

Influence des variations climatiques sur la pêche des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche

Sardinelle
Environnement
Surpêche
Sécheresse
Golfe de Guinée

Sardinella
Environment
Overfishing
Drought
Gulf of Guinea

D. Binet
Orstom, BP A5, Nouméa Cédex, Nouvelle-Calédonie.

Reçu le 13/1/82, révisé le 2/3/82, accepté le 30/3/82.

RÉSUMÉ

Le stock de *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéen donne lieu à une pêche active, mais extrêmement variable d'une année à l'autre. Les prises s'échelonnent habituellement de 8 000 à 40 000 t, mais en 1972, 94 000 t ont été pêchées, ce qui a entraîné un spectaculaire effondrement des débarquements les années suivantes. Depuis 1976, le stock semble se reconstituer.

Le problème est ici réexaminé à la lumière des observations d'océanographie côtière et d'hydrologie continentale effectuées depuis 1966 en Côte-d'Ivoire : mesures de température et de plancton, débit des grands fleuves.

On constate de 1971 à 1978 environ une modification de l'écosystème qui semble coïncider avec la sécheresse qui a sévi sur l'Ouest africain : diminution de la biomasse zooplanctonique, effondrement des stocks de certains pélagiques côtiers : *Scomber japonicus*, *Sardinella aurita*, accroissement spectaculaire des balistes. Certains indices laissent espérer un retour de l'écosystème à une situation normale.

L'effondrement de la pêche de *S. aurita* est vraisemblablement dû à une très forte prise d'immatures à un moment où les conditions écologiques étaient défavorables. Mais, à l'exception des années pendant lesquelles la population se reconstitue progressivement, il semble que les variations de tonnage pêché reflètent la disponibilité du stock, elle-même fonction des conditions hydroclimatiques.

En effet, *S. aurita* est une espèce sténohaline qui migre vers la surface et la côte en période d'upwelling. Mais la période d'upwelling est également celle des crues, or *S. aurita* évite les eaux dessalées. Ainsi la disponibilité de cette espèce est corrélée positivement au refroidissement et négativement au débit des fleuves. En 1972 la sécheresse est vraisemblablement le facteur déterminant l'exceptionnelle disponibilité responsable d'une surpêche catastrophique.

L'exemple de deux autres pêcheries pélagiques côtières montre qu'il y a risque de surpêche catastrophique si le facteur hydrologique augmentant la disponibilité est aussi responsable d'un appauvrissement de la chaîne alimentaire, le risque étant évidemment moindre si ce même facteur est cause d'enrichissement.

Oceanol. Acta, 1982, 5, 4, 443-452.

ABSTRACT

Climatic changes related to the *Sardinella aurita* fishery of the Ivory Coast and Ghana : a drought-overfishing relationship

The *Sardinella aurita* stock off the Ivory Coast and Ghana support an important, though extremely variable fishery. Annual catches usually range from 8 000 to 40 000 t; but in 1972, 94 000 t were taken, and this caused a spectacular decrease in landings during the following years. From 1976 onwards, however, the stock appeared to recover.

Coastal oceanographic observations (temperatures and zooplankton biomass) and terrestrial hydrologic data (river flow), recorded in the Ivory Coast since 1966, were used in a reconsideration of the problem.

Between approximately 1971 and 1978, a change in the ecosystem appears to have coincided with the Sahelian drought : diminution of zooplankton biomass; collapse of some coastal pelagic stocks : *Scomber japonicus*, *Sardinella aurita*; sudden increase of the trigger fish *Balistes carolinensis*. Present indications give rise to hopes that the ecosystem will revert to normal.

The collapse of *S. aurita* is probably due to a high catch of juveniles during the 1972 overfishing, followed by a period of adverse environmental conditions for larvae. But, except for the years during which the population was progressively recovering, variations of tonnage caught reflect the stock availability, which is itself related to hydroclimatic conditions.

S. aurita is a stenohaline species, migrating towards the surface and the shore during the upwelling period. But since floods and upwellings occur during the same season, and since *S. aurita* avoid low salinity waters, there is a positive correlation between the availability of the species and water cooling, and a negative correlation with river flow. In 1972, the drought was probably the cause of the exceptional availability which led to catastrophic overfishing.

Examples from two other pelagic fisheries (the Senegalese *S. aurita*, and the Peruvian *Engraulis*) are discussed. A probability of dramatic overfishing occurs if the hydrological conditions which increase fish availability impoverish the food chain. The risk is obviously less if these conditions lead to a nutrient increase in the ecosystem.

Oceanol. Acta, 1982, 5, 4, 443-452.

INTRODUCTION

Deux espèces de *Sardinella* (*S. aurita* et *S. maderensis*) sont pêchées sur le plateau continental bordant le Ghana et la Côte-d'Ivoire (fig. 1). La pêche artisanale probablement très ancienne, est effectuée par des pirogues; elle est devenue plus efficace à partir de l'utilisation des moteurs hors-bord, qui a débuté en 1958. Dans les mêmes années une pêche industrielle s'est développée avec des sardinières utilisant une senne tournante : en 1955 en Côte-d'Ivoire, en 1959 au Ghana (Marchal, 1966; ORSTOM, 1976).

Des statistiques de pêches ont été établies depuis 1956 en Côte d'Ivoire, mais on estime que l'ensemble des statistiques ivoiro-ghanéennes ne sont correctes que depuis 1963. On a observé depuis longtemps l'existence de fluctuations importantes dans les débarquements de ces deux espèces, tant dans la prise totale que dans la proportion.

Les préférences écologiques des deux espèces ont été distinguées par Marchal (1966) : « *S. aurita* effectuerait des déplacements des fonds de 70-100 m, où elle se trouve quand les eaux superficielles sont chaudes, vers la surface et la côte au moment des remontées d'eaux froides... *S. eba* (synonyme de *S. maderensis*) fuirait les eaux ivoiriennes trop froides pendant l'upwelling, se réfugiant dans les eaux guinéennes situées devant le Libéria ». La plupart des *S. aurita* se trouve vraisemblablement à l'Est du Cap des Trois Pointes. Des marquages effectués au Ghana (Ansa-Emmin, in ORSTOM, 1976) ont montré que leur migration à la côte, en saison froide (juillet-septembre), s'accompagne d'un déplacement vers l'Est, jusqu'au Togo. Ensuite le retour vers l'Ouest s'effectue d'octobre à décembre, mais sur des profondeurs de plus en plus importantes jusqu'à ce que les poissons retrouvent leur habitat d'origine, en bordure du talus continental. La ponte principale a lieu dans les eaux côtières pendant la saison

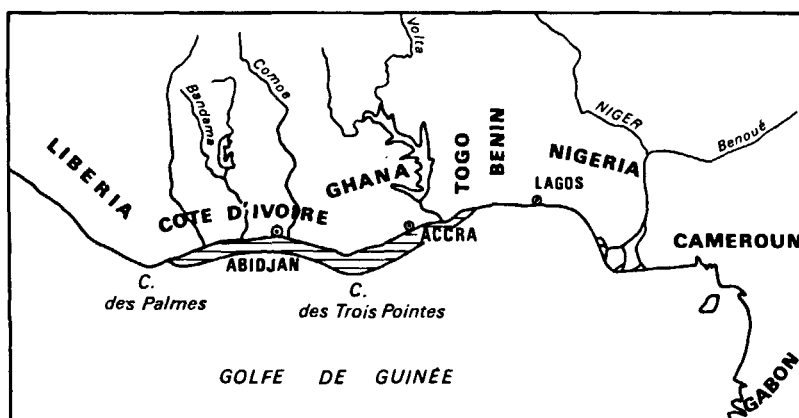


Figure 1
Carte du nord du Golfe de Guinée, montrant les principaux fleuves et l'aire de pêche de *S. aurita*.
Northern area of the Gulf of Guinea, showing main rivers and the fishing area of *S. aurita*.

Figure 2 a

Trait plein : débarquements de *S. aurita* (Ghana + Côte-d'Ivoire).
 Pointillé : débarquements de *S. maderensis* (Côte-d'Ivoire seule).
 Solid line : *S. aurita* landings (Ghana + Ivory Coast).
 Dotted line : *S. maderensis* landings (Ivory Coast).

Figure 2 b

Pointillé : indice d'upwelling à 10 m, Abidjan ($\times 10^{-2}$).
 Trait plein : débit moyen du Bandama et du Comoé près de leur embouchure.

Dotted line : upwelling index at 10 m, Abidjan ($\times 10^{-2}$).
 Solid line : mean flow of the Bandama and Comoé rivers near their mouth.

Figure 2 c

Biovolumes de zooplancton.

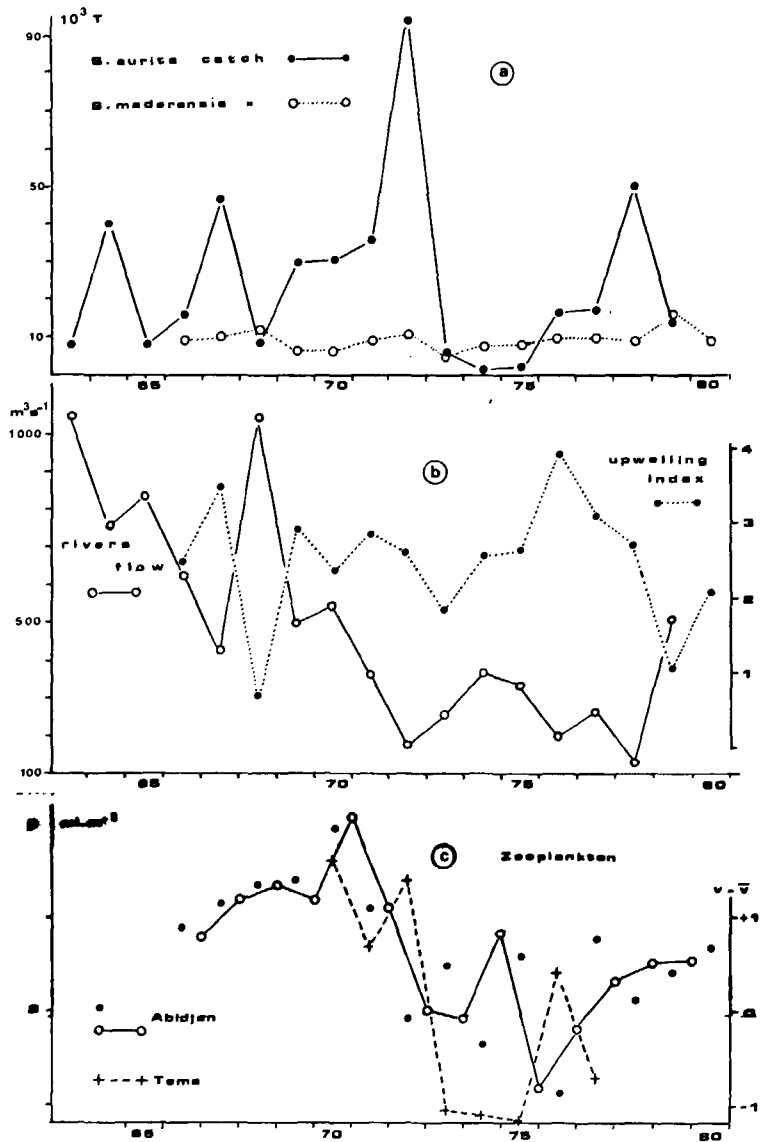
Abidjan, points noirs : moyennes annuelles calendaires, cercles blancs et traits pleins : moyennes annuelles de juin à mai (découpage plus conforme au cycle planctonique : Binet, 1979). Les valeurs des années 1966, 1967 et 1968 sont entièrement calculées au moyen de 12 régressions multiples linéaires (Binet, 1976). De 1969 à 1980 les moyennes annuelles sont calculées à partir des observations bihebdomadaires et éventuellement des valeurs prédites par le modèle mensuel, en l'absence d'observation.

Tema, croix et tiretés : volumes moyens durant l'upwelling, exprimés en écarts à la moyenne. Noter la similitude avec les prises de *S. aurita* (Mensah in FAO, 1980).

Zooplankton biovolumes.

Abidjan, black dots : annual means from January to December, open circle and solid line : annual means from June to May. The 1966, 1967, 1968 biovolumes are computed with 12 linear multiple regressions (Binet, 1976). From 1969 to 1980, annual means are calculated from biweekly sampling, or when a lack of observations, from predicted values.

Tema, cross and broken line : average volumes during upwelling, in deviation from the mean. Note the similarity with the *S. aurita* catches (Mensah in FAO, 1980).



d'upwelling. A la différence de *S. maderensis*, *S. aurita* est sténohaline, on ne la rencontre pas dans des eaux de salinité inférieure à 35‰, aussi elle évite les parties de la côte les plus influencées par le ruissellement terrestre (Postel, in Longhurst, 1971).

On s'attachera ci-dessous à l'espèce *S. aurita* dont les variations de tonnage débarqué sont les plus spectaculaires (fig. 2 a). Les différentes pêcheries ont réalisé des captures totales de 8 000 à 47 000 t/an jusqu'en 1971. En 1972, la pêche est remarquablement élevée (94 000 t), mais les trois années suivantes les prises tombent presque à zéro. A partir de 1976 le stock semble se reconstituer, en 1978 les prises atteignent 50 000 t, elles retombent cependant à 13 000 t l'année suivante.

A la suite des années de pêche catastrophique (1973 à 1975), on craignait la disparition totale de la pêcherie. Celle-ci n'ayant pas eu lieu, il nous paraît opportun de réexaminer cette question à l'aide de données plus complètes.

Parmi les différentes hypothèses avancées pour expliquer l'effondrement de la pêcherie, la plus immédiate semble la surpêche de 1972, portant sur une classe d'âge très importante née en 1971 et juste avant la première ponte (ORSTOM, 1976). Mais cette surpêche est due à

une disponibilité exceptionnelle du poisson, plus qu'à une augmentation de l'effort de pêche. En effet pour les années 1970 à 1972 cet effort est proportionnel à : 6, 19, 14 (ORSTOM, 1976). On peut se demander si cette disponibilité n'a pas été favorisée par certaines modifications de l'écosystème qui auraient, de plus, ralenti la reconstitution d'un stock normal.

SÉRIES CHRONOLOGIQUES UTILISÉES

Ce sont les suivantes (fig. 2 a, b, c) :

— statistiques de pêche depuis 1963 des flotilles de senneurs basées à Tema (près d'Accra) et Abidjan et des pêches artisanales réalisées à partir des pirogues (FAO, 1980) : tableau 1;

— mesures des débits fluviaux depuis 1955 (Service Hydrologique de l'ORSTOM). On a utilisé les données des stations les plus proches des embouchures, mais non influencées par la marée, c'est-à-dire M'basso pour la Comoé et Tiassalé pour le Bandama;

— station côtière bihebdomadaire d'Abidjan, : hydrologie depuis 1966 (Privé, Corre, 1979; 1981), zooplankton depuis 1969 (Le Borgne, Binet, 1979);

Tableau 1

Données utilisées dans la figure 2. Total des débarquements de *S. aurita* au Ghana et en Côte-d'Ivoire (T.); débarquement de *S. maderensis* en Côte-d'Ivoire (T.). Indice d'upwelling à 10 m devant Abidjan; débit moyen du Bandama et du Comoé près de leurs embouchures ($m^3 s^{-1}$); concentration moyenne en zooplancton sédimenté devant Abidjan ($ml.m^{-3}$), moyennes janvier-décembre et juin-mai; concentration moyenne en zooplancton par déplacement devant Tema ($ml.m^{-3}$) en période d'upwelling. D'après différentes sources (cf. § 2.).

Data used in Figure 2. Total annual landings of *S. aurita* in Ghana and Ivory Coast (T.); annual landings of *S. maderensis* in Ivory Coast (T.). 10 m Upwelling index off Abidjan; mean flow of the Bandama and Comoé rivers near their mouths ($m^3 sec^{-1}$); mean settled zooplankton volume off Abidjan ($ml.m^{-3}$) from January to December and from June to May; mean zooplankton displacement volume off Tema ($ml.m^{-3}$) during upwelling. From various sources (see the second paragraph).

Années	<i>S. aurita</i> Ghana + C.I.	<i>S. maderensis</i> C.I.	Indice d'upwelling	Débit des fleuves	Zooplancton		Tema Volumes par déplacement période d'upwelling
					Abidjan volumes sédimentés Janvier-Décembre Juin-Mai		
1963	7 960			1 056			
1964	40 330			758			
1965	8 200			840			
1966	15 770	9 960	248	627	2.45		
1967	47 130	9 850	351	424	2.58	2.41	
1968	8 240	12 350	71	1 091	2.67	2.60	
1969	29 800	6 030	293	499	2.70	2.67	
1970	30 410	6 070	240	548	2.97	2.61	0.651
1971	35 830	8 520	291	364	2.55	3.03	0.564
1972	94 740	10 220	264	176	1.95	2.55	0.630
1973	5 820	4 620	191	256	2.24	2.02	0.387
1974	1 700	7 370	262	370	1.82	1.98	0.381
1975	2 070	7 690	270	335	2.28	2.43	0.375
1976	16 480	9 220	397	197	1.56	1.58	0.535
1977	16 698	9 710	316	266	2.36	1.91	0.422
1978	50 000	8 330	272	124	2.05	2.16	
1979	13 280	15 570	112	511	2.20	2.26	
1980		8 240	216		2.33	2.27	

— biovolumes de zooplancton de la radiale de Téma (Mensah *in* FAO, 1980).

Les valeurs manquantes de ces séries ont été estimées des façons suivantes :

— température à 10 m de la station côtière d'Abidjan : remplacement par les moyennes pluriannuelles pour les trois premiers mois de 1966, par des mesures de capteurs thermiques de courantomètres Aanderaa pour les saisons froides 1978 et 1979;

— biovolumes sédimentés de zooplancton : simulation à partir d'un modèle mensuel de régressions multiples, fonction de la température et du débit des fleuves (Binet, 1976);

— débit du Bandama à Tiassalé et de la Comoé à M'basso : interpolation linéaire ou utilisation de la moyenne pluriannuelle, selon vraisemblance.

Les moyennes annuelles de ces trois paramètres ont été calculées après pondération par quinzaine (température et biovolume de plancton) ou par mois (débits fluviaux).

CHANGEMENTS INTERVENUS DANS L'ÉCOSYSTÈME

Upwelling et fleuves (fig. 2 b)

Les eaux ivoiro-ghanéennes sont enrichies à la fois par des apports terrigènes (ruissellement) et profonds (upwelling). Maximales en saison froide, ces sources de sels nutritifs sont variables d'une année à l'autre. Il est commode d'utiliser un indice d'upwelling pour comparer l'intensité du phénomène sur plusieurs années. On prendra pour cet indice le produit du nombre de quin-

zaines où la température à 10 m s'abaisse au-dessous de 24 °C par l'écart moyen à 24 °C de ces quinzaines. Il apparaît, l'année où les prises se sont effondrées (1973), un léger minimum de cet indice. Néanmoins en 1968 et 1979 l'upwelling est beaucoup plus faible. Tout au long de la série disponible il n'y a pas de tendance visible.

Il n'en est pas de même pour les débits des fleuves Bandama et Comoé qui diminuent assez régulièrement de 1963 à 1978 (exception faite pour l'année 1968). En 1972 et 1978 les minima sont extrêmement marqués. Cette diminution remarquable traduit l'actuel déficit pluviométrique de la zone sahélienne. Il est vraisemblable que l'ensemble des grands fleuves ivoiriens et ghanéens (Volta) suit des variations très proches. Dans les eaux côtières le déficit en apports terrigènes est probablement accentué par la construction du barrage de Kossou sur le Bandama (1972), ainsi que par le barrage sur la Volta. Le ralentissement du courant en amont du barrage doit entraîner une sédimentation et une perte de matières en suspension.

Donc, à l'exception d'une légère anomalie en 1973, les upwellings ne peuvent être tenus pour responsables d'une modification durable du milieu, contrairement aux grands fleuves pour lesquels la période 1971-1978 est largement déficitaire.

Appauvrissement en zooplancton

Les sardinelles sont des planctonophages, *S. aurita* est capable de retenir des particules plus fines que *S. maderensis* (Dia, 1972). On peut raisonnablement s'attendre à ce que le zooplancton influence différemment la fécondité, la taille du stock ou le comportement des deux espèces.

A la station côtière d'Abidjan, les teneurs annuelles en zooplancton (observées ou calculées) décroissent rapidement de 1970 à 1972, puis lentement jusqu'en 1976. A partir de 1976 on assiste apparemment à une remontée progressive des concentrations planctoniques (fig. 2 c). Le zooplancton côtier profite indirectement de l'enrichissement en matériaux terrigènes apportés par les fleuves. La sécheresse particulièrement dramatique de 1972 a privé de ces apports les eaux côtières, entraînant un fort déficit en zooplancton (Binet, 1976). Au Ghana il n'a pas été signalé à ma connaissance de relation entre l'abondance du plancton et les apports terrigènes. Les observations de Mensah (*in* FAO, 1980) ne montrent pas d'anomalie en 1972, mais un déficit très net de 1973 à 1975 (fig. 2 c). On peut supposer que l'appauvrissement en zooplancton observé devant Abidjan n'a pas eu de conséquences immédiates à l'est du cap des Trois Pointes. En effet des migrations verticales ontogéniques entre deux courants opposés ralentissent les pertes par advection hors du golfe ivoirien (Binet, Suisse de Sainte-Claire, 1975; Binet, 1977). Néanmoins, il n'y a pas de cloisonnement entre écosystèmes et toute réduction drastique du plancton et du seston ivoiriens finira par avoir des conséquences au large du Ghana.

En outre, la composition du zooplancton ivoirien a, en 1973, subi une importante modification. L'upwelling s'étant établi tardivement et faiblement, le copépode *Calanoides carinatus*, l'un des principaux constituants du régime alimentaire des Sardinelles (Mensah, 1974) n'a pas atteint l'abondance des années précédentes. En effet le développement de cette espèce n'a lieu dans les eaux côtières ouest-africaines qu'à la faveur de l'upwelling qui s'installe en saison froide (Binet, Suisse de Sainte-Claire, 1975). Mais alors, la multiplication des *C. carinatus* peut être telle que l'espèce devienne largement dominante pendant quelques semaines. Elle représente jusqu'à 60 ou 80 % des effectifs zooplanctoniques au Ghana (Mensah, 1974). Il existe une certaine analogie entre les migrations saisonnières des *S. aurita* et *C. carinatus* : ce dernier passe toute la saison chaude à des profondeurs inférieures à 500 m et ne migre vers la surface et la côte qu'au début du refroidissement.

Durant la saison froide 1973 l'abondance de *C. carinatus* a été réduite au tiers de ce qu'elle était habituellement. Ceci représente apparemment une sérieuse modification de l'écosystème. En fait depuis 1966 l'upwelling est variable en durée et en intensité, sans que 1973 soit une année vraiment exceptionnelle. L'écosystème pélagique côtier connaît vraisemblablement d'importantes fluctuations dans l'abondance annuelle de *C. carinatus*, sans que son aptitude à revenir à l'état antérieur en soit affectée.

Il est par contre probable que le déficit global en plancton des années 1972 à 1976 ait joué un rôle défavorable sur la croissance et par conséquent sur la fécondité. Celle-ci est en effet directement liée à la longueur du poisson (C. Conand, 1977).

Par ailleurs cette insuffisance planctonique pourrait aussi défavoriser la reproduction des sardinelles d'une toute autre façon. F. Conand (1977) a observé au Sénégal que le nombre de larves de sardinelles dans la région

de Dakar était plus élevé quand la prise par unité d'effort des sardinières dakaroises était plus faible. Il suppose que la mortalité des premiers stades larvaires dépend notamment du cannibalisme exercé par les adultes. Ce qui a d'ailleurs été montré sur les œufs de l'anchois de Californie par Hunter et Kimbell (1980). Si l'alimentation des sardinelles se fait par une filtration passive des particules de leur environnement, on peut raisonnablement penser qu'à une biomasse zooplanctonique plus faible correspondra une prédation sur les œufs et larves plus forte. D'autre part, les larves ne survivront que si elles trouvent à leur portée immédiate — donc en concentration suffisante — une nourriture de taille appropriée (Lasker, 1975).

Enfin, le comportement des adultes peut être aussi influencé par ce déficit en plancton : les concentrations de plancton près de la côte, toujours plus élevées, peuvent fixer les bancs de poissons sur des petits fonds où ils sont plus vulnérables.

Changement des populations halieutiques

La disparition de *S. aurita* a été accompagnée de celle du maquereau (*Scomber japonicus*). En Côte-d'Ivoire et au Ghana, plus de 21 000 t étaient pêchées en 1972. Depuis, les prises ont rapidement décliné jusqu'à atteindre 97 t en 1976. Cependant une amélioration semble se dessiner puisque 430 et 520 t ont été respectivement débarquées en 1977 et 1978 (FAO, 1980).

Un autre sérieux changement dans les peuplements ichtyologiques est l'augmentation brutale des *Balistes carolinensis*, dont l'identification comme *B. capriscus* était probablement erronée (Caverivière, comm. pers.). Cette espèce, qui n'était capturée que de façon occasionnelle avant 1970, constituait en 1972 27 % des débarquements des chalutiers au Ghana, pourcentage qui s'élevait à 43 % en 1973 et 53 % en 1974 (FAO, 1976). Balistes et sardinelles ont des éthologies très différentes; il n'y a pas eu remplacement d'une espèce par l'autre dans la même niche écologique. Mais il n'est pas impossible qu'il y ait une certaine compétition entre les deux espèces étant donné le très large « spectre » alimentaire des balistes (Gerlotto *et al.*, 1980); d'autre part des œufs et larves de Clupeidés ont été observés dans les contenus stomacaux de *B. carolinensis* (*loc. cit.*) qui pourraient ainsi limiter le recrutement des sardinelles.

Cependant l'accroissement des débarquements des balistes au Ghana était déjà perceptible en 1970 (*in* Troadec *et al.*, 1980), donc avant le déclin des sardinelles. D'autre part, l'envahissement du plateau continental par *B. carolinensis* ne s'est pas limité à la région ivoiro-ghanéenne, mais s'est étendu à toutes les côtes ouest-africaines (Gerlotto *et al.*, 1980), sans provoquer ailleurs d'effets décelables sur les autres populations de *S. aurita*. Ces derniers auteurs estiment, par ailleurs que, si l'apparition massive des balistes dans le Golfe de Guinée est, pour l'essentiel, due à une augmentation de la population, il n'en est pas moins vrai que le stock initial a pu être fortement sous-estimé par l'utilisation de moyens de pêche inadéquats (chalut de fond au lieu de

chalut pélagique). Cependant, d'après de récentes observations (*in* FAO, 1980), la population de balistes serait en légère régression depuis 1978-1979.

Vers un retour à une situation normale?

Finally, il existe bien depuis les années 1970-1972 certains indices de modification de l'écosystème, comme Troadec *et al.* (1980) l'avaient envisagé. Parmi les populations halieutiques il y a incontestablement eu de profonds changements. Il serait plus délicat d'être aussi affirmatif en ce qui concerne le zooplancton, dont l'hétérogénéité spatio-temporelle est notoire, si les observations d'Abidjan et de Téma n'étaient aussi cohérentes. Enfin, la sécheresse est intervenue dans ces processus écologiques, soit comme la cause directe (déficit d'apports terrigènes avec conséquences sur toute la chaîne alimentaire), soit comme amplificateur d'un déséquilibre préexistant.

Mais certains signes laissent présager un retour à une situation normale : augmentation des débits fluviaux en 1979, accroissement de la biomasse secondaire à partir de 1976 (upwelling exceptionnel), amélioration des pêcheries de pélagiques côtiers (et notamment de la prise par unité d'efforts des sardiniers, *in* FAO, 1980; tableau 2); enfin, tendance à la régression des populations de baliste.

INFLUENCE DES UPWELLINGS ET DES CRUES SUR LES PRISES DE *S. AURITA*

Entre 1963 et 1979 (fig.2 a), la pêche a connu 4 maxima supérieurs à 40 000 t (1964, 1967, 1972, 1978) suivis l'année d'après de chutes très accusées. On remarque que chacun de ces maxima correspond à une année sèche.

On a avancé à plusieurs reprises que les captures étaient liées à l'intensité de l'upwelling. Marchal (1966) a mon-

tré cette relation à l'échelle des variations saisonnières d'une même année : les prises sont faibles durant la période d'upwelling sporadique (petite saison froide), importantes lorsque l'upwelling est bien établi (grande saison froide), mais pratiquement nulles en période de stabilité hydrologique (grande saison chaude). Les variations saisonnières des prises par jour de mer sont donc négativement corrélées à la température, de façon significative.

On a cherché si la relation prise-intensité du refroidissement était vérifiée sur une base pluri-annuelle et non plus seulement saisonnière. L'examen des variations annuelles de l'indice d'upwelling (fig.2 b) montre certaines similitudes avec les prises. Cependant, que l'on calcule la corrélation (fig. 3) avec l'ensemble des don-

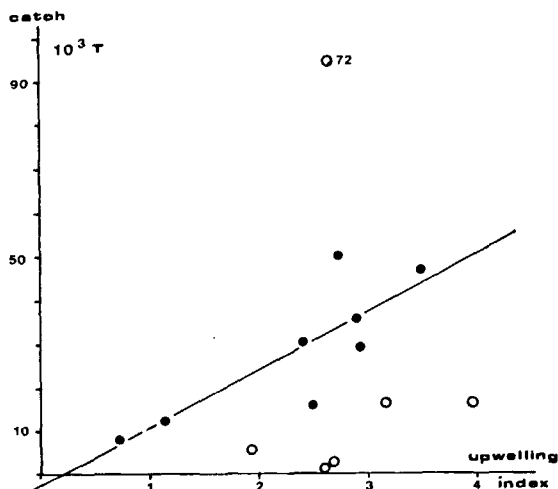


Figure 3
Corrélation prise de *S. aurita* - indice d'upwelling, la régression prédictive ne tient compte que des valeurs des périodes 1966-1971 et 1978-1979 (points noirs).

Correlation between S. aurita catch and upwelling index, predictive regression including only the 1966-1971 and 1978-1979 periods (black dots). Open circles : 1972 to 1977.

Tableau 2

Détails des prises de *S. aurita* par pays et par type de pêche (en tonnes). Les rendements (prises en tonnes par jour de pêche) sont calculés de façon différente au Ghana et en Côte-d'Ivoire, dont les P.U.E. avant et après 1975 ne sont pas strictement comparables. Les senneurs ivoiriens ont réalisé jusqu'en 1972 une part importante de leurs prises devant le Ghana (d'après ORSTOM, 1976; FAO, 1980).

Annual landings of S. aurita by country and by type of fishing gear (in tons). Yields (t/fishing day) are calculated differently for Ghana and for the Ivory Coast. CPUE for the Ivory Coast are not strictly comparable before and after 1975. Ivorian purse-seiners accounted for an important part of the catch off Ghana until 1972 (from ORSTOM, 1976 and FAO, 1980).

Années	Côte-d'Ivoire		Ghana			Togo
	Prises senneurs	P.U.E. senneur en C.I.	Pirogues	Prises Senneurs	P.U.E. Senneurs	Pirogues
1963	500		5 500	1 960		
1964	10 900		22 250	7 180		
1965	4 300		2 350	1 550		
1966	5 774		4 200	5 800		
1967	10 930	1.02	25 200	11 000		
1968	3 941	0.38	2 500	1 800		
1969	7 304	0.65	15 900	6 600	0.33	
1970	10 911	0.68	14 700	4 800	0.48	
1971	4 614	0.25	27 492	3 724	0.34	
1972	7 676	1.24	72 350	14 716	1.10	
1973	502	0.03	4 701	615	0.06	
1974	29	0.09	1 409	260	0.05	
1975	9	0.01	1 930	131	0.03	
1976	1 047	0.01	12 009	1 790	0.30	159
1977	937	0.28	13 611	2 347	0.86	50
1978	3 628	0.57	40 257	6 117	2.21	830

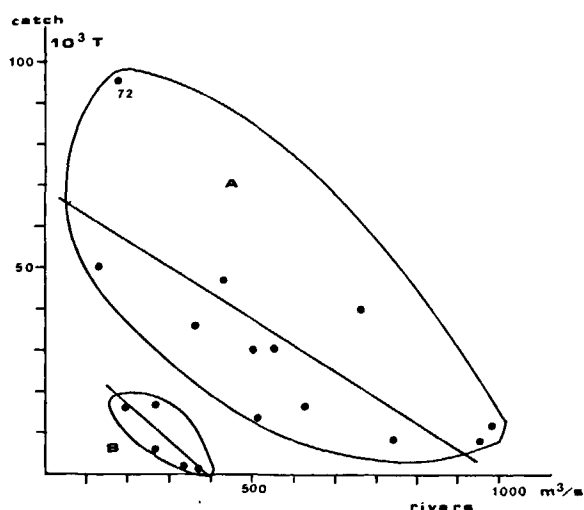


Figure 4
Corrélation prise de *S. aurita* - débit des fleuves Bandama et Comoé (régressions prédictives).

A : population « normale » (1963 à 1972 et 1978-1979),
B : population surexploitée, se reconstituant (1973-1977).

Correlation between *S. aurita* catch and Bandama and Comoé rivers flow (predictive regressions).

A : « normal » population (1963 to 1972 and 1978-1979),
B : overfished, « recovering » population (1973 to 1977).

nées ($r = 0,27$ pour 12 d.d.l.), ou que l'on élimine l'année 1972, très particulière ($r = 0,40$ pour 11 d.d.l.), la corrélation n'est pas significative.

La comparaison des variations annuelles des prises avec le débit des fleuves Bandama et Comoé montre une coïncidence entre les années sèches et les pêches exceptionnelles (fig. 2 a et b).

Si l'on considère l'ensemble des années (fig. 4), la dispersion des points est considérable et la corrélation ($r = 0,36$) n'est pas significative. Cependant, il apparaît sur le diagramme de dispersion que les points se répartissent en deux populations statistiques. Le nuage principal comprend la quasi-totalité des points (12), le nuage secondaire ne comprenant que les 5 années consécutives à 1972. Dans chacun de ces ensembles, la liaison des deux paramètres est significative : à 1 % pour le plus grand nombre de données ($r = 0,75$), à 5% dans l'autre cas ($r = 0,82$).

On aurait donc deux états du stock dont les prises annuelles seraient négativement corrélées avec le débit des grands fleuves. La relation « normale » étant caractérisée par la régression :

$$\text{Prise}_{(T)} = - 62,77 \text{ Débit}_{(m^3/s)} + 68\ 764,$$

tandis que de 1973 à 1977 la régression est :

$$\text{Prise}_{(T)} = - 89,96 \text{ Débit}_{(m^3/s)} + 34\ 172.$$

Le calcul de deux régressions et corrélations distinctes, au vu de la dispersion des points sur le diagramme (fig. 4) peut paraître un artifice ôtant toute valeur aux tests statistiques. En fait, cette séparation peut être interprétée en termes de dynamique des populations : à un stock normal succède une phase de bas stock reproducteur « surpêché » (1972 à 1975), mais dont les

recrutements s'améliorent néanmoins (1976, 1977) et sont capables de régénérer progressivement un stock « normal ».

Si l'on accepte cette interprétation, il est permis de revenir sur la relation prise-upwelling (fig. 3). En éliminant les années de surpêche (1972 à 1977), la corrélation devient significative à 1 % ($r = 0,82$). On ne peut donc rejeter l'hypothèse d'une influence du refroidissement sur les captures de sardinelles. Notons cependant que les événements exceptionnels (année de surpêche ou stock à un très bas niveau) échappent à cette explication, alors qu'ils sont interprétés par une relation prise-débit.

Ceci laisse supposer l'existence d'une relation inverse upwelling-crues.

Il existe sur toute la planète une relation entre l'existence d'upwelling et la présence d'une côte aride (bordure orientale des océans). Sur la côte nord du golfe de Guinée, où les upwellings ne durent que quelques semaines chaque année, on observe cette relation, atténuée. La couverture forestière est en effet interrompue du Cap des Trois Pointes à la frontière du Nigeria. Cette déforestation est très vraisemblablement d'origine anthropique, mais elle correspond parfaitement à un déficit pluviométrique. Le long du littoral, ce déficit marqué par l'isohyète 1 250 mm (OUA, 1968) qui correspond aux limites de l'upwelling saisonnier, à l'exception de la Côte-d'Ivoire proprement dite, plus arrosée pour des raisons topographiques et orographiques.

On admet en effet que le refroidissement de l'air par l'upwelling stabilise les couches inférieures et empêche la convection. Devant la Côte-d'Ivoire, Varlet observe que la température de la mer est de 1,4 à 1,5 °C inférieure à celle de l'air au mois d'août. Cet abaissement de température entraînerait la formation d'un anticyclone local (*in* Longhurst, 1962). On peut en effet remarquer que tout au long de la côte ouest-africaine les périodes d'upwelling sont des saisons plus ou moins sèches. Même sur la côte nord du Golfe de Guinée on observe une interruption des pluies sur le littoral en août, c'est-à-dire au plus fort du refroidissement. Il est vrai que le F.I.T. occupe alors sa position la plus boréale.

Cette relation saisonnière entre upwellings et précipitations existe-t-elle à l'échelle interannuelle? Longhurst (1964) estime que les « upwellings de saison sèche » ne se produisent pas avec force chaque année à Lomé, et qu'ils peuvent même ne pas apparaître du tout à Lagos. Bakun (1978), sur une série de 5 ans seulement, avait observé que les années de forts upwellings au Ghana coïncidaient avec des périodes de précipitations côtières inférieures à la normale et étaient associées à de bonnes pêches de *S. aurita*. Hisard (1980) observe que les faibles upwellings en Côte-d'Ivoire coïncident avec de fortes pluies sur le littoral. Hisard et Piton (1982) étendent cette observation à l'ensemble du Golfe de Guinée. Bien qu'il n'y ait pas de relation simple entre les précipitations sur la côte et le débit des fleuves Bandama et Comoé dont le bassin versant s'étend jusqu'en zone sahéenne, nous observons (fig. 5) une relation inverse entre l'indice d'upwelling à Abidjan et le débit de ces

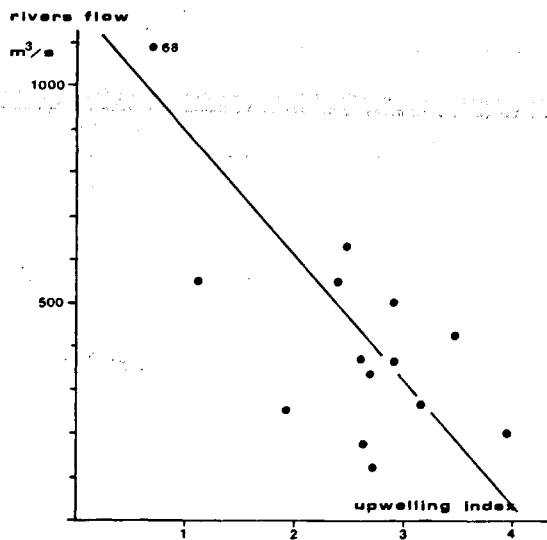


Figure 5
Corrélation indice d'upwelling - débit des fleuves, régression fonctionnelle (1966 à 1979).

Correlation between upwelling index and rivers flow, functional regression (1966 to 1979).

fleuves ($r = -0,65$). Ces corrélations, plus ou moins établies statistiquement, tendent à montrer que la relation spatiale « upwelling - côte aride » est probablement vérifiée chronologiquement lors des changements climatiques : « année froide (à fort upwelling) - année sèche (déficit de précipitation) ».

Bien qu'upwelling et sécheresse soient plus ou moins liés, il serait intéressant de chercher lequel des deux phénomènes est le plus corrélé avec les pêcheries de *S. aurita*. Mais un calcul de corrélation partielle ne nous apporte pas de réponse. En effet pour la période 1966-1971 et 1978-1979 (après élimination des années où le stock surpêché n'a pas retrouvé son équilibre), les corrélations partielles prise-débit et prise-upwelling sont respectivement : $-0,598$ et $+0,620$, c'est-à-dire non significativement différentes en valeurs absolues.

Par contre la corrélation multiple reliant les prises aux débits et aux indices d'upwelling est très élevée ($r = 0,89$) et justifie le calcul d'une régression multiple :

$$\text{Prises}_{(T)} = -8869 + 171,2 (\text{indice d'upwelling}) - 4,781 (\text{débit moyen}),$$

en très bon accord avec les observations (1966-1971 et 1978-1979) puisqu'elle extrait 71 % de la variance des prises de cette période.

SURPÊCHE : UNE EXPLICATION ÉCOLOGIQUE?

L'incidence négative d'une année sèche sur le zooplancton néritique a été montrée au large de la Côte-d'Ivoire. Il est donc surprenant de voir les années les plus sèches produire le maximum de sardinelles!

L'explication de cette contradiction apparente pourrait tenir au comportement de *S. aurita* vis-à-vis de son

environnement hydrologique. Sa migration saisonnière vers la côte et la surface en saison froide, les périodes de l'année où les captures sont les meilleures (upwelling), prouvent clairement une préférence pour les eaux froides, salées, à teneur élevée en plancton.

Or, sur le littoral ivoiro-ghanéen, la période de crue coïncide avec celle de l'upwelling. Plus exactement : une première crue des fleuves côtiers en juin précède ou accompagne les premiers upwellings. Le refroidissement s'intensifie jusque fin août, puis diminue, et tout upwelling cesse en octobre. Mais à partir du mois d'août et jusqu'en novembre, a lieu la crue principale des grands fleuves. Les deux phénomènes ont un effet dynamisant sur le zooplancton; les crues semblent, néanmoins, le facteur limitant (Binet, 1979).

On peut donc supposer — vu la liaison négative upwelling-crue — que les années à forte pluviométrie et faible upwelling, le maximum planctonique s'étend plus au large que les années sèches à refroidissement intense.

Étant donné leurs exigences thermohalines et trophiques, les *S. aurita* seront vraisemblablement concentrées plus près de la côte et près de la surface les années sèches, tandis que les années de fortes crues sans refroidissement superficiel, elles demeureront en profondeur dans la zone néritique externe.

Or la pêche à la senne se pratique à vue, lorsque des bancs sont repérés en surface. On conçoit qu'un déplacement du stock vers la surface et la côte accroisse sa vulnérabilité vis-à-vis des sardiniers dont les sennes peuvent presque atteindre le fond et empêcher toute fuite du banc. D'autre part, au-dessus de fonds très faibles où les sardiniers ne peuvent pêcher (écueils, risque d'être jeté à la côte par la barre), les pirogues peuvent réaliser des pêches exceptionnelles. Ce fut le cas en 1972 où la pêcherie artisanale a réalisé une grande partie des captures. Inversement si les *S. aurita* demeurent en subsurface et au-dessus de fonds importants (70 m), elles seront notablement plus difficiles à repérer et à « caler » (échappement sous la senne). Le temps passé en recherche des bancs diminuera les rendements de la pêcherie.

DISCUSSION

Cette hypothèse est en bon accord avec les fluctuations observées jusqu'en 1972 et après 1977. Mais, manifestement, durant les cinq années consécutives à 1972, il est nécessaire de faire intervenir d'autres phénomènes pour expliquer la faiblesse des mises à terre. Il y a très certainement eu « surpêche », le stock reproducteur a été décimé. La raréfaction des larves de *S. aurita* dans le plancton en est une preuve (ORSTOM, 1976). Cette surpêche a été favorisée par une disponibilité exceptionnelle du poisson, due notamment à la sécheresse et aggravée par une modification de l'environnement pélagique due, en grande partie également, à la sécheresse. Il est réconfortant, mais presque étonnant, de noter que malgré un contexte écologique défavorable, la population de *S. aurita* semble depuis 1978 avoir

retrouvé un équilibre démographique. Outre l'importance des captures en 1978, la situation des points 78 et 79 au sein du « nuage » caractérisant la relation « normale » entre prises, upwellings et crues (fig. 3 et 4) est un indice de la récupération du stock, après une modification passagère de l'écosystème.

A l'appui de cette interprétation viennent, d'une part les signes d'amélioration de l'environnement : augmentation de la biomasse secondaire depuis 1976, du débit moyen des fleuves en 1979, diminution des populations de balistes en 1978-1979; d'autre part les observations de Caverivière (1979) sur les poissons démersaux ivoiriens. En effet la position des points prises-effort de pêche pour ces stocks permet de trouver deux courbes d'équilibre différentes : avant 1971 et de 1972 à 1977. Il est remarquable que dans ce cas également, les points 78, 79 et 80 soient revenus sur la première courbe.

Il existe de nombreuses pêcheries pélagiques côtières qui subissent des fluctuations plus ou moins importantes. Nous n'en examinerons que deux pour montrer qu'il n'y a pas de contradiction avec le schéma précédent : une anomalie climatique accroît la disponibilité et favorise une surpêche qui peut devenir catastrophique si l'écosystème est perturbé par cette anomalie et ne permet pas un « rétablissement » rapide du stock.

De la Guinée à la Mauritanie existe un stock de *S. aurita* parfaitement distinct de celui de Ghana-Côte-d'Ivoire, et considérablement plus important. La prise totale de sardinelles est passée progressivement de 36 000 t en 1964 à 378 000 t en 1972, pour redescendre ensuite à 215 000 t en 1976 (Boely, Fréon, 1979). Depuis les années 1970 la plus grande partie de ces débarquements sont le fait d'une pêcherie hauturière. Il est remarquable que l'année 1972 soit marquée par d'excellents rendements tant pour les chalutiers et senneurs hauturiers (*loc. cit.*) que pour les sardiniers dakarois (Fréon *et al.*, 1979). Comme dans l'exemple ivoiroghanéen, c'est la très abondante classe d'âge 1971 qui fournit l'essentiel de ces prises. Rébert (1979) a relié les anomalies de la prise par unité d'effort de cette dernière pêcherie à celle de la composante Nord du vent (indiquant l'upwelling). Il lui semble que cela corresponde moins à des variations de la taille du stock qu'à des modifications des migrations. Dans cet exemple le risque de surpêche catastrophique semble limité car le facteur accroissant la disponibilité (upwelling) a un effet enrichissant sur la chaîne alimentaire, donc un effet régulateur.

Bien que les échelles de grandeur ne soient pas comparables, les aléas de la pêcherie de la sardinelle ivoiroghanéenne rappellent davantage ceux de l'anchois du Pérou. On attribue les fluctuations des prises aux caprices d'El Niño, le courant chaud et dessalé qui s'étend vers le sud, recouvrant les eaux d'upwelling ou les bloquant à la côte. En l'absence d'upwelling, toute la chaîne alimentaire est appauvrie, ce qui entraînerait une diminution du stock d'anchois : 10 millions de tonnes pêchées en 1971, 2 millions seulement en 1973 (Jordan, 1980). Mais l'effondrement des pêches qui se produit les années d'El Niño, n'est pas seulement dû à l'affaiblissement de la chaîne alimentaire, mais aussi à

une surpêche et peut-être à des variations de disponibilité des populations.

Durant les années « normales », de grandes quantités d'anchois se trouvent à la côte en été et s'en éloignent en hiver, quand l'upwelling amène en surface et près de la côte des eaux pauvres en oxygène (Canon, 1978). L'upwelling diminuerait donc la disponibilité du stock et le protégerait d'une surpêche.

En 1970, 42 % seulement des pêches proviennent des 10 premiers milles. Juste avant l'El Niño de 1972, des concentrations d'anchois inhabituelles ont été observées à la côte (Valdivia, 1980). Pendant le phénomène lui-même ces grandes densités de poisson sont restées près de la côte en migrant vers le sud (91 % des prises effectuées dans les 10 premiers milles en 1972). En 1973, les agrégats inaccessibles en 1972 sont devenus plus abondants près des côtes (88 % des prises dans les 10 premiers milles). On voit donc que le phénomène hydrologique a pu jouer sur la disponibilité en concentrant les poissons dans une aire côtière réduite et faciliter la surpêche, qui a touché — ici aussi — des jeunes ou des immatures. Cette surpêche a eu des conséquences d'autant plus graves que tout l'écosystème était appauvri.

CONCLUSION

La possibilité d'interpréter les fluctuations annuelles de capture en termes de vulnérabilité aux engins de pêche en fonction des aléas climatiques et hydroclimatiques prouverait que ces fluctuations sont dues à la disponibilité du stock et non à sa taille elle-même. Si une telle hypothèse était prouvée, elle montrerait l'insuffisance des méthodes classiques de dynamique des populations pour la gestion des stocks pélagiques capables de migration. En effet, tout le volume écologique qui leur est favorable ne peut être échantillonné par une flotille; ce qui permet d'ailleurs à la population halieutique de maintenir un nombre de reproducteurs suffisant! Inversement, surviennent des aléas climatiques augmentant la disponibilité des poissons; le stock risque alors d'être dramatiquement atteint.

Où se situe la limite entre exploitation rationnelle et surexploitation? Les fluctuations observées depuis 1963 montrent que des fortes pêches (40 à 50 000 t) sont suivies de mauvais rendements l'année suivante. Mais, d'une part ces mauvais rendements (8 000 t) ne sont pas vraiment catastrophiques et ne durent guère plus d'une année, d'autre part, sur les diagrammes reliant les prises aux paramètres hydroclimatiques, les années de bonne et de mauvaise pêche semblent appartenir à une même population statistique traduisant un certain équilibre entre prise et caractéristiques du milieu (disponibilité). Au contraire la pêche de 1972 (94 000 t) s'écarte clairement de la relation normale prise-débits, et très fortement de la droite prise-upwelling. Quant aux années 1973 à 1977, elles forment une autre population statistique dans laquelle une relation prise-environnement différente, signale vraisemblablement le mauvais état démographique de la population de *S. aurita*.

La prise maximale équilibrée avait été estimée à 30 000 t à partir des statistiques de 1965 à 1971 (*in* Boély, Fréon, 1979). Au vu des données existantes, il n'est pas sûr qu'il y ait réellement « surpêche » jusque vers 40 000 t. Mais il est évident qu'il faudrait pouvoir limiter la pêche au-delà de ces débarquements, en particulier les années sèches.

Au terme d'une année de pêche, la comparaison du tonnage effectivement débarqué avec celui que prévoit la régression multiple, fonction de paramètres environne-

mentaux, pourrait donner une indication sur l'état démographique du stock, compte tenu de l'effort de pêche déployé.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous mes collègues qui ont aidé à la réalisation de ce travail, et plus particulièrement à MM. A. Fonteneau, A. Caverivière, R. Chuchla et F. Conand.

RÉFÉRENCES

- Bakun A., 1978. The Guinea current upwelling, *Nature*, **271**, 147-150.
- 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., 1977. Cycles biologiques et migrations ontogéniques chez quelques copépodes pélagiques des eaux ivoiriennes, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **15**, 2, 111-138.
- Binet D., 1979. Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique, *Oceanol. Acta*, **2**, 4, 397-410.
- Binet D., 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.
- Boély T., Fréon P., 1979. Les ressources pélagiques côtières, *in* : Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. I. Les ressources du Golfe de Guinée de l'Angola à la Mauritanie, *FAO Doc. Tech. Pêches*, **186**, 1, 13-78.
- Canon C.J.R., 1978. *Distribucion de la anchoveta (Engraulis ringens Jenyns) en el norte de Chile en relacion a determinadas condiciones oceanograficas*, Instituto de Fomento Pesquero, Santiago (Chile), Invest. Pesq. (Santiago), **30**, 128 p.
- Caverivière A., 1979. Estimations des potentiels de pêche des stocks démersaux ivoiriens, *Doc. Sci. C.R.O. Abidjan*, **10**, 2.
- Conand F., 1977. Oeufs et larves de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) au Sénégal : distribution, croissance, mortalité, variation d'abondance de 1971 à 1976, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **15**, 3, 201-214.
- Conand C., 1977. Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita* : pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **15**, 4, 301-312.
- Dia A.E.K., 1972. *Étude de la nutrition de certains Clupéidés de Côte-d'Ivoire. Projet de développement de la pêche pélagique côtière*, Ministère de la production animale. R/S 11/72, 33 p.
- FAO, 1976. Rapport terminal du Projet FI : DP/IVC/66/506 : *Étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers. Conclusions et recommandations*, FAO Rome.
- FAO, 1980, *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo*, COPACE/PACE Séries 80/21 (Fr.), FAO, Rome, 73 p.
- Fréon P., Stequert B., Boély T., 1979. Les pêches sénégalaises. Description et analyse des captures et des rendements des principales espèces pélagiques côtières, *in* : *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest-africains de la Mauritanie au Libéria (26° N à 5° N)* COPACE/PACE Séries 78/10 (Fr.), FAO, Rome, 27-62.
- Gerlotto F., Stequert B., Barbiéri M.A., 1980. Premiers résultats d'observations sur la biologie de *Balistes caprisus*, dans la partie occidentale du Golfe de Guinée, *in* : *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire - Ghana - Togo*, COPACE/PACE Séries 80/21 (Fr.), FAO, Rome, 30-48.
- Hisard Ph., 1980. Observation de réponses de type « El Niño » dans l'Atlantique tropical oriental, Golfe de Guinée, *Oceanol. Acta*, **3**, 1, 69-78.
- Hisard Ph., Piton B., 1982. Interannual variability in the eastern tropical Atlantic during the last decades. *Proceedings SCOR WG-47 meeting in Venice, Italy, April 27-30, 1981*; Nova/NYIT Press, Dania, Florida.
- Hunter J.R., Kimbell C.A., 1980. Egg cannibalism in the northern anchovy, *Engraulis mordax*, *Fish. Bull.* **78**, 3, 811-816.
- Jordan R.S., 1980. Biology of the anchoveta. I : Summary of the present knowledge, *Proceedings of the Workshop on the phenomenon known as « El Niño », Unesco, Paris*, 249-276.
- Lasker R., 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae : the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding, *Fish. Bull.* **73**, 3, 453-462.
- Le Borgne R., Binet D., 1979. Dix ans de mesure de biomasse de zooplancton à la station côtière d'Abidjan : 1969-1979, *Doc. Sci. C.R.O. Abidjan*, **10**, 2, 165-176.
- Longhurst A.R., 1962. A review of the oceanography of the Gulf of Guinea, *Bull. IFAN*, **24**, sér. A, 3, 633-663.
- Longhurst A.R., 1964. The coastal oceanography of Western Nigeria, *Bull. IFAN*, **26**, sér. A, 2, 337-402.
- Longhurst A.R., 1971. The clupeoid resources of tropical seas, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **9**, 349-385.
- Marchal E., 1966. Fluctuations de la pêche des sardinelles en Côte-d'Ivoire, *Doc. Sci. Prov. C.R.O. Abidjan*, **1** S.R., 16 p.
- Mensah M.A. 1974. The occurrence of the marine Copepod *Calanoides carinatus* (Krøyer) in Ghanaian waters, *Ghana J. Sci.*, **14**, 2, 147-166.
- ORSTOM, 1976. *Rapport du groupe de travail sur la sardinelle des côtes ivoiro-ghanéennes*, Fishery Research Unit Tema, Centre de Recherches Océanographiques Abidjan, ORSTOM, 62 p., 27 fig.
- OUA, 1968. *Atlas international de l'ouest africain*, sous les auspices de l'Organisation de l'Unité Africaine, Commission scientifique, technique et de la recherche.
- Privé M., Corre D., 1979. *Les stations côtières fixes de la côte ouest-africaine. Valeurs et graphiques annuels T et S‰‰ II. Côtières de Côte-d'Ivoire*, Doc. Tech. BC, Antenne ORSTOM COB (Centre Océanologique de Bretagne), Brest.
- Privé M., Corre D., 1981. *Les stations côtières fixes de la côte ouest-africaine. Valeurs et graphiques annuels T et S‰‰. Nouvelles acquisitions. Mise à jour 31.12.79*, Doc. Tech. BC 21, Antenne ORSTOM COB (Centre Océanologique de Bretagne), Brest.
- Rébert J.P., 1979. Un essai d'interprétation de l'influence des conditions de milieu sur les rendements de la pêche industrielle dakaroise de *Sardinella aurita*, *in* : *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest-africains de la Mauritanie au Libéria (26° N à 5° N)*, COPACE/PACE Séries 78/10 (Fr.), FAO, Rome, 105-108.
- Troadee J.P., Clark W.G., Gulland J.A., 1980. A review of some pelagic fisheries in other areas. ICES Symposium on the biological basis of pelagic fisheries and their management, *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.*, **177**, 252-277.
- Valdivia J., 1980. Biological aspects of the 1972-1973 « El Niño » phenomenon. 2 : The anchovy population. *Proceedings of the Workshop on the phenomenon known as « El Niño », Unesco, Paris*, 73-81.