer que 300 à 400 caisses par jour, et 7 à 9 bateaux sont acceptés à quai. Cette solution est adoptée en raison de l'absence de moyen de stockage en congélation qui permettrait d'absorber la production excédentaire des périodes d'abondance.

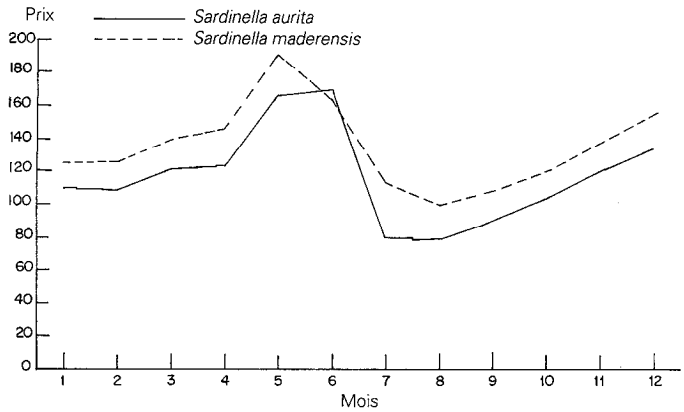


Figure 1
Prix moyen mensuel des sardinelles à Abidjan (période 1983-1987).

Zones de pêche (figure 2)

Concentrée à proximité d'Abidjan au début de l'exploitation, la pêcherie sardinière s'est étendue peu à peu vers l'ouest ivoirien et, principalement en saison froide, vers le Ghana où la « sardine » était particulièrement abondante. Cette situation s'est poursuivie jusqu'en 1972, année de disponibilité exceptionnelle et de surpêche de cette espèce. Par la suite, quand celle-ci est revenue à son niveau antérieur, les conditions économiques de l'exploitation avaient changé (extension des ZEE, forte réduction du nombre de sardiniers). En outre, les rendements en Côte-d'Ivoire se sont améliorés avec notamment le développement inattendu des prises de sardine. Cependant, quelques bateaux ivoiriens ont continué à aller pêcher dans les eaux ghanéennes jusqu'en 1980.

Entre 1967 et 1978, une partie de la flottille exploitait régulièrement les eaux de Sierra Leone où elle obtenait d'excellents rendements, particulièrement en « hareng » (*Sardinella maderensis*), hors de la saison des pluies (juin à septembre). En fait, à cause de la durée du trajet, les prises par jour de mer n'étaient pas supérieures à celles obtenues par les sardiniers pêchant dans les eaux ivoiriennes mais elles étaient beaucoup plus régulières et uniquement constituées de sardinelles. Avec l'augmentation du coût du carburant qui a été multiplié par 6 entre 1978 et 1980 (CHABOUD et DÈME, 1991) cette pêche lointaine a été abandonnée, de même que n'ont pas eu de suite quelques essais au Sénégal et au Cameroun.

Depuis cette époque, la flottille sardinière industrielle ne quitte plus les eaux ivoiriennes. La figure 1 présente le littoral ivoiro-ghanéen avec la distinction des secteurs de pêche ivoiriens, numérotés de 3 à 8, et dont les limites coïncident avec les degrés de longitude. Compte tenu de l'orientation générale de la côte, la longueur de côte de chaque secteur est à peu près la même.

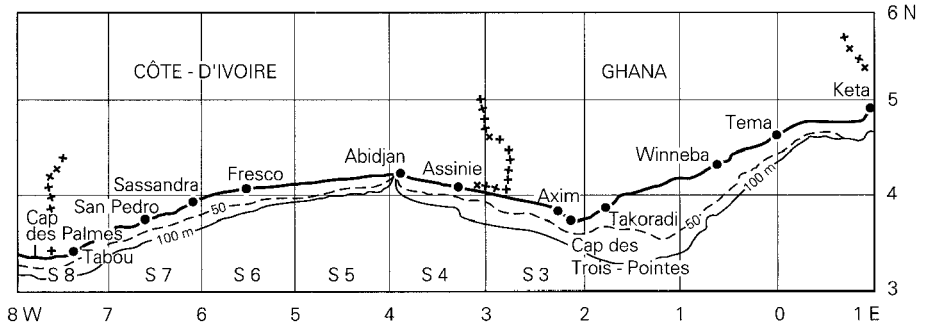


Figure 2
Carte du plateau continental ivoiro-ghanéen avec indication des secteurs de pêche en Côte-d'Ivoire.

PÊCHE SARDINIÈRE ARTISANALE

Une description détaillée de la pêche artisanale maritime est donnée par ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage). En ce qui concerne les espèces pélagiques côtières, on distingue deux modes de pêche :

— la pêche à la senne de plage : elle ne vise pas uniquement les espèces pélagiques et ramène surtout des poissons de petite taille (âge inférieur à 1 an) ; les sennes de plage sont surtout fréquentes de Jacqueville à Grand-Lahou (42 unités) et les premières estimations (CRO Abidjan, 1989) sur l'ensemble du littoral en dénombrent 70 à 80 contre plus de 800 au Ghana (tableau III) ;

— la pêche piroguière au filet tournant (type *ali*) ou à la senne tournante coulissante (type *watsa*) ; cette dernière technique de pêche pélagique, la plus utilisée, est la plus performante car elle s'oppose aux réactions d'évitement du poisson ; elle est essentiellement pratiquée par des pêcheurs ghanéens installés dans la partie ouest du littoral depuis les campements situés à proximité d'Abidjan jusqu'à Tabou.

On ne dispose encore que de renseignements partiels sur la pêche maritime artisanale ivoirienne. Le nombre de pirogues en activité a augmenté nettement depuis le début des années 1980, mais les chiffres exacts restent entachés d'imprécisions. Le nombre de pirogues basées dans la région d'Abidjan semble

TABLEAU III

Évolution du potentiel de pêche pélagique dans le secteur géographique Côte-d'Ivoire - Bénin
(en nombre de navires ou de pirogues)

	Ghana					Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin
Années	pêche ind.	pêche semi-ind.	*poli/ali /watsa*	senne plage	set net	pêche ind.	pêche art.	pêche art.	pêche art.
1972	27	284						559	
1973	22	361	2 244	1 081	2 973	34		550	
1974	35	280				27		540	
1975	25	249				20		603	500
1976	28	226				20		218	
1977	16	244	3 005	761	3 532	22		259	
1978	12	224				21		346	324
1979	10	239				19			
1980	10	238				20		235	341
1981	14	232	3 359	833	1 734	17			
1982	12	243				16		202	427
1983	12	245				16	677	456	570
1984	10	252				16	673		609
1985	17	239				15	679	511	
1986	11	242	4 008	806	1 733	17	706	314	
1987	13	249				17		256	
1988	13	290				17	769 *	654	

Art. : pêche artisanale ; ind. : pêche industrielle ; * : pirogues recensées sans le taux d'armement.

être proche de 200 en 1988 et, à cette époque, l'ensemble du littoral ivoirien doit en compter environ 700. Suite aux actions de développement engagées par les autorités ivoiriennes, la motorisation des pirogues et l'utilisation de la glace se sont accrues pendant ces dernières années et la pêche s'est développée dans l'ouest. Les captures auraient augmenté très rapidement (figure 3) et, malgré leur imprécision, l'ordre de grandeur des chiffres est à prendre en considération puisqu'il aurait atteint un niveau proche de celui de la pêche industrielle de 1983 à 1987.

Il faut noter l'existence au Ghana d'une pêche piroguière très importante qui exploite les poissons pélagiques côtiers sur l'ensemble du littoral ghanéen. Les engins utilisés sont des filets tournants (*poli, ali, watsa*), des sennes de plage et des filets dérivants (*set net*). Le total des unités ghanéennes de pêche artisanale est considérable, de l'ordre de 6 500.

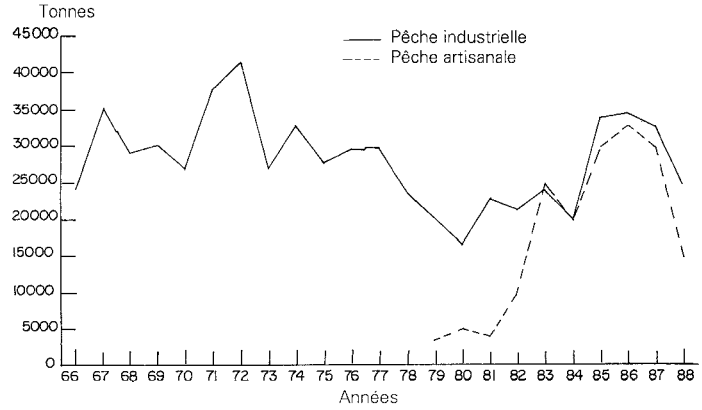


Figure 3
Débarquements des flottilles pélagiques industrielle et artisanale ivoiriennes (1966-1988).

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DES PÊCHERIES

La pêche des espèces pélagiques côtières représente le secteur le plus important de la pêche maritime ivoirienne ; en effet, la pêche sardinière industrielle est de loin la première production du port de pêche d'Abidjan, si l'on fait exception des débarquements de thons par les flottes étrangères. Le tonnage débarqué par les sardiniers est cinq fois supérieur à celui de la pêche chalutière et représente un chiffre d'affaire de 3 à 4 milliards de francs CFA (tableau IV). La situation économique des armements sardiniers d'Abidjan semble saine grâce à une gestion rigoureuse et un contingentement volontaire des apports (CHABOUD et DÈME, 1991).

En plus des activités de pêche proprement dites, qui emploient plus de 500 personnes, ce secteur génère une importante activité de mareyage et de transformation puisque 90 % de la production est fumée (WEIGEL, 1989). Ces produits de faible valeur sont consommés entièrement en Côte-d'Ivoire et il est bon de signaler ici que, pour compléter son approvisionnement vivrier, la Côte-d'Ivoire doit importer des quantités importantes de poissons (chinchards, sardinelles, etc.) sous forme congelée ce qui fait, qu'en définitive, la consommation ivoirienne totale des espèces pélagiques côtières se situe à environ 130 000 tonnes (1987).

TABLEAU IV
Débarquements de la pêche industrielle, exportations et importations de poisson en Côte-d'Ivoire (tonnage et valeur en millions de F CFA)

Années	Sardiniers	Chalutiers	Crevettiers	Importations	Exportations	
					crevettes	thons
1985						
tonnage	39 500	7 771	232	89 730	472	20 781
valeur	3 607	1 907	627	16 715	1 122	18 796
1986						
tonnage	40 414	8 337	423	106 924	548	23 808
valeur	3 784	1 915	1 154	15 166	1 549	18 815
1987						
tonnage	34 572	6 903	365	103 838	663	29 360
valeur	3 733	1 657	911	15 400	1 692	21 625
1988						
tonnage	24 572	4 130	463	140 428	319	31 564
valeur	3 101	1 017	1 111	19 708	756	26 665

Données disponibles

ENVIRONNEMENT HYDROCLIMATIQUE

Upwelling ivoiro-ghanéen

Les espèces pélagiques côtières décrites ici subissent l'influence des phénomènes hydrologiques particuliers que sont les upwellings. Ces remontées saisonnières d'eaux froides se produisent le long de la côte depuis le cap des Palmes jusqu'au Togo (figure 1) et elles amènent en surface des eaux riches en sels nutritifs qui induisent une production planctonique importante (BINET, 1976 et 1979 ; HERBLAND et LE LŒUFF, dans cet ouvrage).

Il est possible de caractériser l'intensité de ces refroidissements et, plus généralement, l'état thermique des eaux de surface, par des mesures régulières de la température de la mer. On distingue ainsi une petite saison froide (PSF) de janvier à février, et une grande saison froide (GSF) de juillet à septembre (MORLIÈRE, 1970). Sur la base des températures quotidiennes relevées en 12 stations du littoral ivoiro-ghanéen, on peut calculer des indices d'upwelling par quinzaine, par saison ou par année. La formulation des indices utilisés depuis 1976 a été rappelée par le groupe de travail de mai 1989 (voir Annexe) et les variations spatio-temporelles d'un indice caractérisant les refroidissements saisonniers ont été étudiées par ARFI *et al.* (dans cet ouvrage).

Les mécanismes océanographiques et climatiques engendrant ces upwellings sont encore incomplètement connus et plusieurs théories ont été proposées (PICAUT, 1983 ; COLIN *et al.*, dans cet ouvrage). Les relations entre les upwellings et la pêche des espèces pélagiques côtières peuvent se situer à deux niveaux :

— la disponibilité à court terme de *Sardinella aurita* semble liée aux refroidissements qui attirent et concentrent les poissons près des côtes et les rendent vulnérables à la pêche (MENDELSSOHN et CURY, 1987 ; BINET *et al.*, à paraître) ;
— l'intensité et la durée de l'upwelling favorisent la reproduction et conditionnent la survie larvaire et l'abondance du recrutement (BINET, 1982 ; CURY et ROY, 1987 et 1989 ; FRÉON, 1986).

Apports fluviaux

Les sardinelles, en particulier *Sardinella aurita*, sont assez sensibles à la dessalure des eaux : MARCHAL (*in* FAO, 1974) avait noté une relation inverse avec la pluviométrie ; BINET (1982) a montré qu'il existe une corrélation négative entre le débit des fleuves côtiers et les prises de cette espèce. Les moyennes annuelles des débits moyens mensuels des quatre plus importants fleuves de Côte-d'Ivoire (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé) sont présentées en figure 14.

D'autres paramètres hydrologiques peuvent servir à l'analyse des évolutions des stocks pélagiques : ainsi, BINET *et al.* (1991) proposent un schéma explicatif des changements intervenus récemment dans l'écosystème pélagique côtier ivoiro-ghanéen à partir de l'observation des courants marins de cette zone.

PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Pour évaluer l'état des stocks par les méthodes de la dynamique des populations il est nécessaire de connaître certains paramètres biologiques des espèces étudiées, à savoir :

— la structure des stocks ;
— la croissance en taille et en poids ;
— la mortalité naturelle ;
— la fécondité et la reproduction.

Les études n'ont concerné que les deux espèces de sardinelles et de manière assez incomplète. Des données concernant la biologie (sexe et stade de maturité, poids des gonades, longueur-poids) ont été récoltées de 1968 à 1971, puis de 1978 à 1982 et enfin depuis 1988, mais seules les premières ont été traitées.

Structure des stocks

Sardinella aurita

On n'a pu, pour l'instant, démontrer l'existence de plusieurs populations le long du littoral ivoiro-ghanéen. Ni les études sérologiques (BARON, 1968 et 1969), ni les études morphologiques, ni les moyennes vertébrales (HARTSUIJKER, 1972) n'ont apporté d'argument décisif. En revanche, des expériences restreintes de marquage ont montré qu'il existe des échanges entre l'est de la Côte-d'Ivoire et le Ghana (FRU/CRO/ORSTOM, 1976). L'effondrement des captures qui s'est produit au Ghana et en Côte-d'Ivoire

en 1973 paraît plaider pour l'unicité du stock, surtout si l'on admet comme cause majeure une surexploitation uniquement du côté ghanéen. Cependant, des différences existent dans les prises par unité d'effort (PUE) des senneurs des deux pays pendant les années 1973 à 1980 (FAO, 1989) mais elles peuvent être expliquées par la « théorie des bassins » de Mc Call (1983) appliquée à ce stock (FAO, 1989) : celui-ci pourrait en effet occuper la totalité du plateau continental du Ghana et de la Côte-d'Ivoire avec des extensions jusqu'au Bénin, à l'est, et au Liberia, à l'ouest. Quand les conditions sont défavorables, il serait confiné à la zone offrant les meilleures conditions hydroclimatiques c'est-à-dire, l'est du cap des Trois-Pointes (Marchal et Picaut, 1977) et, à la faveur de l'extension de l'upwelling principal, le stock accroîtrait son aire d'occupation.

Un certain nombre d'arguments plaident cependant pour l'existence de deux populations (Marchal, 1991) :

— la présence de deux zones d'abondance des larves situées à l'est des caps des Palmes et des Trois-Pointes, et correspondant chacune à un upwelling et à une zone à circulation cyclonique (Marchal et Picaut, 1977), facteurs favorables à la rétention larvaire (Sinclair, 1988) ;
— la présence souvent signalée de cette espèce aux alentours du cap des Palmes, secteur où elle faisait l'objet à une époque de captures servant d'appât à la pêche thonière (Marchal, 1967) ;
— l'augmentation considérable depuis quelques années des captures et de l'abondance de cette espèce dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire ;
— les différences observées depuis au moins 1979 entre les distributions de tailles au Ghana et en Côte-d'Ivoire (voir p. 409).

Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de trancher ; on peut effectivement imaginer l'existence de deux populations, chacune centrée sur un des caps, et possédant des rythmes de développement différents. La reproduction pourrait s'y dérouler à des périodes décalées et suivant des intensités distinctes. Ainsi, on peut imaginer que la petite saison froide est une période très favorable pour la population du cap des Palmes, alors qu'elle l'est moins, l'essentiel de la reproduction correspondant à la grande saison froide, pour celle du cap des Trois-Pointes. Selon que les conditions favorisent l'une ou l'autre des deux populations, aucune, ou les deux, ce qui semble être le cas des années récentes, plusieurs cas de figure peuvent se présenter et, suivant ce schéma, quatre microcohortes annuelles pourraient être produites avec des dates de naissance, une intensité de recrutement et des taux de croissance ultérieurs variables (CRO Abidjan, 1989).

Sardinella maderensis

Cette espèce possède une stratégie démographique assez différente de celle de *Sardinella aurita* (Cury et Fontana, 1988). Moins liée aux upwellings, elle est distribuée tout le long de la côte ouest-africaine. Il est assez difficile de savoir si l'on est en présence d'un « chapelet » de populations indépendantes ou d'une seule unité. La variabilité des captures de cette espèce en Côte-d'Ivoire est nettement moins prononcée que celle de *Sardinella aurita*. Les deux zones d'abondance, l'une à l'est de la Côte-d'Ivoire, l'autre à l'ouest, signalées dans les années 1960 (Marchal, 1967 ; Hem, 1976), n'apparaissent pas très clairement (voir p. 400) et il est sans doute préférable, en matière de gestion, de considérer que l'on a affaire à un « stock ivoirien » unique.

Croissance et âge

Sardinella aurita

Les connaissances dont on dispose sur la croissance de *Sardinella aurita* sont résumées par le tableau V qui reprend les hypothèses avancées par le groupe de travail COPACE de décembre 1987 (FAO, 1989) et basées sur l'observation des différentes pêcheries opérant sur ce stock pendant les dernières années. L'étude menée alors a conclu à une croissance en Côte-d'Ivoire plus rapide que celle proposée par Marchal (*in* FAO, 1974). En dehors d'éventuelles erreurs d'interprétation, il est possible que

TABLEAU V
Relations taille-âge chez *Sardinella aurita* suivant différents auteurs

Auteur		MARCHAL *in* FAO, 1974	FRU/CRO/ORSTOM	FAO, 1989
Méthode		otolithes	Petersen	
Zone		Ghana	Ghana	Ghana C-I
Âge (mois)	Classe d'âge	Taille (cm)		
3	0+		6	
4			9,3	6-8
6		11		
12		14,5	11,2	15-17
	1+			
18		17	17,5	
24		19		20
	2+			
30		20,5		
36		21,5		
L max		24		

cet écart résulte de conditions hydroclimatiques différentes pour les deux périodes concernées ou que les individus mesurés correspondent à des populations distinctes. L'étude de la croissance de *Sardinella aurita* doit donc être poursuivie et l'influence éventuelle de l'intensité des upwellings dégagée. On notera également que la taille L_∞ avancée par MARCHAL, 24 cm, paraît sous-estimée en regard des tailles observées en 1986 et 1987 (mode à 23-24 cm).

Les relations taille-poids examinées par le groupe de travail de FRU/CRO/ORSTOM, 1976 sont considérées comme toujours valides en attendant que les données récoltées depuis cette date soient analysées.

Autres espèces

On ne dispose pas de données antérieures à 1988 pour l'étude de la croissance des *Sardinella maderensis* de la zone et celles récoltées par le CRO Abidjan depuis cette date ne comprennent pas de lecture d'âge.

Parmi les autres espèces, seul *Brachydeuterus auritus* a fait l'objet d'une étude (BARRO, 1968).

Reproduction et mortalité

Mortalité

La mortalité naturelle retenue en 1976 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) pour *Sardinella aurita* dans les analyses de cohortes est 1. Elle est probablement variable avec les époques et les zones, mais son estimation est délicate. Pour les autres espèces de la région aucun coefficient n'a été avancé.

Reproduction de Sardinella aurita

Le groupe de travail de 1976 a établi un bilan des connaissances disponibles et, depuis, peu d'éléments supplémentaires ont été apportés. CURY et FONTANA (1988) et ROY *et al.* (1989) font une analyse comparée de la reproduction des deux espèces de sardinelles pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest.

Les données recueillies en 1988-1989 à Abidjan permettent le calcul d'indices gonado-somatiques. Ceux-ci sont tout à fait comparables à ceux calculés en 1976 (CRO Abidjan, 1989) et montrent un maxi-

mum pendant la période de l'upwelling principal. Cependant, ces données ne concernent que quelques mois, et l'évolution mensuelle en fonction de la zone de pêche devra être précisée.

Au Ghana, une intéressante relation entre les densités de larves de *Sardinella aurita* et l'indice d'upwelling devant Tema vient d'être mise en évidence lors du groupe de travail de mai 1989 (figure 15).

Recueil des données de pêche

La répartition géographique des espèces pélagiques côtières est telle que le Ghana et la Côte-d'Ivoire (et en moindre mesure le Togo et le Bénin) exploitent probablement les mêmes populations ou des populations se recouvrant partiellement. On doit donc considérer les statistiques de pêche ivoiriennes d'une part, mais aussi tenir compte des données recueillies par les autres états concernés. Deux groupes de travail récents (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989) ont comparé de façon approfondie des jeux de données statistiques de ces pays.

Pêche industrielle

Des données globales sur les débarquements des sardiniers existent depuis 1958 mais c'est à partir de 1966 que le CRO Abidjan a mis en place un système de recueil des statistiques de pêche (Marchal, 1967 ; Fonteneau et Marchal, 1970). Par la suite, quelques modifications ou ajouts ont été apportés à ce système de façon durable ou non (Soisson, 1974 ; Vendeville, 1986 ; Pezennec, 1991).

Les données de captures sont collectées de manière exhaustive auprès du service des ventes du port de pêche d'Abidjan qui assure la commercialisation de la totalité des débarquements.

Les données d'effort sont estimées à partir des mouvements des bateaux repérés par la capitainerie du port ; des fiches d'enquêtes distribuées aux patrons de pêche complètent ces informations avec les renseignements concernant les secteurs de pêche et les caractéristiques des calées. Ces fiches, qui constituent une source d'information primordiale, couvraient 70 % des marées en 1983, mais seulement 50 % en 1987.

Les données de tailles ont été récoltées et traitées depuis 1984 pour six espèces principales (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*, *Scomber japonicus*, *Brachydeuterus auritus*, *Chloroscombrus chrysurus* et *Ilisha africana*). Des résultats de mensurations sont également disponibles de 1963 à 1973 et de 1978 à 1981.

Enfin, l'efficacité du système statistique d'étude de la pêche industrielle n'a jamais été évaluée.

Pêche artisanale

La pêche artisanale piroguière, longtemps considérée comme mineure, n'a fait l'objet d'une couverture statistique que depuis 1979 à Vridi, village situé sur le cordon lagunaire, en face d'Abidjan, et plus important site de pêche artisanale de Côte-d'Ivoire. Des enquêtes sur le littoral ivoirien ont permis un dénombrement partiel des pirogues potentiellement actives. Sur ces bases, on a évalué approximativement par extrapolations la production totale de 1979 à 1987. En 1988, l'extension vers l'ouest ivoirien d'un système d'échantillonnage commun avec la Direction des Pêches a permis des évaluations plus précises (CRO Abidjan, 1989).

Captures

Captures de la sous-région

Les captures des quatre principales espèces de Côte-d'Ivoire, du Ghana, du Togo et du Bénin sont indiquées aux tableaux VI (a à d) et représentées en figures 4a et 4b. On note la prépondérance des prises artisanales ghanéennes.

TABLEAU VI

Débarquements totaux par pays (en tonnes) de *Sardinella aurita*,

(a)
Sardinella aurita

Année	Ghana		Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin	Total
	Ind.	Art.	Ind.	Art.	Art.	Art.	
1963	1 960	5 500	500				7 960
1964	7 180	22 250	10 900				40 330
1965	1 550	2 350	4 300				8 200
1966	5 800	4 200	5 779				15 779
1967	11 000	25 200	11 022				47 222
1968	1 800	2 500	4 433				8 733
1969	6 600	15 900	7 115				29 615
1970	4 800	14 700	10 911				30 411
1971	3 724	27 492	4 471				35 687
1972	14 716	72 350	7 560				94 626
1973	4 287	4 701	181				9 169
1974	623	1 409	45				2 077
1975	136	1 930	9				2 075
1976	1 794	12 009	1 049		159		15 011
1977	2 755	13 611	937		50		17 353
1978	6 117	40 257	3 629		830		50 833
1979	3 597	9 247	454	1 265	41		14 604
1980	2 768	19 126	1 827	908	103		24 732
1981	5 529	10 067	8 782	1 515	269		26 162
1982	7 330	14 655	11 207	6 200	981		40 373
1983	9 024	36 300	11 681	15 356	469		72 830
1984	3 398	34 817	7 168	12 043	1 135		58 561
1985	9 429	54 072	24 387	* 18500	614	119	107 121
1986	5 509	45 489	19 510	* 20000	3 979	200	94 687
1987	1 736	46 338	19 609	* 14000	1 540	194	83 417
1988	72	75 852	11 300	5 968	1 482	39	94 713

(c)
Engraulis encrasicolus

Année	Ghana	Côte d'Ivoire	Togo	Bénin	Total
	Art.	Art.	Art.	Art.	
1972	26 780				26 780
1973	14 455				14 455
1974	33 439				33 439
1975	31 173				32 173
1976	28 657		469		29 126
1977	35 043		896		35 939
1978	51 365		627		51 992
1979	36 676	1 029	517		38 222
1980	37 908	1 865	2 163		41 936
1981	67 536	826	2 726		71 088
1982	54 950	214	6 679		61 843
1983	24 392	505	5 883		30 780
1984	47 231	2 878	7 075		57 184
1985	27 590	0	8 363	1 129	37 082
1986	15 208	0	3 580	397	19 185
1987	87 984	0	7 115	663	95 762
1988	75 902	236	5 099	137	81 374

(b)
Sardinella maderensis

Année	Ghana		Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin	Total
	Ind.	Art.	Ind.	Art.	Art.	Art.	
1966			9 757				9 757
1967			9 849				9 849
1968			12 660				12 660
1969			6 390				6 390
1970			5 991				5 991
1971	591	4 036	7 979				12 606
1972	688	4 575	11 094				16 357
1973	1 676	10 906	5 458				18 040
1974	2 511	16 111	8 029				26 651
1975	9 949	19 523	7 885				37 357
1976	1 247	17 962	10 110		21		29 340
1977	2 016	14 716	11 234		76		28 042
1978	1 298	11 070	8 921		663		21 952
1979	1 608	14 249	15 565	32	69		31 523
1980	645	11 310	8 530	348	108		20 491
1981	859	12 445	9 876	671	60		23 911
1982	870	14 007	4 816	623	89		20 405
1983	612	7 667	8 153	9 063	419		25 914
1984	1 033	10 077	7 970	3 180	1 190		23 460
1985	1 826	22 234	7 422	* 7654	509	951	40 596
1986	2 088	16 633	10 077	* 8704	447	1 313	39 262
1987	1 698	25 479	9 031	* 9000	454	2 483	48 145
1988	96	10 450	6 344	2 267	80	924	20 161

(d)
Scomber japonicus

Année	Ghana	Côte d'Ivoire	Togo	Bénin	Total
	Art.	Art.	Art.	Art.	
1966			341		341
1967			4 109		4 109
1968			582		582
1969			1 289		1 289
1970			2 652		2 652
1971			4 677		4 677
1972	2 053	3 394	3 160		8 607
1973	8 938	2 003	188		11 129
1974	151	485	59		695
1975	27	883	0		910
1976	23	72	0	57	152
1977	338	93	0	136	567
1978	218	304	0	31	553
1979	0	52	0	135	187
1980	177	43	0	250	470
1981	44	327	0	129	500
1982	20	48	0	321	387
1983	46	195	1	70	312
1984	199	540	4	54	797
1985	119	45	57	26	247
1986	3 259	16 865	374	83	20 851
1987	30	397	29	0	456
1988	166	7 424	581	0	8 171

Ind. : pêche industrielle ; art. : pêche artisanale ;
* : estimations préliminaires.
Les données manquantes ne sont pas nécessairement nulles mais non disponibles.

Composition spécifique (figures 4 et 5, tableaux VI et VII)

Sardinella aurita

Jusqu'en 1981 et tous secteurs confondus, les captures de cette espèce par la pêche industrielle sont très nettement inférieures à celles de *Sardinella maderensis*. Si on ne s'intéresse qu'aux prises en Côte-d'Ivoire, on s'aperçoit que *Sardinella aurita* représente moins de 20 % des captures totales de 1966 à 1980. Ce chiffre croît très nettement à partir de 1981 pour atteindre plus de 60 % avec un record historique en 1985 (24 000 tonnes enregistrées).

En prenant en compte les estimations des captures de la pêche artisanale, *Sardinella aurita* aurait représenté près de 80 % du total général des débarquements d'espèces pélagiques côtières en Côte-d'Ivoire de 1985 à 1987.

Sardinella maderensis

Les captures de *Sardinella maderensis* sont assez régulières, que l'on considère séparément la zone ivoirienne ou tout le littoral de la Côte-d'Ivoire au Bénin, mais sa part dans les captures, largement dominante en Côte-d'Ivoire jusqu'en 1980, baisse sensiblement à partir de 1981 et surtout en 1985, nettement devancée par celle de *Sardinella aurita*.

La pêche des deux espèces de sardinelle en secteurs ivoiriens représente de 1966 à 1978 (1970, 1971 et 1973 exceptées) toujours plus de 50 % des captures totales. Elle devient particulièrement importante à partir de 1979 pour dépasser les 85 % en 1985.

Brachydeuterus auritus

Les captures de « friture » sont constantes de 1966 à 1980, elles représentent une part supérieure ou égale à celle de *Sardinella aurita* (prises en Côte-d'Ivoire, figure 5). Elles ont baissé en 1985 mais se sont rétablies depuis, notamment en 1988, profitant peut-être de l'absence de la sardinelle ronde en début d'année.

Engraulis encrasicolus

La pêche de l'anchois en Côte-d'Ivoire est faible (tableau VIc) ; seule la pêche artisanale en capture un peu (sennes de plage et sennes tournantes). À l'inverse, la pêche artisanale ghanéenne des anchois, par filet tournant à petite maille (poli, senne de plage), est très importante (plus de 80 000 t/an en 1987-1988).

Scomber japonicus

Relativement importants en Côte-d'Ivoire et au Ghana, les maquereaux disparaissent presque totalement en 1973 suivant en cela l'extinction du stock de *Sardinella aurita*. Ils ne réapparaissent véritablement dans les captures au Ghana que ces dernières années (tableau VId) : ainsi, en 1986, des prises très importantes de jeunes individus (taille 8-10 cm, classe 0+) sont signalées au Ghana. En Côte-d'Ivoire, les prises, nulles de 1975 à 1982, augmentent légèrement depuis.

Répartition géographique et saisonnière

La pêcherie ayant évolué au cours du temps aussi bien dans la composition de la flottille, dans la stratégie de pêche que dans l'importance relative des espèces capturées, il a paru intéressant de comparer deux périodes correspondant à des phases différentes : la période 1966-1971 où la flottille était stable, avec des possibilités de pêche hors Côte-d'Ivoire, et la période 1985-1987 pour laquelle les bateaux sont de moitié moins nombreux et n'exploitent que le littoral ivoirien avec des rendements élevés. Cette distinction correspond à deux phases, la première se situant avant l'effondrement de *Sardinella aurita*, la seconde après son recouvrement et le développement de pêches importantes en Côte-d'Ivoire.

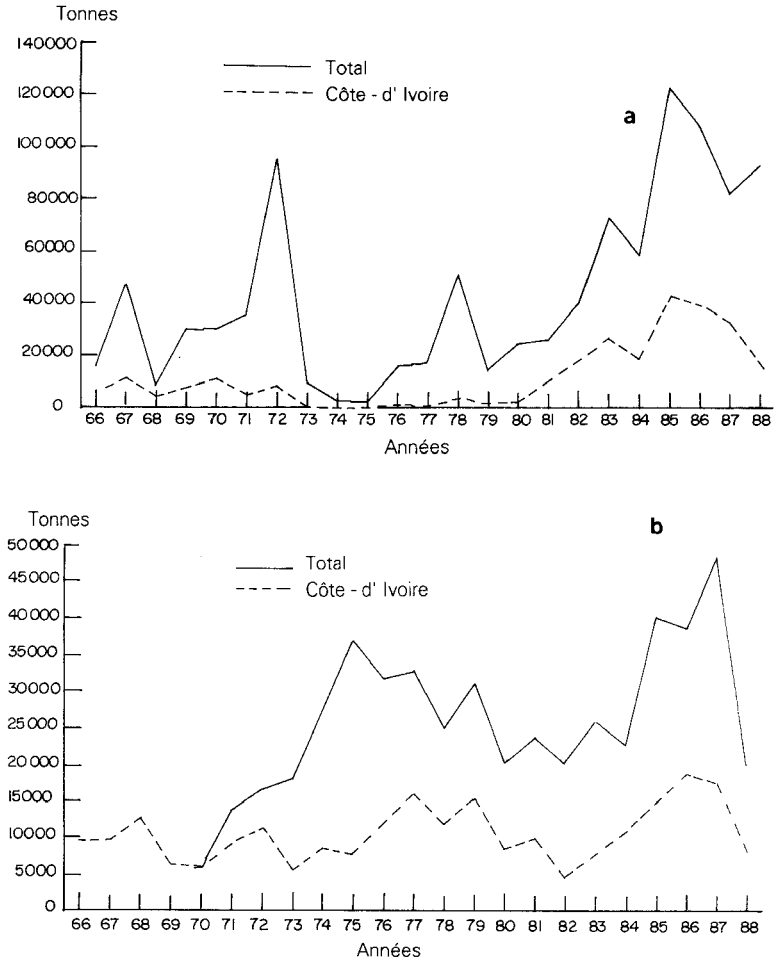


Figure 4
Évolution des captures de *Sardinella* dans la zone Côte-d'Ivoire-Bénin de 1966 à 1988.
a : *Sardinella aurita* ; b : *Sardinella maderensis*.

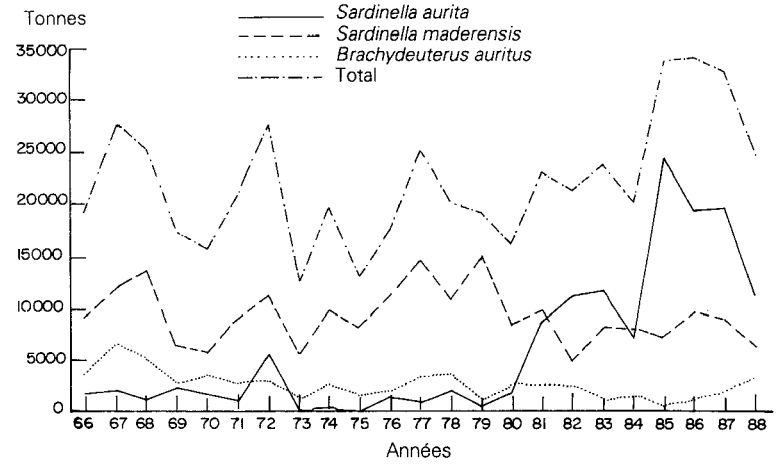


Figure 5
Prises de la pêche industrielle ivoirienne en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988.

Espèces	Secteurs	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	197
	C.I.	1 579	3 363	1 995	2 657	1 726	1 168	5 116	181	45	
Sardine	Ghana	4 000	7 659	2 438	4 458	9 181	3 303	2 444	0	0	
	Autres	0	0	0	0	1 009	2 013	2 371	3 218	1 710	27
	C.I.	9 757	9 755	12 354	6 030	5 991	7 893	10 932	5 350	7 967	7 63
Hareng	Ghana	0	94	304	358	0	86	162	108	62	24
	Autres	0	542	0	6 301	0	9 284	7 837	9 385	12 492	12 95
	C.I.	3 905	4 587	5 290	2 521	3 603	2 926	3 401	1 400	2 597	1 66
Friture	Ghana	0	0	80	9	0	75	93	123	0	19
	Autres	0	0	0	0	0	6	69	46	42	16
	C.I.	0	2 124	376	160	2 652	1 901	2 244	188	60	
Maquereau	Ghana	0	1 985	205	1 129	0	2 776	916	0	0	
	Autres	0	0	0	0	0	1	0	5	0	
	C.I.	5 000	4 784	5 764	5 614	3 733	5 521	5 490	5 217	6 747	3 54
Divers	Ghana	0	202	296	775	0	562	182	61	13	26
	Autres	0	59	0	135	0	208	253	1 013	1 007	78
	C.I.	20 241	24 613	25 779	16 982	17 705	19 409	27 183	12 336	17 416	12 85
Total	Ghana	4 000	9 940	3 323	6 729	9 181	6 802	3 797	292	75	70
	Autres	0	601	0	6 436	1 009	11 512	10 530	13 667	15 251	14 17

La répartition mensuelle des captures totales en Côte-d'Ivoire montre un rythme saisonnier différent pendant ces deux périodes (figures 6a et 6b) :

— de 1966 à 1971, les prises de *Sardinella aurita* correspondent à deux périodes de pêche, l'une en début d'année (petite saison froide), l'autre centrée sur le mois d'août (grande saison froide) ; ces deux saisons correspondent aux deux périodes principales de ponte au cours desquelles *Sardinella aurita* se rapproche de la côte et apparaît en surface à la faveur du refroidissement des eaux ; à l'inverse, la pêche est nulle ou très faible d'avril à juin et en novembre et décembre, ces mois correspondant aux périodes de pluviométrie maximale ou de réchauffement des eaux de surface ; pour *Sardinella maderensis*, les prises sont plus étalées ;

— de 1985 à 1987, le rythme saisonnier des prises de *Sardinella aurita* est nettement moins marqué : on observe toujours un minimum de captures en mai ou juin mais les prises se situent à un niveau élevé de juillet à mars ; chez *Sardinella maderensis*, l'étalement des captures s'accentue encore.

Si l'on examine la part relative des secteurs situés à l'ouest de la Côte-d'Ivoire (secteurs 6 et 7, figure 7) on met en évidence le changement majeur ayant affecté cette pêcherie durant les dernières années : en effet, si de 1966 à 1971 les prises de *Sardinella aurita* dans ces secteurs étaient très faibles et même négligeables (figure 7a), il en va tout autrement de la période 1985-1987 pour laquelle ces secteurs représentent plus de la moitié des captures d'octobre à avril. Compte tenu de l'éloignement de ces zones de pêche d'Abidjan, ces observations mettent en évidence une abondance et (ou) une disponibilité forte dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire et donc faible dans les secteurs 4 et 5 situés de part et d'autre d'Abidjan. *A contrario*, pendant la grande saison froide, la sardinelle ronde est disponible et donc exploitée en face d'Abidjan mais cela ne préjuge en rien de son abondance en secteurs 6 et 7.

La structure mensuelle des prises de *Sardinella maderensis* (figure 7b) dans l'ouest ivoirien est la même en 1985-1987 que celle de la sardine, mais, compte tenu de la part prépondérante de cette dernière dans les captures totales de la pêcherie, il est difficile de conclure quant à la répartition spatiale de l'abondance du hareng.

Les prises totales de chacune des deux espèces de sardinelles par secteur de pêche en Côte-d'Ivoire ont donc nettement évolué depuis la récupération du stock de *Sardinella aurita* (figures 8a et 8b) : en effet, depuis 1977, les prises de cette espèce dans l'ouest ivoirien ont fortement augmenté en valeurs

Sardiniers d'Abidjan, débarquements en tonnes par pays (provenance) de 1966 à 1988

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1 049	770	1 962	432	1 804	8 782	11 191	11 681	7 162	24 387	19 510	20 100	11 5000
0	167	1 667	22	23	0	16	0	4	0	0	0	0
1 530	205	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 220	10 219	8 383	15 023	8 487	9 882	4 816	8 153	7 970	7 422	10 077	9 100	6 500
890	1 015	538	544	45	0	18	0	9	0	0	0	0
9 554	7 046	2 771	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0
2 118	3 375	3 584	1 351	2 597	2 434	2 464	1 247	1 638	583	1 240	2 060	2 900
551	282	883	150	87	0	3	0	0	0	0	0	0
82	29	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	4	58	374	29	580
0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 594	6 388	3 675	2 535	3 528	1 837	2 875	3 130	3 437	1 617	3 406	2 100	1 460
207	180	48	4	39	0	109	0	4	0	0	0	0
759	57	28	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
15 981	20 752	17 604	19 341	16 416	22 935	21 346	24 211	20 211	34 066	34 606	33 000	25 500
1 648	1 644	3 136	720	194	0	146	0	25	0	0	0	0
11 925	7 337	2 979	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0

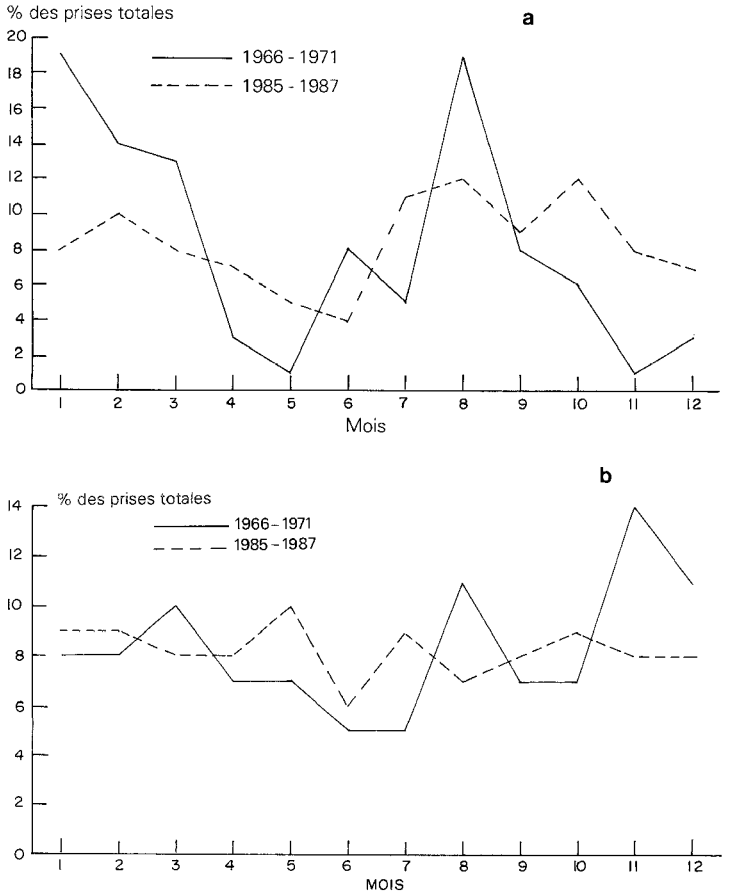


Figure 6
Parts mensuelles des prises totales de *Sardinella* en Côte-d'Ivoire : périodes 1966-1971 et 1985-1987.
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

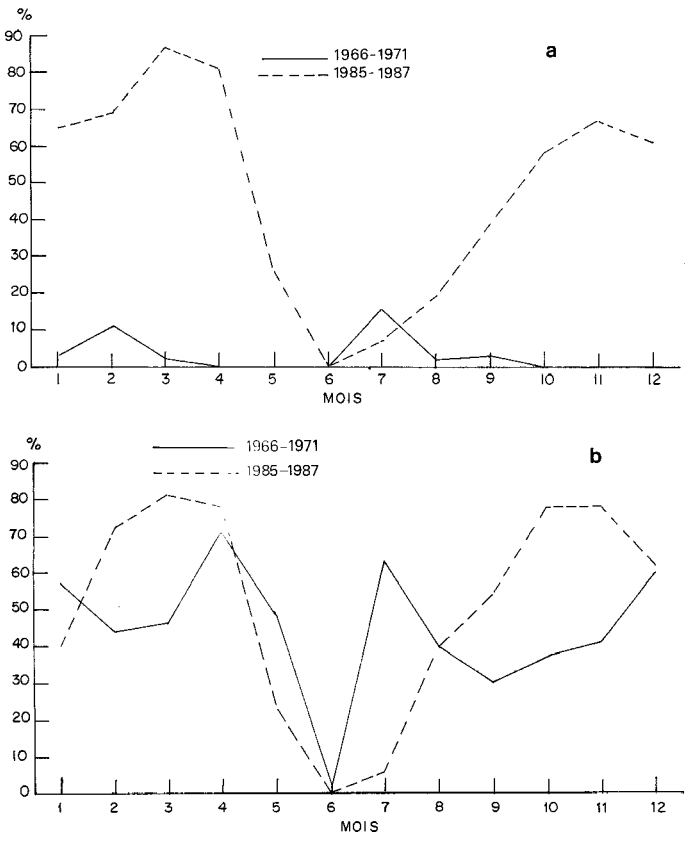


Figure 7
Part des secteurs ouest (6 et 7) dans les prises de *Sardinella* en Côte-d'Ivoire (périodes 1966-1971 et 1985-1987).
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

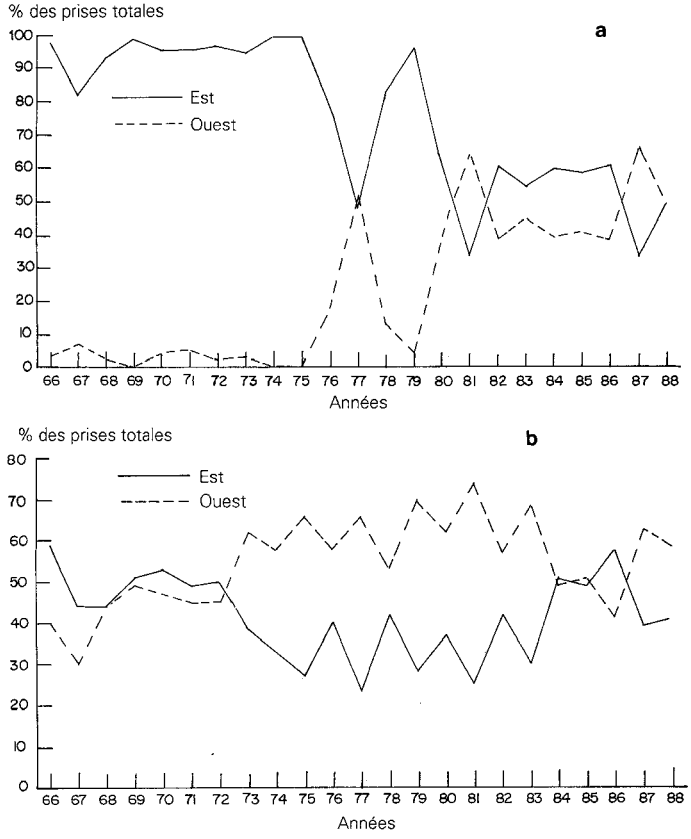


Figure 8
Part des secteurs est et ouest dans les prises de *Sardinella* en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988.
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

absolue et relative ce qui, en terme de structure de stock, peut s'interpréter de différentes manières (voir page 394) mais ces observations sont peut-être aussi à mettre en rapport avec les refroidissements saisonniers intenses et prolongés observés dans l'ouest ivoirien (ARFI *et al.*, dans cet ouvrage) ou avec l'intensification du sous-courant ivoirien remarquée par BINET *et al.* (1991). En terme de PUE ou d'abondance, les secteurs est et ouest sont équivalents jusqu'en 1985, année où les PUE en secteurs 6 et 7 augmentent nettement pour *Sardinella aurita* (figure 9a). Pour l'autre espèce, les secteurs ouest fournissent la majorité des captures de 1973 à 1982 mais les niveaux de PUE à l'est et à l'ouest sont identiques pendant cette période (figure 9b).

On peut signaler, enfin, qu'en 1988 les prises de sardinelles ont été très faibles de janvier à mai, coïncidant en cela avec une petite saison froide inexistante ; les captures sont ensuite devenues très importantes dès le mois de juin avec la mise en place de la grande saison froide, atteignant de très fortes valeurs en août.

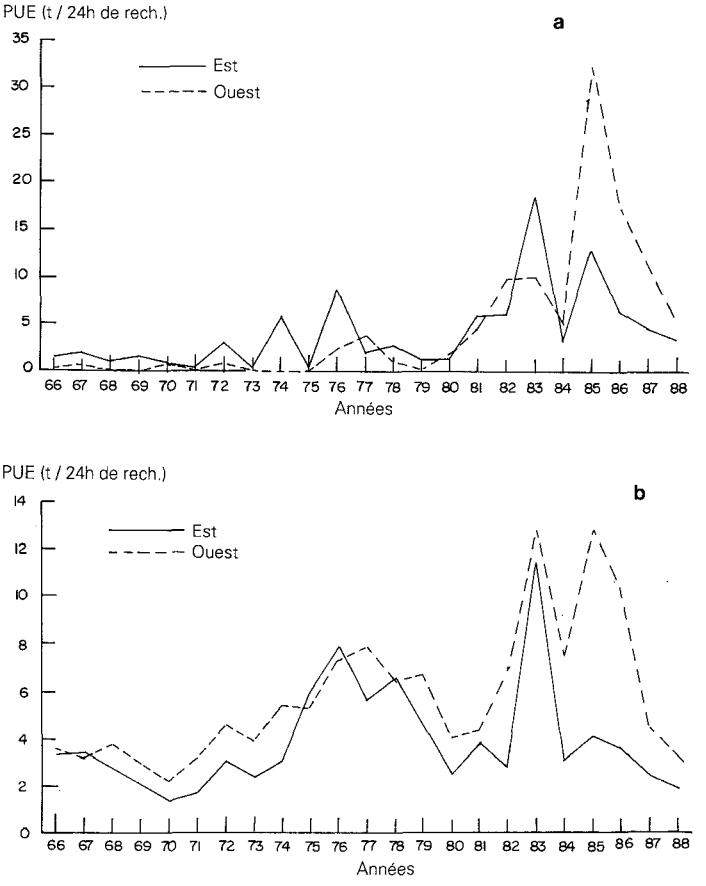


Figure 9
Moyenne des PUE en secteurs est (4-5) et ouest (6-7), pêche industrielle (1966-1988).
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES CAPTURES

Les données de taille dont on dispose en Côte-d'Ivoire couvrent les années 1963-1976, 1978-1981 et 1983-1988. Si une grande partie de ces données n'a pas été exploitée, les fichiers sont assez complets de 1984 à 1988 : pour une part importante des échantillons il a été possible de déterminer le secteur de pêche d'origine. Les chiffres ont donc été extrapolés aux captures totales tous secteurs confondus et par secteur (figures 10 et 11a à e). Pour les pêcheries ghanéennes, des fréquences de taille extrapolées existent de 1963 à 1972 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) et, depuis, les données d'échantillonnage des multiples engins utilisés sont sporadiques, cela limitant considérablement l'analyse démographique des captures de *Sardinella aurita* sur l'ensemble du littoral ivoiro-ghanéen.

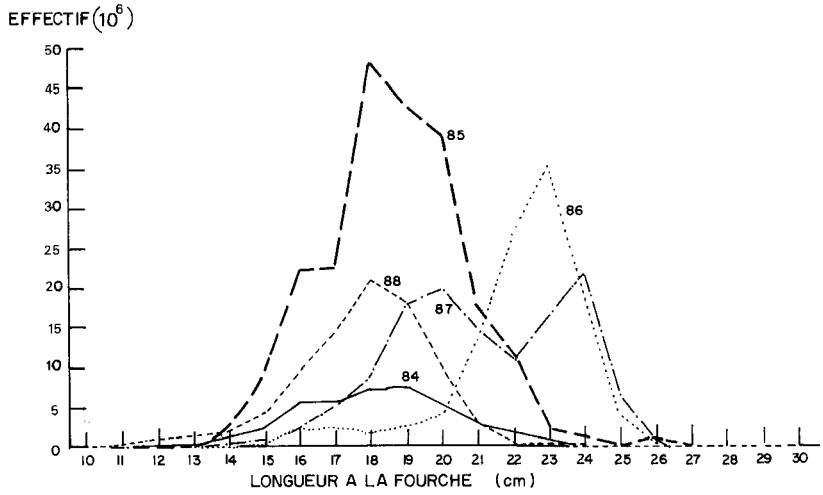
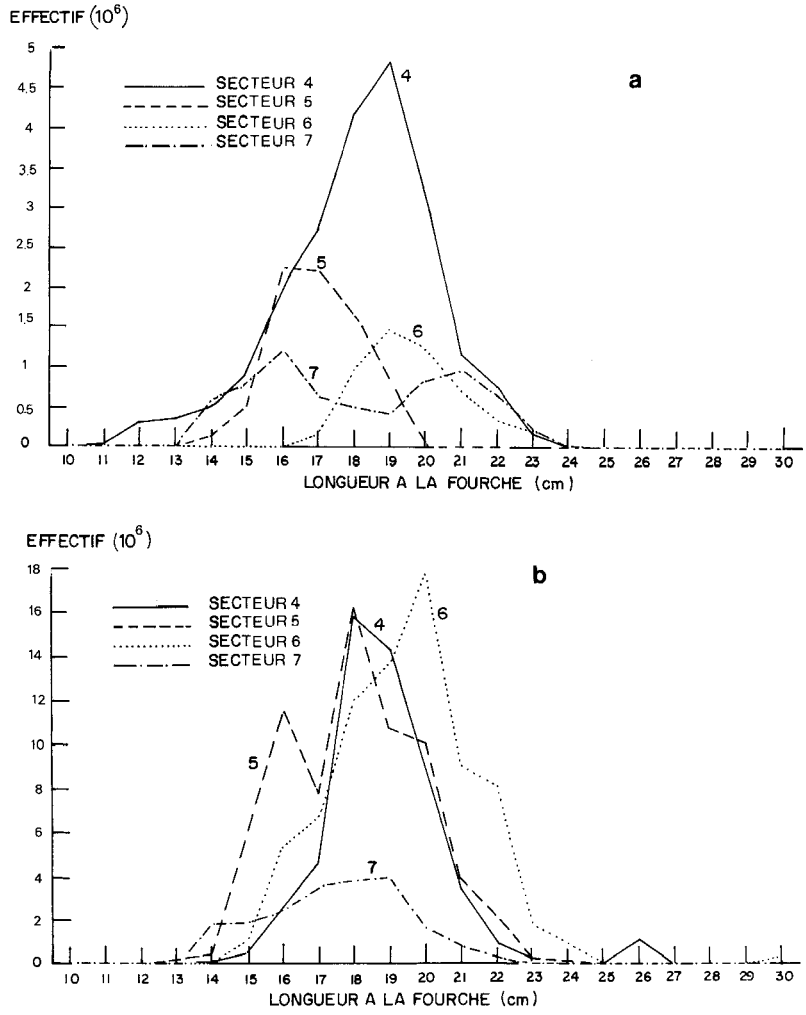


Figure 10
Sardinella aurita, fréquences de taille extrapolées de 1984 à 1988, pêche industrielle ivoirienne.



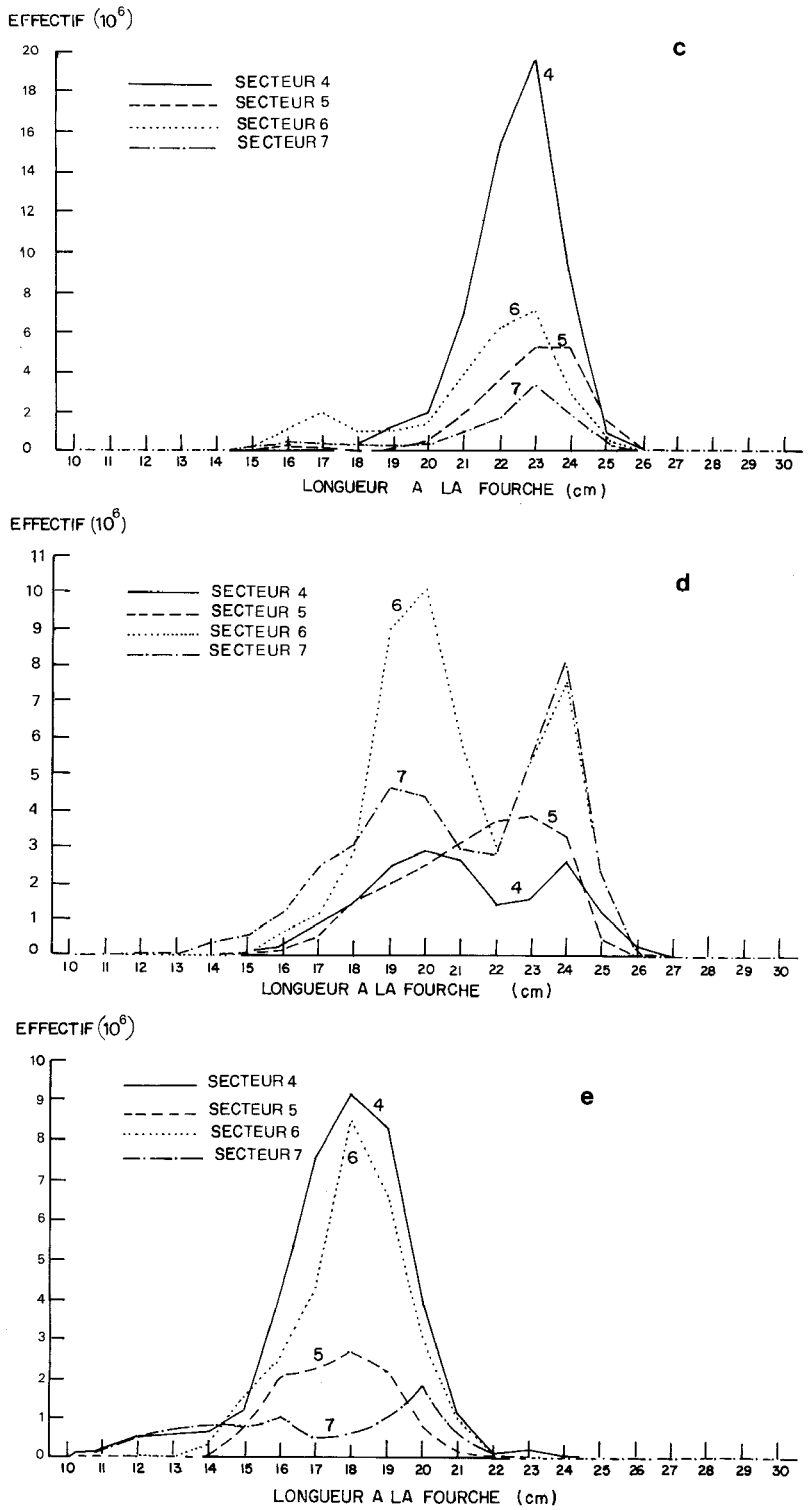


Figure 11
Sardinella aurita, distribution annuelle des tailles par secteur, pêche industrielle ivoirienne, de 1984 (a) à 1988 (e).

TABLEAU VIIIa

Indice d'upwelling ; recrutement et classes d'âge de *Sardinella aurita* de 1984 à 1988 en Côte-d'Ivoire (d'après CRO Abidjan, 1989)

Année	Upwelling indices			Recrutement estimé			Classes d'âge de *Sardinella aurita* suivant les hypothèses H1 ou H2					
								H1			H2	
	PSF	GSF	annuel	PSF	GSF	Total	0+	1+	2+	0+	1+	2+
1984	- 12,9	56,4	- 5,9	0	TB	AF	2	50	50	2	50	10
1985	1,9	61,7	4,3	B	TB	B	2	125	125	10	175	100
1986	17,2	64,2	9,9	TB	TB	TB	0	10	125	0	10	125
1987	13,2	22,5	- 7,9	TB	AF	AF	0	10	125	2	50	100
1988	- 15,3	58,9	0,0	0	TB	B	2	75	50	10	75	10

Upwelling : indice global à Abidjan. Classes d'âge : pêche sardinière industrielle ivoirienne. Notations classes d'âge : en millions d'individus.
PSF : petite saison froide GSF : grande saison froide
Recrutement de PSF, GSF, Total : AF = assez faible ; B = bon ; TB = très bon.
Hypothèse H1 : Croissance de *Sardinella aurita* d'après FRU/CRO/ORSTOM (1976) ;
Hypothèse H2 : croissance de *Sardinella aurita* d'après FAO (1989).

TABLEAU VIIIb

Indice d'upwelling ; recrutement et classes d'âge de *Sardinella aurita* de 1984 à 1988 au Ghana (*in* CRO Abidjan, 1989)

Année	Upwelling indices	Recrutement estimé	Abondance dans la pêcherie ghanéenne		
			0+	1+	2+
1984	***	***	*	**	**
1985	***	***	*	**	**
1986	***	***	**	?	?
	***	***	***	*	*
1987	**	**	**	**	
	*	*	*	**	**
1988	*	*	*	**	*
	**	**	***	***	*

Notation : * inférieur à la moyenne ; ** moyenne ; *** supérieur à la moyenne. Dans le cas de deux lignes pour la même année, première ligne : petite saison froide, deuxième ligne : grande saison froide.

Examen des distributions de tailles

En partant des deux hypothèses de croissance pour *Sardinella aurita* (voir page 395), on a essayé de suivre les classes d'âge annuelles de 1984 à 1988 en Côte-d'Ivoire (tableau VIIIa) et au Ghana (tableau VIIIb). On a également porté dans ces tableaux des indices d'upwelling des saisons correspondant à la ponte et des indices de recrutement basés sur les rendements des sennes de plage au Ghana. Quelle que soit l'hypothèse, il n'y a pas de relation claire entre recrutement estimé et abondance des classes recrutées correspondantes.

Comparaison des modes principaux (tableau IX)

De 1963 à 1971, les principaux modes observés en Côte-d'Ivoire correspondent à ceux du Ghana alors qu'en 1972 et 1973 ils leur sont supérieurs de 3 cm. Mais on dispose de peu de renseignements sur ces données et les chiffres ivoiriens de 1971 et 1972 seraient sujets à caution (FRU/CRO/ORS-

TABLEAU IX

Comparaison des principaux modes relevés dans les fréquences de taille de *Sardinella aurita* au Ghana et en Côte-d'Ivoire (longueur à la fourche en cm). Le premier mode observé au Ghana correspond à l'échantillonnage des sennes de plage ; les individus de grande taille étudiés de 1976 à 1978 dans ce pays proviennent des prises des chalutiers

Année	Modes Ghana	Côte-d'Ivoire
1963	15	14
1964	6 et 16	16
1965	7 et 17	18
1966	7 et 16	16
1967	6, 9 et 16	15
1968	8 et 16	16
1969	7, 12 et 16	16
1970	6 et 17	17
1971	7, 13 et 19	18
1972	8 et 15	18
1973	8, 11 et 16	19
1974	8, 12 et 15	
1975	10 et 18	
1976	12, 18 et 20	
1977	19 et 22	
1978	8, 18 et 21	13 et 20
1979	17	20
1980	16	10 et 18
1981		18 et 19
1982	5, 5 et 18	
1983	17	
1984	17	19
1985	17	19
1986	9, 17 et 20	23
1987	12, 15 et 21	19 et 24
1988	8 et 19	19

TOM, 1976). De 1978 à 1981 et de 1984 à 1986, les modes ivoiriens sont de 1 à 3 cm plus grands qu'au Ghana. On peut noter que, pour ce dernier pays, des individus de grande taille ont été capturés par les chalutiers de 1976 à 1978.

Conclusion

Pendant les mois de GSF les captures sont homogènes en taille alors qu'en début et fin d'année il est parfois possible de repérer l'évolution mensuelle de la taille indiquant une croissance de 1 à 1,5 cm par mois. Les captures de plus grande taille des années 1986 et 1987 semblent avoir lieu principalement de novembre à février et pourraient correspondre à des individus âgés de 30 mois, nés deux années plus tôt en GSF et qui reviennent à la côte pour participer à la ponte de petite saison froide. La prise importante, en 1986 et 1987, d'individus de grande taille est le fait le plus marquant de ces dernières années.

L'examen sommaire des distributions de taille par secteur de pêche (figures 11a à e) ne montre pas de différence entre secteurs. Toutefois, les captures de novembre à décembre signalées comme apportant les individus de grande taille sont principalement réalisées en secteur occidental ivoirien.

Enfin, les *Sardinella aurita* pêchées en Côte-d'Ivoire semblent plus grandes qu'au Ghana, observation déjà faite par de précédentes études (FAO, 1979, 1982) qui avançaient plusieurs explications encore invérifiées.

Effort et prises par unité d'effort (PUE)

On s'intéressera essentiellement à la pêche industrielle. Toutefois l'étude d'Écoutin *et al.* (dans cet ouvrage) fournit des évaluations de PUE pour les pirogues basées à Vridi.

Mode de calcul

Définition de l'unité de pêche

L'étude comparative de la flottille réalisée par Marchal (1967) concluait à l'absence de caractéristiques nettes qui auraient permis une classification des puissances de pêche, à l'exception de la vitesse. Celle-ci joue à deux niveaux : tout d'abord dans le succès de la capture, pour lequel une vitesse de 8,5 nœuds serait suffisante, ensuite dans la dimension de la zone prospectée, celle-ci augmentant comme la vitesse. Depuis un certain nombre d'années, la vitesse déclarée des sardiniers ivoiriens est uniformément de 10 nœuds, ce qui permet de tous les considérer de puissance de pêche théorique égale. Toutefois, l'examen sommaire des débarquements par bateau montre que les plus performants ont les puissances motrices les plus fortes ; une nouvelle étude des unités de pêche pourrait donc s'avérer nécessaire.

Calcul de l'effort

L'unité d'effort la mieux adaptée à l'étude des pêcheries pélagiques a été définie comme le temps passé à rechercher activement le poisson (Marchal, 1967 ; Fréon, 1980 ; Cury et Roy, 1987). Du temps de mer sont déduits les temps considérés comme morts (Fonteneau et Marchal, 1970). Soisson (1974) et Hem (1976) préfèrent cependant utiliser le temps de mer car ils considèrent que les temps morts (manœuvre de la senne, repos, sortie et entrée au port) sont difficiles à appréhender et que le nombre de calées n'est pas connu avec précision. Toutefois, la plupart des études récentes conduites sur la pêche sardinière industrielle ont pu utiliser le jour de recherche comme le paramètre caractérisant l'effort.

Calcul des PUE

La méthode de calcul est celle décrite par Cury et Roy (1987) qui prennent les PUE comme indice d'abondance des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : on calcule une PUE par quinzaine et par secteur pour les secteurs où il y a eu pêche ; ces PUE sont moyennées pour obtenir les PUE par quinzaine dont la moyenne donne la PUE annuelle. Cette méthode élimine l'effet de concentration sur les zones de très grande abondance en ne prenant pas en compte la pondération par les captures.

Analyse des données

Celle-ci est basée sur les descriptions faites par CURY et ROY (1987) et par les derniers groupes de travail sur les sardinelles (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989).

Pêche industrielle

Temps de recherche totaux annuels (figure 12 et tableau X)

Ils ont diminué nettement à partir de 1973, suivant en cela la diminution du nombre de senneurs, et se situent à une moyenne annuelle de 2 082 jours de recherche sur la période 1973-1987. On notera que, au cours de cette période, la valeur minimale, 1 511, a été atteinte en 1983 alors que la valeur maximale l'a été en 1988 avec 2 634 jours de recherche.

PUE totales et par espèce (figures 12, 13 et 9 et tableau X)

La PUE totale (toutes espèces confondues) a très nettement augmenté depuis 1982 et a atteint un maximum absolu en 1985 (34 tonnes par 24 heures de recherche). Cette augmentation est due essentiellement à celle des PUE de *Sardinella aurita* : la moyenne 1972-1980 est en effet de 2,3 t/24 h de recherche contre 10,7 de 1981 à 1987. L'abondance de *Sardinella aurita* est donc très forte et s'est maintenue à un haut niveau de 1983 (PUE = 15,2) à 1987 (10,5), 1984 ayant été plutôt faible (4,3) du même ordre que 1988 (4,8). Chez *Sardinella maderensis*, l'indice d'abondance est beaucoup plus constant, seule l'année 1983 est particulière avec un chiffre très élevé (13 t/24 h de recherche).

PUE par secteurs

L'examen de la série de PUE en secteurs est et ouest ivoiriens de 1966 à 1988 (figures 11a et b) montre une augmentation des PUE des deux espèces dans le courant des années 1980. Pour *Sardinella aurita*, les PUE est et ouest augmentent à partir de 1981 puis, en 1985, les PUE de l'ouest deviennent très nettement supérieures, les deux séries ne revenant à un même niveau qu'en 1988. Pour *Sardinella maderensis*, le schéma est le même, la distinction entre les deux secteurs prenant effet en 1984.

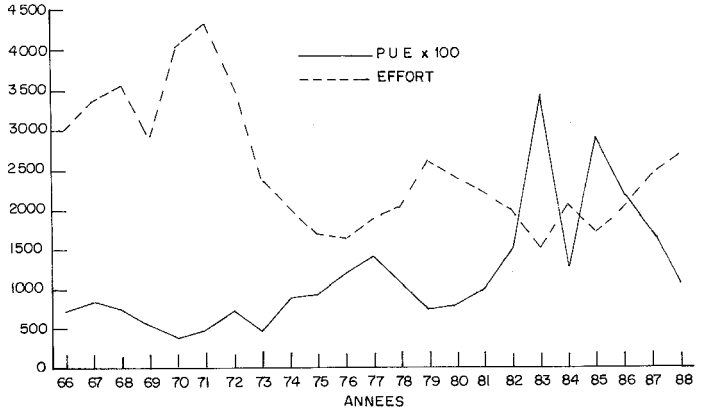


Figure 12
Effort (en jour de recherche) et prises par unité d'effort, PUE (en tonnes par jour de recherche) de 1966 à 1988.

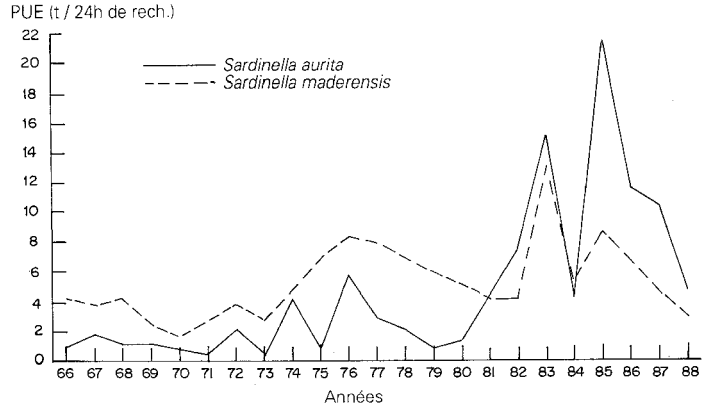


Figure 13
PUE de *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire. Pêche industrielle ivoirienne de 1966 à 1988.

TABLEAU X

Effort et PUE en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988 (*Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis* et toutes espèces)

Année	Effort	PUE				
		Ttes. esp.	*Sardinella aurita*		*Sardinella maderensis*	
		Ind.	Ind.	Art.	Ind.	Art.
1966	3 022	7,3	1,0		4,2	
1967	3 372	8,5	1,8		3,9	
1968	3 572	7,4	1,2		4,2	
1969	2 883	5,2	1,2		2,5	
1970	4 064	3,8	0,7		1,7	
1971	4 337	4,7	0,5		2,7	
1972	3 559	7,3	2,2		3,9	
1973	2 399	4,6	0,5		2,8	
1974	2 012	8,9	4,2		4,6	
1975	1 683	9,4	0,8		6,8	
1976	1 633	12,0	5,7		8,2	
1977	1 893	14,2	2,9		8,0	
1978	2 047	10,7	2,1		6,9	
1979	2 634	7,3	0,8	0,163	5,9	0,004
1980	2 391	8,0	1,4	0,094	5,1	0,031
1981	2 207	10,0	4,4	0,151	4,1	0,065
1982	1 971	15,1	7,6	0,508	4,2	0,065
1983	1 511	34,1	15,2	0,768	13,0	0,079
1984	2 067	12,4	4,3	0,586	5,3	0,038
1985	1 715	29,1	21,4		8,7	
1986	2 030	21,9	11,7		6,7	
1987	2 447	17,0	10,5		4,7	
1988	2 681	10,4	4,8		3,0	

Effort en jours de recherche ; PUE en t/24 h de recherche pour ind. = pêche industrielle ; PUE en t/sorties pour art. = pêche artisanale.

La moyenne des PUE de *Sardinella aurita* pour les secteurs 4, 5, 6 et 7 de 1981 à 1988 est respectivement de 8,5, 6,9, 10,4 et 13,7 : on a donc une abondance forte à l'ouest, plus faible en secteur 5 et assez forte en secteur 4, soit deux zones d'abondance distinctes, l'est d'Abidjan et les deux secteurs situés le plus à l'ouest. Le schéma est identique chez *Sardinella maderensis* ou si l'on considère les prises totales. Cette situation demande une attention particulière : s'agit-il d'une réalité due à une abondance et (ou) une disponibilité particulièrement forte dans les secteurs 6 et 7 ou de biais introduits dans les calculs (au niveau des enquêtes) ? On reviendra cependant sur la sous-estimation systématique des PUE du secteur 5 (voir *supra*) qui peut entraîner une diminution artificielle d'abondance entre les secteurs 4 et 6.

Pêche artisanale

Les PUE calculées par ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage) pour les pirogues de Vridi sur la période 1979-1985 montrent des tendances identiques à celles des sardiniers industriels chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*. En 1988, la longue période d'indisponibilité des sardinelles de janvier à juin a entraîné un désarmement massif des pirogues sardinières. Celles-ci sont soit rentrées au Ghana, soit ont armé à la ligne à main (pêche sur fonds rocheux). L'effort de pêche sardinier artisanal aurait donc nettement diminué.

Modélisation

Si l'on considère la totalité du secteur ivoiro-ghanéen, la grande variabilité interannuelle des captures de *Sardinella aurita* apparaît nettement (figure 4a). À une prise record en 1972 due à la pêche artisanale ghanéenne, succède une période où le stock est considéré comme effondré. Les captures mettent plusieurs années à récupérer leur niveau antérieur, chutent à nouveau après une année favorable, 1978, et croissent fortement à partir de 1980 pour atteindre le maximum absolu de 1985. En 1986 et 1987, malgré des upwellings ou des débits fluviaux défavorables (figure 14a), les captures sont encore très élevées puis, en 1988, elles diminuent nettement mais uniquement en Côte-d'Ivoire où la pêche a été nulle de janvier à mai sans doute à cause d'un upwelling de petite saison froide inexistant.

Sardinella aurita se caractérise donc par une grande variabilité spatiale et temporelle des captures liée aux variations de son abondance et de son accessibilité. Les facteurs qui régissent ces variations ont, en partie, été mis en évidence : ils sont d'une part intrinsèques et relèvent de la stratégie démographique de l'espèce (CURY et FONTANA, 1988) et d'autre part extrinsèques et l'on prend alors en compte les conditions environnementales et l'effort de pêche déployé qui affectent les différents stades de la vie des sardines (figure 15) et, par là même, l'abondance de l'espèce et sa vulnérabilité aux engins de pêche. L'étude des saisons de pêche (MARCHAL 1966 et 1967 ; FAO, 1974) a en effet rapidement montré l'influence des upwellings côtiers et des apports fluviatiles (dessalure des eaux, turbidité, sels nutritifs). Ces influences se retrouvent au niveau interannuel (FRU/CRO/ORSTOM, 1976 ; BINET, 1982 ; CURY et ROY, 1987), c'est pourquoi des études reliant les prises ou les PUE à l'effort de pêche et à des paramètres décrivant les variations des conditions de milieu ont été menées ; elles permettent d'expliquer une part importante des fluctuations observées tant au niveau saisonnier (MENDELSSOHN et CURY, 1987 ; CURY, 1989) qu'interannuel (BINET, 1982 ; FRÉON, 1986 ; CURY et ROY, 1987) ce que ne pouvaient faire les

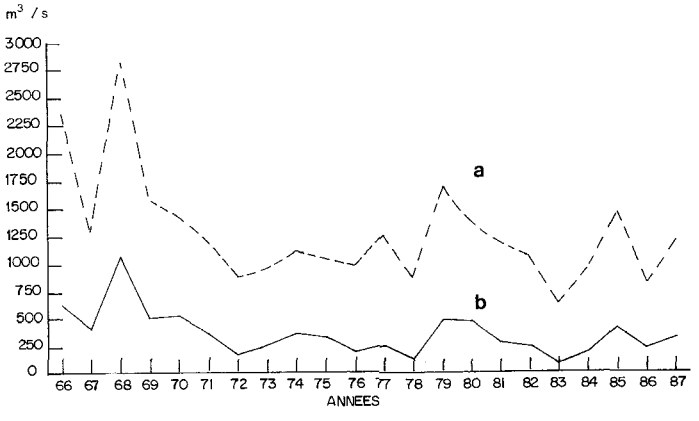


Figure 14
Débit moyen annuel de 1966 à 1987 (a) des principaux fleuves ivoiriens (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé) ;
(b) du Bandama et du Comoé.

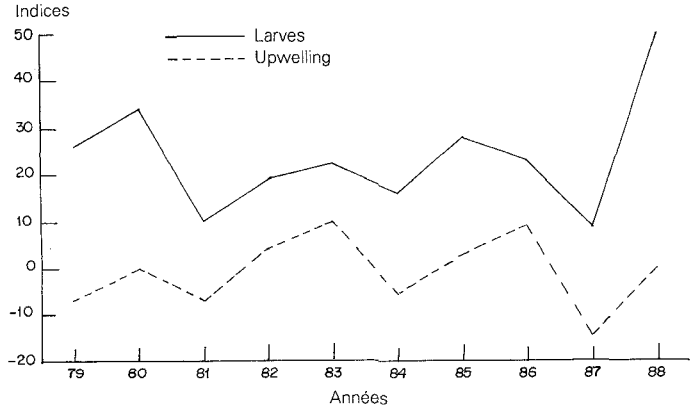


Figure 15
Relation entre l'indice d'abondance des larves de *Sardinella aurita* et l'indice global d'upwelling à Tema (1979-1988).

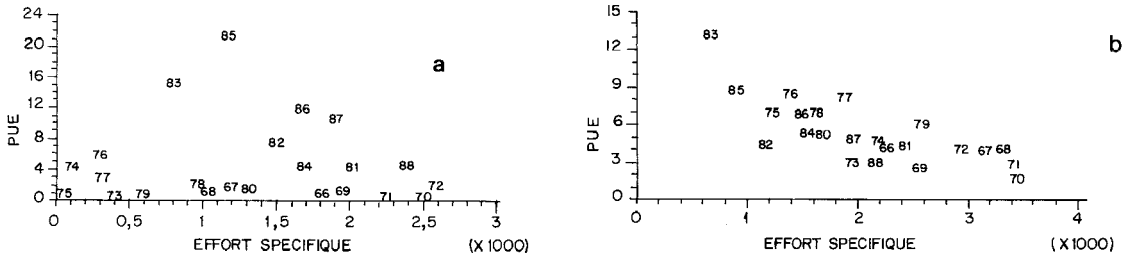


Figure 16
a : Relation entre les PUE de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).
b : Relation entre les PUE de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).

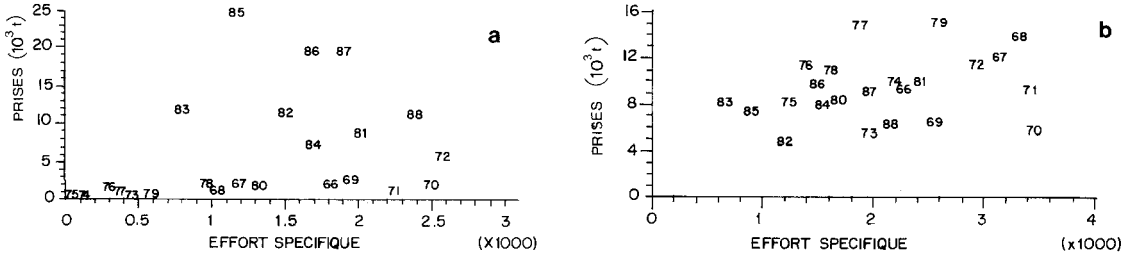


Figure 17
a : Relations entre les prises de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).
b : Relations entre les prises de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).

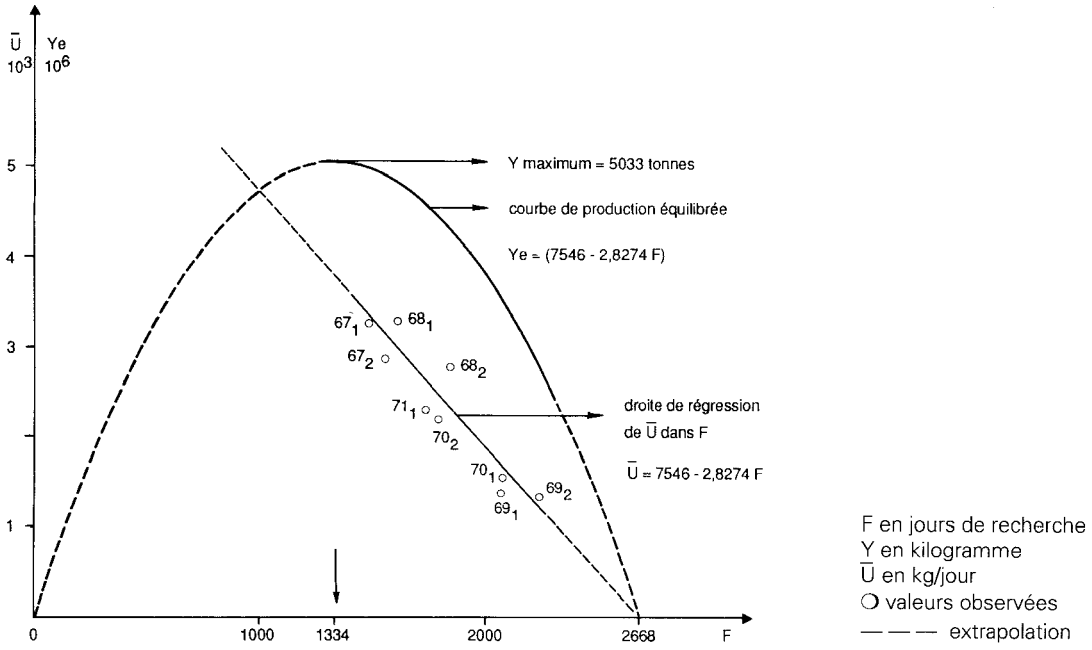


Figure 18
Courbe de production du stock de *Sardinella maderensis* estimée par semestre, période 1966-1971 (d'après MARCHAL, 1971).

modèles classiques comme le montrent les relations entre les PUE ou les prises et l'effort de pêche (figures 16 et 17). Chez *Sardinella aurita*, ces relations sont effectivement très lâches (figures 16a et 17a) alors qu'elles sont meilleures chez *Sardinella maderensis* (figures 16b et 17b).

L'influence des autres espèces pélagiques sur la dynamique du stock de *Sardinella aurita* a été évoquée, notamment avec la prolifération des balistes (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) ou le rôle des grands pélagiques comme les thonidés majeurs qui se nourriraient en partie sur les stocks de sardinelles ; cependant, cette hypothèse n'a pas encore été clairement établie ou démentie.

Dans le cas de *Sardinella maderensis*, l'hypothèse jugée raisonnable d'un stock purement ivoirien devrait rendre la modélisation possible. La variabilité des captures et de l'abondance de cette espèce est plus faible mais les mêmes paramètres agissent et l'analyse doit les prendre en compte (FAO, 1989).

Modèles appliqués à ces pêcheries

Les modèles classiques de la dynamique des populations ont été appliqués, ainsi que d'autres, à la pêcherie ivoirienne. Ils considèrent soit toutes les espèces, soit l'une des deux espèces de sardinelles.

Marchal (1971) étudie la production du stock ivoirien de *Sardinella maderensis* ; il utilise la méthode de Gulland et obtient pour résultat une prise maximale équilibrée de 10 000 tonnes par an pour un effort correspondant à l'activité de 17 bateaux. Il considère que le stock était largement surexploité à cette époque (figure 18).

En 1976 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976), le groupe de travail sur le stock ivoiro-ghanéen de *Sardinella aurita*, remarquant que la disponibilité de cette espèce est en étroite relation avec la force de l'upwelling, calcule une PUE corrigée par l'indice annuel d'upwelling et utilise un modèle global pour les années 1966 à 1971. Avec un nombre de classes d'âge annuelles dans les captures fixé à un, la prise maximum équilibrée est estimée entre 42 000 (m = 1) et 49 000 tonnes (m = 2).

La même année, Hem (1976) étudie les prises sardinières en Côte-d'Ivoire sous un autre angle. Il considère en effet deux zones distinctes, chacune correspondant à deux stocks différents : à l'ouest d'Abidjan, un stock ivoirien constitué essentiellement de *Sardinella maderensis* ; à l'est, un stock dominé par *Sardinella aurita* et qui serait un prolongement du stock ghanéen. Grâce au modèle généralisé de production de Pella et Tomlinson et en faisant varier la valeur des paramètres m et k, cet auteur analyse d'une part le stock global (toutes espèces, est et ouest) en excluant les prises de *Sardinella aurita* et d'autre part le stock de *Sardinella maderensis* seule. Les prises maximales équilibrées se situent pour le hareng entre 9 000 et 10 000 tonnes (effort entre 3 500 et 4 700 jours de mer) et pour l'ensemble des espèces (sauf la sardine) entre 25 000 et 49 000 tonnes (effort de 6 700 à 9 400 jours de mer). En examinant séparément les secteurs est et ouest, Hem remarque aussi que l'effort de pêche et les captures pourraient être augmentés dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire.

En 1982, Binet montre l'existence d'une relation importante entre les prises de *Sardinella aurita* du secteur ivoiro-ghanéen et deux variables environnementales, l'une caractérisant le refroidissement des eaux (indice d'upwelling de la station côtière d'Abidjan) et l'autre leur dessalure (débits moyens annuels du Bandama et du Comoé, figure 14b). Les régressions établies alors montrent une corrélation négative entre les prises de cette espèce et le débit des fleuves, positive entre les prises et l'intensité de l'upwelling ; la régression multiple entre ces trois variables est bonne mais calculée en excluant la période 1972-1977 au cours de laquelle il y a eu effondrement du stock.

Ce modèle a été actualisé jusqu'en 1987 mais les résultats sont moins bons : en effet, la corrélation entre prises et débits est plus faible que celle trouvée par Binet, essentiellement à cause de l'année 1985 (figure 19) pour laquelle on a une prise record avec un débit plutôt élevé. La relation prises-upwelling est également plus faible, les prises très élevées de ces dernières années ne correspondant pas à des upwellings particulièrement intenses en Côte-d'Ivoire comme au Ghana. L'année 1987 est exemplaire puisque les prises restent à un très haut niveau alors que l'upwelling est le plus faible observé depuis 1966. Les régressions multiples réactualisées ont quand même été utilisées pour le tracé de courbes comparant prises observées et estimées : celles-ci montrent que les périodes 1972-1977 et 1983-1987 échappent aux prédictions (figure 20).

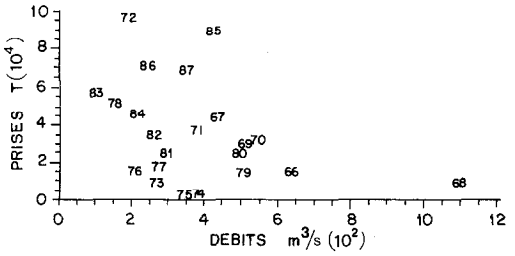


Figure 19
Relation entre les débits moyens annuels du Bandama et du Comoé et les prises totales de *Sardinella aurita* (Côte-d'Ivoire, pêche industrielle + Ghana, pêche industrielle et artisanale) pour la période 1966-1987.

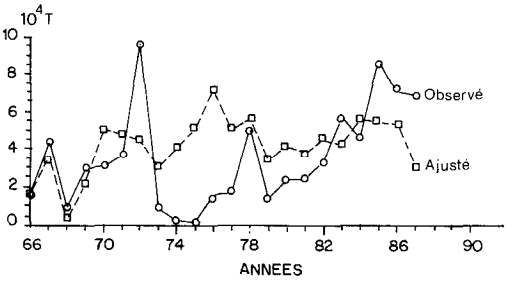


Figure 20
Prises de *Sardinella aurita* (Côte-d'Ivoire, pêche industrielle + Ghana, industrielle et artisanale) : valeurs observées de 1963 à 1987 et estimées à partir du débit annuel des fleuves Bandama et Comoé et de l'indice d'upwelling de Tema. La régression multiple est tentée pour les périodes 1966-1971 et 1978-1987 : prises = 25 574 - (28 x débit) + (92 x upw). R^2 = 0,30 (95 %) non significatif.

À la lumière des observations sur le stock de *Sardinella aurita* et en considérant que le stock ghanéen n'est plus exploité que par les flottilles ghanéennes, il pouvait être intéressant de séparer les prises ivoiriennes et ghanéennes depuis le début des années 1980 ; ceci n'a pas donné de résultat probant.

L'introduction de variables climatiques dans les modèles classiques de la dynamique des populations démarre véritablement avec Fréon (1984 et 1986) puis avec Cury et Roy (1987). Ces derniers retiennent une approche plurispécifique et intègrent au modèle global des indices d'upwelling caractérisant l'intensité des refroidissements de l'année correspondant à la pêche (action de l'upwelling sur la disponibilité) et de l'année précédente (action de l'upwelling sur le succès de la ponte et la survie larvaire). Ces modèles rendent compte des variations observées sur la période d'étude mais n'ont pas été prolongés jusqu'aux années 1980. Le même type de raisonnement est appliqué par Cury (figure 21) au stock ivoirien de *Sardinella maderensis* (FAO, 1989). Enfin, Laloë (1991) applique cette approche au stock ivoiro-ghanéen de *Sardinella aurita* en introduisant dans la formulation du modèle une quantité de biomasse inaccessible et obtient des ajustements satisfaisants.

Parallèlement à ces travaux, Mendelssohn et Cury (1987) utilisent l'analyse multivariée autorégressive des séries temporelles et les transformations optimales dans les régressions multiples pour l'étude des interactions à court terme entre la disponibilité des espèces pélagiques côtières et les facteurs environnementaux que sont la température et la salinité. Ils mettent ainsi en évidence la non-linéarité de l'action spatio-temporelle de l'hydroclimat sur la dynamique des stocks et proposent des voies de recherche grâce à l'utilisation de méthodes statistiques nouvelles en dynamique des populations.

Après l'abondance et la disponibilité, c'est au niveau du recrutement que l'action de l'hydroclimat est étudiée par Cury et Roy (1989) : ils proposent une relation en forme de dôme entre le recrutement et l'intensité de l'upwelling pour les upwellings dits d'Ekman et une relation linéaire pour les autres upwellings comme l'ivoiro-ghanéen et parlent de « fenêtre environnementale optimale ».

L'ensemble de ces travaux illustre la difficulté de modéliser ces ressources instables qui fluctuent même en l'absence de pêche par l'homme. L'impact de l'environnement hydroclimatique sur ces poissons à courte durée de vie, fortes fluctuations de recrutement et variations de disponibilité, est maintenant bien établi ; mais l'hydroclimat associé à l'effort de pêche ne peut à lui seul décrire toutes les variations et, comme le montrent Binet (1982) et Fréon (1986), il est difficile d'utiliser un même modèle pour interpréter les fluctuations des prises ou de PUE sur l'ensemble de la série temporelle. De plus, la structure complexe du stock de *Sardinella aurita*, réparti en cohortes issues des différentes périodes ou zones d'upwelling mais susceptibles de se mélanger, fait qu'il est indispensable, quand on entreprend la modélisation, de considérer :

— les données des pêches industrielles et artisanales, ces dernières étant jusqu'à présent restées en dehors des études, au moins pour ce qui est de la Côte-d'Ivoire ;

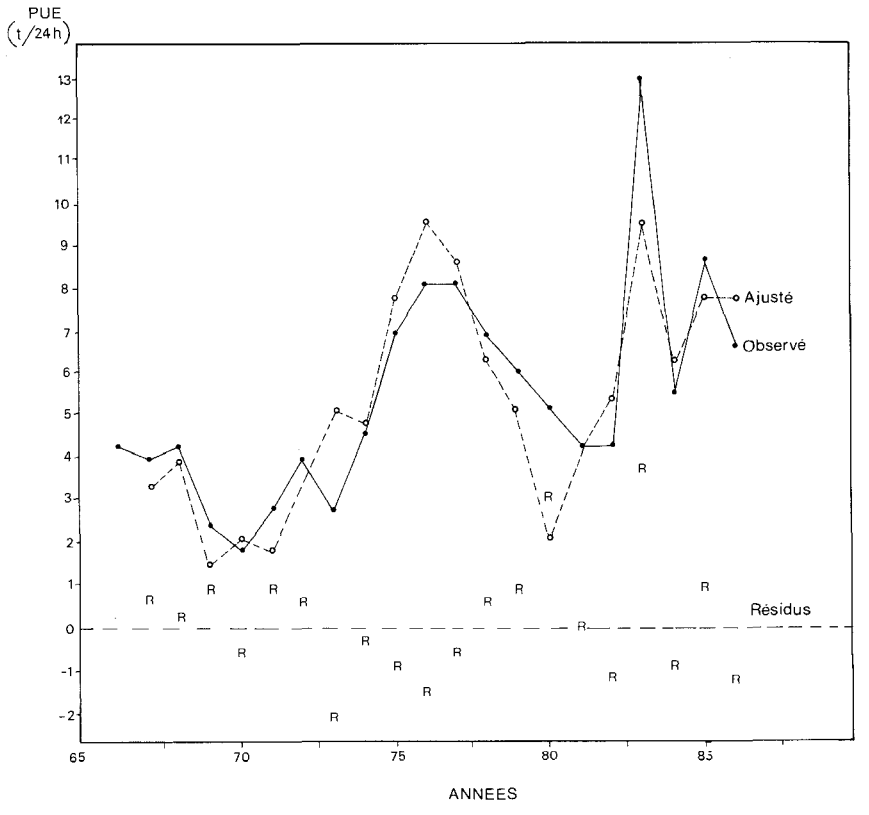


Figure 21

Modèle global permettant l'analyse de l'évolution des prises de *Sardinella maderensis* par unité d'effort des senneurs industriels ivoiriens (d'après CURY, *in* FAO, 1989) et ayant pour forme : PUE = f (upwi, upwi - 1, effort).
upwi : indice d'upwelling au Ghana l'année i (année de pêche).
upwi - 1 : indice d'upwelling au Ghana l'année i-1.
effort : effort total des sardiniers en Côte-d'Ivoire.

— les indices ivoiriens et ghanéens d'upwelling afin de prendre en compte une variabilité spatiale assez forte de ce phénomène ;
— les apports de l'ensemble des fleuves de la région.

On manque également de connaissances sur la reproduction de ces espèces (zones, périodes, intensité de ponte et microcohortes induites).

En l'état actuel, la modélisation des stocks pélagiques côtiers ivoiro-ghanéens reste donc insatisfaisante. Les modèles déjà mis au point devraient être actualisés, certaines voies de recherche poursuivies et l'évolution à long terme des espèces et de leurs stratégies adaptatives prises en compte (CURY, 1989).

MODÉLISATION ANALYTIQUE

L'utilisation des modèles analytiques se heurte à deux séries d'obstacles, l'une propre aux espèces pélagiques côtières, l'autre relevant du contexte ivoiro-ghanéen.

La première série d'obstacles est liée à l'influence des fluctuations hydroclimatiques sur la disponibilité aux engins de pêche et donc sur la capturabilité, laquelle a de fortes chances d'être très variable entre les classes d'âges et les années. Tout cela est un obstacle majeur à la conduite d'analyses de cohortes, ou mieux multicohortes, modulées ou non par des indices d'abondance.

En second lieu, dans le cas de *Sardinella aurita* particulièrement, l'absence de statistiques complètes de captures par classes de taille pondérées et extrapolées pour tous les engins est aussi un obstacle majeur. On doit toutefois noter que, pour les années 1971 à 1972, le groupe de travail réuni en 1976

(FRU/CRO/ORSTOM, 1976) avait réussi à conduire quelques analyses de cohortes assez simples. Le modèle de Ricker qui en était dérivé montrait en particulier qu'il n'y avait à l'époque aucune nécessité d'élever l'âge à la première capture de *Sardinella aurita*. Depuis, aucune autre étude analytique n'a été entreprise sur les deux espèces de sardinelles.

Essai d'évaluation de l'état des stocks

Sardinella aurita

Pour pouvoir procéder à une évaluation complète de l'état du stock ivoiro-ghanéen, il est nécessaire de disposer de l'ensemble des jeux de statistiques de pêche ghanéennes et ivoiriennes, ce qui est loin d'être le cas. On en est donc réduit à raisonner sur des indices semi-qualitatifs d'abondance, attribués aux cohortes identifiées (CRO Abidjan, 1989).

Un indice de recrutement au Ghana est fourni par les PUE des sennes de plage (figure 22), mais celles-ci ne visent pas une espèce particulière (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989). On note un accroissement important de ces PUE depuis 1982, ce qui semble indiquer un recrutement croissant de *Sardinella aurita* (puisque c'est l'espèce dont les prises ont le plus augmenté) à l'est du cap des Trois-Pointes. Malheureusement, on ne dispose pas d'un tel indice à l'est du cap des Palmes pour évaluer l'importance du recrutement dans l'ouest ivoirien.

Des tableaux récapitulatifs des niveaux d'abondance supposés de chaque cohorte depuis 1984 sont fournis pour la Côte-d'Ivoire et le Ghana (tableaux VIIIa et VIIIb). En 1984, 1985 et 1988, il y a concordance entre l'importance relative des classes d'âge en Côte-d'Ivoire et au Ghana. En 1986 et 1987, la classe 0+ est prépondérante au Ghana, avec des classes 1+ (née en 1985) et 2+ (née en 1984) faibles en 1986, moyennes en 1987, alors qu'en Côte-d'Ivoire la classe 2+ domine largement les deux années.

L'état du stock exploité en 1989 résulte de l'importance de chaque cohorte apparue dans la pêcherie depuis 1987. Les classes 1+ d'importance moyenne en 1987 au Ghana comme en Côte-d'Ivoire ne sont pas ou peu retrouvées en 1988. Le recrutement de 1987 au Ghana, assez bon, se retrouve dans des classes d'âge 1+ abondantes en 1988 en Côte-d'Ivoire comme au Ghana. Les premiers résultats de mensurations en 1989 montrent, en Côte-d'Ivoire, la présence d'individus de grande taille (20-24 cm) qui correspondraient à cette classe d'âge. Le recrutement de 1988 apparaît d'ores et déjà élevé (si l'on se réfère à la PUE senne de plage) et, à condition qu'il n'ait pas été décimé par les fortes captures de cette année-là, il pourrait fournir une bonne classe d'âge 1+ en 1989.

Sardinella maderensis

Jusqu'à 1987, les PUE de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire ont indiqué un niveau d'abondance élevé. En 1988, leur baisse semble refléter la disponibilité faible des deux sardinelles en début d' année.

Au Ghana, il est difficile d'attribuer une cause évidente à la baisse importante des PUE des diffé-

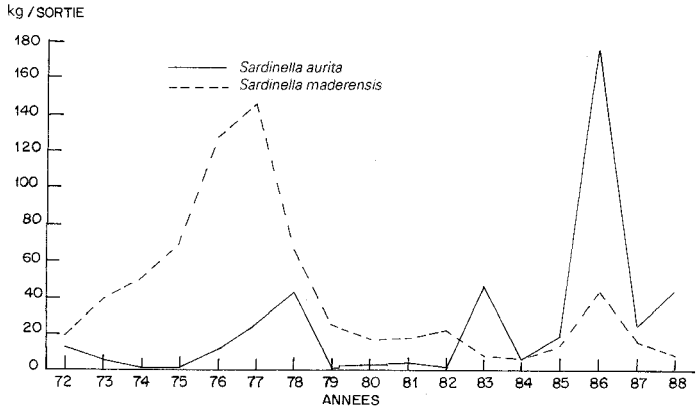


Figure 22
PUE des sennes de plage ghanéennes chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* de 1972 à 1988.

rentes pêcheries en 1988. Les cohortes étaient-elles absentes de la pêcherie, l'abondance a-t-elle réellement diminué, ou s'agit-il d'un problème d'espèce cible, les pêcheurs artisans ghanéens ayant pêché essentiellement *Sardinella aurita* ? Cette dernière explication est possible, si l'on se reporte à l'évolution mensuelle simultanée des captures des deux espèces par les filets poli, ali, watcha ghanéens, en 1988 (CRO Abidjan, 1989).

Cependant, l'indice de recrutement tel qu'il est fourni par les sennes de plage au Ghana témoignerait d'un affaiblissement du recrutement chez cette espèce. On peut noter que la superposition des 2 courbes de PUE des sennes de plage au Ghana (figure 22) montre qu'il y aurait eu vers 1982 un renversement de l'importance respective des recrutements des 2 espèces au profit de *Sardinella aurita*. Une interprétation possible est que, dans les années récentes, le biotope lui est devenu plus favorable, ce qui expliquerait ses hauts niveaux actuels de capture. À l'inverse, la position (et donc la stabilité) du stock de *Sardinella maderensis* au Ghana serait moins certaine.

Engraulis encrasicolus

L'anchois n'apparaissant pratiquement pas dans les débarquements enregistrés en Côte-d'Ivoire, seul le stock Ghana-Togo-Bénin, surtout pêché à l'est du cap des Trois-Pointes, sera considéré ici. Son analyse est complexe, car les pêcheurs artisans ghanéens ne le recherchent que lorsque la sardinelle ronde est absente. Les fortes captures d'anchois sont réalisées dans l'est du pays (*Great Accra Region, Volta region* et une partie de la *Central Region*) et au Togo, où il est prédominant dans les captures. On peut remarquer que l'évolution annuelle des prises est similaire dans les deux pays. D'après les données togolaises, le stock semble demeurer stable. Au Ghana, les fortes valeurs enregistrées en 1987 et 1988 peuvent être dues au fait que les pêcheurs de l'est du pays, éloignés des concentrations de *Sardinella aurita* existant dans la région centrale, ont porté tout leur effort sur l'anchois. Enfin, le déficit des captures observé en 1986 et qui donne l'impression d'une explosion du stock en 1987 et 1988 peut avoir pour raisons :

— une forte abondance des jeunes sardinelles en 1986 sur tout le littoral ghanéen qui aurait transformé l'anchois en espèce secondaire ;

— un biais possible conduisant à une sous-estimation des captures d'anchois : les scientifiques ghanéens pensent en effet qu'une couverture d'échantillonnage moins intense avant 1987 (le nombre d'enquêteurs a été augmenté en 1987 sur tout le littoral) peut être à l'origine d'une sous-estimation de la capture d'anchois.

Il faut toutefois signaler que les larves d'anchois dans l'ichtyoplancton ivoirien ont été trouvées 15 à 20 fois plus abondantes que celles de sardinelles en 1969-1971. Cela a conduit à l'hypothèse concevable d'une biomasse comparable à celle des sardinelles de l'époque (FAO, 1974). Au Ghana, ce rapport entre larves d'anchois et de sardinelles a été estimé moindre, de l'ordre de 5 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976).

Scomber japonicus

L'apparition des maquereaux dans les captures, au cours des dernières années, est trop récente pour qu'il soit possible d'analyser l'état du stock de cette espèce. On note toutefois l'apparition d'une forte classe d'âge, en 1986, qui serait réapparue en 1988 dans les prises ghanéennes. Mais les fréquences de taille indispensables à la vérification de cette hypothèse font défaut.

Conclusion

L'exploitation des espèces pélagiques côtières en Côte-d'Ivoire représente donc une activité socio-économique importante. Les apports, surtout composés de deux espèces de sardinelle, contribuent largement à l'approvisionnement vivrier du pays.

L'abondance des poissons pélagiques côtiers est liée à l'existence d'upwellings littoraux saisonniers qui s'étendent du cap des Palmes jusqu'au Togo. Ces upwellings sont assez particuliers et leurs mécanismes exacts ne sont pas encore totalement élucidés. Ils ont un double effet sur la pêche, par le biais des recrutements et celui de la disponibilité des poissons. Les apports en mer des fleuves côtiers de la région jouent également un rôle dans cette disponibilité.

La structure des stocks des espèces concernées n'est pas encore bien définie surtout dans le cas de *Sardinella aurita*, dont la ressource semble avoir évolué dans le courant des années 1980 avec le développement possible d'une population dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire. Quoi qu'il en soit, les poissons se déplacent et se mélangent entre eux et la ressource doit être considérée comme commune à la Côte-d'Ivoire et au Ghana. Les statistiques de pêche et l'évaluation de l'état du stock doivent donc être examinées en commun. En revanche, *Sardinella maderensis* paraît plus sédentaire et pourrait être exploitée et gérée indépendamment.

Toutes ces considérations justifient donc l'établissement d'une base de données statistiques de pêche commune au moins au Ghana et à la Côte-d'Ivoire. Ce besoin bute encore sur le difficile suivi de la pêche artisanale dispersée le long du littoral ivoiro-ghanén. Pratiquement, seule la pêcherie sardinière industrielle basée à Abidjan a fait l'objet d'une couverture statistique complète de 1966 à 1988.

La modélisation de ces ressources souffre donc de l'imperfection des données de capture, d'effort et de structure de taille et du manque de connaissances sur la biologie des espèces concernées. En revanche, la mise en évidence de l'influence des variables hydroclimatiques sur la dynamique de ces stocks a permis des progrès substantiels, notamment dans la conception de modèles qui prennent en compte cette variabilité du milieu. La disparité entre la complexité des modèles et la fiabilité ou l'importance des données nécessaires à leur élaboration rend le jugement actuel sur l'état des stocks plutôt difficile : ainsi l'effondrement du stock de *Sardinella aurita* que l'on prédisait en 1988 sur la base de l'exemple de la situation de 1972 n'a pas eu lieu, et actuellement il est très difficile de porter un jugement sur l'état réel et le futur possible de cette ressource.

Au contraire, *Sardinella maderensis* semble plus stable et la modélisation de sa production est plus crédible. La ressource en anchois n'a pas pour l'instant intéressé les pêcheurs en Côte-d'Ivoire, mais il serait étonnant qu'elle ne soit pas un jour exploitée par la pêcherie artisanale. Quant au maquereau, sa grande instabilité empêche toute prédiction de capture.

En définitive, les connaissances sur l'exploitation des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire sont importantes, mais la complexité des problèmes posés par la dynamique de ces ressources dites instables est telle qu'il faut poursuivre le recueil des statistiques mis en place, l'améliorer si possible et approfondir les études sur la biologie des espèces et leurs relations avec l'environnement hydroclimatique.

Ce travail nécessite une coopération scientifique forte au niveau régional entre pays voisins. L'espoir d'une maîtrise de la gestion de ces ressources est à ce prix.

RÉFÉRENCES

ARFI (R.), PEZENNEC (O.), CISSOKO (S.), MENSAH (M.), 1993.— Évolution spatio-temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 111-122.

BARON (J.C.), 1968.— Étude préliminaire des protéines du cristallin de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita, Sardinella eba*). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 28, 21 p.

BARON (J.C.), 1969.— Note sur le sang de *Sardinella eba*. Doc. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, non réf., 17 p.

BARRO (M.), 1968.— Premières estimations sur la croissance de *Brachydeuterus auritus* (Val. 1834) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 31, 18 p.

BINET (D.), 1976.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.

BINET (D.), 1979.— Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique. *Oceanol. Acta*, 2(4) : 397-410.

BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

BINET (D.), MARCHAL (É.), PEZENNEC (O.), 1993.— *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana : Fluctuations halieutiques et changement climatique. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 320-342.

BOUBÉRI (D.) et AMON-KOTHIAS (J.B.), 1983.— Occurrence des fonds de pêche des sardiniers ivoiriens. Note int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.

CHABOUD (C.) et DÈME (M.), (1991).— Ressources instables et pêche semi-industrielle : les exemples sénégalais et ivoirien. *In :* Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 489-503.

COLIN (C.), GALLARDO (Y.), CHUCHLA (R.), CISSOKO (S.), 1993.— Hydroclimat du plateau continental de Côte-d'Ivoire. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 75-110.

CRO Abidjan, 1989.— Groupe de coordination ad hoc sur les ressources de petits pélagiques de l'ouest du golfe de Guinée. Abidjan, 16 - 20 mai 1989, 19 p., 26 fig., 16 tab., 12 p. annexes.

CURY (P.), 1989.— Approches modélisatrices des relations à court, moyen et long termes entre la dynamique des stocks de poissons pélagiques côtiers et les fluctuations climatiques. Thèse Doct. État, Univ. Paris -VII, 258 p.

CURY (P.) et FONTANA (A.), 1988.— Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquat. Living Resour.*, 1(3) : 165-180.

CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-357.

CURY (P.) et ROY (C.), 1989.— Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 : 670-680.

ÉCOUTIN (J.M.), DELAUNAY (K.), KONAN (J.), 1993.— La pêche artisanale maritime. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 537-549.

FAO, 1974.— Étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers. Côte-d'Ivoire. Conclusions et recommandations du projet PNUD-FAO. FI:DP/IVC/66/506, Rome, 72 p.

FAO, 1979.— Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo. *COPACE/PACE ser.* 80/21 (Fr.), 73 p.

FAO, 1982.— Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo. COPACE/TECH/82/40 (Fr.), 72 p.

FAO, 1989.— Rapport de la consultation technique sur les petites espèces pélagiques de la division statistique golfe de Guinée ouest. Abidjan, décembre 1987. COPACE/CECAF/TECH/89/47, 91 p.

FONTENEAU (A.) et MARCHAL (É.), 1970.— Récolte, stockage et traitement 1970 des données statistiques relatives à la pêche des sardiniers (filet tournant) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 21-30.

FRÉON (P.), 1980.— Choix d'une unité d'effort de pêche pour les flottilles sardinières semi-industrielle et artisanale au Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 11(1) : 1-35.

FRÉON (P.), 1984.— Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes des vents d'upwelling (pêche sardinière au Sénégal). *Océanogr. trop.*, 19(1) : 67-94.

FRÉON (P.), 1986.— Réponses et adaptation des stocks de Clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 287 p.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.

HARTSUIJKER (A.B.), 1972.— Analysis of the biometric data samples of *Sardinella eba* and *Sardinella aurita*. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD RS 9/72, 12 p.

HEM (S.), 1976.— État des stocks pélagiques en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(2) : 29-47.

HERBLAND (A.) et LE LŒUFF (P.), 1993.— Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 123-148.

LALOË (F.), (1988).— Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible liée aux conditions environnementales : application aux données de la pêche ivoiro-ghanéenne de *Sardinella aurita*. *Aquat. Living Resour.* 1 : 289-298.

MC CALL (A.), 1983.— Population models of habitats selection with applications to the northern anchovy. South West Fish. Center Administr. Rep., NJ-84-01.

MARCHAL (É.), 1966.— Fluctuations de la pêche des sardinelles (*Sardinella aurita* V. et *Sardinella maderensis* C.V.) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 1, 16 p.

MARCHAL (É.), 1967.— La pêche des sardiniers ivoiriens en 1966. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 19, 26 p.

MARCHAL (É.), 1971.— Étude du stock de Hareng (*Sardinella eba*) de Côte-d'Ivoire (version préliminaire). Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD RS 5/71, 12 p.

MARCHAL (É.), (à paraître).— Location of the main West African pelagic stocks. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 187-191.

MARCHAL (É.) et PICAUT (J.), 1977.— Répartition et abondance évaluées par échointégration de poissons du plateau ivoiro-ghanéen, en relation avec les upwellings locaux. *J. Rech. Océanogr.*, 2 (4), 39-57.

MENDELSSOHN (R.) et CURY (P.), 1987.— Fluctuations of a fornightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmental conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 : 408-421.

MENDELSSOHN (R.) et CURY (P.), 1989.— Temporal and spatial dynamics of a coastal pelagic species, *Sardinella maderensis*, off the Ivory Coast. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46(10) : 1686-1697.

MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2, 1-15.

PEZENNEC (O.), (1991).— Recueil et traitement de l'information pour la gestion de la pêche sardinière ivoirienne. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 50 p.

PICAUT (J.), 1983.— Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 13 : 18-37.

ROY (C.), CURY (P.), FONTANA (A.), BELVÈZE (H.), 1989.— Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'ouest. *Aquat. Living Resour.*, 2(1) : 21-29.

SINCLAIR (M.), 1988.— Marine populations : an essay on population regulation and speciation. Washington Press, Seattle & London, 252 p.

SOISSON (P.), 1974.— Nouveau programme de traitement des statistiques de pêche des sardiniers du port d'Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5(3-4) : 71-76.

VENDEVILLE (P.), 1986.— Échantillonnage des sardiniers du port d'Abidjan : note à l'attention des enquêteurs du port de pêche. Note int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.

WEIGEL (J.Y.), 1989.— La commercialisation du poisson en pays lagunaire ivoirien. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 138 p.

Annexe

Indices d'upwelling utilisés pour l'étude des espèces pélagiques côtières de la zone ivoiro-ghanéenne

Présentation des indices

Le premier indice, noté I76, a été proposé par le groupe de travail FRU/CRO/ORSTOM de 1976 : il est calculé à partir d'une moyenne par quinzaine des températures côtières pour l'année ou pour la grande saison froide. Sa formulation est la suivante :

$$I76 = N \times (26 - M)$$

avec :

N = nombre de quinzaines pour lesquelles la température moyenne est inférieure à 26 °C.

M = température moyenne de ces quinzaines.

Cet indice a été utilisé par les groupes de travail qui ont suivi ainsi que par d'autres études sur les sardinelles de la zone.

Cependant, l'étude des stocks de sardinelles nécessite une approche assez fine des événements hydro-climatiques en liaison avec les données de captures, elles-même abordées avec un pas de temps égal à la quinzaine ou au mois. En outre, on dispose de données quotidiennes de température pour 6 stations ghanéennes depuis 1970 et 6 stations ivoiriennes depuis 1978. C'est pourquoi, un indice calculé par quinzaine a été proposé par Arfi *et al.* (dans cet ouvrage) pour ces 12 stations. Cet indice, Iqzf est de la forme :

$$Iqzf = (26 - Mqz) \times Nqz$$

avec :

Nqz = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température de la mer est inférieure à 26 °C.

Mqz = moyenne des températures de ces Nqz jours.

Cet indice, qui ne s'intéresse qu'aux jours où la température descend en dessous de 26 °C, donne une bonne description des refroidissements saisonniers. Il ne prend toutefois pas en compte tous les jours alors que d'un point de vue biologique il est souhaitable de disposer d'un indice caractérisant également les saisons chaudes et rendant compte d'éventuels événements chauds à l'intérieur de périodes froides. Le choix du seuil de température peut également être discuté.

Pour pallier ces inconvénients et avoir un indice le plus complet possible, nous proposons donc un indice dit global, Iqzg calculé par station à partir des températures quotidiennes de la façon suivante :

$$Iqzg = (26 - M1) \times N1 + (26 - M2) \times N2$$

avec :

N1 et N2 = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température est respectivement inférieure et supérieure ou égale à 26 °C (les jours sans mesures de température ne sont bien entendu pas pris en compte).

M1 et M2 = moyennes des températures quotidiennes correspondantes.

Cette formule est équivalente à :

$$Iqzg = 26 \times N - S \text{ ou } Iqzg = N \times (26 - M)$$

avec :

N = N1 + N2 = nombre total de jours de la quinzaine pour lesquels la température a été mesurée.

S = somme pour toute la quinzaine des températures mesurées.

M = moyenne de toutes les températures de la quinzaine.

Cet indice prend donc en compte tous les jours ; il est négatif en période « chaude », positif en période « froide » et rend compte de tous les événements thermiques intéressant les poissons pélagiques. Le seuil de température choisi a une importance limitée puisqu'il ne change que la pente et pas l'allure générale de la courbe décrite par l'indice.

Exemple de résultat

La figure A1 présente pour Tema la variabilité interannuelle des trois indices précités : les courbes suivies par les indices I76 et Iqzf sont très proches alors que Iqzg présente des différences en 1978, 1981, 1983 et 1984, années pour lesquelles les saisons chaudes ont été, soit particulièrement intenses (1978, 1981, 1984), soit assez faibles (1983).

La figure A2 représente les valeurs moyennes par quinzaine des indices Iqzf et Iqzg à Tema. L'indice global Iqzg rend mieux compte des périodes chaudes et de leur intensité alors que celles-ci sont occultées par l'indice Iqzf.

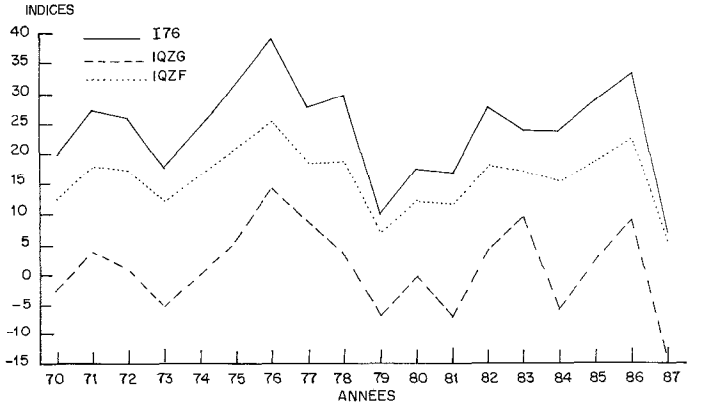


Figure A1
Indices annuels d'upwelling à Tema de 1970 à 1987 (I76, IQZF, IQZG ou indice global).

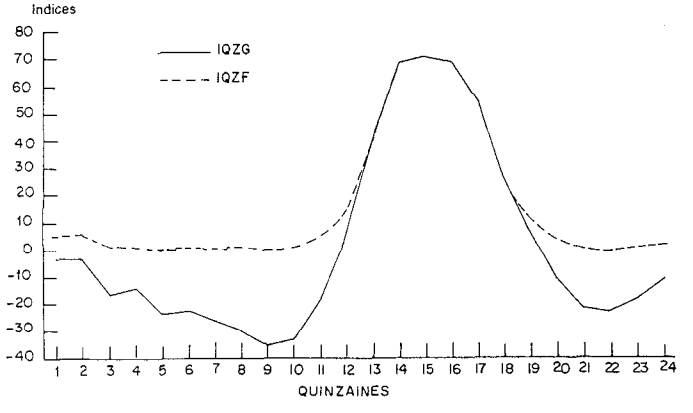


Figure A2
Comparaison des indices par quinzaine IQZF ET IQZG. Année type à Tema (moyenne 1970-1987).

LES RESSOURCES EN POISSONS DÉMERSAUX ET LEUR EXPLOITATION

Alain CAVERIVIÈRE

Description de la pêcherie

L'ouverture du canal de Vridi en 1950 marque les véritables débuts de la pêche industrielle en Côte-d'Ivoire.

Le nombre de chalutiers passe de deux, en 1950, à douze, en 1954. De 1951 à 1954, les traits de chalut ont lieu seulement de jour, de Grand-Bassam à Grand-Lahou, sur des fonds de 15 à 50 m ; les sorties sont le plus souvent journalières. Les rejets des espèces peu prisées diminuent rapidement. À partir de 1955, les secteurs de Fresco et de Sassandra sont également exploités (marées de 4 jours). En 1957-1958, les bateaux s'équipent de sondeurs, ce qui leur permet de travailler la nuit. Avec l'arrivée de chalutiers plus importants, des marées de 7-8 jours sont effectuées au Ghana et au Liberia. En 1959, plus de quarante navires de pêche (chalutiers et sardiniers) sont immatriculés à Abidjan. Le nombre d'unités ira en augmentant jusqu'à la deuxième moitié des années 1960, puis diminuera.

FLOTTILLE CHALUTIÈRE

Tous les navires travaillant sur le plateau continental ivoirien sont basés à Abidjan.

Chalutiers classiques

Les petites unités sont en bois alors que les grandes sont de construction métallique. Le poisson est conservé le plus souvent dans la glace ; seuls les plus gros chalutiers ont un système de réfrigération, la congélation étant l'exception.

On peut classer (CAVERIVIÈRE, 1979a et 1982a) les chalutiers ivoiriens en fonction de leur puissance motrice (puissance au frein) suivant trois grandes catégories :

— les bateaux de moins de 300 ch, de faible autonomie, pêchent de manière pratiquement exclusive au large de la Côte-d'Ivoire (quelques marées ont pu avoir lieu au Ghana il y a plusieurs années) ;
— les chalutiers de 300 à 600 ch, à plus grand rayon d'action, travaillent souvent en Côte-d'Ivoire, mais réalisent parfois des marées sur les plateaux continentaux d'autres pays (Ghana, Liberia, Sierra Leone) ;
— les chalutiers de plus de 600 ch ne pêchent que rarement en Côte-d'Ivoire, sinon parfois en saison froide sur les fonds à Sparidae. Leur zone de pêche habituelle s'étend de la Sierra Leone à la Mauritanie.

On peut résumer ainsi l'évolution de la flottille (tableau I) : jusqu'en 1960, seules des unités de moins de 300 ch sont basées à Abidjan ; leur nombre augmente vite pour se stabiliser autour de 25 unités de 1962 à 1967 ; il diminue rapidement par la suite pour n'être plus que de 4 en 1975 et il remonte à nouveau (surtout après 1983) pour atteindre 14 navires en 1986. Les chalutiers de 300 à 600 ch apparaissent en 1960, leur nombre atteint 10-12 unités de 1966 à 1969, décroît ensuite jusqu'à 4 en 1980, pour s'établir à 7 en 1986. Les unités de plus de 600 ch arrivent à partir de 1968 et 10 navires de ce type opèrent en 1977. Du fait des difficultés d'accès aux zones de pêche des autres pays africains, ils ne sont plus que deux de 1984 à 1986.

L'âge moyen des navires immatriculés à Abidjan a toujours été élevé. De 1960 à 1979, il varie entre 15 et 20 ans ; il serait de l'ordre de 18 ans en 1984.

Les engins de pêche des chalutiers de puissance inférieure à 300 ch sont des chaluts de fond classiques de 18 m de corde de dos et de vide de maille, au niveau du cul, de 40 mm. Les bateaux de 300 à 600 ch ont en général des chaluts de même type, mais de 24 m de corde de dos, à vide de maille identique. Les gros chalutiers sont équipés de chaluts de fond à grande ouverture de 32 m de corde de dos et de chaluts semi-pélagiques ; le maillage au niveau du cul est de l'ordre de 50-65 mm. Ces filets sont employés depuis le début par chacune des catégories de bateaux.

Crevettiers

La flottille crevettière comprend une vingtaine d'unités de 150 à 500 ch dès 1970 (GARCIA et FONTENEAU, 1971). Leur nombre diminue ensuite pour n'être plus que de 9 en 1976-1977, 6 en 1980. La pêche crevettière est totalement arrêtée fin 1981. Elle reprend avec une unité en juin 1983 ; une deuxième arrive en septembre de la même année et une troisième au début de 1984. Cinq crevettiers sont présents en 1986. Ces navires peuvent commercialiser de notables quantités de poissons démersaux bien que les rejets soient importants ; en effet, parallèlement à la diminution de leur nombre, on assiste à une commercialisation et à une recherche de plus en plus importante du poisson, parfois au cours de marées entières.

La composition des mises à terre est assez différente de celle des chalutiers classiques, alors que le maillage des culs de chalut (33 à 40 mm de vide de maille) est sensiblement le même.

ENQUÊTES - STOCKAGE DES DONNÉES

Dès les premières années de la pêcherie, les services du ministère de l'Agriculture notent les quantités de poissons débarquées au port d'Abidjan par tous les bateaux de pêche ; la répartition des prises par espèce n'est connue que pour quelques années.

À partir de 1966, le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan se préoccupe de recueillir des renseignements précis sur les prises, la provenance des poissons débarqués au port et l'effort de pêche exercé. Des feuilles d'enquête par marée sont distribuées aux patrons de pêche ; depuis 1968, 50 % d'entre elles sont utilisables, souvent beaucoup plus. Pour les marées non enquêtées, il est toujours possible de connaître le lieu approximatif où le bateau s'est rendu car il est noté à la capitainerie par le patron de pêche avant le départ et il peut être déduit de la taille du navire et de la composition des prises ; de même, le temps de mer peut facilement être estimé et, dès lors, d'après la zone où le bateau a travaillé, on peut évaluer le temps de pêche. On dispose donc d'une excellente couverture des activités de pêche des chalutiers opérant en Côte-d'Ivoire.

Les données sont traitées par informatique et toutes les espèces mises à terre codées suivant les appellations commerciales — au nombre de 65 — usitées à la criée du port d'Abidjan ; la vente a lieu par catégories de poids qui sont également enregistrées ; il y a, enfin, codage détaillé des zones et des profondeurs de pêche. Les marées des crevettiers sont traitées avec celles des chalutiers à la seule différence que l'effort de pêche (effort théorique) est calculé non pas d'après le temps passé en pêche, mais d'après les prises de poissons dans une strate zone-profondeur et la prise par unité d'effort correspondante des chalutiers ; la recherche du poisson n'est en principe pas la préoccupation majeure des crevettiers et il en est ainsi tenu compte.

TABLEAU I

Évolution de la flottille (chalutiers classiques) en Côte-d'Ivoire
(1) < 300 ch ; (2) 300 à 600 ch ; (3) > 600 ch

Année	Classe Puissance (1)	(2)	(3)	Nombre Total
1950	2	-	-	2
1951	3	-	-	3
1952	5	-	-	5
1953	8	-	-	8
1954	12	-	-	12
1955	14	-	-	14
1956	14	-	-	14
1957	14	-	-	14
1958	16	-	-	16
1959	22	-	-	22
1960	21	1	-	22
1961	28	1	-	29
1962	28	1	-	29
1963	24	5	-	29
1964	24	5	-	29
1965	25	5	1	31
1966	26	12	2	40
1967	24	10	4	38
1968	20	10	5	35
1969	21	12	7	40
1970	13	9	7	29
1971	8	6	6	20
1972	9	7	9	25
1973	11	8	9	28
1974	6	7	9	22
1975	4	6	9	19
1976	5	4	10	19
1977	6	5	10	21
1978	5	7	11	23
1979	7	6	11	24
1980	6	5	8	19
1981	6	3	2	11
1982	8	3	3	14
1983	12	5	5	22
1984	12	4	2	18
1985	13	5	2	20
1986	14	7	2	23

TABLEAU II

Prises totales des chalutiers et crevettiers ivoiriens ; prises en Côte-d'Ivoire et leur pourcentage par rapport au total

Année	Prises totales (tonnes)	Côte-d'Ivoire Prises (tonnes)	Pourcentage
1955	4 000	4 000	100 %
1956	5 000	5 000	100 %
1957	6 000	5 500	95-90 %
1958	6 000	5 500	90 %
1959	9 400	8 000	85 %
1960	10 000	8 500	85 %
1961	12 800	10 200	80 %
1962	16 500	11 500	70 %
1963	16 000	9 600	60 %
1964	12 100	6 600	55 %
1965	16 500	8 300	50 %
1966	17 800	8 890	50 %
1967	15 500	7 730	50 %
1968	17 000	8 350	49 %
1969	17 800	7 650	43 %
1970	15 600	7 060	45 %
1971	12 500	5 560	45 %
1972	13 300	6 430	48 %
1973	14 200	5 530	39 %
1974	14 600	5 550	38 %
1975	14 900	5 320	36 %
1976	17 100	5 090	30 %
1977	16 900	6 110	36 %
1978	20 300	8 900	44 %
1979	21 000	8 200	39 %
1980	13 000	6 400	49 %
1981	7 410	6 060	82 %
1982	6 550	5 220	80 %
1983	8 830	6 000	68 %
1984	8 270	6 110	74 %
1985	7 330	5 540	76 %

TABLEAU III

Correspondance entre les noms commerciaux attachés aux 19 rubriques utilisées dans les traitements des données de la pêche chalutière et les noms scientifiques

Les noms soulignés indiquent que l'espèce en question est seule représentée ou très largement majoritaire

Nom commercial	Espèces
Capitaines	*Galeoides decadactylus* - *Polydactylus quadrifilis*
Carpes	*Pomadasys jubelini* - *P. peroteti* - *P. incisus* - *Plectorhynchus mediterraneus* - *Pseudotolithus epipercus* - *Lutjanus agennes* - *Lutjanus fulgens*
Ceintures	*Trichiurus lepturus*
Friture barbée	*Pentanemus quinquarius*
Friture	*Brachydeuterus auritus* - *Pteroscion peli* - *Eucinostomus melanopterus*
Guinées	*Albula vulpes* - *Elops lacerta*
Loche	*Brotula barbata*
Mâchoirons	*Arius* spp.
Ombrines	*Pseudotolithus senegalensis* - *P. typus* - *P. moorii* - *P. elongatus*
Dorades	*Dentex gibbossus* - *Sparus caeruleostictus* - *Dentex canariensis*
Pageots	*Pagellus bellottii* - *Dentex angolensis* - *Dentex congoensis*
Plats-plats (Carangidés)	*Chloroscombrus chrysurus* - *Vomer setapinnis* - *Caranx* spp.
Raies, requins	(Nombreuses espèces)
Rasoirs	*Ilisha africana*
Saint-pierre	*Drepane africana* - *Chaetodipterus goreensis*
Soles, turbots	*Cynoglossus canariensis* - *C. senegalensis* - *Psettodes belcheri*
Divers	(Nombreuses espèces)
Choix	(comprend de beaux poissons très frais ; carpes, dorades, mérous, ombrines, soles).
Crustacés	*Penaeus notialis* - *Panulirus regius* - *Portunus validus*

TABLEAU IV

Prises par « espèces » (tonnes) réalisées sur le plateau continental ivoirien

Année / Espèces	1966	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	197
Capitaines	940	840	580	580	540	530	510	420	43(
Carpes	250	340	270	250	210	260	270	270	24(
Ceintures	350	450	320	340	310	260	160	210	23(
Fritures	2 890	1 990	1 640	1 440	1 090	1 000	720	840	55(
Ombrines	1 580	1 610	1 290	1 390	1 000	1 070	960	1 070	1 14(
Pageots-dorades	340	460	1 040	710	570	1 050	1 030	880	79(
Carangidés	50	60	60	50	40	40	60	40	3(
Raies, requins	530	580	450	350	260	330	290	330	28(
Rasoirs	350	300	490	420	360	100	50	16	5
Saint-pierre	30	50	30	30	30	40	30	30	3(
Soles,turbots	770	670	510	540	260	480	330	330	50(
Divers	810	1 000	970	990	900	1 270	1 120	1 110	1 10(
Total	8 890	8 350	7 650	7 060	5 560	6 430	5 530	5 550	5 32(

Mises à terre

Les prises des chalutiers ivoiriens (tableau II) se répartissent dans une vaste zone s'étendant du Ghana jusqu'à la Mauritanie. La part provenant du plateau continental de la Côte-d'Ivoire diminue depuis les débuts de la pêcherie pour atteindre un minimum (30 %) en 1976, puis remonte avec la baisse des captures hors du pays. Les espèces commercialisables débarquées à Abidjan sont nombreuses de par la forte diversité des communautés démersales, mais peu d'entre elles représentent un tonnage important ; certaines, en effet, ne constituent qu'un pourcentage très faible de l'ensemble des captures au large de la Côte-d'Ivoire. D'où leur regroupement en 12 rubriques (tableau III) qui facilite la présentation des données (tableaux IV et V). Dans l'ensemble, les pourcentages des différentes rubriques restent assez stables. La majorité des prises est regroupée dans quelques rubriques seulement dont trois (friture - ombrines - pageots) représentent en moyenne près de la moitié des mises à terre.

Certaines rubriques sont formées d'espèces appartenant à différentes familles ; dans ce cas, la famille dominante est très largement majoritaire. En regroupant les prises par familles et en calculant les pourcentages moyens des plus importantes au cours de la période 1974-1980, on constate (CAVERIVIÈRE, 1982a) que 82 % des espèces débarquées pendant ces années appartiennent à huit familles et 56 % à trois d'entre elles seulement (tableau VI). Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus en Côte-d'Ivoire lors du *Guinean Trawling Survey* (GTS) en 1963-1964 dans la bande bathymétrique 15-75 m — qui correspond généralement à celle où opèrent les chalutiers ivoiriens — (CAVERIVIÈRE, 1982a, d'après WILLIAMS, 1968). Les pourcentages des Pomadasyidae, Sparidae et Ephippidae sont stables (tableau VI) et représentent 37 à 42 % des captures. CAVERIVIÈRE (1982a) donne des explications probables aux différences observées chez les autres familles ; elles ne seraient pas dues à des modifications des abondances relatives.

Rejets

Bien souvent, dans une pêcherie démersale, toutes les prises des chalutiers ne sont pas ramenées au port ; une certaine quantité est rejetée directement à la mer.

par les chalutiers-crevettiers de 1966 à 1985

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
410	390	540	470	580	600	540	500	580	520
260	360	480	400	270	200	110	160	150	210
140	310	390	300	220	360	220	270	160	120
650	760	1 270	1 400	920	1 580	1 080	950	1 130	1 110
1 190	1 270	1 670	1 280	1 190	1 320	1 180	1 100	830	890
830	1 430	2 110	2 280	870	660	620	1 140	910	940
30	30	60	90	80	50	50	80	260	140
250	280	460	370	530	290	330	320	340	270
3	2	3	4	2	7	6	10	40	2
30	20	50	30	20	30	10	20	10	40
330	310	440	380	310	250	310	450	410	330
970	950	1 430	1 210	1 340	710	780	1 010	1 080	750
5 090	6 110	8 900	8 210	6 330	6 060	5 220	6 000	5 900	5 320

TABLEAU V

Pourcentage des prises par « espèces » obtenues sur le plateau continental ivoirien

Année / Espèces	1966	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Capitaines	10,6	10,1	7,6	7,8	9,7	8,2	9,2	7,6	8,1
Carpes	2,8	4,0	3,5	3,5	3,8	4,0	4,9	4,9	4,5
Ceintures	3,9	5,3	4,2	4,8	5,6	4,0	2,9	3,8	4,3
Fritures	32,5	23,9	21,4	20,4	19,6	15,6	13,0	15,1	10,3
Ombrines	17,8	19,3	16,9	19,7	18,0	16,6	17,4	19,3	21,4
Pageots, dorades	3,8	5,5	13,6	10,1	10,3	16,3	18,6	15,9	14,9
Carangidés	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	1,1	0,7	0,6
Raies, requins	6,0	6,9	5,9	5,0	4,6	5,1	5,2	6,0	5,2
Rasoirs	3,9	3,6	6,4	5,9	6,4	1,6	1,0	0,3	0,1
Saint-pierre	0,3	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Soles, turbots	8,6	8,0	6,6	7,6	4,7	7,5	6,0	5,9	9,4
Divers	9,1	12,0	12,7	14,0	16,1	19,8	20,2	20,0	20,6

TABLEAU VI

Répartition des prises par familles en Côte-d'Ivoire. Débarquements 1974-1980 et campagnes GTS 1963-1964.

Familles	% Prises CI 1974-1980	% GTS-CI 15-75 m
Sélaciens (raies-requins)	5,5	2,8
Polynemidae (capitaines)	7,3	4,4
Pomadasyidae (carpes-friture)	18,8	19,8
Sciaenidae (ombrines)	19,7	7,3
Carangidae	0,8	6,9
Sparidae (pageots, dorades)	17,9	22,1
Ephippidae (saint-pierre)	0,5	0,4
Brotulidae (loches)	3,2	
Trichiuridae (ceintures)	3,9	
Cynoglossidae (soles)	5,9	2,8

Des enquêtes sur les rejets de la pêcherie ivoirienne ont été menées auprès des patrons de pêche de 1974 à nos jours, et les plus anciens de ces patrons ont été questionnés sur une évolution possible des rejets depuis les premières années de la pêcherie. Actuellement, les rejets au large de la Côte-d'Ivoire concernent les espèces non consommées dans le pays et, dans une moindre mesure, les juvéniles des autres espèces (surtout friture) ; pour les plus cotées, ils sont très faibles. D'une marée à l'autre, les rejets peuvent varier de moins de 5 % à 30 % selon la composition des captures. On peut considérer qu'ils sont stables depuis 1958-1959 à un niveau moyen de 10-20 % des prises, non compris les balistes ; depuis la prolifération de cette espèce, les chalutiers évitent les zones où elle est fortement concentrée.

EFFORT DE PÊCHE - LOCALISATION DE LA PÊCHE

Standardisation des efforts de pêche et estimation de l'abondance relative dans les divers secteurs

Méthode

Les chalutiers basés à Abidjan sont de taille et de puissance variées. Une standardisation des efforts de pêche est donc nécessaire. On dispose d'une première étude (FONTENEAU et BOUILLON, 1971) sur des données récoltées entre mai 1968 et mai 1970. Une actualisation des résultats, entreprise en utilisant la méthode de ROBSON (1966), porte sur des périodes plus récentes du fait de la disparition de nombreux chalutiers et de l'arrivée d'autres navires, parfois beaucoup plus puissants. Une étude de CAVERIVIÈRE (1978c) intéresse la période 1968-1977 et ce travail de mise à jour s'est poursuivi les années suivantes au CRO d'Abidjan.

par les chalutiers-crevettiers de 1966 à 1985

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
8,1	6,4	6,1	5,7	9,2	9,9	10,2	8,3	9,8	9,7
5,1	5,9	5,4	4,9	4,3	3,3	2,2	2,6	2,6	3,9
2,7	5,1	4,4	3,7	3,5	6,0	4,2	4,4	2,7	2,2
12,8	12,4	14,3	17,1	14,5	26,1	20,7	15,8	19,2	20,8
23,4	20,9	18,8	15,6	18,8	21,8	22,5	18,3	14,1	16,8
16,3	23,0	23,7	27,8	13,7	10,9	11,8	19,0	15,5	17,7
0,6	0,4	0,7	1,1	1,3	0,9	1,0	1,3	4,4	2,6
4,9	4,6	5,2	4,5	8,4	4,7	6,3	5,3	5,8	5,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,6	0,0
0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,8
6,4	5,1	4,9	4,6	4,9	4,1	5,8	7,5	7,0	6,2
19,1	15,5	16,1	14,7	21,2	11,7	14,9	16,8	18,3	14,2

Un chalutier de puissance moyenne, présent dans la pêcherie pendant toute la durée de l'étude, est choisi comme standard. Ses caractéristiques principales sont les suivantes : 24 m de longueur hors-tout, 400 ch, 118 tonneaux de jauge brute, chalut de 25 m de corde de dos. Ce bateau présente l'avantage d'avoir la même puissance au frein que l'unité de référence choisie par FONTENEAU et BOUILLON (1971).

Six zones, comprises entre 10 et 50 m de profondeur, à l'intérieur desquelles la densité est considérée comme relativement uniforme, sont définies :

— Ghana : du cap des Trois-Pointes à la frontière ivoiro-ghanéenne (2°00' W à 3°00' W) ;
— Grand-Bassam : de la frontière ivoiro-ghanéenne à Abidjan (3°00' W à 4°00' W) ;
— Grand-Lahou : d'Abidjan à Sassandra (4°00' W à 6°00' W)
— San Pedro : de Sassandra au cap des Palmes (6°00' W à 7°30' W) ;
— Sierra Leone : du cap de Mount à Conakry (11°30' W à 14°00' W) ;
— Guinée-Gambie-Sénégal : de Conakry à la Gambie (14°00' W à 17°00' W).

Le bateau standard a surtout pêché dans le secteur San Pedro qui est donc retenu comme référence.

Résultats

Homogénéité du stock ivoirien

Les abondances relatives dans les zones côtières ivoiriennes (communauté des Sciaenidae) sont très proches les unes des autres (tableau VII), ce que confirme une étude statistique. On peut donc considérer qu'un stock unique de densité homogène occupe la frange côtière du plateau continental ivoirien qui va pouvoir être considéré comme un seul ensemble standard, d'où :

— une simplification des traitements ;
— une augmentation du nombre des valeurs de PUE pour le bateau standard dans la zone standard ;
— une utilisation des marées portant sur plusieurs secteurs.

TABLEAU VII
Abondance relative dans les secteurs de pêche ivoiriens (10-50 m).

Années	Grand-Bassam	Grand-Lahou	San Pedro
1968	1,13	1,05	1
1969	0,89	0,93	1
1970	0,99	0,94	1
1971	0,95	1,01	1
1972	0,96	0,89	1
1973	0,95	1,02	1
1974	1,02	0,90	1
1975	0,84	0,85	1
1976	0,78	0,81	1
1977	1,08	1,01	1
Moyenne	0,96	0,94	1

Densités relatives des zones de pêche extérieures à la Côte-d'Ivoire

On regroupe d'abord les données dans des blocs pluriannuels. En effet, si les chalutiers pris en compte pêchent régulière-

ment pendant toute la période, le regroupement pluriannuel a l'avantage de réduire la variance des indices de puissance de pêche. Des regroupements sur trois périodes sont opérés : 1968-1970, 1968-1972, 1973-1977. La première permet de comparer les résultats obtenus avec ceux de FONTENEAU et BOUILLON ; les deux autres constituent deux intervalles de durée égale, avec une coupure choisie en relation avec l'importance des rejets.

Les indices de densité relative des secteurs extérieurs de pêche par rapport à la Côte-d'Ivoire, qui représente l'unité (tableau VIII), sont, pour la période 1973-1977, toujours supérieurs à ceux de la période 1968-1972. Ces différences proviendraient d'une diminution des rejets (CAVERIVIÈRE, 1978a, b), qui deviennent comparables à ceux de Côte-d'Ivoire.

Relations entre les puissances relatives de pêche et les caractéristiques des chalutiers

Des corrélations sont recherchées (tableau IX) entre les puissances relatives de pêche (FP) et les principales caractéristiques des navires : longueur hors-tout (LHT), puissance au frein (BHP) et jauge brute (JB). Les droites de régression de Y en X (Y = AX + B) sont calculées pour les trois périodes entre :
1) FP - LHT ; 2) FP-BHP ; 3) FP-JB ; 4) Log FP - Log BHP ; 5) Log FP - Log JB.

Les coefficients de corrélation (R) sont très proches de 1. Les valeurs non transformées donnent toujours les meilleures corrélations de la puissance de pêche avec la jauge brute (JB), puis avec la puissance au frein (BHP). GULLAND (1956) considère également la jauge brute comme le meilleur indice de puissance de pêche. En définitive, les seules régressions directes (figure 1) sont retenues. Les régressions ne sont utilisables que dans les intervalles d'observation.

TABLEAU VIII
Indices de densité relative des différentes zones de pêche fréquentées par les chalutiers ivoiriens

Zones	1968 - 1970			1968 - 1972			1973 - 1977		
	Densité relative	l.c. à 95 % inf.	sup.	Densité relative	l.c. à 95 % inf.	sup.	Densité relative	l.c. à 95 % inf.	sup.
Ghana	1,14	1,07	1,22	1,17	1,11	1,24	1,36	1,19	1,56
Côte-d'Ivoire	1,00			1,00			1,00		
Sierra Leone	1,40	1,27	1,54	1,43	1,31	1,55	1,45	1,32	1,59
GGS	1,94	1,71	2,21	1,77	1,59	1,97	2,20	2,00	2,43
Valeurs de C		170			180			155	

GGS = Guinée, Gambie, Sénégal ; C = PUE supposée du bateau standard dans la zone de référence.

TABLEAU IX
Paramètres des régressions de Y en X

Y	X	1968 - 1970 N	A.10^{-3}	B	R	1968 - 1972 N	A.10^{-3}	B	R	1973 - 1977 N	A.10^{-3}	B	R
FP	LHT	39	42,83	- 0,129	0,92	36	44,64	- 0,214	0,95	25	41,50	- 0,106	0,97
FP	BHP	39	1,483	0,376	0,94	36	1,519	0,318	0,96	25	1,335	0,377	0,98
FP	JB	39	4,383	0,411	0,95	36	4,519	0,350	0,97	25	3,726	0,451	0,98
Log FP	Log BHP	39	0,570	0,523	0,94	36	0,607	0,509	0,96	25	0,564	0,483	0,97
Log FP	Log JB	39	0,466	0,958	0,92	36	0,502	0,988	0,95	25	0,494	1,017	0,97

N = nombre de couples ; FP = puissance relative de pêche ; LHT = longueur hors-tout ; BHP = puissance au frein ; JB = jauge brute.

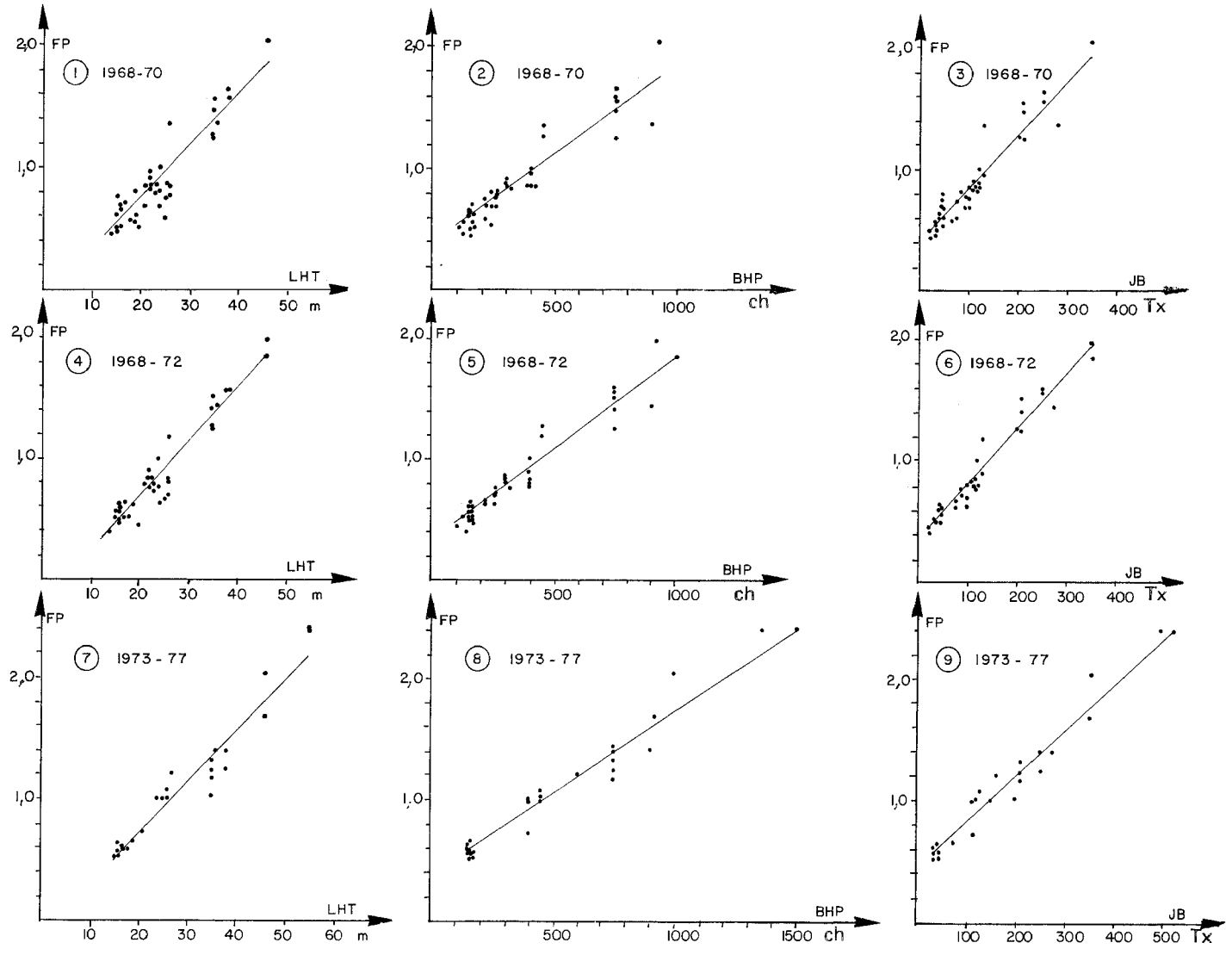


Figure 1
Droites d'ajustement des relations puissances de pêche (FP) - caractéristiques des chalutiers. LHT = longueur hors-tout ; BHP = puissance au frein ; JB = jauge brute.

Efforts annuels en Côte-d'Ivoire et leur répartition

Le temps passé en pêche est choisi comme base pour calculer l'effort global des chalutiers. Il comptabilise uniquement le temps de travail du chalut sur le fond, la durée de la mise en place et de la remontée n'étant pas comprise. En principe, les chalutiers ivoiriens effectuent des traits de trois heures environ de jour et de quatre heures la nuit ; quand il n'y a pas de route à faire, on peut estimer le temps de pêche journalier à 18-19 heures.

Pour les années auxquelles le système statistique du CRO peut être appliqué, soit 1966 et de 1968 à nos jours, on dispose des valeurs standardisées de l'effort de pêche exercé par les chalutiers et les crevettiers. Pour les autres années, on possède de bonnes estimations des valeurs totales des efforts sur le plateau continental ivoirien à partir de 1959 (CAVERIVIÈRE, 1979b). Les valeurs des efforts annuels de 1962 et 1963 sont les plus élevées ; à partir de 1971, elles baissent environ de moitié (tableau X).

L'étude de la répartition de l'effort de pêche sur le plateau continental ivoirien (CAVERIVIÈRE, 1979a et 1982a) utilise de façon privilégiée les résultats statistiques des années 1974 à 1977.

Le plateau est divisé en trois régions, déjà décrites, Grand-Bassam, Grand-Lahou et San Pedro, elles-mêmes subdivisées en trois bandes, selon la profondeur (10-20 m, 21-50 m, 51-120 m), qui correspondent aux deux grandes communautés du plateau continental de l'Afrique de l'Ouest : celle des Sciaenidae (les deux premières bandes) et celle des Sparidae (la dernière).

La superficie globale est d'environ 12 000 km^2, chaque grande zone représentant 21 % (Grand-Bassam), 35 % (San Pedro), 44 % (Grand-Lahou). Les fonds de 10 à 20 m occupent moins de 10 % du total, ceux de 21 à 50 m plus de 30 % et ceux de 51 à 120 m près de 60 %, l'importance des trois bandes bathymétriques étant du même ordre dans chacune des régions (tableau XI).

Lieux de pêche des chalutiers

Les pourcentages de l'effort total exercé suivant les profondeurs et suivant les zones sont calculés sur la période 1974-1978. Les résultats annuels présentant des variations de faible amplitude, sans tendance marquée à la hausse ou à la baisse, les moyennes obtenues peuvent être comparées aux pourcentages

TABLEAU X

Efforts standardisés (heures de pêche) exercés par les chalutiers sur le plateau continental ivoirien

Année	Effort	Année	Effort	Année	Effort
1959	49 700	1968	51 500	1977	39 600
1960	52 800	1969	59 300	1978	53 900
1961	54 600	1970	45 000	1979	48 000
1962	74 200	1971	33 500	1980	37 700
1963	84 200	1972	48 700	1981	37 200
1964	43 700	1973	45 700	1982	27 700
1965	53 900	1974	37 800	1983	35 400
1966	62 200	1975	34 300	1984	39 900
1967	53 000	1976	32 800	1985	44 000

TABLEAU XI

Surfaces par zone de pêche (km^2) et leurs pourcentages par rapport à la superficie totale

Zones	10 - 20 m km^2	%	21 - 50 m km^2	%	51 - 120 m km^2	%	Total km^2	%
Grand-Bassam	160	1,4	770	6,5	1 540	13,0	2 470	20,9
Grand-Lahou	520	4,4	1 740	14,7	2 920	24,7	5 180	43,8
San Pedro	250	2,1	1 360	11,5	2 570	21,7	4 180	35,3
Total CI	930	7,9	3 870	32,7	7 030	59,4	11 830 km^2	

TABLEAU XII

Intensité de pêche (% moyen des efforts sur % des surfaces) en fonction de la zone et de la profondeur ; l'unité représente l'intensité sur l'ensemble du plateau continental ivoirien

		10-20 m	21-50 m	51-120 m	TOTAL
a) Chalutiers	Grand-Bassam	0,4	1,7	0,3	0,7
	Grand-Lahou	1,9	1,5	0,2	0,9
	San Pedro	5,8	1,9	0,6	1,3
	Total CI	2,7	1,7	0,4	1,0
b) Crevettiers	Grand-Bassam	1,1	5,2	0,4	0,9
	Grand-Lahou	0,8	1,7	0,4	0,9
	San Pedro	0,1	1,7	0,0	0,6
	Total CI	0,6	2,4	0,3	1,0
c) Chalutiers + crevettiers	Grand-Bassam	0,6	2,5	0,3	1,0
	Grand-Lahou	1,6	1,5	0,3	0,9
	San Pedro	4,5	1,9	0,4	1,1
	Total CI	2,2	1,9	0,4	1,0

des surfaces du tableau XI par le calcul, dans chaque aire, du rapport pourcentage effort/pourcentage surface, équivalent en ordre de grandeur au rapport effort moyen/surface (tableau XIIa) ; on obtient ainsi une mesure de l'intensité de pêche qui peut être comparée à la valeur unité, représentant l'ensemble de la Côte-d'Ivoire.

L'effort des chalutiers est important, comparé à la surface de la bande 10-20 m, dans les secteurs Grand-Lahou et surtout San Pedro ; il est faible dans le secteur Grand-Bassam où de nombreux filets fixes de pêcheurs artisanaux gènent la pêche au chalut ; pour l'ensemble de la Côte-d'Ivoire, le rapport est largement supérieur à l'unité. Les rapports par zone dans la bande 21-50 m sont homogènes avec des valeurs comprises entre 1,5 et 1,9. Dans la bande 51-120 m, les rapports sont faibles, la pêche étant saisonnière et les surfaces non ou difficilement exploitables relativement grandes ; la zone de San Pedro est comparativement plus chalutée que les autres.

Au total, la zone de Grand-Bassam est moins exploitée par les chalutiers que celle de Grand-Lahou, du fait de la difficulté de travail dans la bande 10-20 m. La zone la plus éloignée d'Abidjan est la plus pêchée bien que les temps de route soient plus importants, les bateaux les plus puissants de la flottille la préférant aux autres.

Sur le plateau continental, l'effort total est exercé de manière assez régulière tout au long de l'année (figure 2, moyennes 1974-1977), mais des variations importantes ont lieu dans sa répartition suivant les

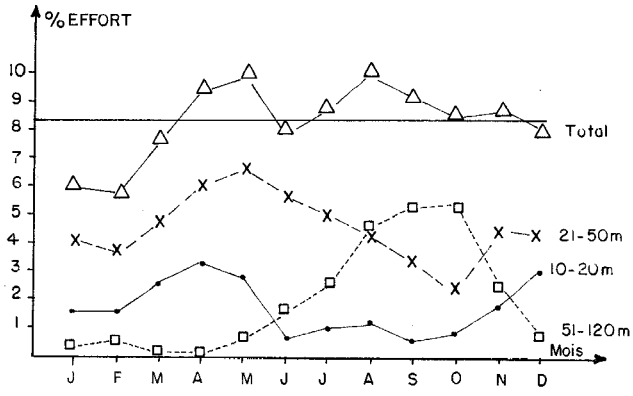


Figure 2
Répartitions mensuelles des efforts (en pourcentage de l'effort total annuel) au large de la Côte-d'Ivoire (moyennes 1974-1977).

profondeurs. On observe une diminution de l'effort exercé sur les fonds côtiers (10-20 m) pendant la grande saison froide (juin-juillet à octobre), et une augmentation parallèle dans la bande 51-120 m. En septembre et octobre, les efforts fournis sur la bande la plus profonde, qui sont très faibles en saison chaude, dépassent les efforts appliqués sur les deux autres bandes sans que ces derniers ne soient jamais très bas. Ces variations sont dues, d'une part à une moindre disponibilité des espèces côtières en saison froide, et d'autre part à une concentration des Sparidae à cette même période.

Lieux de pêche des crevettiers

La pêche a lieu principalement sur les fonds compris entre 21 et 50 m. Le fond à crevettes de Grand-Bassam supporte l'effort le plus important ; sur les fonds de pêche de la zone de Grand-Lahou, de superficie un peu supérieure, l'effort est légèrement moindre, tandis que la zone de San Pedro ne supporte que 20 % de l'effort. Le calcul de l'indice d'intensité de pêche indique également une fréquentation de la bande 10-20 m à Grand-Bassam (tableau XIIb) ; certains crevettiers recherchent en effet le poisson dans cette aire côtière quand la pêche sur les fonds à crevettes proches ne leur donne pas satisfaction.

Ensemble chalutiers-crevettiers

La répartition de l'effort par zone et par profondeur des chalutiers et des crevettiers est donc très différente. Du fait du plus grand nombre de chalutiers que de crevettiers, les intensités de pêche (tableau XIIc) sont proches de celles obtenues à partir du premier type de navire, avec une atténuation dans la bande 10-20 m de la faible et de la forte valeur des secteurs de Grand-Bassam et de San Pedro. De par l'action des crevettiers, l'exploitation des fonds de 21 à 50 m est la plus élevée dans la zone de Grand-Bassam. Au total, pour l'ensemble de la Côte-d'Ivoire, l'intensité de pêche est sensiblement la même dans les bandes 10-20 m et 21-50 m et les trois régions sont exploitées de façon homogène.

COMPARAISON DES SECTEURS DE PÊCHE

Comparaison par secteur des prises globales par unité d'effort des chalutiers

Les indices de densités relatives n'ont pas permis, lors de la standardisation de l'effort de pêche, de déceler de différence significative, dans la bande 10-50 m, entre les trois zones statistiques ivoiriennes considérées. L'utilisation des PUE moyennes annuelles standardisées obtenues, après pondération par l'effort, à partir des moyennes mensuelles, autorise une analyse plus fine.

Prises par unité d'effort sur tout le plateau (10-120 m)

À partir des valeurs de PUE des années 1968 à 1977 (tableau XIII), une nouvelle étude statistique (analyse de variance) fait apparaître les trois secteurs comme différents entre eux par les densités des populations démersales, avec des valeurs croissantes d'est en ouest.

Prises par unité d'effort dans la strate bathymétrique 10-50 m

La même analyse, appliquée aux données de cette tranche bathymétrique, met en évidence que les PUE obtenues dans le secteur San Pedro s'écartent significativement des valeurs mesurées dans les deux autres secteurs.

Prises par unité d'effort dans les strates 10-20 m, 21-50 m, 51-120 m

C'est seulement à partir de 1972 que des valeurs de PUE moyennes annuelles par zones aussi détaillées sont disponibles (tableau XIV). La zone San Pedro a, dans l'ensemble, les PUE les plus élevées, suivie de la zone Grand-Lahou, ceci pour les trois bandes bathymétriques. D'autre part, dans les zones Grand-Lahou et San Pedro, les PUE de la bande 21-50 m sont légèrement inférieures à celles des bandes 10-20 m et 51-120 m.

TABLEAU XIII
Prises par unité d'effort par strate bathymétrique, 10-120 m et 10-50 m, et par zone (kg/h)

Année		1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne
10-120 m	Grand-Bassam	152	110	141	137	115	114	140	139	129	126	130
	Grand-Lahou	155	135	144	153	121	113	139	147	141	149	140
	San Pedro	167	124	165	168	132	124	145	163	146	159	149
10-50 m	Grand-Bassam	152	111	161	155	121	115	141	139	131	137	136
	Grand-Lahou	166	136	154	164	132	111	135	147	138	140	142
	San Pedro	172	148	170	175	120	132	141	163	149	152	152

TABLEAU XIV
PUE par strate bathymétrique, 10-20 m, 21-50 m et 51-120 m, et par zone (kg/h)

Année		1972	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne
10-20 m	Grand-Bassam	-	-	-	-	-	-	-
	Grand-Lahou	148	99	144	148	142	149	138
	San Pedro	137	113	162	158	150	162	147
21-50 m	Grand-Bassam	121	114	142	139	134	137	131
	Grand-Lahou	129	122	132	146	137	136	134
	San Pedro	116	136	133	165	149	147	141
51-120 m	Grand-Bassam	129	113	128	141	115	148	129
	Grand-Lahou	156	135	146	138	148	164	148
	San Pedro	185	123	154	153	132	167	152

Comparaison des pourcentages des prises et des PUE par espèce

À partir des mêmes données (années 1968-1977), le même type d'analyse peut porter sur les prises par « rubriques » (en pourcentage) dans chaque secteur, et les PUE également par secteur et dans les bandes 10-120 et 21-50 m (tableaux XV et XVI). Il met en évidence que les valeurs des prises et des PUE sont significativement différentes dans chaque zone pour les capitaines, carpes, ceintures, friture,

TABLEAU XV
Pourcentage moyen (1968-1977) des prises par espèce dans les trois secteurs ivoiriens, et leur indice (base 100 = ensemble de la Côte-d'Ivoire)

Espèces	Pourcentage des prises			Indices moyens				χ^2
	Grand-Bassam	Grand-Lahou	San Pedro	Grand-Bassam	Grand-Lahou	San Pedro	Côte-d'Ivoire	observé
Capitaines	10,7	7,4	7,6	127	89	91	100	15,1 **
Carpes	3,5	4,7	4,9	80	107	112	100	15,8 **
Ceintures	3,6	4,2	4,7	84	99	109	100	6,7 *
Friture	18,9	16,3	14,4	113	101	88	100	7,4 *
Ombrines	17,3	18,1	21,0	90	95	108	100	8,2 *
Pageots, dorades	13,5	14,5	15,9	93	104	102	100	0,2
Raies, requins	4,8	5,9	5,5	89	107	102	100	6,2 *
Soles, turbots	7,0	7,2	6,5	104	107	97	100	3,8
Somme	79 %	78 %	81 %					

Un test de rang de Friedman est appliqué aux données. $*\chi^2_{obs} > \chi^2_{0,95}$ (6,0) ; $**\chi^2_{obs} > \chi^2_{0,99}$ (9,2).

TABLEAU XVI
Comparaisons entre secteurs ivoiriens. Valeurs du χ^2 observé (test de rang de Friedman)

Comparaisons / Espèces	(1)	(2)	(3)	
Capitaines	15,1 **	9,5 **	10,1 **	
Carpes	15,8 **	15,2 **	7,6 *	
Ceintures	6,7 *	7,9 *	8,6 *	$\chi^2_{0,90} = 4,6$ (*)
Friture	7,4 *	5,0 (*)	4,9 (*)	
Ombrines	8,2 *	6,5 *	10,4 **	$\chi^2_{0,95} = 6,0$ *
Pageots, dorades	0,2	0,7		
Raies, requins	6,2 *	13,7 **	10,9 **	$\chi^2_{0,99} = 9,2$ **
Soles, turbots	3,8	4,2	13,0 **	

(1) Pourcentage des prises (chalutiers-crevettiers) : (2) pourcentage des PUE 10-120 m ; (3) pourcentage des PUE 21-50 m.

ombrines, raies-requins. Des artefacts dus à des rejets en mer plus ou moins importants selon les zones semblent peu probables. D'une manière assez générale, le secteur de Grand-Lahou a des valeurs intermédiaires entre celles de Grand-Bassam et celles de San Pedro (tableau XV) ; on constate également que les soles sont moins abondantes à Grand-Bassam (58,0 kg/10 h) qu'à Grand-Lahou et San Pedro (90,6 et 95,1 kg/10 h) dans la bande 21-50 m. Cette importante différence n'est pas due à la nature des fonds ; on peut supposer que le canyon sous-marin du Trou-sans-Fond joue un rôle de barrière physique entre des stocks de soles (*Cynoglossus canariensis*) situés de part et d'autre. Cette diminution d'abondance paraît être la conséquence de la forte pression de pêche exercée dans la bande 21-50 m à Grand-Bassam par les chalutiers-crevettiers (tableau XII).

Rentabilité des différentes zones

Les PUE moyennes dans les trois zones statistiques présentent des différences significatives entre elles, et il en est de même de la composition par espèce des débarquements. Les prix de vente par espèce étant variables, la composition des prises peut jouer un rôle dans le choix du secteur de pêche, renforçant ou diminuant les différences d'abondance mesurées par les PUE. Les valeurs moyennes des captures par zone (tableau XVII) des années 1968 à 1977 sont très proches les unes des autres mais cependant significativement différentes d'après l'analyse statistique.

TABLEAU XVII
Valeurs moyennes des captures par zone (CFA/kg)

Zone	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne
Grand-Bassam	52	54	47	50	63	61	58	78	88	112	66,3 F
Grand-Lahou	46	47	48	56	62	61	57	78	83	112	65,0 F
San Pedro	47	50	49	59	67	65	60	81	86	112	67,6 F

TABLEAU XVIII
Indices de rentabilité par zone. La base 100 représente la valeur moyenne annuelle pour l'ensemble de la Côte-d'Ivoire

Zone	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne
Grand-Bassam	95	88	93	82	93	99	101	89	98	95	93,3
Grand-Lahou	96	104	99	104	96	98	95	98	99	98	98,7
San Pedro	109	108	108	114	111	103	104	113	103	107	108,0

Du point de vue de l'intérêt de la pêche dans les trois secteurs, en conjuguant abondance et valeurs moyennes des captures, on obtient des rendements en francs CFA par heure de pêche (bateau type de 400 ch). Des indices de rentabilité par zone sont ensuite calculés (tableau XVIII), avec, comme base 100, la valeur moyenne annuelle pour l'ensemble de la Côte-d'Ivoire. Leur analyse indique que les rentabilités sont significativement différentes entre le secteur San Pedro (indice moyen le plus élevé) et les secteurs de Grand-Lahou et de Grand-Bassam (indice moyen le plus faible).

Conclusion : répartition de la pêche et homogénéité relative des zones de pêche ivoiriennes

L'effort de pêche des chalutiers et crevettiers est réparti de manière dissemblable entre les différentes strates zone-profondeur. On sait également, d'après les enquêtes, que les plus gros chalutiers de la flottille travaillent préférentiellement dans le secteur de San Pedro lorsqu'ils pêchent en Côte-d'Ivoire, alors que les plus petits se cantonnent plutôt dans les deux autres, plus proches d'Abidjan ; en règle générale, les fonds sont d'autant plus exploités qu'ils sont plus côtiers. L'exploitation des trois régions est globalement similaire (tableau XIIc), mais chaque type de bateau, petits chalutiers (< 300 ch), grands chalutiers (> 300 ch) et crevettiers, exploite un type de fond particulier.

Des différences sont mises en évidence entre les PUE, les pourcentages par espèce et les indices de rentabilité des trois grands secteurs ivoiriens. Ces différences, établies entre des moyennes annuelles, peuvent servir à expliciter le comportement de pêche des chalutiers sur le plateau continental ivoirien.

Les chalutiers de plus de 300 ch effectuent des marées de 10 à 12 jours et les petits chalutiers, des marées de 5 à 6 jours. À partir de ces données, et connaissant les temps de route moyens pour se rendre dans chaque zone, on peut estimer le temps de pêche moyen de chaque type de chalutier quand il travaille dans un des trois secteurs ; et évaluer ensuite, d'après les indices de rentabilité par zone, l'intérêt (en moyenne) pour un chalutier de se rendre dans une zone ou dans une autre.

Par rapport aux secteurs de Grand-Lahou et de Grand-Bassam, un chalutier de puissance supérieure à 300 ch, bénéficie, dans le secteur de San Pedro, d'un indice de rentabilité moyen supérieur respectivement de 9 % et de 15 %. La perte occasionnée par les temps de route étant de 6 à 8 % du temps de pêche par rapport au secteur de Grand-Lahou, et de l'ordre de 9 à 11 % par rapport au secteur de Grand-Bassam, un chalutier de puissance supérieure à 300 ch a effectivement intérêt à aller pêcher — en moyenne — dans la zone la plus éloignée d'Abidjan. Pour un petit chalutier, la pêche dans la zone de San Pedro ne présente pas d'intérêt du fait des temps de route (perte de 12 à 17 % et de 18 à 23 %) ; les pertes et les gains s'équilibrent à peu près entre les secteurs de Grand-Lahou et de Grand-Bassam.

Malgré les différences évoquées plus haut, on peut cependant considérer, à l'échelle régionale, que les différents secteurs ivoiriens sont peuplés par des stocks homogènes de la communauté des Sciaenidae et de la communauté des Sparidae. En effet, les différences de PUE et d'indices de rentabilité entre zones sont au maximum de 11 % (PUE 10-50 m) et 15 % (PUE 50-120 m et indices de rentabilité), alors que les différences des densités relatives (PUE 10-50 m) sont de 36, de 45 et de 120 % entre l'ensemble de la Côte-d'Ivoire et les secteurs du Ghana, de Sierra Leone, de Guinée-Gambie-Sénégal (tableau VIII). On admettra donc par la suite, lors de l'évaluation des stocks par les modèles de production, et pour des raisons de simplicité, que le plateau continental ivoirien est peuplé, d'une frontière maritime à l'autre, de stocks de densités homogènes à faibles déplacements latéraux.

Estimations des biomasses et des potentiels de pêche par des méthodes synthétiques

Deux méthodes, dites globales ou synthétiques, peuvent servir à estimer les biomasses et les potentiels de pêche des stocks démersaux. La première utilise les données de campagnes expérimentales ; elle est plutôt axée sur l'évaluation des biomasses mais peut aussi, par l'intermédiaire de calculs assez empiriques, servir à l'estimation des potentiels de pêche. La deuxième méthode utilise les seules données de prises et d'efforts des bateaux de pêche.

Ces deux approches peuvent être caractérisées par leur facilité de mise en œuvre. Les campagnes de chalutage sont relativement coûteuses, mais donnent des résultats rapides à partir d'un navire de recherche. L'inconvénient des statistiques de pêche tient à la nécessité de réunir des séries de données suffisamment longues.

Les méthodes analytiques, abordées dans un paragraphe ultérieur, demandent une connaissance beaucoup plus approfondie des pêcheries et des espèces ; en contrepartie, elles permettent de prévoir l'effet des modifications susceptibles d'être apportées aux méthodes de pêche.

ESTIMATION DES BIOMASSES PAR CHALUTAGES EXPÉRIMENTAUX

Généralités

Les évaluations sont basées sur les résultats de traits de chalut standardisés (engin, durée, vitesse) supposés capturer l'ensemble, ou une partie de cet ensemble, des poissons présents au niveau du fond lors du passage de l'engin. Les quantités pêchées sont, de plus, sensées représenter l'abondance dans une zone plus vaste. L'évitement du chalut par les poissons (enfouissement, rapidité de certaines espèces ou individus, etc.) est généralement mal connu. Il faut s'en souvenir lorsque des chiffres de biomasses sont avancés et il serait en principe préférable de n'utiliser ces méthodes que comme des indices d'abondance permettant seulement de mesurer les changements relatifs d'une période à une autre.

L'importance de la variabilité intrinsèque à courte période dans le cas de récoltes par traits de chalut répétés au même endroit est déjà notée au chapitre précédent de cet ouvrage. Elle ne représente cependant en Côte-d'Ivoire qu'une faible partie de la variabilité constatée quand les traits sont aléatoires. BARNES et BAGENAL (1951) arrivent à des conclusions similaires dans l'Atlantique nord.

Les chalutages expérimentaux présentent certains intérêts particuliers par rapport à l'utilisation des statistiques de pêche des chalutiers commerciaux. Ils peuvent permettre :

— d'évaluer les biais susceptibles d'être introduits dans les évaluations d'abondance à partir des données de la pêcherie par des changements dans la capturabilité du poisson par les navires commerciaux : modifications qui peuvent être dues à une agrégation plus ou moins importante du poisson sans que l'abondance réelle varie (GROSSLEIN, 1969), ou encore issues d'améliorations techniques qui augmentent la puissance de pêche ;
— d'apprécier les rejets des chalutiers ;
— d'estimer les mortalités par classe d'âge quand l'échantillonnage au port présente des risques de biais : rejets importants ou - cas de la pêcherie ivoirienne - vente occulte de poissons de grande taille d'espèces à haute valeur marchande.

Deux types d'échantillonnage sont utilisés en Côte-d'Ivoire, un échantillonnage systématique (radiales) et un échantillonnage stratifié (campagnes de prospection).

Radiales

Cette méthode est, dans l'ensemble, moins intéressante que les campagnes de prospection ; elle ne permet pas, en particulier, de mesurer la précision des estimations (DOUBLEDAY, 1976) ; le principal avantage est la certitude de n'être en présence que d'un seul stock, avec cependant, en Côte-d'Ivoire, un intérêt supplémentaire particulier : les données de la radiale de Grand-Bassam, régulièrement visitée de mars 1966 à février 1967, avant la prolifération des balistes, constituent une base intéressante de comparaison avec celles de l'époque actuelle.

Campagnes de prospection

Échantillonnage stratifié

La technique utilisée est bien explicitée par GROSSLEIN (1969), DOUBLEDAY (1976), PENNINGTON et GROSSLEIN (1978). Deux grandes strates sont choisies : les bandes 10-50 m (communauté des Sciaeni-

dae) et 50-120 m (communauté des Sparidae). Il y a ensuite découpage en rectangles (chacun avec 10 divisions de la longueur approximative d'un trait d'une demi-heure) en fonction de la bathymétrie, facteur principal de la variabilité dans une zone donnée (CHARDY et LE GUEN, 1971 ; DOMAIN, 1980), et de la granulométrie ; on tient compte aussi des trois régions précédemment définies pour l'étude de la pêcherie : San Pedro, Grand-Lahou, Grand-Bassam. Onze grandes campagnes couvrent ainsi l'ensemble de la Côte-d'Ivoire ; les premières ont fait font l'objet de rapports (CAVERIVIÈRE et CHAMPAGNAT, 1978 et 1979 ; CAVERIVIÈRE, 1980), les données des suivantes sont disponibles au CRO d'Abidjan.

Des résultats détaillés sur les rendements totaux, à plusieurs niveaux de stratification, sont obtenus lors de la campagne CHALCI 79.01 et intéressent aussi deux espèces semi-pélagiques (*Brachydeuterus auritus* et *Balistes carolinensis*). Les coefficients de variation portant sur la prise totale sont faibles, de l'ordre de 12 % ; ils sont plus élevés dans le cas de *Balistes carolinensis* et de *Brachydeuterus auritus* (de l'ordre de 26 et 32 %). Il n'y a pas de diminution marquée quand le nombre de strates augmente (baisse maximale de 1 %).

En conclusion, la stratégie d'échantillonnage consistant à tirer au hasard un sous-rectangle sur dix paraît bien adaptée à l'étude de l'abondance globale des poissons démersaux du plateau continental ivoirien. Elle donne des coefficients de variation de la moyenne toutes espèces (tableaux XIX et XX) de l'ordre de 18 % dans la strate 10-50 m, de l'ordre de 14 % dans la strate 50-120 m et de l'ordre de 12 % sur l'ensemble du plateau, ce qui est tout à fait satisfaisant ; les coefficients sont cependant souvent plus élevés pour certaines espèces, en particulier les semi-pélagiques.

Évolution des rendements

Les tableaux XIX et XX donnent les rendements par espèce de chaque campagne, par strate bathymétrique et pour l'ensemble du plateau continental, ainsi que le total des poissons téléostéens, le total général toutes espèces et ce dernier total diminué des prises de balistes puis de balistes et de friture blanche (*Brachydeuterus auritus*). Ces espèces semi-pélagiques sont en effet responsables d'une grande part de la variabilité observée sur les totaux entre les campagnes ; par rapport aux valeurs « total général » du tableau XX, on note ainsi une très nette diminution de la variabilité lorsqu'on ne tient pas compte des données qui les concernent.

Il apparaît que les valeurs de 1984 et de 1985 sont les plus élevées de la période 1978-1986, aussi bien en saison chaude qu'en saison froide. Dans l'ensemble, on peut conclure cependant qu'il n'y a pas d'évolution marquée, compte tenu des variances, de l'ensemble du stock démersal. Quoiqu'on ne puisse se prononcer avec certitude, les rendements obtenus en 1986 dans le cas des espèces à forte valeur marchande, *Pseudotolithus senegalensis*, *Pomadasys jubelini* et *Pomadasys peroteti*, *Epinephelus aeneus*, *Cynoglossus canariensis*, *Raja miraletus*, paraissent montrer une baisse sensible (le plus souvent aussi bien en saison froide qu'en saison chaude) par rapport à la période 1978-1980. Cela est assez inquiétant et doit être mis en relation avec l'effort de pêche. Il est important que les campagnes de chalutage stratifié soient poursuivies pour confirmer ou infirmer cette évolution apparente.

ANALYSE DE LA PÊCHERIE PAR LES MODÈLES GLOBAUX

Généralités et choix du modèle

Dans un modèle global, la biomasse de la population est considérée comme une entité unique qui, à défaut de pêche, augmenterait, selon un taux déterminé par sa taille, jusqu'à un maximum compatible avec l'espace vital et la nourriture disponible dans le milieu. Quand il y a pêche, le taux d'accroissement, fonction de la biomasse B, est diminué du taux de prélèvement par pêche. En termes mathématiques, on peut écrire : $dB/dt = f(B) - FB$, avec F = coefficient de mortalité par pêche relié à l'effort standardisé par le coefficient de capturabilité q. À chaque taille de la population correspond une certaine prise équilibrée, maximale quand f(B) est au maximum. D'importants commentaires sur les modèles globaux sont donnés par PELLA et TOMLINSON (1969), SILLIMAN (1971), FOX (1974).

TABLEAU XIX

Rendements horaires (kg), par strate bathymétrique (m), des principales espèces, de groupes d'espèces et toutes espèces ;

	CHALCI 78 01 Février 1978			CHALCI 79 01 Mars 1979			CHALCI 83 01 Janvier 1983		
	10-50 N=27	50-120 N=25	10-120 N=52	10-50 N=26	50-120 N=40	10-120 N=66	10-50 N=43	50-120 N=32	10-120 N=75
Mustelus mustelus	2,0	4,4	3,5	3,7	3,2	3,4	1,8	3,1	2,6
Raja miraletus	12,0	4,0	7,1	9,7	5,6	7,2	7,3	5,3	6,1
Ilisha africana	12,2	0,0	4,8	0,7	0,0	0,3	23,8	x	9,3
Galeoides decadactylus	19,6	2,8	9,4	27,6	0,6	11,2	24,4	2,5	11,1
Epinephelus aeneus	1,7	9,3	6,3	5,9	16,3	12,2	4,1	7,8	6,3
Priacanthus arenatus	0,4	3,0	2,0	1,3	3,6	2,7	3,0	7,0	5,4
Pomadasys jubelini + *P. peroteti*	13,5	0,1	5,4	43,0	2,3	21,3	10,3	0,1	4,1
Brachydeuterus auritus	84,2	41,4	58,2	116,0	57,2	80,2	129,0	30,0	68,9
Pteroscion peli	17,4	0,2	6,9	22,6	0,0	8,8	5,5	0,3	2,3
Pentheroscion mbizi	0,0	12,6	7,7	0,2	7,4	4,5	0,0	0,0	0,0
Pseudotolithus senegalensis	22,4	0,2	8,9	43,7	0,9	17,7	24,5	5,6	13,0
Pseudupeneus prayensis	6,4	3,4	4,6	12,0	3,1	6,6	8,7	1,7	4,4
Trachurus trecae + *Decapterus* spp.	-	-	-	2,2	5,8	4,4	0,5	3,0	2,3
Selene dorsalis	3,2	2,2	2,6	1,0	x	0,4	9,5	0,8	4,3
Dentex congoensis	0,0	4,2	2,6	x	32,0	19,4	1,1	46,5	28,7
Dentex angolensis	0,0	29,0	17,6	1,2	24,6	15,4	0,2	11,5	7,1
Pagellus bellottii	51,4	57,8	55,3	55,0	57,6	56,7	36,9	49,7	44,7
Brotula barbata	0,2	8,8	5,4	0,1	2,8	1,7	0,1	3,1	2,0
Balistes carolinensis	121,0	108,0	113,0	52,7	13,7	29,0	1399,0	148,0	639,0
Trichiurus lepturus	3,2	1,4	2,1	1,2	0,2	0,6	1,6	0,2	0,7
Ariomma bondi	0,0	4,6	2,8	0,0	5,9	3,6	0,0	7,8	4,7
Cynoglossus canariensis	8,8	4,6	6,2	18,6	3,3	9,3	5,9	5,6	5,7
Total général (TG)	450	366	399	458	287	354	1735	428	941
Coef. de variation du TG (%)	16,6	24,7	15,4	17,2	18,1	12,5	18,6	21,0	14,6
Total téléostéens	412	350	374	431	271	334	1718	413	925
Total général - balistes	329	258	286	405	273	325	336	280	306
TG - balistes et friture	245	217	228	289	216	245	207	250	233

La fonction f(B) qui paraît la mieux adaptée à l'approche globale des rapports entre population et pêcherie est un cas simple de l'équation de Bernouilli (CHAPMAN, 1967 ; PELLA et TOMLINSON, 1969) :

$$f(B) = HB_t - KB_t^m$$ où H, K et m sont des constantes.

Cette équation inclut, quand m = 2, la fonction logistique dont l'emploi est développé par SCHAEFER (1954, 1957). Elle inclut également la fonction de Gompertz du modèle exponentiel (FOX, 1970) quand m tend vers 1. À partir des valeurs de prises et d'efforts, le calcul de l'équation permet de déterminer trois valeurs remarquables : le potentiel maximum moyen de capture (PMMC) ainsi que la biomasse et l'effort lui correspondant.

campagnes CHALCI de saison chaude ; N = Nombre de stations ; x = rendements inférieurs à 50 g

CHALCI 83 02 Mars-1983			CHALCI 84 01 Janvier 1978			CHALCI 85 01 Février 1985			CHALCI 86 01 Février-mars 1986		
10-50 N=43	50-120 N=39	10-120 N=82	10-50 N=37	50-120 N=40	10-120 N=77	10-50 N=26	50-120 N=41	10-120 N=67	10-50 N=25	50-120 N=36	10-120 N=61
3,1	1,4	2,1	7,0	4,0	5,1	4,3	4,1	4,2	2,3	2,9	2,7
8,3	3,4	5,3	5,2	4,7	4,9	6,0	7,2	6,7	4,1	2,3	3,0
11,7	0,0	4,6	2,4	0,0	1,0	27,9	0,0	11,0	12,7	0,0	5,0
17,2	x	6,8	42,6	1,3	17,5	38,7	1,8	16,3	30,6	0,2	12,1
7,0	9,4	8,5	10,8	17,5	14,9	10,5	13,3	12,2	5,0	10,4	8,3
2,3	8,1	5,8	34,4	34,0	34,1	2,1	6,1	4,5	13,5	9,6	11,2
4,7	0,1	1,9	6,9	0,0	2,7	18,9	0,7	7,8	7,3	0,0	2,9
95,2	3,2	39,3	267,0	10,9	112,0	124,0	31,3	67,6	80,0	27,3	48,0
3,9	0,5	1,9	2,3	0,0	0,9	2,7	0,5	1,4	3,0	x	1,2
0,5	5,7	3,7	0,5	3,0	2,0	0,1	1,1	0,7	0,1	4,7	2,9
20,7	0,2	8,2	39,6	0,2	15,6	12,1	5,2	7,9	15,1	0,0	5,9
10,8	1,9	5,4	22,3	1,7	9,8	18,7	2,5	8,8	9,2	1,9	4,7
0,9	3,6	2,5	7,3	14,4	11,6	2,9	5,2	4,3	3,8	15,3	10,5
6,1	1,1	3,1	9,4	1,0	4,3	16,1	1,7	7,4	4,4	1,5	2,6
0,0	21,7	13,2	0,1	17,5	10,7	0,0	30,2	18,3	0,0	15,1	9,2
0,3	24,1	14,8	4,2	42,3	27,4	0,0	53,0	32,2	1,3	56,8	35,0
54,4	36,6	43,6	103,0	31,3	59,3	58,4	45,2	50,4	70,3	32,8	47,5
0,1	4,1	2,6	0,1	1,9	1,2	0,0	2,6	1,6	0,1	1,5	0,9
131,0	17,5	62,0	318,0	15,4	134,0	277,0	52,3	140,0	187,0	37,1	95,4
3,4	x	1,3	0,3	0,4	0,4	1,7	0,2	0,8	0,4	0,1	0,2
x	8,9	5,4	x	7,6	4,6	x	0,3	0,2	0,2	5,6	3,5
9,5	3,0	5,6	4,4	2,1	3,0	10,5	7,0	8,4	6,8	3,6	4,8
434	220	304	945	263	531	711	349	491	500	281	367
10,9	10,9	7,8	14,5	11,1	10,6	18	12,3	11,5	16,8	9,3	10,0
413	208	288	927	250	515	690	328	470	487	270	355
303	201	242	627	248	397	435	297	351	314	244	272
208	199	203	360	237	285	310	265	283	233	217	224

Une amélioration de la méthode (GULLAND, 1961 et 1969 ; LE GUEN et WISE, 1967) propose que, dans des situations de non-équilibre, on ne fasse pas correspondre aux indices d'abondance annuels les efforts de pêche des mêmes années, mais les efforts qui, dans des conditions d'équilibre, auraient approximativement entraîné l'abondance observée. Ces valeurs sont calculées comme étant la moyenne pondérée des efforts de pêche f des années représentant le nombre k de classes annuelles contribuant significativement à la pêcherie.

Soit, si k = 3 : $f(i) = 3f(i) + 2f(i-1) + f(i-2)/6$

TABLEAU XX

Rendements horaires (kg), par strate bathymétrique (m), des principales espèces, de groupes d'espèces et toutes espèces ; campagnes CHALCI de saison froide

	CHALCI 80 01 Août - sept. 1980			CHALCI 84 02 Juillet 1984			CHALCI 85 02 Juillet 1985			CHALCI 86 03 Juillet 1986		
	10-50 N=43	50-120 N=41	10-120 N=84	10-50 N=26	50-120 N=26	10-120 N=52	10-50 N=25	50-120 N=28	10-120 N=53	10-50 N=26	50-120 N=38	10-120 N=64
Mustelus mustelus	8,8	7,9	8,3	1,8	2,6	2,3	2,0	18,8	12,2	6,1	4,4	5,1
Raja miraletus	11,1	4,8	7,3	3,4	4,0	3,8	4,6	6,5	5,8	9,2	3,9	6,0
Ilisha africana	0,6	0,0	0,2	11,9	0,0	4,7	22,6	0,0	8,9	7,5	0,1	3,0
Galeoides decadactylus	9,0	x	3,5	20,1	2,6	9,5	17,5	0,0	6,9	14,2	0,7	6,0
Epinephelus aeneus	9,5	26,9	20,1	1,4	16,0	10,3	1,8	28,3	17,9	7,5	14,7	11,9
Priacanthus arenatus	1,6	3,2	2,5	4,3	8,7	7,0	7,8	9,9	9,1	3,0	4,7	4,1
Pomadasys jubelini + *P. peroteti*	19,6	x	7,7	34,5	0,1	13,6	7,1	0,0	2,8	14,1	0,2	2,5
Brachydeuterus auritus	67,1	0,6	26,7	37,7	5,1	17,9	91,6	1,3	36,7	126,	2,7	51,7
Pteroscion peli	3,8	0,1	1,5	17,8	0,4	7,3	13,8	0,0	5,4	9,3	0,6	4,0
Pentheroscion mbizi	1,6	2,2	2,0	0,0	2,7	1,6	0,1	2,0	1,2	0,2	0,9	0,6
Pseudotolithus senegalensis	17,8	0,4	7,2	20,6	0,3	8,3	15,6	0,0	6,1	10,6	0,1	4,2
Pseudupeneus prayensis	7,5	0,4	3,2	4,1	2,7	3,3	12,8	4,1	7,5	4,1	2,6	3,2
Trachurus trecae + *Decapterus* spp.	0,3	0,5	0,4	6,1	26,1	18,2	5,6	50,4	32,8	19,8	38,5	31,2
Selene dorsalis	0,4	0,1	0,2	2,7	0,0	1,0	2,8	0,0	1,1	2,9	0,9	1,7
Dentex congoensis	0,0	21,2	12,9	0,0	36,8	22,4	0,0	12,4	7,6	0,0	23,7	14,4
Dentex angolensis	2,6	81,1	50,3	0,9	96,3	58,9	0,0	58,1	35,3	3,8	59,9	37,9
Pagellus bellottii	36,7	20,9	27,1	55,4	23,4	35,9	122,	7,6	52,5	32,9	33,2	33,1
Brotula barbata	3,9	13,3	9,6	1,3	15,0	9,6	0,0	6,3	3,8	0,0	8,9	5,8
Balistes carolinensis	31,4	1,2	13,0	3,4	1,7	2,4	28,5	2,5	12,7	5,0	21,0	14,7
Trichiurus lepturus	1,8	0,6	1,1	1,7	x	0,7	0,2	0,1	0,1	3,0	1,7	2,2
Ariomma bondi	0,0	0,3	0,2	x	2,5	1,5	0,0	2,8	1,7	0,2	2,1	1,4
Cynoglossus canariensis	11,6	2,8	6,3	17,3	7,1	11,1	3,7	1,0	2,1	10,3	4,7	6,9
Total général (TG)	301	266	280	302	413	369	451	362	397	391	300	335
Coef. de variation du TG (%)	20,8	9,1	10,2	22,1	17,9	14,1	19,0	15,9	11,2	29,3	9,6	14,4
Total téléostéens	257	246	250	275	396	348	424	317	359	360	277	309
Total général - balistes	270	265	267	298	411	367	423	359	384	386	279	321
TG - balistes et friture	203	264	240	261	406	349	331	358	348	260	276	269

C'est ce modèle qui est choisi pour traiter les données de la Côte-d'Ivoire, au moyen du programme d'ordinateur « Prodfit » (FOX, 1975).

Il ne faut cependant pas négliger les inconvénients des modèles globaux (PAULY, 1979) ni leurs limites ; entre autres, ils ne doivent être considérés comme valables que dans l'intervalle de variation des données auxquelles ils ont été ajustés (DAGET et LE GUEN, 1974).

Utilisation du modèle Prodfit

Données et traitements

Le modèle ne prend pas en considération les prises d'espèces démersales par la pêche artisanale, dont l'action sur les stocks pêchés par les chalutiers peut être négligée (CAVERIVIÈRE, 1979b). Les captures d'espèces considérées comme démersales par les sardiniers ne seront ajoutées à celles des chalutiers qu'au niveau de l'utilisation spécifique du modèle ; les pourcentages de ces captures sont nuls ou négligeables lors de l'utilisation du modèle sur des ensembles composés de plusieurs espèces.

Les conditions d'emploi du modèle paraissent remplies de manière relativement satisfaisante en ce qui concerne :

— les mortalités par pêche et le coefficient de capturabilité ; une unité d'effort de pêche doit avoir avec le temps le même effet sur les composantes du stock ; cela semble être le cas en Côte-d'Ivoire ;

— l'unicité des stocks (*cf. supra*) ; l'unité de stock pourra à la limite correspondre à des ensembles regroupant plusieurs espèces (GULLAND, 1969 ; POPE, 1978) à la condition que les mortalités par pêche se soient développées en restant dans les mêmes proportions.

Les valeurs annuelles de prise et d'effort sont traitées pour l'ensemble de la pêcherie, pour les deux communautés des Sciaenidae et des Sparidae, et pour les espèces principales. L'ensemble des données disponibles (toutes espèces) est regroupé dans le tableau XXI.

Dans les traitements, la valeur de m la plus probable est fixée comme tendant vers 1, car il est admis que la courbe dissymétrique de capture en fonction de l'effort qui en résulte décrit correctement de nombreuses pêcheries. Les valeurs de k, nombre de classes annuelles contribuant significativement à la pêcherie, sont obtenues à partir des données du tableau XXII.

Résultats

Prises et efforts totaux pour l'ensemble de la pêcherie (10-120 m)

Le programme est utilisé avec k = 2, qui paraît représenter au mieux la résultante des valeurs pour l'ensemble des principales espèces. CAVERIVIÈRE (1979b, 1982a) indique que les index de variance obtenus avec d'autres valeurs de k, k = 3 et k = 1, sont toujours légèrement supérieurs à ceux obtenus avec k = 2. Il en est de même par la suite en ce qui concerne les autres ensembles considérés. Cette valeur de k indique qu'une modification rapide des PUE moyennes suit les changements des efforts de pêche.

Le spectaculaire développement du baliste — non consommé en Côte-d'Ivoire — sur le plateau continental à partir des années 1970-1971, impose d'appliquer le modèle global à deux séries de données, de 1959 à 1970 et de 1971 à nos jours, car ce phénomène a eu des effets sur les rendements des chalutiers en espèces commercialisables (CAVERIVIÈRE, 1979b).

Période 1959-1970 : le potentiel maximum de capture est estimé (tableau XXIII) à 9 950 t pour un effort correspondant de 99 000 h de pêche d'un chalutier standard de 400 ch ayant un rendement de 100 kg/h (CAVERIVIÈRE, 1979b, 1982a). La courbe des prises équilibrées est représentée figure 3. L'effort optimal paraît excessif et son coefficient de variation élevé ; aussi doit-on préférer les résultats fournis par une méthode de calcul proche (figure 3) de celle de Prodfit : potentiel de 8 800 t pour un effort de 65 000 à 70 000 h de pêche.

Période 1971-1985 : les prises annuelles en fonction de l'effort sont reproduites figure 4. L'utilisation de Prodfit par BARD, *et al.* (1988) donne une prise maximale équilibrée de 5 800 t pour un effort de 41 000 h, le rendement correspondant étant de 114 kg/h. Les valeurs 1978-1979 ne sont pas utilisées

TABLEAU XXI

Prises (tonnes), efforts (heures de pêche) et PUE standardisée (kg/h. p.), des chalutiers-crevettiers en Côte-d'Ivoire, () = estimation

Année	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Prise	8 000	8 500	10 200	11 500	9 600	6 600	8 300	8 890	7 730	8 350	7 650	7 060	5 560	6 430
Effort	49 690	52 800	54 550	74 190	84 210	3 710	53 900	62 170	52 950	51 540	59 300	44 970	33 490	48 710
PUE	161	161	187	155	114	151	154	143	146	162	129	157	166	132
Année	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Prise	5 560	5 550	5 320	5 090	6 130	8 900	8 210	6 370	6 060	5 220	6 000	6 110	5 720	
Effort	45 700	37 760	34 320	32 840	39 550	53 940	48 010	37 690	37 180	27 740	35 390	39 900	44 000	
PUE	121	147	155	155	155	165	171	169	163	189	169	153	130	

(a) 10-120 m, chalutiers + crevettiers

Année	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Prise	8 340		7 310	5 810	5 720	4 680	5 070	3 880	4 050	4 130	4 390	4 370	6 300	5 760	5 000
Effort	56 760	(47 130)	45 150	45 360	36 420	28 540	39 940	32 310	28 340	26 490	28 340	29 450	37 500	34 150	29 240
PUE	147		162	128	157	164	157	120	144	156	155	150	168	169	171

(b) 10-50 m, chalutiers + crevettiers

Année	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Prise	540		1 060	1 810	1 280	880	1 370	1 690	1 470	1 170	680	1 740	2 600	2 460	1 370
Effort	5 410	(5 820)	6 390	13 940	8 540	4 960	8 770	13 390	9 630	7 830	4 500	10 400	16 880	13 760	8 560
PUE	100		166	130	150	177	156	126	153	149	152	167	154	179	160

(c) 50-120 m, chalutiers + crevettiers

TABLEAU XXII

Pourcentages de prise par classe d'âge (1975) et estimation de k pour les principales espèces capturées en Côte-d'Ivoire (Les pourcentages sont donnés à partir des nombres d'individus, mais les estimations de k tiennent également compte du poids moyen de chaque classe)

Espèces	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	3-4 ans	k estimé
(1) *Galeoides decadactylus*	17	55	15	< 10	2
(2) *Pomadasys jubelini*	< 10	44	45	< 10	2
(3) *Brachydeuterus auritus*	-	11	75	12-14	1-2
(4) *Pseudotolithus senegalensis*	33	50	11	6	3
(5) *Dentex angolensis*	-	15	46	31	2
(6) *Pagellus bellottii*	-	87	13	-	2
(7) *Cynoglossus canariensis*	36	50	11	< 3	2-3

TABLEAU XXIII

Prodfit (m = 1, k = 2) - Prises globales. Estimations des valeurs remarquables : Le potentiel maximum (P. max.), l'effort (F. opt.) et la PUE (U. opt.) correspondantes, la PUE originelle (U. max)., le coefficient de capturabilité (q)

Ensemble	U. max.	% erreur	U. opt.	% erreur	F. opt.	% erreur	P. max.	% erreur	q
10-120 m (1959-1970)	273	20,1	100	20,1	$99,0.10^3$	34,0	9 950	14,5	0,012
10-120 m (1971-1977)	309	13,0	114	13,0	$51,4.10^3$	16,8	5 860	4,2	0,014
10-50 m (1971-1977)	328	12,0	121	12,0	$36,6.10^3$	14,2	4 410	2,7	0,058
50-120 m (1967-1977)	201	9,4	74	9,4	$31,4.10^3$	32,9	2 330	24,0	0,007

car manifestement placées (figure 3) en dehors de la courbe « postérieure à l'apparition du baliste ». Cela peut provenir d'un biais dans la standardisation de l'effort car, ces années-là, du fait de l'interdiction de pêcher dans leurs zones habituelles situées hors de Côte-d'Ivoire, les gros chalutiers opèrent de façon régulière au-dessus du plateau continental ivoirien, avant de cesser leurs activités au début de 1980. Nous verrons plus loin qu'une autre explication peut aussi être avancée, en rapport avec les variations de l'abondance du baliste. CAVERIVIÈRE (1979b), dans la période 1971-1977, trouve un potentiel similaire avec un effort plus élevé de 25 %.

Il y a donc, entre la période 1959-1970 et la période 1971-1977, une baisse théorique du potentiel maximum moyen de capture d'environ 3 000 à 4 000 t de poissons commercialisables, les prises effectives diminuant du même ordre de grandeur. Cela en relation très probable avec l'apparition en grande quantité des balistes à partir des années 1971-1972.

D'une manière générale, il n'est pas bon, d'un point de vue strictement économique, que les prises soient au niveau du potentiel maximum moyen de capture. GULLAND (1968), GULLAND et BOEREMA (1973), définissent un niveau au-delà duquel il n'est certainement pas rentable d'augmenter l'effort de pêche. Dans le cas de la pêcherie ivoirienne, les points annuels correspondant aux deux périodes étudiées se situent aux niveaux de ces seuils. Les rares fois où ils sont franchis, l'effort est rapidement ramené à une valeur plus faible. La surpêche sur l'ensemble des stocks démersaux ivoiriens ne serait donc pas, même à courte période, supportable pour les armements, du fait des conditions économiques des pêcheries et des réactions rapides des stocks exploités. Il est toutefois satisfaisant de noter que les seuils de rentabilité des armements permettent des prises proches des prises maximales équilibrées ; la pêche s'effectue cependant sur deux grandes communautés qui peuvent avoir des niveaux d'exploitation différents.

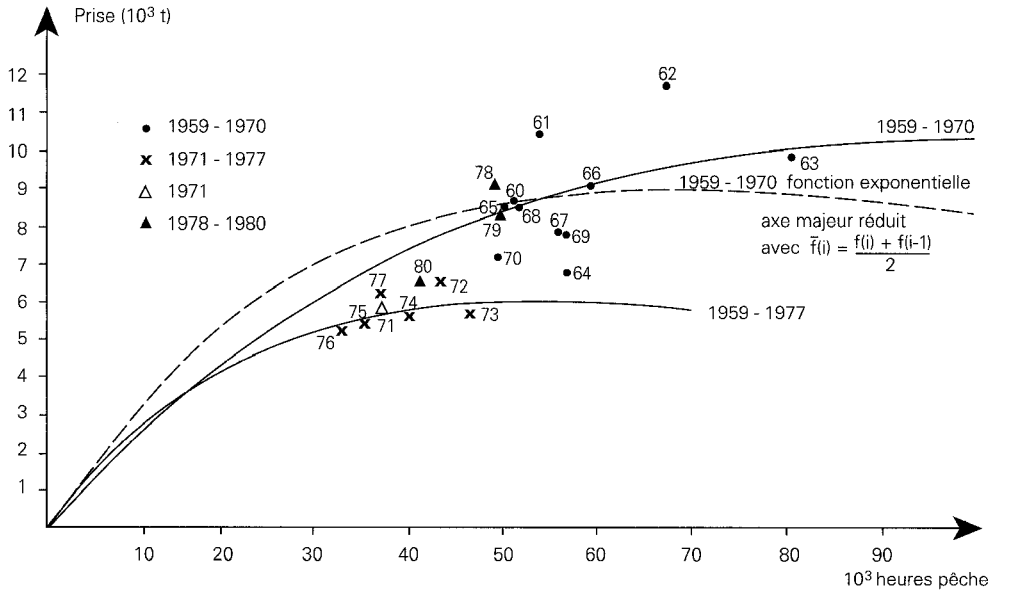


Figure 3
Courbes d'équilibre des prises 10-120 m (Prodfit, m = 1 et k = 2) et valeurs observées, périodes 1959-1970 et 1971-1977.

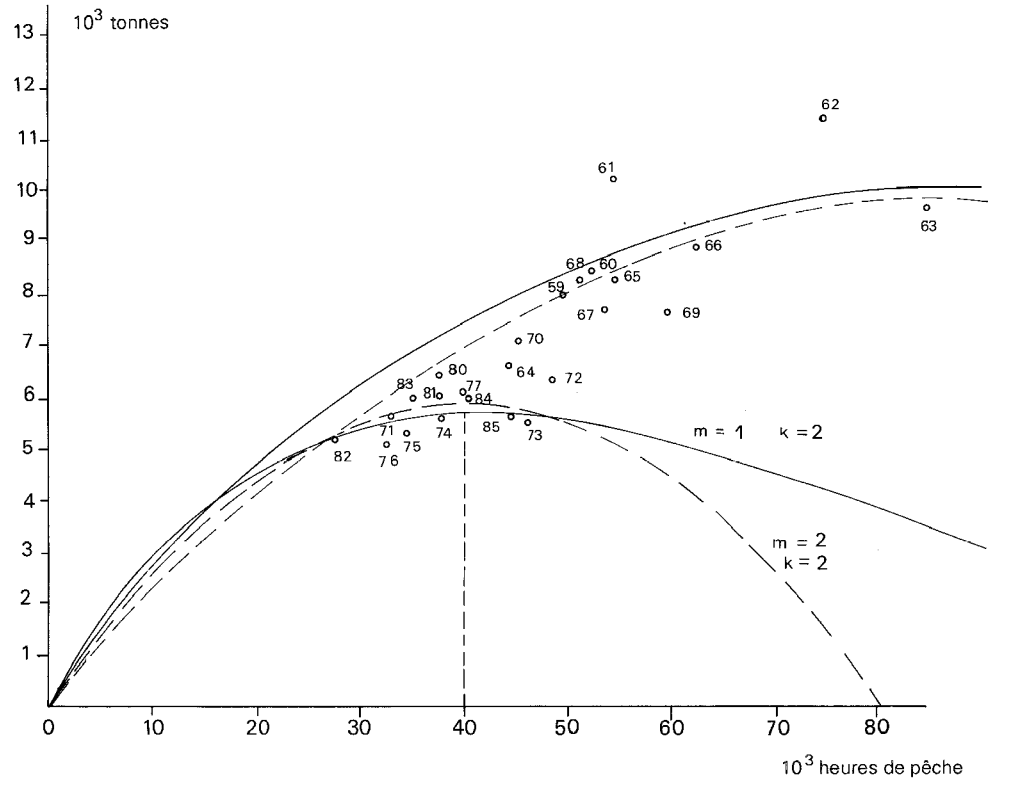


Figure 4
Courbes de production en fonction de l'effort, période 1959-1970 et période 1971-1985 pour k = 2 et deux valeurs de m (BARD *et al.*, 1988).

Prises et efforts totaux sur les deux grandes communautés

Communauté des Sciaenidae (1971 à 1977, k = 2) : à l'heure actuelle, seules les données de la période 1971-1977 « postérieure à l'apparition du baliste » sont utilisées (CAVERIVIÈRE, 1982a). Les courbes des prises et des PUE en fonction de l'effort (figure 5) indiquent des valeurs annuelles très proches des valeurs optimales (tableau XXIII), quoique plutôt en deçà, à des niveaux compatibles avec la notion du seuil économique de l'effort. Les pourcentages d'erreur sont faibles, (2,7 % en particulier pour le potentiel maximum estimé à 4400 t). Le coefficient de capturabilité q est élevé par rapport à ceux obtenus pour l'ensemble de la pêcherie (0,06 contre 0,01).

Communauté des Sparidae (1967 à 1977, k = 2) : comme il n'apparaît pas de décrochement dans la série des valeurs annuelles avant et après 1971, le modèle est appliqué à l'ensemble de la période 1967-1977. Les prises ainsi que les efforts sont de faible niveau, très variables et peuvent plus que doubler d'une année sur l'autre ; les PUE sont plus stables (figure 6). L'application du modèle global de FOX aux données de 1967 à 1977 fournit des valeurs remarquables à fort coefficient de variation (tableau XXIII). Les prises pendant cette période sont inférieures au potentiel maximum moyen de capture de 2 300 t, souvent de plus de la moitié. La PUE moyenne avec laquelle ces prises sont réalisées est d'environ le double de la PUE correspondant à Pmax ; elle est très proche des PUE obtenues dans la communauté des Sciaenidae. On peut penser qu'il s'agit d'une pêcherie limitée pour cause de rentabilité à des niveaux de prises très inférieurs à la capacité biologique du stock. Le coefficient de capturabilité q calculé par la méthode de FOX est faible (0,007). Les PUE 1978-1979 (figure 6) apparaissent anormalement élevées pour le niveau d'effort appliqué. Il faut sans doute y voir en grande partie, comme déjà indiqué, un biais provenant de l'augmentation de l'effort de pêche des gros chalutiers, particulièrement en saison froide, sur les fonds de plus de 50 m.

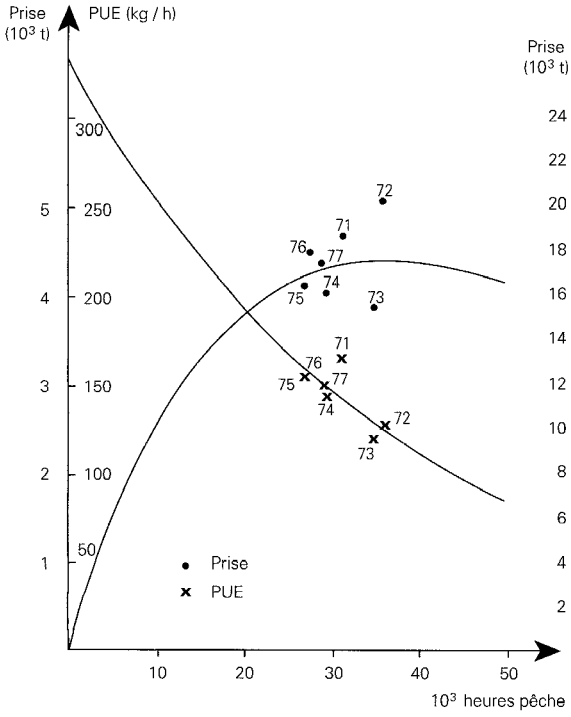


Figure 5
Courbes d'équilibre des prises et des PUE (Prodfit, m = 1 et k = 2) 10-50 m (communauté des Sciaenidae) : période 1971-1977, et valeurs observées.

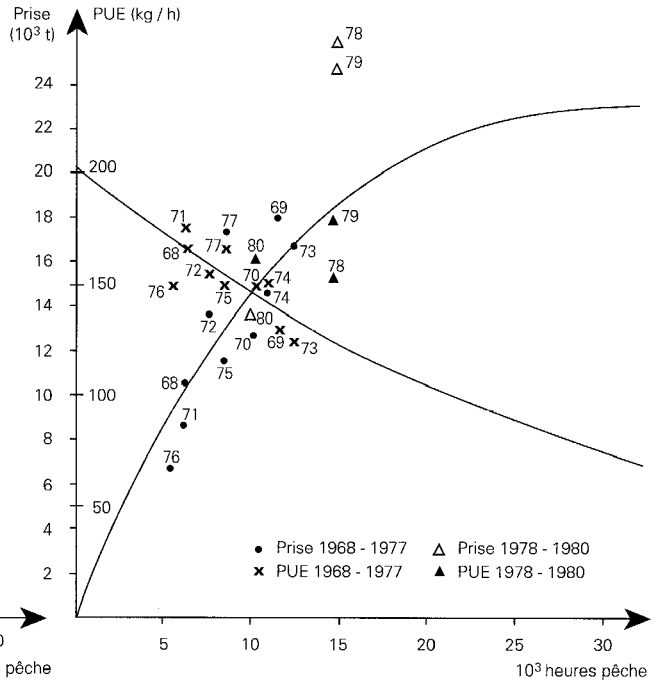


Figure 6
Courbes d'équilibre des prises et des PUE (Prodfit, m = 1 et k = 2) 50-120 m (communauté des Sparidae) : période 1967-1977, et valeurs observées.

Il faut noter en conclusion que la somme des potentiels maxima moyens de capture 10-50 m (1971-1977) et 50-120 m (1967-1977) est un peu supérieure (6 700 t) au potentiel obtenu sur l'ensemble du plateau continental (5 900 t) dans la période 1971-1977. Cette différence peut provenir de l'existence d'interactions biologiques entre les deux communautés (POPE, 1978) ; elle peut également s'expliquer plus simplement par les variances des estimations.

Prises et efforts totaux par espèces

On peut enfin tenter d'appliquer le modèle global aux stocks des principales espèces pour évaluer leur état d'exploitation. Suivant leur appartenance aux communautés des Sciaenidae ou des Sparidae, on se servira des PUE annuelles intéressant les fonds au-dessus ou au-dessous de 50 m. Un effort théorique annuel est calculé à partir de la prise totale et de la PUE sélectionnée. Les captures des sardiniers sont également prises en considération quand elles dépassent en moyenne 10 % des prises annuelles des chalutiers.

À l'essai, l'application du modèle global aux espèces principales ne donne pas de résultats satisfaisants. En effet, pour certaines espèces (capitaine, friture, sole), l'estimation des PUE n'est pas compatible avec l'évolution des efforts. Dans d'autres cas, certaines valeurs remarquables sont peu plausibles (ombrine) ou leurs écarts-types très élevés (pageot). On notera que les modèles globaux sont plus sensibles à certains biais quand ils sont appliqués à des espèces prises séparément plutôt qu'à un ensemble d'espèces ; ainsi, dans la bande bathymétrique où la PUE est sélectionnée, l'effort peut se porter sur l'espèce considérée de façon assez irrégulière suivant l'année, et, de ce fait, les variations de PUE peuvent correspondre assez mal aux variations d'abondance sur les fonds. La présence du baliste peut aussi avoir influé plus ou moins rapidement sur la stratégie de pêche à l'intérieur des strates bathymétriques, avec un effet sur les PUE des espèces.

PROLIFÉRATION DU BALISTE, SES EFFETS ET SES CAUSES POSSIBLES

Pour mieux appréhender les résultats des modèles globaux, il convient d'examiner de plus près le problème posé par la prolifération des balistes en relation avec les variations des PUE de certaines espèces et la baisse du potentiel maximum moyen de capture du stock exploité.

Évolution des indices d'abondance et des biomasses de balistes en Côte-d'Ivoire et dans les pays voisins

L'apparition massive du baliste dans les pêcheries du golfe de Guinée remonte au début de 1972. Depuis, l'évolution de la biomasse de ce stock est suivie avec attention, notamment dans la région Côte-d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin (CAVERIVIÈRE, 1988a).

Ghana

Un des meilleurs indices pour suivre l'évolution de l'abondance est fourni par les rendements en balistes des chalutiers côtiers ghanéens qui débarqueraient toutes leurs prises de cette espèce (ANSA-EMMIM, 1979). Dans l'évolution des rendements annuels (figure 7) d'après les données fournies par le *Fisheries Research Unit* de Tema (CAVERIVIÈRE *et al.*, 1981 ; KORANTENG et QUAATEY, 1988), on note une chute à partir de 1980 par rapport à la période 1975-1977, surtout si l'on considère que le fort indice de 1984 est peu fiable du fait du faible effort indiqué pour cette année. La baisse des prises est encore plus sensible, l'effort ayant diminué.

Deux campagnes d'échoprospection avec chalutages de contrôle peuvent être utilement comparées, celles du N.O. *Fridtjof Nansen* de juin 1981 (FAO, 1984) et du N.O. *Cornide de Saavedra* d'août 1986 (OLIVER *et al.*, 1986) ; les deux navires ont en effet appliqué la même méthodologie et opéré sensiblement à la même période, quand la présence du baliste est ***minimale*** sur le fond. Toute la biomasse peut, de ce fait, être considérée comme intégrée ; elle est évaluée à 314 000 t entre les fonds de 10 et 200 m (ce qui inclut toute l'aire de répartition) en 1981, soit 83 % de la biomasse totale. Ce résultat est

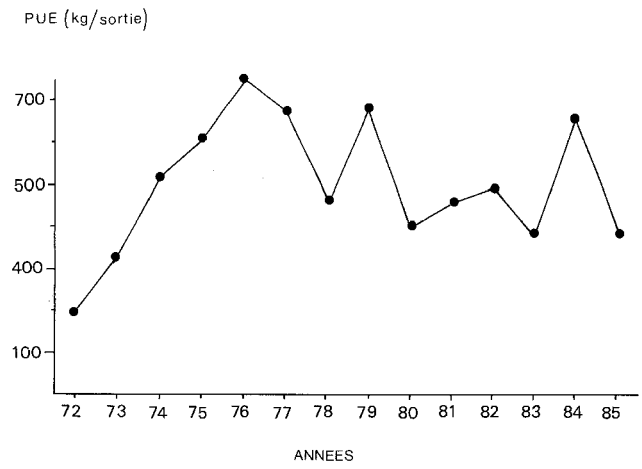


Figure 7
Évolution des rendements en baliste des chalutiers côtiers ghanéens (données FRU Tema).

à rapprocher des 295 000 t (59 % du total) estimées lors de la campagne ECHOBAL 2 (PETIT et LE PHILIPPE, 1985) du N.O. *Capricorne* de novembre 1981. La biomasse ne serait plus que de 197 000 t en 1986, soit 33 % du total.

Seules les données des campagnes de prospection par chalutage de fond du N.O. *Kakadiamaa* (KORANTENG, 1981 et 1984) portant sur des périodes annuelles (1979-1980 et 1981-1982) peuvent être comparées. On passerait d'une biomasse démersale moyenne de 92 600 t de balistes en 1979-1980, soit 59 % du total, à 79 200 t en 1981-1982, qui ne représenteraient plus que 44 % du total.

Côte-d'Ivoire

Rappelons que les balistes ne sont pas exploités en Côte-d'Ivoire ; les bateaux de pêche — chalutiers et sardiniers — évitent leurs concentrations.

Comme au Ghana, les seules campagnes de prospection par écho-intégration dont les résultats peuvent être utilement comparés, sont celles du N.O. *Fridtjof Nansen* de juin 1981 et du N.O. *Cornide de Saavedra* d'août 1986. La biomasse estimée en 1981 est de 188 000 t soit 82 % du total toutes espèces. Elle n'est plus que de 36 000 t en 1986, soit 18 % du total.

Les campagnes de chalutage réalisées en Côte-d'Ivoire de 1978 à 1986 ne permettent pas de mettre en évidence une évolution du stock de baliste au niveau du fond sur l'ensemble de la période (tableau XXIV). On notera la très forte valeur obtenue en janvier 1983, provenant probablement du fait que la campagne s'est déroulée lors du maximum de reproduction.

Togo et Bénin

La première grosse concentration de balistes est observée en mars 1972 au Togo (BECK, 1974). D'après les statistiques de capture et les rapports de plusieurs campagnes de prospection, l'espèce reste abondante dans la région (surtout au Togo) pendant les années 1970. La biomasse et la proportion des balistes sont nettement plus faibles au début des années 1980 ; l'espèce disparaît pratiquement des prises en 1985-1986.

Discussion

À partir de l'ensemble des données, on peut raisonnablement admettre (CAVERIVIÈRE, 1988a) qu'il y a diminution de la biomasse des balistes dans le golfe de Guinée ces dernières années. Cette diminution s'est tout d'abord manifestée au Bénin et au Togo, zone proche de la limite oriental de l'expansion du stock à son apogée, la rivière Dodo au Nigeria d'après ROBERTSON (1977). L'abondance du baliste baisserait dès 1976 au Togo. En 1977-1978, on en pêche encore un peu au Bénin, où il disparaît par la suite. En 1983-1984, il subsiste encore en quantités relativement faibles au Togo, le gradient de densité diminuant fortement d'ouest en est ; il n'est plus rencontré par la suite (août 1986).

TABLEAU XXIV

Indices d'abondance du baliste (kg/h) obtenus lors des campagnes de chalutage de fond du N.O. *André Nizery* en Côte-d'Ivoire (10-120 m)

Campagnes	Janvier	Février	Mars	Juillet	Août	Septembre
CHALCI 78 01 (février 78)		113				
CHALCI 79 01 (mars 79)			30,4			
CHALCI 80 01 (août-sept. 80)					12,0	
CHALCI 83 01 (janvier 83)	634					
CHALCI 83 02 (mars 83)			62,0			
CHALCI 84 01 (janvier 84)	134					
CHALCI 84 02 (juillet 84)				2,4		
CHALCI 85 01 (février 85)		140				
CHALCI 85 02 (juillet 85)				12,7		
CHALCI 86 01 (février-mars 86)			95,4			
CHALCI 86 03 (juillet 86)				14,7		

La diminution de l'abondance au Ghana et en Côte-d'Ivoire serait plus tardive, à partir de 1980-1981. D'après les données du N.O. *Cornide de Saavedra*, il semblerait que l'année 1986 voie une nouvelle baisse du stock, surtout en Côte-d'Ivoire.

Le stock de baliste de la région occidentale du golfe de Guinée serait donc en diminution, diminution qui aurait commencé par une contraction de la zone de répartition ; le phénomène est également observé au Sénégal (CAVERIVIÈRE, 1987), limite nord de répartition du stock centré sur la Guinée.

Estimation des potentiels de pêche

On peut estimer le potentiel maximum moyen de capture par la méthode approchée de GULLAND (1970) : PMMC = X.M.Bo avec Bo = biomasse du stock vierge, M = coefficient de mortalité naturelle, X = 0,5 pour le modèle de Schaefer.

Cela revient à considérer que les prises des chalutiers et sardiniers ivoiriens n'ont pas d'effet sur le stock de balistes de par un important taux de survie de ceux qui sont rejetés à la mer après leur pêche et de par l'évitement des zones à fortes concentrations de balistes. On peut obtenir une approximation de M d'après l'abaque de Tanaka (*in* ALVERSON, 1971) quand on dispose d'une évaluation de l'âge maximal. 0,4 et 0,5 ont été pris comme valeurs. À partir des biomasses évaluées lors des campagnes expérimentales, on obtient les fourchettes de valeurs suivantes :

Campagnes d'échoprospection

N.O. *Fridtjof Nansen* (juin 1981)	PMMC = 47 000 - 37 600 t
N.O. *Capricorne* (novembre 1981)	PMMC = 11 500 - 9 200 t
N.O. *Cornide de Saavedra* (août 1986)	PMMC = 9 000 - 7 200 t

Chalutage de fond

Il est assez illusoire d'estimer le potentiel de pêche d'une espèce semi-pélagique à partir de biomasses estimées par chalutage de fond. Cependant, les résultats des campagnes de saison chaude, au moment où la proportion de balistes présents sur le fond est supposée maximale, permettent d'obtenir une estimation qui peut être utile dans la discussion sur la productivité du plateau continental.

CHALCI 78 01 (janvier-février 1978)	PMMC = 3 350- 2 680 t
CHALCI 83 01 (janvier 1983)	PMMC = 20 400-16 300 t
CHALCI 84 01 (janvier 1984)	PMMC = 4 040- 3 230 t
CHALCI 85 01 (février 1985)	PMMC = 4 000- 3 200 t

Relations entre les variations de la biomasse de balistes et l'évolution des PUE des chalutiers sur d'autres espèces

La figure 8 représente l'évolution entre 1968 et 1977 des pourcentages de la PUE totale (strate 10-50 m) dans le cas des principales « espèces » commercialisables en Côte-d'Ivoire, ce qui permet de se libérer en partie des variations des PUE dues à des variations de l'effort de pêche. Les valeurs correspondant aux ombrines (*Pseudotolithus* spp.) augmentent fortement à partir de 1974 ainsi que celles des pageots (Sparidae) ; l'évolution est inverse à partir de 1972 chez la friture (*Brachydeuterus auritus*) et le rasoir (*Ilisha africana*). Des changements de moindre importance quantitative, mais dont les variations relatives n'en sont pas moins élevées, affectent, à partir de 1972-1973 les pourcentages des carpes (*Pomadasys* spp.) à la hausse et ceux des soles (Cynoglossidae) à la baisse. Le capitaine (*Galeoides decadactylus*) et les sélaciens ont les valeurs de leurs pourcentages par rapport à la PUE totale apparemment stationnaires. On peut vérifier (CAVERIVIÈRE, 1982a) que les variations observées pour une « espèce » ne sont pas essentiellement dues à l'effet de variations affectant une ou plusieurs autres « espèces ».

La baisse des rendements des captures de friture (*Brachydeuterus auritus*), malgré la diminution de l'effort de pêche, pourrait être liée à la prolifération du baliste ; les deux espèces sont semi-pélagiques et

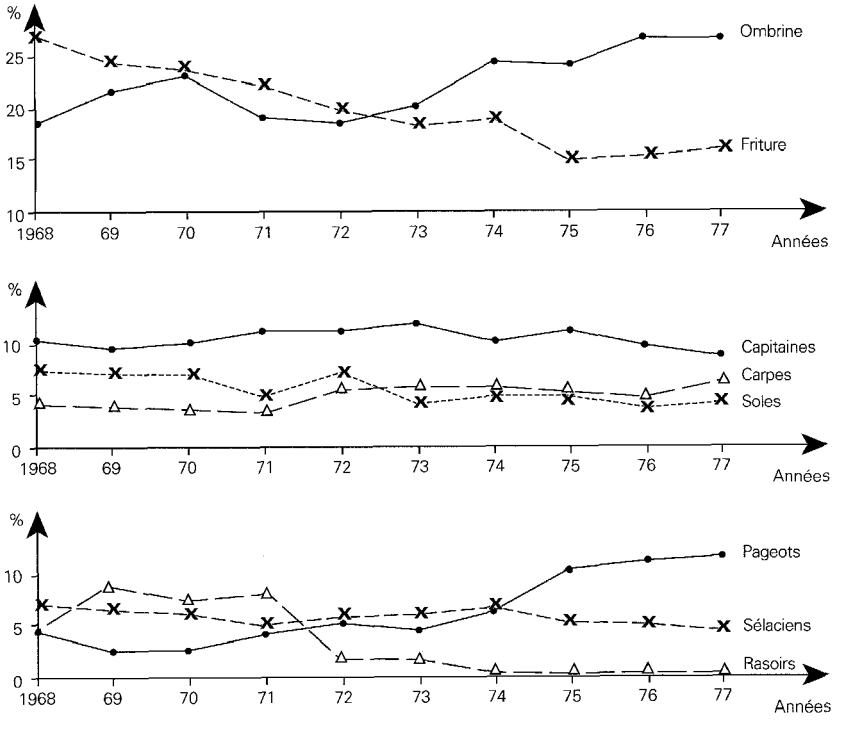


Figure 8
Pourcentages de la PUE totale dans la bande bathymétrique 10-50 m attachés aux principales « espèces » commercialisables en Côte-d'Ivoire.

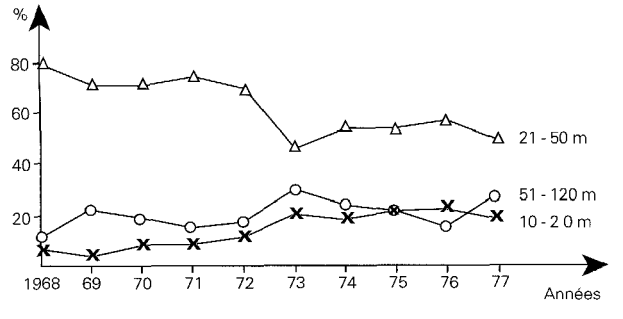


Figure 9
Pourcentages de l'effort annuel des chalutiers par bandes bathymétriques.

l'aire de distribution du baliste recouvre presque entièrement celle de *Brachydeuterus auritus*. L'augmentation des rendements des ombrines et des carpes est probablement due en grande partie à une diminution de l'effort déployé par l'ensemble de la flottille ivoirienne, ainsi qu'à une possible répartition différente de son application. L'accroissement des PUE des pageots sur les fonds inférieurs à 50 m, alors que leurs pourcentages ne montrent pas de tendance marquée à la hausse ou à la baisse dans les profondeurs supérieures — beaucoup plus représentatives de la famille des Sparidae — pourrait être en relation avec un déplacement de l'activité des chalutiers travaillant dans une proportion plus grande sur la bordure profonde de la bande bathymétrique 10-50 m. L'évitement par les chalutiers des fonds où se rencontrent les fortes concentrations de balistes est visible sur la figure 9 représentant le pourcentage de l'effort annuel déployé par les chalutiers (non compris les crevettiers) sur trois strates bathymétriques : une forte diminution des pourcentages de l'effort sur les fonds de 21-50 m est observée à partir de 1973, ainsi qu'une augmentation corrélative sur les fonds encadrant cette strate. Cela pourrait aussi expliquer le déclin des prises de soles cynoglosses dont l'espèce la plus abondante (*Cynoglossus canariensis*) a la même distribution bathymétrique que le baliste et serait donc moins exploitée.

En définitive, les changements observés dans les PUE de certaines espèces démersales capturées par les chalutiers ivoiriens ne sont pas antérieurs à l'arrivée des balistes ; ils pourraient plutôt être considérés comme une conséquence de ce phénomène.

Causes possibles de la prolifération du baliste

La prolifération du baliste a comme origine la région ivoiro-ghanéenne ; trois types de causes possibles peuvent être retenues (Caverivière *et al.*, 1981).

Actions directes ou indirectes de changements dans les conditions du milieu

La prolifération du baliste pourrait être la conséquence de modifications du milieu discernables par des mesures quantitatives simples, telles celles relevées au niveau des stations côtières du Ghana et de Côte-d'Ivoire. On note, après examen des données 1966-1977 de la station côtière située au large d'Abidjan, qu'il y a globalement une baisse de la température pendant les années 1970 et, de manière plus visible, une hausse de la salinité moyenne ; cette évolution serait en rapport avec le déficit global des précipitations sur l'Afrique. Malheureusement, l'évolution ne peut plus être suivie après 1977 (Caverivière, 1988a). L'apparition du baliste dans la région ivoiro-ghanéenne a, en outre, plus ou moins coïncidé avec une diminution importante des biomasses de zooplancton et des changements dans sa composition : diminution de l'abondance relative du copépode *Calanoides carinatus* (FRU/CRO/ORSTOM, 1976). Binet (1982), indique que le débit des fleuves et l'abondance en plancton remontent à partir de 1978.

Une étude très récente (Mahé, 1987) portant sur la variabilité des apports hydriques continentaux dans le golfe de Guinée, fournit des données complémentaires et plus vastes sur le débit des fleuves et la dessalure. Elle porte sur 13 fleuves se déversant entre la Côte-d'Ivoire et le Congo. La figure 10 présente les variations de l'ensemble des débits des fleuves par rapport à la moyenne 1944-1986 et la figure 11 celles des fleuves de la région Côte-d'Ivoire-Bénin uniquement. Les deux séries de variations sont très proches l'une de l'autre. L'apparition massive du baliste fin 1971 - début 1972 correspond à une réduction brutale de l'hydraulicité moyenne en 1971. La diminution de son abondance dans la région, qui semble apparaître en 1986, peut correspondre à la remontée des débits en 1985-1986. Les débits proches de la moyenne de 1979-1980 peuvent, ***dans une certaine mesure***, être mis en relation avec la baisse relative de l'abondance apparente du baliste notée en 1980-1981 dans les rendements des petits chalutiers côtiers ghanéens et en 1981 (par rapport à 1979-1980) dans les prises du N.O. *Kakadiamaa* au Ghana. De même, ils peuvent être liés à la position haute (au niveau de la courbe d'avant la prolifération du baliste) des points 1978 à 1980 du modèle global appliqué à la Côte-d'Ivoire.

Une autre information sur l'influence de la salinité est donnée par Caverivière *et al.* (1981). Une importante dessalure est mise en évidence devant la Sierra Leone lors de la campagne du N.O. *Capricorne* de novembre-décembre 1978 et le tracé en surface de l'isohaline 28 ‰ concorde assez bien avec la limite

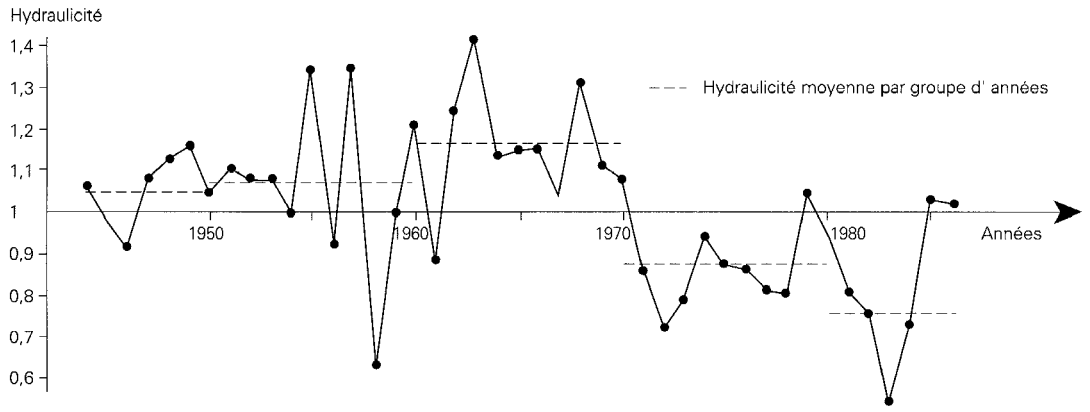


Figure 10
Hydraulicité moyenne des 13 fleuves étudiés (*in* MAHÉ, 1987), situés entre la Côte-d'Ivoire et le Congo.

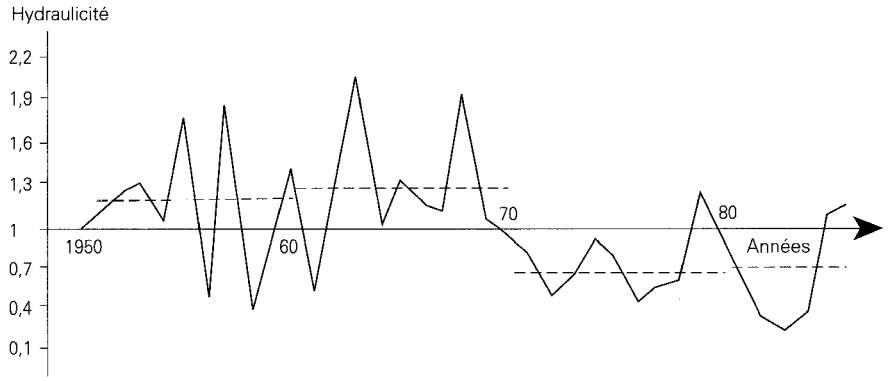


Figure 11
Hydraulicité moyenne pour 4 fleuves de la région Côte-d'Ivoire - Bénin (*in* MAHÉ, 1987).

des faibles densités de balistes observées à l'intérieur d'une zone où les autres conditions du milieu, telles la température et la profondeur, paraissent favorables à l'espèce. Les très jeunes balistes, qui vivent près de la surface au-dessus du plateau continental, pourraient être sensibles à la dessalure des eaux, ce qui nuirait au recrutement.

Bien qu'il soit prématuré de parler de relation de cause à effet entre les phénomènes de sécheresse en Afrique de l'Ouest et de prolifération du baliste, on doit insister sur leur coïncidence. La modification du milieu pourrait avoir favorisé directement ou indirectement le développement du baliste : actions négatives sur d'autres espèces avec lesquelles il peut plus ou moins entrer en compétition, décharges plus faibles des fleuves agissant sur la transparence des eaux, la composition et la richesse planctonique (BINET, 1977). Rappelons, en ce qui concerne la salinité et la transparence, que la plupart des représentants mondiaux de la famille des Balistidae fréquentent habituellement des régions favorables à la vie corallienne, dont les eaux sont relativement claires et salées.

Modifications importantes de l'abondance d'espèces « concurrentes »

Les principales modifications observées sur les prises et les rendements d'autres espèces, à l'époque de l'apparition massive du baliste, concernent les sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) et la friture (*Brachydeuterus auritus*). Il s'agit d'espèces pélagiques et semi-pélagiques, quantitativement beaucoup plus importantes que les espèces démersales.

La sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) est principalement capturée au large du Ghana, où est centré le stock (FRU/CRO/ORSTOM, 1976 ; FAO/COPACE/PACE, 1979). En 1972 est réalisée une prise très élevée ; les pêches portent principalement sur une cohorte née en 1971 qui présenterait une disponibilité exceptionnelle vis-à-vis des engins de pêche et plus particulièrement des pirogues ghanéennes ; la surpêche sur des individus immatures expliquerait la quasi-disparition de l'espèce jusqu'en 1976.

Le stock de « hareng » (*Sardinella maderensis*), centré sur la Côte-d'Ivoire, apparaît également, d'après les données de prises et de PUE, en état de surpêche en 1972 (CAVERIVIÈRE, 1979b).

Les prises de friture (*Brachydeuterus auritus*) des sardiniers sont beaucoup plus importantes que celles des chalutiers (CAVERIVIÈRE, 1982a). Les PUE des sardiniers décroissent à partir de 1969 ainsi que celles des chalutiers (le phénomène est moins net pour ces derniers, une baisse brutale ne se produisant qu'en 1972), et un palier minimal est atteint en 1973. Une remontée est notée à partir de 1976 pour les senneurs, et plus tardivement pour les chalutiers (1978). L'évolution est à peu près similaire au Ghana.

De fortes ou bonnes abondances de clupéidés sont donc observées en même temps que les premières grosses concentrations de balistes. De ce fait, la surpêche en 1972 sur les deux espèces de sardinelles ne paraît pas être une cause de l'accroissement de biomasse du baliste. Cependant les conséquences, les années suivantes, de la surexploitation des deux principaux stocks de pélagiques côtiers de la région ont probablement favorisé le développement du stock de balistes. La compétition directe ou indirecte (nourriture, espace vital) avec *Brachydeuterus auritus*, espèce présentant écologiquement le plus de similitude avec le baliste, est peut-être plus étroite. La vraisemblable surexploitation de l'espèce peut avoir contribué à favoriser le premier accroissement de biomasse du baliste.

Robustesse du baliste

Le baliste est souvent rejeté à la mer après sa prise. Or, ce poisson est extrêmement résistant à la capture et à l'émersion. Cette robustesse, permettant une appréciable survie après la pêche et le rejet, a pu aider à sa prolifération. Notons cependant que la première apparition massive de l'espèce a lieu au Ghana où une grande partie des prises de balistes n'est pas rejetée.

Conclusion

En définitive, si l'on ne peut mettre en évidence, ***de façon sûre***, les causes de la prolifération de *Balistes carolinensis* dans le golfe de Guinée, il est probable que des modifications du milieu (et le rôle de la dessalure apparaît important), agissant de manière directe ou indirecte, en soient à l'origine. La surexploitation d'autres espèces ne paraît pas responsable du premier accroissement de biomasse, mais le phénomène a pu favoriser par la suite un développement accru du baliste, notamment dans le cas de *Brachydeuterus auritus* qui est également une espèce eurybathe semi-pélagique, et d'autant plus que le baliste est souvent rejeté en mer après la pêche et qu'il fait preuve d'une bonne résistance à l'émersion. C'est probablement une conjonction de tout ou partie des facteurs examinés ci-dessus qui est à l'origine de cette prolifération.

L'apparition massive du baliste sur le plateau continental ivoirien a eu des effets sur l'abondance de nombreuses espèces démersales et sur la répartition de l'effort de pêche des chalutiers. La diminution globale pendant la période 1971-1985 du potentiel maximum moyen de capture des espèces commercialisées par les chalutiers, en relation avec la présence sur les fonds de *Balistes carolinensis*, peut être estimée à environ 3 000 t. La baisse provient essentiellement de certaines espèces de la communauté des Sciaenidae. Cette diminution de biomasse peut être comparée aux potentiels maxima moyens de captures de balistes, calculés à partir des données des campagnes CHALCI 78 01, 83 01, 84 01, 85 01, et qui sont le plus souvent supérieurs car ils correspondent à la période la plus favorable à la présence des balistes sur le fond. Cela peut suggérer que la productivité du plateau continental n'a guère varié à la suite de la prolifération du baliste.

COMPARAISON DES RÉSULTATS DES MODÈLES GLOBAUX AVEC CEUX DES CHALUTAGES EXPÉRIMENTAUX

D'autres séries de données que les statistiques de pêche des chalutiers industriels peuvent servir à estimer de manière approchée, par des méthodes semi-quantitatives, les biomasses démersales globales et les potentiels maxima moyens de capture du plateau continental ivoirien. On dispose en effet des résultats de un an de pêches au chalut (1966-1967) sur la radiale de Grand-Bassam, avec une périodicité mensuelle, et des campagnes de chalutage de 1978 à 1986. Les deux types de données — radiales et campagnes de chalutages stratifiés — présentent des inconvénients si on les utilise à l'évaluation des biomasses. On peut noter les causes d'erreurs inhérentes à l'estimation de l'aire balayée en une heure par le chalut (ouverture horizontale) ; il faut leur ajouter les pertes dues à l'évitement qui peuvent être compensées par l'observation que c'est la distance entre les panneaux qui devrait être prise en compte (WARDLE, 1986). Notons encore que les chalutages ont eu lieu de jour. Les rendements moyens (prise totale - baliste) par strate bathymétrique sont calculés à partir des données de la radiale et des trois premières campagnes (deux campagnes en saison chaude et une en saison froide) dont les moyennes sont censées représenter l'année (tableau XXV). En effet, les résultats tirés des deux types de données peuvent être comparés à ceux des modèles globaux dans la mesure où ils paraissent cohérents ; ils peuvent aussi donner des précisions sur l'importance des espèces non commercialisées. Les chaluts utilisés ont un maillage du cul identique à celui des chalutiers locaux et les campagnes 1978-1980 peuvent être considérées comme appartenant à une période de relativement faible abondance de balistes.

Les biomasses calculées à partir des rendements horaires moyens, de l'aire balayée par le chalut et des superficies des strates bathymétriques, sont données dans le tableau XXVI. Il est possible d'écrire (GULLAND, 1970) : Cmax (ou PMMC) = F . Bmax ; et comme chez une majorité de stocks, on observe qu'au niveau du maximum de production le coefficient de mortalité par pêche (F) est assez proche du coefficient de mortalité naturelle (M), on obtient : PMMC = M . Bmax.

On peut donc calculer le PMMC si l'on admet que l'on se trouve dans un état voisin du maximum de production, ce qui paraît le cas en 1966-1967 et en 1978-1979 dans l'ensemble de la pêcherie et dans la strate 10-50 m. En ce qui concerne la strate 50-120 m, on calcule le PMMC théorique dans les cas où la biomasse estimée représente soit la biomasse du stock vierge Bo (PMMC = 0,5 . M . Bo), soit Bmax. La valeur de M est prise égale à 0,4 (DOMAIN, 1979) et les résultats donnés dans le tableau XXVII.

Les PMMC calculés dans la strate 10-50 m par la méthode semi-quantitative — qui admet implicitement un niveau maximal de l'effort appliqué à toutes les espèces — sont très proches des 6 500 t obtenues à partir des modèles globaux (par différence entre les valeurs dans les strates 10-120 m et 50-120 m puisqu'on ne dispose pas d'assez de points pour utiliser le modèle global Prodfit) qui représentent les conditions d'exploitation, l'effort pouvant se porter préférentiellement sur certaines espèces et sous-strates. Cela confirme que la communauté des Sciaenidae est pleinement exploitée avec peu de rejets, et qu'il n'y a guère d'amélioration à attendre d'une modification de l'effort de pêche à l'intérieur de la strate 10-50 m.

TABLEAU XXV
Prise moyenne horaire (sans balistes) lors des radiales Grand-Bassam et des campagnes CHALCI

	Radiale Grand-Bassam (1966-67)	Moyenne CHALCI (1978-80)
10-50 m	299 kg/h	364 kg/h
50-120 m	203 kg/h	284 kg/h
10-120 m	257 kg/h	316 kg/h

TABLEAU XXVI
Biomasses démersales calculées à partir des prises moyennes horaires de la radiale de Grand-Bassam et des campagnes CHALCI

	Superficie	Radiale Bassam (1966-67)	Moyenne CHALCI (1978-80)
10-50 m	4 800 km^2	15 600 t	17 700 t
50-120 m	7 030 km^2	15 500 t	20 200 t
10-120 m	11 830 km^2	31 100 t	37 900 t

TABLEAU XXVII
Potentiels maxima moyens de capture (tonnes) par strates pour trois types de données (voir texte)

		Prodfit (1959-1970)	Radiale Bassam	Campagnes CHALCI
10-50 m		(6 500)	6 250	7 100
	Bo		3 100	4 050
50-120 m		2 350		
	Bmax		6 200	8 100
10-120 m		8 800	13 200	15 200

Les conclusions sont différentes, comme l'on peut s'y attendre, dans le cas des strates 50-120 m et 10-120 m : les valeurs obtenues par la méthode semi-quantitative sont supérieures à celles fournies par Prodfit ; cela même si la biomasse prospectée de la strate 50-120 m est considérée comme vierge, ce qui n'est évidemment pas la réalité. Dans cette zone, la différence provient de ce que les mises à terre portent essentiellement sur les espèces de la famille des Sparidae, alors que d'autres espèces quantitativement importantes ne sont pas ou peu commercialisées (*Brotula barbata*, *Pentheroscion mbizi*, *Priacanthus arenatus*, *Uranoscopus* spp.) ; le fait que l'exploitation de la strate soit épisodique joue peut-être également pour partie. Pendant la période 1967-1977, le taux d'exploitation n'est pas à son niveau optimal et le PMMC doit donc se situer entre les valeurs estimées à partir d'une biomasse prospectée supposée égale à Bo ou à Bmax. On prendra l'intervalle 4 000-7 000 tonnes comme représentatif du PMMC 50-120 m toutes espèces, soit environ le double de celui calculé par Prodfit à partir des débarquements des chalutiers ivoiriens.

CONCLUSIONS

L'application d'un modèle global (Prodfit) aux données statistiques de la pêcherie chalutière opérant au large de la Côte-d'Ivoire permet — après séparation de certaines d'entre elles en deux périodes du fait de l'invasion des fonds côtiers par le baliste à partir de 1971 — d'évaluer les courbes de production équilibrée, et les potentiels maxima moyens de capture correspondants, de l'ensemble des deux communautés sur lesquelles s'exerce la pêche et de chacune d'elles. Les PMMC obtenus par la méthode semi-quantitative sont cohérents avec les valeurs calculées par Prodfit, ce qui paraît affermir mutuellement la fiabilité que l'on peut accorder aux résultats fournis par chacune des deux méthodes, malgré la variabilité des données et les multiples causes possibles de biais. Cette cohérence provient sans doute du fait que les chalutages expérimentaux sont réalisés par des navires très proches (taille et train de pêche) des chalutiers locaux et que les fonds de Côte-d'Ivoire présentent *grosso modo* une bonne homogénéité sur le plan des répartitions d'abondance des espèces démersales. L'ensemble des résultats concernant les PMMC et les productivités — terme que l'on définira comme étant le potentiel maximum moyen de capture ramené à une unité de surface — correspondantes sont réunis dans le tableau XXVIII. Le stock côtier a vu sa productivité relative aux espèces commercialisables baisser de 1,3-1,5 t/km^2 à 0,9 t/km^2 après l'arrivée des balistes ; il peut être considéré comme pleinement exploité à l'exception de cette dernière espèce dont la prolifération est récente, et qui ne fait pas l'objet de mises à terre en Côte-d'Ivoire. Le stock plus profond (communauté des Sparidae) présente une productivité (0,3 t/km^2) très nettement inférieure à celle de la communauté des Sciaenidae. De plus, jusqu'à nos jours (hormis 1978-1979), le PMMC correspondant à cette productivité n'a pas été atteint, très probablement pour des raisons économiques : les rendements obtenus sur les pageots ne pouvant concurrencer qu'en saison froide les rendements réalisés sur la communauté des Sciaenidae. La productivité de la strate 50-120 m peut être améliorée si toutes les espèces sont commercialisées, mais, même dans ce cas, elle n'atteindrait pas celle de la strate 10-50 m ; la prise maximale serait cependant proche de celle obtenue sur le stock côtier, du fait de la plus grande superficie de la bande 50-120 m. Le potentiel commercialisable sur l'ensemble du plateau continental

(10-120 m) diminue avec l'apparition massive du baliste, d'une valeur supposée correspondre en gros à la baisse estimée pour le stock côtier. Le potentiel biologique maximal (sans balistes) est de l'ordre de 13 000-15 000 t et correspond à une productivité globale sur le plateau de 1,1-1,3 t/km^2 ; la prise en compte des balistes peut l'augmenter quelque peu.

Les modifications « récentes » de l'écosystème nécessitent d'accentuer les recherches sur la biologie et l'écologie de *Balistes carolinensis*, ainsi que sur ses relations avec les autres espèces.

TABLEAU XXVIII

Productions et productivités potentielles estimées par le modèle global (Prodfit) et les campagnes de prospection (radiale Grand-Bassam et campagnes CHALCI, balistes exceptés), à plusieurs périodes

	Modèle global Potentiel biologique espèces commercialisées		Radiales et prospections Potentiel biologique toutes espèces (sauf balistes)	
Strate bathymétrique	Prodfit (1959-1970)	Prodfit (1971-1977)	Rad. Bassam (1966-1967)	Camp. CHALCI (1978-1980)
10-50 m (4 800 km^2)	(6 500 t) 1,4 t/km^2	4 400 t 0,9 t/km^2	6 250 t 1,3 t/km^2	7 100 t 1,5 t/km^2
50-120 m (7 030 km^2)	2 350 t 0,3 t/km^2		4 000 - 7 000 t 0,6 - 1,0 t/km^2	
10-120 m (11 830 km^2)	8 800 t 0,7 t/km^2	5 900 t 0,5 t/km^2	13 200 t 1,1 t/km^2	15 200 t 1,3 t/km^2

Recrutement et mortalités

L'état d'une population exploitée à un moment donné est sous la dépendance de deux facteurs principaux :

— la taille à laquelle les poissons entrent dans la pêcherie et l'importance de ces entrées ;

— les mortalités subies par les diverses classes d'âges.

RECRUTEMENT

GULLAND (1969) écrit : « Le recrutement est le processus par lequel les jeunes poissons entrent dans l'aire exploitée et peuvent être capturés par les engins de pêche. » L'arrivée des jeunes dans l'aire de pêche ne paraît donc pas suffire pour qu'il y ait recrutement. Lorsque les pré-recrues se trouvent sur les lieux de pêche, le recrutement dans la pêcherie dépendra seulement de la taille des mailles des culs de chalut, de leur sélectivité.

Présence des pré-recrues dans l'aire de pêche

Au Congo, les chalutages à partir des fonds de 10 m avec un double cul à petites mailles ont permis à FONTANA (1979) de conclure qu'une grande partie des juvéniles de plusieurs espèces de la communauté des Sciaenidae n'est pas présente sur ces fonds. Ces juvéniles ne seraient pas pélagiques et il y en aurait peu dans les milieux estuariens et lagunaires de Côte-d'Ivoire et du golfe de Guinée en général (GRAS, 1961 ; LOUBENS, 1966 ; ALBARET, *comm. pers.*). Selon FONTANA, les nurseries seraient vraisemblablement très côtières, entre 0 et 10 m, de préférence au voisinage des débouchés de lagunes ou d'estuaires puisque les géniteurs semblent s'y rassembler au moment de la ponte. Cette hypothèse est vérifiée dans les prises des sennes de plage au Togo (BECK, 1977) et en Côte-d'Ivoire (BOUBÉRI, *comm. pers.*) dans le cas de *Brachydeuterus auritus*. Ces filets ne capturent cependant guère de juvéniles d'autres espèces démersales, mais leur rayon d'action est loin d'atteindre les 10 m de profondeur.

Quoi qu'il en soit, FONTANA (1979) montre qu'au Congo la courbe d'arrivée des juvéniles d'espèces de petite taille dans l'aire de pêche précède la courbe de sélectivité pour le maillage de 40 mm, de telle sorte que la courbe théorique d'entrée dans les prises (combinant les deux premières courbes) ne dépend pratiquement que de celle de sélectivité chez les espèces étudiées (figure 12). Ce n'est cependant pas le cas de *Pseudotolithus typus* et de *Pseudotolithus elongatus*, qui peuvent atteindre de très grandes tailles et font partie de la forme estuarienne de la communauté des Sciaenidae, peu représentée en Côte-d'Ivoire. Le décalage entre courbe de sélectivité et courbe théorique d'entrée dans les prises n'est pas très important chez *Pseudotolithus senegalensis* et *Galeoides decadactylus*.

En conclusion, on peut considérer que les effets d'une augmentation de maillage en Côte-d'Ivoire sur les structures de taille des individus pêchés doivent être, dans la plupart des cas, directement estimés, par rapport à la situation actuelle, à partir des courbes de sélectivité.

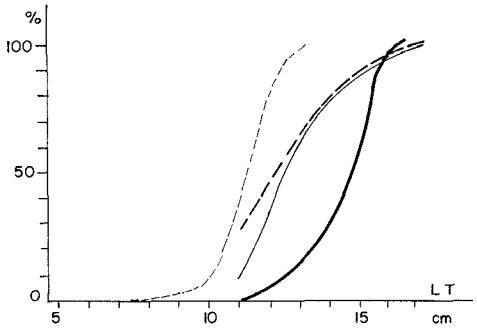


Figure 12
Pteroscion peli au Congo : différentes courbes de recrutement (d'après FONTANA, 1979). De gauche à droite, courbe de recrutement dans l'aire de pêche ; courbe de sélectivité (40 mm de vide de maille) ; courbe théorique d'entrée dans les prises ; courbe observée d'entrée dans les prises.

Sélectivité des chaluts vis-à-vis des principales espèces

Il est établi de longue date que la fuite des poissons entrant dans un chalut a surtout lieu à travers la poche terminale (GULLAND, 1969). La sélectivité d'un chalut peut donc être estimée en mesurant le nombre de poissons de chaque taille retenu par le cul par rapport au nombre qui y pénètre ; un double cul à petites mailles, dont les avantages et les inconvénients sont examinés par POPE (1966), est couramment utilisé pour étudier la sélectivité.

La sélectivité peut être représentée, pour simplifier, par la valeur L50, taille à laquelle 50 % des poissons sont retenus dans la poche terminale, quand la courbe présente une certaine symétrie, ce qui est généralement observé. D'autre part, il existe toujours une bonne corrélation linéaire entre la capacité d'échappement d'un poisson d'une certaine taille et la dimension de la maille du cul de chalut (POSTEL, 1973), d'où la relation : $L50 \approx LC = b \cdot m$, avec LC = longueur moyenne de sélection, b = coefficient de sélectivité, m = maillage.

Cette formule donne la possibilité d'estimer la longueur moyenne de sélection pour toutes dimensions de maille quand on a évalué le coefficient moyen de sélectivité à partir de quelques expériences menées avec un petit nombre de maillages différents. Le tableau XXIX donne les résultats obtenus au Congo (FONTANA et M'FINA, 1974 ; FONTANA, 1979) et au Sénégal (FRANQUEVILLE et LHOMME, 1979) avec des engins similaires à ceux utilisés par la flottille chalutière ivoirienne et pêchant dans des conditions identiques.

Variations du recrutement

La méthode décrite par SVARDSON (*in* KEMPE, 1962) et par FONTANA (1979) pour évaluer les variations interannuelles du recrutement permet d'estimer la « force » d'une classe d'âge annuelle. La figure 13 présente les résultats obtenus à partir de mensurations au port de 1975 à 1980, ceci pour les sept principales espèces capturées sur le plateau continental ivoirien. Les dispersions des points par rapport à l'unité apparaissent comme relativement faibles, surtout si on les compare à celles obtenues pour des espèces pélagiques (FONTANA, 1979). Nous considérerons donc le recrutement des espèces démersales comme constant, suivant en cela TROADEC (1971) pour les *Pseudotolithus senegalensis* du Congo et FONTANA (1979) pour les *Galeoides decadactylus*, *Pentanemus quinquarius*, *Pteroscion peli*, *Pseudotolithus typus* et *Pseudotolithus senegalensis* de la même région.

TABLEAU XXIX

Valeurs des coefficients moyens de sélectivité (b) obtenus au Sénégal et au Congo dans des conditions de pêche identiques à celles observées en Côte-d'Ivoire. D'après FRANQUEVILLE et LHOMME (1979), FONTANA et M'FINA (1974)

Espèces	Sénégal	Congo	Moyenne
Arius sp.	2,09	2,49	2,29 (LF)
Ilisha africana	2,47		2,47 (LF)
Pentanemus quinquarius		2,60	2,60 (LF)
Galeoides decadactylus	2,44	2,68	2,56 (LF)
Brachydeuterus auritus	2,26	2,50	2,38 (LF)
Pteroscion peli	2,23	2,59	2,41 (LF)
Pseudotolithus elongatus		3,54	3,54 (LT)
Pseudotolithus senegalensis	(3,13)	3,72	3,43 (LT)
Pseudotolithus typus	(3,13)	4,08	3,61 (LT)
Pseudupeneus prayensis	2,42		2,42 (LF)
Dentex canariensis + *D. gibbosus*	2,40		2,40 (LF)
Dentex macrophthalmus	2,13		2,13 (LF)
Dentex angolensis		2,16	2,16 (LF)
Pagellus bellottii	2,17		2,17 (LF)
Sparus caeruleostictus	1,92		1,92 (LF)
Boops boops	2,88		2,88 (LF)
Syacium micrurum	2,51		2,51 (LT)
Cynoglossus spp.	4,41	4,60	4,51 (LT)

Les importantes variations interannuelles du recrutement susceptibles d'exister chez les espèces pélagiques et, au contraire, la relative constance du recrutement des espèces démersales, peuvent s'expliquer par une variabilité différente de la nourriture disponible ; le succès de la ponte n'étant en principe pas en cause (voir, dans cet ouvrage, le chapitre sur les peuplements ichtyologiques). Les poissons démersaux se nourrissent essentiellement aux dépens de l'épifaune vagile ou sédentaire et de l'endofaune, qui présentent une variabilité d'ensemble — saisonnière et interannuelle — relativement peu élevée par rapport à celle de la nourriture des espèces pélagiques (zooplancton et poissons planctonophages).

Conséquences à court terme d'une augmentation du maillage

Une augmentation de la taille des mailles des culs de chalut peut conduire, au bout d'un certain temps, à une amélioration quantitative des rendements si la somme des gains de poids par croissance est supérieure à la perte due à la mortalité dite naturelle. L'augmentation de la taille à la première capture entraîne cependant toujours dans l'immédiat une diminution des prises pendant au moins une partie du temps nécessaire aux poissons pour passer de la taille actuelle à la première capture à la nouvelle taille envisagée. L'estimation de cette déperdition et de sa durée est d'une grande importance pour les armements, elle doit être prise en considération avant de proposer une modification du maillage. Elle est évaluée pour des culs de chalut de maille n° 1 (52 mm de vide de maille), n° 2 (63 mm) ou n° 3 (77 mm). Les diminutions immédiates des captures sont calculées en pourcentage du poids par rapport à celui de 100 individus représentant la moyenne des distributions annuelles des prises des chalutiers. Le coefficient de sélectivité utilisé (pour calculer L50), dans le cas où on dispose de deux valeurs (Congo et Sénégal), est pris comme leur moyenne (tableau XXIX). Les résultats sont donnés dans le tableau XXX.

Galeoides decadactylus

La courbe de sélectivité pour un maillage de 40 mm (L50 = 10,2 cm) précède la courbe observée d'entrée dans les prises, alors que les distributions relevées au port et lors des chalutages expérimentaux montrent qu'il n'y a que peu de rejets. La différence entre les deux courbes est donc due, en accord avec

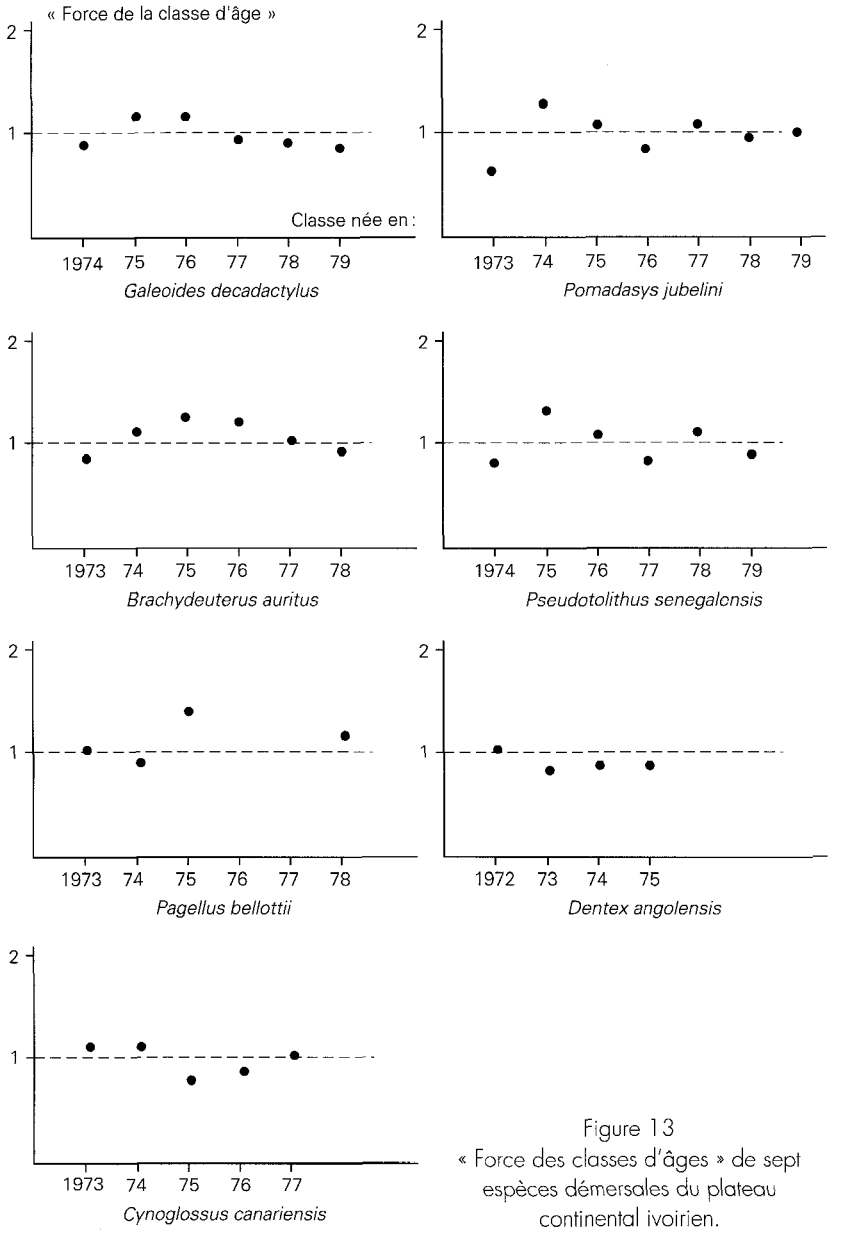


Figure 13
« Force des classes d'âges » de sept espèces démersales du plateau continental ivoirien.

FONTANA (1979), à l'entrée des juvéniles dans la zone de pêche à une taille telle que la sélectivité des chaluts à culs de 40 mm n'est pas la seule à agir sur le recrutement de ces engins de pêche. À 52 mm, la sélectivité agit pratiquement seule sur le recrutement, d'après FONTANA. La perte pondérale est insignifiante pour une maille de 52 mm, de l'ordre de 10 % à 63 mm, et élevée (46 %) à 77 mm.

Pomadasys jubelini

Le recrutement dans l'aire de pêche se fait à des tailles telles que la sélectivité n'intervient pratiquement pas dans la courbe d'entrée dans les prises avant une maille de 63 mm. De ce fait, les pertes à court terme sont négligeables de 52 à 77 mm.

Brachydeuterus auritus

Les rejets ne sont pas négligeables. S'il n'y en avait pas, le recrutement dans les prises pour une maille de 40 mm ne dépendrait pratiquement que de la courbe de sélectivité (FONTANA, 1979). Les pertes immédiates sont très importantes avec une maille de 77 mm (69 %).

TABLEAU XXX

Longueur moyenne de sélection (Lc ≈ L50) pour différentes mailles des principales espèces pêchées en Côte-d'Ivoire, et diminution à court terme des captures par rapport aux débarquements pondéraux moyens de la période 1975-1980, si ces mailles doivent être utilisées.
L'estimation des diminutions des prises totales fait appel à une pondération selon l'importance de l'espèce

Maille Espèce	40 mm	52 mm	63 mm	77 mm
Galeoides decadactylus	10,2 cm	13,3 cm 0,6 %	16,1 cm 10,6 %	19,7 cm 46,2 %
Pomadasys jubelini [1]	8,4 cm	11,5 cm 0,0 %	13,9 cm 0,1 %	16,9 cm 2,1 %
Brachydeuterus auritus	9,5 cm	12,4 cm 0,8 %	15,0 cm 13,7 %	18,3 cm 69,4 %
Pseudotolithus senegalensis	13,7 cm	17,8 cm 0,7 %	21,6 cm 7,6 %	26,4 cm 28,7 %
Cynoglossus canariensis	18,0 cm	23,5 cm 1,3 %	28,4 cm (20,6) %	34,7 cm 58,4 %
Dentex angolensis	8,6 cm	11,8 cm 0,0 %	13,6 cm 0,6 %	16,6 cm 6,2 %
Pagellus bellottii	8,7 cm	11,3 cm 0,1 %	13,7 cm 3,0 %	16,7 cm 30,0 %
Diminution pondérale sur les prises totales		0,5 %	7,8 %	35,6 %

[1] Le coefficient de sélection de cette espèce a été adopté en considérant que sa forme est proche de celle des espèces du genre *Dentex*, soit 2,2.

Pseudotolithus senegalensis

Les différentes distributions de fréquence montrent qu'il n'y a pas (ou peu) de rejets par les chalutiers. La courbe d'entrée dans les prises est peut-être un peu supérieure à celle de sélectivité pour une maille de 40 mm (elles se chevauchent au Congo d'après FONTANA, 1979). Les pertes sont faibles pour les mailles n° 1 et 2, elles atteignent près de 30 % du poids pour celle de 77 mm.

Cynoglossus canariensis

Les rejets sont nuls ou faibles. Le recrutement dans l'aire de pêche est progressif et n'est pleinement réalisé qu'à une taille relativement élevée (entre 27 et 33 cm). Les pertes immédiates sont très faibles avec une maille de 52 mm. À 63 mm, la courbe de recrutement et celle de sélectivité agiraient ensemble dans la détermination de la courbe d'entrée dans les prises ; les pertes résultantes pour ce maillage sont estimées au double des pertes qui seraient dues à la seule sélectivité (10,3 %). À 77 mm, la baisse pondérale attendue des prises est proche de 60 %.

Dentex angolensis

D'après les mensurations, les chalutiers commerciaux n'effectuent que peu de rejets. La pêche n'a lieu qu'en saison froide et, comme en cette période il n'y a pas de juvéniles dans l'aire de pêche, l'effet immédiat d'une augmentation du maillage ne se fait guère sentir avant 63 mm ; les pertes pondérales sont encore faibles à 77 mm (6,2 %).

Pagellus bellottii

La comparaison des distributions de fréquence montre que les rejets des chalutiers sont importants. En outre, le recrutement dans l'aire de pêche n'est pas terminé avant une taille relativement élevée (100 % vers 15 cm LF). En conséquence, la perte à court terme n'est sensible que pour un maillage élevé (30 % à 77 mm).

La diminution pondérale à court terme sur les prises totales, due à une augmentation du maillage, peut être estimée en considérant que les résultats pour l'ensemble des sept espèces du tableau XXX peuvent être extrapolés à l'ensemble des captures ; ces espèces représentent en effet 72 % des mises à terre des chalutiers dans la période 1976-1980. L'effet global d'un changement du maillage est évalué en pondérant les résultats pour chacune des sept espèces, en fonction de leur importance dans les prises au cours des cinq dernières années (tableau XXXI). *Dentex angolensis* et *Pagellus bellottii* sont tous deux supposés représenter la moitié des captures de « pageots ». La diminution est insignifiante pour une maille de 52 mm, faible pour celle de 63 mm et un peu supérieure au tiers pour 77 mm. Les résultats obtenus par FONTANA (1974, 1979) au Congo, qui intéressent la seule communauté des Sciaenidae, sont du même ordre de grandeur.

On notera que la perte financière subie par les armements sera encore plus faible que la baisse pondérale des prises du fait d'un prix au kilo qui croît avec la taille.

Le temps approximatif au bout duquel des pertes dues à une augmentation du maillage seront complètement absorbées (ou stabilisées) peut être estimé à partir des équations de croissance, en calculant le temps nécessaire pour passer d'une taille à la première capture à une autre. La taille prise comme origine doit être celle de l'entrée effective dans les captures, soit la longueur à l'âge t_1 du tableau XXXII, la différence avec le point L50 de la courbe de sélectivité pour le maillage de 40 mm étant d'autant plus grande que les rejets sont importants ou que la taille moyenne au recrutement dans l'aire de pêche est élevée. La perte globale est résorbée avant quatre mois (tableau XXXII) en passant à une maille de 63 mm ; il faut près de deux ans pour celle de 77 mm à cause de la friture *Brachydeuterus auritus*, mais au total la récupération est considérable au bout d'un an.

TABLEAU XXXI
Pourcentage des prises des principales « espèces »
par rapport aux captures totales

	Moyenne 1976-1980
Capitaines	7,1 %
Carpes	5,1 %
Friture	14,2 %
Ombrines	19,5 %
Pageots	20,9 %
Soles	5,2 %
Ensemble	72,0 %

TABLEAU XXXII
Estimation des temps nécessaires à la résorption des pertes pondérales dues à des modifications du maillage. Ces temps seront des maxima si l'augmentation de la maille conduit finalement à des gains pondéraux. La longueur à l'âge t_1 est la taille moyenne approchée d'entrée dans les captures

Espèces	Longueur à l'âge t_1	$t_2 - t_1$ mois pour un maillage de 52 mm	63 mm	77 mm
Galeoides decadactylus	15 cm	-2,6	11,9	
Pomadasys jubelini	17 cm	-	-	-
Brachydeuterus auritus	14 cm	-	4,0	21,7
Pseudotolithus senegalensis	19 cm	-	2,7	8,5
Dentex angolensis	18 cm	-	-	-
Pagellus bellottii	14 cm	-	-	6,0
Cynoglossus canariensis	27 cm	-	1,9	11,8

La diminution d'effectif d'une population exploitée de poissons peut être attribuée à deux facteurs : la mortalité par pêche et la mortalité naturelle (toutes les autres causes de décès). On démontre aisément (GULLAND, 1969) que l'addition des coefficients instantanés de mortalité, respectivement F et M, est égale au coefficient instantané de mortalité totale Z (F + M = Z).

Estimations des mortalités totales

Dans le cas d'un recrutement considéré comme constant d'une année sur l'autre, les captures numériques d'une année donnée sur les différentes classes d'âge peuvent être prises comme indices de l'abondance, la connaissance exacte des efforts de pêche ayant porté sur les différentes classes d'âge n'étant pas alors nécessaire. C'est cette méthode (GULLAND, 1969) qui est employée à partir des captures par taille des chalutiers de 1975 à 1980. La décomposition des captures en groupes d'âge utilise la technique du « hachoir » ; c'est-à-dire qu'à partir d'une certaine taille tous les poissons changent de groupe.

Les résultats sont donnés dans les tableaux XXXIII à XXXIX. Les coefficients de mortalité ne sont calculés qu'entre des groupes d'âge complètement recrutés et ne faisant pas l'objet de rejets en mer. Les valeurs entre parenthèses signalent qu'une de ces conditions n'est sans doute pas complètement remplie ou que les résultats sont plus sujets à caution que les autres du fait d'autres facteurs (faible nombre d'échantillons, croissance très approximative, etc.). Le groupe d'âge 1+ (par exemple) correspond aux poissons dont l'âge est supposé compris entre 1 et 2 ans, 4++ aux poissons de 4 ans et plus.

Galeoides decadactylus (tableau XXXIII)

Après le recrutement, on observe une diminution des coefficients de mortalité totale avec l'âge, au moins jusqu'à 4 ans révolus ; la mortalité augmente ensuite chez les plus vieux individus. La première évolution peut s'expliquer par une vulnérabilité et (ou) une disponibilité diminuant avec l'âge vis-à-vis de l'engin de pêche (échappement, effet de la répartition d'autant plus côtière des individus que leur taille est élevée). Chez les poissons les plus âgés, il est possible qu'il y ait un accroissement de la mortalité naturelle et une sous-estimation des prises due aux ventes hors criée. Les valeurs obtenues à partir des différentes années de capture ne sont pas très différentes, aussi leurs moyennes ont-elles été calculées. FONTANA (1979) trouve au Congo des coefficients constants par groupe d'âge.

Pomadasys jubelini (tableau XXXIV)

À partir de données très approximatives sur la croissance, seuls sont estimés, du fait du recrutement tardif, les coefficients de mortalité totale pour les poissons supposés âgés de 3 ans. Les valeurs sont assez proches d'une année à l'autre.

Brachydeuterus auritus (tableau XXXV)

Du fait du recrutement et des rejets, les mortalités ne peuvent être calculées au mieux qu'à partir de Z_{2+3+}. Les coefficients peuvent être considérés comme constants entre 2 et 5 ans et paraissent augmenter ensuite quelque peu avec l'âge. FONTANA (1979) trouve un net accroissement de la mortalité totale avec l'âge, mais le schéma d'exploitation ne paraît pas le même.

Pseudotolithus senegalensis (tableau XXXVI)

Les valeurs des coefficients ne diffèrent pas trop chez les mêmes groupes d'âge et les moyennes sont calculées. Une très nette diminution de la mortalité s'observe avec l'âge, du fait sans doute d'une baisse de la capturabilité (échappement du chalut, décollement du fond), ce qui concorde avec les résultats de TROADEC (1971) au Congo et de LONGHURST (1964) au Nigeria, mais pas avec ceux de FONTANA (1979).

Cynoglossus canariensis (tableau XXXVII)

Les mortalités, une fois le recrutement terminé, sont variables, bien que les prises soient assez stables depuis 1972, ainsi que les rendements (qui montrent cependant une légère diminution). Cette variabilité

peut provenir en partie d'une mauvaise évaluation de l'effort effectif, conséquence de l'évitement par la flottille, plus ou moins important en saison chaude, des fonds à balistes qui sont aussi des fonds à *Cynoglossus* ; ces fonds sont particulièrement propices à la capture des soles en saison froide et leur exploitation dépend alors des quantités de pageots qui s'y trouvent.

Dentex angolensis (tableau XXXVIII)

Seules les données de 1975, 1976 et 1980 sont utilisées du fait de certaines difficultés dans la collecte et le traitement des mensurations. Rappelons que la répartition des prises de « pageots » est établie

TABLEAU XXXIII

Galeoides decadactylus. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1977	1979	1980	Moyenne
	0+	1 643	1 270	451	299	868	
Effectifs	1+	2 134	2 524	2 227	1 957	2 038	
par	2+	361	491	449	663	409	
groupe	3+	126	169	182	182	109	
d'âge	4+	50	63	90	90	60	
	5++	16	10	39	42	6	
	$Z_{1+ - 2+}$	1,78	1,64	(1,60)	-	1,61	1,66
Coefficient	$Z_{2+ - 3+}$	1,05	1,07	(0,90)	1,29	1,32	1,13
de	$Z_{3+ - 4+}$	0,93	0,98	0,70	0,70	0,59	0,78
mortalité	$Z_{4+ - 5++}$	1,11	1,89	0,84	0,77	2,27	(1,38)

TABLEAU XXXIV

Pomadasys jubelini. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1977	1979	1980	Moyenne
	(0+)	6	2	2	0	1	
Effectifs	(1+)	592	316	354	366	319	
par	(2+)	261	509	726	681	441	
groupe	(3+)	40	66	65	79	39	
d'âge	(4++)	30	19	11	17	1	
Coef. de mort.	($Z_{2+ - 3+}$)	1,87	2,04	2,42	2,15	2,42	2,18

TABLEAU XXXV

Brachydeuterus auritus. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1977	1979	1980	Moyenne
	0+	315	164	61	0	0	
Effectifs	1+	3 514	4 135	3 713	1 055	2 071	
par	2+	3 582	4 663	5 323	9 176	8 116	
groupe	3+	1 230	1 963	2 601	5 918	2 844	
d'âge	4+	368	765	853	3 084	1 068	
	5++	189	293	382	1 376	108	
Coefficient	$Z_{2+ - 3+}$	1,07	0,86	0,72	-	(1,05)	0,92
de	$Z_{3+ - 4+}$	1,21	0,94	1,12	0,65	0,98	0,98
mortalité	$Z_{4+ - 5++}$	0,70	0,96	0,80	0,81	2,30	1,11

TABLEAU XXXVI

Pseudotolithus senegalensis. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1977	1979	1980	Moyenne
	0+	5 498	2 125	1 434	1 669	1 889	
Effectifs	1+	2 823	3 093	3 236	3 043	2 757	
par	2+	464	788	707	801	714	
groupe	3+	86	231	274	263	249	
d'âge	4+	50	87	139	114	118	
	5+	26	54	86	53	64	
	6++	15	46	51	58	35	
	Z_{1+-2+}	1,80	1,37	(1,52)	1,33	1,35	1,48
Coefficient	Z_{2+-3+}	1,69	1,03	0,95	1,11	1,05	1,17
de	Z_{3+-4+}	0,54	0,98	0,68	0,83	0,74	0,75
mortalité	Z_{4+-5+}	0,64	0,47	0,49	0,77	0,62	0,60

TABLEAU XXXVII

Cynoglossus canariensis. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1977	1979	1980
	0+	235	122	85	157	716
Effectifs	1+	1 874	994	715	1 321	1 177
par	2+	608	555	687	685	407
groupe	3+	80	62	131	139	53
d'âge	4+	27	12	47	26	2
	5++	17	4	6	5	-
Coef. de	Z_{2+-3+}	2,02	2,19	1,66	1,60	2,05
mortalité	Z_{3+-4+}	1,09	1,67	1,03	1,69	(3,48)

TABLEAU XXXVIII

Dentex angolensis. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1980
	0+	2	155	185
Effectifs	1+	171	339	2 515
par	2+	871	531	975
groupe	3+	674	886	291
d'âge	4+	133	260	62
	5+	36	136	37
	6++	1	44	8
	Z_{2+-3+}	-	-	1,21
Coefficient	Z_{3+-4+}	1,62	1,22	1,55
de	Z_{4+-5+}	1,31	0,65	0,51
mortalité	Z_{5+-6++}	4,22	1,12	1,59

en considérant qu'elles sont constituées à part égale de *Dentex angolensis* et de *Pagellus bellottii*. Du fait du recrutement tardif, les coefficients de mortalité totale ne sont calculés que pour des âges relativement élevés. Les valeurs sont assez variables pour un âge donné, ce qui peut provenir des efforts exercés et sans doute aussi du faible taux d'échantillonnage en 1975 et 1976. Il y a une baisse des coefficients entre 4 et 5 ans car les individus sont d'autant plus profonds (et donc moins pêchés en Côte-d'Ivoire) que leur taille est élevée.

Pagellus bellottii (tableau XXXIX)

Mêmes commentaires que pour l'espèce précédente ; les coefficients de mortalité ne semblent pas varier avec l'âge.

TABLEAU XXXIX

Pagellus bellottii. Effectifs par groupe d'âge (10^3) et coefficients (instantanés) de mortalité totale

Année de capture		1975	1976	1980
Effectifs par groupe d'âge	1+	1 513	3 592	824
	2+	2 212	1 970	2 206
	3+	166	148	583
	4+	14	7	130
	5+	1	-	37
	6++	3	-	47
Coefficient de mortalité	Z_{2+-3+}	(2,59)	2,59	1,33
	Z_{3+-4+}	2,49	2,99	1,50
	Z_{4+-5+}	3,08	-	1,24

Estimation des mortalités naturelles et par pêche

Estimation des mortalités naturelles

Les valeurs des mortalités naturelles M sont généralement très difficiles à mesurer. Elles peuvent parfois être estimées sur des stocks vierges, car, dans ce cas, F = 0 et Z = M. Une autre méthode simple permet d'évaluer la valeur moyenne de M d'après les variations de Z en fonction de l'effort de pêche (GULLAND, 1969).

Quand les données ne permettent pas d'obtenir les valeurs de M par l'une ou l'autre de ces deux méthodes, comme c'est très généralement le cas des espèces de l'Atlantique tropical oriental, on a de plus en plus recours à l'équation de PAULY (1980) qui relie le coefficient instantané moyen de mortalité naturelle aux paramètres $L\infty$ et K de l'équation de croissance de von Bertalanffy et à la température moyenne annuelle ambiante. Cette équation est proposée sur la base de valeurs de M intéressant des stocks vierges parues dans la littérature mondiale. Le tableau XL donne les valeurs qui en résultent pour les sept principales espèces de la pêcherie ivoirienne, en prenant comme température du milieu 22 °C (communauté des Sciaenidae) et 18 °C (communauté des Sparidae). Plusieurs indices semblent montrer que les valeurs de M estimées par l'équation de Pauly sont nettement trop élevées pour certaines de ces espèces. Ainsi, chez les stocks connus pour subir une exploitation assez intense comme c'est le cas en Côte-d'Ivoire, au Ghana et au Congo, les valeurs de la mortalité totale Z ne sauraient être proches de ces valeurs de M, et encore moins inférieures. On retiendra donc les valeurs proposées par CAVERIVIÈRE (1988b), après analyse critique.

Galeoides decadactylus

Au Congo, FONTANA indique que les valeurs de M compatibles avec les mortalités totales et l'allure des vecteurs F de mortalité par pêche sont comprises entre 0,1 et 0,3 (0,2 de un à quatre ans). On adoptera un M de 0,25 au lieu de 0,43 à partir de l'équation de Pauly.

TABLEAU XL

Valeurs des mortalités naturelles estimées à partir de l'équation de PAULY (1980) et valeurs finalement retenues après étude critique (voir texte) pour la Côte-d'Ivoire

	Valeurs moyennes de la mortalité naturelle M	
Espèces	PAULY	Retenues
Galeoides decadactylus	0,43	0,25
Pomadasys jubelini	0,40	0,30
Pseudotolithus senegalensis	0,69	0,30
Brachydeuterus auritus	0,81	0,40
Cynoglossus canariensis	0,67	0,40
Pagellus bellottii	0,85	0,40
Dentex angolensis	0,86	0,40

Pomadasys jubelini

Pas d'information, choix d'un M moyen de 0,3.

Brachydeuterus auritus

Les valeurs de Z (tableau XXXV) ne sont pas compatibles avec un M de 0,81 d'après ce que l'on sait de la pêcherie. FONTANA (1979) propose une valeur M de 0,2 entre 1 et 2 ans sur une base semestrielle (soit 0,4 annuel), elle augmenterait fortement ensuite. On choisira un M de 0,4.

Pseudotolithus senegalensis

Les coefficients de mortalité totale calculés sur cinq années en Côte-d'Ivoire (tableau XXXVI), en particulier les valeurs entre 3-4 et 4-5 ans (moyennes de 0,75 et 0,60) ne peuvent être compatibles avec un M de 0,69. TROADEC (1971), par la méthode faisant intervenir les variations de l'effort de pêche, estime à 0,3 la valeur de M. Au Congo, FONTANA (1979) utilise un M de 0,2 entre 1 et 4 ans, période qui inclut la majorité des poissons composant la phase exploitée. Un M moyen de 0,3 sera retenu en Côte-d'Ivoire.

Cynoglossus canariensis

CHAUVET (1979), à une époque de forte pêche, trouve des Z globaux par sexe de 1,1 et 0,9 pour les individus pleinement recrutés. Ces valeurs ne peuvent guère être associées à un M de 0,7. On optera pour un M moyen de 0,4.

Dentex angolensis

Un M de 0,86 ne peut guère être associé à des valeurs de Z le plus souvent comprises entre 0,5 et 1,3 (tableau XXXVIII). Une valeur de M = 0,4 peut être considérée comme raisonnable.

Pagellus bellottii

Des Z de 1,2 à 1,5 en 1980 (tableau XXXIX) s'accordent mal avec un M de 0,85, d'après ce qu'on sait de l'exploitation. Au Ghana, KORANTENG et PITCHER (1987) trouvent des Z moyens compris entre 0,47 et 0,69 ; ces mortalités sont moins élevées que le M (0,60) obtenu par l'équation de Pauly à partir des paramètres de leur équation de croissance. Au Sénégal, FRANQUEVILLE (1983) estime que les valeurs de M doivent être comprises entre 0,2 et 0,5 d'après les structures de taille et l'évaluation de l'importance des recrutements. Il sélectionne une valeur moyenne de 0,3. On retiendra une valeur de M = 0,4 pour la Côte-d'Ivoire.

Estimation des mortalités par pêche

Une cohorte est définie comme l'ensemble des individus nés pendant une même saison de ponte ; on élargira cette définition à l'ensemble des individus nés la même année. C'est à GULLAND (1965) que l'on doit la méthode générale d'analyse de cohortes telle que nous la connaissons à présent (CADIMA, 1977 ; MESNIL, 1980). Elle permet d'estimer les mortalités par pêche.

TABLEAU XLI

Analyse des cohortes, année 1980, mortalité par pêche Fi et abondance en début d'année Ni pour 3 valeurs de la mortalité naturelle M (la seconde étant considérée comme la plus probable), et pour le F final d'initialisation aux calculs complémentaires à la mortalité totale Z

	Galeoides decadactylus		*Pomadasys jubelini*		*Brachydeuterus auritus*		*Pseudotolithus senegalensis*		*Dentex angolensis*		*Pagellus bellottii*		*Cynoglossus canariensis*	
Groupes d'âge	M = 0,10 0,25 0,43		M = 0,10 0,30 0,40		M = 0,20 0,40 0,81		M = 0,15 0,30 0,69		M = 0,20 0,40 0,86		M = 0,20 0,40 0,85		M = 0,15 0,40 0,67	
	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000	Fi	Ni/1000
	0,26	4 029	0,00	987	0,00	24 457	0,32	7 478	0,03	5 992	0,00	6 307	0,31	2 888
0+	0,21	5 070	0,00	1 487	0,00	43 345	0,24	10 313	0,02	9 210	0,00	10 882	0,23	4 174
	0,17	6 872	0,00	1 838	0,00	156 666	0,05	53 921	1,01	33 031	0,00	47 887	0,16	6 477
	1,39	2 822	0,47	892	0,12	20 693	0,98	4 692	0,86	4 739	0,19	5 164	1,16	1 825
1+	1,22	3 188	0,40	1 101	0,09	29 054	0,73	6 030	0,68	6 023	0,15	7 294	0,98	2 220
	1,02	3 780	0,37	1 231	0,04	69 693	0,16	25 737	0,31	13 861	0,06	20 467	0,80	2 816
	1,10	637	2,32	505	0,93	14 527	0,70	1 513	1,04	1 641	1,16	3 486	2,01	494
2+	0,95	732	2,22	544	0,78	17 796	0,48	2 145	0,83	2 037	0,95	4 222	1,79	561
	0,80	885	2,13	569	0,49	29 663	0,09	11 012	0,40	4 313	0,49	8 227	1,57	650
	0,90	191	2,30	45	1,08	4 673	0,53	647	1,08	477	1,21	898	3,33	57
3+	0,82	217	3,25	44	0,94	5 494	0,34	984	0,86	594	0,99	1 091	2,89	63
	0,71	257	3,14	45	0,67	8 095	0,07	5 030	0,42	1 227	0,49	2 163	2,63	69
	2,16	71	-	-	2,10	1 301	0,49	328	0,71	132	1,03	219	3,30	2
4+	2,04	75	2,10	1	1,89	1 439	0,30	518	0,58	168	0,82	272	3,10	2
	1,86	82	2,00	1	1,49	1 835	0,07	2 351	0,31	341	0,40	567	2,80	3
	2,10	7			2,10	131	0,50	173	1,40	53	1,00	64		
5+	2,00	8			1,90	145	0,30	283	1,15	63	0,80	79		
	1,80	8			1,50	185	0,08	1 098	0,69	106	0,40	162		
							-	-	1,40	11				
6+							0,30	155	1,20	13				
							0,10	506	0,70	23				

L'intérêt fondamental de l'analyse des cohortes provient de l'observation (JONES, 1961 ; TOMLINSON, 1970 ; POPE, 1972) que l'erreur relative due au choix arbitraire d'une valeur de F, nécessaire pour initialiser le calcul, tend à diminuer dans les premiers groupes d'âge exploités si l'on commence les calculs à partir d'un des groupes d'âge les plus vieux de la cohorte. Une autre propriété importante de l'analyse des cohortes est qu'elle atténue les conséquences d'une erreur sur la mortalité naturelle (MESNIL, 1980), qui est en général mal connue. L'erreur relative introduite sur les F tend à être d'autant moins importante que ces coefficients ont des valeurs plus élevées. Il en résulte que, selon Mesnil, « l'adoption d'un taux de mortalité naturelle constant à tous les âges (ou sur plusieurs années) n'introduit pas d'erreur excessive sur les classes les plus exploitées... »

La mortalité naturelle est considérée comme identique à tous les âges. Le programme employé est celui de résolution par itérations à partir du dernier âge fourni par MESNIL (1980). Les résultats (tableau XLI) sont donnés en considérant les structures de taille de l'année 1980, assez proches de celles des autres années (CAVERIVIÈRE, 1982a). Pour chaque espèce, trois valeurs de la mortalité naturelle M sont introduites : la valeur finalement retenue, une valeur nettement plus faible et la valeur plus élevée issue de l'équation de Pauly, ce qui permet par la suite de tester les effets d'une sous- ou surévaluation des valeurs de M dans les modèles analytiques, particulièrement vis-à-vis d'une modification de l'âge à la première capture ou (et) de l'effort de pêche. CAVERIVIÈRE (1982a) teste les effets d'une incertitude sur le F (final) d'initialisation des calculs : il y a bien une convergence rapide des vecteurs F pour les âges précédents.

Modèles analytiques et propositions d'aménagement de la pêcherie

L'étude analytique d'un stock de poissons fait appel à de nombreux paramètres, mais, de ce fait, elle est la mieux indiquée pour fournir des éléments de réponse sur les résultats à attendre des modifications susceptibles d'être apportées dans l'exploitation du stock.

GÉNÉRALITÉS

« Le poids des captures annuelles tirées année après année d'un stock dépend de l'effet combiné — et leur combinaison est complexe — du niveau de recrutement, du taux de mortalité naturelle, du schéma de croissance des individus, de l'âge de première capture et du taux d'exploitation (mortalité par pêche) » (CLARK, 1977). Il est donc possible d'estimer la production que l'on peut attendre de diverses combinaisons des mortalités par pêche et des âges à la première capture. Deux caractéristiques des modèles structuraux permettent de simplifier les calculs :

— à l'équilibre, la production ***annuelle*** est égale à la production d'un seul groupe de recrues pendant toute la durée de sa vie ;

— la production annuelle est directement proportionnelle au niveau annuel de recrutement et cela quelles que soient les valeurs fixées aux autres paramètres, en particulier celles du taux de mortalité par pêche et de l'âge à la première capture ; il n'est donc pas nécessaire de connaître le niveau du recrutement pour déterminer le sens et l'amplitude des changements sur le stock et les captures qui proviendront des modifications apportées à ces deux paramètres ; il sera suffisant de calculer la ***production par recrue*** en fonction des combinaisons du taux de mortalité par pêche et de l'âge à la première capture.

La durée de vie de la cohorte sera divisée en intervalles de temps à l'intérieur desquels les taux de mortalité et les paramètres de la fonction de croissance seront considérés comme constants. Les productions successives à l'intérieur de chaque intervalle seront ensuite sommées. La production par recrue sera obtenue en divisant la somme des productions par le nombre de recrues ou en fixant ce nombre initial à la valeur de 1.

Les deux méthodes de calcul les plus couramment utilisées sont celles de BEVERTON et HOLT (1957) et de RICKER (1958, 1975) ; cette dernière permet de tenir compte des variations de M et de F par intervalle d'intégration et ne demande, en ce qui concerne la croissance, que la connaissance des poids moyens aux bornes de chaque intervalle ; elle est facilement utilisable, malgré la longueur des calculs, grâce à l'informatique ; elle fait l'objet d'adaptations et de prolongations permettant de l'utiliser dans le cas de pêcheries multispécifiques (LE GUEN et FONTANA, 1971, etc.) et pour introduire des informations sur la fécondité des poissons, le prix de vente, etc.

CAVERIVIÈRE (1982a, 1988b) utilise le programme Yiel 1, directement dérivé du programme FRG 708 (*in* ABRAMSON, 1971), ainsi que le programme Muchanma (GOHIN et LAUREC, 1981).

RÉSULTATS

Les résultats sont obtenus à partir des données en entrée et en sortie des analyses de cohortes (valeurs intermédiaires du tableau XLI).

Dans un but de comparaison des niveaux d'exploitation avec l'intensité maximale théorique à l'équilibre, il est fait appel à la notion d'***âge critique*** ; c'est l'âge pour lequel la biomasse est maximale en l'absence de pêche. La meilleure utilisation du stock serait donc de capturer d'un seul coup tous les poissons d'une cohorte à cet âge-là. Cela n'est pas envisageable en dehors de l'aquaculture, mais les niveaux d'exploitation peuvent être rapportés à cette biomasse de façon intéressante.

Analyses spécifiques

Le logiciel Yiel 1 permet de tracer des isoplèthes de production et de rendement en fonction de l'âge à la première capture (Tc) et de multiplicateurs de l'effort de pêche (mF) rapportés à celui qui a provoqué les structures démographiques observées et noté 1,0. Pour porter en ordonnée les quatre maillages qui ont servi aux études de sélectivité, les longueurs moyennes de sélection, assimilées aux points L50 des courbes de sélectivité, sont converties en âges à partir des équations de croissance. L'effort utilisé dans le calcul des rendements est celui appliqué à la strate 10-50 m (29 240 h de pêche en 1980) pour les espèces *Galeoides decadactylus*, *Pomadasys jubelini*, *Brachydeuterus auritus*, *Pseudotolithus senegalensis*, *Cynoglossus canariensis*, et celui appliqué à la strate 50-120 m (8 560 h) pour *Dentex angolensis* et *Pagellus bellottii*.

Galeoides decadactylus (figure 14)

La production augmente avec une diminution de l'effort et (ou) une augmentation de l'âge à la première capture ; elle croît de 60 % pour un effort réduit de moitié et un âge à la première capture de 2 ans. Étant donné l'effort actuel (1980), l'utilisation de la maille n° 3 (77 mm) entraînerait un gain supérieur à 40 % ; le passage aux mailles n° 1 et 2 n'accroîtrait guère la production. L'efficacité actuelle de l'exploitation par rapport à l'âge critique, qui est très élevé, est de 48 %.

Pomadasys jubelini (figure 15)

Les prises augmenteraient quelque peu à terme (± 10 %) pour un effort réduit de 50 %. L'utilisation concomittante de la plus grande des mailles étudiées ne permettrait guère de les améliorer, le recrutement dans l'aire de pêche étant tardif. L'efficacité actuelle par rapport à l'âge critique, qui est ici aussi très élevé, est de 59 %.

Pseudotolithus senegalensis (figure 16)

Les isoplèthes de production montrent qu'une majoration des prises équilibrées pourrait surtout provenir d'un accroissement important de l'âge à la première capture. Un gain maximal d'approximativement 100 % serait alors obtenu avec un effort triplé ou quadruplé. Mais le bénéfice à attendre de l'utilisation des mailles n° 1, 2 ou 3 est beaucoup plus faible, au mieux de 23 %, avec un effort au niveau actuel et la maille n° 3. L'efficacité actuelle de la pêche est de l'ordre de 50 %.

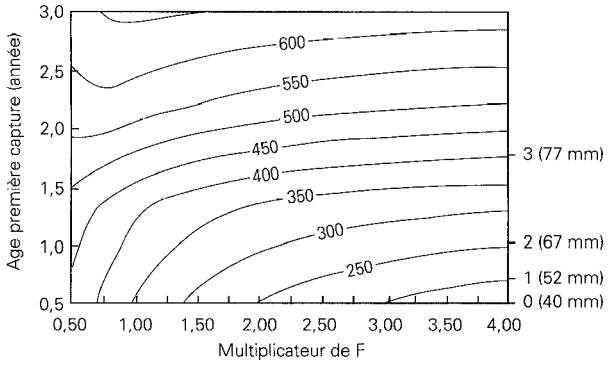


Figure 14
Galeoides decadactylus : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

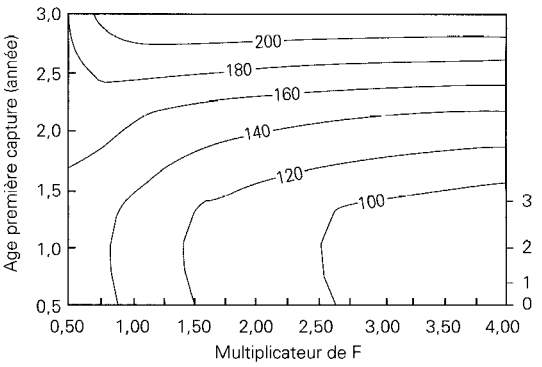


Figure 15
Pomadasys jubelini : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

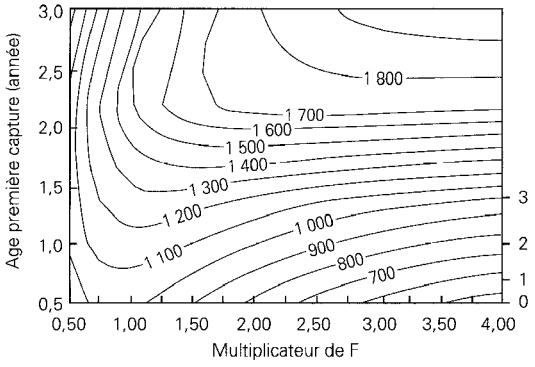


Figure 16
Pseudotolithus senegalensis : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

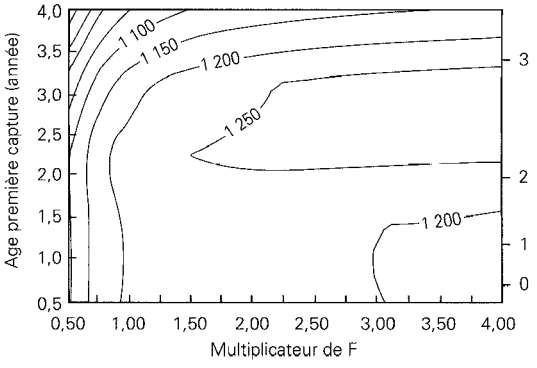


Figure 17
Brachydeuterus auritus : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

Brachydeuterus auritus (figure 17)

Le profit susceptible d'être tiré d'une augmentation de l'effort couplée ou non avec une augmentation de la maille est négligeable : 4 % pour un âge à la première capture de 2 ans et un effort doublé. On notera que les prises opérées sur cette espèce par les sardiniers sont nettement plus importantes que celles des chalutiers. Elles portent en outre sur des poissons généralement plus petits et les prises des chalutiers dépendent donc en partie du niveau d'exploitation de l'espèce par les sardiniers.

Cynoglossus canariensis (figure 18)

Le potentiel de pêche est susceptible d'être accru par une réduction de l'effort de pêche, mais surtout par une augmentation de l'âge à la première capture. Sans modification de l'effort, les gains de production peuvent atteindre plus de 50 % pour un âge à la première capture proche de 3 ans, 43 % avec la maille n° 3, environ 20 % avec la maille n° 2. Le niveau d'exploitation actuel serait de l'ordre de 60 % par rapport à la biomasse à l'âge critique.

Dentex angolensis (figure 19)

Seule une augmentation de l'âge à la première capture peut augmenter dans une certaine mesure la production. L'utilisation des mailles 1 à 3 n'occasionne qu'un très faible accroissement car la taille moyenne d'entrée dans la pêcherie est plus élevée que les tailles à la première capture correspondantes. L'efficacité de la pêche actuelle, par rapport à la production qui serait obtenue si tous les poissons étaient capturés d'un seul coup à 3 ans, serait de l'ordre de 80 %.

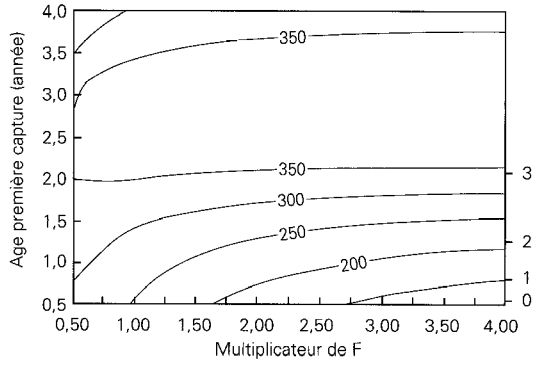


Figure 18

Cynoglossus canariensis : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

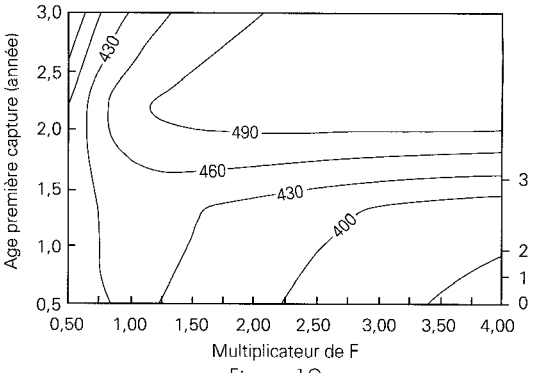


Figure 19

Dentex angolensis : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

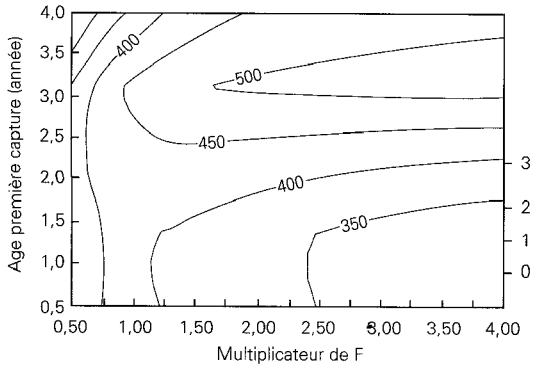


Figure 20

Pagellus bellottii : isoplèthes de production (tonnes) en fonction de l'âge à la première capture et du multiplicateur de l'effort de pêche.

Pagellus bellottii (figure 20)

Les résultats sont assez similaires à ceux obtenus pour *Dentex angolensis*. Les gains seraient d'environ 9 % avec la maille n° 3 et un multiplicateur de l'effort 50-120 m allant de 1,25 à 2,00. L'âge critique est tardif, l'efficacité actuelle est de l'ordre de 78 %.

Les résultats obtenus avec de fortes et de faibles valeurs de la mortalité naturelle M sont, bien évidemment différents (CAVERIVIÈRE, 1988b). Cependant, au niveau de l'effort exercé en 1980, les résultats obtenus avec des valeurs élevées de M sont assez similaires à ceux obtenus avec des valeurs beaucoup plus faibles, surtout pour les mailles de 52 et 63 mm.

Analyses multispécifiques

Le logiciel Muchanma (GOHIN et LAUREC, 1981) permet de tracer les isoplèthes non plus en fonction de l'âge à la première capture et de la mortalité par pêche (ou de l'effort si les coefficients de capturabilité à chaque âge sont considérés comme constants), mais en fonction du maillage et de cette même mortalité. Il fournit des résultats pour chaque espèce et, par sommation, pour l'ensemble de celles-ci. Il est donc nécessaire de donner à tous les éléments étudiés un nombre initial de recrues proportionnel à l'abondance numérique de chacun d'eux dans le milieu. Cela suppose aussi que les régimes d'exploitation sont strictement liés : les multiplicateurs doivent jouer exactement de la même façon pour toutes les espèces.

Les résultats commentés ci-dessous ont été obtenus à partir des valeurs de la mortalité naturelle retenues comme les plus probables (ou très proches).

Communauté des Sciaenidae (10-50 m) : *Galeoides decadactylus* + *Pomadasys jubelini* + *Brachydeuterus auritus* + *Pseudotolithus senegalensis* + *Cynoglossus canariensis*

L'ensemble de ces cinq espèces compose, en 1980, 150 des 169 kg de prise par heure de pêche réalisée aux dépens des espèces de la communauté des Sciaenidae (et des espèces eurybathes). Il peut

donc être considéré comme représentatif de la strate bathymétrique 10-50 m ; on suppose que toute augmentation ou diminution de biomasse dans cet ensemble, par modification du maillage et (ou) de l'effort de pêche, touche dans les mêmes proportions la biomasse démersale totale de la strate 10-50 m. Les résultats (figures 21 et 22) montrent que, comme le laissent supposer les analyses spécifiques, les prises peuvent être augmentées par une modification du maillage associée éventuellement à une réduction plus ou moins importante de l'effort de pêche. Par rapport à l'effort de 1980 et pour la maille de 40 mm, seule une réduction de l'effort de 30 % entraîne un gain relativement modeste de la production. L'augmentation du maillage donne les meilleurs résultats avec l'effort de 1980 : augmentation d'environ 14 % avec la maille de 63 mm, d'environ 19 % avec la maille de 77 mm.

Communauté des Sparidae (50-120 m) : *Dentex angolensis* + *Pagellus bellottii*

Les deux espèces représentent 62 % des prises de la strate 50-120 m en 1980 et sont considérées comme représentatives de l'ensemble de la communauté des Sparidae qui comprend beaucoup d'espèces similaires (autres Sparidae), de plus petites (*Pentheroscion mbizi*, Triglidae) et de plus grosses (sélaciens, mérous).

Avec la maille de 40 mm, l'effort de 1980 serait proche de l'optimum. L'augmentation du maillage n'entraîne que des gains modestes ; avec la maille de 77 mm, l'effort peut être accru de 45 % pour une légère augmentation du potentiel de pêche d'environ 14 % (figure 23). Seule une réduction de l'effort permet d'améliorer nettement les rendements (figure 24).

Ensemble du plateau continental (10-120 m)

On peut entreprendre cette analyse dans la mesure où tout changement de l'effort dans une strate modifie dans des proportions similaires celui appliqué dans l'autre ; en effet, les chalutiers travaillent préférentiellement dans la bande côtière en saison chaude et sur la partie profonde de la plate-forme

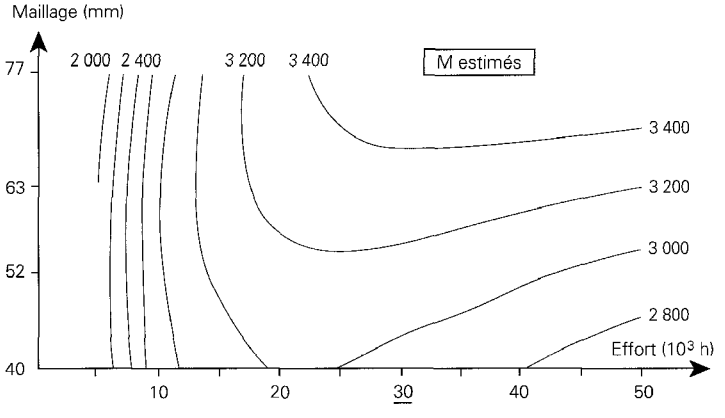


Figure 21
Communauté des Sciaenidae ; isoplèthes de production (tonnes) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (10-50 m) pour l'ensemble des cinq espèces principales.

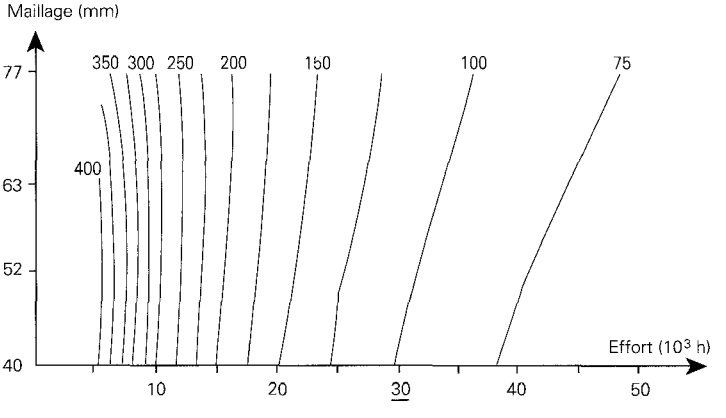


Figure 22
Communauté des Sciaenidae ; isoplèthes de rendement (kg/h) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (10-50 m) pour l'ensemble des cinq espèces principales.

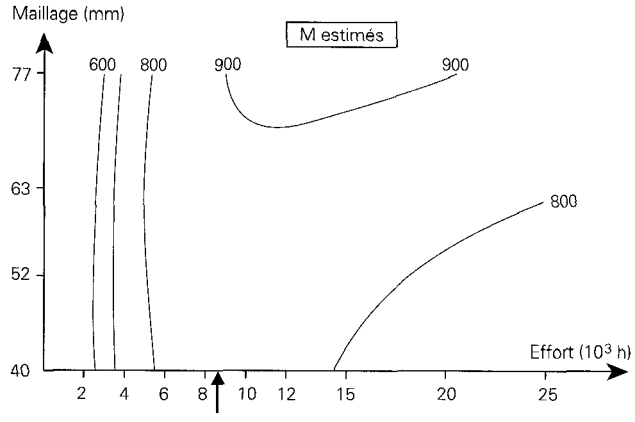


Figure 23
Communauté des Sparidae ; isoplèthes de production (tonnes) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (50-120 m) pour l'ensemble des deux espèces principales.

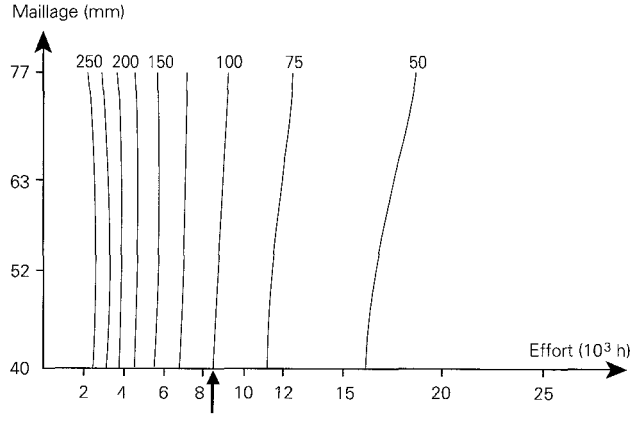


Figure 24
Communauté des Sparidae ; isoplèthes de rendement (kg/h) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (50- 120 m) pour l'ensemble des deux espèces principales.

continentale en saison froide. Le tableau ci-dessous indique le pourcentage de l'effort 50-120 m par rapport à l'effort total 10-120 m pour la période 1974-1980 : les pourcentages sont stables (hormis celui de 1978).

Année	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Pourcentage	23 %	29 %	31 %	26 %	14 %	23 %	26 %

On constate (figures 25 et 26), qu'avec la maille de 40 mm, l'effort 1980 est légèrement supérieur à l'optimum. Cet effort donne les meilleurs résultats avec les mailles de 63 mm et 77 mm : respectivement 11 et 16 % de gain de production.

Propositions d'aménagement de la pêcherie

Du point de vue de la gestion des seuls stocks de poissons, il est préférable, d'après cette étude, d'utiliser des culs de chalut à maille de 77 mm. Au niveau actuel de l'effort, les prises équilibrées seraient proches des optima dans chacune des deux communautés et sur l'ensemble du plateau. En moins de deux ans, l'augmentation des captures pondérales avoisinerait 16 %, soit plus de 1 000 t. Les rendements augmenteraient dans la même proportion et les potentiels de reproduction seraient accrus. Du fait de l'obtention de gains pondéraux à terme, la récupération de la perte immédiate (36 %) serait importante en moins d'un an (tableau XXXII). L'amplitude de cette perte peut être atténuée en augmentant le maillage par étapes.

Il est cependant nécessaire de considérer l'effet d'une telle modification du maillage sur la pêche à la crevette. La sélectivité des chaluts sur la grande crevette rose (*Penaeus notialis*), la seule à être exploitée en Côte-d'Ivoire, est étudiée au Sénégal par Lhomme (1978) (figure 27). Avec une maille de 77 mm, l'échappement peut être considérable et toucher même les plus grosses crevettes. La mise en œuvre d'une telle maille a donc une conséquence néfaste sur la pêche des *Penaeus notialis* et son emploi dans les cha-

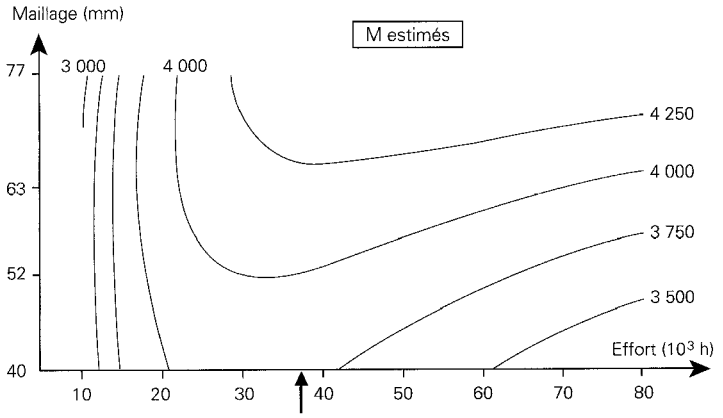


Figure 25
Isoplèthes de production (tonnes) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (10-120 m) pour l'ensemble des sept espèces principales.

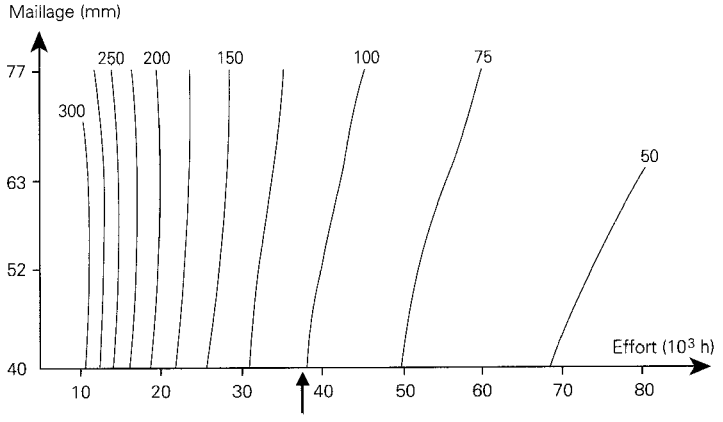


Figure 26
Isoplèthes de rendement (kg/h) en fonction du maillage et de l'effort de pêche (10-120 m) pour l'ensemble des sept espèces principales.

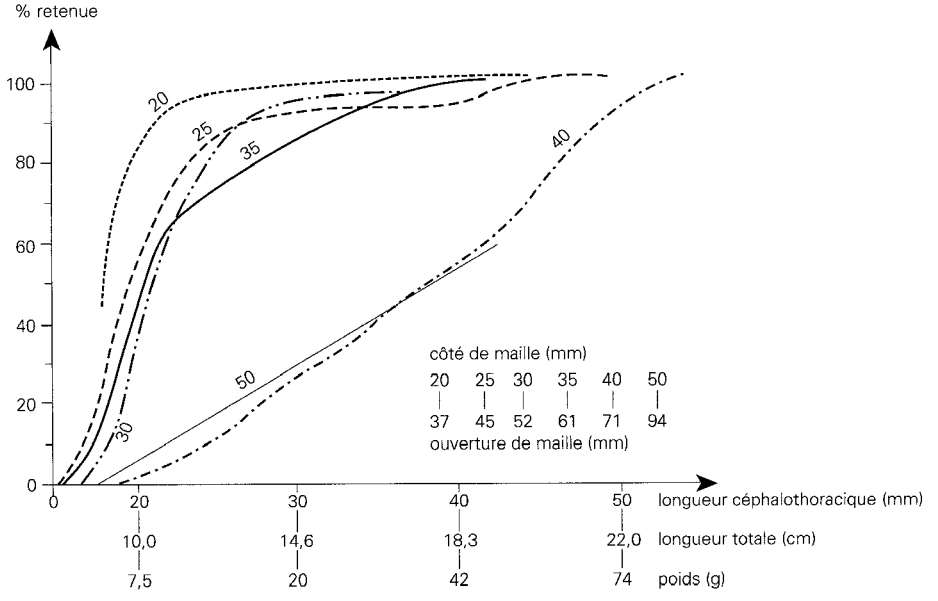


Figure 27
Penaeus notialis : courbes de sélectivité pour différents maillages exprimés en côté de maille (d'après LHOMME, 1978 et FAO/COPACE, 1979).
Les conversions sont effectuées d'après le nomographe de GARCIA *et al.* (1970).

luts à crevettes n'est pas envisageable. L'utilisation de maillages différents par les chalutiers et les crevettiers pose des problèmes qui peuvent être en partie résolus en imposant aux crevettiers une limite d'action comme ce fut le cas en 1968, basée sur la distribution bathymétrique de l'espèce, et qui fixe le travail des crevettiers aux fonds supérieurs à 30 m. Une solution à plus longue échéance consiste à utiliser des chaluts à sélectivité différentielle. Leur principe, fondé sur le comportement des espèces vis-à-vis des engins de pêche, permet de retenir les crevettes tout en laissant passer les poissons jusqu'à la taille moyenne retenue. Des crevettiers américains utilisent actuellement de tels chaluts, mais, semble-t-il, leur emploi sur les côtes d'Afrique serait problématique ; des études et des essais sont à développer. Dans le cas d'une règlementation bathymétrique effective de la pêche crevettière, les gains en poissons de l'ensemble chalutiers-crevettiers, les premiers employant la maille de 77 mm, ne doivent pas être aussi élevés que ceux décrits plus haut ; ils dépendent du nombre de crevettiers en activité dont GARCIA (1978) estime le nombre maximal à 7-8 unités de 375 ch. Les jeunes poissons, plus ou moins concentrés dans la zone côtière, sont cependant relativement bien protégés. Au total, grâce à la majoration des rendements, la rentabilité des chalutiers peut quand même être améliorée ; d'autant plus que la perte due aux crevettes doit être très largement compensée par l'augmentation de la taille des poissons pêchés, les prix au kilo étant sensiblement différents suivant leurs longueurs pour une espèce donnée.

À ce schéma d'exploitation on peut préférer proposer dans un premier temps (CAVERIVIÈRE, 1982a et 1988b), une règlementation effective du maillage à 63 mm d'ouverture pour l'ensemble des chalutiers et crevettiers. En effet, la courbe de sélectivité de cette maille pour la crevette est proche de la courbe de la maille actuellement utilisée. La perte immédiate en poissons est faible, de l'ordre de 8 % (tableau XXX), et sa récupération presque immédiate (tableau XXXII). Avec l'effort 1980, le gain des captures à l'équilibre avoisine 11 % et l'amélioration de la rentabilité doit se montrer supérieure. Un tel aménagement est facile à mettre en œuvre. Il ne nécessite que l'extension aux crevettiers de l'arrêté du 14 avril 1968, qui fixe déjà cette maille (35 mm de côté) aux chalutiers, et son application effective. Suivant les résultats obtenus et l'évolution de la pêcherie, l'utilisation par les chalutiers d'une maille de 77 mm peut être préconisée par la suite.

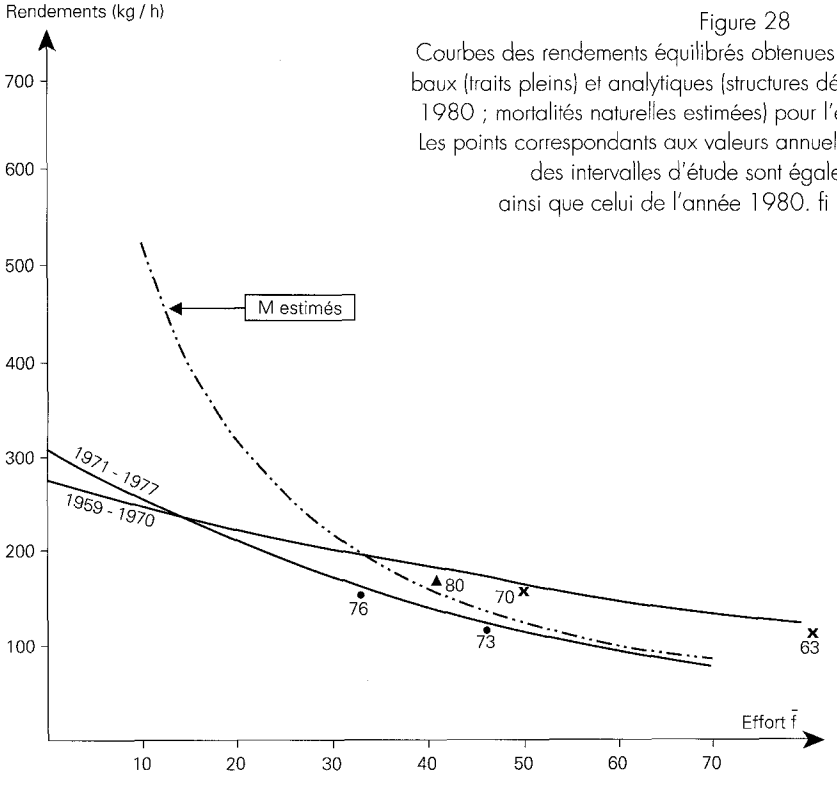


Figure 28
Courbes des rendements équilibrés obtenues à partir des modèles globaux (traits pleins) et analytiques (structures démographiques de l'année 1980 ; mortalités naturelles estimées) pour l'ensemble de la pêcherie. Les points correspondants aux valeurs annuelles observées aux bornes des intervalles d'étude sont également figurés, ainsi que celui de l'année 1980. fi = (2fi + fi - 1)/3.

COMPARAISON DES RÉSULTATS DU MODÈLE GLOBAL ET DU MODÈLE ANALYTIQUE

D'après l'application du modèle global à l'ensemble de la pêcherie, il n'y a pratiquement jamais eu de surexploitation des stocks, en particulier pendant l'année 1980 ; en revanche, le modèle analytique montre que les mortalités par pêche sont élevées et dénotent une pression un peu trop importante de la pêche avec le maillage actuel.

La figure 28 représente les courbes de rendement équilibré obtenues avec le modèle synthétique à partir des deux groupes de points annuels considérés dans le paragraphe « Estimation des biomasses et des potentiels de pêche » ainsi que la courbe issue du modèle analytique appliqué aux structures démographiques de l'année 1980 ; pour l'obtenir, les PUE estimées en fonction de l'effort, pour la maille 40 mm et pour l'ensemble des sept espèces principales, sont multipliées par le rapport prise totale/prise des sept espèces. Les points annuels observés correspondant aux efforts les plus faibles et les plus élevés des deux groupes de points du modèle global sont aussi représentés, ainsi que celui de l'année 1980. Les deux familles de courbes sont dans l'ensemble assez proches dans les intervalles de variations des efforts qui sont ***effectivement observés*** ; en revanche, elles diffèrent très nettement pour des valeurs plus faibles, le modèle analytique donnant alors des rendements beaucoup plus forts. L'interprétation de cette divergence fait appel aux limites d'application des modèles globaux qui ne sont valables qu'à l'intérieur des différents intervalles d'observation. L'hypothèse que de forts rendements sont susceptibles d'être obtenus avec un effort de pêche très réduit figure déjà dans les nombreux rapports dactylographiés des années 1950 de la Direction des pêches maritimes et lagunaires (LASSARAT, 1958). Le modèle analytique apporte donc une information d'importance : depuis de nombreuses années, les stocks sont plutôt surexploités avec les mailles utilisées (40 mm).

CONCLUSION

L'étude analytique de la pêcherie par le modèle de RICKER (1958, 1975) montre qu'il est possible d'améliorer l'exploitation globale des espèces démersales par une augmentation du maillage des culs de chalut. Une ouverture de maille élevée, de 77 mm ou même supérieure, apparaît à terme comme celle

TABLEAU XLII

Productivités annuelles (t/km^2) en espèces démersales pour différentes zones du plateau continental (15-200 m) de l'Afrique tropicale de l'Ouest, estimées à partir des biomasses potentielles calculées par DOMAIN (1979) d'après les résultats du *Guinean Trawling Survey* (WILLIAMS, 1968). D'après DOMAIN (1974) pour la Sénégambie

Zones	Productivité du plateau (15-200 m) en t/km^2
Sénégambie	1,8
Bissagos	2,2
Guinée	1,9
Liberia nord	0,8
Liberia sud	0,5
Côte-d'Ivoire ouest	0,9
Côte-d'Ivoire est	1,7
Côte-d'Ivoire (totalité)	1,3
Ghana	1,2
Dahomey	0,9
Bénin	1,1
Biafra nord	0,7
Biafra sud	0,6
Gabon	0,9
Congo	2,4

permettant les gains les plus forts. Cependant, au moins dans un premier temps, il est proposé, et ce depuis 1982, de porter le maillage effectif à 63 mm d'ouverture. Dans ce cas, la perte immédiate consécutive à toute augmentation de maille est très vite résorbée. Le gain pondéral doit alors atteindre 11 % pour un effort de 38 000 h de pêche d'un bateau standard de 400 ch, qui est l'ordre de grandeur de la pression de pêche exercée depuis plusieurs années, et l'amélioration de la rentabilité des bateaux doit être encore supérieure ; le potentiel de reproduction des espèces est maintenu et même quelque peu accru.

La dynamique analytique montre que les stocks sont plutôt mal pêchés dans les conditions classiques d'exploitation (maille de 40 mm). Ce résultat est d'un grand intérêt, non seulement pour la Côte-d'Ivoire mais aussi pour les autres pays du golfe de Guinée qui ont exploité et exploitent encore leurs stocks démersaux de façon similaire ; il était en effet admis jusqu'alors, sur une base synthétique, que l'effort de pêche sur les poissons ivoiriens était proche des conditions optimales. De ce fait, la productivité du plateau continental de Côte-d'Ivoire peut être révisée à la hausse. L'estimation de 1,1 à 1,3 t/km^2 précédemment avancée (tableau XXVIII) peut être portée aux environs de 1,3 à 1,5 t/km^2 (16 000 - 18 000 t), non compris le baliste.

TABLEAU XLIII

Productivités annuelles (t/km^2) en espèces démersales des grandes régions de l'océan mondial
D'après GULLAND (1970)

Régions	Potentiels de pêche en tonnes/m^2/an
Atlantique nord-ouest	de 7,1 (Ouest-Groenland) à 1,7 (Middle Atlantic) 5,0 (Labrador) ; 3,9 (Nouvelle-Angleterre)
Atlantique nord-est	de 8,0 (Islande) à 0,6 (Baltique) 6,0 (Feroé) ; 5,0 (Biscaye)
Mediterranée et mer Noire	de 0,8 (Espagne) à 0,1 (Tunisie, Yougoslavie)
Pacifique nord-ouest	de 1,7 (N-W Pacific) à 0,4 (mer d'Okhotsk) 1,4 (mer du Japon)
Pacifique nord-est	de 4,0 (sud du cap Spencer) à 1,3 (golfe d'Alaska) 1,8 (mer de Bering)
Atlantique centre-est	2,5 (nord de 10°N) et 1,2 (golfe de Guinée)
Atlantique centre-ouest	de 1,5-3,0 (partie sud) à 0,2-0,4 (Bahamas, N-E Cuba) 2,2 (US East Coast) ; 1,2-2,3 (golfe du Mexique) 0,2-0,8 (mer des Caraïbes).
Océan Indien	de 5,0 (nord de la Somalie, Arabie et golfe d'Aden, Pakistan et nord de l'Inde) à 1,0 (mer Rouge) 2,5 (Afrique du Sud, Mozambique, sud de l'Inde, golfe Persique, Madagascar) ; 1,5 (Tanzanie-Kenya, sud de la Somalie)
Pacifique centre-ouest	de 5,0 (côtes de Thaïlande) à 2,0 (mer de Java, Nouvelle-Guinée, centre du golfe de Thaïlande) 4,0 (Chine du sud, golfe du Tonkin)
Pacifique sud-est	2,0 (Pérou) ; 2,5 (Chili central)
Atlantique sud-ouest	(0,3) à (0,8) (nord du Brésil) ; (1,5) à (4,0) (sud du Brésil) 6 à 10 (Mar del Plata et Bahia Blanca) ; 0,9 à 2,8 autres régions d'Argentine).
Atlantique sud-est	de 3,6 (sud-ouest africain) à 1,6 (Afrique du Sud) ; 2,5 (Angola).

On peut tenter de comparer les productivités des diverses régions du plateau continental (15-200 m) de l'Afrique tropicale de l'ouest. Il ressort de l'examen des potentiels de pêche (tableau XLII, d'après DOMAIN, 1979) que la valeur moyenne pour l'ensemble de la Côte-d'Ivoire (1,3 t/km^2), confirmée par les résultats des campagnes CHALCI, est inférieure à celles des régions à upwellings plus puissants (Sénégal, Bissagos, Congo), mais supérieure à celles des zones où les remontées d'eaux froides sont faibles ou absentes (Liberia, Dahomey, Bénin, Biafra, Gabon). Une comparaison encore plus large est tentée à partir des données compilées par GULLAND (1970) dans les grandes régions de l'océan mondial (tableau XLIII). La productivité en espèces démersales du plateau ivoirien (1,3-1,5 t/km^2) apparaît parfois plus élevée que celles de nombreuses mers « fermées » (Méditerranée, mer Noire, mer d'Okhotsh, Bahamas, Cuba, mer des Caraïbes, mer Rouge), qu'elles soient froides, tempérées ou chaudes, parfois équivalente ou moindre (golfe d'Aden, golfe Persique, mer de Java, Nouvelle-Guinée, golfe du Tonkin, mer du Japon). Le potentiel par unité de surface semble également équivalent, et même parfois plus élevé, que celui de nombreuses régions de mers « ouvertes » : région médiane de l'Atlantique N-W, N-W Pacifique, Atlantique S-W jusqu'au cap Frio. Dans l'ensemble, la productivité du plateau continental ivoirien se situe donc à un niveau fort honorable et les faibles estimations des potentiels démersaux sont surtout dues à l'étroitesse de cette plate-forme.

RÉFÉRENCES

ABRAMSON (N.J.), 1971.— Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. Biol. Tech. Pap.*, 101, 4 p.+ unpag.

ALVERSON (D.L.), 1971.— Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 1 : survey and charting of fisheries resources. *FAO Fish. Biol. Tech. Pap.*, 102, 80 p.

ANSA-EMMIM (M.), 1979.— Occurrence of the trigger fish, *Balistes capriscus* (Gmelin), on the continental shelf of Ghana. Ann. Rapp. groupe travail évaluation stocks démersaux secteur Côte-d'Ivoire-Zaïre. *FAO/COPACE/PACE ser.* /79/14 : 20-36.

BARD (F.X.), VENDEVILLE (P.), KONAN (J.), 1988.— Analyse des pêches chalutières ivoiriennes par l'usage du modèle de production global. *FAO/COPACE/TECH/88/88*, 9 p.

BARNES (H.) et BAGENAL (T.B.), 1951.— A statistical study of variability in catch obtained by short repeated trawls taken over inshore ground. *J. Mar. Biol. U.K.*, 29 : 649-660.

BECK (U.), 1974.— Bestandskundliche Untersuchungen an einigen Fisharten der Grundschleppnetzfischerei auf dem Schelf vor Togo (Westafrica). Diplomarbeit für den Fachbereich Biologie, Universität Hamburg, 126 p.

BECK (U.), 1976-77.— Die Zusammensetzung der Erträge aus der Küstenfisherei Togos. (Composition des débarquements de la pêche côtière du Togo). *Meeresforschung. Reports on Marine Research. Sonderdruck a US BD.*, 25 (1-2), : 37-45.

BEVERTON (R.J.H.) et HOLT (S.J.), 1957.— On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest.*, ser. 2, 19, 533 p.

BINET (D.), 1977.— Contribution à la connaissance du zooplancton néritique ivoirien. Écologie Descriptive et Dynamique. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 282 p.

BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.

CADIMA (E.L.), 1977.— L'analyse des cohortes. *FAO Circulaire des Pêches*, 701 (FIRS/C 701) : 53-66.

CAVERIVIÈRE (A.), 1975.— Traitement des données de prises des sardiniers ivoiriens pour « 19 espèces ». Rapp. int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 5 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1978a.— Indices d'abondance des poissons démersaux côtiers dans les différentes zones de pêche fréquentées par les chalutiers ivoiriens. *FAO/COPACE/PACE ser.* /78/8 : 78-81.

CAVERIVIÈRE (A.), 1978b.— La pêche des chalutiers ivoiriens dans les zones FAO 34.3.1. (littoral Cap-Vert) et FAO 34.3.3. (Sherbro). *FAO/COPACE/PACE ser.* /78/8 : 33-42.

CAVERIVIÈRE (A.), 1978c.— Standardisation des efforts de pêche des chalutiers ivoiriens et estimation de l'abondance relative dans les divers secteurs. *Doc Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9(1) : 51-72.

CAVERIVIÈRE (A.), 1979a.— La pêche industrielle des poissons démersaux en Côte-d'Ivoire. Généralités - Localisation - Unicité relative des zones de pêche ivoiriennes. *Doc. Scient. Centre Rech.Océanogr. Abidjan*, 10(2) : 43-93.

CAVERIVIÈRE (A.), 1979b.— Estimation des potentiels de pêche des stocks démersaux ivoiriens par les modèles globaux. Effets de la prolifération du baliste (*Balistes capriscus*). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 10(2) : 95-164.

CAVERIVIÈRE (A.), 1980.— Campagne CHALCI 80.01 (20.8.80 - 10.9.80). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(3), 160 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982a.— Les espèces démersales du plateau continental ivoirien. Biologie et exploitation. Thèse Doct. État, Univ. Aix - Marseille-II, 2 vol., 415 et 159 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982b.— Le baliste des côtes africaines (*Balistes carolinensis*). Biologie, prolifération et possibilités d'exploitation. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 453-459.

CAVERIVIÈRE (A.), 1987.— Note sur le projet pilote régional pour l'amélioration de l'utilisation des poissons balistes (*Balistes carolinensis*) en Afrique de l'Ouest. Analyse de tendance pour le Sénégal. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Dakar -Thiaroye, 2 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1988a.— Évolution des indices d'abondance du baliste (*Balistes carolinensis*) et de leur taille moyenne dans la zone Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo-Bénin. *In* : Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur les stocks démersaux de la région du golfe de Guinée ouest (zone FAO 34.3.4). *FAO/COPACE/TECH/88/* 88, 13 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1988b.— Nouvelle application du modèle analytique de Ricker aux principales espèces capturées par les chalutiers ivoiriens. *In* : Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur les stocks démersaux de la région du golfe de Guinée ouest (zone FAO 34.3.4). *FAO/COPACE/TECH/88/88*, 36 p.

CAVERIVIÈRE (A.) et BARBE (F.), 1977.— Traitements statistiques des données de la pêche au chalut des poissons démersaux en Côte-d'Ivoire. Prises, efforts, distributions de fréquence. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2(1), 35 p.

CAVERIVIÈRE (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1978.— Campagne CHALCI 78.01 (30.1.78 au 12.2.78). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(1), 118 p.

CAVERIVIÈRE (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1979.— Campagne CHALCI 79.01 (13.03.79 au 31.03.79). Résultats des chalutages. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5(4), 198 p.

CAVERIVIÈRE (A.), KULBICKI (M.), GERLOTTO (F.), KONAN (J.), 1981.— Bilan des connaissances actuelles sur *Balistes carolinensis* dans le golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 1-78.

CAVERIVIÈRE (A.) et MARCILLE (J.), 1978.— La pêche industrielle en Côte-d'Ivoire. Bilan et perspectives. *La Pêche Maritime*, 1205 : 466-471.

CHAPMAN (D.G.), 1967.— Statistical problems in the optimum utilisation of fisheries resources. *Int. Stat. Inst. Bull.* 42(1) : 268-290.

CHARDY (P.) et LE GUEN (J.C.), 1971.— Essai d'analyse multivariable d'une série de chalutages au Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(1) : 97-106.

CHAUVET (1970).— Étude de *Cynoglossus canariensis* (Stein.) du plateau continental de la Côte-d'Ivoire : lecture d'âge, étude de la croissance en longueur et en poids, observations sur leur biologie et dynamique. Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Aix-Marseille, 102 p.

CLARK (W.G.), 1977.— Les modèles structuraux. *FAO Circulaire Pêches*, 701 (FIRS/C701) : 19-34.

DAGET (J.) et LE GUEN (J.C.), 1974.— Remarques sur l'interprétation des modèles linéaires et exponentiels de production équilibrée d'un stock de poissons. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 12(1) : 71-77.

DOMAIN (F.), 1974.— Première estimation de la biomasse et de la production potentielle en poissons démersaux du plateau continental sénégalo-mauritanien entre le cap Timiris et le cap Roxo. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar -Thiaroye*, 53, 23 p.

DOMAIN (F.), 1979.— Les ressources démersales (Poissons). *In* : Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. Première partie : les ressources du golfe de Guinée de l'Angola à la Mauritanie. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 186.1 : 79-122.

DOMAIN (F.), 1980.— Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégalo-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 2 vol. : 342 et 68 p.

DOUBLEDAY (W.G.), 1976.— Contribution to manual on ICNAF Groundfish Surveys. *ICNAF, Res. dc.* 76/VI/99, serial 3921, 20 p.

FAO/COPACE, 1979.— Rapport du groupe de travail spécial sur l'évaluation des stocks démersaux du secteur Côte d'Ivoire - Zaïre. *FAO/COPACE/PACE, ser./* 79/14, 74 p.

FAO, 1984.— Report on the R/V DR. *Fridtjof Nansen* fish resource surveys off West Africa : Morocco to Ghana and Cape Verde. *FAO/CECAF/ECAF ser.* /84/29, 190 p.

FONTANA (A.), 1974.— Plan d'exploitation du stock de poissons démersaux au Congo. Deuxième partie : conséquences à court terme et à long terme d'une règlementation de maillage des culs de chalut. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 36, 28 p.

FONTANA (A.), 1979.— Étude du stock démersal côtier congolais. Biologie et dynamique des principales espèces exploitées. Propositions d'aménagement de la pêcherie. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 300 p.

FONTANA (A.) et M'FINA (P.), 1974.— Plan d'exploitation du stock de poissons démersaux au Congo. Première partie : étude de la sélectivité des culs de chalut pour quatre maillages différents. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 34, 12 p.

FONTENEAU (A.) et BOUILLON (P.), 1971.— Analyse des rendements des chalutiers ivoiriens. Définition d'un effort de pêche. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2(1-2) : 1-10.

FOX (W.W.Jr.), 1970.— An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 99(1) : 80-88.

FOX (W.W.Jr.), 1974.— An overview of production modeling. *Rec. Doc. Scient. ICCAT*, 3 : 142-156.

FOX (W.W.Jr.), 1975.— Fitting the generalized stock production model by least-squares and equilibrium approximation. *Fish. Bull.*, 73(1) : 23-37.

FRANQUEVILLE (C.), 1983.— Biologie et dynamique de population des daurades (*Pagellus bellottii*, Steindachner 1882), le long des côtes sénégambiennes. Thèse Doct. État, Univ. Aix-Marseille-II, 276 p..

FRANQUEVILLE (C.) et LHOMME (F.), 1979.— Étude de la sélectivité des chaluts pour différentes espèces de poissons démersaux au Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 71, 33 p.

FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.

GARCIA (S.), 1978.— Bilan des recherches sur la crevette rose, *Penaeus duorarum notialis*, de Côte-d'Ivoire : conséquences en matière d'aménagement. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9(1) : 1-41.

GARCIA (S.), PETIT (P.), TROADEC (J.P.), 1970.— Biologie de *Penaeus duorarum* (Burkenroad) en Côte-d'Ivoire : croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 17-48.

GARCIA (S.) et FONTENEAU (A.), 1971.— La pêche de la crevette en Côte-d'Ivoire. Bilan 1969-1970 et perspectives. *La Pêche Maritime*, 1120 : 590-593.

GOHIN (F.) et LAUREC (A.), 1981.— Note sur le calcul analytique de l'impact d'un changement de maillage. *Cons. intern. Explor. Mer, C.M.* 1981/G, 34, 15 p.

GRAHAM (M.) 1935.— Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *J. Cons. intern. Explor. Mer*, 10(3) : 264-274.

GRAS (R.), 1961.— Liste des poissons du Bas Dahomey faisant partie de la collection du laboratoire d'hydrologie du Service des Eaux, Forêts et Chasses du Dahomey. *Bull. IFAN*, sér.A, 23(2) : 572-586.

GROSSLEIN (M.D.), 1969.— Groundfish survey program of BCF Woods Hole. *Comm. Fish. Rev.*, 31 (8-9) : 22-30.

GULLAND (J.A.), 1956.— On the fishing Effort in English Demersal Fisheries. *Fish. Invest.*, ser. 2, 20(5), 41 p.

GULLAND (J.A.), 1961.— Fishing and the stock of fish at Iceland. *Fish. Invest.*, ser. 2, 23(4) : 1-32.

GULLAND (J.A.), 1965.— Estimation of mortality rates. Annex to the report of the Arctic Fisheries Working Group. *Cons. intern. Explor. Mer, C.M.*, 1965/3, 9 p.

GULLAND (J.A.), 1968.— The concept of the marginal yield from exploited fish stocks. J. *Cons. intern. Explor. Mer*, 32(2) : 256-261.

GULLAND (J.A.), 1969.— Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : Analyse des populations. *Manuel FAO, Sci. Halieut.*, 4 (FRS/M4), 160 p.

GULLAND (J.A.), 1970.— The Fish Resources of the Ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 97 (FIRS/T97), 425 p.

GULLAND (J.A.) et BOEREMA (L.K.), 1973.— Scientific advice on catch level. *Fish. Bull.*, 71(2) : 325-335.

GULLAND (J.A.) et GARCIA (S.), 1984.— Observed patterns in multispecies fisheries. *In :* May (R.M.) ed., Exploitation of Marine Communities. Dahlem Konferenzen 1984 :155-190.

JONES (R.), 1961.— The assessment of the long-term effects of changes in gear selectivity and fishing effort. *Mar. Res. Scotl.*, 2, 19 p.

KEMPE (O.), 1962.— The growth of the roach (*Lenciscus rutilus*) in some Swedish lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res.*, 44 : 42-104.

KORANTENG (K.A.), 1981.— Preliminary report on a trawling survey of demersal fish stocks in Ghanaian waters, 1979-1980. Fish. Dept. Research and Utilization Branch, Tema, 15 p.

KORANTENG (K.A.), 1984.— A trawling survey off Ghana, 1981/1982. *FAO/CECAF/TECH/84/63*, 72 p.

KORANTENG (K.A.) et PITCHER (T.J.), 1987.— Population parameters, biannual cohorts, and assessment in the *Pagellus bellottii* (Sparidae) fishery off Ghana. *J. Cons. intern. Explor. Mer*, 43(2) : 129-138.

KORANTENG (K.A.) et QUAATEY (S.N.K.), 1988.— Biostatistical data on the Ghanaian demersal fishery, 1979-1985. *FAO/COPACE/ TECH/88/88.*

LASSARAT (A.), 1958.— La pêche en Côte-d'Ivoire. *Rev. Trav. ISTPM*, 22 : 31-63.

LAUREC (A.), 1977.— Analyse et estimation des puissances de pêche. *J. Cons. intern. Explor. Mer*, 37(2) : 173-185.

LE GUEN (J.C.), 1971.— Dynamique des populations de *Pseudotolithus* (*Fonticulus*) *elongatus* (Bowd. 1825). Poissons-Sciaenidae. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* 9(1) : 3-84.

LE GUEN (J.C.) et FONTANA (A.), 1971.— Diagrammes de rendement pour plusieurs espèces pêchées simultanément dans un chalut. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire*, N.S., 14, 11 p.

LE GUEN (J.C.) et WISE (J.P.), 1967.— Méthode nouvelle d'application du modèle de Schaefer aux populations exploitées d'albacores dans l'Atlantique. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5(2) : 79-93.

LHOMME (F.), 1978.— Biologie et dynamique de *Penaeus duorarum notialis* au Sénégal : I- Sélectivité. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 53, 39 p.

LONGHURST (A.R.), 1964.— Bionomics of the Sciaenidae of tropical West Africa. *J. Cons. intern. Explor. Mer*, 29(1) : 93-114.

LOUBENS (G.), 1966.— Travaux en vue du développement de la pêche dans le bassin inférieur de l'Ogoué. CTFT, 27, 151 p.

MAHÉ (G.), 1987.— Étude de la variabilité des apports hydriques continentaux dans le golfe de Guinée en liaison avec son hydrologie océanique de surface. Mém. DEA, Univ. Paris-XI, 103 p. + ann.

MESNIL (B.), 1980.— Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. *Rec. Trav. ISTPM*, 44(2) : 119-155.

OLIVER (P.), MIQUEL (J.), BRUNO (J.), CRESPO (J.), 1986.— Informe preliminar de la campana realisada por el N.O. *Cornide de Saavedra* en el Golfo de Guinea (Division 34.3.4) en 1986. Inst. Esp. Oceanogr. Palma de Mallorca, 74 p.

PAULY (D.), 1979.— Theory and management of tropical multispecies stocks. A review with emphasis on the southeast asian demersal fisheries. *ICLARM Stud. Rev., Manila*, 1, 35 p.

PAULY (D.), 1980.— On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. intern. Explor. Mer*, 39(2) : 175-192.

PELLA (J.) et TOMLINSON (P.), 1969.— A Generalized Stock Production Model. *Bull. IATTC*, 13(3) : 419-496.

PENNINGTON (M.R.) et GROSSLEIN (M.D.), 1978.— Accuracy of abundance indices based on stratified random trawl surveys. *Cons. intern. Explor. Mer, Stat. Committee, CM* 1978/D : 13, 34 p.

PETIT (D.) et LE PHILIPPE (V.), 1985.— Évaluation des biomasses en poissons pélagiques des plateaux continentaux de Côte-d'Ivoire, Ghana, Togo et Bénin par écho-intégration. *Doc. Scient. Centre Rech.Océanogr. Abidjan*, 15(1) : 65-116.

POPE (J.G.), 1966.— Manual of methods for fish stock assessment. Part III- Selectivity of fishing gear. *FAO Fish. Tech. Paper*, 41, 46 p.

POPE (J.G.), 1972.— An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF, 9 : 65-74.

POPE (J.G.), 1978.— Évaluation des stocks plurispécifiques. Sém. ACDI/FAO/COPACE : évaluation ressources halieutiques, Casablanca, Maroc, 6-24/3/1978, 19 p. + unpag.

POSTEL (E.), 1973.— Théorie des pêches (Dynamique des populations exploitées). Univ. Rennes, UER Sci. Biol., Fasc. 1, 116 p.

RICKER (W.E.), 1958.— Handbook of computation for biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, 119, 300 p.

RICKER (W.E.), 1975.— Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, 191, 382 p.

ROBERTSON (I.J.B.), 1977.— Les pêches dans l'Atlantique centre-est. Compte rendu sommaire : Fiolent 1976. *FAO/COPACE/TECH/77/2*, 117 p.

ROBSON (D.S.), 1966.— Estimation of the relative fishing power of individual ship. *Res. Bull., ICNAF*, 3 : 5-14.

SCHAEFER (M.B.), 1954.— Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. IATTC*, 1(2), 329 p.

SCHAEFER (M.B.), 1957.— A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Bull. IATTC.*, 2(6) : 247-285.

SILLIMAN (R.P.), 1971.— Advantages and limitations of « simple » fishery models in light of laboratory experiments. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28 : 1211-1214.

TOMLINSON (P.K.), 1970.— A generation of the Murphy catch equation. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 27 : 821-825.

TROADEC (J.P.), 1971.— Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest-africain, *Pseudotolithus senegalensis* (V.). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2(3) : 225 p.

TROADEC (J.P.), BARRO (M.), BOUILLON (P.), 1969.— Pêche au chalut sur la radiale de Grand-Bassam (Côte-d'Ivoire) (mars 1966-février 1967). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 33, 14 p. + 11 tab. + 89 pl.

WARDLE (C.S.), 1986.— Underwater observation technologies : present status and review of results of fish and shrimp behaviour research. *FAO, F2 : ExCons*-STD/86/DP 1, 55 p.

WILLIAMS (F.), 1968.— Report on the Guinean Trawling Survey. US NODC Washington, OUA, *Scient. Tech. Res. Comm.*, Lagos (Nigeria), 99, 3 vol. : 828, 529 et 541 p.

LA CREVETTE ROSE *PENAEUS NOTIALIS* (PÉREZ FARFANTE, 1967) EN CÔTE-D'IVOIRE

Frank LHOMME et Philippe VENDEVILLE

Introduction

La crevette rose de Côte-d'Ivoire correspond à une seule espèce appartenant à l'ordre des Decapoda, sous-ordre des Natantia, infra-ordre des Peneidea, famille des Peneidae.

Une révision systématique des crevettes commercialisables est due à HOLTHUIS (1980). La dénomination actuelle de l'espèce est *Penaeus (Farfantepenaeus) notialis*, Pérez Farfante, 1967.

Les potentialités représentées par la crevette rose côtière le long de la côte occidentale africaine ont été pressenties dès 1965 par LONGHURST en Côte-d'Ivoire ; elles ont été soulignées à la suite des premières explorations systématiques du fond de pêche de Grand-Bassam (TROADEC, 1968). Les recherches axées principalement sur cette espèce ont débuté en juin 1968, avant le démarrage de l'exploitation intensive en mer, par des campagnes de prospection de tout le plateau continental ivoirien. Les résultats obtenus confirment l'existence de concentrations intéressantes devant Grand-Bassam et Grand-Lahou et mettent en évidence l'existence de fonds riches à l'ouest de Sassandra (TROADEC *et al.*, 1969).

La pêche crevettière en mer débute en janvier 1969, avec un seul crevettier ; la flotte évolue ensuite très rapidement. Devant le développement rapide de la pêcherie, la Direction des pêches maritimes et lagunaires de Côte-d'Ivoire décide de mettre en place, dès 1970, une réglementation de l'effort par un système de licences. Pour que cette réglementation puisse être fondée sur des bases scientifiques, un programme de recherches est entrepris par le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan. Cette espèce ayant un cycle vital complexe avec une phase lagunaire juvénile et une phase marine adulte, il était essentiel de procéder à l'étude simultanée de l'ensemble des phases.

Le programme de recherches a donc porté sur :

— l'étude de la migration larvaire de la mer vers la lagune ;
— l'étude de la migration des juvéniles, de la lagune vers la mer, et de leur exploitation au cours de cette phase particulièrement vulnérable ;
— l'étude des adultes en mer (répartition, comportement, écologie, reproduction, croissance, mortalité) et de leur exploitation.

Un certain nombre d'articles sur la biologie de l'espèce en Côte-d'Ivoire sont publiés (GARCIA *et al.*, 1970 ; GARCIA et FONTENEAU, 1971 ; GARCIA, 1972, 1973, 1974, 1975, 1977) avant d'être repris et complétés pour être présentés comme thèse de doctorat d'État (GARCIA, 1977). Enfin, un bilan des recherches sur l'espèce et de leurs conséquences en matière d'aménagement est publié (GARCIA, 1978). L'essentiel des résultats présentés ici est tiré de GARCIA, 1977 et 1978.

Cette synthèse comprend deux parties :

— répartition et biologie de l'espèce, où l'on ne fait que reprendre les travaux de GARCIA ;
— les ressources et leur exploitation, qui fait l'objet d'une mise à jour (historique de l'exploitation et potentialités actuelles).

Répartition et biologie

RELATION ENTRE LA RÉPARTITION DE L'ESPÈCE ET LES CONDITIONS DU MILIEU

On trouvera une information détaillée sur la couverture sédimentaire et le milieu physique dans les premiers chapitres de cet ouvrage.

Matériel et méthodes

Trois sources de données différentes sont utilisées pour cette étude :

— échantillonnage systématique sur la radiale de Grand-Bassam (3° 49' W) de 1966 à 1970 à un rythme mensuel, entre 20 et 60 m de profondeur ;
— deux campagnes de prospection sur l'ensemble du plateau continental ivoirien en août et septembre 1968 comportant 11 radiales ;
— les statistiques de pêche de la flottille crevettière ivoirienne ; l'excellente coopération des patrons a permis d'obtenir depuis juin 1969 des renseignements détaillés pour chaque coup de chalut.

Répartition de l'abondance

Répartition géographique

Sur la côte occidentale africaine, *Penaeus notialis* se rencontre du cap Blanc à l'Angola ; cependant, des concentrations importantes semblent n'exister qu'entre le cap Timiris (Mauritanie) et la région de Pointe-Noire (Congo).

Au large de la Côte-d'Ivoire, l'espèce existe sur tout le plateau continental, du cap des Palmes au cap des Trois Pointes mais les seules concentrations exploitables se situent à l'ouest des principales embouchures : celle de la Comoé (Grand-Bassam), du Bandama (Grand-Lahou), du Sassandra et en face du fleuve Cavally (figure 1).

Les superficies maximales des zones occupées par ces concentrations sont de 60 milles carrés (Grand-Bassam), 80 milles carrés (Grand-Lahou), 250 milles carrés (Sassandra-San Pedro-Tabou).

Répartition bathymétrique

Elle a été établie d'après les résultats de la radiale de Grand-Bassam et à partir des cahiers de pêche remplis par les crevettiers après regroupement des profondeurs par tranches de 5 m (figures 2 et 3).

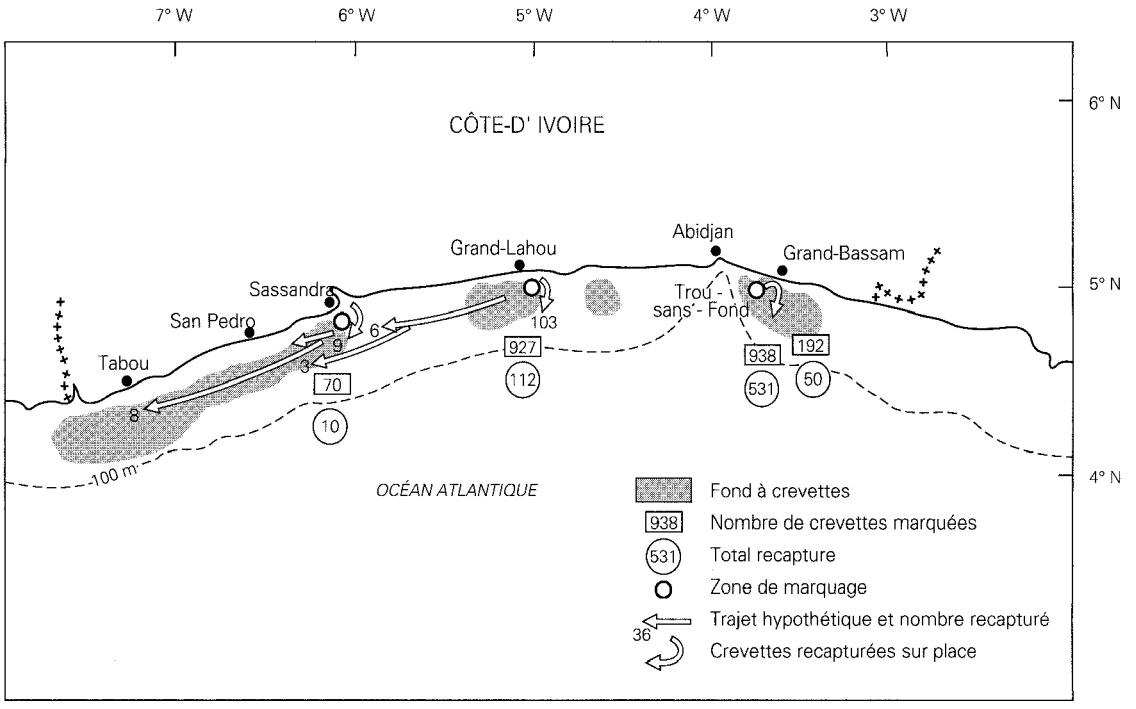


Figure 1

Zones de marquage et de recapture sur les fonds à crevettes de Côte-d'Ivoire (1973). D'après GARCIA (1977).

En Côte-d'Ivoire, si l'on considère l'abondance moyenne annuelle, celle-ci est maximale de 30 à 45 m et décroît rapidement de part et d'autre de cet intervalle.

Dans d'autres régions d'Afrique de l'Ouest, on observe les abondances maximales suivantes :

— Sénégal : 50 m (Saint-Louis) ; 35 m (Roxo) ;
— Sierra Leone : 35 à 45 m ;
— Liberia : 50 à 60 m ;
— Ghana : 35 à 50 m ;
— Togo : 35 à 50 m ;
— Bénin : 45 m ;
— Nigeria : 25 m (les rendements sont maximaux dans la zone côtière).

Ces résultats sont confirmés par de nombreux auteurs (CROSNIER, 1964 ; CROSNIER et DE BONDY, 1967 ; RIBEIRO, 1970 ; FONTANA et BA M'BAYE, 1972 ; LHOMME, 1981). On peut de plus penser qu'il existe un relèvement vers la côte de la limite supérieure de la distribution bathymétrique dans les zones d'estuaire comme le signalent BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969).

Facteurs de répartition

Il est intéressant, à partir des données disponibles sur la répartition de l'espèce, d'essayer de définir ses exigences écologiques. La principale difficulté rencontrée est due au fait que la plupart des facteurs du milieu varient en fonction de la bathymétrie. Des discordances dans la distribution géographique et les variations saisonnières de distribution bathymétrique en un lieu donné permettent cependant de préciser le rôle de la couverture sédimentaire ainsi que le comportement de l'espèce vis-à-vis des conditions hydrologiques, en particulier de la thermocline.

La couverture sédimentaire

La superposition de la carte sédimentologique publiée par MARTIN (1973) et des résultats des campagnes de chalutage de 1968 a permis de définir le rendement horaire moyen obtenu sur chaque type de sédiment caractérisé par sa teneur en lutites (particules < 50 µm). La figure 4 montre clairement l'aug-

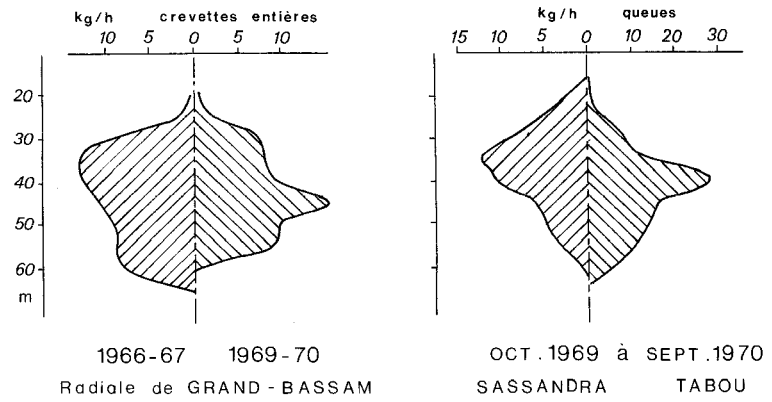


Figure 2
Répartition bathymétrique des rendements en Côte-d'Ivoire. D'après GARCIA (1977).

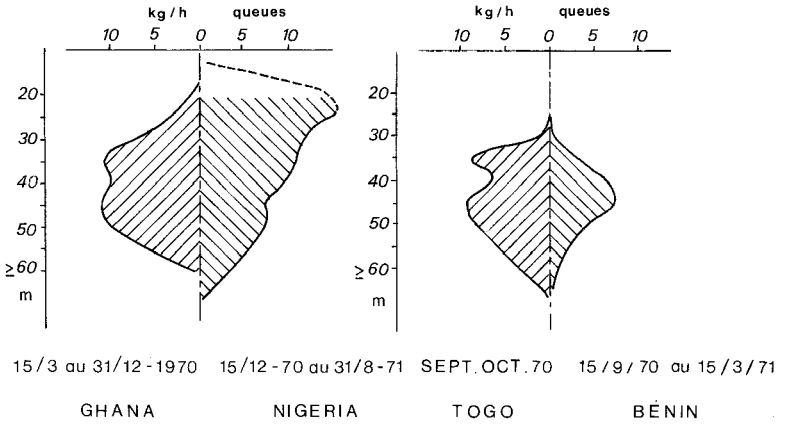
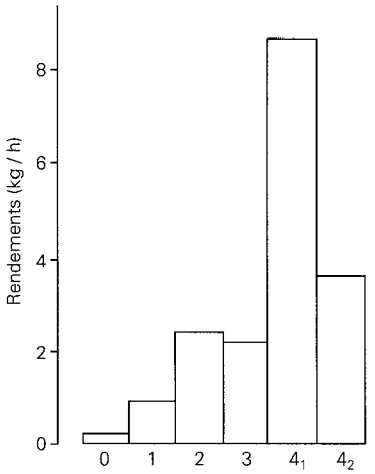


Figure 3
Répartition bathymétrique des rendements obtenus par la flottille d'Abidjan à l'étranger. D'après GARCIA (1977).



Type	Teneurs en lutites
0	< 5 ‰
1	5 à 25 %
2	25 à 50 %
3	50 à 75 %
4_1	> 75 % (profondeur < 50 m)
4_2	> 75 % (profondeur > 50 m)

Figure 4
Abondance en fonction du type de sédiment. D'après GARCIA (1977).

mentation de l'abondance avec la richesse en particules fines. Les fonds les plus riches sont toujours sur les zones vaseuses dont la teneur en lutites est supérieure à 75 %. Cette relation n'est plus vérifiée au-delà de 60 m de profondeur. La nature du sédiment est donc un facteur important de la distribution géographique. Elle peut également dans une certaine mesure expliquer la limite supérieure de la distribution bathymétrique de l'espèce. Ces observations viennent confirmer celles de RAITT et NIVEN (1969) au Nigeria, CROSNIER et BERRIT (1966) au Bénin, RIBEIRO (1970) en Angola, BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969) en Mauritanie, LHOMME (1981) au Sénégal. La présence de *Penaeus notialis* a cependant été signalée sur sables grossiers au banc d'Arguin en Mauritanie (MAURIN, 1968).

Si la répartition géographique et la limite bathymétrique supérieure des fonds à crevettes correspondent nettement à une structure granulométrique caractéristique, il n'en est pas de même pour la limite bathymétrique inférieure de la distribution. En dessous de 50 m, les rendements diminuent rapidement bien que la teneur en lutites demeure supérieure à 75 % : la granulométrie fine est donc une condition nécessaire mais non suffisante pour l'installation de concentrations commerciales.

Les conditions hydrologiques

Comme il a été dit plus haut, la caractéristique essentielle du golfe de Guinée est l'existence d'une thermocline subsuperficielle presque permanente. Un bilan des observations disponibles est résumé dans le tableau I.

TABLEAU I
Conditions hydrologiques (T, S‰) au sommet et à la base de la thermocline dans différentes régions du golfe de Guinée

Zone	Référence	S (‰)	T (°C)
Mauritanie	BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969)	35,7 à 36,0	18 à 29
Nigeria	LEFEVÈRE (1970)	33,6 à 35,0	20 à 25
Congo	CROSNIER et DE BONDY (1967)	35,0 à 36,0	18 à 24
Angola	RIBEIRO (1970)	35,5 à 35,9	16 à 27
Côte-d'Ivoire	GARCIA (1977)	34,2 à 35,8	15 à 29
Sénégal	LHOMME (1981)	34,0 à 35,7	15 à 28

Ces données représentent en fait tout l'éventail des masses d'eau rencontrées entre 25 et 60 m de profondeur. Pour définir des conditions hydrologiques préférentielles, il est indispensable de tenir compte de l'abondance observée.

Rôle de la température dans la répartition bathymétrique

Le plateau continental ivoirien est caractérisé par des variations importantes de la profondeur de la couche de discontinuité, en particulier au moment de l'upwelling. Si la thermocline joue réellement le rôle d'une barrière, elle doit provoquer des variations importantes dans la distribution bathymétrique de l'espèce. Or, d'après CROSNIER (1963), la crevette rose peut être trouvée de 10-50 m à 80-110 m suivant les saisons.

La figure 5 représente le déplacement des isothermes 18, 20 et 24 °C sur un diagramme spatio-temporel réalisé à partir de campagnes mensuelles d'hydrologie. La distribution spatio-temporelle des meilleurs rendements obtenus y a été superposée ; la zone de contact entre la thermocline et le fond est également figurée. On peut donc conclure en précisant que la présence de *Penaeus notialis* est liée aux eaux de la couche de discontinuité de 18-24 °C bien que ce pénéide puisse être observé en très faible abondance au-delà de ces limites. Il occupe préférentiellement l'horizon supérieur de cette couche d'eau aux environs de 24 °C et évite systématiquement les eaux libériennes en effectuant des migrations bathymétriques importantes. En saison froide, la crevette rose est amenée à supporter les conditions régnant à la base de la couche au niveau du maximum de salinité (17 à 18 °C et 35,8 ‰) ; cependant, sa présence dans des eaux aussi froides peut être considérée comme forcée.

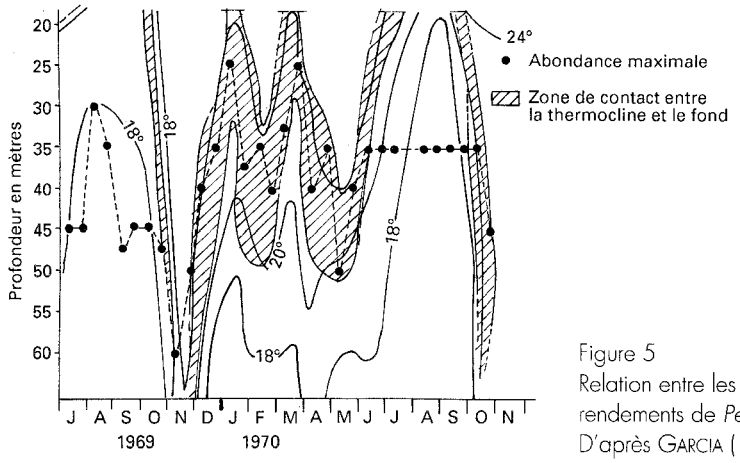


Figure 5
Relation entre les distributions spatio-temporelles des rendements de *Penaeus notialis* et de la température. D'après GARCIA (1977).

La liaison température-salinité permet de définir une préférence de l'espèce pour des eaux d'une salinité comprise entre 35 et 35,5 ‰ car les eaux de température supérieure à 24 °C sont le plus souvent dessalées.

Conclusion

Penaeus notialis adulte occupe une aire géographique bien définie dans laquelle les eaux de surface atteignent au moins 24 °C dans l'année et descendent rarement en dessous de 18 °C. Les températures au fond peuvent être au minimum de 15 à 16 °C ; ces températures correspondent à des exigences écologiques. À l'intérieur de cette zone, son extension peut être limitée ou inhibée par une dessalure trop importante (S < 35 ‰). Dans les zones hydrologiquement convenables, la présence de concentrations exploitables est subordonnée à la présence d'estuaires ou de lagunes.

Les concentrations d'intérêt commercial ne sont rencontrées que sur des fonds dont la teneur en lutites dépasse 50 et surtout 75 %. La distribution bathymétrique s'étend de 25 à 60 m avec un maximum de 30 à 50 m. Elle est moins profonde à l'est des embouchures de lagunes de Côte-d'Ivoire où les sédiments fins sont plus littoraux.

Les crevettes fréquentent préférentiellement les eaux de la couche de discontinuité.

RÉPARTITION DES TAILLES ET SEX-RATIO

Répartition bathymétrique des tailles

La figure 6 représente la répartition bathymétrique moyenne annuelle des tailles sur la radiale de Grand-Bassam et sur les fonds de Fresco à Tabou. Seules les femelles ont été représentées mais le schéma obtenu pour les mâles est identique. Les immersions moyennes sont occupées par les crevettes de taille moyenne, les immersions extrêmes par les crevettes de grande taille. Ce schéma de distribution a été retrouvé sur les autres fonds de pêche ivoiriens ; il correspond aux observations de BURUKOWSKY (1968) en baie de Biafra. Sur la côte américaine, les jeunes de *Penaeus duorarum*, espèce très voisine, occupent les petits fonds et la taille moyenne augmente avec la profondeur (IVERSEN *et al.*, 1960).

Étude du sex-ratio

Le sex-ratio, lors de la migration vers la mer, a été observé en lagune Tagba et Ébrié ; il est respectivement de 50,0 % et 50,2 % de femelles. Il présente des variations en fonction de la taille et des variations saisonnières.

Le sex-ratio en mer mesuré au cours des campagnes de chalutage est un peu supérieur à 50 % (52,7 à 55,1 %). Il varie en fonction de la taille, de la profondeur et des saisons. En fonction de la taille, les

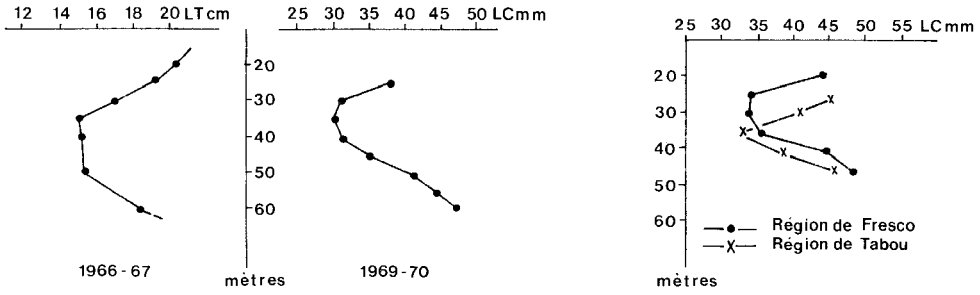


Figure 6
Répartition bathymétrique des tailles moyennes des femelles sur la radiale de Grand-Bassam en 1966-1967 et 1969-1970 et sur les fonds de Fresco à Tabou en août-septembre 1968. D'après GARCIA (1977).

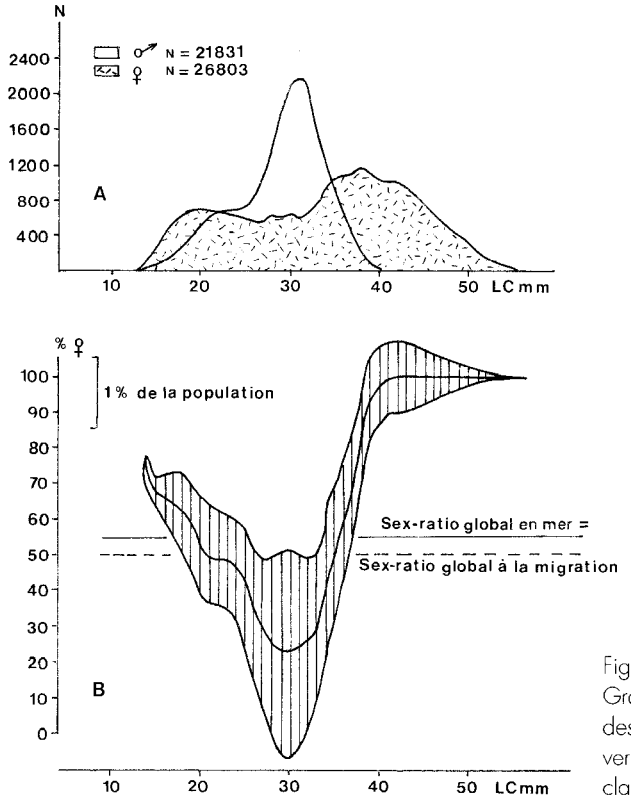


Figure 7
Grand-Bassam (1969-1970). A : courbe d'abondance des tailles ; B : sex-ratio en fonction de la taille (les lignes verticales sont proportionnelles à l'abondance de chaque classe (en % dans la population). D'après GARCIA (1977).

courbes obtenues (figure 7) sont assez similaires à celles trouvées en lagune. La partie droite de la courbe, au-delà de 20 mm LC [1] traduit la différence entre les lois de croissance des mâles et des femelles (BERRY, 1967 ; GARCIA *et al.*, 1970 ; GARCIA, 1973). La partie gauche montre un taux de femelles supérieur à la normale en deçà de 20 mm LC. Ce phénomène est attribué à une différence de sélectivité pour les deux sexes. À longueur céphalothoracique égale, les femelles seraient mieux retenues par le chalut.

À la suite d'un décalage entre les distributions respectives des mâles et des femelles, le sex-ratio varie avec la profondeur. Les femelles dominent à la côte la plupart du temps. En saison froide, le phénomène s'inverse en passant par une phase de transition.

La courbe obtenue au Sénégal (LHOMME, 1981) a une forme similaire mais elle est décalée *vers la* gauche, ce qui a été attribué à une croissance plus lente dans ce pays à saison froide très marquée.

[1] LC = Longueur céphalothoracique, LT = Longueur totale.

Variations quotidiennes des rendements et relations avec l'hydroclimat

Le rythme quotidien d'activité a été étudié par le biais des variations de rendements qu'il occasionne, dans la zone des upwellings et dans la zone sénégambienne d'oscillation des masses d'eau. On admet en général que les rendements les plus élevés sont obtenus quand l'activité des crevettes est maximale, c'est-à-dire le plus souvent la nuit ; sur la côte d'Afrique, les meilleurs rendements peuvent être obtenus indifféremment de jour ou de nuit. Ce comportement « apparent » dépend de la zone, de la période et de la profondeur considérée. Étant admis que le comportement réel est nocturne et que le comportement « apparent » n'est que la manifestation des modifications nycthémérales de la vulnérabilité des crevettes vis-à-vis des chaluts, ces modifications, liées à la turbidité des eaux, seraient provoquées par des migrations nycthémérales verticales mettant périodiquement les crevettes hors de portée des engins de pêche.

Les résultats obtenus dans la zone sénégambienne suggèrent aussi une modification du comportement sous l'action de la température de l'eau en saison froide au Sénégal. Les travaux de HILL (1985) ont d'ailleurs montré une influence directe de la température sur l'activité et la capturabilité de *Penaeus esculentus*.

En Côte-d'Ivoire, le passage d'une période d'eaux turbides à une période d'eaux claires se traduit par le passage d'un comportement apparent diurne à un comportement apparent nocturne ou de transition ; on note en même temps une diminution sensible du rendement journalier moyen, c'est-à-dire à une baisse de l'abondance apparente, probablement liée à une réduction de la vulnérabilité du stock. Cela implique l'existence de variations saisonnières de la vulnérabilité globale du stock liées aux conditions hydrologiques.

MATURATION SEXUELLE ET MIGRATION DES POSTLARVES

Ces deux aspects de la biologie de l'espèce sont considérés ensemble car, on le verra, les variations d'abondance des postlarves à l'entrée des lagunes constituent un bon indice de la reproduction des adultes en mer.

Maturation sexuelle

Les données proviennent de deux sources : les campagnes expérimentales en 1969-1970 et les échantillonnages systématiques effectués sur les débarquements des crevettiers professionnels de 1971 à 1975.

Trois études sont disponibles sur la reproduction : celle de CUMMINGS (1961) dans le golfe du Mexique, sur *Penaeus duorarum* ; celles de DEVRIES et LEFEVÈRE (1969) et de BURUKOWSKY (1970) sur la côte ouest africaine, sur *Penaeus notialis*. Une correspondance a été établie entre les trois échelles de maturité proposées (tableau II). Les stades 4 et 5 ne sont pas discernables d'après l'aspect extérieur.

La taille à la première maturité (Lm) a été estimée à 30/31 mm LC (figure 8).

Un résultat très voisin a été obtenu au Nigeria (DEVRIES et LEFEVÈRE, 1969) : 28 mm LC. Au Sénégal, cette taille est estimée à 25 mm LC pour le fond de pêche de Saint-Louis et à 29 mm LC pour celui de Roxo-Bissagos (LHOMME, 1981).

Saison de ponte

L'ensemble des données recueillies a été résumé dans une courbe moyenne annuelle d'abondance des femelles mûres (figure 9A). Le pourcentage est minimal en août-septembre au cœur de la saison froide. Il augmente brusquement et passe par un maximum d'octobre à décembre. Il décroît ensuite rapidement pour atteindre un premier minimum en avril et l'on retrouve, après quelques variations secondaires, le minimum d'août. Il est possible que le rôle de la température sur la maturation ne se manifeste que lors de la transition entre la grande saison froide et la période chaude, en octobre. La ponte varie cependant beaucoup pendant la saison chaude.

TABLEAU II
Échelle de maturité selon différents auteurs

CUMMINGS (1961)	DEVRIES et LEFEVÈRE (1969)	BURUKOWSKY (1970)
Undeveloped (A)	I - Virgin	1
Developing (B)	II - Maturing virgin	2
	III - Developed	3
Nearly ripe (C)	IV - Gravid	4
Ripe (D)	V - Ripe	5
(Spent) (E)	VI - Spent	

D'autres facteurs tels que la productivité pourraient jouer un rôle. Les travaux de DANDONNEAU (1973) et DE BINET (1972) montrent que l'abondance du plancton est élevée en septembre pendant l'upwelling, en octobre-novembre à l'arrivée des eaux dessalées issues des secondes crues. Un maximum secondaire en juin, plus ou moins marqué selon les années, correspond aux premières crues. La comparaison des cycles de reproduction et de productivité suggère une adaptation du cycle de reproduction de l'espèce au cycle de production du milieu (voir page 504).

Étude de la migration des postlarves

L'intérêt de cette étude est, d'une part de recouper les informations concernant la ponte et, d'autre part, de mettre en évidence d'éventuelles relations entre le stock parental en mer et le recrutement postlarvaire en lagune.

L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un filet à plancton (diamètre 1 m, maille 500 puis 700 µm) tracté en surface par une petite embarcation. La station est localisée au débouché du canal de Vridi dans la lagune Ébrié. La durée des traits est de 15 min. Une étude préliminaire a porté sur des cycles complets

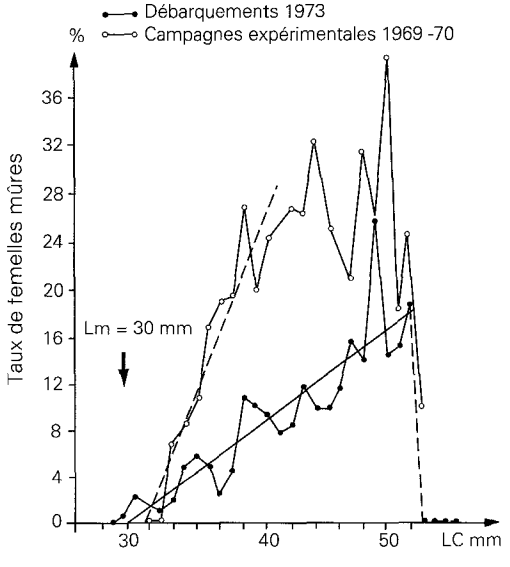


Figure 8
Proportion des femelles mûres (IV, V) en fonction de la taille. D'après GARCIA (1977).

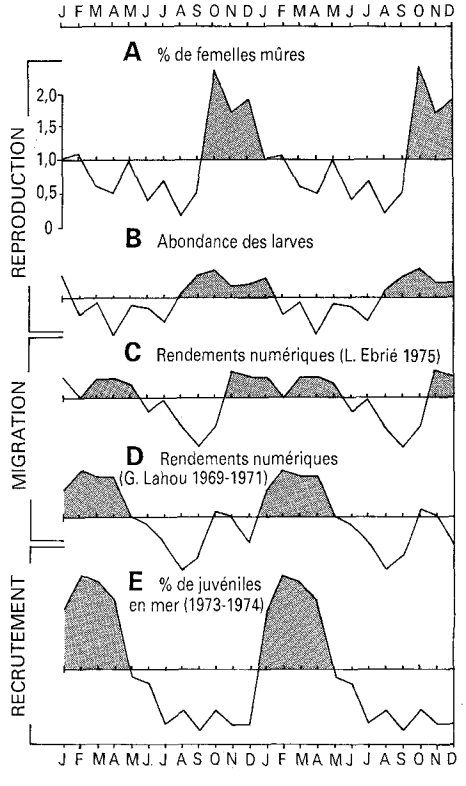


Figure 9
Variations saisonnières des différentes phases du cycle de reproduction (valeurs divisées par leur moyenne). Le cycle annuel est répété 2 fois. D'après GARCIA (1977).

de 24 h aux différentes phases lunaires afin de mettre en évidence les rythmes. En pleine lune et nouvelle lune, les courbes d'abondance obtenues sont nettement bimodales ; le premier maximum apparaît entre 18 h et 20 h 30, le second entre 3 h et 6 h du matin. Ce rythme est probablement lié aux marées. Il confirme la relation généralement admise entre le courant de flot et la migration postlarvaire. Une étude de la corrélation entre les deux maxima a permis ensuite de limiter les sorties à la première partie de la nuit. La valeur du maximum observé en nouvelle lune a été retenue comme indice d'abondance.

Relation entre la maturité sexuelle et l'abondance larvaire

Au niveau mensuel, la superposition de la courbe de variation du pourcentage de femelles mûres en mer et des variations des indices d'abondance des postlarves n'est pas excellente. Plusieurs explications peuvent être trouvées :

— le pourcentage de maturité est calculé sur l'ensemble du plateau continental ivoirien alors que les postlarves pénétrant à Vridi proviennent probablement d'une zone restreinte ;

— le nombre de larves entrant en lagune doit être proportionnel au nombre de larves émis qui, lui-même, dépend du pourcentage d'individus mûrs mais surtout de leur effectif et de leur âge car le nombre d'œufs émis augmente avec l'âge (MARTOSUBROTO, 1974) ;

— le mécanisme des échanges d'eau à travers le canal de Vridi peut influer beaucoup sur la pénétration des larves en lagune.

Cependant, si l'on raisonne au niveau des courbes moyennes sur plusieurs années (figures 9A et B), la relation est assez bonne. L'abondance des larves est élevée de septembre à janvier puis diminue fortement jusqu'en avril où elle est minimale. Il existe un maximum secondaire en mai-juin. Ce schéma confirme les résultats obtenus par l'étude de la maturité sexuelle.

RECRUTEMENT EN MER

On reprendra ici deux aspects importants pour la dynamique du stock de crevettes d'une étude détaillée sur la migration des juvéniles et de leur exploitation en lagune (GARCIA, 1977).

Migration et recrutement en mer

Les variations saisonnières d'abondance des crevettes en migration peuvent être assimilées à des variations saisonnières du recrutement, définies comme le processus par lequel les juvéniles de la population s'intègrent pour la première fois au stock exploitable et deviennent disponibles. Le recrutement peut également être étudié à travers les variations saisonnières de la proportion d'individus très jeunes dans les captures.

Les différentes phases du cycle de reproduction ont été représentées sur la figure 9. La courbe de recrutement des juvéniles (taille inférieure à 22 mm LC) est centrée sur février-mars, ce qui suggère que le temps de latence entre la migration hors de la lagune et le recrutement proprement dit est très court et en tout cas inférieur à 1 mois.

Les données qui paraissent le mieux traduire le cycle annuel de recrutement sont les rendements numériques mensuels moyens de la pêche artisanale de juvéniles en lagune de Grand-Lahou (moyenne 1969-1971). Ce sont celles qui seront utilisées dans le modèle de simulation. Exprimé en pourcentage, ce cycle est figuré dans le tableau III.

TABLEAU III

Rendements mensuels moyens de la pêche artisanale de juvéniles à Grand-Lahou (1969-1971)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
%	11,9	13,9	13,6	13,3	7,9	7,3	4,6	2,0	3,3	8,9	8,3	5,0

Reconstitution chronologique du cycle vital

Il n'existe pas pour les crevettes de méthodes directes de lecture de l'âge qui est, en général, estimé par rapport à un événement marquant. Le plus souvent, on utilise un âge relatif en prenant le recrutement comme origine des temps (GARCIA *et al.*, 1970 ; GALOIS, 1975 ; GARCIA, 1975). Il est cependant nécessaire de définir de façon aussi précise que possible la chronologie réelle.

Disposant des cycles moyens annuels de ponte, d'abondance larvaire, de migration et de recrutement (figure 9), il est possible d'estimer la durée du séjour en lagune, l'âge à la migration et l'âge au recrutement. Les cycles d'abondance des femelles mûres en mer et des larves à l'entrée de la lagune Ébrié sont en phase, la reproduction étant centrée sur le mois de novembre. La migration en mer est centrée sur février. Il s'écoule donc 3 mois en moyenne entre l'entrée des larves en lagune et leur migration vers la mer. Les données de l'aquaculture permettent d'estimer à 3 semaines environ l'âge des postlarves entrant en lagune. L'âge à la migration est donc en moyenne de 3,7 mois, la taille correspondante étant de 16,5 mm LC. Les courbes de croissance en lagune et en mer ont été articulées par rapport à ce repère (figure 10). L'origine des courbes de croissance en mer est fixée à 18 mm LC (taille à la première capture), soit un âge de 3,9 mois. La taille à la première ponte, de 30 mm LC, correspond à un âge de 6,7 mois.

Au Sénégal, d'après LHOMME (1981), la situation est plus complexe car, d'une part, il faut distinguer les fonds de pêche de Saint-Louis et Roxo-Bissagos, et, d'autre part, il faut tenir compte du moment de l'année auquel on se place compte tenu de l'existence d'une période de croissance nulle en saison froide introduisant un délai supplémentaire pour le recrutement des juvéniles dans la pêcherie. Cependant, l'âge à la migration, 4 mois, est très voisin de celui qui a été estimé en Côte-d'Ivoire. L'âge moyen à la première ponte a été évalué à 7,7 mois à Saint-Louis et à 4,3 mois à Roxo-Bissagos pour les individus nés au moment du principal pic de ponte annuel.

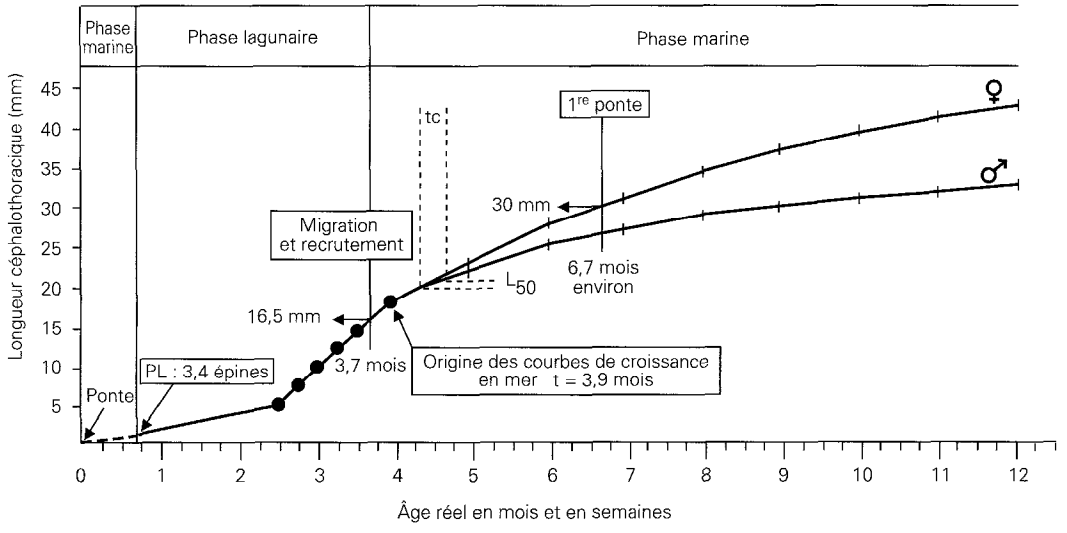


Figure 10
Chronologie du cycle vital de *Penaeus notialis* en Côte-d'Ivoire. D'après GARCIA (1977).

ESTIMATION DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Les paramètres biologiques étudiés dans ce paragraphe concernent la croissance, la mortalité et les migrations.

Étude de la croissance par la méthode de Petersen

Les échantillons proviennent de la radiale de chalutage de Grand-Bassam prospectée toutes les trois semaines en 1966-1967 et tous les mois en 1969-1970. La décomposition des courbes polymodales de fréquences de tailles à été réalisée par la méthode de GHÉNO et LE GUEN (1968) reprise par DAGET et LE GUEN (1975).

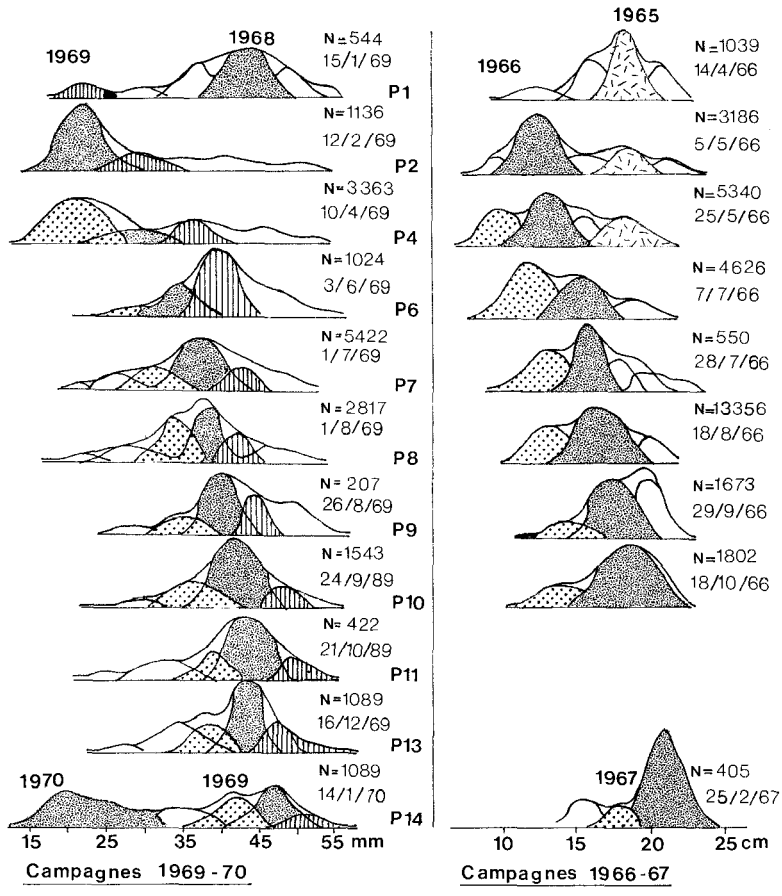


Figure 11
Décompositions et filiations modales. Les distributions illisibles ou celles dont l'effectif était inférieur à 200 ont été volontairement omises. Les distributions matérialisées par une trame ont été utilisées pour le calcul.
D'après GARCIA (1977).

Les distributions des femelles étant plus étendues et plus facilement décomposables, c'est sur elles que l'étude a été réalisée (figure 11). Les paramètres K, $L\infty$ et t'_0 calculés par la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON (1961) sont donnés dans le tableau IV.

(LC = longueur céphalothoracique ; LT = longueur totale)

L'age 0 correspond arbitrairement à l'apparition du premier mode en mer dans les captures ; c'est donc un âge relatif. Comme il est dit à la page précédente, l'âge réel des crevettes de 18 mm LC est de

TABLEAU IV
Valeurs des paramètres K, $L\infty$ et t'_0

		Femelles		Mâles
1966-1967	K	0,17	± 0,03	0,28
	$LT\infty$	21,7 cm	± 1,0	16,1 cm
	t'_0	- 3,1 mois	± 0,7	- 2,7 mois
1969-1970	K	0,16	± 0,03	0,26
	$LC\infty$	51,6 mm	± 3,4	34,4 mm
	t'_0	- 2,7 mois	± 0,5	- 3,3 mois

3,9 mois. Il faut donc ajuster cette valeur à l'âge relatif pour obtenir l'âge réel. Une clé âge-longueur a ensuite été calculée et les courbes théoriques correspondantes ont été établies.

La croissance des mâles n'a pas pu être étudiée à partir des histogrammes. Une autre méthode a été utilisée : partant de l'hypothèse que les crevettes vivant à une profondeur donnée ont en moyenne le même âge, une relation entre la taille moyenne des femelles et celle des mâles a été établie. Cette relation a été ensuite utilisée pour passer de la clé âge-longueur des femelles à celle des mâles. Enfin, les paramètres K, $L\infty$ et t'_0 ont été estimés par les méthodes graphiques préconisées par GULLAND (1969).

Âge maximal

L'âge maximal correspondant aux derniers modes nets observés dans les distributions des femelles (21 cm LT ou 50 mm LC) est de 16-17 mois en âge relatif et 23 mois en âge réel. Cette estimation est supposée également valable pour les mâles.

Estimation des paramètres de croissance par marquage

Les marquages ont été réalisés à l'aide de disques de Petersen numérotés placés entre le premier et le second segment abdominal (GARCIA, 1973). Cinq marquages ont eu lieu entre 1972 et 1973 sur les divers fonds de pêche de Côte-d'Ivoire. Les résultats de chaque marquage ont été analysés séparément en tenant compte de la localisation des jours de liberté des individus recapturés par rapport à la saison hydrologique. La croissance a ensuite été étudiée en représentant pour chaque sexe l'accroissement mensuel en fonction de la taille.

On a pu distinguer deux types de résultats :

— les marquages de saison chaude où la croissance est dite « normale » ;
— les marquages de saison froide ou de période de grande crue des fleuves où la croissance est perturbée et fortement ralentie.

Les paramètres de croissance calculés sur les marquages de saison chaude sont donnés dans le tableau V où l'on a également reporté les résultats obtenus par la méthode de Petersen.

La comparaison des résultats obtenus par 2 méthodes différentes permet de conclure que :

— les résultats obtenus par marquage et par la méthode de Petersen sont cohérents entre eux ;
— le fait que la croissance dite « normale » obtenue par marquage soit proche de la croissance moyenne obtenue par la méthode de Petersen implique que les périodes où la croissance est perturbée sont courtes et que la récupération est rapide dès que les conditions redeviennent normales ;
— les perturbations de la croissance confirment les résultats de GARCIA (1974) sur l'écologie de l'espèce le long des côtes occidentales africaines qui montrent que la saison froide et la saison des crues sont bien des périodes de choc physiologique.

Une comparaison des croissances observées par divers auteurs a été faite par LHOMME (1981) ; les résultats figurent aux tableaux VI et VII.

La comparaison des paramètres calculés en Côte-d'Ivoire, dans le golfe du Mexique et en Floride sur des espèces voisines (LINDNER et ANDERSON, 1956 ; BERRY, 1967) montrent qu'il n'y a pas de différence

TABLEAU V
Paramètres de croissance K et $L\infty$ (marquages et méthode de Petersen)

		Marquage croissance « normale »	GARCIA (1975) méthode de Petersen
mâles	K	0,30	0,26 ± 0,05
	$LC\infty$	32,3 mm	34,4 mm ± 2,0
Femelles	K	0,18	0,16 ± 0,03
	$LC\infty$	51,7 mm	51,6 mm ± 3,4

TABLEAU VI

Croissances observées par divers auteurs chez *Penaeus duorarum* (*) et *Penaeus notialis* (**) (adultes)

			Mâles		Femelles				
AUTEURS	Région	Méthode	K (mois)	L∞	K (mois)	L∞	Croissance	Unité	Température (°C)
GARCIA** 1975	Côte-d'Ivoire	1	0,26 ± 0,05	34,4 ± 2,0	0,16 ± 0,03	51,6 ± 3,4	3,2	mm LC	18-26
BERRY* 1967	Tortugas	2	0,18 et 0,19	16,8 et 17,7	0,16 et 0,22	18,5 et 20,2	0,7 1,3	cm LT cm LT	21,9-23,8 23,6-27,4
IVERSEN et JONES* 1961	Floride	2 (3)	0,07	46,4	0,09	46,05	1,4	mm LC	été
KUTKHUN* 1966	Tortugas Sanibel	2	0,31 0,34		W∞ = 42,0 g W∞ = 35,6 g				
ROJAS-BELTRAN* 1975	Colombie	1	0,20	15,4	0,13	18,6	0,6	cm LT	24-30
LHOMME** 1981	Sénégal	1-2	0 0,22 0,32 0,50	\ 29,0 28,6 31,3	0 0,17 0,27 0,38	\ 39,0 42,8 43,2	0 1,4 3,0 4,2	mm LC mm LC mm LC mm LC	14,3 15,6 18,3 22,1

Méthode : 1 = progression modale ; 2 = marquage ; ( ) = données transformées par GARCIA (1977).
Croissance : croissance mensuelle d'une femelle de 30 mm LC (13,5 cm LT).
Unité : valable pour L∞ et croissance.

réelle dans la croissance. Le cas du Sénégal est particulier en raison de la forte amplitude des variations saisonnières de K. Cependant, la croissance observée par GARCIA correspond bien à celle qui est rencontrée au Sénégal entre août et novembre (saison chaude). Sur une période plus longue, la croissance est plus faible au Sénégal qu'en Côte-d'Ivoire, les tailles moyennes et les poids moyens sont plus faibles.

Les résultats de LE RESTE et MARCILLE (1976) sur *Penaeus indicus*, ceux de ROJAS-BELTRAN (1975) sur *Penaeus duorarum* et *Penaeus schmitti*, ceux de CHAVEZ (1973) sur *Penaeus aztecus*, ceux de CHAVEZ et LA CRUZ (1971) sur *Penaeus californiensis* sont également voisins. En revanche, la croissance calculée par LUCAS (1974) pour *Penaeus plebejus* est la plus rapide de toutes. En définitive, il apparaît que les gros pénéides côtiers de taille maximale voisine ont des cinétiques de croissance assez similaires.

Migrations

Peu de migrations importantes ont été observées (figure 1). Aucune crevette marquée à Grand-Bassam n'a été recapturée ailleurs. Sur 327 crevettes marquées à Grand-Lahou, 95 ont été recapturées sur place, 5 à Sassandra (120 km à l'ouest) et 3 près de Monogaga (160 km). La vitesse moyenne de déplacement est de 4 km/jour. Ces vitesses relativement élevées et la composante ouest marquée permettent de supposer que les crevettes utilisent pour leurs déplacements le courant subsuperficiel ivoirien. À titre de comparaison, des vitesses moyennes de 2,8 km/jour (Roxo) et 5,4 km/jour (Saint-Louis) ont été calculées au Sénégal (LHOMME, 1981).

Le fond de pêche de Grand-Bassam apparaît donc comme une unité isolée des autres sans échanges avec eux. Cet isolement s'explique à l'ouest par l'existence du Trou-sans-Fond et à l'est par plusieurs centaines de milles de fonds peu propices. C'est donc ce fond de pêche qui se prête le mieux à une évaluation de la mortalité et qui sera retenu pour cette étude.

TABLEAU VII

Croissances observées par divers auteurs chez quelques pénéidés adultes des genres *Penaeus* et *Metapenaeus*, autres que *Penaeus duorarum* et *Penaeus notialis*

				Mâles		Femelles				
Auteurs	Espèce	Région	Méthode	K (mois)	L∞	K (mois)	L∞	Croissance	Unité	Température (°C)
LINDNER et ANDERSON, 1956	*P. setiferus*	Golfe du Mexique	2	0,27	17,8	0,20	19,0	1,0	cm LT	13-26
CHAVEZ et DE LACRUZ, 1971	*P. californiensis*	Californie	1	0,17	22,2	0,13	26,1	1,5	cm LT	
CHAVEZ 1973	*P. aztecus*	G. du Mexique	1	0,26	17,8	0,16	23,6	1,5	cm LT	13-26
LE RESTE et MARCILLE, 1976 a	*P. indicus*	Madagascar	2	0,37	29,9	0,34	42,4	3,6	mm LC	27-33
KLIMA, 1974	*P. setiferus*	G. du Mexique	2		K = 0,39 sexes confondus		L∞ = 21,4	2,6	cm LT	24-30
LUCAS, 1974	*P. plebejus*	Australie	2	0,43	40	0,43	49	6,6	mm LC	
LE RESTE et MARCILLE, 1976 b	*M.monoceros*	Madagascar	2	0,26	28,2	0,25	36,1	1,3	mm LC	27-33
ROJAS-BELTRAN, 1975	*P. schmitti*	Colombie	1	0,20	188	0,13	22,2	1,1	cm LT	25-30

Méthode : 1 = progression modale ; 2 = marquage.
Croissance : croissance mensuelle d'une femelle de 30 mm LC (13,5 cm LT).
Unité : valable pour L∞ et croissance.

Estimation des mortalités

Les mêmes données de marquage sont utilisées, complétées par des données sur l'effort de pêche obtenues à partir des cahiers de bord des crevettiers. Les prises de crevettes marquées obtenues par un bateau sur de courtes périodes permettent d'estimer les recaptures par jour de pêche, c'est-à-dire par unité d'effort (R/UE). R/UE est considéré comme constant pour toute la marée, et proportionnel à l'abondance des individus marqués. Il a ensuite été calculé une R/UE moyenne pour chaque intervalle d'observation en faisant la moyenne des R/UE obtenues par les différents bateaux durant cet intervalle. Les marquages de jour ou de nuit ont été distingués. Les logarithmes népériens des R/UE moyennes ont servi à tracer les courbes de recapture à l'aide de simples droites de régression. Cette technique suppose que Z, la mortalité totale, est constante pendant tout l'intervalle de mesure.

L'analyse des résultats montre d'abord une influence de l'heure de largage sur le taux de recapture. Les taux de recapture sont en moyenne plus élevés lorsque les crevettes sont marquées après le coucher du soleil ; la différence jour-nuit est forte en période de forte transparence des eaux. Cela est probablement dû à l'action des prédateurs. D'autre part on peut observer une influence de la taille au marquage sur le taux de recapture. En général, le taux de recapture augmente avec la taille, passe par un maximum puis diminue à nouveau. Cela suggère que la mortalité naturelle n'est pas constante mais augmente avec l'âge alors que la mortalité par pêche diminue avec l'âge (figure 15).

Évaluation des mortalités globales

Les calculs effectués sur les données de recaptures donnent :

q = 0,004 50 coefficient de mortalité due à la pêche par unité d'effort
F/mois = 0,15 mortalité due à la pêche
X/mois = 0,25 mortalité résiduelle
Z/mois = 0,40 mortalité totale

Une revue des résultats obtenus par divers auteurs (LHOMME, 1981) indique (tableau VIII) que les valeurs trouvées par GARCIA pour *Penaeus notialis* sont proches de celles données par BERRY (1967) pour *Penaeus duorarum* et plus faibles que celles de travaux précédents dans le golfe du Mexique sur diverses espèces voisines. Au Sénégal, les valeurs de F estimées par LHOMME (1981) sont très proches. Les valeurs fortes trouvées pour X par cet auteur paraissent surestimées peut-être en raison d'une mortalité additionnelle due à la marque.

À partir de la valeur de q obtenue à Grand-Bassam, coefficient instantané de mortalité par unité d'effort de pêche, et appliquée à une superficie de 60 milles carrés, on peut généraliser aux autres fonds de pêche en effectuant une pondération par les superficies (tableau IX).

Essai d'évaluation des mortalités par âge

Les marquages ont été analysés dans l'hypothèse d'une mortalité totale constante comme l'ont fait la plupart des auteurs (KUTKUHN, 1966 ; BERRY, 1967 ; PENN, 1975 ; LE RESTE et MARCILLE, 1976). Cette hypothèse est également admise en ce qui concerne la mortalité par pêche F.

Dans le cas de la Côte-d'Ivoire, on a pu obtenir des estimations de la mortalité par pêche en fonction de l'âge à partir de l'estimation globale de F pour la population et des courbes d'évaluation du taux de recapture en fonction de l'âge. Une analyse approfondie de la répartition de l'effort de pêche sur la structure démographique a permis d'estimer la proportion de l'effort appliquée à chaque strate d'âge et de calculer l'évolution du coefficient de capturabilité avec l'âge (figures 12 à 15).

REPRODUCTION ET CONDITIONS DU MILIEU

Les deux indices utilisés pour décrire la ponte n'ont pas la même signification. L'abondance des postlarves à leur entrée en lagune dépend du nombre d'œufs émis au moment de la ponte et de leur survie pendant la phase larvaire, où se produit la mortalité la plus importante. Le cycle d'émission de ces larves est confondu avec le cycle de production du milieu et celui de la fécondité théorique. Il y a donc adapta-

TABLEAU VIII
Évaluations des mortalités selon divers auteurs

Auteurs	Espèce	Zone	Méthode	X	F	Z
LINDNER, 1953	*P. setiferus*	golfe du Mexique	1	0,20 à 0,46	/	/
KLIMA, 1964	*P. aztecus*	Texas	1	0,60	0,21	0,81
	P. setiferus	Louisiane	1	/	/	1,28
KLIMA et BÉNIGNO, 1965	*P. setiferus*	golfe du Mexique	1	0,34	0,26 à 0,82	0,60 à 1,16
KUTKUHN, 1966	*P. duorarum*	Tortugas	1	2,70	1,80	3,5
BERRY, 1967	*P. duorarum*	Tortugas	1	0,17	0,98	1,15
NEAL, 1967	*P. aztecus*	golfe du Mexique	4	/	0,09 à 1,38	/
COSTELLO et ALLEN, 1968	*P. duorarum*	Tortugas	1	0,44	0,29	0,73
	P. duorarum	Sanibel	1	0,32	0,15	0,47
BERRY, 1970	*P. duorarum*	Tortugas	2 et 3	0,04 à 0,12	0,36	0,40 à 0,48
LUCAS, 1974	*P. plebejus* juvéniles	Australie	1	M = 0,95 E = 0,73	0,17	1,85
	P. plebejus adultes	Australie	1	0,22	0,09	0,31
KLIMA, 1974	*P. setiferus*	Texas	1	0,70 à 0,97	0,18 à 0,52	0,88 à 1,49
LLUCH, 1974	*P. californiensis*	côte	2	0,11	0,26	0,37
	P. vannamei	pacifique	2	0,08	0,28	0,36
	P. stylirostris	du Mexique	2	0,21	0,11	0,32
PENN, 1976	*P. latisulcatus*	Australie	1	0,10	0,05	0,15
GARCIA, 1977	*P. notialis*	Côte-d'Ivoire	1	0,25	0,15	0,40
	P. notialis		2	0,21	/	/
LE RESTE, 1978	*P. indicus*	Madagascar	1	0,21	0,27	0,48
MARCILLE, 1978	*P. indicus*	Madagascar	1 et 2	0,2	0,6	0,5-0,9
	P. semisulcatus	Madagascar	1 et 2	0,1-0,3		
	M. monoceros	Madagascar	1 et ?	0,1-0,?		
LHOMME, 1981		Sénégal :				
	P. notialis	Saint-Louis	1	0,97	0,22	1,19
	P. notialis	Roxo-Bissagos	1	0,95	0,16	1,11

Les valeurs de F, X, et Z ont été rapportées à 1 mois pour être comparables.
Méthode employée : 1 = marquage ; 2 = histogrammes ; 3 = statistiques de pêche ; 4 = analyse des populations virtuelles.

TABLEAU IX
Valeurs du coefficient instantané de mortalité selon les zones

Zone	Surface milles carrés	q
Grand-Bassam	60	0,004 50
Grand-Lahou	80	0,003 37
Sassandra	200	0,001 35
Tabou	50	0,005 40
Toutes zones	390	0,000 69

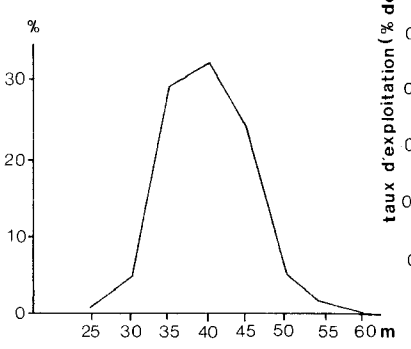


Figure 12
Répartition bathymétrique de l'effort en 1969-1970. D'après GARCIA (1977).

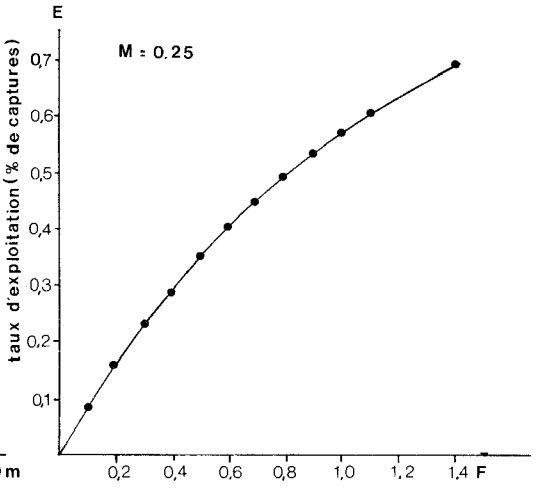


Figure 13
Relation entre F et E pour M = 0,25. D'après GARCIA (1977).

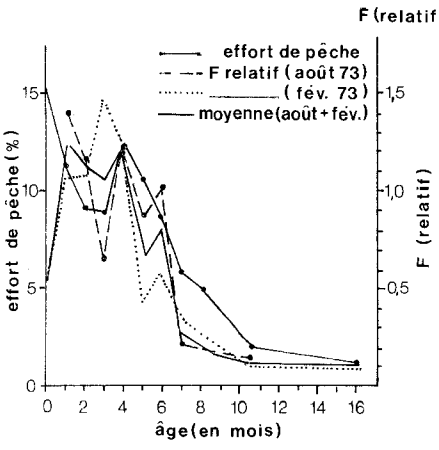


Figure 14
Mortalités par pêche relatives et effort de pêche en fonction de l'âge. D'après GARCIA (1977).

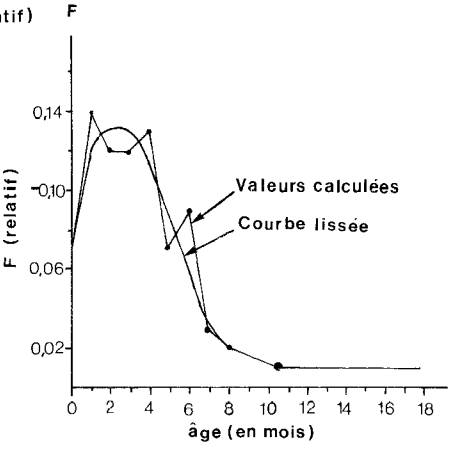


Figure 15
Évolution de la mortalité par pêche en fonction de l'âge (1973). D'après GARCIA (1977).

tion étroite du cycle de reproduction de la population au cycle de production du milieu. GARCIA (1977) ne voit pas là une relation de cause à effet mais une coïncidence du potentiel de reproduction de la population et du potentiel de production du milieu, atteinte au cours des processus d'évolution.

CUSHING (1975) souligne que la chronologie des upwellings est irrégulière et que le processus de ponte continue est celui qui permet d'en tirer le meilleur parti. La synchronisation serait donc à tout moment obtenue par ce biais. On a observé des pics de maturation correspondant, pendant la période chaude, à des upwellings secondaires et des crues. On ne peut pas rejeter l'hypothèse que la synchronisation puisse être obtenue par un mécanisme plus actif de perception directe de la richesse du milieu par les individus, comme cela a été observé pour des crustacés du genre *Balanus* (cité par PÉRÈS, 1961).

La courbe d'évolution du pourcentage de femelles mûres semble directement affectée par les conditions de milieu. Le pic d'octobre, au début de la saison chaude (équivalent des pontes de printemps dans

les mers tempérées) semble bien déclenché par le réchauffement brusque à cette période et on admettra les relations de cause à effet déjà suggérées par LINDNER et ANDERSON (1956). Le deuxième maximum, en mai, est moins important et plus irrégulier. Il correspond à la ponte d'automne des mers tempérées. Si l'on examine l'évolution théorique de l'âge moyen ou du nombre de femelles adultes dans la population (obtenu par simulation), il apparaît que le réchauffement caractéristique de cette période affecte un stock beaucoup plus jeune qu'en octobre, avec des adultes moins nombreux. D'autre part, le gradient temporel de température en avril-mai est beaucoup plus faible qu'en septembre-octobre. Cela explique qu'il soit beaucoup moins marqué et passe parfois inaperçu.

En conclusion, l'abondance des larves dans le milieu, paramètre le plus directement lié à la reproduction, dépend, à tout moment, de l'interaction entre deux facteurs : le potentiel de reproduction de la population et l'état de maturation des individus. Les variations du premier facteur, modelées par l'évolution, sont relativement indépendantes des conditions de milieu. Elles résultent de la combinaison des lois de croissance, de mortalité, de fécondité inhérentes à l'espèce. L'évolution du second facteur est directement liée aux conditions de milieu et, en particulier, à la température et aux crues. Nous admettons avec LINDNER et ANDERSON (1956) que le principal pic de maturation en octobre est causé par la brusque élévation de la température (qui ne peut être dissociée de la dessalure) mais, contrairement à l'opinion de ces deux auteurs, l'évolution de la reproduction pendant la saison chaude semble dépendre surtout du potentiel intrinsèque de reproduction de la population.

Les cycles annuels de température et de productivité sont liés et il est possible que le réchauffement annuel d'octobre soit le stimulus d'entraînement qui permet à la population de rester en phase avec le rythme du milieu. Ainsi que le souligne CUSHING (1975), si le cycle de reproduction est adapté au cycle de production, de la plus ou moins bonne concordance entre les deux cycles d'une année à l'autre dépendent la mortalité larvaire et le volume de la classe d'âge recrutée.

Ressources et exploitation

ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA PÊCHE EN MER

Évolution de l'effort de pêche (figure 16)

Jusqu'en 1968, les pénéidés ne sont pêchés qu'occasionnellement par des chalutiers classiques utilisant des chaluts ordinaires, à poisson, tandis que 5 chalutiers classiques de 150 à 140 ch la pratiquent spécialement pendant la bonne saison (de juin à décembre), en utilisant des chaluts à poisson modifiés,

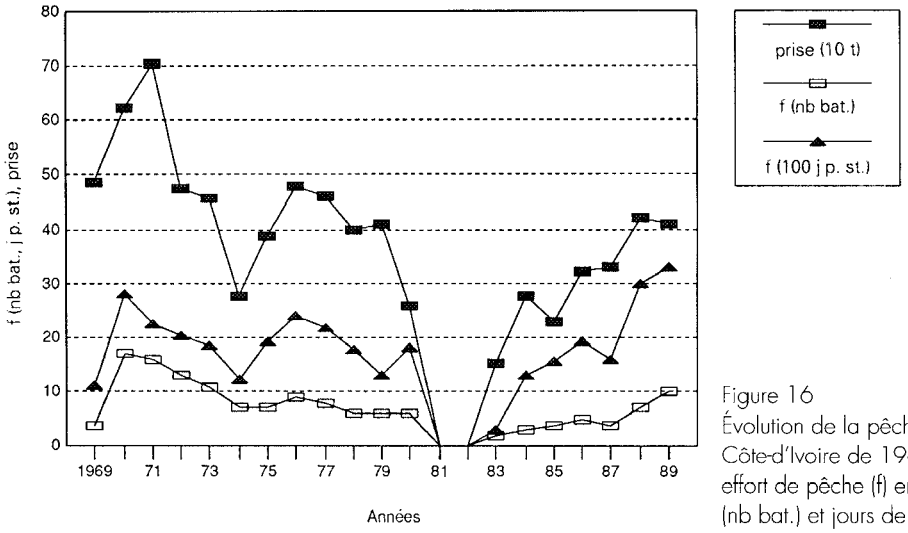


Figure 16
Évolution de la pêche crevettière en Côte-d'Ivoire de 1969 à 1989 : prises, effort de pêche (f) en nombre de bateaux (nb bat.) et jours de pêche standard (j p. st.).

probablement peu adaptés à cette pêche (TROADEC, 1968). L'absence de moyens de congélation efficace limitant leur rayon d'action, seul le fond de pêche de Grand-Bassam est alors exploité.

Une première série de campagnes de chalutage entreprises en 1966-1967 au chalut à poisson permet à TROADEC (1968) de souligner l'importance des rendements obtenus sur le fond de pêche de Grand-Bassam, et la possibilité pour le stock de soutenir une pêche professionnelle. Deux campagnes de prospection menées par le chalutier de recherche *Reine Pokou* du Centre de recherches océanographiques d'Abidjan, aboutissent à délimiter les fonds de pêche et à reconnaître l'existence d'une zone très riche entre Sassandra et Tabou (TROADEC *et al.*, 1969).

Dès janvier 1969, trois unités commencent à pêcher régulièrement. Cette flottille est constituée, au début, de chalutiers de 150 à 250 ch classiques équipés par la suite du gréement double largement utilisé dans le golfe du Mexique, et permettant de mettre en œuvre simultanément deux chaluts. On trouvera les premiers résultats de cette exploitation systématique dans la publication de GARCIA et FONTENEAU (1971).

À partir de la fin de 1969 et surtout pendant l'année 1970, la flottille se développe très rapidement, passant de 3 à 23 bateaux de juin 1969 à juin 1970. Dès la fin de 1969, cette flottille rayonne autour d'Abidjan, pour aller exploiter les fonds de pêche voisins, de la Sierra Leone au Ghana tout d'abord, puis, dès la fin de 1970, jusqu'au Nigeria. Après 1970, le nombre de bateaux basés à Abidjan diminue pour des raisons diverses (naufrages, départs définitifs vers le Sénégal ou le Bénin, désarmement, etc.). À la fin de 1975, 6 unités de 380 ch, les plus modernes, restent en activité. Les efforts de pêche standardisés (par comparaison aux rendements par jour de pêche d'un chalutier de 250 ch équipé de 2 filets de 18 m) sont regroupés dans le tableau X.

La conjonction d'une baisse des rendements et de raisons économiques telles que la hausse du coût du carburant consécutive à la crise pétrolière mondiale provoquent le départ des 6 crevettiers de l'armement Sicrus en décembre 1980. En 1981 et 1982, l'effort de la pêche crevettière en mer est nul.

La fin de l'année 1983 voit une reprise de la pêche crevettière industrielle avec la venue, de Dakar, de trois crevettiers d'occasion de l'armement Sidafri. Une quatrième unité arrive en 1984. L'armement teste en 1986 la rentabilité d'un cinquième crevettier, mais devant les résultats médiocres y renonce après trois marées.

À partir de la fin de l'année 1988, une politique plus libérale en matière d'attribution des licences de pêche favorise une augmentation importante et rapide de la flottille crevettière dont l'effectif atteint, en 1989, 10 bateaux, de type congélateur et d'une puissance comprise entre 400 et 600 ch.

Variations saisonnières des rendements

Les données enregistrées sur les cahiers de bord des patrons autorisent le calcul des variations de la CPUE (*catch per unit effort*) de la flottille crevettière de 1969 à 1975. Le calcul est d'abord entrepris séparément pour les principales zones de pêche. Devant l'homogénéité des résultats obtenus, les données sont ensuite regroupées à l'échelle de tout le plateau ivoirien. La courbe moyenne annuelle est donnée sur la figure 17. En résumé, la courbe annuelle passe par un minimum aigu en mars et par un palier d'abondance élevée qui commence en mai, et se poursuit souvent jusqu'en octobre.

ÉVALUATION DU STOCK ET CONDITIONS OPTIMALES D'EXPLOITATION

Approche structurale, modèle de simulation

L'approche structurale consiste à recréer artificiellement la dynamique du stock dans un modèle mathématique incluant les paramètres biologiques de l'espèce exploitée (croissance, mortalité naturelle, recrutement) et les caractéristiques de la pêcherie (variations saisonnières de l'effort de pêche, composition de la flottille, mortalité par pêche, etc.).

Le modèle mis au point par GARCIA (1977) puis GARCIA et NDIAYE (1977) est basé sur le modèle de rendement par recrues de Ricker, modifié pour prendre en compte les variations saisonnières du recrute-

TABLEAU X

Évolution de la pêcherie crevettière en Côte-d'Ivoire de 1955 à 1989 : prises, effort de pêche, CPUE et puissance relative

Année	Prise (tonnes)	Effort (jours de pêche standard)	Effort (Nombre bateaux)	CPUE (kg/j pêche) standard	Effort (jours de) pêche	Puissance relative
1955	15					
1956	20					
1957	23					
1958	35					
1959	91					
1960	54					
1961	19					
1962	17					
1963	?					
1964	164					
1965	147					
1966	155					
1967	171					
1968	?					
1969	487	1 120	4	435	1 284	0,87
1970	624	2 796	17	223	3 132	0,89
1971	705	2 263	16	312	2 604	0,87
1972	477	2 053	13	232	2 400	0,86
1973	457	1 846	11	248	2 364	0,78
1974	278	1 244	7	223	1 452	0,86
1975	387	1 946	7	199	1 788	1,09
1976	480	2 410	9	199	1 928	1,25
1977	460	2 203	8	209	1 762	1,25
1978	400	1 790	6	223	1 430	1,25
1979	410	1 320	6	311	1 056	1,25
1980	260	1 806	6	144	1 445	1,25
1981	0	0	0	-	0	-
1982	0	0	0	-	0	-
1983	154	306	2	505	211	1,45
1984	279	1 299	3	215	838	1,55
1985	229	1 550	4	148	1 004	1,54
1986	321	1 940	5	165	1 237	1,57
1987	329	1 600	4	206	1 030	1,55
1988	(421)	(3 000)	(7)	(140)	?	?
1989	(410)	(3 300)	(10)	(124)	?	?

Les chiffres mis entre parenthèses ne sont pas établis avec certitude ; les points d'interrogation indiquent l'absence d'information.

ment, de capturabilité et de croissance. Un certain nombre de paramètres estimés lors des études sur la biologie sont introduits dans le modèle :

— paramètres de croissance K, $L\infty$, $W\infty$ (2 valeurs différentes pour saison chaude et saison froide) ;
— mortalité ;
— coefficient de capturabilité (valeur mensuelle) ;

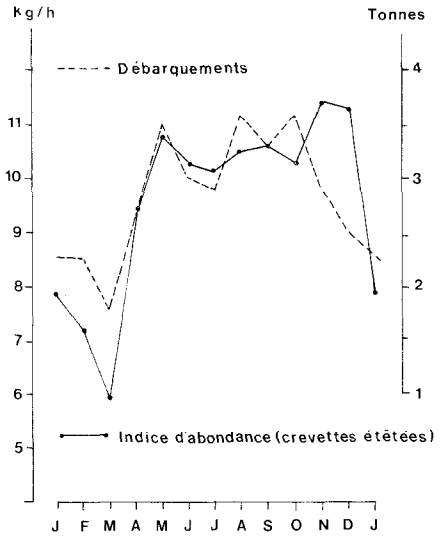


Figure 17
Variations saisonnières moyennes de l'indice d'abondance (toutes zones) en Côte-d'Ivoire, de 1971 à 1974 (kg/h) et débarquements moyens mensuels 1955-1962 (tonnes). D'après GARCIA (1977).

— recrutement (valeur mensuelle) ;
— fécondité potentielle d'après la relation de Martosubroto (1974) pour la même espèce dans le golfe du Mexique ;
— valeur des captures.

Le modèle tient compte du fait que les captures de juvéniles en lagune représentent une perte nette pour le stock d'adultes en mer dont la fécondité théorique se trouve diminuée. Le taux d'exploitation lagunaire est calculé pour l'année test 1973. Le recrutement nécessaire pour produire une prise totale annuelle simulée en 1973 égale à la prise observée, en admettant que les paramètres utilisés soient corrects, est de 110×10^6 individus. Ce chiffre représente donc une estimation du recrutement en mer. Les prises lagunaires en 1973 s'élèvent à 136×10^6 individus (GARCIA, 1977). La migration, qui correspond à la phase d'exploitation, étant très rapide, on peut négliger la mortalité naturelle et considérer que le recrutement général est de 246×10^6 recrues. Le taux d'exploitation lagunaire est donc, pour 1973, de 55 %, ce qui signifie que 55 % des crevettes qui devraient assurer le recrutement en mer sont capturées avant leur sortie des lagunes.

L'évolution des prises annuelles en mer est calculée, dans un premier temps, dans l'hypothèse d'un recrutement constant et égal au niveau 1973 pour les deux cas suivants : absence totale de la pêche en lagune et exploitation au taux de 55 %. La comparaison des courbes simulées et des données observées montre le passage de la première courbe à la seconde pendant le développement de la pêcherie et suggère donc une action directe de la pêche lagunaire sur la pêche en mer.

Le modèle est ensuite utilisé pour simuler les conditions réelles d'exploitation de 1969 à 1975, c'est-à-dire celles d'une pêcherie non équilibrée. Les évolutions observées et simulées de la prise totale sont comparables et suggèrent également que le développement de la pêcherie artisanale de 1969 à 1975 réduit le recrutement de la pêcherie maritime. Cette observation est exploitée pour estimer le recrutement théorique annuel avant la pêche artisanale de 1969 à 1975, et calculer les prises annuelles théoriques qui seraient obtenues en mer en l'absence de toute exploitation lagunaire, et en présence d'une pêche lagunaire proche du niveau de 1973 (55 %).

Les différentes évolutions des prises en fonction de l'effort de pêche sont représentées sur la figure 18. La courbe A représente l'évolution théorique des prises si l'on suppose que la pêche en lagune est supprimée et que le recrutement est constant et égal à la valeur de 1973. Elle représente le potentiel maximal envisageable en mer. La courbe A' représente cette même évolution des prises en mer dans le cas où l'exploitation lagunaire prélève 55 % du recrutement (situation correspondant à l'année 1973). Les couples prise-effort réellement observés ont été portés sur la même figure à titre indicatif.

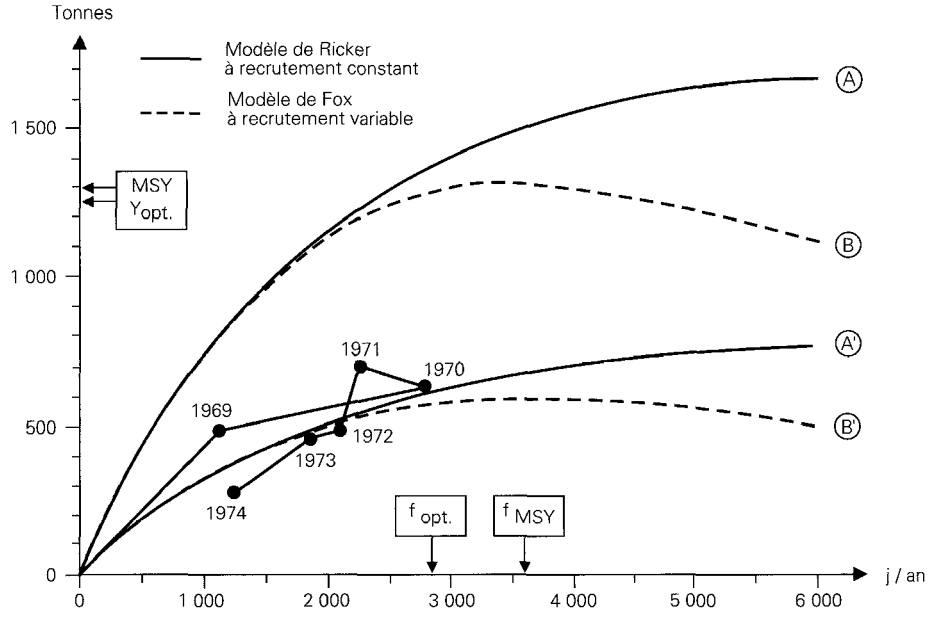


Figure 18
Évolution théorique des prises en fonction de l'effort de pêche ; en l'absence de pêche lagunaire (A et B) et avec une pêche lagunaire prélevant 55 % du recrutement (A' et B'). D'après GARCIA (1978).

Un calcul plus poussé fondé sur l'écart annuel entre les prises observées et les prises simulées, permet d'estimer le recrutement pour chaque année. L'application du modèle exponentiel de Fox à ces données conduit à une nouvelle estimation des prises : courbes B et B'.

On dispose donc de deux modèles, l'un supposant le recrutement constant et totalement indépendant du niveau du stock, et l'autre supposant au contraire une liaison stock-recrutement étroite. Dans la gamme des efforts observés, les réponses sont pratiquement identiques. Tant que la relation stock-recrues n'est pas élucidée, la prudence conseille de maintenir le niveau d'effort de la pêcherie en mer au-dessous du niveau correspondant à la PME (Prise Maximale Équilibrée).

Différentes solutions sont testées à l'aide du modèle de simulation. Les principaux résultats sont représentés sur la figure 19 qui montre l'évolution de la prise totale (mer + lagune) en poids et en valeur en

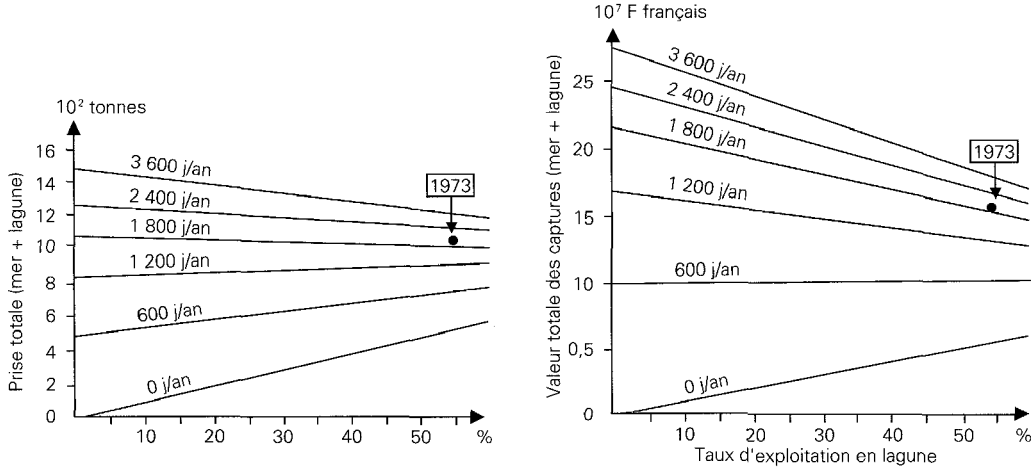


Figure 19
Évolution des prises annuelles théoriques en poids et en valeur pour différents schémas d'exploitation combinée en mer et en lagune. D'après GARCIA (1978).

fonction du taux d'exploitation en lagune et de l'effort de pêche en mer. GARCIA (1978) conclut : « Si l'on considère que le niveau actuel d'exploitation en lagune est toujours celui de 1973 (55 %), le potentiel du stock marin est de 580 tonnes au maximum et 570 tonnes à l'optimum. Cet optimum serait pêché par 7 à 8 unités modernes de 350 ch pêchant 300 jours par an, avec un rendement de 250 kg/j. La situation actuelle en mer est donc proche de cet optimum. Toute réduction ou augmentation de l'effort en mer se traduirait par des résultats négligeables en terme de prise totale (mer + lagune) en poids (3 à 8 %), mais apporterait une amélioration nette en terme de valeur (12 à 43 %). Il est évident que la distribution de cette valeur dans les différentes catégories sociales du pays sera très différente selon les options choisies et seule une bonne définition des objectifs socio-économiques du gouvernement ivoirien permettrait de choisir. L'utilisation de saisons de fermeture en mer et en lagune apporterait dans la situation actuelle une amélioration sensible. Une fermeture en mer permettrait une amélioration des prises en mer de 8 à 15 % en poids, de 14 à 16 % en valeur, suivant le schéma choisi. La prise globale (mer+lagune) resterait sensiblement la même ou ne régresserait que de quelques pour-cents. Ce résultat est très favorable car la fermeture pendant trois mois en mer permettrait d'économiser 25 % de l'effort actuel et d'augmenter la rentabilité de l'exploitation. »

Situation actuelle

Les conditions de l'exploitation crevettière en Côte-d'Ivoire ont notablement évolué depuis 1980 : la pêche en mer connaît un arrêt total de fin 1981 à mi-1983, conséquence d'une baisse des rendements aggravée d'une hausse des coûts d'exploitation. Cette cessation d'activité provoque des difficultés de commercialisation pour les pêcheurs artisanaux de crevette en lagune : ils sont également amenés à réduire leur activité de façon importante. La pêche industrielle en mer reprend en 1983 avec des rendements très élevés qui diminuent rapidement.

En raison d'importantes lacunes dans les données postérieures à 1975, année où est établi le modèle de simulation de GARCIA, il n'est pas possible d'actualiser ce modèle : ses conclusions ne sont donc plus utilisables sans réserves. Compte tenu des données disponibles, la seule possibilité d'évaluation des conditions optimales d'exploitation du stock réside dans l'utilisation d'un modèle global de production équilibrée de type Fox. Ce modèle, uniquement basé sur les prises et CPUE des crevettes en mer, suppose une relative stabilité de l'exploitation en lagune. Les seuls chiffres disponibles pour cette exploitation sont les captures totales jusqu'en 1980, les statistiques récentes restant encore à compléter, notamment pour la lagune Ébrié (tableau XI).

Il n'est donc pas possible d'affirmer que la production lagunaire est stable dans la période récente.

À partir des données du tableau X, on peut tracer l'évolution de la CPUE en fonction de l'effort (figure 20) et l'évolution des prises en fonction de l'effort (figure 21).

Standardisation de l'effort de pêche

Il est important d'analyser l'évolution du coefficient de standardisation de l'effort de pêche (tableau X). La standardisation de l'effort, indispensable pour avoir une unité homogène, est effectuée selon la méthode de ROBSON (1966). Le standard adopté par GARCIA (1977) est le crevettier glacier de 250 ch équipé de 2 chaluts de 18 m. Ces bateaux sont ceux avec lesquels a débuté la pêcherie (1969-1975).

De 1976 à 1980, la flottille est constituée par les unités de l'armement Sicrus, congélateurs de 380 ch dont le coefficient de standardisation calculé par GARCIA est de 1,25.

Les crevettiers actuels (1983 à 1988) sont des congélateurs de 400 à 600 ch. Une nouvelle standardisation de l'effort est donc rendue nécessaire sur cette période récente avec le chois d'un crevettier standard de type congélateur et avec une puissance de 400 ch ; elle pose néanmoins des problèmes, compte tenu du fait qu'il n'y a plus de chalutiers-crevettiers de l'ancien type standard (glacier 250 ch) ou du type Sicrus. Pour pouvoir comparer les résultats actuels et ceux de la période précédant l'arrêt de la pêcherie, la puissance de pêche des crevettiers actuels est évaluée à partir de la relation puissance relative/puissance motrice établie par GARCIA : pour Pm = 500 ch, Pr = 1,21 exprimé par rapport aux bateaux Sicrus. Ramenée au crevettier standard de 250 ch, la puissance de pêche des bateaux actuels devient : 1,21 x 1,25 = 1,51.

TABLEAU XI
Production (tonnes) de crevettes en lagunes Aby et Grand-Lahou de 1969 à 1988

Année	Total	Lagune Aby)	Lagune Grand-Lahou
1969	290		
1970	310		
1971	620		
1972	480		
1973	520		
1974	630		
1975	780		
1976	630		
1977	620		
1978	400		
1979	540		
1980	260		22,7
1981			33,3
1982			57,7
1983			
1984		156,6	27,8
1985		64,0	38,0
1986		195,5	57,4
1987		421,5	65,6
1988			92,2

Bien entendu, cette évaluation est une approximation et même si une nouvelle standardisation a été faite, il est nécessaire de procéder ainsi pour relier les résultats récents et ceux de la période précédant l'arrêt de la pêcherie. La nouvelle étude des puissances de pêche relatives permet néanmoins de suivre la pêcherie, dans les conditions actuelles d'exploitation, et de formuler des conseils en matière de gestion du stock actuellement exploité en mer.

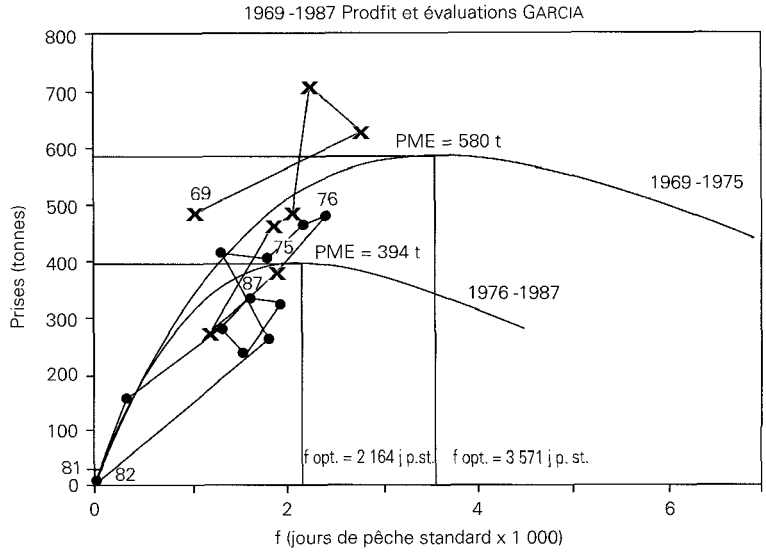


Figure 20
Évolution des prises en fonction de l'effort de pêche dans la pêcherie crevettière en Côte-d'Ivoire entre 1969 et 1987.

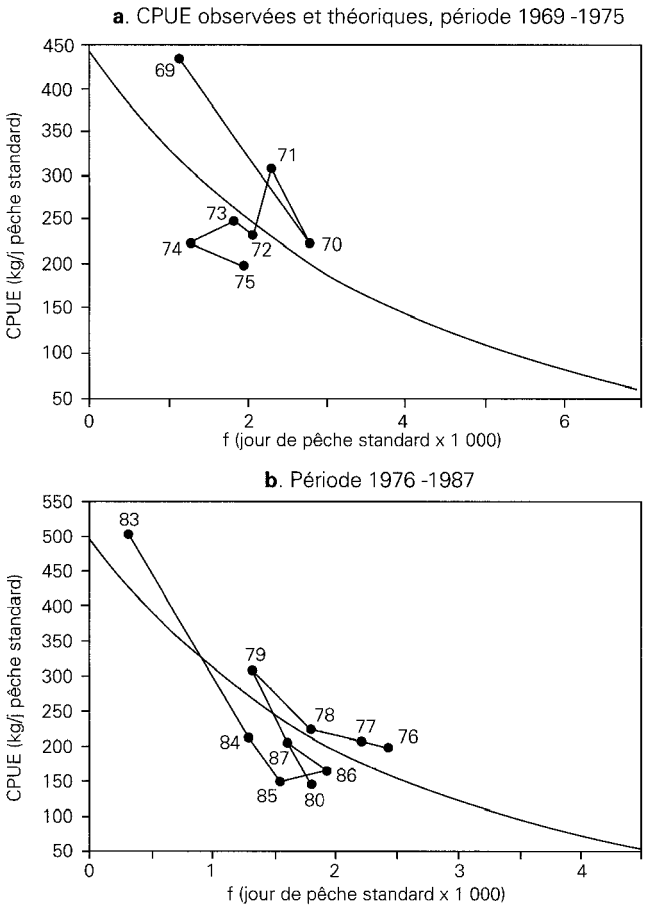


Figure 21
Évolution des captures par unité d'effort en fonction de l'effort dans la pêcherie crevettière en Côte-d'Ivoire entre 1969 et 1987.

Ajustement d'un modèle global

On constate sur la figure 20 que la CPUE de 1983 semble en dessous du niveau auquel on aurait pu s'attendre. Il s'agit en fait d'une reprise de l'exploitation en milieu et surtout en fin d'année après un arrêt total de deux ans ; ce point ne correspond donc pas à une pêcherie en régime normal.

La figure 21 rend compte de l'évolution des prises en fonction de l'effort de pêche standardisé. L'examen des points conduit à distinguer 2 séries de données :

— la période 1969-1975 pour laquelle la qualité des données est excellente ; le modèle global ajusté par GARCIA (1977) est représenté ; E étant le taux d'exploitation lagunaire, le potentiel du stock marin est évalué à :
(1 - E) x 1 295 = potentiel maximal annuel en tonnes
(1 - E) x 1 260 = potentiel optimal annuel en tonnes
soit pour E = 55 % (1973) : Y max. = 580 t
Y opt. = 570 t
les efforts correspondants standardisés étant 3 571 et 2 810 jours de pêche et les CPUE respectivement de 162 et 203 kg/j de pêche standard ;

— la période récente 1976-1988 pour laquelle la fiabilité des données est sujette à caution ; pour cette raison, on s'est contenté d'ajuster à main levée une courbe semblable au modèle proposé par GARCIA ; on observe une diminution du potentiel de l'ordre de 32 %, l'effort de pêche maximal correspondant présentant également une baisse, de l'ordre de 40 % ; en revanche, on n'observe pas de diminution de la CPUE, qui présente même une légère augmentation (de l'ordre de 12 %) pouvant être apparente ou réelle.
Y max. = 394 tonnes ; f max. = 2 164 jours de pêche standard ; CPUE maximum = 182 kg/j p. st.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la baisse de potentiel constatée :

— augmentation de l'exploitation lagunaire : la dernière estimation de l'effort de pêche en lagune remonte à 1974 ; à partir de 1975, on ne dispose que d'estimations peu fiables des prises en lagunes ; d'après le modèle de simulation de GARCIA (1977), il suffirait d'une augmentation de l'exploitation lagunaire de 16 % par rapport à la situation de 1973 pour expliquer la diminution observée du potentiel en mer ;

— diminution de la capacité biotique des lagunes : les perturbations du milieu lagunaire par extraction de sable, fermeture naturelle de la passe de Grand-Lahou, ouverture artificielle de la passe de Grand-Bassam, pollutions d'origines agricole et urbaine ont pu affecter de façon négative la survie et la croissance des juvéniles ;

— diminution de la surface autorisée pour le chalutage sur le fond de pêche de Grand-Bassam en raison de l'installation d'une plate-forme de forage pétrolier et d'un oléoduc sous-marin ; il est sûr que cette nouvelle réglementation a pu avoir une influence non négligeable sur l'exploitation de la ressource. Un nouveau modèle, se basant sur cette réduction de stock exploité, permet de mieux comprendre l'évolution de la pêcherie ; fondé sur les techniques des modèles composites développés par CADDY et GARCIA (1983), il permet d'expliquer, tout du moins partiellement, le changement survenu à la fin de l'année 1984 (figure 22) ; sous cette hypothèse, le potentiel de la pêcherie s'en trouve réduit de façon substantielle ;

— diminution du recrutement des postlarves en lagune, due aux modifications intervenues dans les régimes des courants de surface et de subsurface depuis les années 1980 ;

— mauvaise qualité des données de prises et d'effort de pêche en mer : les prises ont pu être sous-estimées et les efforts surestimés.

En l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de trancher entre ces différentes hypothèses. Il est recommandé en priorité, d'une part de procéder à une estimation des prises et efforts actuels en lagune, d'autre part de vérifier les données de prises et d'effort relatives à la pêche industrielle en mer. L'effort optimal en mer a été évalué à 2 164 jours de pêche standardisés par an (crevettier-glacier de 250 ch), ce qui, rapporté au crevettier-congélateur actuel, correspond à 1 593 jours de pêche nominaux, soit l'équivalent de 6,3 crevettiers (sur la base de 250 jours de pêche par an). La CPUE correspondante est alors de 182 kg/j de pêche standard. Si l'on considère la diminution du stock exploité, suite à la diminution des surfaces prospectées par la pêcherie, l'effort maximal n'atteint alors que 1 739 jours de pêche standardisés, soit l'équivalent de 4,3 crevettiers, à 250 jours de pêche par an. Il faut préciser qu'il s'agit d'un optimum biologique ; l'optimum économique n'a pas été étudié.

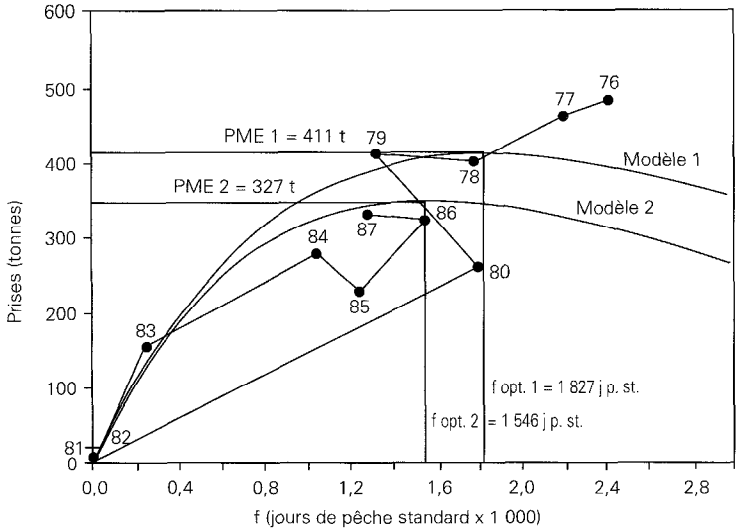


Figure 22
Modèle composite prenant en compte la réduction de l'aire autorisée au chalutage, pour la période 1976-1987.

Propositions d'aménagement

Le taux d'exploitation lagunaire élevé et la diminution apparente du potentiel marin sont les signes d'une surexploitation possible ; la prudence suggère l'adoption de mesures d'aménagement. GARCIA (1977, 1978) a étudié en détail toutes les possibilités.

En lagune on peut envisager :

— une réglementation de la maille des filets fixes ;
— une interdiction des filets traînants ;
— une limitation de la concentration des filets au niveau des goulets d'étranglements (passes, digues) où la capturabilité est fortement augmentée ;
— une fermeture saisonnière de la pêche aux saisons où les crevettes migrantes sont particulièrement petites (périodes de crues) ;
— une réduction globale d'effort par réduction du nombre d'engins de pêche.

En mer, elles peuvent consister en :

— un contrôle de l'effort de pêche par un système de licences ;
— une augmentation de la maille des chaluts de 40 à 60 mm (maille étirée) ;
— une fermeture de la pêche au moment où le recrutement est le plus intense ; cette fermeture pourrait être coordonnée avec celle de la pêche artisanale en lagune.

En lagune, GARCIA (1977, 1978) a établi que le taux d'exploitation de 1973, qui affecte déjà fortement la fécondité du stock, ne doit en aucun cas être dépassé. Rappelons d'autre part que l'optimum global mer-lagune, du point de vue de la production pondérale ou économique du stock, correspond à l'arrêt total de la pêche lagunaire. Bien entendu, cette solution est difficilement envisageable si l'on considère des critères socio-économiques.

Dans l'ensemble des scénarios envisagés par GARCIA (1977, 1978), en l'absence d'objectifs d'aménagement clairement définis et d'études d'impact socio-économique, les mesures envisageables les plus profitables et les moins perturbatrices pour l'organisation actuelle des pêcheries conduisent à l'instauration de fermetures saisonnières. En lagune, toute fermeture est profitable à la pêcherie maritime mais peut avoir des conséquences sociales sur l'économie lagunaire. La période la plus profitable serait février-mars.

D'après les calculs de GARCIA, la perte en lagune, en poids ou en valeur, serait de 27 %, le gain en mer de 8 à 16 %. Globalement, la valeur est maintenue et l'effort diminué. En mer, des fermetures saisonnières n'auraient pas d'influence sur la pêcherie lagunaire. Elles permettraient de maintenir la production en économisant sur l'effort de pêche. Cela suppose l'immobilisation des navires et du personnel ou la reconversion vers une autre activité (la pêche du poisson démersal par exemple).

Conclusion

La connaissance de l'état actuel d'exploitation du stock de crevette rose est très insuffisante tant en lagune qu'en mer. En lagune, les statistiques sont inexistantes, en particulier sur l'effort de pêche. En mer, les données disponibles doivent être vérifiées et une nouvelle étude sur la standardisation de l'effort de pêche doit être entreprise.

L'abandon de la pêche en 1980 par les bateaux de l'armement Sicrus montre qu'il s'agit d'une pêcherie où l'exploitation est gouvernée par la rentabilité individuelle des bateaux.

Parmi les mesures d'aménagement, un contrôle de l'exploitation lagunaire et l'instauration de périodes de fermeture saisonnière en lagune sont souhaitables. Cela permettrait de maximiser les bénéfices socio-économiques pour la Côte-d'Ivoire en faisant coexister une pêcherie en lagune fixant les riverains en zone rurale avec une pêcherie industrielle rentable mais d'importance limitée.

Conclusion générale

Les travaux de GARCIA (1977, 1978), complétés par l'étude de GALOIS (1975) sur les juvéniles, ont produit une remarquable masse de connaissances sur la biologie et la dynamique de la crevette rose de Côte-d'Ivoire. Les données disponibles, très détaillées et fiables, ont permis la mise au point d'un modèle de simulation permettant de proposer différents scénarios d'aménagement des pêcheries en mer et en lagune. Cependant, il existe un hiatus entre le moment où a été établi le modèle basé sur des données 1969-1975 et aujourd'hui. Pour diverses raisons, les statistiques de pêche, tant en mer qu'en lagune, de 1975 à ce jour, sont incomplètes ou peu fiables. Il n'est pas possible, en raison de changements importants observés dans la pêcherie, de conserver intégralement les conclusions du modèle et les données disponibles ne permettent pas de l'actualiser. Un modèle global de production établi sur les données récentes met en évidence une diminution apparente du potentiel du stock marin. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce phénomène, en particulier une augmentation de l'exploitation lagunaire ou une diminution de la capacité biotique des lagunes. La vérification de ces hypothèses passe obligatoirement par l'obtention de statistiques de pêche détaillées et fiables, ce qui devrait constituer une priorité pour la période à venir. Une seconde priorité serait une étude de l'impact socio-économique des deux volets, lagunaire et marin, de la pêche crevettière en Côte-d'Ivoire.

Références

BERRY (R.J.), 1967.— Dynamics of the Tortugas pink shrimp population. Univ. Rhode Island, Ph.D., Zoology, 160 p.

BERRY (R.J.), 1970.— Shrimp mortality rates derived from fishery statistics. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 22 : 66-78.

BINET (D.), 1972.— Variations des biovolumes de zooplancton du plateau continental entre le cap des Palmes et le cap des Trois Pointes. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 60-93.

BURUKOWSKY (R.N.), 1968.— On the biology of shrimp (*P. duorarum* Burk.) from the Biaffra Bay. *Cons. intern. Explor. Mer., C.M.* 1968/K, 27 p.

BURUKOWSKY (R.N.), 1970.— Certain aspects in oogenesis in the pink prawn (*P. duorarum*). *Arkhiv. anatomii, gistologii i embriologii*, 58 (6): 56-66 (en russe). Traduction n° 403, Div. Foreign. fisheries (translations) NOAA, USA.

BURUKOWSKY (R.N.) et BULANENKOV (S.K.), 1969.— Pink shrimp biology and fishing (en russe). Israël program for scientific translations (1971), 60 p.

CADDY (J.F.) et GARCIA (S.), (1983).— Production modelling without long data series. *FAO Fish. Rep.*, 278 (suppl.) : 309-313.

CHAVEZ (E.A.), 1973.— A study on the growth rate of brown shrimp *Penaeus aztecus* Ives 1891 from the coasts of Veracruz and Tamaulipas. *Gulf. Res. Rep.*, 4 (2) : 278-299.

CHAVEZ (E.A.) et LA CRUZ (R. DE), 1971.— Estudio sobre el crecimiento del camaron café (*Penaeus californiensis* Holmes) del golfo de California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 32 : 111-127.

COSTELLO (T.J.) et ALLEN (D.M.), 1968.— Mortality rates in populations of pink shrimp, *Penaeus duorarum*, on the Sanibel and Tortugas grounds, Florida. *Fish. Bull. NOAA/NMFS*, 66(3) : 491-502.

CROSNIER (A.), 1963.— Les crevettes commercialisables du plateau continental dans la région de Pointe-Noire. Doc. ORSTOM n°184/SR, 6 p.

CROSNIER (A.), 1964.— Fonds de pêche le long des côtes de la République fédérale du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, n° spécial, 132 p.

CROSNIER (A.) et BERRIT (G.R.), 1966.— Fonds de pêche le long des côtes du Dahomey et du Togo. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, suppl. 4(1), 144 p.

CROSNIER (A.) et DE BONDY (E.), 1967.— Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique intertropicale. Paris, ORSTOM, *Init. Doc. Tech. 7*, 60 p. + annexes.

CUMMINGS (W.C.), 1961.— Maturation and spawning of the pink shrimp *Penaeus duorarum* (Burk.). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 90(4) : 462-468.

CUSHING (D.H.), 1975.— Marine ecology and fisheries. Cambridge University press, 278 p.

DAGET (J.) et LE GUEN (J.C.), 1975.— Les critères d'âge chez les poissons. *In* : Lamotte (M.) et Bourlière (F.) eds, Problèmes d'écologie. La démographie des populations de vertébrés. Paris, Masson : 253-289.

DANDONNEAU (Y.), 1973.— Étude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. III- Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 11(4) : 431-454.

DEVRIES (J.) et LEFEVÈRE (S.), 1969.— A maturity key for *Penaeus duorarum* (Burk. ,1939) of both sexes. Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 419-424.

DURAND (J.R.), ÉCOUTIN (J.M.), CHARLES-DOMINIQUE (E.), 1982.— Les ressources halieutiques des lagunes ivoiriennes. Actes Symp. UNESCO sur les lagunes côtières, Bordeaux, 8-14 septembre 1981. *Oceanol. Acta*, n° spécial : 277-284.

FONTANA (A.) et BA M'BAYE, 1972.— La pêche de *Penaeus duorarum* au Gabon. *Doc. Scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire*, N. S., 19, 9 p.

GALOIS (R.), 1975.— Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de *Penaeus duorarum* en Côte-d'Ivoire. Thèse doct. 3e cycle, Univ. Marseille-Luminy, 120 p.

GARCIA (S.), 1972.— Biologie de *Penaeus duorarum* en Côte-d'Ivoire. II - Ponte et migration. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(1): 19-45.

GARCIA (S.), 1973.— Marquages de *Penaeus duorarum* en Côte-d'Ivoire. Résultats préliminaires : taux de recapture, migration et croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4(3) : 29-48.

GARCIA (S.), 1974.— Biologie de *Penaeus duorarum notialis* en Côte-d'Ivoire. IV- Relation entre la répartition et les conditions du milieu. Étude des variations du sex-ratio. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5(3-4) : 1-39.

GARCIA (S.), 1975.— Biologie de *Penaeus duorarum notialis* en Côte-d'Ivoire. V - Nouvelle étude de la croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 6(1) : 1-19.

GARCIA (S.), 1977.— Biologie et dynamique des populations de crevette rose, *Penaeus duorarum notialis* Pérez Farfante 1967, en Côte-d'Ivoire. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 79, 271 p.

GARCIA (S.), 1978.— Bilan des recherches sur la crevette rose, *Penaeus duorarum notialis* en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9(1) : 1-41.

GARCIA (S.) et FONTENEAU (A.), 1971.— La pêche à la crevette en Côte-d'Ivoire. Bilan 1969-70 et perspectives. *La Pêche Maritime*, 1120 : 590-593.

GARCIA (S.) et NDIAYE (M.), 1977.— Utilisation des techniques de simulation sur un modèle de Ricker pour la gestion des stocks de crevettes pénaeides de la côte ouest africaine. *COPACE/PACE ser.*, 77/5 : 65-68.

GARCIA (S.), PETIT (P.), TROADEC (J.P.), 1970. Biologie de *Penaeus duorarum* (Burkenroad) en Côte-d'Ivoire. Croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 17-48.

GHÉNO (Y.) et LE GUEN (J.C.), 1968.— Détermination de l'âge et croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 6(2) : 69-82.

GRIFFIN (W.L.) et GRANT (W.E.), 1982.— A bioeconomic analysis of CECAF shrimp fishery. FAO/CECAF/TECH, 82/41, 78 p.

GULLAND (J.A.), 1969.— Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuel FAO de sciences halieutiques, 4 - FRS/MA, 160 p.

HILL (B.J.), 1985.— Effect of temperature on duration of emergence, speed of movement, and catchability of the prawn *Penaeus esculentus*. *In* : Rothlisberg (P.C.), Hill (B.J.), Staples (D.J.) eds, 2nd australian prawn seminar, Kooralbyn (Australia), 22 octobre 1984. NPS2, Cleveland, QLD (Australia) : 77-83.

HOLTHUIS (L.B.), 1980.— FAO species catalogue. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO fisheries synopsis*, 125(1), 261 p.

IVERSEN (E.S.), JONES (A.C.), 1961.— Growth and migration of Tortugas pink shrimp *Penaeus duorarum*, and changes in the catch per unit of effort of the fishery. *Fla Bd Conserv., Tech. Ser.*, 34, 28 p.

IVERSEN (E.S.), JONES (E.J.), IDYLL (C.P.), 1960.— Size distribution of pink shrimp *Penaeus duorarum* and fleet concentration of the Tortugas fishing grounds. *US Fish Wildl. Serv., spec. Scient. Rep. Fish.*, 356, 62 p.

KLIMA (E.F.), 1964.— Mark recapture experiments with brown and white shrimp in the northern Gulf of Mexico. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 16 : 52-64.

KLIMA (E.F.), 1974.— A white shrimp mark-recapture study. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1 : 107-113.

KLIMA (E.F.) et BÉNIGNO (J.A.), 1965.— Mark-recapture experiments. *Circ. US Fish Wild. Serv.*, 230 : 38-40.

KUTKUHN (J.H.), 1966.— Dynamics of a penaeid shrimp population and management implication. *Fish. Bull. US Fish Wild. Serv.*, 65(2) : 313-338.

LEFEVÈRE (S.), 1970.— Les crevettes du Nigeria. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 46(25) : 1-17.

LE RESTE (L.), 1978.— Biologie d'une population de crevettes *Penaeus indicus* H. Milne Edwards sur la côte nord-ouest de Madagascar. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 99, 291 p.

LE RESTE (L.) et MARCILLE (J.), 1976.— Biologie de la crevette *Penaeus indicus* H. Milne Edwards à Madagascar : croissance, recrutement, migration, reproduction, mortalités. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(2) : 109-128.

LHOMME (F.), 1981.— Biologie et dynamique de *Penaeus (Farfantepenaeus) notialis* (Pérez Farfante 1967) au Sénégal. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VI, 255 p.

LINDNER (M.J.), 1953.— Estimation of growth rates in animals by marking experiments. *Fish. Bull. US Fish-Wildl. Serv.*, 54(78) : 65-69.

LINDNER (M.J.) et ANDERSON (W.W.), 1956.— Growth, migration, spawning and size distribution of shrimp *Penaeus setiferus*. *Fish. Bull. US Fish Wildl. Serv.*, 56 : 554-645.

LLUCH (B.D.), 1974.— La pesqueria de camaron de Altamar en el Noroeste. Un analysis biologico pesquero. Instituto Nacional de Pesca, Mexico. Serie informativa. INP S1:i16, 76 p.

LONGHURST (A.R.), 1965.— Shrimp potential of the eastern Gulf of Guinea. *Comm. Fish. Rev.*, 27(11) : 9-12.

LUCAS (C.), 1974.— Preliminary estimates of stocks of the king prawn, *Penaeus plebejus*, in the South East Queensland. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 25 : 35-47.

MARCILLE (J.), 1978.— Dynamique des populations de crevettes pénéides exploitées à Madagascar. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 92, 197 p.

MARTIN (L.), 1973.— Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire du plateau continental ivoirien. Paris, *Trav. Doc. ORSTOM*, 61, 265 p.

MARTOSUBROTO (P.), 1974.— Fecundity of pink shrimp *Penaeus duorarum* (Burkenroad). *Bull. mar. sci.* , 24(3) : 606-627.

MAURIN (C.), 1968.— Les crustacés capturés par la *Thalassa* en 1962 dans le détroit canarien, au Rio de Oro et en Mauritanie. *In* : Actes Symp. CIEM/FAO : Les ressources vivantes du plateau continental atlantique du détroit de Gibraltar au Cap Vert. Santa Cruz de Ténériffe (mars 1968), 9 p.

NEAL (R.A.), 1967 .— An application of the virtual population technique to penaeid shrimp. *Proc. Ann. Conf. Southeast Assoc. Game Fish. comm.*, 21 : 264-272.

PENN (J.W.), 1975. Tagging experiments with western king prawn *Penaeus latisulcatus* Kishinouye. 1- Survival, growth and reproduction of tagged prawns. *Aust. J. mar. Freshw. Res.* , 26 : 197-211.

PENN (J.W.), 1976.— Tagging experiments with western king prawn, *Penaeus latisulcatus* Kishinouye. 2- Estimation of population parameters. *Austr. J. mar. Freshw. Res.*, 27 : 239-250.

PÉRÈS (J.M.), 1961.— Océanographie biologique et biologie marine. I- La vie benthique. PUF, 539 p.

RAITT (D.F.S.) et NIVEN (D.R.), 1969.— Exploratory prawn trawling in the waters off the Niger delta. *In :* Proc. Symp. UNESCO : Oceanography and Fisheries Resources of tropical Atlantic, Abidjan, 20-28 octobre 1966 : 403-414.

RIBEIRO (A.), 1970.— Contribution à l'étude des crevettes d'intérêt économique du plateau continental de l'Angola. *Notas Centro biol. aquat. trop. Lisboa*, 21, 94 p., 2 pls.

ROBSON (D.S.), 1966.— Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF Res. Bull.*, 3 : 5-14.

ROJAS-BELTRAN (R.), 1975.— Biologie de 2 espèces de crevettes des Caraïbes : *Penaeus (melicertus) duorarum notialis* Pérez Farfante 1967, et *P.(lithopenaeus) schmitti* Burkenroad 1936. Thèse doct. 3e cycle, Univ. Paris-VI, 135 p.

TOMLINSON (P.K.) et ABRAMSON (N.J.), 1961.— Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares. *Fish. Bull. Calif. dep. fish. game*, 116, 69 p.

TROADEC (J.P.), 1968.— Note sur le développement possible de l'exploitation des crevettes en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 20, 19 p.

TROADEC (J.P.), GARCIA (S.), PETIT (P.), 1969.— L'exploitation des crevettes en Côte-d'Ivoire, de solides raisons d'espérer. *La Pêche Maritime*, 1095 : 434-436.

BIOLOGIE, ÉCOLOGIE ET DYNAMIQUE DU CRABE ROUGE PROFOND *CHACEON (EX-GERYON) MARITAE* SON EXPLOITATION EN CÔTE-D'IVOIRE

Pierre LE LŒUFF, Jacques KONAN et André INTÈS

Introduction

Jusqu'en 1980, seulement quatre espèces appartenant au genre *Geryon* sont signalées en Atlantique. *Geryon tridens* et *Geryon affinis* vivent sur la façade européenne, de même que *Geryon longipes*, connu aussi de Méditerranée ; *Geryon quinquedens* se rencontre sur les côtes nord-est américaines, et les systématiciens, en particulier MONOD (1956), rattachent à cette espèce la population des crabes rouges profonds de la côte occidentale africaine.

Aujourd'hui, les connaissances ont considérablement progressé. En Atlantique oriental, MANNING et HOLTHUIS (1981) montrent que le *Geryon* africain, dont la distribution s'étend depuis le sud du Maroc à la Namibie, est bien distinct du *Geryon quinquedens* américain et le désignent sous le nom de *Geryon maritae*. MACPHERSON (1983, 1984) décrit successivement *Geryon chuni*, récolté devant la Namibie et l'Afrique du Sud, puis *Geryon erytheiae*, pêché sur la ride de Walvis. INGLE (1985) crée l'espèce *Geryon gordonae* d'après des exemplaires provenant de hauts fonds entre les Hébrides et les îles du Cap-Vert. MANNING et HOLTHUIS (1988) ajoutent à cette liste *Geryon macphersoni* dont l'aire de répartition va de l'Afrique du Sud jusqu'au Mozambique et intéresse donc l'Atlantique et l'océan Indien. Côté américain, le genre s'enrichit également avec la description par MANNING et HOLTHUIS de *Geryon fenneri* (1984) et de *Geryon inghami* (1986), deux crabes du golfe du Mexique.

Enfin, MANNING et HOLTHUIS viennent de publier récemment (1989) une révision de la famille des Geryonidae qu'ils divisent maintenant en trois genres : *Geryon*, *Chaceon* et *Zariquieyon*. Dans le genre *Geryon* ne demeurent que *longipes* et *tridens* (devenu *trispinosus*) tandis que les autres espèces citées ci-dessus, *affinis*, *chuni*, *erytheiae*, *fenneri*, *gordonae*, *inghami*, *macphersoni*, *maritae*, *quinquedens*, sont rattachées au genre *Chaceon* qui, de plus, s'enrichit de plusieurs espèces nouvelles dont *Chaceon inglei* (sud de l'Islande aux Açores), *Chaceon mediterraneus* (Méditerranée), *Chaceon atopus* et *Chaceon sanctaehelenae* (tous deux récoltés à Sainte-Hélène), *Chaceon eldorada* (de la Colombie à la Guyane française) et *Chaceon notialis* (Uruguay et Argentine). Le genre *Zariquieyon* est créé pour la nouvelle espèce *Zariquieyon inflatus* de Méditerranée.

Depuis dix ans on assiste donc, dans la famille des Geryonidae, à une explosion des connaissances systématiques liée aux nombreuses campagnes expérimentales de prospection visant à découvrir de nouveaux fonds de pêche. Aujourd'hui cependant, trois espèces seulement font l'objet d'une véritable exploitation : *Chaceon quinquedens* au Canada et au nord-est des États-Unis d'Amérique, *Chaceon fenneri* dans le golfe du Mexique et depuis seulement quelques années (SWEAT et OTWELL, 1983 ; OTWELL *et al.*, 1984 ; LUCKURST, 1986 ; WENNER *et al.*, 1987), enfin, *Chaceon maritae* en Afrique de l'Ouest.

Les études et prospections sur les stocks de crabe rouge profond de l'Atlantique africain débutent dès 1970 en Angola (DIAS et MACHADO, 1973) et se poursuivent avec les travaux menés en Côte-d'Ivoire (LE LŒUFF *et al.*, 1974 ; INTÈS et LE LŒUFF, 1976 ; LE LŒUFF *et al.*, 1978 ; CAVERIVIÈRE, 1982), au Congo (CAYRÉ et BOUCHEREAU, 1977), en Namibie et Afrique du Sud (BEYERS et WILKE, 1980 ; MELVILLE-SMITH, 1983, 1985, 1986, 1987a, 1987b, 1988a, 1988b), au Sénégal (GAERTNER, 1985 ; GAERTNER *et al.*, 1985 ; GAERTNER et LALOË, 1985a, 1985b, 1986).

Les Portugais sont les premiers, dès le début des années 1970, à exploiter le stock au large de l'Angola ; les chalutiers espagnols, à la recherche de *Parapenaeopsis longirostris* le long de la pente continentale d'Afrique de l'Ouest, considèrent d'abord le crabe rouge comme une prise accessoire qui a tendance, aujourd'hui, à devenir une de leurs cibles principales. Une exploitation démarre en 1973 en Namibie avec l'arrivée de caseyeurs japonais et se poursuit depuis lors, malgré des fluctuations de l'effort de pêche (MELVILLE-SMITH, 1988b). Récemment en Côte-d'Ivoire, un caseyeur japonais, le *Fukucho maru*, obtient l'autorisation de mener des opérations de pêche (juin 1985-décembre 1986) avec obligation de communiquer le résultat de ses activités aux scientifiques.

Biotope et structure des populations

Chaceon maritae est commun dans la tranche bathymétrique 200-1 000 m. Sur ces fonds de la pente continentale, la température est comprise entre 4 et 12 °C et la salinité entre 34,5 et 35,2 ‰ avec de faibles variations, le milieu étant caractérisé par une grande stabilité. On dispose en Côte-d'Ivoire de peu d'informations sur la nature du substrat, vraisemblablement des vases et vases sableuses. Au Congo, il s'agit, d'après GIRESSE (1977), d'une vase de teneur en pélites ($d < 50$ µm) toujours supérieure à 90 % avec des taux élevés de carbone (de 2,9 à 4,5 %) et d'azote organique (de 0,24 à 0,43 %). Les fonds de Namibie, photographiés par MELVILLE-SMITH (1983, 1985), apparaissent aussi fortement envasés.

Dans ce biotope, la répartition du crabe rouge n'est pas uniforme ; elle varie de plus selon la zone géographique. Au Sénégal, on capture des quantités notables de *Chaceon* de 300 à 900 m, la strate bathymétrique la plus favorable se situant entre 400 et 700 m (GAERTNER, 1985). En Côte-d'Ivoire, le biotope est plus restreint, compris entre 300 et 700 m, avec des rendements intéressants surtout de 300 à 600 m (INTÈS et LE LŒUFF, 1976). Au Congo-Angola, on retrouve sensiblement le même schéma qu'au Sénégal (CAYRÉ et BOUCHEREAU, 1977). En Namibie, c'est également de 300 à 900 m que l'espèce est commune, mais c'est surtout à partir de 600 m qu'elle est abondante (BEYERS et WILKE, 1980).

L'hypothèse d'une relation entre densité du stock et teneur en oxygène dissous a été émise par LE LŒUFF *et al.* (1978), en comparant les prises de crabes au Congo et en Côte-d'Ivoire d'une part et les courbes de teneur en oxygène de l'eau au niveau du fond d'autre part (figure 2). BEYERS et WILKE (1980)

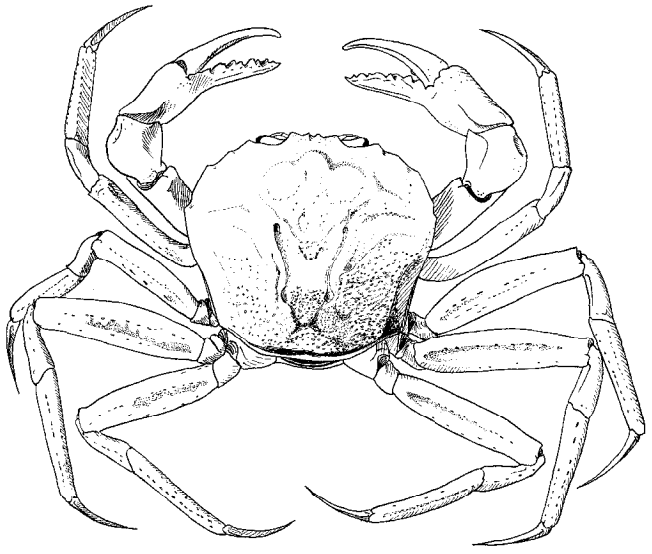


Figure 1
Chaceon maritae Manning et Holthuis, 1981. Exemplaire mâle.

ont mesuré, au cours de leur étude en Namibie, la teneur en oxygène de l'eau, au moment des opérations de pêche et ils montrent qu'une relation positive existe entre concentration en oxygène et abondance du crabe. Sur la figure 2 sont indiqués également les résultats de BEYERS et WILKE (1980) ; et l'on constate que les teneurs mesurées en Côte-d'Ivoire dès 400 m ne se retrouvent au Congo et en Namibie que vers 650 m ; celles correspondant au niveau 600 m en Côte-d'Ivoire se situent vers 850 m au Congo, 800 m en Namibie. Le décalage de la zone où la teneur en oxygène varie de 1,7 à 2,5 ml/l (400-600 m en Côte-d'Ivoire, 600-850 m au Congo et Namibie) coïncide sensiblement avec celui des fonds à fortes densités de *Chaceon* dans les différentes régions.

Dans l'état des connaissances actuelles, on peut donc penser que le crabe rouge profond a besoin, dans les limites de son biotope, de teneurs en oxygène minimales.

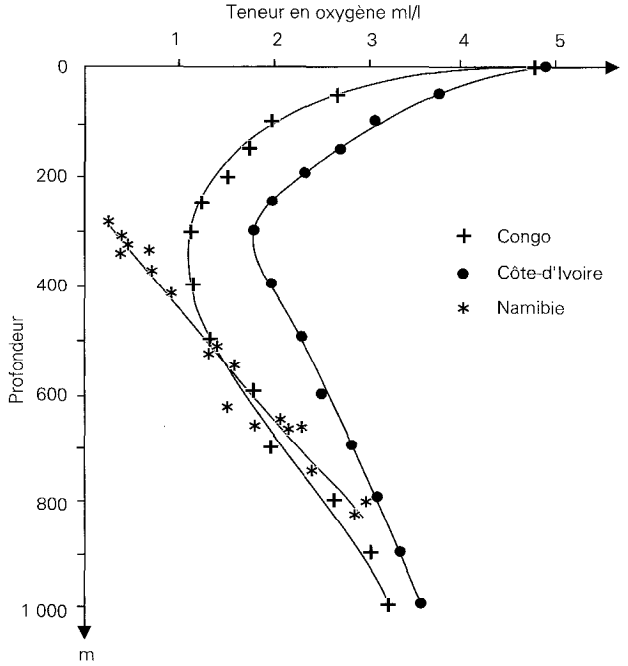


Figure 2
Teneur en oxygène sur les fonds de Côte-d'Ivoire, Congo et Namibie.

Vers le haut de la pente continentale, à partir de 300 m, on ne rencontre plus guère de crabes rouges ; c'est la zone du minimum d'oxygène, où les conditions leur sont défavorables ; et c'est également là où apparaissent d'autres brachyoures comme *Paromola cuvieri* et *Bathynectes piperitus* (LE LŒUFF *et al.*, 1978 ; MELVILLE-SMITH, 1985) qui sont des concurrents pour *Chaceon* au plan de l'éthologie alimentaire, de même que les grands Lithodidae capturés au-delà de 1 000 m à la limite inférieure de la répartition de *Chaceon* et sans doute mieux adaptés aux conditions de vie sur ces grands fonds.

Dans le biotope, mâles et femelles ne sont pas uniformément répartis. Il y a ségrégation des sexes. Les femelles vivent surtout de 300 à 500 m ; au-dessous, elles disparaissent progressivement, laissant les mâles occuper la partie profonde du biotope. Cette observation est valable pour l'ensemble des stocks d'Afrique de l'Ouest.

Les conclusions divergent sur la répartition des tailles. En Côte-d'Ivoire et au Congo, les plus gros individus se rencontrent dans la zone centrale du biotope. En Namibie, selon BEYERS et WILKE (1980), la taille décroît avec la profondeur. Au contraire, au Sénégal (GAERTNER, 1985), les mâles juvéniles sont surtout capturés à faible profondeur, les gros exemplaires dominant à 700-900 m ; chez les femelles c'est plutôt l'inverse, les grands individus vivant à 300 m.

Biologie et éthologie

COMPORTEMENT ET DÉPLACEMENTS

Le crabe rouge a été observé à plusieurs reprises dans son milieu, notamment par photographie. D'après ces clichés, il vit librement à la surface du sédiment, sans creuser de terrier. Il semble capable de s'enfouir partiellement dans la vase mais ce comportement ne doit être ni systématique ni de longue durée, le crustacé ne disposant d'aucune adaptation anatomique liée à ce mode de vie.

Les expériences de marquage menées par MELVILLE-SMITH (1987b) de 1979 à 1984, montrent que les crabes se déplacent le long de la pente continentale, les femelles adultes plus activement (avec une vitesse moyenne de 0,11 km/jour vers le sud et de 0,46 km/jour vers le nord) que les femelles juvéniles et que les mâles (0,05 km/jour, quelle que soit la direction). Dans l'ensemble, les mouvements restent modérés, même si une femelle a été retrouvée à 380 km au nord du lieu de marquage ; selon MELVILLE-SMITH, ils procèdent du nomadisme, les crabes étant à la recherche de nourriture, ce qui expliquerait leur tendance à se diriger vers le nord où ils trouveraient des conditions d'alimentation plus favorables. Ces déplacements le long du talus amènent MELVILLE-SMITH à conclure que les *Chaceon* de Namibie et du sud de l'Angola appartiennent à un même stock.

L'espèce américaine *Chaceon quinquedens* a également fait l'objet de marquages (LUX *et al.*, 1982). Les déplacements sont là encore modérés, la plupart des crabes demeurant dans un rayon de 20 km autour du point de marquage. Les années passant, on note une certaine dispersion sans qu'il y ait de direction privilégiée. Au bout de 5 ans, les plus grandes distances parcourues sont de 90 km vers l'est et de 55 km vers le sud-ouest où l'Hudson Canyon fait obstacle à la migration.

ALIMENTATION

On dispose de peu de renseignements sur le comportement alimentaire de l'espèce. Sa capture au casier donne à penser qu'il s'agit d'un macrophage, capable d'utiliser toutes les ressources du milieu. Une analyse de contenus stomacaux (BEYERS et WILKE, 1980) montre en effet la présence, dans le bol alimentaire, de restes de petits crustacés, de fragments de test de cirripèdes, d'écailles et arêtes de poissons. Ces auteurs pensent par ailleurs que l'ingestion de nourriture se fait à un rythme peu soutenu, en rapport avec sa faible disponibilité dans le milieu. Chez une espèce européenne voisine, quoique de plus petite taille, *Geryon longipes*, rencontrée également en Côte-d'Ivoire sur le talus, l'alimentation est aussi très variée, avec des polychètes, des crustacés, des mollusques, des échinodermes, des poissons (LAGARDÈRE, 1977 ; MORI, 1982).

REPRODUCTION

La biologie de la reproduction chez *Chaceon maritae* a surtout été étudiée par MELVILLE-SMITH (1987b) en Namibie. L'examen histologique des gonades montre que tous les crabes mâles de plus de 80 mm de largeur de carapace (LC) sont sexuellement matures et capables de s'accoupler, leur appareil génital étant alors bien développé. Par ailleurs, MELVILLE-SMITH observe que la taille du plus petit mâle avec le mérus de la première paire de pattes ambulatoires noirci — signe qu'il s'est accouplé — est de 76 mm (LC), ce qui corrobore le premier résultat.

En usant de méthodes morphométriques (lois d'allométrie), LE LŒUFF *et al.* (1978) déterminent une taille à la première maturité (à laquelle 50 % des individus de la population deviennent aptes à la reproduction) comprise entre 105 et 115 mm (LC). Ce résultat paraît peu plausible ; il semble en fait que les relations d'allométrie chez le mâle de *Chaceon maritae* ne soient pas très nettes ; ainsi, GAERTNER et LALOË (1986), en utilisant ce type de méthodes, ne peuvent aboutir à une conclusion statistiquement significative.

Chez les femelles, la maturité est considérée comme atteinte après la mue qui permet aux orifices vulvaires d'acquérir leur forme définitive. En considérant la taille pour laquelle 50 % des femelles observées sont matures, MELVILLE-SMITH aboutit à un résultat de 84 mm (LC), c'est-à-dire tout à fait analogue à ceux obtenus au moyen d'analyses biométriques par LE LŒUFF *et al.* (1978) et GAERTNER et LALOË (1986),les premiers situant la taille à la première maturité dans l'intervalle 80-90 mm, les seconds proposant la valeur 83 mm.

Le comportement reproducteur de *Chaceon maritae* n'a pas fait l'objet de recherches particulières mais a pu être observé (MELVILLE-SMITH, 1987b). Dans un stade précopulatoire, le mâle enveloppe la femelle, son abdomen reposant sur la face dorsale de la carapace de la femelle qui est en passe de muer. La copulation a lieu après la mue. Il y a alors changement de position de la femelle, les deux faces abdominales venant en contact de façon que les pléopodes du mâle pénètrent les orifices vulvaires de la femelle. Le couple capturé dans cette position est demeuré en place pendant quatre heures. Ces observations viennent confirmer celles de ELNER *et al.* (1987), en laboratoire, sur l'espèce américaine *Chaceon quinquedens*, morphologiquement très proche. Le mâle prend effectivement une position en forme de « cage » protectrice autour de la femelle pour une période de 12-13 jours, jusqu'à la mue de la femelle. Au bout de quelques heures, après la mue, le couple entre en position copulatoire qu'il occupe pendant plusieurs jours (7 à 11). Il y a ensuite séparation sans phase post-copulatoire distincte. Cette longue durée de la phase copulatoire, un record chez les brachyoures, permet à la nouvelle carapace de la femelle de durcir suffisamment pour être à l'abri des prédateurs quand l'accouplement s'interrompt.

Seul le mâle de *Chaceon quinquedens* s'alimente pendant la reproduction. Chez *Geryon longipes*, les deux sexes se nourrissent (MORI et RELINI, 1982).

D'après MELVILLE-SMITH (1987b), la femelle est capable de conserver le sperme dans ses spermathèques jusqu'à arrivée à maturité de ses ovules ; il semble aussi que, une fois l'accouplement réussi, la femelle ne mue plus de sa vie durant. LUX *et al.* (1982) tirent des conclusions analogues de leur expérience de marquage sur *Chaceon quinquedens* ; les femelles peuvent porter des œufs plusieurs années après la mue de maturité, ce qui indique que le sperme peut être conservé et utilisé longtemps après la copulation ; on ne sait pas cependant si les femelles produisent ou non des œufs à plusieurs reprises.

Tous les chercheurs qui ont étudié *Chaceon maritae* ont été frappés par la rareté des femelles ovigères (5 % des femelles adultes, 0,2 % du total des femelles, sont les chiffres avancés par MELVILLE-SMITH, 1987b) ; elles sont récoltées le plus souvent à 400-500 m. Ces proportions ne varient guère, qu'on utilise le casier ou le chalut pour la capture. WENNER *et al.* (1987) ne récoltent aucune femelle ovigère de *Chaceon fenneri* au cours de leurs campagnes de prospection, sur la période août 1985 - février 1986, pendant lesquelles 3 152 crabes ont été pêchés. HINSCH (1988) semble cependant ne pas avoir connu de difficultés pour obtenir, auprès de la flottille de pêche, des échantillons de femelles ovigères de cette espèce. Selon HAEFNER (1977), le nombre de femelles grainées de *Chaceon quinquedens* dans les captures est toujours notable ; il en récolte ainsi (femelles > 71 mm LC) 27,3 % en novembre 1974, 15,7 % en septembre 1975, 25,5 % en janvier 1976.

D'après les travaux de LE LŒUFF *et al.* (1978), CAYRÉ *et al.* (1979), GAERTNER et LALOË (1985b), on est amené à conclure à l'existence d'une saison de ponte bien déterminée ; les femelles ovigères sont en effet capturées de novembre à avril au Sénégal, de mars à juillet en Côte-d'Ivoire et au Congo ; selon MELVILLE-SMITH (1987b), toutefois, et d'après les données de l'exploitation commerciale en Namibie, il n'y aurait pas de période type pour la reproduction chez *Chaceon maritae*. Sur la côte nord-est américaine, chez *Chaceon quinquedens*, l'arrivée à maturité des œufs est plutôt observée au printemps (WIGLEY *et al.*, 1975 ; HAEFNER, 1978 ; LUX *et al.*, 1982). *Chaceon fenneri* (HINSCH, 1988) a une seule saison de reproduction ; l'accouplement a lieu en mars et avril ; les femelles deviennent ovigères en septembre et octobre et les larves sont libérées en février et mars. Seul donc le stock de *Chaceon maritae* de Namibie se reproduit toute l'année. Sur le littoral d'Afrique de l'Ouest, la région Nord-Benguela (17-25 °S) est caractérisée par un upwelling quasi permanent (SHANNON, 1985 ; SHANNON et PILLAR, 1986) contrairement à ce qui se passe au Sénégal, en Côte-d'Ivoire et au Congo où se manifestent des upwellings saisonniers. Dans ces trois zones, les femelles grainées se rencontrent surtout avant et au début de la saison froide, ce qui permet aux larves d'être libérées dans un milieu riche en organismes planctoniques.

Le nombre d'œufs portés par les femelles est fortement corrélé à la taille ; la taille moyenne d'une femelle mature est de 96 mm (LC) et elle porte environ 227 000 œufs (MELVILLE-SMITH, 1987b), chiffre du même ordre de grandeur que ceux donnés pour *Chaceon quinquedens* par HINES (1982). On ne sait rien de l'intervalle de temps entre pontes ni du nombre de pontes qu'un crabe est capable de produire au cours de son cycle vital.

Le développement larvaire est planctonique et a été décrit par PERKINS (1973) chez *Chaceon quinquedens*. On observe quatre stades zoé avant le passage au stade mégalope, puis au crabe juvénile. La vie larvaire serait de un mois et demi environ.

KELLY *et al.* (1982) étudient expérimentalement le comportement du premier stade larvaire de cette même espèce ; pour migrer verticalement sur plusieurs centaines de mètres, la larve rencontre une large gamme de températures et de vitesses de courant. Les auteurs montrent que des températures comprises entre 10 et 25 °C n'ont aucune influence sur la survie mais que le développement est cinq fois plus rapide à 25 qu'à 10 °C. Les larves ont une nette tendance à migrer vers le haut, l'activité natatoire étant favorisée par les fortes pressions, puis par l'élévation de température ; la présence de thermocline est sans effet sur la vitesse de migration verticale. Selon les auteurs, compte tenu du régime des courants sur la côte nord-est des État-Unis, l'arrivée des larves en surface favorise leur dispersion.

En Côte-d'Ivoire et au Congo, on note des déplacements au sein du biotope, de septembre à mars, c'est-à-dire avant la saison de ponte, qu'il faut sans doute lier au phénomène de reproduction. Il y a, d'ordinaire, ségrégation des sexes, mais mâles et femelles ont tendance à se retrouver sur les fonds de 400 m en novembre-décembre en Côte-d'Ivoire, sur ceux de 550 m en septembre-octobre et surtout février-mars au Congo. MELVILLE-SMITH (1987a) n'observe pas, en Namibie, de mouvements saisonniers de crabes marqués le long du gradient profondeur ; il note cependant, parmi les *Chaceon* capturés aux limites inférieures du biotope (800-900 m), une tendance des femelles, ainsi que des grands mâles, à remonter la pente en deçà de 700 m, les jeunes demeurant en profondeur. Ces résultats viennent confirmer ce qui est connu de la structure de la population dans le biotope.

CROISSANCE ET LONGÉVITÉ

Ce n'est que très récemment (MELVILLE-SMITH, 1988b) que des informations précises ont été obtenues sur la croissance et la longévité de *Chaceon maritae*.

Si l'on note quelques différences morphologiques entre les sexes (pinces plus fortes, pattes ambulatoires plus longues chez le mâle), c'est surtout l'écart de taille entre mâles et femelles qui est très net, les femelles restant plus petites. Ainsi, en tenant compte de toutes les captures réalisées au cours des campagnes expérimentales de 1975 et 1976 en Côte-d'Ivoire, la taille moyenne (LC) des mâles se situe à

10,3 cm, celle des femelles à 9,5 cm ; le mâle le plus grand atteint 16,7 cm pour un poids de 1,77 kg, la femelle la plus grande ne faisant que 12,7 cm pour un poids de 0,63 kg. Il faut sans doute rapprocher ces données de la conclusion, tirée des travaux de MELVILLE-SMITH (1987b) et déjà citée : les femelles n'auraient plus de mues dès lors qu'elles ont eu un accouplement réussi ; leur croissance serait dès lors interrompue. Quant aux mâles, MELVILLE-SMITH (1988b) donne un tableau de correspondance entre taille (LC), poids et âge, en annonçant une prochaine étude sur la croissance. Pour ne citer que quelques chiffres, quand le mâle commence à être recruté dans la pêcherie, à une taille de 60 mm (LC) pour un poids de 70 g, il a déjà plus de cinq ans ; quand il atteint 165 mm, son poids est de 1 653 g et il a vécu trente ans. D'après ces résultats, *Chaceon maritae* est donc, plus encore qu'on ne le supposait, une espèce à croissance très lente et à forte longévité.

Il est probable qu'il en va de même pour les crabes profonds américains. À ce sujet, quelques considérations intéressantes figurent dans le travail de LUX *et al.* (1982) sur *Chaceon quinquedens* ; les marques utilisées dans l'expérience sont externes et disparaissent avec la mue ; cependant, les résultats indiquent clairement que la fréquence des mues est faible, notamment chez les grands individus (LC > 80 mm), des exemplaires étant encore récupérés avec leur marque 7 ans après avoir été relâchés. L'examen des histogrammes de fréquence des tailles montre effectivement peu d'évolution, si ce n'est une disparition des classes les plus jeunes, chez lesquelles les mues ont le plus souvent lieu.

Pêche

TECHNIQUES

Il est maintenant bien établi que le meilleur engin de pêche est le casier, particulièrement le casier de forme tronconique convenablement lesté et appâté, qui est bien adapté à des fonds irréguliers, où les pentes sont parfois prononcées. Un bon lestage de la filière est également important. Le temps de pose le plus efficace (CAVERIVIÈRE, 1982), correspond à 12 h 30-15 h, pour un poids d'appât de 1 kg. Les quelques essais visant à déterminer la nature du meilleur appât possible ont tous conduit à préconiser l'emploi de poissons osseux frais plutôt que la chair de requin, de yet (gros mollusque du genre *Cymbium*), ou les têtes de thons.

Un facteur important à déterminer avant de réaliser le montage de la filière est l'espacement à respecter entre casiers de façon à optimiser le rendement en évitant la concurrence entre nasses. Il s'agit d'un problème complexe où interviennent direction et force des courants sur le fond, ainsi que la position de la filière par rapport à l'axe du courant ; la façon de le résoudre ne passe sans doute pas par la détermination d'une aire de pêche théorique mais par l'expérimentation directe et le calcul statistique. Pour le moment, on sait que les distances entre casiers de 25 et 40 m adoptées respectivement en Côte-d'Ivoire (LE LŒUFF *et al.*, 1978) et au Congo (CAYRÉ et BOUCHEREAU, 1977) sont trop faibles ; lors d'essais entrepris en 1979, 1980, 1981 en Côte-d'Ivoire (CAVERIVIÈRE, 1982), la distance de 55 m s'est révélée un intervalle convenable.

CAMPAGNES EXPÉRIMENTALES DE 1975-1976 EN CÔTE-D'IVOIRE

Elles ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes (INTÈS et LE LŒUFF, 1976 ; CAYRÉ *et al.*, 1979) :

— la zone de pêche favorable s'étend de 300 à 600 m (tableau I) ;
— des variations saisonnières importantes dans les prises sont notées, phénomène analogue à celui relevé au Congo (figure 3), la meilleure période allant de septembre à avril ; une chute des captures a également été signalée par GAERTNER (1985) en novembre-décembre au Sénégal ;
— les rendements sont variables selon les régions (figure 4) : à l'est (de Jacqueville à la frontière du Ghana) et à l'ouest (de Sassandra à la frontière du Liberia), les captures sont au moins trois fois plus importantes qu'au centre (de Jacqueville à Sassandra).

TABLEAU I

Campagnes expérimentales de 1975-1976 en Côte-d'Ivoire. Prises toutes tailles et prises d'intérêt commercial de *Geryon maritae* (crabes de largeur de carapace > 10 cm), en poids et en pourcentage de la prise totale selon les profondeurs. Le pourcentage des femelles dans les prises de valeur marchande est indiqué

Profondeur (m)	Prises toutes taille (kg/casier/20 h)	Prises commerciales (kg/casier/20 h)	% prise totale	% femelles
300	3,80	2,49	65,6	65,1
400	7,35	4,67	63,6	46,9
500	3,88	3,59	92,6	7,2
600	3,56	3,37	94,6	0
700	1,34	1,34	100,0	0

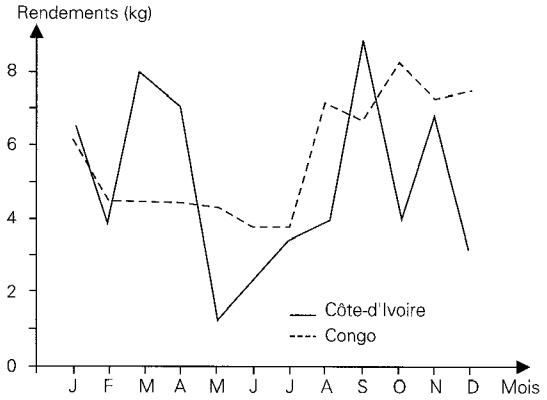


Figure 3

Variations des captures au cours d'une année de pêches expérimentales en Côte-d'Ivoire (prises moyennes par casier pour 20 h de pose) et au Congo (prises moyennes par casier pour 12 h de pose).

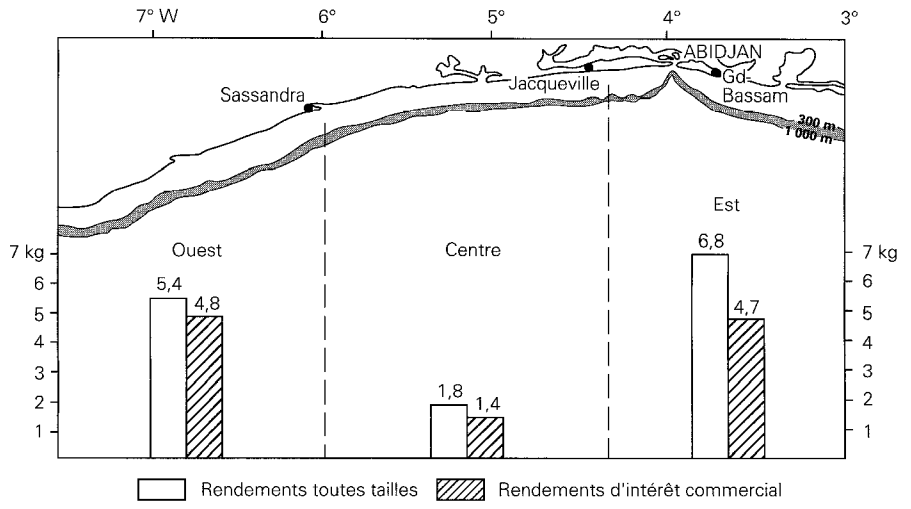


Figure 4

Prises moyennes par secteur en Côte-d'Ivoire (de 300 à 700 m). Prospection de 1975-1976.

Essais de la période 1979-1981

Les rendements moyens obtenus dans la région d'Abidjan sur la sonde 500 m sont tout à fait comparables à ceux des premières campagnes sur les mêmes lieux de pêche (Caverivière, 1982). La meilleure saison de pêche se situe également de septembre à avril (figure 5). Il y a ensuite chute des rendements qui ne remontent plus cependant l'année suivante (5,3 au lieu de 10,3 kg/casier/20 h). Caverivière l'explique par l'activité, à cette époque, d'un caseyeur qui n'a probablement pas pris la peine de diversifier le choix de ses lieux de pêche et est resté aussi près que possible d'Abidjan. Dans ces conditions, la diminution observée est dans une certaine mesure normale, les prises étant obtenues aux dépens d'un stock déjà exploité.

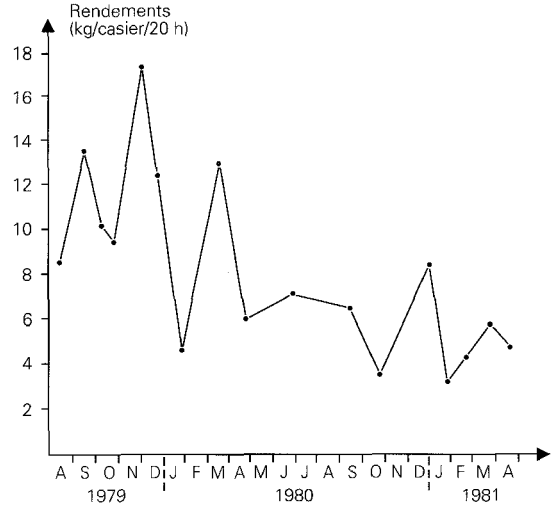


Figure 5
Variations des captures au cours des pêches expérimentales sur les fonds de 500 m au sud d'Abidjan, d'août 1979 à avril 1981 (prises moyennes par casier pour 20 h de pose).

Pêches japonaises de 1985 et 1986

Il s'agit cette fois d'une pêche industrielle effective par un caseyeur de 45 m pouvant mouiller en une seule marée de 2 mois jusqu'à 75 000 casiers (Konan, 1988). Le navire japonais a opéré pendant un an sur tout le talus continental de Côte-d'Ivoire et capturé 1 300 t de *Chaceon*.

L'ordre de grandeur des rendements est tout à fait comparable à celui des précédents essais avec des chiffres moyens variant de 3 à 6 kg de crabes par casier selon les lieux de pêche. On constate cette fois que les seuls mauvais résultats (3,1 kg/casier) sont obtenus devant Jacqueville. À l'ouest, les rendements varient de 5,5 à 6,3 kg/casier ; à l'est de 4,1 à 4,7, ce qui diffère sensiblement des résultats de la prospection initiale (Intès et Le Lœuff, 1976). Il faut cependant ajouter que le *Fukucho maru* a pêché uniquement dans la bande 400-700 m, ce qui biaise un peu la comparaison. Il n'en reste pas moins que la « photographie » des fonds à *Chaceon* paraît avoir varié de 1975 à 1985, avec une certaine homogénéisation des abondances et une prédominance de la région occidentale, à partir de Grand-Lahou (figure 6).

En revanche, on retrouve les mêmes variations saisonnières avec de bons rendements de septembre à avril, qui chutent ensuite de mai à août (figure 7). Les pêches du *Fukucho maru* ont lieu de décembre 1985 à décembre 1986 et débutent donc sur une base élevée au cours des deux premières marées (décembre 1985 à mars 1986) avec 7,4 kg/casier, diminuent ensuite fortement avec les deux marées suivantes (mars à août 1986) avec 3,5 kg/casier, pour remonter ensuite à 4,6 kg lors de la dernière marée (octobre à décembre 1986). On est donc loin de retrouver, en fin de campagne, les rendements obtenus au début.

Cayré *et al.* (1979) ont estimé la production maximale équilibrée à 700 t pour la Côte-d'Ivoire en prenant la valeur supérieure d'une fourchette 200-700 tonnes évaluée avec une certaine prudence, mais qui paraît fiable compte tenu des derniers résultats de Melville-Smith (1985 et 1988a). Les 1 300 t débar-

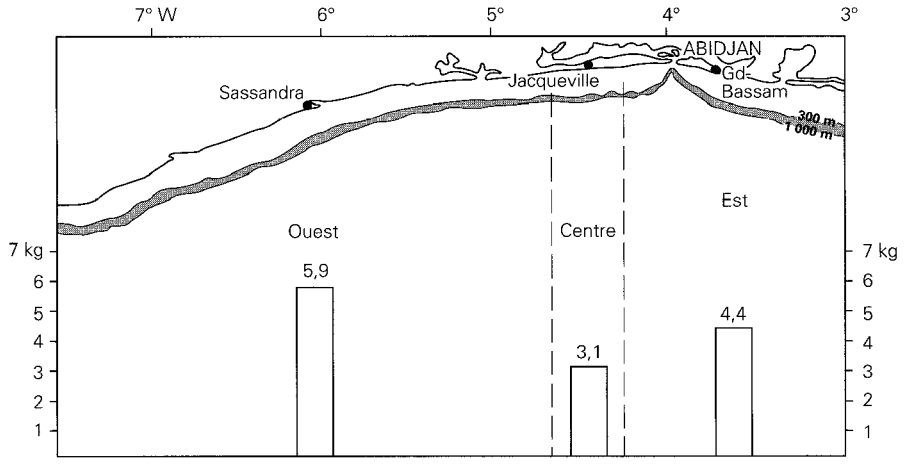


Figure 6
Prises moyennes par secteur en Côte-d'Ivoire (de 400 à 700 m). Résultats des campagnes du *Fuchucho maru*, décembre 1985 à décembre 1986.

quées par le caseyeur japonais, exploitant un stock quasiment vierge, mais avec un effort de pêche certainement excessif (254 750 casiers posés en un an alors que CAYRÉ *et al.* préconisent de ne pas dépasser le chiffre de 120 000), ont déjà dû entamer le stock, d'où la baisse des rendements après seulement un an d'exploitation. Cette conclusion rejoint, par ailleurs, celle de CAVERIVIÈRE (1982). Une analyse des distributions de fréquence de tailles (figure 8) en début et en fin de campagne, ne permet cependant pas de déceler un changement dans les structures, en particulier une diminution des fréquences des grandes tailles.

Cette baisse très sensible des prises par unité d'effort (kg/casier) après un an de pêche intensive en Côte-d'Ivoire ne doit pas étonner. GERRIOR (1981), puis LUX *et al.* (1982) mentionnent déjà une stratégie

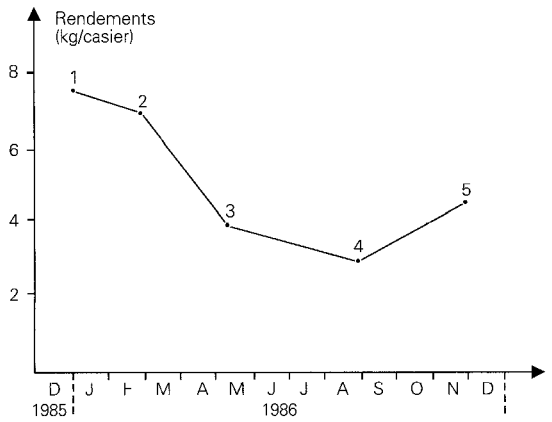


Figure 7
Variations des rendements moyens par casier du *Fukucho maru* au cours de sa campagne de pêche en Côte-d'Ivoire (marée 1 : 2-12-85 au 6-1-86 ; marée 2 : 15-1-86 au 6-3-86 ; marée 3 : 14-3-86 au 18-5-86 ; marée 4 : 15-8-86 au 25-8-86 ; marée 5 : 10-10-86 au 29-11-86).

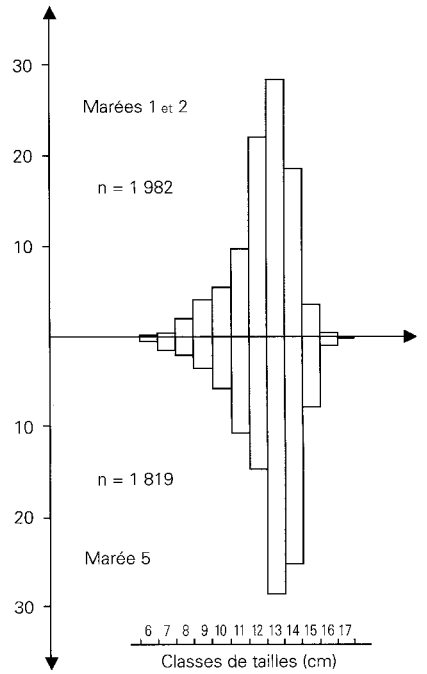


Figure 8
Fréquences de taille des crabes rouges (mâles et femelles confondus) pêchés en début (marées 1 et 2) et en fin de campagne (marée 5) par le *Fukucho maru*.

de pêche commune aux État-Unis sur les stocks de *Chaceon quinquedens* où les navires, du moins dans les premières années de la pêcherie, fréquentent les mêmes fonds jusqu'à effondrement des prises, puis changent de zone. LUX *et al.* (1982) évaluent par ailleurs, à partir de leurs données de marquage, et pour l'année 1974, la mortalité par pêche du stock de crabes de taille commerciale (mâles > 114 mm LC), à 23 % dans leur zone d'étude, entre Georges Bank et Hudson Canyon.

La fragilité des stocks de crustacés profonds est également mise en évidence par les observations de RALSTON (1986) sur la grande crevette caride *Heterocarpus laevigatus*. Après une pêche intensive de 16 jours aux accores d'une île de l'archipel des Mariannes et une capture de 776 kg de crevettes, la prise moyenne par casier et par nuit chute de 3,33 à 1,82 kg, sans qu'il y ait diminution des tailles. Plus significatif encore, quatre mois plus tard, les captures persistent à rester faibles.

Dynamique des populations et gestion des stocks

La première tentative pour proposer des mesures d'aménagement d'une pêcherie de crabes profonds à partir des résultats d'une étude de dynamique de population exploitée est due à MELVILLE-SMITH (1988b). Les recherches ont porté sur le stock de Namibie qui fait l'objet d'une exploitation depuis 1973.

Après avoir brossé un court historique de la pêcherie, décrit les opérations de conditionnement à bord selon les catégories de navires, suivi l'évolution de l'effort de pêche, des prises, des fréquences de taille, l'auteur établit un diagnostic de l'exploitation. Il constate en premier lieu que les prises, sur les fonds de pêche, décroissent régulièrement du nord au sud ; elles sont divisées par deux quand on passe de la latitude 17° 30' S (frontière de l'Angola) à la latitude 22° S. Il n'y a pas de variations saisonnières nettes des captures.

On observe, de 1976 à 1979, période d'activité d'un armement local concentrée dans la zone sud sur des crustacés de taille > 115 mm (LC), un déclin très net des rendements qui passent de 6 à 2,5 kg/casier, rendement trop faible pour permettre à l'exploitation de se poursuivre.

À partir de 1980, les armements japonais restent seuls à pêcher *Chaceon maritae* en Namibie ; MELVILLE-SMITH suit la pêcherie de 1980 à 1986. Les Japonais, qui retiennent et conditionnent les crabes de toute taille, posent leurs casiers sur toute la zone de pêche. De 1980 à 1983, leur effort de pêche augmente régulièrement, le nombre de casiers posés annuellement passant de 920 000 à 1 300 000 ; corrélativement les prises grimpent de 7 300 t à 10 000 t tandis que les CPUE restent stables entre 7,5 et 7,9 kg/casier. En 1984 et 1985, alors que l'effort reste élevé, avec respectivement 1 130 000 et 1 220 000 casiers/an, les captures chutent à 7 800 puis 7 300 t et les CPUE à 6,9 et 6 kg/casier. Une diminution de l'effort en 1986 à 880 000 casiers conduit à une mise à terre un peu plus faible de 6 800 t, la CPUE remontant cependant à 7,7 kg/casier.

Corrélativement, de 1978 à 1986, on note une modification des fréquences de taille des mâles au sud où la densité du stock est plus faible mais où l'on rencontre les crabes les plus grands ; les classes les plus âgées voient leurs effectifs fortement décroître.

Analysant cette situation, MELVILLE-SMITH (1988b) considère que le stock de *Chaceon* de Namibie est trop fortement pêché, notamment les femelles. À son avis, cette pression de pêche n'a pas manqué d'avoir un impact sur la production des œufs.

Il faut noter au passage que ces résultats viennent encore étayer les conclusions tirées en Côte-d'Ivoire après la campagne du *Fukucho maru* : ce navire a posé plus de 250 000 casiers/an sur un fond près de 10 fois moins étendu que celui de Namibie avec une CPUE moyenne de 5,1 kg/casier alors que la richesse en crabes des fonds ivoiriens a été estimée être de 2 à 4 fois plus faible que celle du Nord-Benguela. L'affirmation que les potentialités du stock de *Chaceon maritae* de Côte-d'Ivoire ont été entamées par le passage de ce bateau trouve donc ici un nouvel argument.

À partir des données obtenues sur la croissance et la mortalité totale d'après les expériences de marquage, les échantillonnages biologiques, les statistiques de pêche, MELVILLE-SMITH (1988b) construit des modèles de rendement par recrue en faisant varier le coefficient de mortalité naturelle (M), qui demeure

encore inconnu, dans un intervalle de valeurs plausibles (0,05-0,15). De ces simulations, il tire un certain nombre d'informations qui l'amènent à proposer des options d'aménagement. Dans la situation actuelle, en effet, il apparaît que la taille à la première capture (75 mm) est trop faible, largement inférieure en particulier à la taille à la première maturité des femelles (84 mm) ; l'effort de pêche est également trop élevé.

On peut donc envisager, soit de relever l'âge à la première capture en adoptant, pour napper les casiers, des filets à plus grande maille, soit de réduire l'effort de pêche. En adoptant la première solution, on aboutit à un état d'équilibre avec un niveau de captures plus faible que celui d'aujourd'hui (80 % pour une taille à la première capture de 84 mm) ; en revanche, la taille moyenne des crabes pêchés augmente, donc leur valeur commerciale. La réduction de 60 à 70 % de l'effort de pêche conduit, dans les premières années, à une chute des prises de 65 %, le niveau initial étant atteint et même dépassé au bout de dix ans ; l'intérêt de la mesure est aussi de faire retrouver à la population une structure de taille proche de celle existant avant l'exploitation.

Conclusion

L'effort de recherche accompli ces dernières années sur le stock de crabes rouges de Namibie a permis d'accroître sensiblement les connaissances sur la biologie et la dynamique des populations de *Chaceon maritae*, de sorte que le premier modèle de production a pu être élaboré. Ce progrès a été rendu possible du fait qu'une pêcherie permanente s'est installée, que ses résultats ont été suivis et contrôlés et que les chercheurs ont eu les moyens de mener les campagnes expérimentales nécessaires.

Pour aller dans le même sens, il conviendrait que la Côte-d'Ivoire encourage l'exploitation commerciale de *Chaceon* en évitant cependant que des opérations ponctuelles n'amènent à prélever sur le stock des tonnages excessifs, comme cela s'est produit avec le passage du *Fukucho maru*. Mieux vaut certainement voir s'installer quelques caseyeurs artisanaux travaillant régulièrement sur tout le talus continental ivoirien, en respectant, du moins dans un premier temps, les limites de production (700 t) et d'effort de pêche (120 000 casiers/an) déterminées avant exploitation (Cayré *et al.*, 1979). C'est alors seulement qu'on pourra songer à entreprendre une recherche halieutique sérieuse sur le stock.

RÉFÉRENCES

BAREA (L.) et DEFEO (O.), 1985.— Primeros ensayos de captura del crustaceo batial *Geryon quinquedens* Smith, en el area comun de pesca argentino-uruguaya. *Contr. Depart. Oceanogr. Univ. Republica, Montevideo*, 2(8) : 190-203.

BEYERS (C.J.) et WILKE (C.G.), 1980.— Quantitative stock survey and some biological and morphometric characteristics of the deep-sea red crab *Geryon quinquedens* off South West Africa. *Fish. Bull. S. Afr.*, 13 : 9-19.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982.— Observations sur des pêches de crabes rouges profonds (*Geryon quinquedens*) effectuées au large d'Abidjan d'août 1979 à avril 1981. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 13(2) : 33-49.

CAYRÉ (P.) et BOUCHEREAU (J.L.), 1977.— Biologie et résultats des pêches expérimentales du crabe *Geryon quinquedens* (Smith, 1879) au large de la République Populaire du Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Pointe-Noire*, N.S., 51 : 1-30.

CAYRÉ (P.), LE LŒUFF (P.), INTÈS (A.), 1979.— *Geryon quinquedens*, le crabe rouge profond. Biologie, pêche, conditionnement, potentialités d'exploitation. *La Pêche maritime*, 1210 : 18-25.

DAILEY (M.D.) et RALSTON (S.), 1986.— Aspects of the reproductive biology, spatial distribution, growth and mortality of the deepwater caridean shrimp *Heterocarpus laevigatus* in Hawaii. *Fish. Bull.*, 84(4) : 915-925.

DIAS (A.C.) et MACHADO (J.F.S.), 1973.— Preliminary report on the distribution and relative abundance of deep-sea red crab (*Geryon* sp.) off Angola. *Coll. Scient. Pap. ICSEAF*, 1 : 258-270.

ELNER (R.W.), KOSHIO (S.), HURLEY (C.G.), 1987.— Mating behaviour of the deep-sea red crab, *Geryon quinquedens* Smith (Decapoda, Brachyura, Geryonidae). *Crustaceana*, 52(2) : 194-201.

GAERTNER (D.), 1985.— Évaluation de la richesse en crabes rouges des profondeurs (*Geryon* sp.) de la pente occidentale sénégalaise au moyen de casiers. *La Pêche maritime*, 1284 : 163-171.

GAERTNER (D.) et LALOË (F.), 1985a.— Présence de *Geryon affinis* (Milne Edwards et Bouvier, 1894) dans les eaux sénégalaises. Comparaison biométrique avec *Geryon maritae* (Manning et Holthuis, 1981). *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 97 : 1-20.

GAERTNER (D.) et LALOË (F.), 1985b.— Relations entre les fluctuations temporelles des captures au casier des crabes rouges des profondeurs (*Geryon* spp.) de la pente continentale du Sénégal, et quelques éléments de leur biologie. *Océanogr. trop.*, 20(2) : 95-115.

GAERTNER (D.) et LALOË (F.), 1986.— Étude biométrique de la taille à première maturité sexuelle de *Geryon maritae* Manning et Holthuis, 1981 du Sénégal. *Oceanol. Acta*, 9(4) : 479-487.

GAERTNER (D.), LE HIR (Y.), SYLLA (A.), 1985.— Analyse des campagnes exploratoires de pêche au casier des crabes rouges (*Geryon maritae* Manning et Holthuis, 1981 et *Geryon affinis* Milne Edwards et Bouvier, 1894) du talus continental sénégalais. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 96 : 1-44.

GERRIOR (P.), 1981.— The distribution and effects of fishing on the deep-sea red crab, *Geryon quinquedens* Smith, off southern New England. North Darmouth, MA, Southeastern Massachussets Univer. thesis, 130 p.

GIRESSE (P.), 1977.— Premier rapport sur la définition du biotope du crabe *Geryon quinquedens*. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Pointe-Noire, 2 p.

HAEFNER (P.A.), 1977.— Reproductive biology of the female deep-sea red crab *Geryon quinquedens* from the Chesapeake Bight. *Fish. Bull.*, 75(1) : 91-102.

HAEFNER (P.A.), 1978.— Seasonal aspects of the biology, distribution and relative abundance of the deep-sea red crab *Geryon quinquedens* Smith in the vicinity of the Norfolk Canyon, western north Atlantic. *Proc. Nat. Shellfish Assoc.*, 68 : 49-62.

HARTNOLL (R.G.), 1969.— Mating in the Brachyura. *Crustaceana*, 16 : 161-181.

HINES (A.H.), 1982.— Allometric contraints and variables of reproductive effort in Brachyuran crabs. *Mar. Biol.*, 69 : 309-320.

HINSCH (G.W.), 1988.— Morphology of the reproductive tract and seasonality of reproduction in the golden crab *Geryon fenneri* from the eastern Gulf of Mexico. *J. Crust. Biol.*, 8(2) : 254-261.

INGLE (R.W.), 1985.— *Geryon gordonae* sp.nov. (Decapoda Brachyura, Geryonidae) from the northeastern Atlantic Ocean. *Crustaceana*, 48(1) : 88-98.

INTÈS (A.), 1978.— Pêche profonde aux casiers en Nouvelle Calédonie et îles adjacentes. *Rapp. Scient. Tech. Centre ORSTOM Nouméa*, 2 : 1-17.

INTÈS (A.) et BACH (P.), 1987.— Rapport préliminaire de la campagne CEPROS, campagne de prospection des crustacés et poissons profonds sur les accores du plateau seychellois réalisée à bord du N.O. *Alis* du 20 octobre au 2 novembre 1987. Rapp. ORSTOM, 15 p.

INTÈS (A.) et LE LŒUFF (P.), 1976.— Étude du crabe rouge profond *Geryon quinquedens* en Côte-d'Ivoire. I- Prospection le long du talus continental ; résultats des pêches. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(1) : 101-112.

KELLY (P.), SULKIN (S.D.), VAN HEUKELEN (W.F.), 1982.— A dispersal model for larvae of the dep-sea red crab *Geryon quinquedens* based upon behavioral regulation of vertical migration in the hatching stage. *Mar. Biol.*, 72(1) : 35-43.

KONAN (J.), 1988.— Pêche industrielle au crabe rouge profond (*Geryon quinquedens*) en Côte-d'Ivoire (décembre 85-décembre 86). Rap. int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 27 p.

LAGARDÈRE (J.P.), 1977.— Recherches sur la distribution verticale et sur l'alimentation des crustacés décapodes benthiques de la pente continentale du golfe de Gascogne. Analyse des groupements carcinologiques. *Bull. Centre Étud. Rech. sci. Biarritz*, 11(4) : 367-440.

LE LŒUFF (P.), 1980.— Le crabe rouge profond, sa biologie, sa pêche, ses potentialités d'exploitation en Afrique de l'Ouest. Paris, Actes 9e Coll. ASTEO sur l'exploitation des océans : 39-43.

LE LŒUFF (P.), CAYRÉ (P.), INTÈS (A.), 1978.— Étude du crabe rouge profond *Geryon quinquedens* en Côte-d'Ivoire. II - Éléments de biologie et d'écologie avec référence aux résultats obtenus au Congo. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9(2) : 17-65.

LE LŒUFF (P.), INTÈS (A.), LE GUEN (J.C.), 1974.— Note sur les premiers essais de capture du crabe *Geryon quinquedens* en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5 (1-2) : 73-84.

LUCKURST (B.), 1986.— Discovery of deep-sea water crabs (*Geryon* spp.) at Bermuda. A new potential fishery resource. Proc. 37th ann. Gulf Carib. Fish. Inst. : 209-211.

LUX (F.E.), GANZ (A.R.), RATHJEN (W.F.), 1982.— Marking studies on the red crab *Geryon quinquedens* Smith off southern New England. *J. Shellf. Res.*, 2(1) : 71-80.

MACPHERSON (E.), 1983.— Crustaceos decapodos capturados en las costas de Namibia. Result. Exped. Cient. *Invest. Pesq.*, 11 (Supl.) : 3-80.

MACPHERSON (E.), 1984.— Crustaceos decapodos del Banco Valdivia (Atlantico sudoriental). Result. Exped. Cient. *Invest. Pesq.*, 12 (Supl.) : 39-105.

MANNING (R.B.) et HOLTHUIS (L.B.), 1981.— West african brachyuran crabs (Crustacea : Decapoda). *Smithson. Contr. Zool.*, 306 : 1-379.

MANNING (R.B.) et HOLTHUIS (L.B.), 1984.— *Geryon fenneri*, a new deep-water crab from Florida (Crustacea : Decapoda : Geryonidae). *Proc. Biol. Soc. Washington*, 97(3) : 666-673.

MANNING (R.B.) et HOLTHUIS (L.B.), 1986.— Notes on *Geryon* from Bermuda, with the description of *Geryon inghami*, new species (Crustacea : Decapoda : Geryonidae). *Proc. Biol. Soc. Washington*, 99(2) : 366-373.

MANNING (R.B.) et HOLTHUIS (L.B.), 1988.— South african species of the genus *Geryon* (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). *Ann. S. Afr. Mus.*, 98(3) : 77-92.

MANNING (R.B.) et HOLTHUIS (L.B.), 1989.— Two new genera and nine new species of Geryonid crabs (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). *Proc. Biol. Soc. Washington*, 102(1) : 50-77.

MELVILLE-SMITH (R.), 1983.— Abondance of deep-sea red crab *Geryon maritae* in south west african waters from photography. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 1 : 123-131.

MELVILLE-SMITH (R.), 1985.— Density distribution by depth of *Geryon maritae* on the northern grounds of South West Africa/Namibia determined by photography in 1983, with notes on the portunid crab *Bathynectes piperitus*. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 3 : 55-62.

MELVILLE-SMITH (R.), 1986.— Red crab (*Geryon maritae*) density in 1985 by the technique of effective area fished per trap on the northern fishing grounds off South West Africa. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 4 : 257-263.

MELVILLE-SMITH (R.), 1987a.— Movements of deep-sea red crab (*Geryon maritae*) off South West Africa/Namibia. *S. Afr. J. Zool.*, 22(2) : 143-152.

MELVILLE-SMITH (R.), 1987b.— The reproductive biology of *Geryon maritae* (Decapoda, Brachyura) off South West Africa/Namibia. *Crustaceana*, 53(3) : 259-275.

MELVILLE-SMITH (R.), 1988a.— Comparative population size estimates for a portion of the red crab *Geryon maritae* stock off the south west african coast. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 6 : 23-31.

MELVILLE-SMITH (R.), 1988b.— The commercial fishery for and population dynamics of red crab *Geryon maritae* off South West Africa, 1976-1986. *S. Afr. J. mar.Sci.*, 6 : 79-95.

MONOD (T.), 1956.— Hippidea et Brachyura ouest-africains. *Mém. IFAN*, 45 : 1-674.

MORI (M.), 1982.— Alimentary rhythms in *Geryon longipes* A. Milne Edwards, 1881 (Crustacea ; Decapoda ; Brachyura). *Quad. Lab. Technol. Pesca*, 3(2-5) : 169-172.

MORI (M.) et RELINI (G.), 1982.— Mating behaviour of *Geryon longipes* A. Milne Edwards, 1881 (Crustacea ; Decapoda ; Brachyura) in captivity. *Quad. Lab. Technol. Pesca*, 3(2-5) : 173-178.

OTWELL (W.S.), BELLAIRS (J.), SWEAT (D.), 1984.— Initial development of a deep-sea crab fishery in the Gulf of Mexico. *Fla Sea Grant Coll. Rep.*, 61 : 1-29.

PERKINS (H.C.), 1973.— The larval stages of the deep-sea red crab, *Geryon quinquedens* Smith, reared under laboratory conditions (Decapoda ; Brachyrhyncha). *Fish. Bull.*, 71(1) : 69-82.

RALSTON (S.), 1986.— An intensive fishing experiment for the caridean shrimp *Heterocarpus laevigatus*, at Alamagan island in the Mariana archipelago. *Fish. Bull.*, 84(4) : 927-934.

RELINI ORSI (L.) et MORI (M.), 1977.— Osservazioni sull' alimentazione dei *Geryon longipes* A. Milne Edwards, 1881 (Crustacea Decapoda Brachiura) dei fondi batiali liguri. Ahi 9^{e} Congr. Soc. Ital. Biol. Mar. : 375-387.

SHANNON (L.V.), 1985.— The Benguela ecosystem. Part I- Evolution of the Benguela, physical features and processes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23 : 105-182.

SHANNON (L.V.) et PILLAR (S.C.), 1986.— The Benguela ecosystem. Part III- Plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 24 : 65-170.

SWEAT (D.E.) et OTWELL (W.S.), 1983.— Experimental gear for harvesting deep-sea crab (*Geryon* sp.) from the Gulf of Mexico. Proc. Eight Ann. Trop. Subtrop. Fish. Tech. Conf. Tampa, Fla : 73-84.

WENNER (E.L.), ULRICH (G.F.), WISE (J.B.), 1987.— Exploration for golden crab, *Geryon fenneri* in the South Atlantic Bight : distribution, population structure and gear assessment. *Fish. Bull.*, 85(3) : 547-560.

WIGLEY (R.L.), THÉROUX (R.B.), MURRAY (H.E.), 1975.— Deep-sea red crab, *Geryon quinquedens*, survey off northeastern United States. *Mar. Fish. Rev.*, 37(8) : 1-21.

LES PÊCHES ARTISANALES MARITIMES

Jean-Marc ÉCOUTIN, Karine DELAUNAY et Jacques KONAN

Introduction

Jusqu'ici les différents travaux et rapports consacrés à la pêche maritime artisanale en Côte-d'Ivoire ont présenté ce secteur comme ayant peu d'importance pour l'approvisionnement de la Côte-d'Ivoire en poissons. Les estimations de divers auteurs (GERLOTTO et STÉQUERT, 1978 ; BOUBÉRI *et al.*, 1983) ainsi que les rapports de la Direction des pêches maritimes et lagunaires convergent vers une valeur voisine de 20 000 tonnes. Cette estimation, rarement critiquée, est reportée officiellement d'année en année.

Ces travaux comprennent également des descriptions des techniques de pêche utilisées ainsi que des études d'ordre socio-économique sur les pêcheurs. Dès le début du XX^{e} siècle, un travail assez précis décrivant les zones d'activité de pêche était fourni par GRUVEL (1913). D'autres enquêtes ont été réalisées par la suite, principalement par POSTEL (1950), LASSARAT (1958), SURGY (1965 et 1969), LAGOIN et SALMON (1967), GERLOTTO et STÉQUERT (1978), BOUBÉRI *et al.* (1983). Tous ces auteurs mettent en relation les techniques de pêche et leurs zones d'activité avec l'origine socioculturelle des pêcheurs. Bien que certains biais puissent être introduits par des différences dans les méthodes d'approche et les préoccupations des auteurs, ces études permettent de suivre l'évolution de la pêche artisanale maritime depuis le début du siècle. En particulier, il ressort que les Ivoiriens ont eu tendance à abandonner la pêche au profit d'autres activités (agriculture de plantation, navigation, emplois urbains, etc.) tandis que les étrangers, notamment les Ghanéens, ont occupé une place de plus en plus importante dans ce secteur.

Actuellement, parmi les Ivoiriens, seuls les Alladian, occupant le cordon littoral à l'est d'Abidjan, pratiquent une pêche relativement active à partir du campement qu'ils ont fondé à Port-Bouët, près d'Abidjan ; les Krou, dans l'ouest ivoirien, ne pêchent plus que de manière occasionnelle ; quant aux N'Zima, dans l'est, et aux Avikam, dans le secteur de Grand-Lahou, leurs activités de pêche se sont tournées presque exclusivement sur la lagune. Les pêcheurs étrangers sont soit d'origine ghanéenne (Fanti établis

sur l'ensemble de la côte ivoirienne, Éwé principalement dans la moitié orientale du littoral et Ga à Abidjan [1]), soit d'origine libérienne (Nanakrou établis principalement dans le secteur occidental). D'autres groupes de pêcheurs étrangers sont présents en Côte-d'Ivoire, principalement d'origine sénégalaise, mais ils n'ont pas un rôle important au plan de la production des pêches artisanales ivoiriennes.

Caractérisation de la pêche maritime artisanale

Les différentes techniques de pêche utilisées le long du littoral ivoirien se groupent en quatre grandes composantes:

— les sennes de plage ;
— les sennes tournantes et les filets maillants encerclants ;
— les filets maillants dormants ou dérivants ;
— les lignes et palangres.

À l'exception des sennes tournantes, tous ces engins de pêche ont été observés depuis longtemps dans la région étudiée.

Sennes de plage

La senne de plage, signalée dès 1913 par Gruvel, est une technique utilisée par les pêcheurs soit sur le littoral marin, soit dans certaines zones des lagunes côtières. Cet engin de pêche n'est utilisé pour ainsi dire que par les pêcheurs ghanéens d'origine éwé ; cela explique l'origine du terme de senne *kéta* souvent employé pour décrire cet engin. Delaunay (1988), dans un travail sur les migrations des pêcheurs ghanéens en Côte-d'Ivoire, signale l'utilisation, dans les années 1950, de sennes de plage par les Fanti et par les Alladian. Au cours des recensements les plus récents, seules des sennes possédant une poche à maille de 10 à 14 mm de côté ont été relevées. En revanche, dans le passé, il existait tout une gamme de sennes de rivage distinguées par les dimensions des mailles de la poche en fonction de l'espèce cible : senne à sardinelle, *Sardinella* spp. (maille de 10 mm), senne à bonites ou à « japon », *Caranx hippos* (maille de 25 mm) (Lassarat, 1958).

L'activité de pêche à la senne de rivage est saisonnière, maximale entre septembre et février (petite saison des pluies et grande saison sèche), de faible à nulle de mai-juin à août, période correspondant à la grande saison des pluies, où la barre, importante, malmène filet et embarcation.

La mise à l'eau des sennes de plage, effectuée le plus souvent au début de la matinée, nécessite l'utilisation d'une pirogue, de type monoxyle, de taille supérieure à 8 mètres. Cette embarcation n'est jamais motorisée. L'opération de pêche mobilise souvent plus de 30 hommes. Une description complète de la manœuvre du filet est présentée par Briet (1964), qui a détaillé le travail d'une équipe de pêcheurs ghanéens de la région de Grand-Lahou.

En 1979, Boubéri *et al.* (1983) ont recensé 47 équipes déclarant utiliser une senne de rivage ; 65 % de ces unités de pêche étaient établies le long du littoral entre Grand-Lahou et Abidjan (figure 1) soit dans la région Alladian ; la nature des fonds de cette partie de la côte, essentiellement sableuse, explique cette répartition. En 1985, un recensement similaire effectué uniquement sur ce secteur côtier signale 39 unités (tableau I) ce qui représente une augmentation de l'effectif des sennes d'environ 25 % entre 1979 et 1985 dans ce secteur. En 1987, sur le littoral Alladian, on comptait 31 campements ayant chacun une équipe constituée et une senne en activité, tandis que 5 ou 6 autres campements disposaient d'une senne mais pas de la main-d'œuvre suffisante pour le halage et ne pêchaient donc qu'occasionnellement (Delaunay, 1988).

[1] Nous ne voulons pas revenir sur la notion de groupe ethnique. Les Fanti sont originaires du littoral central du Ghana, les Éwé du littoral oriental du Ghana ou de la côte togolaise (on regroupe sous ce terme les ensembles Kéta et Anlo ou Aoulan) et les Ga de la région d'Accra.

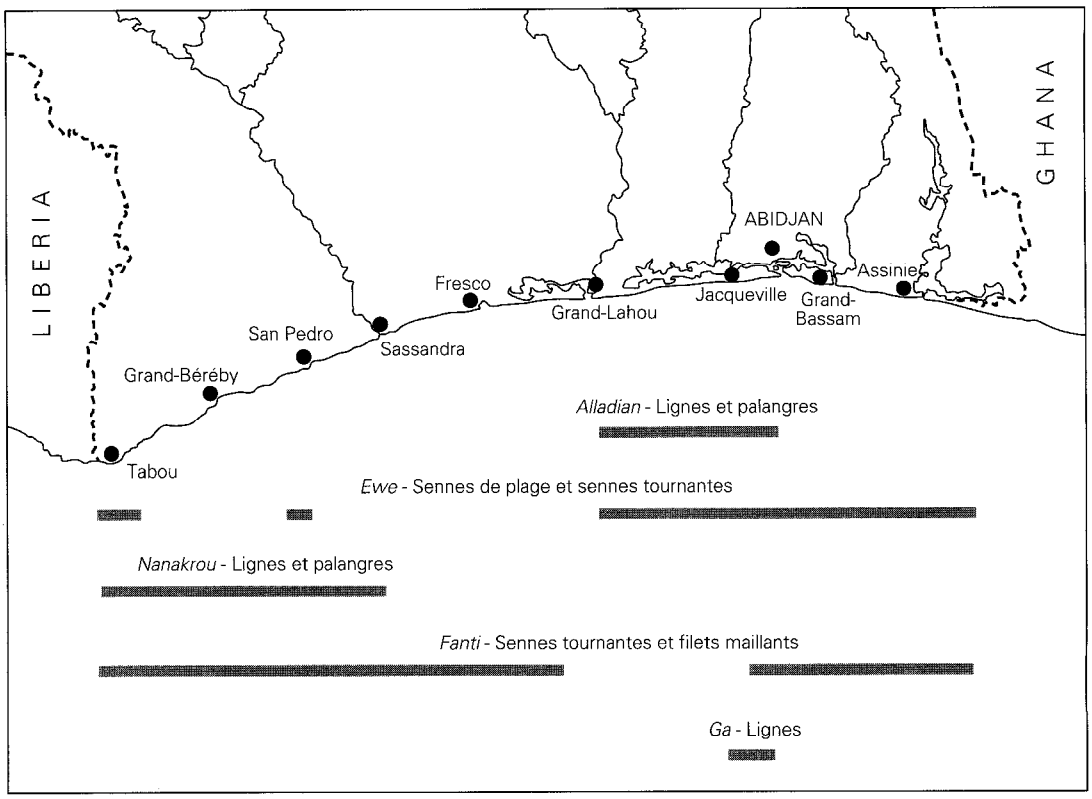


Figure 1
Façade maritime ivoirienne, répartition des pêcheurs et des engins de pêche.

FILETS TOURNANTS ET ENCERCLANTS

Les filets tournants et encerclants, observés sur le littoral de la Côte-d'Ivoire, sont d'origine ghanéenne. Sous ce terme global, se regroupent deux catégories d'engins de pêche, les filets maillants encerclants ou filets *adi* (ou *ali*) d'une part, les sennes tournantes et coulissantes d'autre part. Ces deux types d'engins de pêche ont une utilisation assez similaire : recherche de bancs de poissons pélagiques (sardinelles, ceintures, anchois, etc.) et encerclement du banc repéré. Le mode de capture des poissons, associé à certaines caractéristiques propres à chaque engin, diverge. Les filets maillants encerclants, comme leur nom l'indique, capturent principalement les poissons qui se maillent, les pêcheurs cherchant par différents moyens à effrayer les poissons qui, dans leur fuite, se prennent dans les mailles ; le filet est alors relevé. Adopté au Ghana dans la seconde moitié du XIX^{e} siècle et introduit en Côte-d'Ivoire au début du siècle, le filet encerclant à sardinelles n'est utilisé actuellement que par les pêcheurs fanti, mais il a tendance à être délaissé au profit de la senne tournante et coulissante et à être ainsi reconverti en filet dérivant d'appoint [1] La longueur de ce filet est comprise entre 300 et 400 m, la chute entre 15 à 30 m suivant les auteurs ; les mailles ont une dimension de nœud à nœud de 35 à 40 mm. Les équipes manœuvrant cet engin comprennent 10 à 20 hommes embarquant sur une pirogue motorisée de grande taille. *Sardinella maderensis*, la sardinelle plate ou hareng, est l'espèce cible de cet engin (FAGGIANELLI et FAGGIANELLI, 1984 ; FRÉON, 1988). Cela tient au comportement de cette espèce qui se disperse horizontalement lorsque elle est encerclée. Ce comportement du poisson est bien connu des pêcheurs qui utilisent le filet *adi* préférentiellement lors de la saison des sardinelles plates.

[1] Les Alladian ont tenté d'adopter ce filet entre 1950 et 1960, sans grand succès. Il peut arriver aussi que certains filets maillants droits soient occasionnellement utilisés en filets encerclants.

TABLEAU I

Recensements des unités de pêche à la senne (ST = senne tournante. SP = senne de plage)
Les données entre parenthèses en 1985 sont des reports de 1984
(1979, d'après BOUBÉRI *et al.* [1983] ; 1983 à 1987, données non publiées)

Secteurs		1979	1983	1984	1985	1986	1987
De la frontière du Liberia	ST	38	47	41	59	57	57
à San Pedro (compris)	SP	7	3	4	4	4	4
De San Pedro à	ST	13		43	51	63	66
Sassandra (compris)	SP	2		2	1	1	1
De Sassandra à	ST	20		19 —> (19)			
Grand-Lahou (compris)	SP	2					
De Grand-Lahou au	ST	2			6		6
canal de Vridi	SP	31			39		37
Campements en lagune Ébrié :	ST	88			190		
Vridi, Boulay, Abidjan	SP						
Du canal de Vridi	ST	46		21 —> (21)			
à Assinie	SP	5	6	5 —> (5)			
Total	ST	207			346		
	SP	47			49		

D'apparition plus récente, vers le début des années 1970 (DELAUNAY, 1988), les sennes tournantes et coulissantes ont un mode de capture très différent. Cet engin de pêche se présente comme un filet encerclant avec coulisse. Celle-ci passe à travers une série d'anneaux métalliques accrochés à la ralingue inférieure du filet par des pattes d'anneaux d'environ 1,5 m et permet de refermer le filet par le bas (le boursage) une fois le banc de poissons totalement encerclé (NÉDELEC, 1982 et figure 2). De longueur similaire à celle des filets précédents, ces sennes ont une chute souvent supérieure à 30 m. BOUBÉRI *et al.* (1983) décrivent 2 types de sennes tournantes suivant la dimension de la maille : d'une part de 12 mm de côté, le filet *seef*, d'autre part de 35 à 45 mm, le filet *essi* [1] ; ÉCOUTIN et DELAHAYE (1989) signalent des dimensions de maille de 15 mm pour des sennes utilisées par les pêcheurs d'origine Éwé et de 18 mm de côté pour celles manœuvrées par les Fanti. En outre, les sennes fanti sont davantage lestées, ce qui leur permet de couler plus vite. Les espèces cibles sont plus variées que pour le filet maillant encerclant (les deux espèces de sardinelles, l'anchois, les chinchards, etc.).

En 1979, BOUBÉRI *et al.* (1983) ont compté 207 sennes tournantes. En 1985, au cours d'un recensement effectué sur les engins basés au campement de Vridi près d'Abidjan (figure 1), ÉCOUTIN et DELAHAYE (1989) ont relevé la présence de 190 sennes tournantes. Le nombre d'équipes recensées à Vridi a augmenté de 760 % entre 1975 et 1985 et de plus de 200 % entre 1979 et 1985 (figure 3).

Pour des raisons déjà évoquées (manque d'informations), il est difficile d'extrapoler les données de 1979 à partir de la situation observée à Vridi. Cependant, des recensements partiels effectués entre 1983 et 1987 par le CRO d'Abidjan semblent confirmer cette évolution du potentiel (tableau I) :

— dans la zone occidentale du littoral ivoirien, de la frontière du Liberia jusqu'à San Pedro (secteur 1), l'effectif recensé entre 1979 et 1985-1987 augmente de 50 % ;

[1] Les dénominations utilisées par ces auteurs posent quelques problèmes, car ils présentent ces 2 filets comme sennes tournantes et coulissantes. Le filet *essi* est, d'après SURGY (1969), un filet maillant tournant à mailles effectivement de 35 à 45 mm, mais ANUM DOYI (1984) ne mentionne pas ce terme dans la liste des filets utilisés au Ghana. Le filet *seef* est un équivalent du filet *poli* décrit par cet auteur. Il s'agit bien d'une senne tournante et coulissante.

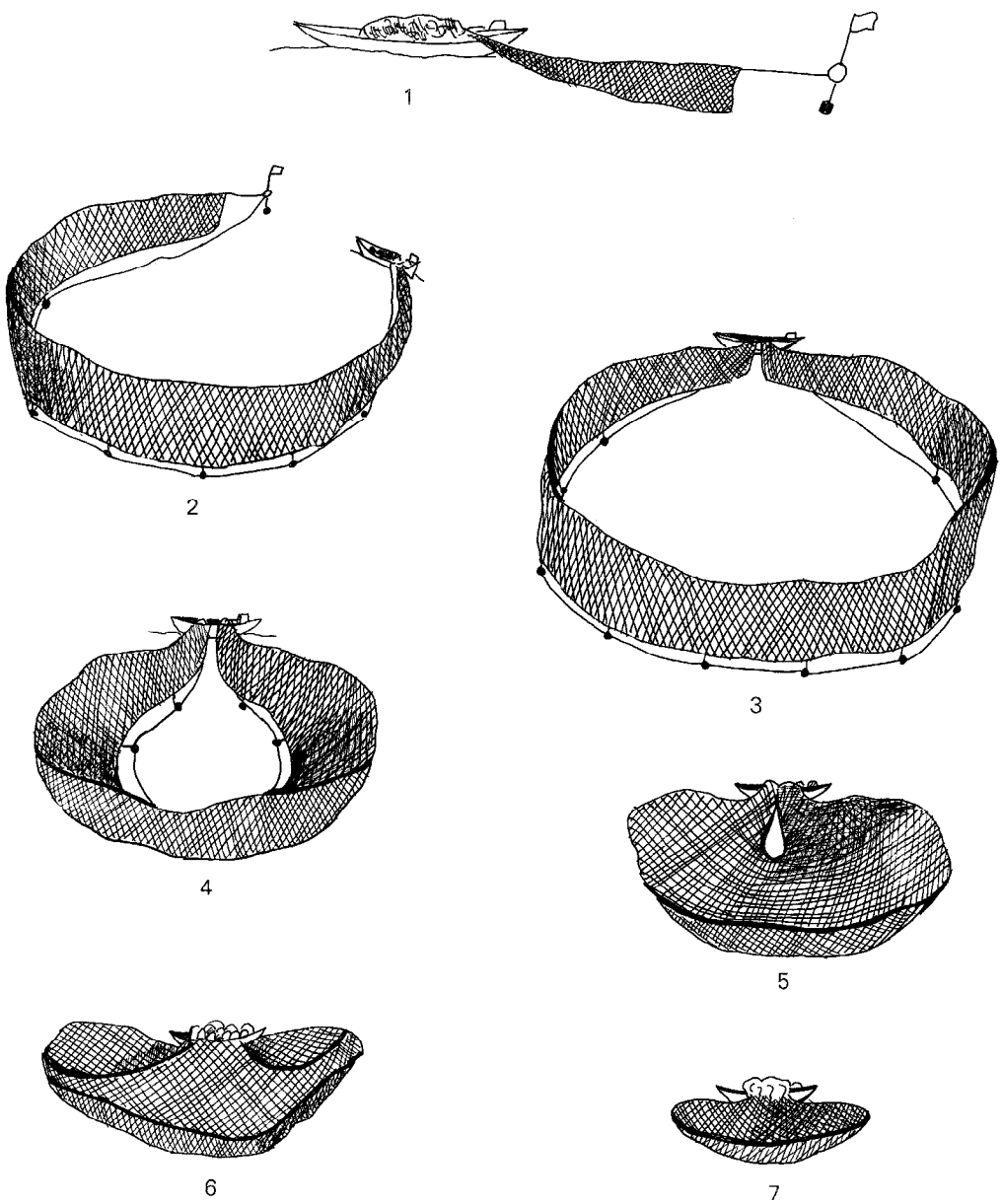


Figure 2
Représentation schématique de la mise en œuvre d'une senne tournante ghanéenne (d'après STEINBERG, 1969).

— le nombre de sennes tournantes dans le secteur compris entre San Pedro et Sassandra (figure 1) évolue de 13 à 66 unités entre 1979 et 1987.

L'augmentation de l'effort nominal total entre 1979 et la période 1984-1986 serait de l'ordre de 70 %, mais il est difficile actuellement d'indiquer l'origine de cette évolution : création de nouvelles équipes, déplacement migratoire interpays...

Cette évolution est comparable à celle observée au Ghana où, entre 1979 et 1981, le nombre de sennes tournantes a cru de 12 %, passant de 3 005 à 3 359 unités (FAO, 1982).

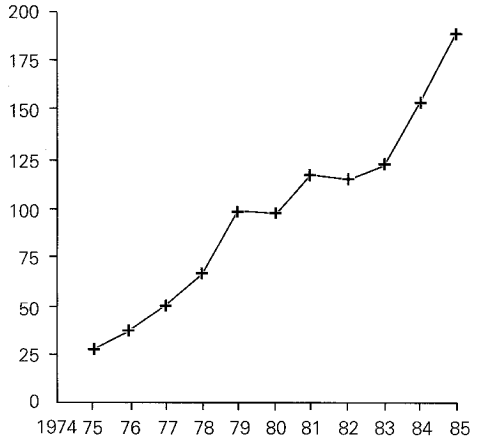


Figure 3
Évolution du nombre de sennes tournantes recensées au campement de Vridi.

Filets maillants

Les filets maillants employés le long du littoral ivoirien sont répertoriés suivant de très nombreuses appellations, en fonction à la fois de l'origine du pêcheur et de l'espèce cible (choix d'une dimension de maille et d'un montage spécifique du filet). Boubéri *et al.* (1983) en dénombrent 12 variétés ayant chacune des caractéristiques propres (dimensions, utilisations etc.). Principalement manœuvrés par les pêcheurs Fanti et Alladian, leur répartition suit soit celle des implantations des Fanti de Grand-Béréby à Fresco d'une part, d'Abidjan à Assinie d'autre part, soit le littoral alladian.

Lignes et palangres

La pêche utilisant les lignes et palangres, observées déjà par Gruvel (1913), se pratique à partir de petites pirogues quasiment toutes propulsées au moyen de voiles ou de pagaies et n'embarquant que de 2 à 5 pêcheurs. Depuis le début des années 1960, certains pêcheurs (principalement alladian et sénégalais) ont motorisé leur pirogue qui peuvent alors accueillir jusqu'à 7 pêcheurs ; les pêcheurs ga utilisent également des pirogues motorisées. Toutes les tailles d'hameçons sont utilisées et donc toutes sortes de poissons capturés.

Cette pêche demeure une activité principalement tournée vers l'autoconsommation ou vers une consommation très régionale sur à peu près tout le littoral. Une pêcherie de type professionnel ne s'est développée qu'autour des ports d'Abidjan et de San Pedro. Ce développement est lié à l'accès à un mode de conservation sous glace qui permet une commercialisation plus facile et plus importante (Doumbia, 1985).

Trois groupes de pêcheurs sont principalement utilisateurs de ces engins. Il s'agit :

— des pêcheurs ga : originaires de la région d'Accra (Ghana), ils se sont installés principalement dans la région d'Abidjan ;

— des pêcheurs alladian : Briet (1964) décrit plusieurs types de lignes et palangres alors utilisées au fond ou en surface par les habitants de la région de Jacqueville mais cette activité tend à être abandonnée ; Augé (1970) et Caverivière (1983) présentent plus précisément une technique très particulière de pêche tournée vers l'exploitation de requins profonds (*Centrophorus* sp.) ;

— des Nanakrou : pêcheurs libériens établis dans la région occidentale du littoral ivoirien ; un développement important de cette activité de pêche à la ligne s'observe au début des années 1980 grâce à la mise en place d'un projet d'aide à la pêche artisanale autour de San Pedro (Doumbia, 1985).

Estimation du nombre de pêcheurs et de pirogues

Postel (1950) estimait entre 5 000 et 6 000 le nombre de pêcheurs présents le long du littoral ivoirien pour environ 1 000 à 1 200 pirogues non motorisées [1]. Environ 20 % de ces pêcheurs étaient des Alladian, les autres étant essentiellement d'origine ghanéenne. En 1963, d'après Surgy (1969), on ne

retrouve qu'environ 2 800 à 2 900 pêcheurs, la pêche artisanale subissant à cette époque une crise importante. SURGY l'explique d'une part par la concurrence des pêches industrielles avec l'arrivée des chalutiers, d'autre part du fait du lent développement de la motorisation des pirogues. L'accès au crédit en Côte-d'Ivoire étant difficile pour les migrants qui représentent la majorité des pêcheurs (STEINBERG, 1969), la motorisation du parc de pirogues s'est réalisée à partir du Ghana. STEINBERG signale qu'en 1966 seulement 115 pirogues étaient équipées d'un moteur. À la même époque, au Ghana, plus de 3 000 moteurs de 10 et 18 ch étaient recensés (SURGY, 1969).

BOUBÉRI *et al.* (1983) chiffrent à près de 3 500 le nombre de pêcheurs en 1979, soit une valeur à peine plus forte qu'en 1963. Ce résultat paraît peu compatible avec l'essor actuel de la pêche artisanale. De fait, un calcul rapide effectué à partir des recensements de sennes de plage et de filets tournants d'une part, du nombre de pêcheurs nécessaire à la manœuvre de ces engins de pêche d'autre part, donne une estimation supérieure à 3 000-3 500 pêcheurs ; il faudrait y ajouter les pêcheurs employant des techniques individuelles (dont il est difficile d'évaluer le nombre) pour obtenir une nouvelle estimation du nombre total de pêcheurs artisans en mer. Si cette estimation globale est délicate, il convient de remarquer que les enquêtes font apparaître une évolution dans la part relative des pêcheurs migrants et des pêcheurs ivoiriens par rapport à l'époque décrite par SURGY, au profit des pêcheurs migrants, et notamment des pêcheurs fanti.

Captures par engin de pêche

Malgré un manque de données relatif à certaines activités de la pêche artisanale, nous nous efforcerons de définir la part de chacune des techniques de pêche décrites ci-dessus dans les captures totales. Nous utiliserons en particulier les résultats des statistiques de pêche artisanale maritime togolaise (FAGGIANELLI et FAGGIANELLI, 1984) et ghanéenne (BERNACSEK, 1986) pour les comparer à nos propres résultats d'une part, pour estimer l'ordre de grandeur de certaines données manquantes d'autre part.

SENNES DE PLAGE

Il n'existe pas d'estimation publiée des captures des sennes de plage de Côte-d'Ivoire, mais trois séries d'enquêtes partielles ont été menées depuis une dizaine d'années par le CRO d'Abidjan.

De 1978 à 1980, un certain nombre d'enquêtes ont porté sur l'activité de quelques sennes de plage pêchant à proximité d'Abidjan. Les débarquements enquêtés varient de quelques kilogrammes à une tonne de poissons. 72 % de ces débarquements sont inférieurs à 50 kg et les quelques sorties de pêche ayant permis une capture de plus de 300 kg ont eu lieu pendant les migrations d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) le long des côtes ivoiriennes. Cette espèce est très souvent accompagnée dans les débarquements par *Sardinella maderensis*, *Sardinella aurita* et *Caranx* spp. La taille des individus de ces différentes espèces ne dépasse pas 10 cm. Lors des enquêtes, 56 espèces ou groupes d'espèces ont été reconnus. La prise moyenne se situe autour de 60 à 62 kg par sortie.

En 1985, une étude portant sur les captures de juvéniles par les sennes de plage décrit 43 espèces d'adultes et 23 espèces ou groupes d'espèces de juvéniles (SABBAGH, 1985).

La même année, ALBARET (*comm. pers.*) a enquêté diverses unités de pêche entre les mois de mars et juin. La prise moyenne est estimée à environ 40 kg par sortie. Il dénombre 45 espèces de poissons avec une dominance nette de *Euthynnus alleteratus*, *Trichiurus lepturus* et les 2 espèces de *Sardinella*. Aucun anchois n'a été observé dans les captures, cela peut expliquer le faible rendement observé.

(1) Les embarcations maritimes que l'on peut observer le long des plages ou à proximité des débarcadères sont toujours liées aux activités de pêche. Il n'existe pour ainsi dire pas en mer de pirogues spécialisées dans le transport. Ceci n'est pas le cas sur les lagunes ivoiriennes où existent des pirogues pour la pêche et d'autres pour le transport des individus ou des marchandises.

Au Togo, la prise par unité d'effort (PUE) totale des sennes de plage enquêtées au cours de la saison 1983-1984 (FAGGIANELLI et FAGGIANELLI, 1984) est estimée à 200 kg par sortie pour des sennes de conception similaire. Cette PUE est soumise à de fortes variations mensuelles — de 56 à 372 kg — mais, d'après ces auteurs, aucun cycle saisonnier n'est apparent. Au Ghana, la PUE annuelle varie de 370 à 950 kg par sortie entre 1977 et 1982 (BERNACSEK, 1986).

Des enquêtes du CRO, il ressort que les unités de pêche effectuaient un maximum de 3 à 4 sorties par semaine, soit de 12 à 16 par mois, pendant la période de forte activité de septembre à décembre. La saison de pêche durant 8 mois, l'effort total représente pour les 50 à 60 sennes recensées en 1985 de 5 700 à 7 700 sorties pour l'année. Recalculé sur 12 mois, l'effort mensuel se situe entre 7,9 et 10,7 sorties par mois et par unité de pêche. Au Togo, où il n'a pas été observé de variations saisonnières de l'effort, ce paramètre est estimé à 9,2 sorties par équipe de pêche et par mois. Au Ghana, il varie de 5 à 7 sorties.

En Côte-d'Ivoire, compte tenu de ce qui précède d'une part, des observations de terrain de 1985 d'autre part (SABBAGH, 1985 et ALBARET, *comm. pers.*), une valeur moyenne de 6 à 7 sorties de pêche par unité et par mois paraît plausible. L'effort total des sennes de plage de Côte-d'Ivoire se situerait alors entre 4 300 et 5 000 sorties annuelles. La prise moyenne des sennes de plage de Côte-d'Ivoire estimée à environ 40-60 kg par sortie ne nous paraît guère plausible pour cette activité de pêche (nombre d'enquêtes faible, période d'enquêtes de courte durée...). En conséquence, pour estimer la production de cette technique de pêche, nous utiliserons la PUE relevée au Togo, 200 kg par sortie. Sur cette base, les captures totales des sennes ivoiriennes peuvent être estimées entre 800 et 1 000 tonnes par an.

SENNES TOURNANTES

Cette technique est certainement la mieux connue. Dans le cadre d'une étude portant sur les pêches en lagune Ébrié, qui a débuté en 1975, les sennes tournantes du campement de Vridi (figure 1) ont été enquêtées quotidiennement. Les unités de pêche déploient leur activité en mer ou en lagune suivant la saison (DURAND *et al.*, 1978). Le cycle saisonnier d'activité maritime, régulier d'une année sur l'autre, passe par un minimum en mars et avril - mois correspondant à la fin de la grande saison sèche - et par un maximum en octobre. À partir de 1982, les sennes n'évoluent plus que sur la façade maritime entre Grand-Bassam à l'est et Jacqueville à l'ouest.

L'effort de pêche par unité recensée oscille entre 110 et 150 sorties par an (tableau II), sorties effectuées aussi bien en lagune que sur le littoral. Cet effort moyen de pêche est à peine plus élevé qu'au

TABLEAU II

Statistiques de pêche des sennes tournantes basées à Vridi et travaillant sur le littoral marin : prise par unité d'effort

	1979		1980		1981	
	PUE	C	PUE	C	PUE	C
Sardinella maderensis	13	103	32	355	67	688
Sardinella aurita	115	954	95	918	159	1 595
Trichiurus lepturus	147	1 533	185	1 629	124	1 370
Engraulis encrasicolus	124	1 034	166	1 888	86	837
Brachydeuterus auritus	22	180	33	367	15	160
Chinchards	35	318	17	153	36	370
Autres espèces	61	501	102	1 090	131	1 380
Total	517	4 623	630	6 400	618	6 400
Effort total		8 778		9 848		10 473
Effort par unité		138		145		135

Ghana (95 sorties annuelles en 1977, 115 en 1981). D'après les données recueillies au Togo en 1983, l'effort par unité de pêche recensée dans ce pays est estimé à 96 sorties annuelles. L'effort total déployé sur le plateau continental ivoirien en 1979 est estimé à environ 26 000 sorties ; en 1984, cette estimation serait comprise entre 37 000 à 38 500 sorties annuelles pour 340 à 350 unités recensées.

La seule série connue de PUE est celle calculée à partir des enquêtes au campement de Vridi. Les résultats pour la période de 1979 à 1985 sont présentés au tableau II. Les PUE annuelles des sennes tournantes varient entre 550 et 1 500 kg par sortie de pêche en mer au cours de cette période. Au Ghana, la capture moyenne est comprise entre 180 et 300 kg par sortie de 1977 à 1982. Au Togo, la PUE annuelle, pour l'année 1983, est de l'ordre de 380 kg par sortie.

Les captures totales effectuées par l'ensemble des sennes tournantes de Côte-d'Ivoire sont estimées à 14 500 tonnes en 1979, environ 31 000 tonnes en 1984 et 58 000 tonnes en 1985. Ces dernières estimations peuvent être biaisées du fait de l'utilisation de la série de données provenant du campement de Vridi, campement bien situé par rapport à Abidjan, permettant une bonne commercialisation des produits de la pêche. Ces valeurs sont à considérer vraisemblablement comme des maximums de captures. En conservant les hypothèses de calcul uniquement pour les sennes tournantes recensées dans les secteurs orientaux de la façade maritime, soit 217 unités, et en attribuant aux 100-120 autres unités de l'ouest ivoirien une PUE proche de celle observée au Togo (380 kg par sortie), les captures des sennes tournantes seraient alors d'environ 24 000 tonnes en 1984 et 41 000 tonnes en 1985, valeurs de toutes les manières supérieures aux différentes estimations de prises totales des pêches artisanales maritimes.

Les principales espèces débarquées entre 1979 et 1985 au campement de Vridi sont les deux espèces de sardinelle *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*, les ceintures *Trichiurus lepturus*, les anchois *Engraulis encrasicolus*, la friture *Brachydeuterus auritus*, des thons, en particulier *Auxis thazard* et *Euthynnus alleteratus*, et des chinchards *Trachurus trecae* et *Decapterus punctatus*.

Autres engins de pêche

À l'inverse des techniques de pêche précédentes, filets maillants, lignes et palangres tombent en relative désuétude : rendement peu attractif, difficulté de commercialisation, conflits avec la pêche industrielle (Luginbühl, 1984). Cela est lié en partie à l'abandon de la pêche par les pêcheurs ivoiriens qui se détournent vers des activités agricoles ou urbaines. Ce phénomène de désaffection pour ces types de pêche est observable de la même manière dans les pays limitrophes (Bernacsek, 1986).

(kg/sortie), captures (tonnes), effort de pêche total (nombre de sorties) et effort de pêche par unité de pêche

1982		1983		1984		1985	
PUE	C	PUE	C	PUE	C	PUE	C
65	633	84	1 188	8	595	38	686
525	6 396	813	12 186	600	9 125	1 319	24 390
76	735	28	422	14	211	6	109
20	251	32	469	143	2 230	7	111
18	190	2	34	0	6	11	209
35	309	31	453	20	320	3	51
114	1 412	96	1 388	28	410	26	450
853	9 926	1 086	16 140	843	12 897	1 410	26 006
10 999		14 719		16 764		18 812	
147		136		118		121	

Il n'existe pas à notre connaissance de données d'effort ou de captures pour les différents types de filets maillants utilisés en mer. Il est difficile d'extrapoler les données obtenues au Ghana ou au Togo dans ce secteur d'activité. Deux pêcheries à la ligne ou à la palangre sont mieux connues.

CAVERIVIÈRE (1983) précise l'importance de la pêche aux requins profonds du genre *Centrophorus* devant Abidjan, liée à la présence du Trou-sans-Fond, canyon dans le plateau continental ivoirien. En 1978, cette activité de pêche permettait une capture totale de 150 à 200 tonnes pour une PUE de 50 à 80 kg par sortie. En 1957, LASSARAT (1958) évaluait entre 50 et 100 tonnes les captures de requins.

Dans la partie occidentale de la Côte-d'Ivoire, DOUMBIA (1985) a suivi la mise en place d'un projet de pêche à la ligne sur les zones rocheuses devant San Pedro. Les rendements enregistrés en 1983-1985 sont de l'ordre de 50 à 90 kg de poissons par homme embarqué et par sortie. L'ensemble des pêcheurs à la ligne du secteur San Pedro-Tabou produirait annuellement environ 500 à 600 tonnes de poissons.

Estimation des captures totales

LASSARAT (1958) estimait à 11 000 tonnes les prises de la pêche artisanale maritime pour 1957. BOUBÉRI *et al.* (1983) reprennent, pour 1979, l'estimation de 20 000 tonnes faite par la Direction des pêches maritimes et lagunaires ; à cette date, les captures des sennes de plage et des sennes tournantes représentent en fait de 15 000 à 16 000 tonnes. En 1984, sennes et lignes capturent de 26 000 à 31 000 tonnes de poissons ; le chiffre de 20 000 tonnes de prise peut donc raisonnablement être multiplié par 1,5, voire doublé dans l'état actuel de nos connaissances : 30 000 à 40 000 tonnes paraissent une estimation plus réaliste pour les années 1984-1985. Cette augmentation tient à la fois à un meilleur suivi des activités de pêche, en particulier des sennes tournantes, mais aussi à une augmentation réelle de l'effort déployé le long de la côte. Cette évolution est observée de la même manière au Ghana, seul pays de la région ayant publié une série de données sur la pêche artisanale (BERNACSEK, 1986). À partir de ces données, l'augmentation de l'effort de pêche des sennes tournantes et des sennes de plage entre 1977 et 1982 peut être évalué respectivement à 27 et 10 %.

Pour situer l'importance relative des pêches artisanales maritimes de Côte-d'Ivoire par rapport à celles des pays environnants, le rendement au kilomètre de côte ainsi que la production par pêcheur recensé ont été calculés (tableau III). Ce rendement en Côte-d'Ivoire apparaît relativement faible. En 1984, il représente le quart ou le cinquième des rendements observés au Ghana, au Togo ou au Sénégal (CRODT, 1984). En fait, ce paramètre ne décrit que la production par kilomètre de littoral due à la pêche artisanale, mais la part que représente ce secteur dans la production halieutique de chaque pays n'est pas similaire. Au Ghana, les captures débarquées par la pêche piroguière représentent 85 % de l'ensemble des prises réalisées sur le plateau continental, au Togo, plus de 90 %. En Côte-d'Ivoire, la pêche industrielle

TABLEAU III

Caractéristiques des pêches artisanales maritimes de quelques pays du golfe de Guinée (Bénin, d'après BERNACSEK et AZIABLE, 1986 ; Sierra Leone, d'après FAO, 1985 ; les autres pays sont référencés dans le texte)

Pays	Année	L	P	P/km	Ct	Ct/km	Ct/P
Côte-d'Ivoire	1979	700	3 560	5	> 16000	> 22,9	> 4,49
Côte-d'Ivoire	1984	700	5 000	7	> 31000	> 44,3	> 6,20
Bénin	1983	100	3 000	30	3 800	38,0	1,27
Togo	1983	100	5 250	52	13 200	132,0	2,54
Ghana	1982	500	81 500	163	140 890	282,8	1,73
Sierra Leone	1981	510	18 000	35	31 550	62,9	1,76
Sénégal	1983	700	27 000	39	149 000	212,9	5,52

L = longueur de côte ; P = nombre de pêcheurs ; Ct = captures totales en tonnes.

(sardiniers et chalutiers) contribue à environ 60 % de cette production. De plus, la production globale du plateau continental d'un pays est liée à la largeur de ce plateau : 21 km en moyenne au Ghana contre 8 km en Côte-d'Ivoire, pour les fonds compris entre 0 et 50 mètres.

À l'inverse, la production par pêcheur recensé apparaît très forte puisqu'elle serait du même ordre qu'au Sénégal, pays où la pêche maritime représente un des tout premiers secteurs économiques. Il est vraisemblable que le recensement des pêcheurs effectué en 1979 ou l'estimation de 1984 sont sous-évalués. La densité de pêcheurs par kilomètre de côte semble confirmer cette remarque. Cette densité en Côte-d'Ivoire est de loin la plus faible, quatre à cinq fois moins qu'au Bénin où l'activité de pêche artisanale n'est pas réellement développée. Il ne faut pas oublier les difficultés que représentent de tels recensements : variabilité saisonnière de l'activité de pêche (au Togo, en 1983, 5 250 pêcheurs sont recensés en haute saison — le 2e semestre de l'année — contre seulement 3 000 en basse saison — le 1er semestre), définition souvent peu explicitée de la notion de pêcheurs artisans (professionnel permanent, professionnel saisonnier, manœuvre...) [1]. En considérant une erreur sur ce recensement d'un facteur de 2 à 4, la production par pêcheur serait inférieure alors à 2 tonnes par an, valeur plus plausible au regard des résultats du tableau III. Hormis pour le Sénégal — 13e producteur mondial de produits marins par habitant — les rendements observés par pêcheur sont de même ordre de grandeur (ou légèrement plus faibles) que les valeurs observées par KAPETSKI (1984) pour les pêcheries artisanales lagunaires : médiane à 2,2 tonnes pour 42 lagunes côtières.

[1] Un rapport FAO (BONZON et HOREMANS, 1988) évalue le nombre de pêcheurs artisans marins à 13 000 personnes.

RÉFÉRENCES

ANUM DOYI (B.), 1984.— Catalogue of small-scale fishing gear of Ghana. *CECAF/ECAF* ser/84/31, 71 p.

AUGÉ (M.), 1970.— Les pêcheurs de requins à Port-Bouët (Côte-d'Ivoire). *Cah. Études Africaines*, 39 (10-3) : 407-421.

BERNACSEK (G.), 1986.— Profile of the marine ressources of Ghana. *CECAF/TECH./86/71*, 105 p.

BERNACSEK (G.) et AZIABLE (A.), 1986.— Profil des ressources halieutiques du Bénin. *COPACE/TECH./86/72*, 64 p.

BONZON (A.) et HOREMANS (B.), 1988.— Socio-économic data base on african fisheries. *FAO Fish. Circ.*, 810, 109 p.

BOUBÉRI (D.), HIÉ DARÉ (J.P.), KONAN (J.), 1983.— La pêche artisanale maritime en Côte-d'Ivoire : Potentiel de pêche. *Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (1) : 11-29.

BRIET (R.), 1964.— La pêche à Grand-Lahou. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 72 p.

CAVERIVIÈRE (A.), 1983.— Note sur la pêche artisanale des requins profonds du genre *Centrophorus* en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 14(1) : 69-77.

CRODT, 1984.— Statistiques de la pêche maritime sénégalaise en 1983. *Arch. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 132, 91 p.

DELAUNAY (K.), 1988.— L'expansion des pêcheurs ghanéens sur les côtes ouest africaines : le cas de la Côte-d'Ivoire (premier bilan de recherches). Rapp. ORSTOM, 60 p.

DOUMBIA (M.), 1985.— Rapport d'activité : bilan partiel et propositions de prolongation. Rapp. Direction Pêches Abidjan, 52 p.

DURAND (J.R.), AMON KOTHIAS (J.B.), ÉCOUTIN (J.M.), GERLOTTO (F.), HIÉ DARÉ (J.P.), LAE (R.), 1978.— Statistiques de pêche en lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire) : 1976 et 1977. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (2) : 67-114.

ÉCOUTIN (J.M.) et DELAHAYE (M.), 1989.— Les sennes tournantes de Vridi. (lagune Ébrié). Caractéristiques générales du métier. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan* 17 : 59-77.

ÉCOUTIN (J.M.), DURAND (J.R.), LAE (R.), HIÉ DARÉ (J.P.), à paraître.— L'exploitation des stocks en lagune Ebrié. *In :* Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. II- Les milieux saumâtres, l'exemple de la lagune Ébrié. Paris, ORSTOM.

FAGGIANELLI (D.J.) et FAGGIANELLI (E.), 1984.— La pêche maritime artisanale au Togo : caractéristiques générales et résultats statistiques pour la saison 1983-84. Doc. Centre ORSTOM Lomé, 83 p.

FAO, 1982.— Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur la sardinelle des côtes de Côte-d'Ivoire/Ghana/Togo. *FAO/COPACE/TECH/82/40*, 75 p.

FAO, 1985.— Report of the second ad hoc working group on pelagic stocks of the Sherbro statistical division (34.3.3). Freetown, 26-30 March 1985. *FAO/CECAF/TECH/85/65*, 85 p.

FRÉON (P.), 1988.— Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 287 p.

GERLOTTO (F.) et STÉQUERT (B.), 1978.— La pêche maritime artisanale en Afrique de l'Ouest. Caractéristiques générales. *La Pêche Maritime*, 1202 : 1-8.

GRUVEL (A.), 1913.— L'industrie des pêches sur la côte occidentale d'Afrique (du cap Blanc au cap de Bonne Espérance). Paris, Larose éd. 193 p.

KAPETSKY (J.M.), 1984.— La pêche dans les lagunes côtières du monde entier : rendements et autres caractéristiques *In :* Kapetsky (J.M.) et Lasserre (G.) éd., Aménagement des pêches dans les lagunes côtières. *Étud. Rev. CGPM*, 61 (1) : 97-140.

LAGOIN (Y.) et SALMON (G.), 1967.— Étude technique et économique comparée de la distribution du poisson de mer dans les pays de l'ouest africain : Côte-d'Ivoire. Rapp. SCET Coopération, Paris, 99 p.

LASSARAT (A.), 1958.— La pêche en Côte-d'Ivoire. *Rev. Trav. ISTPM*, 22 (1) : 31-64.

LUGINBÜHL (N.), 1984.— Les conflits entre pêche artisanale et pêche industrielle en Côte-d'Ivoire. Rapp. FAO, 35 p.

NÉDELEC (C.), 1982.— Définition et classification des catégories d'engins de pêche. *FAO, Doc. Tech. Pêch.*, 222, 51 p.

POSTEL (M.), 1950.— La pêche en Côte-d'Ivoire. Congrès des pêches et des pêcheries dans l'Union française d'outre-mer. Institut colonial de Marseille, 11-13 octobre 1950 : 160-169.

SABBAGH (P.), 1985.— Étude des juvéniles capturés par les sennes de plage du littoral ivoirien. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 20 p.

STEINBERG (R.), 1969.— Die Fisherei an der Elfenbeinküste. *Protokolle zur Fishereitechn.*, 53 (11) : 390-445.

SURGY (A.N. DE), 1965.— Les pêcheurs de Côte-d'Ivoire. Tome 1- Les pêcheurs maritimes, 3 fascicules, 224 p. Tome 2- Les pêcheurs lagunaires, 1 fascicule, 143 p. CNRS-CNDCHFAN.

SURGY (A.N. DE), 1969.— La pêche traditionnelle (maritime) à l'ancienne Côte de Guinée. Tome 1- Origine et développement, 151 p. Tome 2- Situation et fonctionnement des unités de pêche, 300 p. Doc. Centre Étude Rech., Kara.

L'ÉCONOMIE DES PÊCHES MARITIMES IVOIRIENNES

Hélène REY

Les divers chapitres composant cet ouvrage résultent le plus souvent de programmes de recherche menés personnellement par leurs auteurs. Le texte qui suit a une origine tout à fait différente dans la mesure où il est le fruit d'un travail réalisé exclusivement à partir de la bibliographie disponible. Il se propose d'offrir un diagnostic synthétique des recherches socio-économiques relatives aux pêches maritimes ivoiriennes suivant les axes d'une problématique économique sectorielle.

Les limites inhérentes à toute approche documentaire sont, ici, accentuées par le caractère fragmentaire, voire l'inexistence des études socio-économiques jusqu'en 1982 (WEIGEL, à paraître). En effet, par rapport à d'autres domaines, on note une moindre abondance de telles investigations, à l'exception des aspects commerciaux qui ont été précisément étudiés (WEIGEL, 1989). De plus, la réduction du champ de l'étude à l'activité maritime pose le problème de la disponiblité d'informations avec plus d'acuité. En effet, la pêche industrielle ivoirienne n'a fait l'objet d'aucun programme de recherche socio-économique et elle ne peut être appréhendée qu'à partir d'expertises ou de travaux ponctuels relatifs à la pêche thonière (BRULHET, 1984 et 1986 ; COMOE, 1984 ; DIABY, 1986) et sardinière (CHABOUD et DÈME, 1991). De la même façon, au niveau artisanal, le degré de connaissance de la pêche lagunaire contraste aussi avec celui de la pêche maritime qui reste encore largement méconnue, notamment dans sa partie centrale et occidentale [1]. Comparativement enfin aux études économiques menées dans d'autres pays, comme le Sénégal (AUBERTIN, 1984 ; CHABOUD et KÉBÉ, 1986 ; CHARNEAU, 1988...) ou la Mauritanie (CHABOUD *et al.* 1988 ; CEAMP [2] et SEDES [3], 1987...), l'insuffisance des données socio-économiques et l'absence d'enquête sectorielle cadre apparaissent d'autant plus criantes en Côte-d'Ivoire.

[1] On note en effet une concentration des études dans la partie orientale notamment dans le secteur d'Abidjan. Des programmes en cours (par exemple, le Programme de développement intégré des pêches artisanales en Afrique de l'Ouest [DIPA]) permettront prochainement de disposer d'une meilleure connaissance socio-économique de la pêche artisanale maritime, notamment dans la zone de Sassandra et San Pedro.

[2] CEAMP : Cellule économique d'appui au ministère des Pêches et de L'Économie maritime de Mauritanie.

[3] SEDES : Société d'étude et de développement économique et social, Paris.

Méthodologie

Rappelons que l'activité de pêche doit être abordée selon une logique systémique nécessitant une interdisciplinarité et allant à l'encontre du découpage des domaines maritime et lagunaire pourtant rendu nécessaire ici. En élargissant le champ disciplinaire de l'investigation documentaire, on tentera d'aller au-delà du constat de défaut d'études économiques.

Cependant, la nature de l'information ainsi reconstituée n'est pas toujours suffisante ou compatible avec les besoins d'une approche socio-économique. Ainsi que le remarquent CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE (1991), il s'agit plus souvent d'expertises que de programmes de recherche. Par ailleurs, toute tentative de synthèse est rendue difficile par le caractère limité des études qui sont le plus souvent circonscrites à un type de pêche, une zone géographique ou une ethnie... Ainsi, plutôt qu'un panorama recoupant imparfaitement les analyses des autres disciplines ou une analyse par pêcheries (inadaptée à rendre compte des interdépendances), on a opté pour une approche privilégiant les principaux points clés tant micro- que macro-économiques. Ceux-ci, toutefois, doivent être envisagés comme des contributions partielles par rapport à une problématique globale plus pertinente à rendre compte du fonctionnement et de la dynamique du secteur. Ainsi, la figure 1 qui recense, en les articulant, les niveaux de questionnement socio-économique, permet de situer la présentation qui est faite de la pêche maritime ivoirienne par rapport à l'ensemble des éléments qu'il serait opportun d'aborder si l'information le permettait. Afin d'éviter toute redondance avec la présentation faite par WEIGEL (à paraître) des circuits et des stratégies de commercialisation dans le cadre lagunaire, cette approche sera centrée sur le secteur productif. Ainsi, la production de la branche pêche concernera-t-elle le produit non encore transformé lors de sa première mise en marché. À l'exception des poissons congelés à bord de certaines unités industrielles, le poisson fumé, séché ou congelé sera considéré comme la production des branches de transformation au niveau de la filière pêche.

Il convient enfin d'apporter des précisions quant à la période de référence. Bien que la présence du premier chalutier à vapeur soit observée dès 1923 (CAVERIVIÈRE, 1982) les publications s'accordent à lier la naissance de la pêche industrielle à la création du port d'Abidjan et à l'ouverture du canal de Vridi en 1950. Cependant, la disponibilité de données régulières ne date que des années soixante tandis que, concernant la pêche artisanale, la principale référence historique date de 1963 et 1964 (DE SURGY, 1965). Ce travail tentera donc de mettre en évidence des éléments de dynamique, mais en l'absence de suivi, on ne présentera pas un historique précis de l'évolution de l'activité.

Définition et recensement des unités de pêche

Concept d'unité de pêche

Le champ de l'étude — la pêche maritime ivoirienne — peut être délimité en fonction du critère de nationalité (unités ivoiriennes ou étrangères) ou de territorialité (unités résidentes ou non résidentes). C'est généralement le critère de la territorialité qui prime sur celui de la nationalité : ainsi le PIB, agrégat normalisé au plan international, est-il défini par rapport au critère de résidence (somme des valeurs ajoutées des agents résidents). Si l'on retient ce critère, il y a équivalence entre flotte résidente et flotte basée (CHARNEAU, 1988). Le champ de l'étude défini, il s'agit de délimiter l'unité d'observation [1]. Liée à la problématique de l'étude (LALOË et WEBER, 1986), elle doit, pour les économistes, permettre de rendre compte des *facteurs* de production, du mode de production (organisation des facteurs) et du mode de reproduction des unités. L'imbrication entre unités de production et de consommation complexifie, pour la pêche artisanale, le choix de l'unité d'observation (REY, 1989). La dissociation des activités de production et de trans-

[1] DIAW (1986) propose de définir l'unité de pêche à partir de cinq concepts : le produit, le centre de décision, la force de travail, l'outil de production et la nature des rapports de production et d'échange.

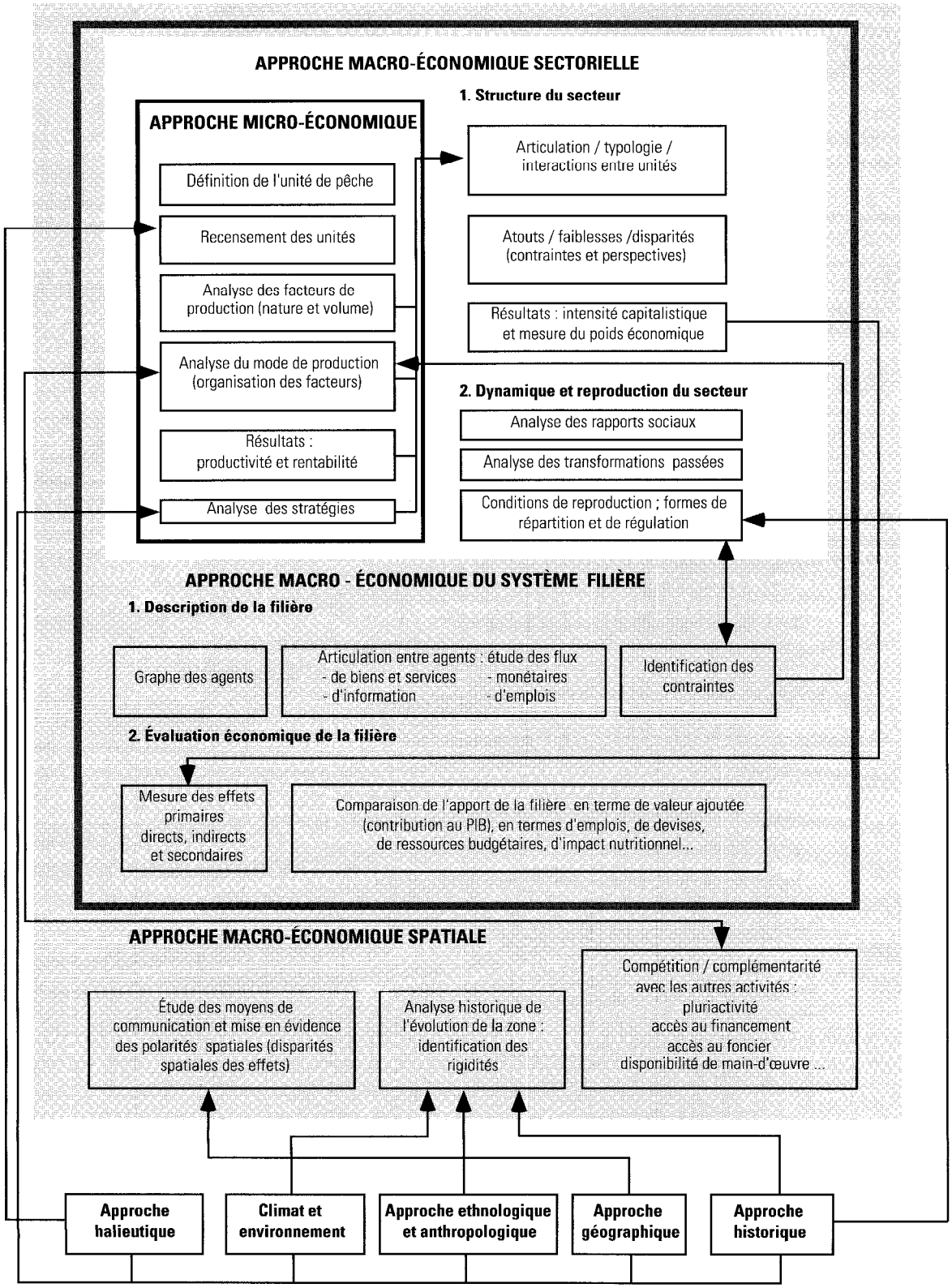


Figure 1
Articulation des différents niveaux d'approche économique d'un secteur d'activité.

formation n'est pas toujours aisée. Au niveau de la pêche artisanale, des liens informels permettent fréquemment aux mareyeurs de s'assurer une régularité d'approvisonnement en contrepartie d'avances financières (CHABOUD et KÉBÉ, 1989) tandis que les pêches industrielles font souvent intervenir des unités intégrées (firmes commerciales disposant d'un armement (COUTY, 1973) ou armements chalutiers possédant des poissonneries [CAVERIVIÈRE, 1982]). La classification des unités pose aussi des problèmes, notamment celui de la distinction des unités de pêche industrielle et artisanale (CHAUVEAU, 1989). Le type d'engin utilisé ne permet pas toujours une partition effective. CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE (1991) cite l'exemple d'une flottille ghanéenne de 250 unités de 10 à 30 mètres utilisant alternativement le chalut et la senne tournante. La comparaison s'effectue souvent en terme d'échelle de production et de taille de l'outil de production (CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE, 1991) alors que des critères tels que le niveau d'intensité capitalistique, la proportion d'intrants importés (WEBER et FONTANA, 1983), les objectifs poursuivis (reproduction ou accumulation) ou les modes de répartition conduisent à des typologies économiques plus pertinentes.

RECENSEMENT DES UNITÉS DE PÊCHE EN CÔTE-D'IVOIRE

Les études menées en Côte-d'Ivoire ont été réalisées selon un découpage traditionnel en fonction du niveau des facteurs de production. Fréquemment, les dénombrements s'effectuent sur la base des embarcations. Ce procédé peut conduire à une sous- ou une surestimation de la population pour la pêche artisanale car la taille des équipages par pirogue n'est ni stable ni homogène. Du point de vue des stratégies, l'assimilation de l'unité de production à la pirogue (COLLARD, 1986) ne peut être proposée qu'en première approche. En effet, GUINGUENO (1986) fait état d'un propriétaire possédant 12 pirogues et 50 fours tandis que WEBER et DURAND (1986), au Sénégal, témoignent d'une existence propre de l'unité de pêche eu égard à l'instabilité des équipages et des associations. De même, les armements de pêche industrielle ayant souvent plusieurs navires, cette procédure ne permet en aucune façon d'appréhender les unités économiques. Il est par ailleurs tout aussi réducteur d'assimiler les notions de propriétaire et d'unité de pêche car, ainsi que l'a montré DELAUNAY (1988b), il existe de nombreux types d'organisation selon les ethnies et les techniques de pêche.

Pêche artisanale

La pêche maritime sur le littoral ivoirien est traditionnellement le fait des pêcheurs ghanéens (BERRON, 1980). DELAUNAY (1988b) distingue trois phases : du début du siècle à 1950, l'expansion des pêcheurs ghanéens se limite aux principaux ports et postes de colonisation, puis on observe la constitution de deux pôles (canal de Vridi et Sassandra) dans les années 1950-1960, enfin apparaît une multiplication des campements sur l'ensemble du littoral ivoirien à partir de 1970. L'accentuation de la proportion des pêcheurs étrangers, 80 % selon DE SURGY (1965), 95 % selon DOMINGO (1980), 98 % selon HIÉ DARÉ (1986), doit être mise en relation avec la désaffection des Ivoiriens au profit de l'agriculture pour les Alladian et de la navigation pour les Krou (DELAUNAY, 1988b). Ceux qui continuent une activité de pêche le font souvent à titre de complément pour l'autoconsommation (ÉCOUTIN *et al.*, dans cet ouvrage) tandis que pour quelques-uns le lien est seulement de nature financière (certains Ivoiriens sont propriétaires de grands filets confiés à des équipes de Ghanéens). D'une façon générale, le mode d'organisation des unités alladian peut être opposé à celui des unités ghanéennes. Toutefois, pour rendre compte de la pluralité des situations, il convient d'appréhender les unités non seulement en fonction des ethnies (éwé et fanti notamment) mais aussi en tenant compte des types de pêche pratiqués. Des éléments de dynamique, principalement les logiques des migrations, expliquent certains aspects du fonctionnement des unités. Les équipes éwé obéissant à un souci de préservation du capital ont des formes de transmission qui permettent aux unités de perdurer. Au contraire, les unités poursuivent plutôt des objectifs de maximisation des revenus à court terme. On peut donc opposer les stratégies à long terme des pêcheurs éwé, liées aux relations de prestige entre propriétaires, à celles des unités fanti privilégiant la rentabilité et le profit à court terme qui relèvent plutôt d'une logique capitaliste (DELAUNAY, 1990).

Outre ces problèmes de définition, la dispersion géographique des unités artisanales rend leur dénombrement difficile. Successivement, le nombre de pêcheurs recensés est de : 5 000 à 6 000 en 1947 (POSTEL, 1950), 2 650 en 1965 (DE SURGY, 1965), 3 500 en 1979 (BOUBÉRI *et al.*, 1983) et 3 100 en 1980 (DOMINGO, 1980). Le recensement le plus récent fait état de 3 177 pêcheurs pour 366 pirogues (HIÉ DARÉ, 1986). Le rapprochement de ces estimations ne permet pas de définir une tendance, car hormis l'évaluation faite par DE SURGY (1965), il s'agit de dénombrements effectués à partir d'échantillons souvent non représentatifs. Les analyses récentes de l'effort de pêche (ÉCOUTIN *et al.*, dans cet ouvrage) montrent par ailleurs qu'ils sous-estiment largement le niveau réel de la population. Concernant l'évolution, BERRON (1980) distingue cependant deux périodes. Il considère qu'il y a une régression entre 1950 et 1970. Il relie celle-ci au développement de la pêche industrielle mais elle peut sûrement être aussi en partie imputée au départ des Ghanéens éwé lors de l'indépendance de la Côte-d'Ivoire (MARCHAL, *comm. pers.*). À partir de 1970, le développement démographique de la ville d'Abidjan s'accompagne de l'installation de pêcheurs éwé autour de Vridi tandis que plus récemment, depuis 1983, on observe un nouvel essor lié à l'apparition d'un important stock de sardinelles (ÉCOUTIN *et al.*, dans cet ouvrage). Malgré un transfert vers Sassandra et San Pedro lié à la concurrence de la pêche industrielle (BERRON, 1979) et à l'ouverture du port de San Pedro, la population des pêcheurs maritimes reste fortement concentrée autour du port d'Abidjan et dans le secteur de Vridi-Bassam (CORMIER, 1983).

Pêche industrielle

Le premier chalutier (armement Foulon) apparaît en 1949 (FONTENEAU, 1970). Dans une première phase, on observe une croissance rapide avec un effectif qui passe de 12 en 1954 à 40 en 1959 (KONAN, 1986). Toutefois, parallèlement à ce développement de l'effort, on observe dès 1956 les premiers signes de surexploitation avec une chute des apports des chalutiers de 7 t/jour en 1955 à 2,5 t/jour en 1960 (FONTENEAU, 1970). La pêche au filet tournant se dévoloppe aussi dès 1955 tandis que le nombre maximal de sardiniers est de 35 en 1964 (KONAN et BARD, 1986). Un mauvais recrutement et une situation de surpêche conduiront à un effondrement des stocks de sardines en 1973 (KONAN et BARD, 1986).

Au début des années soixante-dix, la pêche industrielle s'élargira avec la constitution des pêcheries thonière et crevettière. Le développement des capacités de conservation permet en 1969 la mise en place de la première unité crevettière. Seuls les stocks proches du littoral étaient jusqu'alors exploités de façon accessoire par quelques chalutiers. Une flottille de crevettiers se constitue dès lors très rapidement (leur nombre passe de 3 à 23 en 1970) conduisant les autorités administatives à instituer dès 1970 un système de licence (GARCIA, 1978).

L'apparition du premier thonier ivoirien remonte à 1970 (BAUDIN-LAURENCIN et REBERT, 1970). Toutefois, l'effondrement des prises et des rendements en gros albacores fin 1983 s'est traduit par le départ d'une fraction importante des senneurs vers l'océan Indien et par la disparition de la flotte thonière ivoirienne en 1986 (FONTENEAU et PALLARES, 1989).

Malgré des publications souvent divergentes, le tableau I tente de retracer l'évolution des effectifs de navires par pêcheries. L'*Annuaire des Armements* (1988) permet un classement selon le nombre de bateaux (tableau II). Au total les 41 unités dénombrées [1] sont la propriété de 18 armements. Cette distribution témoigne d'une faible concentration puisque deux tiers des armements possèdent 1 ou 2 unités.

L'absence de données régulières sur la structure des armements et le nombre de bateaux possédés par chacun ne permet pas d'avoir une vision précise ni des unités économiques, ni de leur intensité capitalistique et donc des éventuels phénomènes de concentration. Par ailleurs, seule une analyse effectuée en termes d'unités économiques et non de navires peut permettre de comprendre le fonctionnement, les contraintes des unités et donc la dynamique de la pêcherie industrielle. Ainsi, les associations, et notamment les prises de participations étrangères pour la pêche thonière, doivent être systématiquement appréhendées et faire l'objet d'un suivi.

[1] La présence de 8 thoniers sur les 41 unités laisse penser que ce recensement date de 1983.

TABLEAU I
Évolution des différentes unités de pêche industrielle

	1969	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Chalutiers	29	21	14	15	13	11	9	10	9	12	14	11	10	12	16	17	16	17	16	15
Sardiniers	39	36	33	31	36	27	22	20	21	21	20	22	19	17	17	16	16	17	?	?
Crevettiers	10	23	18	14	15	9	10	6	6	6	6	6	0	0	2	3	4	5	4	7
Thoniers	0	2	2	2	3	4	6	6	6	8	7	8	8	8	8	6	3	0	0	0

TABLEAU II
Répartition des armements ivoiriens selon le nombre de navires

Nombre de navires	Nombre d'armements	% du total	% cumulé
1	6	33 %	33 %
2	6	33 %	66 %
3	4	22 %	88 %
4	1	6 %	94 %
7	1	6 %	100 %

Recherche de typologies fonctionnelles

PÊCHE ARTISANALE

Les classifications, généralement effectuées en fonction des caractéristiques techniques de l'outil de production et des types de pêche pratiqués ne permettent pas de rendre compte du fonctionnement du secteur. Les informations disponibles permettent souvent de caractériser la nature du matériel de pêche (tableau III) mais pas toujours son volume et rarement la valeur du capital investi. En dehors des investigations approfondies faites par DE SURGY (1965), les études n'offrent que ponctuellement des reconstitutions indicatives des coûts observés au moment des enquêtes (LECAILLON, 1976 ; GUINGUENO, 1986). Par ailleurs, on constate que la plupart des informations concernent les unités de pêche à la senne tournante de Vridi tandis que, comparativement, on se heurte à l'absence de données pour les sennes de plage et les filets dormants.

Il convient d'établir d'autres typologies basées sur des critères économiques, tels que l'intensité capitalistique, le degré d'activité, le degré d'intégration et les formes de propriété du capital. Ce type d'information nécessite une analyse précise de l'organisation des unités, des phénomènes de migrations, de la pluriactivité et des facteurs techniques et socio-culturels explicatifs du niveau d'activité. Ainsi, tandis que GUINGUENO (1986) note l'impact des mariages et des décès sur l'activité de pêche, ÉCOUTIN (1992) recense précisément les facteurs explicatifs de la non-activité des sennes tournantes de Vridi. Il oppose deux grandes catégories selon que l'arrêt est de courte durée (problèmes d'approvisionnement en carburant, d'entretien des filets, d'événements liés à la vie des villages) ou de plus longue durée lorsque les pannes concernent la pirogue ou le moteur ou lorsqu'il s'agit de problèmes humains au sein de l'équi-page. Des distinctions selon le caractère permanent ou saisonnier, migrant ou résident, peuvent offrir une meilleure connaissance des modes de fonctionnement des unités et permettre un diagnostic différencié tenant compte des interrelations et du poids économique des différentes catégories d'unités. Outre leur influence sur le fonctionnement des unités, les migrations ont un impact sur la diffusion de la technologie, le savoir-faire, les conflits et le développement des villages et microzones concernés (CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE, 1991). Ainsi à Sassandra, les pêcheurs sénégalais ont joué un rôle important dans le mouvement de modernisation des pirogues ghanéennes opérant en Côte-

TABLEAU III

Caractéristiques techniques des unités de pêche artisanales selon les types de pêche

	SENNES DE PLAGE	SENNES TOURNANTES	FILETS TOURNANTS ET ENCERCLANTS	LIGNES ET PALANGRES	FILETS MAILLANTS DORMANTS
Date d' introduction	Citées par GRUVEL (1913) dès 1909	À partir de 1970	Début du siècle	Citées par GRUVEL (1913)	
Population concernée	Ghanéens (Ewé)	Ghanéens (Fanti, Ewé)	Ghanéens (Fanti)	Ga, Alladian, Nanakrou	Ghanéens (Fanti) Alladian
Nombre d'unités	1979 : 47 équipes 1985 : 39 équipes 1987 : 31 équipes	1979 : 207 équipes 1984 : 350 équipes		Principalement autoconsommation En développement sur San Pedro	
Répartition spatiale	65 % entre Grand-Lahou et Abidjan	Ensemble du littoral		Ensemble du littoral	
Type de pirogue	> 8 m Non motorisée	De grande taille Motorisée	De grande taille Motorisée	De petite taille Souvent non motorisée	De petite ou moyenne taille - non motorisée
Engins utilisés	Maille de 10 à 14 mm Utilisation saisonnière surtout de septembre à février	Maille de 12 à 45 mm Longueur de 300 à 400 m Chute > 30 m	Maille de 35 à 40 mm Longueur de 300 à 400 m Chute de 15 à 30 m		
Équipage	30	de 15 à 20	de 10 à 20	de 2 à 5 (7 si moteur)	de 3 à 5

Source : ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage) et DELAUNAY (1988b).

d'Ivoire (DELAUNAY, 1988b). DOUMENGE (1962) met en évidence l'importance des migrations des pêcheurs ghanéens en les comparant au rôle des pêcheurs génois dans le développement de la pêche en Méditerranée au XVIe siècle.

L'étude des modes de répartition et plus généralement l'apport des approches historiques ou anthropologiques permettent de comprendre les mécanismes d'évolution et d'introduire des classifications qui rendent compte de la dynamique du secteur. Ainsi DELAUNAY (1988b) relève, entre 1960 et 1970, des tentatives d'adoption d'engins collectifs. Leur échec s'explique par le fait que les jeunes pêcheurs alladian n'ont pas accepté les modes de répartition qui en découlaient.

CORMIER (1983) propose une typologie basée sur le degré d'activité et les types de pêche individuels ou collectifs (tableau IV).

Une telle classification paraît intéressante d'un point de vue économique, car il est probable que les stratégies développées par les pêcheurs sont en partie liées au degré d'activité. Il paraît opportun cependant de préciser les facteurs déterminants de la pluriactivité et les critères de distinction entre activité principale et complémentaire (temps de travail ou revenu). Selon ce dernier critère, dans des sociétés où il existe une redistribution des prises au sein de la famille, le champ d'étude pourrait être élargi à d'autres agents économiques. DE SURGY (1965) distingue trois types de pêche artisanale selon que la propriété du matériel est individuelle (un propriétaire), collective (association) ou mixte (une partie appartient à un propriétaire et l'autre est collective). Dans tous les cas, de telles classifications sont de nature à éclairer les stratégies. De concert avec les analyses anthropologiques qui peuvent préciser les motifs de non-activité (deuils, mariages, interdits...) et les modes de répartition, il paraît nécessaire d'envisager la réalisation d'enquêtes définissant les variables de stratification en fonction de ces critères.

TABLEAU IV
Typologie des pêcheurs artisans en Côte-d'Ivoire selon le degré d'activité et les types de pêche

	Activité de pêche exclusive	Activité de pêche de complément	
		à titre principal	à titre secondaire
Techniques collectives	Pêcheurs non ivoiriens (ghanéens)	Pêcheurs lagunaires	
Techniques Individuelles (lignes, palangres)	Essentiellement pêcheurs alladian et récemment de San Pedro	Pêcheurs mixtes mer et lagune	Ensemble du littoral pour l'autoconsommation

Source : CORMIER (1983) et ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage).

PÊCHE INDUSTRIELLE

Les seuls indicateurs disponibles relèvent des caractéristiques techniques (puissance, jauge, âge) des unités et ne permettent que des classifications selon la structure de la flotte. La méconnaissance de la valeur du capital investi, de l'évolution des équipages (en moyenne 18 marins pour les sardiniers (CHABOUD et DÈME, 1991) et de la propriété des bateaux par les armements empêche toute analyse ramenée à l'unité économique. Établi à partir de l'*Annuaire des Armements* (1988), le tableau V présente la répartition de la flottille, hors thoniers, selon des classes de taille, d'âge et de puissance.

De façon générale, on observe que les navires sont plutôt de petite taille et d'âge assez élevé. Si plus de la moitié de la flotte est équipée de moteurs de moins de 300 ch, on observe cependant une dispersion importante de la distribution des puissances. En effet, la moitié des chalutiers ont moins de 300 ch et moins de 50 tonneaux, tandis que les deux tiers des sardiniers ont une jauge supérieure à 50 tonneaux (nécessité d'un volume de cale important) et une puissance inférieure à 250 ch (BERRON, 1979). Plus récemment KONAN (1986), distinguant trois catégories de chalutiers (150 à 300 ch, 300 à 600 et plus

TABLEAU V
Caractéristiques techniques des unités industrielles ivoiriennes

Âge	Nombre	total %	Longueur	Nombre	total %	Puissance	Nombre	total %
<10 ans	3	9 %	< 15 m	2	6 %	< 200 ch	4	12 %
10 à 19 ans	8	24 %	15 à 19 m	12	36 %	200 à 290 ch	16	49 %
20 à 29 ans	17	52 %	20 à 24 m	10	31 %	300 à 590 ch	9	27 %
> 30 ans	3	9 %	25 à 29 m	5	15 %	600 à 800 ch	4	12 %
Indéterminé	2	6 %	30 à 35 m	4	12 %			
Moyenne	24 ans			22 mètres			334 ch	
Écart-type	7 ans			5,8 mètres			184 ch	

de 600 ch), confirme la prédominance des petites unités en montrant que la moitié de la flottille a une puissance comprise entre 150 et 300 ch. Dans le cas de la pêche sardinière, une étude comparative avec la flottille sénégalaise atteste d'un meilleur entretien de la flotte sardinière ivoirienne, pourtant composée de bateaux en bois (CHABOUD et DÈME, 1991). L'évolution des caractéristiques des unités témoigne de la succession de plusieurs phases. La flottille chalutière a une puissance relativement stable entre 1956 et 1969 (FONTENEAU, 1970), puis on observe une tendance à la progression et au contraire, depuis 1980, une diminution de la taille des unités liée à l'augmentation du coût du carburant et à la réduction des zones de pêche. Ainsi, les chalutiers de 30 m disparaissent au profit d'unités de 15-18 m économiquement plus performantes tandis que la jauge moyenne passe de 126 tonneaux en 1980 à 65 tonneaux en 1983 (BRULHET, 1984). L'évolution des thoniers-senneurs par classes de taille (tableau VI) traduit au contraire une croissance continue sur la période, avec en 1979 la disparition des unités de moins de 200 tonnes au profit des navires de 400 à 700 tonnes.

Des débarquements à la rentabilité

ESTIMATION DES PRISES

Pêche artisanale

La fiabilité des volumes de production de la pêche artisanale est souvent relative du fait de la dispersion des points de débarquement. LASSARAT (1958) estime le volume des prises à 11 000 tonnes, tandis que LAGOIN et SALMON (1967) le situent entre 9 000 et 11 000 tonnes. Depuis l'évaluation faite par BOUBÉRI *et al.* (1983), le chiffre de 20 000 tonnes est souvent repris tandis que l'estimation la plus récente fait état de 34 400 tonnes (FONTANA *et al.*, 1989). L'analyse de l'effort de pêche (ÉCOUTIN *et al.*, dans

TABLEAU VI
Évolution des senneurs ivoiriens par classes de taille

Thoniers	1970	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
> 200 t	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1						
200-400 t	1	1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2
400-700 t	1	1	3	3	3	3	1	1								
Total	2	2	2	3	4	6	6	6	8	7	8	8	8	8	6	3

Source : FONTENEAU, *comm. pers.*

cet ouvrage), permet de situer de façon réaliste le niveau de production entre 30 000 et 40 000 tonnes. Toutefois, généralement menées par type de pêche, ces évaluations ne permettent d'estimer les prises au niveau des unités de pêche qu'en termes de moyenne, rendant ainsi impossible toute analyse comparative de la rentabilité des unités. De plus, les résultats témoignent d'une forte variabilité avec des prises par sortie variant de quelques kilogrammes à une tonne pour les sennes de plage et de 550 kg à 1,5 t pour les sennes tournantes, tandis que le nombre de sorties sur l'année est lui aussi très variable (ÉCOUTIN *et al.*, dans cet ouvrage).

Pêche industrielle

Après un développement substantiel des prises passant de 5 000 t en 1955 à 59 000 t en 1976, on observe une tendance à la régression. Un biais important existe cependant du fait du mode d'évaluation des apports. L'estimation des quantités s'effectue à partir du nombre de caisses commercialisées en criée selon la norme fixée par arrêté (38-40 kg) alors qu'il existe d'importantes fluctuations du poids moyen des caisses allant jusqu'à 59 kg en 1976 (CAVERIVIÈRE, 1982). L'évaluation la plus récente est de 42 200 tonnes (FONTANA *et al.*, 1989). Le poids relatif des pêcheries selon la valeur des débarquements témoigne en 1983 de l'importance de la pêche thonière : 4,7 milliards de F CFA pour un total de 9,5 milliards de FCFA tandis que les pêches sardinières et chalutières représentent respectivement 2,6 et 1,7 milliards de F CFA (BRULHET, 1984). L'évolution du volume des prises de la pêche industrielle (figure 2) montre l'influence des apports de sardinelles sur le volume total des débarquements. La figure 3 présente indépendamment (eu égard à leur faiblesse relative) les résultats de la pêche crevettière. La distinction de l'origine mer et lagune, qui peut être faite jusqu'en 1980, témoigne de l'importance des prises lagunaires.

On note une tendance à la baisse des prises chalutières, malgré une remontée conjoncturelle en 1978 liée à l'introduction du chalut pélagique (BARD, 1990). Les crevettiers enregistrent une régression continue de leurs apports, tandis que, quelle que soit l'origine, mer ou lagune, on constate un effondrement global à partir de 1979. L'évolution des petits pélagiques côtiers est plus contrastée. La prise moyenne annuelle des sardiniers sur la période s'établit à 28 000 tonnes (CHABOUD et DÈME, 1991). Après un important développement de la pêche thonière ivoirienne jusqu'en 1983, le transfert des unités dans l'océan Indien se traduit par un effondrement des prises et la vente des dernières unités thonières ivoiriennes. Il convient de préciser que les débarquements de thon retenus ici correspondent aux

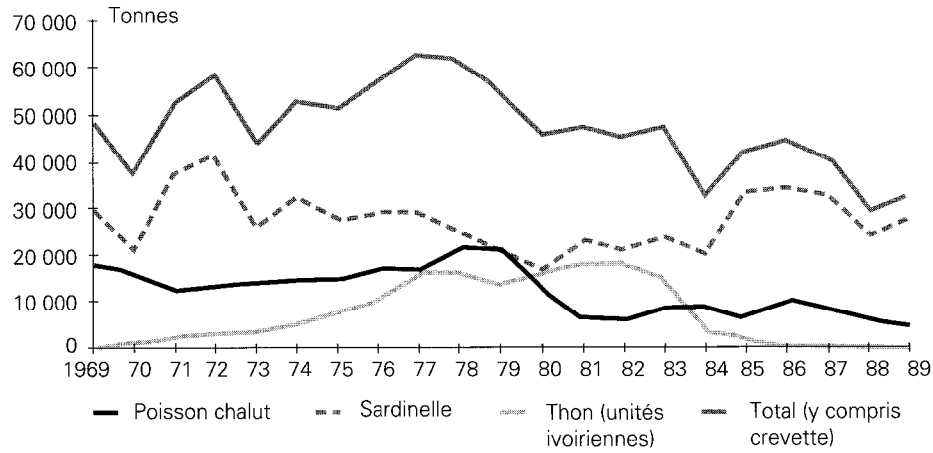


Figure 2
Évolution des débarquements annuels de la pêche industrielle.
Source : BARD (1990) pour les chalutiers, CHABOUD et DÈME (1991) pour les sardinelles et FONTENEAU *comm. pers.* pour le thon.

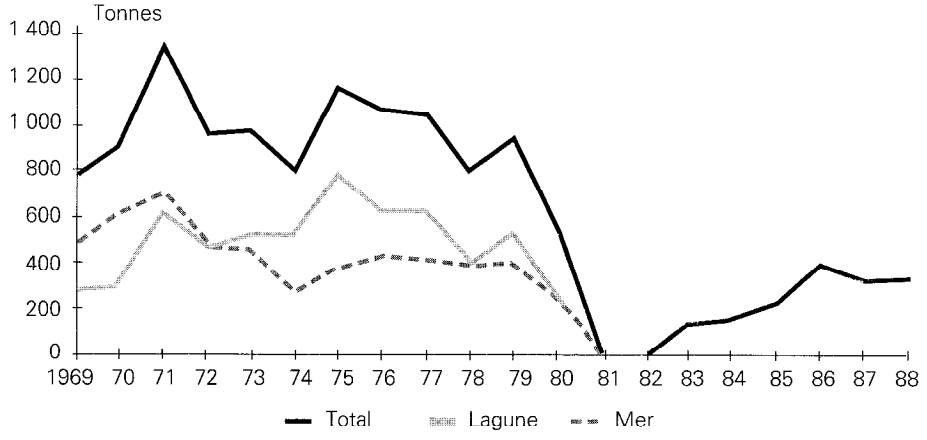


Figure 3
Évolution des débarquements annuels de crevettes.
Source : LHOMME et VENDEVILLE (dans cet ouvrage).

prises des unités ivoiriennes, où que soient les zones de pêche. D'un point de vue macro-économique (du fait des contreparties financières et des effets sur l'économie ivoirienne (*cf. infra*), il est opportun de prendre aussi en compte les débarquements de la ZEE ivoirienne (de 2 869 tonnes en 1972 à un maximum de 17 301 tonnes en 1981) ainsi que l'ensemble des quantités transitant par le port d'Abidjan. Le développement des capacités de débarquement et de transbordement s'est traduit par une croissance de l'activité du port d'Abidjan à partir de 1971 (BERRON, 1980). Malgré un coût de débarquement plus élevé qu'à Dakar (8 400 F CFA/t contre 6 400 F CFA [DIABY, 1986]), Abidjan reste le premier port thonier de l'Atlantique avec 90 000 à 150 000 tonnes de thons débarquées ou transbordées pour un volume atlantique des prises de 450 000 à 550 000 tonnes (BARD et AMON KOTHIAS, 1986).

VALORISATION DES APPORTS

L'étude des modes de distribution peut être abordée à deux niveaux. Les formes de première mise en marché et la formation des prix au débarquement permettent de connaître le niveau de valorisation dont bénéficient les pêcheurs. À ce titre, elles relèvent du fonctionnement de l'unité et sont un préalable aux études micro-économiques de rentabilité. En revanche, l'analyse de la structure des circuits appartient au domaine des études macro-économique du secteur aval et des approches de type filière (*cf. infra*). La diversité des circuits est importante : le mode de présentation, les possibilités de conservation, la zone géographique couverte... conduisent à une pluralité des circuits avec un nombre d'intermédiaires spécifique à chacun (WEIGEL, 1989). C'est cependant le type de poisson qui est le facteur déterminant du mode de commercialisation et l'on peut donc distinguer les principaux débouchés selon les types de pêche.

Commercialisation des prises chalutières

Les espèces démersales à haute valeur commerciale issues de la pêche chalutière sont en quasi-totalité commercialisées en frais. Le marché du poisson frais, principalement approvisionné par les prises chalutières (70 % des quantités), est estimé par WEIGEL (1989) à 4 000 tonnes annuelles. Il est essentiellement concentré sur Abidjan, Grand-Bassam et Jacqueville (80%). Malgré l'existence d'une criée qui permet depuis 1967 une centralisation des transactions pour les prises chalutières et sardinières, WEIGEL (1989) atteste d'un manque d'organisation de la commercialisation en frais qui est peut-être lié au nombre d'intervenants (28 grossistes selon WEIGEL [1989] et environ 250 demi-grossistes selon CAVERIVIÈRE [1982]) et au fait qu'une grande partie de la production est commercialisée directement auprès des poissonneries ;

celles-ci étant souvent la propriété des armements (CAVERIVIÈRE, 1982). Les prix stables de 1958 à 1970 connaissent ensuite une forte augmentation liée à la progression du carburant. La demande soutenue des poissonneries et des restaurateurs abidjanais permet une stabilité des prix quelles que soient les saisons et les quantités pêchées (WEIGEL, 1989).

Commercialisation des prises artisanales et sardinières

Les habitudes de consommation et les contraintes de conservation se traduisent par le fumage de la quasi-totalité de la production de la pêche artisanale et sardinière. WEIGEL (1989) évalue la proportion de poisson fumé à 90 % des prises des sardiniers et entre 60 à 90 % des apports de la pêche artisanale maritime. La comparaison des évolutions en volume et en valeur effectuée par CHABOUD et DÈME (1991) pour les sardiniers montre un phénomène d'ajustement par les prix. Comparativement au Sénégal, le niveau de rémunération des unités sardinières est plus élevé (126 F CFA/kg 1983 en Côte-d'Ivoire contre 49 F CFA/kg au Sénégal). Malgré la capacité de conservation et de stockage offerte par le fumage, le prix du poisson fumé est fonction des quantités car la contrainte financière du besoin en fonds de roulement empêche toute stabilisation des cours par les fumeuses. Les relevés des prix aux débarquements, effectués par ÉCOUTIN (1992) entre 1982 et 1984 pour les sennes tournantes de Vridi, témoignent de la forte amplitude des variations pour une même espèce. Pour les dix espèces les plus importantes, les coefficients de variations sont en effet compris entre 31 % et 55 %. De même, les variations interannuelles des prix moyens par espèce au cours de la période étudiée (1982-1984) laisse supposer une élasticité des prix aux quantités. Au niveau du mode de formation des prix de la pêche artisanale, le prix payé au pêcheur est fonction de la tendance des trois derniers jours corrigée par le prix de la veille. Il est principalement fonction du type de poisson, tandis que l'ethnie de la commerçante, le lieu d'achat, les quantités journalières et la saison n'ont qu'une faible importance (WEIGEL, 1989).

Commercialisation des prises de thons et de crevettes

Les débarquements de thons sont destinés à l'exportation, soit directement (transbordements) soit après transformation (conserves). Une partie (5 % environ, soit 1 000 tonnes annuelles) est commercialisée en frais sur le marché d'Abidjan (WEIGEL, 1989). Les prix résultent de l'offre et la demande au niveau mondial. Indépendants des rendements locaux dans le golfe de Guinée, ils sont au contraire fortement liés à la demande des États-Unis (FONTENEAU, 1989). Les prises crevettières sont aussi commercialisées dans leur quasi-totalité sous forme congelée au niveau international : seule une partie des débarquements lagunaires de crevettes de petite taille approvisionne un marché local de crevettes fumées.

PRODUCTIVITÉ ET RENTABILITÉ

Au niveau des pêches artisanales ou industrielles, seules des études ponctuelles abordent la rentabilité des unités.

Pêche artisanale

LASSARAT (1958) estime qu'un pêcheur appartenant à une compagnie de pêche peut disposer, dans le cadre d'un contrat de pêche de deux ans, d'un revenu annuel de 30 000 à 120 000 F CFA. Des évaluations postérieures montrent qu'une pirogue peut rapporter de 20 000 F CFA à 35 000 F CFA brut par jour de pêche. Après déduction des frais et partage, le pêcheur pourrait gagner dix fois plus qu'un Burkinabé travaillant dans les plantations (1 000 F CFA journalier) et le patron pourrait amortir le matériel sur l'année (9 000 F CFA journalier) (LECAILLON, 1976). Toutefois, ces estimations ne concernent que quelques unités situées exclusivement dans la zone de Vridi et certains types de pêche. De telles évaluations constituent donc de précieux repères mais ne peuvent en aucun cas être généralisées. En effet, la diversité des unités et la forte variabilité du volume des prises (de 7 à 96 cuvettes selon les jours et les unités [LECAILLON, 1976]) obligent à une approche comparative de la rentabilité à partir d'un échantillon

d'unités représentatives des différentes stratégies et types de pêche. Cette importante variabilité des prises, observée par CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE (1991) pour l'ensemble de la pêche artisanale en Afrique de l'Ouest, conduit à s'interroger sur les modes d'ajustements individuels et collectifs mis en œuvre par les pêcheurs. Des études menées dans l'agriculture montrent, en effet, que les migrations démographiques (saisonnières ou définitives), la diversité des parcelles et des techniques, les modes de rémunération, la constitution de réserves... sont des formes d'ajustements qui induisent des stratégies spécifiques aux unités fonctionnant en avenir incertain (REY, 1989). Une étude précise des stratégies de pêche a été menée par ÉCOUTIN (1992) pour les sennes tournantes de Vridi. On observe une liaison entre la durée des sorties, le nombre de coups de senne, le lieu de pêche, ainsi qu'une forte variablité de ces différents facteurs. Il est cependant regrettable qu'une telle approche aussi précise de l'effort de pêche ne soit pas couplée à des investigations économiques permettant d'aborder l'impact des différents comportements observés sur le niveau de rentabilité des unités et d'éclaircir la nature des rationalités. L'analyse concluant au professionnalisme des unités, on peut imaginer en effet que des motifs de nature économique ont une influence déterminante dans les stratégies de ces unités. Depuis DE SURGY (1965), l'étude des formes de répartition n'a donné lieu à aucune investigation systématique pour les pêcheurs maritimes alors qu'au contraire elle a été précisément étudiée (VERDEAUX, 1979 et 1980) dans le cadre de la pêche lagunaire. L'impact du mode de répartition sur le processus d'accumulation est d'autant plus fondamental à appréhender qu'il existe une pluralité des types de répartition qui ont, corrélativement avec la taille des équipages, un rôle déterminant sur le niveau de rentabilité des unités (DIAW, 1989).

Pêche industrielle

La rentabilité des unités de pêche chalutière n'a pas été abordée. Seule une approche bioéconomique du maximum de rentabilité économique a été menée au niveau de l'ensemble de la pêcherie (FONTENEAU, 1971). Toutefois, l'absence de données relatives aux coûts de production a nécessité de nombreuses hypothèses de la part de l'auteur. Sur la période prise en compte (1965-1970), il apparaît que l'effort de pêche mis en œuvre correspond au niveau de rentabilité minimal. Le suivi de l'effort réalisé par le CRO d'Abidjan conclut récemment à un fort niveau d'exploitation, légèrement inférieur cependant au niveau d'effort optimum (KONAN, 1986).

La seule étude de rentabilité relative à la flotte sardinière (CHABOUD et DÈME, 1991) n'a pas pu être réalisée à partir d'informations directes sur les coûts et les revenus qui ont dû être reconstitués. Parallèlement à une diminution de la flottille, l'analyse témoigne de modifications des conditions d'exploitation avec une augmentation régulière du nombre et de la durée des sorties qui se traduisent par des coûts d'exploitation élevés (139 millions de F CFA annuels en moyenne par bateau contre 52 millions au Sénégal). L'écart par rapport au Sénégal est largement lié au taux d'activité, d'autant que l'entretien régulier des bateaux ivoiriens gonfle leurs charges d'amortissement. En effet, rapporté au temps de pêche, l'écart de coût entre les deux pays reste favorable à la flotte sénégalaise ; il passe cependant à 2 700 F CFA par heure. Au total, la marge nette par kilo débarqué, indicateur des résultats et de la rente économique, montre, malgré deux périodes critiques en 1973 et en1980, que les sardiniers ivoiriens parviennent à dégager des profits. La stabilité globale du chiffre d'affaires par bateau sur la période1969-1986 (152 millions F CFA en moyenne) témoigne d'une relative élasticité des prix par rapport aux coûts de production et donc de l'efficacité du système de licence et des mesures d'autoréglementation (durée de pêche, nombre de bateaux, quantités mises sur le marché). En effet, dès 1960, des mesures ont été prises pour réglementer l'effort de pêche industrielle. À la demande de la profession, le nombre de chalutiers est limité dès 1960 et un système de licence pour les crevettiers est instauré à partir de 1970 (GARCIA, 1978). Au niveau de la pêche sardinière, on observe de surcroît des mesures d'autolimitation des prises depuis 1983, les armateurs s'imposant un quota de débarquement mensuel (WEIGEL, 1989).

La rentabilité de la pêche thonière franco-ivoiro-sénégalaise (FIS) a été étudiée sur la période 1972-1976 (GAGNEPAIN, 1978). Les résultats économiques des senneurs ivoiriens n'ont pas fait l'objet d'étude

spécifique. Les observations au niveau des unités FIS permettent toutefois de constater l'influence d'indicateurs techniques tels que la jauge, la longueur, la capacité de stockage, la puissance, etc. sur les résultats économiques des unités. L'analyse montre une liaison linéaire des coûts avec la jauge et la puissance et conclut, sur la période, à la non-rentabilité des unités après frais financiers et amortissements. Le senneur permettant un niveau de rentabilité maximal était, en 1972-1976, une unité de 640 tonneaux et de 52 mètres (GAGNEPAIN, 1978). La réalisation périodique de telles évaluations permettrait de connaître les types d'unités les mieux adaptées, compte tenu des variations des conditions d'exploitation et des modifications structurelles des coûts d'exploitation qui en résultent. Or, il semble qu'aucune autre étude de ce type n'ait été menée depuis 1976. Plus récemment, FONTENEAU (1989) a évalué en 1983-84 les effets des variations de prix entre l'albacore et le listao sur les stratégies des senneurs. Là encore, cette analyse n'est nullement spécifique aux unités ivoiriennes. Il s'agit d'expliquer le choix des zones de pêche en fonction des rendements et des risques de prospection infructueuse différents selon les zones. En outre, la comparaison des revenus obtenus entre le golfe de Guinée et l'océan Indien explique les changements constatés fin 1983-début 1984. En effet, malgré de bons rendements en listaos dans l'Atlantique, on observe un important écart des rendements en valeur (52 000 FF/jour de pêche dans l'océan Atlantique contre 175 000 FF/jour dans l'océan Indien). L'analyse témoigne de différences significatives selon la taille des unités. Seuls, les senneurs de plus de 1 000 tonnes retrouvent un bon niveau de rentabilité dans l'Atlantique dès 1984. Tandis que les unités de moindre taille sont conduites à une optimisation des prises et donc à une spécialisation en albacores, celles de grande taille peuvent au contraire avoir des stratégies plurispécifiques ; le stockage des listaos n'hypothéquant pas l'éventualité de prises complémentaires d'albacores (FONTENEAU, 1989).

Nécessité d'une approche systémique

« La situation contemporaine de la pêche ivoirienne ne peut se comprendre qu'à travers les choix stratégiques opérés à différents moments de l'histoire des communautés littorales, en fonction du contexte qui s'imposait alors à elles. » (CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE, 1991.) Comme l'illustre la figure 1 qui formalise les principales articulations entre disciplines pour l'analyse du fonctionnement du secteur de la pêche, plusieurs exemples témoignent que l'étude de la pêche ne peut être extraite de la structure ni de l'évolution de l'économie locale dans laquelle elle s'intègre. Ainsi, le mode d'accès au capital des unités fanti s'explique par les conditions du crédit informel au Ghana. De même, la désaffection des pêcheurs ivoiriens pour la pêche ne peut se comprendre qu'en terme d' « opportunité » [1] par rapport à d'autres activités et en tenant compte de contraintes extérieures à la pêche artisanale. En effet, outre la concurrence de la pêche industrielle, les pêcheurs alladian évoquent la scolarisation des enfants comme contrainte à la transmission du savoir-faire (DELAUNAY, 1988a). Parallèlement, le non-accès à la terre pour les allochtones oblige les migrants ghanéens à une activité de pêche exclusive (CHABOUD, *comm. pers.*). La moindre importance de la pêche à l'ouest semble résulter de l'absence de circuits de commercialisation dans cette région (CHAUVEAU, 1986), illustrant ainsi l'importance de la commercialisation sur le développement de la pêche. Inversement, l'important essor de la pêche dans la région d'Abidjan, outre le fait qu'il s'agisse d'une zone de pêche traditionnelle (DELAUNAY, 1988b), est lié à l'important débouché commercial offert par la capitale. Il apparaît enfin que l'analyse de la pêche thonière et des industries de conserves implantées en Côte-d'Ivoire doit être abordée au niveau mondial et ne peut être isolée de l'étude des stratégies des groupes industriels étrangers.

[1] Le coût d'opportunité d'une ressource économique (monétaire, facteurs de production, etc.) affectée à un emploi déterminé est égal à la valeur de la possibilité d'emploi la plus intéressante à laquelle on renonce. Il s'agit d'un jugement du coût de renoncement par rapport à des emplois alternatifs.

Tentatives d'identification des filières

La filière doit être considérée comme « un lieu permettant de comprendre la dynamique d'un système, d'identifier les acteurs, d'étudier les relations marchandes et non marchandes, d'analyser les modes d'organisation et de repérer les nœuds stratégiques » (Hugon, 1988). Ainsi donc, elle ne se limite pas aux activités aval de commercialisation ou de transformation des produits, mais inclut l'ensemble des agents entretenant des relations avec le secteur pêche quelle que soit la nature des flux : biens et services, revenus, information, contrôle... L'élargissement du champ d'étude à la filière conduit à une vision systémique du secteur pêche qui permet d'identifier l'ensemble des interactions et des contraintes pesant sur son fonctionnement et son développement.

Les analyses menées en Côte-d'Ivoire ne répondent pas à une problématique de filière. En effet, si les articulations secteur productif et secteur aval (commercialisation et transformation) ont été largement étudiées (Lecaillon, 1976 ; Weigel, 1989), les autres relations sont souvent simplement évoquées. Les informations disponibles ne permettent pas de reconstituer les graphes des acteurs concernés par chaque type de pêche. Weigel (1989) montre que le secteur du fumage artisanal se caractérise par une forte division du travail qui, alliée à un faible niveau d'investissement initial, permet une redistribution de la marge brute sur un nombre d'agents important. Hormis la filière de la pêche thonière (figure 4) qui a fait l'objet d'approches macro-économiques (Comoe, 1984 ; Diaby, 1986), aucune investigation synthétique des filières n'a été menée pour les autres types de pêche, rendant ainsi impossible toute comparaison de leur apport économique respectif.

Interactions entre pêcheries

Compétition

La principale compétition est spatiale et concerne l'accès aux zones de pêche. L'exemple le plus caractéristique concerne les bancs de sardinelles exploités conjointement par la pêche artisanale et la pêche industrielle dans la bande des 7 milles. Plusieurs types de conflits se manifestent : encerclements de filets, collisions de bateaux, vols de matériel et enfin destructions de filets. La destruction du matériel (surtout localisée à la zone de Sassandra) est une contrainte importante qui se traduit fréquemment par un retour prématuré au Ghana et une dissolution de la compagnie de pêche. De plus, les pêcheurs artisans, allochtones, souvent mal intégrés et mal informés, sollicitent peu l'appui des autorités (Luginbühl, 1984).

Pêches artisanale et industrielle peuvent aussi être en compétition par rapport à la ressource, notamment dans le cas de la pêche crevettière. S'agissant de pêcheries séquentielles, l'une et l'autre exploitent la même espèce à des tailles différentes en lagune et en mer. Les recherches menées par Garcia (1978) montrent que le développement de la pêche artisanale entre 1969 et 1975 affecte le recrutement en mer qui subit une diminution sensible. Une simulation de l'arrêt de la pêche artisanale permet de mesurer l'influence respective des deux pêcheries en montrant que l'effort maximal pour les crevettiers en mer pourrait alors passer de 6 (situation observée au moment de l'étude) à 11 unités. Le nombre de licences étant, entre autres, subordonné à la situation de la pêche artisanale, l'expansion de celle-ci est une contrainte au développement de la flotte crevettière. Le *numerus clausus* a ainsi été progressivement réduit en liaison avec les résultats de la pêche artisanale qui passent de 300 en 1969 à 800 tonnes en 1975 et qui deviennent supérieurs à ceux des crevettiers à partir de 1972 (figure 3). Inversement, les pêcheurs maritimes artisans se plaignent d'une diminution des stocks liée à la fréquentation de la bande côtière par la pêche industrielle (notamment pour les langoustes [Luginbühl, 1984]). Bien que ce type d'interaction soit difficilement mesurable, il semble que la disparition de la pêche artisanale de la sardinelle plate puisse être liée en partie à la progression de la pêche industrielle avec l'ouverture du port de pêche d'Abidjan (Chaboud et Charles Dominique, 1991). Rappelons cependant que le départ des pêcheurs ghanéens au moment de l'indépendance de la Côte-d'Ivoire explique aussi sans doute [1] la régression de la pêcherie

[1] Il semblerait que ces départs n'aient concerné que les Éwé et que ceux-ci soient revenus quelques années après (Delaunay, *comm. pers.*).

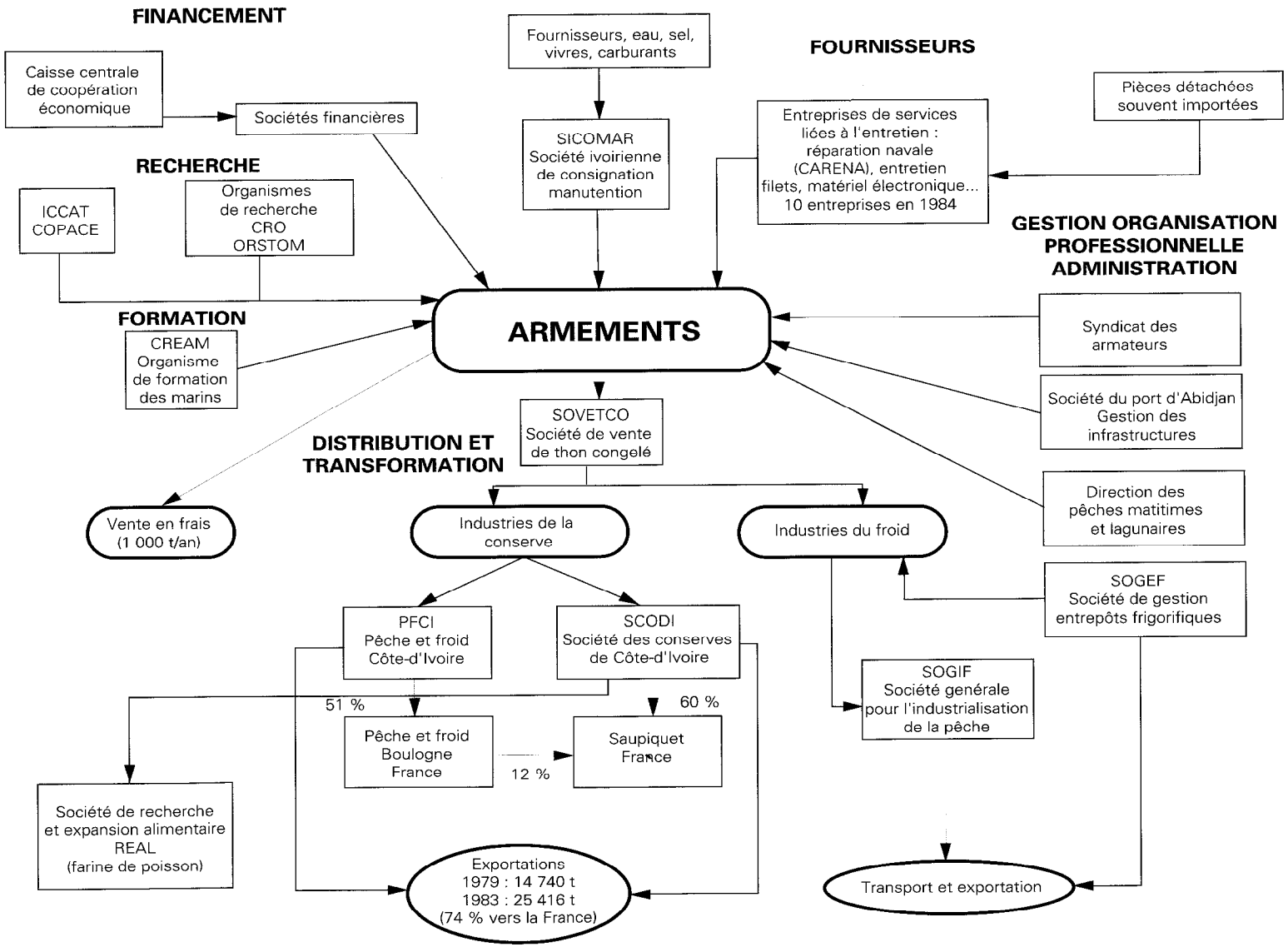


Figure 4
Présentation des fonctions et des acteurs de la filière thonière en Côte-d'Ivoire.

artisanale (MARCHAL, *comm. pers.*). Le nombre de compagnies de pêche exploitant ce stock passe de 50-60 à 4 entre 1955 et 1964 (DE SURGY, 1965). De même, COUTY (1973) explique la croissance de l'investissement (augmentation de la taille des filets, achat de moteurs) de la pêche artisanale par un éloignement des stocks résultant de la concurrence de la pêche industrielle.

La concurrence peut se situer au niveau de l'accès au marché. Ainsi, selon WEIGEL (1989), le prix moyen du poisson de pêche industrielle s'établit à 800 F CFA/kg alors que les prises de la pêche artisanale sont commercialisées entre 600 et 1 200 F CFA/kg. L'exemple de la sardinelle est représentatif ; les sardiniers ayant été obligés de mettre en place un système de régulation des captures afin de maintenir le prix du produit. Si, d'une façon générale, les prix ont pu ainsi être stabilisés (CHABOUD et DÈME, 1991), des phénomènes saisonniers de concurrence sont constatés sur le marché d'Abidjan (GUINGUENO, 1986). Le niveau de prix des sardinelles est fixé par la pêche artisanale qui offre un produit de meilleure qualité. Les fumeuses de la route de Bassam (pêche industrielle) qui supportent des coûts plus importants sont donc moins compétitives (tout en ayant une productivité supérieure) que les fumeuses de Vridi (pêche artisanale). Ainsi en 1985, l'effondrement du prix de vente (en moyenne de 650 F CFA/kg en 1984 à 300 F en août-septembre 1985) a conduit à l'arrêt de l'activité des fumeuses de la route de Bassam qui travaillaient à perte (GUINGUENO, 1986). On peut donc se demander, à l'instar de FONTANA *et al.* (1989), si cette concurrence ne peut pas à terme provoquer, comme au Sénégal, une régression de la pêche industrielle. WEIGEL (1989) note un autre exemple de cette concurrence commerciale entre la pêche chalutière et les ligneurs de Vridi pour les espèces démersales vendues en frais.

La concurrence se manifeste aussi pour l'accès aux facteurs de production, au niveau de la main-d'œuvre notamment. Le développement de la pêche industrielle avec une rémunération en partie fixe a un effet d'attraction auprès de la main-d'œuvre artisanale (COUTY, 1973). En 1975 ce mouvement de reconversion concerne 210 pêcheurs éwé (BERRON, 1980).

Complémentarité

Pêches artisanale et industrielle ont des techniques et des rayons de pêche permettant une complémentarité par rapport à l'accessibilité des stocks (WEBER et FONTANA, 1983). Par ailleurs, l'existence de transferts de main-d'œuvre de la pêche industrielle à la pêche artisanale permet une diffusion des innovations d'un secteur à l'autre. Ainsi, des pêcheurs éwé de Vridi qui travaillaient dans des unités de production à la senne de plage se sont spécialisés dans la pêche à la senne tournante à Vridi après avoir travaillé sur des bateaux de pêche industrielle où ils ont acquis le savoir-faire et le capital nécessaires (DELAUNAY, *comm. pers.*). La pêche industrielle peut créer des opportunités d'emplois pour les pêcheurs artisans. Il semble que ce soit le cas à Vridi où certains pêcheurs font preuve d'une mobilité entre les deux types de pêche selon les saisons et la conjoncture (CORMIER, 1983). Étudiant l'origine des marins de pêche industrielle, BERRON (1980) montre qu'en 1976 les étrangers sont majoritaires (82 %) et qu'il s'agit souvent d'anciens pêcheurs artisans.

IDENTIFICATION DES CONTRAINTES

Outre les limites tenant aux facteurs naturels ou conjoncturels (étroitesse du plateau continental, réduction de la ressource ou de la capturabilité des stocks d'albacore dans le golfe de Guinée, prolifération des stocks de bonites gênant la pêche chalutière...), l'analyse de filière permet d'identifier les contraintes liées à l'insertion du secteur dans son environnement socio-économique.

Contraintes financières

À l'exception de la pêche thonière, le financement s'effectue essentiellement par autofinancement. À propos de la pêche sardinière, CHABOUD et DÈME (1991) témoignent d' une « mauvaise image de marque du secteur auprès des banquiers » et de l'absence d'un réel système de crédit. Pour l'ensemble de la pêche industrielle, BRULHET (1984) évoque le niveau élevé des taux d'intérêt et le manque de garantie.

Hormis quelques actions ponctuelles initiées par des projets de développement (lagune Aby et San Pedro) qui n'ont pas obtenus les résultats attendus, les pêcheurs artisans ont peu accès aux circuits officiels de financement. Le plus souvent les commerçantes fournissent un apport en capital en contrepartie d'un monopole de la commercialisation. WEIGEL (1989) montre l'importance du capital (2,4 millions de F CFA) qui peut ainsi être la propriété des commerçantes.

Contraintes économiques

L'importante augmentation du prix du carburant (354 % en 5 ans) a réduit la compétitivité de la pêche industrielle thonière ivoirienne, notamment par rapport aux thoniers français et espagnols qui bénéficient d'un approvisionnement à un coût inférieur (BRULHET, 1984). Par ailleurs, le caractère mondial du marché du thon, outre une fixation du prix à un niveau international, soumet les acteurs de la filière à des contraintes tenant aux avantages comparatifs entre pays. Le mode de rémunération du personnel (partie de salaire fixe) est aussi évoqué comme une contrainte pour les sardiniers du fait du caractère aléatoire de leurs prises (CHABOUD et DÈME, 1991). Plus généralement, BRULHET (1984) évoque le faible nombre des investisseurs nationaux tandis que la pêche artisanale semble être confrontée à des difficultés d'approvisionnement en intrants : essence détaxée, filets lorsqu'ils sont accidentellement détruits,etc. (LUGINBÜHL, 1984). ÉCOUTIN (1992) montre dans le cas des sennes tournantes de Vridi, du fait de la proximité d'Abidjan, que les problèmes d'approvisionnement en carburant sont à l'origine d'arrêts de l'activité de pêche qui restent ponctuels. Dans d'autres zones plus excentrées, les conséquences sur l'activité de pêche pourraient être plus importantes. Il note enfin que les pannes relatives à la pirogue ou au moteur se traduisent par une période de non-activité plus longue et peuvent même entraîner dans certains cas un arrêt définitif de l'activité de l'unité.

Contraintes réglementaires et institutionnelles

Avec le nouveau régime de la mer, la pêche chalutière et sardinière se heurte au manque de licences auprès des pays riverains. Ainsi, si l'extension des ZEE a été favorable à la pêche thonière, en revanche, la création de telles zones au Ghana et en Sierra Leone s'est traduite par d'importants problèmes de rentabilité pour la flotte chalutière et surtout sardinière. La réduction de leur zone de pêche aux eaux ivoiriennes s'est ainsi traduite par une réduction de moitié de la flottille sardinière (MARCHAL, *comm. pers.*). Outre l'absence d'un Office des pêches, BRULHET (1984) évoque le manque de structuration du syndicat des armateurs.

Contraintes ethniques

L'origine ethnique est à la base d'une spécialisation des circuits commerciaux et de relations privilégiées entre les pêcheurs artisanaux et les fumeuses tandis qu'au contraire les liens de parenté ont un rôle plus marginal. Il en résulte une contrainte à l'entrée dans le secteur en fonction de l'origine ethnique (WEIGEL, 1989).

Contraintes de formation

Le manque de formation des équipage ivoiriens est souvent évoqué pour la pêche industrielle (BRULHET, 1984 ; CHABOUD et DÈME, 1991).

Contraintes commerciales

Au niveau de l'ensemble de la pêche artisanale en Afrique de l'Ouest, CHABOUD et CHARLES DOMINIQUE (1991) observent que les agents du secteur aval jouent un rôle important et s'approprient une part élevée de la richesse créée. Ainsi WEIGEL (1989) observe dans le cas de la pêche sardinière la faible influence de la rémunération des pêcheurs dans la formation du prix de détail. Au contraire, la marge commerciale des grossistes joue un rôle prépondérant et détermine directement celle des détaillantes. Concernant la pêche chalutière, l'intégration aval de certaines unités leur permet de lever en partie cette contrainte.

La seconde contrainte commerciale fait l'objet de controverses : il s'agit du rôle des importations. En effet, outre un flux traditionnel de poissons fumé du Mali (1 000 tonnes annuelles selon WEIGEL, 1989), on observe depuis les années soixante-dix un important recours aux importations de pélagiques congelés. Pour certains, ces importations, du fait de leur faible prix, concurrencent la production nationale (LAWSON, 1984). Le développement d'un réseau de chambres froides sur l'ensemble du territoire permet une large diffusion géographique de ces importations, qui, d'après WEIGEL (1989), approvisionnent une grande partie du marché et s'adressent à une demande populaire. Alors qu'en 1977-78, les flux d'importations transitaient par une société étatique, trois sociétés (Promofroid, Cofral et Congel Import) se partagent la quasi-totalité du marché des importations depuis 1986 (respectivement 40 000 à 50 000 tonnes, 30 000 à 40 000 tonnes et 20 000 à 30 000 tonnes). L'évolution des flux d'importation est donc liée aux stratégies et aux intérêts de ces groupes commerciaux (MOAL et WOITELLIER, 1984). Allant à l'encontre de la thèse d'une segmentation du marché et d'un problème d'autosuffisance causé par l'augmentation démographique, ROCH (1988) montre une modification structurelle des flux. L'évolution des importations de poisson et de l'ensemble des produits alimentaires (tableau VII) tend à montrer une substitution des produits animaux (viande et poisson) aux dépens des céréales et, corrélativement, un changement des comportements alimentaires des Ivoiriens. La réduction du pouvoir d'achat explique la relative stabilisation observée depuis 1980 (ROCH, 1988).

TABLEAU VII

Évolution des importations de poisson par rapport à l'ensemble des produits alimentaires (en milliards de francs CFA pour les flux en valeur et en milliers de tonnes pour les quantités)

	1975	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Total volume	380	426	667	686	739	861	1092	969	966	911	781
Total valeur	24,7	10,9	59,0	68,1	75,5	99,0	130,9	137,4	143,0	141,1	131,3
Volume poisson	92,6	80,5	69,1	74,1	99,2	99,1	117,5	97,1	79,4	93,3	91,0
Valeur poisson	6,4	5,7	5,7	6,9	9,8	11,5	17,2	17,5	16,3	16,9	17,2

Source : ROCH (1988).

Difficultés de mesure économique : quels indicateurs par rapport à quels objectifs ?

MÉTHODES D'ÉVALUATION

L'évaluation économique permet d'apprécier l'utilité, le coût social et donc par différence le bénéfice net social (solde actualisé des coûts et des avantages d'une activité pour la collectivité). Il s'agit d'évaluer la valeur ajoutée créée par les activités de pêche (valeur ajoutée directe), les activités liées à la pêche (valeur ajoutée indirecte) et l'utilisation des revenus distribués (valeur ajoutée secondaire). L'augmentation de la consommation pouvant se traduire en effet par un accroissement de la production locale ou des importations. Les effets doivent pouvoir être spatialement et sectoriellement circonscrits puis comparés à des objectifs initiaux. L'évaluation suppose en effet qu'il existe des objectifs collectifs précis, mesurables et hiérarchisés par rapport à une fonction d'utilité nationale. Enfin, elle ne doit pas se limiter à la mesure des effets mais envisager leur répartition dans l'espace et entre les différentes catégories d'agents (nationaux et expatriés, permanents et saisonniers...).

COMPARAISON DES FILIÈRES

L'approche en terme de filière est un préalable indispensable à la comparaison du « bénéfice social » des différents types de pêche, par rapport à des critères tels que la contribution au produit intérieur brut

(PIB), à l'emploi, à la balance budgétaire, commerciale ou nutritionnelle. Dans tous les cas, le rapport de la valeur ajoutée directe/valeur ajoutée totale, permet de définir le degré d' « intégration » des différentes filières par rapport à l'économie locale et donc de comparer leur « pouvoir d'entraînement » (retombées locales). Inversement, la comparaison selon les coûts en devises (taux d'importation) et en subventions peut permettre d'évaluer le coût réel de création d'emplois [1] ainsi que le coût d'opportunité des ressources financières et des facteurs de production mis en œuvre dans le secteur de la pêche (entre types de pêche ou par rapport à d'autres secteurs économiques). L'absence de telles études macro-économiques de la pêche en Côte-d'Ivoire conduit ici à exposer seulement les principes de la démarche.

Contribution au produit intérieur brut

Alors qu'il est indispensable de distinguer la valeur ajoutée distribuée (total de valeur ajoutée créée) de la valeur ajoutée dite « incluse » qui est évaluée hors subventions, il est impossible d'établir un bilan des subventions distribuées dans le secteur de la pêche ivoirienne (les seules mentions font état d'une détaxe pour le carburant et de subventions à l'exportation pour les conserveurs de thon). En l'absence de compte de production sectoriel [2], il est impossible d'estimer la valeur ajoutée créée. De telles évaluations doivent être menées en distinguant des sous-filières selon les types de pêche mais aussi selon l'origine des pêcheurs : en effet, du fait de stratégies et d'habitudes de consommation différentes, la structure des effets économiques ne sera pas la même selon qu'il s'agit, par exemple, de pêcheurs autochtones ou allochtones. LECAILLON (1976), étudiant les campements des pêcheurs migrants, montre la faiblesse des investissements achetés sur place : les pirogues et le matériel de pêche sont importés du Ghana, souvent sans droits de douane (importation par voie maritime). Les flux liés au fonctionnement semblent au contraire plus importants. Outre les effets directement liés à l'activité de pêche (carburant, entretien, bois pour le fumage, etc.), LECAILLON (1976) identifie un impact lié à l'apport de population (valeur ajoutée secondaire) dans le domaine de la production agricole de manioc et de maïs, du petit commerce alimentaire et du commerce de biens de consommation courante. Notons enfin l'existence de redevances payées aux autochtones allant de 24 000 à 144 000 F CFA (DELAUNAY, 1988b) et le placement des surplus des compagnies ghanéennes dans des banques togolaises (GUINGUENO, 1986). Aucune quantification des effets n'a cependant été tentée. De même, les unités de pêche industrielles étant le plus souvent achetées d'occasion ou construites à l'étranger (selon COMOE [1984], la dernière construction ivoirienne date de 1980), les effets induits en amont dans le secteur de la construction navale sont limités. Une analyse de l'impact économique de la fréquentation du port d'Abidjan par la pêche thonière étrangère a été réalisée (DIABY, 1986), mais elle se limite aux retombées fiscales des débarquements et aux services payés aux transitaires. La valeur des retombées de ces deux catégories de flux pour la Côte-d'Ivoire est respectivement estimée à 263 et 267 millions de francs CFA en 1984 et 1985. Cette évaluation ne permet nullement d'augurer de l'ensemble des effets induits par la filière du thon en Côte-d'Ivoire [3].

[1] Mesuré, hors subventions, par l'intensité capitalistique (CHABOUD et KÉBÉ, 1986).

[2] Un compte de production sectoriel permet, au niveau de l'ensemble des unités du secteur, de décomposer la production entre les consommations intermédiaires et la valeur ajoutée et d'étudier la répartition de cette valeur ajoutée entre les différents agents : salariés (salaires), État (cotisation sociales, impôts et taxes), institutions financières (frais financiers) et entrepreneurs (revenu brut d'exploitation). L'hétérogénéité des unités ne permet une telle agrégation que si on dispose de données suffisamment fiables et d'un niveau de décomposition suffisamment précis.

[3] Comparativement aux résultats obtenus sur l'ensemble de la filière thon au Sénégal, ces résultats semblent d'autant plus largement sous-estimés que le secteur de la conserverie de thon est plus important en Côte-d'Ivoire. Au Sénégal, pour un chiffre d'affaires de 28,3 milliards de F CFA en 1985, la valeur ajoutée créée est de 6,2 milliards à concurrence de 44 % pour les armements (nationaux et basés), 25 % pour les industries de transformation et 32 % pour les intermédiaires portuaires (CHARNEAU, 1988).

Contribution à l'emploi

Les emplois directs dans la pêche industrielle sont successivement évalués à 260 en 1964 (DE SURGY, 1965), à 1 031 en 1976 (BERRON, 1980) et à 990 en 1984 (MOAL et WOITELLIER, 1984). Selon BRULHET (1984), en tenant compte des emplois indirects, la pêche industrielle et l'activité de fumage qui lui est liée représentent 30 000 emplois tandis que BERRON (1980) évalue à 60 000 le nombre total d'emplois liés à la pêche (20 000 pour la pêche artisanale, 11 000 pour la pêche industrielle et 39 000 pour le secteur de la transformation et des activités portuaires). Le nombre de fumeuses en Côte-d'Ivoire s'établirait à 30 000 sans qu'il soit possible de les répartir entre les pêches industrielle, artisanale maritime et artisanale lagunaire... (Direction des pêches [...], 1978). De telles évaluations globales, notamment pour les emplois indirects, doivent être appréhendées avec précaution eu égard aux difficultés d'estimation rencontrées dans le cas de la pêche artisanale, pour laquelle les emplois liés n'ont pas été systématiquement appréhendés. Ainsi, LECAILLON (1976) fournit une évaluation du rapport entre le nombre de manœuvres haoussa et de fumeurs (150 manœuvres pour 462 fumeurs) pour la cité de fumage de Vridi mais aucune évaluation du total des emplois liés. La pêche industrielle se prête plus facilement à de telles évaluations. La Direction des pêches (1978) offre une décomposition des emplois de la filière par activité (tableau VIII) qui témoigne de l'importance du secteur aval, du fait notamment des fonctions portuaires. L'étude réalisée par COMOE (1984) recense les emplois liés à la seule filière thonière (tableau IX). Le ratio secteur productif/total filière montre l'importance des emplois induits. Plusieurs limites peuvent être évoquées au sujet de cette évaluation : l'hétérogénéité des références temporelles, la non-prise en compte de l'ensemble des acteurs (par exemple 3 des 10 entreprises de réparation navale sont étudiées) ; enfin, il aurait été nécessaire de pondérer certains emplois par la proportion du chiffre d'affaires lié à la pêche.

Contribution à la balance commerciale

Alors qu'au début du siècle, du fait de la faible pénétration sur les marchés intérieurs, la production de pêche artisanale était en grande partie exportée au Ghana (DELAUNAY, 1988b), elle est à présent commercialisée en Côte-d'Ivoire ; le volume des exportations est passé de 10 000 t en 1958 à 1 000 t en 1965 (LAGOIN et SALMON, 1967). Avec la croissance des importations de poisson congelé qui dépasse le seuil de 100 000 t en 1976 (BERRON, 1980), on observe jusqu'en 1982 un déficit de la balance

TABLEAU VIII
Répartition des emplois de la pêche industrielle en Côte-d'Ivoire

	Nombre d'emplois	% du total
ARMEMENTS	1 200	17 %
AMONT		
Fournisseurs intrants		
(dont 400 chantiers navals)	1 110	16 %
AVAL	4 635	67 %
Débarquement + transbordement	2 588	37 %
Distribution	873	13 %
Grossistes + personnel criée	141	
Caisserie	62	
Mareyeurs agréés	370	
Transporteurs	300	
Transformation	1174	17 %
Industries du froid	270	
Conserveries	720	
Autres industries alimentaires	24	
Industries de traitement des crevettes	160	

TABLEAU IX
Présentation des emplois de la filière thonière en Côte-d'Ivoire

	Caractéristiques	Volume activité	Emplois
SICOMAR	Consignataire débarquements et accostages	1984 :90 000 t (90 % thon)	1982 : 300 1984 : 50
Ateliers réparations	Sté ivoirienne d'électronique maritime et industrielle (SIECMI)	50 % CA lié au thon	1982 : 20
	Compagnie radio maritime	90 % CA lié au thon	
	Compagnie abidjanaise de réparation navales et de travaux industriels (CARENA)		1983 : 640
ARMEMENTS	SIPAR + SMGL + OA	14 à 18 000 t	1984 : 270
Industries du froid	SOGEF (capacité 13 000 t en 1984)	10 % capacité en thon	1984 : 65 +60 journaliers
	SOGIF (capacité 4 000 t en 1984)		1984 : 45
Conserveries	SCODI	1984 :25 000 t	1984 : 915
	PFCI	1984 : 15 000 t	1983 : 500
	REAL	1983 : 3 715 t	1984 : 11 +30 journaliers

Source : COMOE (1984).

commerciale des produits de la mer en Côte-d'Ivoire. À partir de cette date, le développement des exportations de thons et de crevettes parvient à rétablir l'équilibre : en 1983, les importations représentent 15,5 milliards de F CFA tandis que les exportations s'établissent à 21,2 milliards de F CFA (BRULHET, 1984). Les usines de transformation qui ont largement développé leurs capacités de traitement sont à présent de plus en plus, voire complètement, tributaires des apports étrangers (en 1983 le tonnage traité est 2,5 fois égal aux apports ivoiriens [COMOE, 1984]). Jusqu'en 1985, les volumes transitant par le port d'Abidjan suffisent encore à approvisionner les conserveries dont les besoins sont évalués à 35 000 tonnes annuelles (DIABY, 1986). En effet, tandis que le seuil minimum d'une conserverie est évalué à 20 000 tonnes annuelles (RAYNAUD, 1991), l'évolution du contexte mondial fragilise à terme l'impact positif [1] des exportations de thons, qui pourrait être remis en cause par une éventuelle délocalisation des unités de transformation vers des pays où le prix de la main-d'œuvre est plus faible. Ainsi en 1989, la production de conserve de thon en Thaïlande s'est élevée à 395 000 tonnes (RAYNAUD, 1991).

Contribution à la demande nationale : approche nutritionnelle

Les politiques économiques peuvent poursuivre des objectifs nutritionnels visant, soit à une stabilisation des prix pour les consommateurs, soit à un ajustement du volume de l'offre et de la demande. Dans le cas des sardiniers, très exposés à la variabilité des prises, les réglementations mises en place par les armateurs et le recours aux importations de petits pélagiques congelés permettent d'absorber les fluctuations de coûts consécutives aux variations de la ressource. Ainsi les prix de détail sont-ils peu influencés par ces fluctuations et les consommateurs bénéficient d'un apport nutritionnel stable (FAO, 1982).

[1] L'impact de la filière thonière doit être étudié précisément en tenant compte non seulement des entrées de devises mais aussi des sorties liées aux importations d'intrants. Par ailleurs, l'impact doit être abordé non seulement par rapport à la balance commerciale mais aussi par rapport à la politique budgétaire, du fait de l'importance des subventions accordées. Ainsi, l'exemple du Sénégal montre qu'en dépit de fortes importations, la balance commerciale de la filière thon reste excédentaire (+ 9,1 milliards de F CFA). Le solde budgétaire est quant à lui déficitaire (- 336 millions de F CFA) (CHARNEAU, 1988).

Conclusion

À l'issue de cette synthèse, le constat initial de méconnaissance des aspects relevant des sciences humaines dans les pêches maritimes ivoiriennes se trouve conforté. Cette carence a conduit à une présentation quelque peu théorique, souvent limitée à l'exposé de la démarche et excluant certains types de pêche très particuliers tels que la pêche des crabes profonds. Confronté à l'état des connaissances dans le domaine halieutique, ce constat est révélateur d'une absence de pluridisciplinarité des programmes. Ainsi, même la pêche thonière qui, selon un bilan récent à partir de plusieurs critères (AMON KOTHIAS *et al.*, 1986), bénéficie du meilleur niveau de connaissance halieutique et malgré son importance macro-économique, n'a pas fait l'objet d'investigations économiques approfondies. De plus, alors qu'un système de collecte de données de nature technico-biologique permet un suivi, force est de constater qu'une telle démarche n'a pas été étendue aux indicateurs socio-économiques, rendant difficile toute action rétrospective dans le domaine des sciences humaines. Outre le faible nombre de programmes socio-économiques, l'examen des champs couverts dénote une certaine juxtaposition et l'absence de cadre général coordonnateur. La segmentation des approches par pêcherie, par zone ou par ethnie ne peut se justifier qu'à titre de phase préalable. L'opportunité de ce diagnostic permet en effet, s'il en était encore besoin, de montrer l'intérêt d'une approche globale mettant en évidence les interactions.

Cette situation est fortement préjudiciable à l'obtention de l'information nécessaire à une rationalisation des décisions dans la mise en place des politiques de développement, d'autant que le caractère limité des ressources halieutiques [1] rend indispensable une gestion des formes d'exploitation selon des évaluations multicritères. Le rôle important joué par les étrangers dans la pêche ivoirienne explique peut-être l'absence d'intérêt socio-économique. Il pose cependant la question des modalités d'attribution de la ressource, notamment dans le contexte de crise de l'économie de plantation, dont le développement était à la base de la désaffection des Alladian pour la pêche. L'impact de chaque pêcherie doit pouvoir être appréhendé au niveau des sous-filières, à la fois au regard des choix possibles et des objectifs nationaux poursuivis. La filière artisanale, dont les effets de redistribution sont importants, pourrait être envisagée en termes de fixation de population, tandis que l'impact de la pêche sardinière relève plutôt d'objectifs nutritionnels et doit être comparée aux possibilités offertes par les importations. ROCH (1988) montre, en effet, à partir de l'exemple de la filière du riz, comment, à l'encontre des objectifs d'autosuffisance, les flux d'importation peuvent être une ressource budgétaire importante et jouer un rôle déterminant dans la politique alimentaire. Le phénomène controversé de concurrence entre les importations et la production nationale pourrait alors faire l'objet d'une interrogation sur la compétitivité de la pêche nationale et le caractère artificiel du maintien des prix nationaux (WEIGEL, 1989). Enfin, seule une étude détaillée de l'ensemble des effets de la filière thonière permettrait d'apprécier l'opportunité d'éventuelles mesures spécifiques destinées à conforter les stratégies locales des groupes internationaux en suppléant aux avantages comparatifs des autres pays.

[1] Les pêcheries crevettières, chalutières et sardinières semblent avoir en effet atteint un niveau de capture maximal. Hormis les variations conjoncturelle des espèces pélagiques et les éventuelles possibilités de valorisation des rejets de la pêche industrielle, les seules possibilités d'extension doivent être recherchées dans l'exploitation de stocks, tels que le baliste et l'anchois, ou de zones peu exploitées (frange côtière peu accessible à la pêche industrielle, fonds de 50 à 100 m, limite du talus continental, etc.). Elles paraissent de toute façon limitées, soit par le niveau de la biomasse, soit par la faiblesse des perspectives de valorisation.

RÉFÉRENCES

AMON KOTHIAS (J.B.), BARD (F.X.), KONAN (J.), CHARLES DOMINIQUE (E.), N'GORAN (Y.), HIÉ DARÉ (J.P.), DELAHAYE (M.), CHEVALIER (J.L.), LEGAOUYAT (J.P.), KABA (F.), KOUADOU (K.), KOUADIO (K.), DOUDET (T.), LEGENDRE (M.), 1986.— Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte-d'Ivoire. Rapp. Centre Rech. océanogr. Abidjan, 125 p.

Annuaire des Armements, 1988.— Éd. Moreux, Paris.

AUBERTIN (C.), 1984.— À propos des pêches industrielles au Sénégal. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.*, 20 (1) : 107-123.

BARD (F.X.), 1990.— Note sur l'état des stocks de poissons de chalut en Côte-d'Ivoire. Rapp. ORSTOM, 22 p.

BARD (F.X.) et AMON KOTHIAS (J.B.), 1986.— La pêche thonière. Rapp. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan : 55-76.

BAUDIN-LAURENCIN (F) et REBERT (J.P.), 1970.— La pêche thonière à Abidjan de 1966 à 1969. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 37-61.

BERRON (H.), 1979.— La pêche. *In* : Atlas de Côte-d'Ivoire. Ministère Plan/ORSTOM/Institut Géographie tropicale, Partie C4b.

BERRON (H.), 1980.— Tradition et modernisme en pays lagunaires de basse Côte-d'Ivoire. Éd. Ophrys, 386 p.

BOUBÉRI (D.) et KONAN (J.), 1984.— Rapport succinct de recherche en Côte-d'Ivoire, 1982-83. National management and research reports, *FAO/CECAF/TECH. /84/61* : 133-138.

BOUBÉRI (D.), HIÉ DARÉ (J.P.), KONAN (J.), 1983.— La pêche artisanale maritime en Côte-d'Ivoire : potentiel de pêche. *Arch. Scient. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (1) : 11-29.

BRULHET (J.), 1984.— Les pêches industrielles en Côte-d'Ivoire : bilan et situation actuelle, stratégie et perspectives de développement. Rapp. Ministère Développement rural Côte-d'Ivoire, 12 p.

BRULHET (J.), 1986.— La pêche thonière : crise et perspective. *Revue Mer*, 14 : 50-53.

CAVERIVIÈRE (A.), 1982.— Les espèces démersales du plateau continental ivoirien : biologie et exploitation. Thèse Doct. État, Univ. Aix-Marseille-II, tome I, 415 p.

CEAMP (Cellule économique d'appui au ministère des Pêches et de L'Économie maritime de Mauritanie) et SEDES, 1987.— Analyse économique du secteur pêche, Rapp. SEDES, 151 p.

CHABOUD (C.) et CHARLES DOMINIQUE (E.), 1991.— Les pêches maritimes artisanales en Afrique de l'Ouest : état des connaissances et évolution de la recherche. *In* : La recherche face à la pêche artisanale, Durand (J.R.), Lemoalle (J.), Weber (J.) éd. Paris, ORSTOM, *Coll. Sém.* : 99-141.

CHABOUD (C.) et DÈME (M.), 1991.— Ressources instables et pêche semi- industrielle : les exemples sénégalais et ivoirien. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 67-79.

CHABOUD (C.) et KÉBÉ (M.), 1986.— Les aspects socio-économiques de la pêche maritime artisanale au Sénégal : mutations technologiques et politiques de développement. Comm. Conf. internationale sur la pêche, Rimouski, 10-15 août 1986, 26 p.

CHABOUD (C.) et KÉBÉ (M.), 1989.— La distribution en frais du poisson de mer au Sénégal. Commerce traditionnel et interventions publiques. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.*, 25 (1-2) : 125-143.

CHABOUD (C.), KÉBÉ (M.), AMHED (A.O.), DIOP (H.), 1988.— Éléments sur la pêche artisanale mauritanienne. *Bull. CNROP Nouadhibou*, 16 (1) : 1-48.

CHARNEAU (D.), 1988.— L'économie du thon au Sénégal : intégration nationale et internationalisation de la filière. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 109, 192 p.

CHAUVEAU (J.P.), 1986.— Une histoire maritime africaine est-elle possible ? Historiographie et histoire de

la navigation et de la pêche africaines à la côte occidentale depuis le XVe siècle. *Cah. Études Africaines*, 26 (1-2) : 173-235.

CHAUVEAU (J.P.), 1989.— Histoire de la pêche industrielle au Sénégal et politiques d'industrialisation. Ire partie : Cinq siècles de pêche européenne (du XVe siècle au milieu des années 1950). *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.* , 25 (1-2) : 237-258.

COLLART (A.), 1986.— Planification du développement des pêches artisanales en Afrique de l'Ouest : production et traitement du poisson, ses aspects matériels, techniques et socio-économiques. Programme de Développement intégré de la Pêche artisanale en Afrique de l'Ouest, Rapp. DIPA/WP/7, 67 p.

COMOE (C.), 1984.— Impact de la pêche thonière sur le port d'Abidjan. Mém. ENSA Rennes/CRO Abidjan, 37 p.

FAO, 1982.— Rapport du groupe de travail ad hoc sur la sardinelle des côtes de Côte-d'Ivoire/Ghana /Togo. *FAO/COPACE/TECH. /82/40*, 75 p.

CORMIER (M.C.), 1983.— La pêche en Côte-d'Ivoire : mise au point des connaissances et perspectives. Mém. DEA, Univ. Paris-X, 91 p.

COUTY (P.), 1973.— Éléments d'économie des pêches appliqués à l'Afrique noire. Rapp. ORSTOM, 56 p.

DELAUNAY (K.), 1986.— Étude des activités de pêche sur les côtes d'Ivoire, de l'Or et des Esclaves à travers les textes anciens (1500-1750). Mém. DEA, Univ. Paris-I, 112 p.

DELAUNAY (K.), 1988a.— Mission sur le littoral Alladian du 13 au 26 juin 1988. Rapp. ORSTOM, 30 p.

DELAUNAY (K.), 1988b.— L'expansion des pêcheurs ghanéens sur les côtes ouest africaines : le cas de la Côte-d'Ivoire (premier bilan de recherches). Rapp. ORSTOM, 60 p.

DELAUNAY (K.), 1990.— Les pêcheurs ghanéens Fanti et Éwé sur le littoral ivoirien ; problématique de recherche. Table ronde, Montpellier, 7 juin 1990, Rapp. ORSTOM, 17 p.

DIABY (S.), 1986.— Bénéfices économiques de la pêche thonière étrangère en Côte-d'Ivoire. Doc. Int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 17 p.

DIAW (M. C.), 1986.— Gestion des unités de pêche et rapport de production : la portée théorique et pratique du systhème des parts. *In* : Le Reste (L.), Fontana (A.), Samba (M.) éd., L'estuaire de la Casamance. Actes Sém. Ziguinchor, 19-25 juin 1986. ISRA/CRODT, Dakar : 203-204.

DIAW (M. C.), 1989.— Partage et appropriation. Les systèmes de parts et la gestion des unités de pêche. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.*, 25 (1-2) : 67-87.

Direction des pêches maritimes et lagunaires, 1978.— Bilan des pêches ivoiriennes en 1977-1978. Rapp. Ministère Production animale Côte-d'Ivoire, 28 p.

DOMINGO (J.), 1980.— Aspects de l'évolution récente des pêches artisanales de la Côte-d'Ivoire. *NOROIS, Rev. Géog. de l'ouest et des pays de l'Atlantique nord*, 106 : 181-198.

DOUMENGE (F.), 1962.— Problèmes et perspectives de l'organisation des économies de pêche maritime dans les États de l'Afrique occidentale en 1962. *Bull. Section Géog. Comité Travaux Hist. et Sci.*, 75 : 219-282.

ÉCOUTIN (J.M.), 1992.— Dynamique des flottilles en pêche artisanale ; l'exemple des sennes tournantes de Côte-d'Ivoire. Paris, ORSTOM, *Études et thèses*, 212 p..

ÉCOUTIN (J.M.), DELAUNAY (K.), KONAN (J.), 1993.— Les pêches artisanales maritimes. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 537-549.

FONTANA (A.), CAVERIVIÈRE (A.), FONTENEAU (A.), CHABOUD (C.), 1989.— Bilan et enjeux des pêches maritimes en Afrique de l'Ouest. Possibilités et pertinence des interventions. Rapp. ORSTOM, 85 p.

FONTENEAU (A.), 1970.— La pêche au chalut sur la plateau continental ivoirien : équilibre maximal des captures. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 31-35.

FONTENEAU (A.), 1971.— La pêche au chalut en Côte-d'Ivoire : maximum de rendement économique. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2 (1-2) : 31-39.

FONTENEAU (A.), 1989.— Variation du prix de vente du thon par espèce et catégorie de taille de 1970 à 1987 : effets possibles sur les changements de stratégies de pêche des senneurs. *ICCAT SCRS/89/48*, 17 p.

FONTENEAU (A.) et PALLARES (P.), 1989.— Évolution récente des stratégies de pêche thonière des senneurs dans le golfe de Guinée. *ICCAT SCRS/89/52*, 48 p.

GARCIA (S.), 1978.— Bilan des recherches sur la crevette rose de la Côte-d'Ivoire et conséquence en matière d'aménagment. *Doc. Scient. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (1) : 1-41.

GAGNEPAIN (J.Y.), 1978.— Analyse économique de l'évolution de la pêcherie intertropicale française. Mém. ENSA, Rennes, 108 p.

GRUVEL (A.), 1913.— L'industrie des pêches sur la côte occidentale d'Afrique (du cap Blanc au cap de Bonne Espérance). Larose Éd., 193 p.

GUINGUENO (A. M.), 1986.— La pêche artisanale et la transformation de la production sardinière à Abidjan. Mém. DEA, Univ. Paris-I, 106 p.

HIÉ DARÉ (J.P.), 1986.— La pêche artisanale maritime. Rapp. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan : 77-82.

HUGON (P.), 1988.— L'industrie agro-alimentaire : analyse en terme de filière. *Rev. Tiers-Monde*, 115 : 665-693.

KONAN (J.), 1986.— La pêche maritime ivoirienne sur le plateau continental ivoirien. Rapp. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan, : 21-31.

KONAN (J.) et BARD (F.X.), 1986.— La pêche des petits pélagiques. Rapp. Centre. Rech. Océanogr. Abidjan : 43-50.

LAGOIN (Y.) et SALMON (G.), 1967.— Étude technique et économique comparée de la distribution du poisson de mer dans les pays de l'ouest africain - Côte-d'Ivoire. Rapp. SCET Coopération, 83 p.

LALOË (F.) et WEBER (J.), 1986.— Les unités d'observation dans l'étude des milieux ruraux : région cacaoyère du Sud-Cameroun et pêche artisanale sénégalaise. Rapp. AMIRA N° 49, Les unités d'observation : 77-91.

LASSARAT (A.), 1958.— La pêche en Côte-d'Ivoire. *Rev. Trav. ISTPM*, 22 (1) : 31-64.

LAWSON (R. M.), 1984.— Economics of fisheries development. Londres, Frances Pinter, 283 p.

LECAILLON (F.), 1976.— L'artisanat du poisson : Vridi et la cité de fumage. Mém. Maîtrise géographie tropicale, Univ. Abidjan, 133 p.

LHOMME (F.) et VENDEVILLE (Ph.), 1990.— La crevette rose, *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967) en Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 489-520.

LUGINBÜHL (N.), 1984.— Rapport sur les conflits entre pêche artisanale et pêche industrielle en Côte-d'Ivoire. Rapp. FAO, 35 p.

MOAL (R.A.) et WOITELLIER (E.), 1984.— Étude des conditions de production, de stockage, de traitement et de commercialisation des produits de la pêche dans les pays côtiers de l'Afrique de l'Ouest : de la Mauritanie au Congo. Rapp. SCET International, 296 p.

POSTEL (M.), 1950.— La pêche en Côte-d'Ivoire. Congrès des pêches et des pêcheries dans l'Union française d'outre-mer. Institut colonial Marseille, 11-13 octobre 1950 : 160-169.

RAYNAUD (M.), 1991.— L'économie thonière : une économie à l'échelle mondiale. *In* : Actes de la Conférence thonière régionale pour l'océan Indien S-W, Antananarivo (Madagascar), 9-12 mai 1990, Le Gall (J.Y.), de Reviers (X.), Roger (C.) éd. Paris, ORSTOM, *Coll. Sém.* : 9-16.

REY (H.), 1989.— Étude économique de la pêche aux petits métiers en Languedoc-Roussillon. Rapp. Centre d'Études de Projets, Univ. Montpellier-I, 211 p.

ROCH (J.), 1988.— Le rôle des importations dans la consommation alimentaire en Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.*, 24 (4) : 521-535.

SURGY (A. DE), 1965.— Les pêcheurs de Côte-d'Ivoire. Tome I : Les pêcheurs maritimes (3 fascicules), CNRS-CNDCI-IFAN, 224 p.

WEBER (J.) et FONTANA (A.), 1983.— Pêches et stratégies de développement discours et pratiques. Comm. réunion stratégies développement pêches, FAO Rome 10-14 mai 1983, 11 p.

WEBER (J.) et DURAND (M. H.), 1986.— Le secteur des pêches dans les pays d'Afrique ONUDI, Comm. réunion préparatoire pour l'Afrique en vue première consultation industrie pêche, Dakar 16-19 septembre 1986, 67 p.

VERDEAUX (F.), 1979.— La pêche lagunaire en Côte-d'Ivoire : contexte sociologique et formes d'exploitation du milieu naturel. Comm. Séminaire UNESCO écosystèmes côtiers, Dakar, juin 1979, 7 p.

VERDEAUX (F.), 1980.— Contribution à une problématique des systèmes de production piscicoles : l'exemple de la pêche artisanale lagunaire en Côte-d'Ivoire. Rapp. ORSTOM, 12 p.

WEIGEL (J.Y.), 1989.— La commercialisation du poisson en pays lagunaire ivoirien. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 137 p.

WEIGEL (J.Y.), à paraître.— Socio-économie des pêches en région lagunaire ; l'exemple des circuits et des stratégies de commercialisation. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. II- L'exemple de la lagune Ébrié. Paris, ORSTOM.

CONCLUSION

Cet ouvrage rassemble donc, en dix-neuf contributions, les résultats d'une trentaine d'années d'observations et d'études sur l'écosystème marin de Côte-d'Ivoire.

Pour permettre au lecteur de retrouver rapidement l'essentiel de l'information sur les connaissances acquises, il a semblé utile de rédiger un dernier chapitre qui établisse de façon concise un bilan des recherches. Il est aussi apparu souhaitable de mettre en évidence les voies de recherche les plus fécondes, de manière à combler les principales insuffisances et lacunes, et surtout à conforter et valoriser les travaux qui se sont révélés les plus prometteurs et les plus importants tant au plan fondamental qu'à celui de la gestion des ressources.

État des connaissances

On peut considérer aujourd'hui que le milieu physique est bien décrit et que sa variabilité est cernée. Il ressort de l'analyse des mécanismes qui interviennent dans l'évolution des phénomènes hydrologiques observés (upwelling, montée de la thermocline) qu'un rôle déterminant est joué par les vents à la côte (intensité, orientation) et par la circulation sur le plateau continental. La modification du régime des courants semble, en particulier, être l'un des facteurs essentiels des changements récents qui ont affecté la répartition des eaux froides sur le plateau continental et celle des populations de petits pélagiques côtiers.

La géologie et la sédimentologie ont fait l'objet de recherches approfondies. Une carte sédimentologique des fonds a été dressée. On connaît mal cependant la dynamique de la matière organique au contact eau-sédiment.

La variabilité dans le temps et l'espace des teneurs en sels nutritifs, de la production primaire et du cycle du zooplancton est maintenant connue, de même que celle des structures des peuplements de phyto- et de zooplancton. On a pu déterminer également les influences respectives des remontées d'eau froide et des apports continentaux sur la dynamique et la production de l'écosystème pélagique.

Les communautés du macrobenthos ont été définies et leurs caractères précisés ; une carte bionomique des fonds situés entre Jacqueville et Grand-Bassam a été tracée. Des données sur les variations saisonnières de la composition faunistique et de la biomasse ont été acquises mais sont encore à compléter.

Les relations trophiques entre les poissons et les échelons antérieurs de l'écosystème ne sont, le plus souvent, connues qu'au plan qualitatif. Parmi les autres aspects de l'écologie et de la biologie des pois-

sons, on notera les résultats obtenus dans le domaine de la synécologie (caractérisation des peuplements), des variations saisonnières et journalières, de la biologie des espèces (croissance, reproduction).

En dépit de tout cet acquis, il manque encore trop d'informations sur certains niveaux de la chaîne trophique pour évaluer et suivre les flux d'énergie. On ne sait rien en effet des populations de bactéries, de nano- et picoplancton, de phyto- et meiobenthos dont le rôle dans la production est vraisemblablement essentiel.

Il reste cependant que les facteurs explicatifs les plus importants (upwellings, courants, eaux continentales) qui interagissent sur les équilibres de l'écosystème et dont la variabilité commande celle de la production, notamment la production finale exploitée, sont maintenant bien identifiés.

Lors des deux dernières décennies on a assisté à des modifications brutales au sein des peuplements ichtyologiques : c'est, au début des années 1970, l'extraordinaire développement, que rien ne laissait prévoir, de *Balistes carolinensis* ; c'est, en 1973, l'effondrement du stock de *Sardinella aurita*, cette dernière espèce reconstituant sa population quelques années plus tard et voyant, à partir de 1981, son abondance fortement augmenter dans l'ouest. Ces événements doivent être mis en relation avec le phénomène de sécheresse des années 1970 d'une part, avec une modification du régime des courants (courant et sous-courant de Guinée) aboutissant à une répartition différente de la température des eaux côtières en saisons froides d'autre part.

On est encore loin, cependant, de comprendre dans le détail les processus qui, à partir des variations des facteurs climatiques et hydroclimatiques, de leur action sur les productions primaire et secondaire et de leur influence directe sur les espèces, finissent par avoir de profondes répercussions sur les stocks, de petits pélagiques notamment.

Les études d'halieutique ont toujours occupé une part essentielle de l'effort de recherche en Côte-d'Ivoire. Les résultats obtenus sont, de ce fait, nombreux, détaillés, et ont permis de formuler des propositions précises en matière de gestion des pêcheries.

L'utilisation des modèles globaux (qui expriment la production en fonction de l'effort de pêche) dans l'étude des stocks démersaux confirme qu'une chute des rendements s'est produite depuis 1971, conséquence de la prolifération des balistes, et que l'effort exercé sur les stocks est trop important. Les modèles analytiques de production qui nécessitent l'acquisition de données biologiques sur les principales espèces (croissance, classes de taille) ont fait apparaître que l'adoption d'un maillage plus grand pour le chalut (maille étirée de 66 mm au lieu de 40) aurait pour conséquence une augmentation générale des rendements (de 11 % en poids et probablement davantage en valeur, compte tenu des tailles plus grandes des poissons mis sur le marché), et une meilleure préservation du capital de reproduction. Les chalutages expérimentaux qui se sont succédé de 1966 à 1986 se sont révélés efficaces pour étudier la répartition des espèces et de leur abondance, estimer la production et la comparer à l'évaluation tirée des données de la pêche commerciale, déceler les biais des modèles ainsi qu'évaluer le potentiel des ressources non exploitées commercialement telles que le baliste. On peut conclure à l'examen de l'ensemble des résultats que les ressources démersales sont relativement stables bien que surexploitées et qu'elles peuvent faire l'objet d'un aménagement.

Les crevettes pénéides constituent une population démersale particulière, susceptible d'être exploitée à la fois en mer (phase adulte) et en lagune (phase juvénile). Un modèle très élaboré a été mis au point il y a quelques années ; il ne suffit plus aujourd'hui pour conduire une exploitation qui s'est profondément modifiée.

Les ressources en petits pélagiques côtiers comprennent des espèces dont l'abondance est relativement stable et d'autres qui fluctuent énormément. *Sardinella maderensis* est l'espèce la plus importante du premier groupe ; des modèles de production lui ont été appliqués dont la précision a été accrue par la prise en compte de variables de l'environnement. Le deuxième groupe est dominé par *Sardinella aurita*, dont l'abondance, très variable, dépend étroitement du succès du recrutement, c'est-à-dire du nombre de jeunes arrivant dans la pêcherie ; ce recrutement est lui-même sous la dépendance des conditions de l'environnement et de l'effort de pêche de la flotte artisanale ghanéenne qui exploite les très jeunes sardinelles. Le stock adulte de *Sardinella aurita*, réparti sur le Ghana et la Côte-d'Ivoire, est par ailleurs plus ou

moins vulnérable à la pêche en fonction de la variabilité hydroclimatique et peut être entièrement décimé (1973), ou en expansion inattendue (décennie 1980). Plusieurs modèles, qui incluent des paramètres du milieu, ont été proposés, mais ils restent plus explicatifs que prédictifs.

Les ressources thonières sont étudiées dans le cadre de programmes internationaux discutés au sein de l'ICCAT. Le CRO d'Abidjan apporte une contribution majeure à ces recherches à la fois par la récolte des données de base et la réalisation d'opérations de marquage. Un système prévisionnel des prises, « Prévi-pêche » a été mis au point au CRO et a apporté une aide appréciée des professionnels en leur indiquant les zones où les probabilités de capture sont les plus élevées. Les modèles de gestion élaborés permettent de suivre l'évolution du stock avec une bonne précision ; ces modèles intègrent des données de base sur l'exploitation (statistiques de pêche, prix...), sur la biologie des espèces, ainsi que des variables de l'environnement.

Les espèces peu ou pas exploitées sont peu nombreuses en Côte-d'Ivoire. Il faut citer d'abord le baliste dont les concentrations sont importantes d'après les résultats des campagnes de chalutage et d'écho-intégration. Ce poisson peut être consommé frais (mais il n'est pas apprécié pour l'instant en Côte-d'Ivoire) ou transformé en farine (une étude technique sérieuse reste à entreprendre) ; par ailleurs, des signes évidents de réduction du stock sont apparus ces dernières années. L'anchois est activement pêché au Ghana mais il semble moins côtier sur le littoral ivoirien alors que de nombreux bancs sont signalés dans la partie externe du plateau continental où des œufs et larves ont également été récoltés en abondance lors des campagnes d'étude de l'ichtyoplancton de 1969-1971. La petite taille de l'anchois du golfe de Guinée pose cependant le problème de son utilisation. Les auxides, petits thonidés vivant au large mais se rapprochant souvent des côtes, constitueraient d'importantes populations, du moins si l'on en juge par l'abondance de leurs larves, comparée à celle des larves des autres thons. Enfin, le stock de crabes rouges profonds de la pente continentale, s'il a fait l'objet de prélèvements sporadiques, n'est toujours pas exploité de façon régulière et raisonnée.

La revue de l'information disponible montre une importante carence de la connaissance dans le domaine des sciences humaines, avec notamment l'absence préjudiciable d'une enquête-cadre et d'un suivi minimal des paramètres fondamentaux. En effet, hormis les aspects commerciaux et une approche ethno-historique de la pêche artisanale, les différentes formes d'exploitation des ressources marines ivoiriennes restent à étudier. Outre l'effectif limité des investigations menées, on note qu'il s'agit plutôt d'expertises ponctuelles que de véritables programmes de recherche. La tentative de synthèse qui a été faite témoigne en outre du caractère juxtaposé des démarches, tant au niveau des champs géographiques sur lesquels portent les études que de l'absence d'articulation de leurs problématiques.

Voies de recherche, propositions

Ces propositions visent d'abord à compléter et valoriser les connaissances et données déjà acquises ; elles seront mentionnées par ordre d'importance croissante, la dernière insistant sur une surveillance du milieu, indispensable pour pouvoir progresser dans le contrôle de l'exploitation des ressources vivantes.

Les réseaux trophiques pélagiques sur le plateau continental et au large

L'hypothèse a été avancée, dans le chapitre consacré aux sels nutritifs, de deux écosystèmes pélagiques distincts, sur le plateau continental, d'une part, et à quelques milles au large de la rupture de pente, d'autre part. Il conviendrait, en menant des recherches sur les données historiques, de confirmer les différences de structure hydrologique en saison froide (upwelling dans un cas, remontée de la thermocline dans l'autre), puis de mesurer la taille des organismes phytoplanctoniques présents en saison froide dans l'un et l'autre milieu ; si l'hypothèse est correcte, il faut s'attendre à rencontrer une dominance d'espèces de forte taille sur le plateau (diatomées, dinoflagellés, etc.), de petite taille au large (pico- et nanoplancton) comme c'est le cas à l'équateur.

La flore et la faune benthiques

L'étude du phyto- et du méiobenthos, échelons trophiques vraisemblablement importants dans le sys-tème benthique pour leur contribution à la production, n'a toujours pas été abordée et ne peut l'être que par des spécialistes qu'il sera d'abord nécessaire de former.Le macrobenthos a, en revanche, fait l'objet de nombreux travaux, qu'il conviendrait cependant de compléter en étudiant la répartition des densités et des biomasses sur tout le plateau. Une fois ces données acquises, il est important de suivre les peuplements au niveau de détail des grands groupes zoologiques (effectifs, biomasses) pour faire ressortir les variabilités saisonnières et interannuelles ; en effet, l'abondance du macrobenthos, aux dépens duquel s'alimentent les poissons démersaux, peut être une variable intéressante à introduire dans les modèles de production.

La bactériologie marine

Ce sujet n'a, lui aussi, pas encore été abordé alors que les bactéries constituent un des compartiments fondamentaux du cycle de la matière organique dans les eaux marines. Les bactéries sont en effet responsables de la minéralisation de la matière organique produite par les autres échelons de l'écosystème et de la production de particules vivantes, base d'un réseau trophique. L'étude des bactéries est particulièrement importante dès lors qu'il y a apport notable de matière organique d'origine exogène dont on veut connaître le devenir. Seuls cependant des chercheurs très spécialisés disposant de laboratoires bien équipés peuvent entreprendre de tels travaux.

La dynamique de la matière organique dans le sédiment

Une partie de la matière organique produite par l'écosystème ou d'origine externe sédimente sur le fond. Son analyse biochimique permet de déterminer sa composition, donc sa valeur nutritive, et de connaître son origine (apports continentaux directs par les fleuves ou après transit par le système lagunaire, production océanique). Sa dynamique est également intéressante à appréhender : phénomènes d'accumulation-piégeage dans le sédiment, de dégradation par les bactéries, d'échanges au contact eau-sédiment, de bioturbation du substrat par les organismes benthiques fouisseurs favorisant la pénétration d'oxygène et la dégradation.

La circulation sur le plateau continental et le long de la bande littorale

Le facteur circulation intervient de façon primordiale dans la répartition des températures de surface et peut donc influer considérablement sur l'écosystème et sa composante exploitable ; de plus, la rétention ou la dispersion des larves planctoniques, dont le recrutement dépend largement, sont aussi fonction du régime des courants. Enfin, les courants proches de la côte (dérive littorale) sont responsables du transport de sable et de l'érosion du littoral. Il est donc très important de surveiller cette variable de l'environnement marin par les moyens les plus appropriés (réseaux de courantographes, etc.).

La biologie des espèces d'intérêt commercial

Bien des lacunes subsistent encore en ce domaine même si les résultats des études réalisées en d'autres régions du golfe de Guinée peuvent, pour la plupart, s'appliquer aux stocks de Côte-d'Ivoire.

Les données sur l'alimentation restent encore très qualitatives. On ne sait rien des quantités ingérées, des rythmes alimentaires, des temps de transit intestinal, des coefficients d'assimilation. Des précisions sont également à apporter, dans certains cas, sur la reproduction. Et surtout, il est indispensable de vérifier les paramètres de croissance attribués à certaines espèces, en faisant appel aux récents progrès dans la lecture des structures osseuses. Parallèlement, des mesures plus précises de la composition en âge des populations devraient améliorer sensiblement les résultats des modèles. Ces observations sont valables aussi bien pour les espèces démersales que pélagiques côtières et hauturières.

La pêche artisanale en mer

Le développement de la pêche artisanale au cours de la dernière décennie rend nécessaire la mise en place d'un programme de recherche intégré. Des données sont à acquérir sur les unités de pêche, les méthodes, les stratégies d'exploitation, les captures, l'effort, aussi bien dans le cas des pêcheries démersales que pélagiques. Ce qui nécessite la mise en place d'un réseau d'enquêteurs, l'application d'un système d'échantillonnage biologique fiable, la mise au point de modèles d'exploitation adaptés.

La socio-économie des pêches

Après le constat dressé au paragraphe « État des connaissances », on doit recommander un renforcement des investigations dans le domaine des sciences humaines en envisageant de façon complémentaire la réalisation d'un programme de collecte de données et le développement de plusieurs axes de recherche.

Enquête-cadre et collecte de données

L'obtention d'informations socio-économiques paraît être une phase indispensable et prioritaire. Une enquête-cadre respectant le principe de la représentativité est un préalable nécessaire pour saisir le degré d'homogénéité des pêcheries par rapport aux facteurs de production mis en œuvre et aux modes de production. Elle permettra d'établir des typologies fonctionnelles orientant les choix quant à l'échantillonnage des sites ou des types de pêche et d'appréhender les contraintes et les interactions entre pêcheries.

Cette enquête-cadre devrait aboutir en outre à une définition plus pertinente des paramètres devant faire l'objet d'un suivi. La collecte de ces données socio-économiques est à entreprendre en articulation avec celle des données biologiques (débarquements, effort de pêche, etc.) afin d'assurer la cohérence spatio-temporelle des informations recueillies. Cette contrainte est particulièrement importante si l'on retient la perspective d'une modélisation bio-économique des pêcheries industrielles.

Parallèlement, plusieurs axes de recherche paraissent intéressants à explorer.

Fonctionnement des pêcheries

Une étude économique des stratégies et du fonctionnement des unités de pêche devra être menée dans le cas de la pêche artisanale à partir des bases ethnohistoriques récemment acquises. Les unités de pêche, fonctionnant dans un univers incertain, posent le problème de la gestion du risque. La problématique microéconomique traditionnelle pourra donc être axée sur les modes d'ajustement à la variabilité et à l'incertitude et recadrée par rapport à l'étude des modes de gestion d'une ressource renouvelable. Par ailleurs, il s'agit de pêcheurs étrangers et l'hypothèse de stratégies spécifiques (plus opportunistes, itinérantes, etc.) devra être testée.

De même, l'étude des comportements stratégiques des unités de pêche industrielle pourra être abordée au niveau des tactiques de pêche, de l'investissement et du mode de production. De telles investigations, déjà initiées par les biologistes dans le domaine de la pêche thonière, doivent être menées dans le cadre de programmes communs.

Dynamique du secteur de la pêche

Une recherche sur la dynamique du secteur devra s'attacher à l'analyse des phases d'adaptation et de transformation du secteur. Cette approche a pour objet la compréhension des facteurs explicatifs du développement ou de la régression des pêcheries, voire des transformations techniques de l'outil de production. Il s'agit d'identifier l'éventuelle existence de corrélation avec les variations de la ressource ou avec des cycles économiques plus généraux. Ainsi, l'exemple du développement des activités des pêcheurs Éwé, dû à la croissance de la ville d'Abidjan dans les années 1970 et à l'augmentation de la ressource après 1980, pose la question de savoir qui du marché ou de la ressource détermine l'essor de l'activité et si les formes de réponse trouvées sont les mêmes dans tous les cas.

Étude macroéconomique

À un niveau macroéconomique, le développement des importations de petits pélagiques congelés conduit à s'interroger sur les priorités en matière de bénéfice social pour la collectivité. Un tel programme doit permettre d'envisager les arbitrages en terme de régulation économique publique, non seulement en fonction des différentiels d'effets induits, mais aussi par rapport aux contraintes imposées par les programmes d'ajustement structurels.

C'est justement à ce niveau macroéconomique et à une échelle supranationale que doit impérativement être abordée l'étude de la filière thonière.

SURVEILLANCE DE L'ÉCOSYSTÈME ET DE SES RESSOURCES

C'est l'activité à mener en priorité de façon à valoriser les précédentes études sur l'environnement et à cerner les causes de fluctuation des captures en vue d'une meilleure gestion des stocks.

Acquisition en continu de données sur l'environnement

Il s'agit de réaliser, chaque semaine, le long d'une radiale au sud de Vridi, sur fonds de 20, 40, 65, 90, 120 m, des mesures de vent, de température, salinité, courant, transparence, chlorophylle *a*. À la station 40 m, on estimera le volume de zooplancton sédimenté, qui servira d'indice de biomasse, un sous-échantillon étant conservé au formol pour constituer un fonds d'« archives biologiques » susceptible d'être consulté en cas d'événement écologique remarquable. On suivra également, à une échelle de temps plus large, de 15 jours à 3 semaines, les densités et les biomasses du macrobenthos sur la radiale.

Le dispositif doit être complété par l'exploitation d'une unité climatologique installée au phare de Port-Bouët et des mesures quotidiennes de température de surface à la côte en des points répartis sur le littoral, au minimum à San Pedro, Port-Bouët et Assinie.

Suivi des stocks exploités

Poursuivre la collecte des données de pêche est absolument nécessaire. Le système aujourd'hui en application doit être examiné, critiqué, amélioré. Le programme d'échantillonnage au débarquement qui permet d'obtenir les mensurations et les autres paramètres biologiques est à discuter et amplifier. Il faut reprendre la collecte des statistiques de pêche crevettière en lagune, interrompue malheureusement depuis plusieurs années. Enfin, les débarquements de la pêche artisanale en mer doivent faire l'objet d'un échantillonnage très soigneusement élaboré du fait même de la difficulté de l'entreprise. Il conviendra, bien entendu, de lier le recueil des données de pêche habituelles à celle de paramètres socio-économiques.

L'organisation de campagnes expérimentales de chalutage et d'écho-intégration reste souhaitable de façon à contrôler les résultats tirés de l'exploitation des statistiques de pêche. Les campagnes d'écho-intégration devront couvrir l'ensemble de la zone Côte-d'Ivoire - Ghana pour obtenir une vision de l'écosystème pélagique dans sa totalité, certains stocks de petits pélagiques étant communs aux deux pays.

Ainsi que le fait remarquer le Dr LONGHURST dans sa préface, il est peu d'aires océaniques intertropicales où l'on dispose d'autant de connaissances scientifiques. Il s'agit d'un modèle d'écosystème limité en superficie et qui fonctionne selon un schéma relativement simple avec un rythme saisonnier régulier (apparition de l'upwelling, crues des fleuves). Dans ce contexte, tout écart, tout phénomène exceptionnel peut être perçu et son interprétation, en fonction des paramètres climatiques, entreprise avec le sentiment de pouvoir aboutir à un résultat. Il faut souhaiter que les responsables de la recherche en Côte-d'Ivoire, l'ORSTOM, et la communauté océanographique internationale poursuivent leur effort pour aboutir à une meilleure compréhension du fonctionnement de cet écosystème et du contrôle des ressources biologiques qu'il recèle.

LES AUTEURS

Kouamé AKA
Université nationale de Côte-d'Ivoire, Département des sciences de la terre, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte-d'Ivoire.

Jean-Baptiste AMON KOTHIAS
Centre de recherches océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Robert ARFI
Centre de recherches océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.

François-Xavier BARD
Centre de recherches océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Denis BINET
Antenne ORSTOM, centre IFREMER, rue de l'île d'Yeu, BP 1049, 44037 Nantes cedex 01, France.

Alain CAVERIVIÈRE
Centre ORSTOM, 911, avenue Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.

Rémy CHUCHLA
Centre ORSTOM, BP 165, 97323 Cayenne, Guyane française.

Souleymane CISSOKO
Centre de recherches ccéanographiques, BP V18 Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Christian COLIN
Centre ORSTOM, BP 165, 97323 Cayenne, Guyane française

Karine DELAUNAY
Centre de recherches africaines, 9 rue Mahler, 75006 Paris, France.

Jean- Marc ÉCOUTIN
Centre ORSTOM, BP 1984, Conakry, Guinée.

Yves GALLARDO
Institut océanographique, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France.

Alain HERBLAND
Centre de recherche en écologie marine et aquaculture, BP 5, 17137 L'Houmeau, France.

André INTÈS
Centre ORSTOM, IFREMER, BP 70, 29263 Plouzané, France.

Jacques KONAN
Centre de recherches océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Pierre LE LŒUFF
Antenne ORSTOM, centre IFREMER, rue de l'île d'Yeu, BP 1049, 44037 Nantes cedex 01, France.

Frank LHOMME
Centre ORSTOM, BP 165, 97323 Cayenne, Guyane Française .

Émile MARCHAL
Institut océanographique, 195 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France.

Louis MARTIN
Centre ORSTOM, 72 route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

Martin Alabi MENSAH
Fishery Research Unit, PO Box B62, Tema, Ghana.

Michel PETIT
ORSTOM, BP 172, 97492 Sainte-Clotilde cedex, La Réunion.

Olivier PEZENNEC
Centre de recherches océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.

Hélène REY
IFREMER, 155 rue Jean-Jacques Rousseau, 92138 Issy-les-Moulineaux cedex, France.

Josette SEVRIN-REYSSAC
Laboratoire d'ichtyologie fondamentale et appliquée, Muséum national d'histoire naturelle, 43 rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France.

Michel SLÉPOUKHA
ORSTOM, BP 172, 97492 Sainte-Clotilde cedex, La Réunion.

Jean-Michel STRETTA
Centre ORSTOM, 911, avenue Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France.

Jean-Pierre TASTET
Département de géologie et d'océanographie, université de Bordeaux-I, avenue des Facultés, 33405 Talence cedex, France.

Philippe VENDEVILLE
Centre ORSTOM, BP 165, 97323 Cayenne, Guyane Française.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS
Alassane Salif N'Diaye
5

PRÉFACE
Alan Longhurst
7

Introduction
9

I - Le milieu naturel

1. Le milieu physique

Géographie littorale
Pierre Le Lœuff et Émile Marchal 15

Géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte-d'Ivoire
Jean-Pierre Tastet, Louis Martin, Kouamé Aka 23

Les conditions océaniques du maximum des pluies littorales ivoiriennes en juin
Yves Gallardo 63

Environnements climatique et océanographique sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire
Christian Colin, Yves Gallardo, Rémy Chuchla, Souleymane Cissoko 75

Évolution spatio-temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne
Robert Arfi, Olivier Pezennec, Souleymane Cissoko, Martin Mensah 111

Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire
Alain Herbland et Pierre Le Lœuff 123

2. Vie marine, écosystèmes et production

Phytoplancton et production primaire dans les eaux marines ivoiriennes
Josette Sevrin-Reyssac 151

Zooplancton néritique de Côte-d'Ivoire
Denis Binet 167

La faune benthique du plateau continental de Côte-d'Ivoire
Pierre Le Lœuff et André Intès 195

Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien
Émile Marchal 237

Les peuplements ichtyologiques démersaux. Écologie et biologie
Alain Caverivière 271

II - Les ressources vivantes et leur exploitation

Les ressources thonières de Côte-d'Ivoire
Jean-Baptiste Amon Kothias et François-Xavier Bard 323

Les prises de thonidés et leur environnement au large de la Côte-d'Ivoire
Jean-Michel Stretta, Michel Petit, Michel Slépoukha 353

Les espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire. Ressources et exploitation
Olivier Pezennec, Émile Marchal, François-Xavier Bard 387

Les ressources en poissons démersaux et leur exploitation
Alain Caverivière 427

La crevette rose *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967) en Côte-d'Ivoire
Frank Lhomme et Philippe Vendeville 489

Biologie, écologie et dynamique du crabe rouge profond *Chaceon (ex-Geryon) maritae*. Son exploitation en Côte-d'Ivoire
Pierre Le Lœuff, Jacques Konan, André Intès 521

Les pêches artisanales maritimes
Jean-Marc Écoutin, Karine Delaunay, Jacques Konan 537

L'économie des pêches maritimes ivoiriennes
Hélène Rey 551

Conclusion
579

LES AUTEURS
585

Nous tenons à remercier les divers organisations internationales, universités, instituts de recherche, sociétés d'édition qui nous ont permis d'utiliser des données et de reproduire des illustrations parues dans des publications dont elles détiennent le copyright. Ils sont mentionnés dans la liste suivante avec les numéros de tableaux et de figures qui les concernent, dans chaque contribution.

- Columbia University (*Journal of Physical Oceanography*), Palisades : 271-320, figure 6.
- Éditions du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Paris : 23-62, figure 17.
- Éditions maritimes (*Annuaire de l'armement à la pêche*), Paris : 551-578, tableaux II et V.
- Institut fondamental de l'Afrique noire (*Bulletin de l'IFAN*), Dakar : 123-148, figure 16 ; 151-166, figures 1, 2, 3.
- Institut für Fangtechnik, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hambourg : 537-550, figure 2.
- Instituto de geociencias, universidade de Sao Paulo : 23-62, figure 3.
- International center for living aquatic resources management (ICLARM), Manille : 353-386, figure 16.
- International council for conservation of atlantic tunas (ICCAT), Madrid : 323-352, figures 17, 18, 19.
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Rome : 237-270, figure 1 ; 323-352, figures 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15 ; 387-426, figures 18, 21, tableaux VIIIa, X ; 427-488, figure 4, tableaux XLII et XLIII.
- Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), Paris : 271-320, tableau I.
- The University of Wisconsin press, Madison : 63-74, figure 1.
- Yale University (*Journal of Marine Science*), New Haven : 75-110, figure 28.

« Il est heureux que les circonstances aient permis à plusieurs générations d'océanographes appartenant à l'ORSTOM de réaliser cet ensemble de travaux, probablement unique, sur les océans tropicaux. Certains lecteurs trouveront surprenant, ou même paradoxal, qu'il existe peu de régions, sous aucune latitude, mieux explorées ou comprises que les eaux côtières de l'Afrique occidentale tropicale et notamment de la Côte-d'Ivoire », écrit le Dr Alan LONGHURST dans sa préface...

Les chercheurs ont pu étudier, en effet, au cours des années soixante à quatre-vingt, un modèle océanographique d'une apparente simplicité mais dont la variabilité est tout à fait surprenante. Des progrès fondamentaux ont été réalisés dans la compréhension des relations entre les variables hydroclimatiques, biochimiques, la structure et la dynamique des peuplements phyto- et zooplanctoniques, benthiques, ainsi que celles des stocks exploités. Ces acquis apportent les connaissances nécessaires à une saine gestion des pêcheries.

Cela, cependant, dans une certaine limite car l'observation à long terme de cet écosystème a permis de constater que le milieu marin tropical, physique et biologique, subit de constantes et imprévisibles évolutions : d'année en année, l'upwelling, dont le mécanisme n'est pas encore parfaitement compris, varie ; les apports fluviatiles également ; les stocks exploités subissent de brutales modifications, bien difficiles à expliquer : quasi-extinction du stock de *Sardinella aurita* de 1973 à 1980, répartition puis augmentation des captures, à partir de 1985, jusqu'à un niveau encore jamais atteint ; explosion des populations de *Balistes carolinensis* au début des années 1970 puis régression récente ; fortes fluctuations des prises de crevettes, etc.

Au fur et à mesure de ces recherches, on a réalisé que les premiers schémas explicatifs demandaient à être sérieusement affinés, l'enrichissement du milieu ne dépendant pas seulement de l'upwelling mais d'un ensemble de phénomènes plus complexe. En Côte-d'Ivoire, et ceci est également vrai pour toute autre région, tropicale ou non, il est apparu nécessaire de maintenir un suivi attentif du milieu, alors même que les mécanismes physiques et biologiques qui commandent sa dynamique et sa productivité commencent à être appréhendés.

Dr Alan LONGHURST explains in his preface that "It is fortunate that circunstances have allowed several generations of oceanographers from ORSTOM to perform the work on tropical oceans which, presented here, is probably unique. Some readers will find it surprising, or even paradoxical, that there are few regions of the planet at any latitude that have been more thoroughly explored and understood than the coastal waters of tropical West Africa, and notably the Côte-d'Ivoire."

The researchers in the 60's, 70's and 80's were able to study an apparently simple oceanographic model which variability remains a source of surprises. But fundamental progress has been made in understanding the relationships between hydroclimatic and biochemical variables and the structure and dynamic interplay of the benthonic, the phyto- and zooplankton populations as well as the fish stocks. The knowledge required to manage fishing effectively has thus been acquired.

The above is nevertheless subject to certain limits, as long-term observation of this ecosystem has shown that the physical and biological aspects of the tropical marine environment are subjected to continuous and unpredictable changes. One of these factors, the upwelling — whose mechanism is still not entirely understood — varies from one year to the next. River input also varies, as do fish stocks that undergo abrupt modifications which are often difficult to explain : the practical disappearance of Sardinella aurita *from 1973 to 1980, then explosion in* Balistes carolinensis *populations at the beginning of the 1970's then recent regression ; large fluctuations in shrimp catches, etc.*

The research work performed has shown that the preliminary explanations given need a thorough overhaul as the environment does not derive its richness solely from upwelling, but from a more complex set of phenomena. In the Côte-d'Ivoire, and this applies also for other regions — tropical or not — it has now been realised that attentive monitoring of the environment is required at this time when the physical and biological mechanisms that control its dynamism and productivity are starting to be understood.

ISBN 2-7099-1134-5 (édition complète)
ISBN 2-7099-1135-3 (tome I)

ORSTOM, 213 rue La Fayette, 75480 Paris cedex 10
Éditions, diffusion : 72, route d'Aulnay, 93143 Bondy cedex