

26 • *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana: fluctuations halieutiques et changements climatiques

DENIS BINET

Chercheur ORSTOM, Antenne ORSTOM, Centre IFREMER
B.P. 1049, 44037 Nantes-Cedex 01, France

EMILE MARCHAL

Chercheur ORSTOM, Institut Océanographique, 195 rue St-Jacques,
75005 Paris, France

OLIVIER PEZENNEC

Chercheur ORSTOM, C.R.O.A. B.P. V 18, Abidjan, Côte-d'Ivoire

RÉSUMÉ

Les *Sardinella aurita* de la région ivoiro-ghanéenne donnent lieu à des captures très fluctuantes. En 1972 une disponibilité exceptionnelle entraîne surpêche puis effondrement. En 1978 l'abondance est retrouvée. Depuis 1981 les débarquements se maintiennent à un niveau très élevé. Cette nouvelle situation va de pair avec des modifications des lieux et des saisons de pêche: les captures ne sont plus limitées aux saisons froides du littoral ghanéen, elles se font également devant la Côte-d'Ivoire, durant toute l'année. Les fluctuations des upwellings et des débits fluviaux ne suffisent plus pour expliquer la variabilité des rendements. L'essor des pêcheries devant la Côte-d'Ivoire correspondrait au développement d'une population, à la faveur d'un changement de la circulation côtière. L'hypothèse d'une modification locale de la circulation est étayée par un ensemble de changements dans l'Atlantique intertropical. i) Un maximum de salinité subsurface se développe en 1984, dans le fond du golfe de Guinée. Il serait à l'origine d'une intensification et d'une extension du Sous-Courant de Guinée (SCG). ii) La latitude de l'ITCZ détermine celle du Contre Courant Equatorial Nord (CCEN) qui se prolonge par le Courant de Guinée (CG). A partir de 1984, l'ITCZ descend jusqu'à l'équateur, le CCEN est donc plus au sud et le CG plus éloigné de la côte. Il résulterait de ces changements une intensification de la circulation ouest, au dessus du plateau continental, augmentant la perte advective en larves de la population de *Sardinella aurita* ghanéenne et augmentant la rétention de celles de la population ivoirienne, dont le recrutement s'améliorerait.

ABSTRACT

The catches of Sardinella aurita from Ivory Coast and Ghana are very fluctuating. In 1972 an exceptional availability leads to an overfishing and a collapse. In 1978, the stock recovered. Since 1981 onwards, the landings have been remaining at a very high level. This new situation is associated with changes in seasons and fishing areas. In the former years, the bulk of the catch came from Ghana during the upwelling season, in the latter ones the catch appears much more spread on the Ivoirian Coast all the year round. Upwellings and river flows variability are not sufficient to explain the changes of the yield. The rise of fisheries off Ivoirian coast would correspond to the development of a new population, due to a change in the shelf currents. The hypothesis of a current pattern alteration is supported by some direct observations and a set of changes in the tropical Atlantic. i) A subsurface salinity maximum spreads out during 1984, in the eastern part of the Gulf of Guinea. It would be the origin of a Westwards Guinea Under Current spreading and intensification. ii) The latitude of the ITCZ (Inter Tropical Convergence Zone) induces that of the North Equatorial Counter Current (NECC). The Guinea Current is issued from the NECC. Since 1984

onwards, the ITCZ has been shifting equatorwards, so an offshore displacement of the GC may be expected. Over the shelf, the result would be an increase of the westwards advection increasing the loss of *Sardinella larvae* from the Ghanaian shelf, and their retention off Ivory Coast. Hence, the recruitment of the Ivoirian *S. aurita* should rise.

Cet article suggère une explication à ces changements liés à une modification de l'environnement due à des changements de la circulation océanique.

CHANGEMENTS DANS LES PÊCHERIES ET LE STOCK DE *SARDINELLA AURITA*

Le maintien pendant au moins cinq années consécutives d'un fort niveau de captures est une nouvelle caractéristique de ce stock. D'autres modifications sont intervenues dans les pêcheries pélagiques côtières, traduisant l'apparition de nouveaux équilibres dynamiques.

INTRODUCTION

Le stock ivoiro-ghanéen de *Sardinella aurita* s'étend de la Côte-d'Ivoire au Bénin (fig. 1). Il est exploité depuis longtemps, particulièrement au Ghana. En 1958, débute la motorisation des pirogues ghanéennes et dans les mêmes années, une pêche industrielle se développe avec des sardinières utilisant une senne tournante (1955 en Côte-d'Ivoire, 1959 au Ghana). Durant les années soixante les débarquements oscillent entre 8 000 et 40 000 tonnes. En 1972, les prises, exceptionnelles, atteignent 95 000 tonnes, mais le stock s'effondre ensuite et reste à un niveau très bas jusqu'en 1975. Cependant, la pêche reprend et 50 000 tonnes sont débarquées en 1978. Les années suivantes la production diminue notablement (15 000 à 25 000 tonnes), puis elle remonte et, contre toute attente, se maintient depuis 1983 entre 50 000 et 100 000 tonnes (fig. 2).

Changements dans la composition des captures pélagiques

Depuis 1966, début des séries statistiques ivoiriennes, jusqu'en 1980, *Sardinella maderensis* est l'espèce pélagique qui fournit les débarquements les plus importants et les plus stables (fig. 3, tab. 1 et 2, Mendelsohn et Cury, 1987; Pezennec *et al.*, à paraître). Entre 1966 et 1987, les sardinières ivoiriennes prennent chaque année, dans leurs eaux, entre 6 000 et 15 000 t de *S. maderensis*. Au début de cette période, et dans les mêmes secteurs, ces bateaux capturent moins de 5 000 t de *S. aurita*. A partir de 1981, *S. aurita* devient la première espèce débarquée en Côte-d'Ivoire, elle dépasse 24 000 t en 1985; une pêche artisanale se développe, ses prises dépassent les captures industrielles à partir de 1985 (Ecoutin *et al.*, à paraître), (fig. 2 et 6). Il s'est produit une inversion du rapport d'abondance des deux

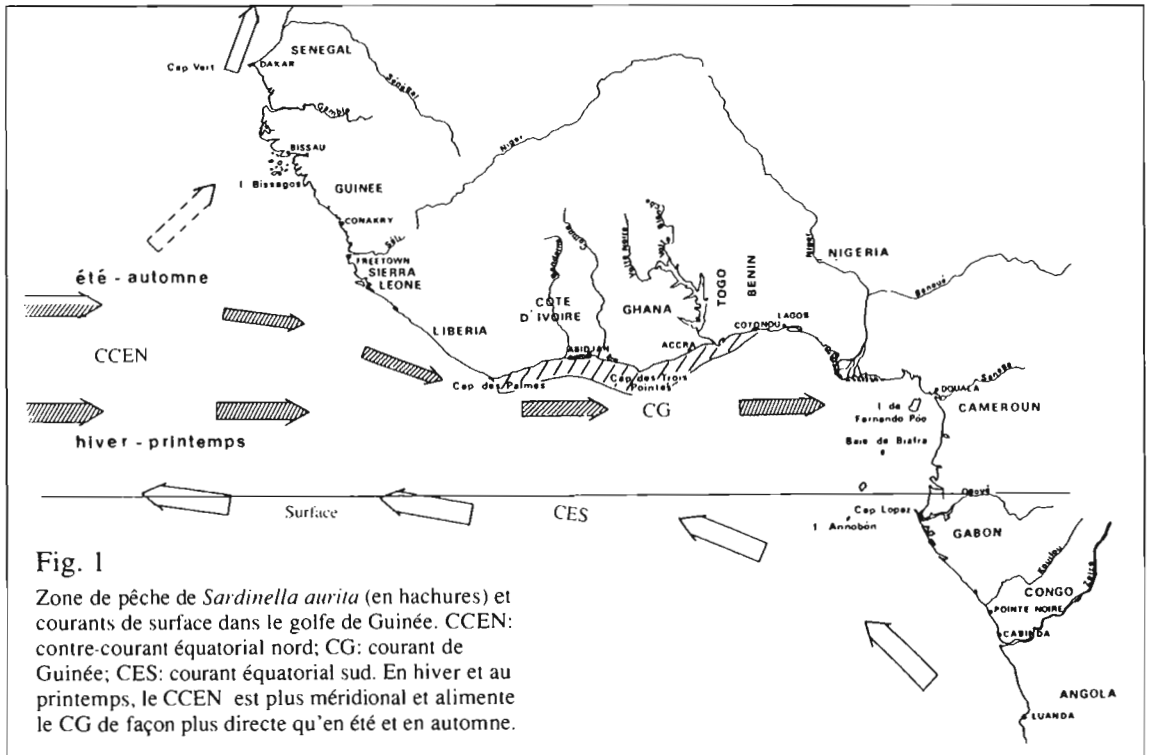


Fig. 1

Zone de pêche de *Sardinella aurita* (en hachures) et courants de surface dans le golfe de Guinée. CCEN: contre-courant équatorial nord; CG: courant de Guinée; CES: courant équatorial sud. En hiver et au printemps, le CCEN est plus méridional et alimente le CG de façon plus directe qu'en été et en automne.

Fig. 2

Prises de *Sardinella aurita* par le Ghana et la Côte-d'Ivoire (cf. tab. 1).

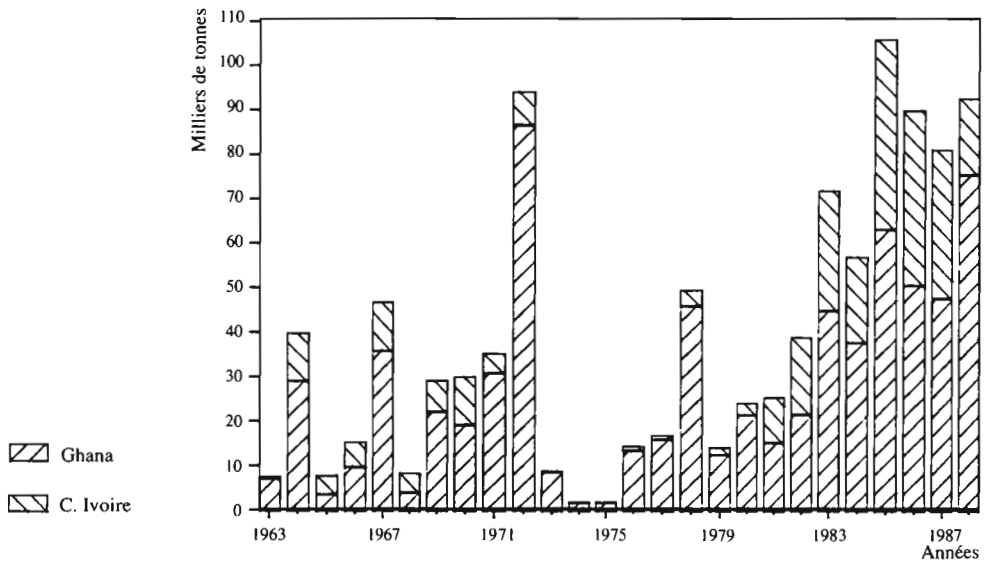


Fig. 3

Prises de *Sardinella maderensis* par le Ghana et la Côte-d'Ivoire (cf. tabl. 2).

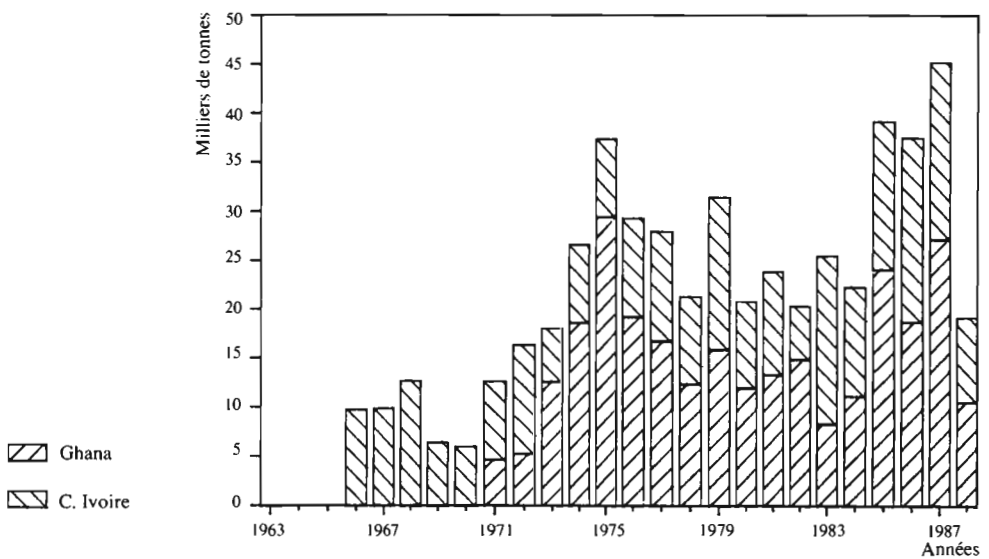


Tableau 1

Prises industrielles (Ind.) et artisanales (Art.) de *Sardinella aurita* (en tonnes) au Ghana et en Côte-d'Ivoire. D'après Pezennec *et al.*, à paraître. Les données antérieures à 1966 sont douteuses, celles de 1988 provisoires.

	GHANA		COTE-D'IVOIRE	
	Ind.	Art.	Ind.	Art
1963	1960	5500	500	
1964	7180	22250	10900	
1965	1550	2350	4300	
1966	5800	4200	5774	
1967	11000	25200	11022	
1968	1800	2500	4433	
1969	6600	15900	7115	
1970	4800	14700	10911	
1971	3724	27492	4471	
1972	14716	72350	7560	
1973	4287	4701	181	
1974	623	1409	45	
1975	136	1930	9	
1976	1794	12009	1049	
1977	2755	13611	937	
1978	6117	40257	3629	
1979	3597	9247	454	1265
1980	2768	19126	1827	908
1981	5529	10067	8782	1515
1982	7330	14655	11207	6200
1983	9024	36300	11681	15356
1984	3398	34817	7168	12043
1985	9429	54072	24387	18500
1986	5509	45489	19510	20000
1987	1736	46338	19609	14000
1988	72	75852	11300	5968

Tableau 2

Captures de *Sardinella maderensis* au Ghana et en Côte-d'Ivoire. D'après Pezennec *et al.*, à paraître.

	GHANA	C. IVOIRE
1966	0	9757
1967	0	9849
1968	0	12660
1969	0	6390
1970	0	5991
1971	4627	7979
1972	5263	11094
1973	12592	5458
1974	18622	8029
1975	29472	7885
1976	19209	10110
1977	16732	11234
1978	12368	8921
1979	15857	15597
1980	11955	8878
1981	13304	10547
1982	14877	5439
1983	8279	17216
1984	11110	11150
1985	24060	15076
1986	18721	18781
1987	27177	18031
1988	10546	8611

sardinelles (fig. 4). *S. maderensis* reste sensiblement au même niveau (variations de 1 à 2), tandis que les captures de *S. aurita* fluctuent entre 9 t et 24 000 t. D'autres changements dans la composition des captures sont apparus. L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) est l'objet d'une pêche artisanale dont les prises passent de 15 000 à 70 000 t au Ghana, entre 1972 et 1981 (tab. 2). Elles retombent au niveau initial en 1986, puis culminent à 95 000 t l'année suivante (Pezennec *et al.*, à paraître). Les pêcheries togolaises et béninoises, négligeables avant 1980, produisent, en 1985, le quart des apports entre le cap des Palmes et la frontière nigériane (fig.4).

Le maquereau (*Scomber japonicus*) est débarqué au Ghana et en Côte-d'Ivoire, en tonnages croissants de 1966 à 1973 (11 000 t, cette dernière année), puis les mises à terre s'effondrent (tab. 3). Elles remontent légèrement à partir de 1983, atteignent brutalement un niveau record (20 800 t) en 1986 et retombent l'année suivante (fig.4).

Brachydeuterus auritus, autre espèce pélagique, très côtière, est régulièrement pêchée en Côte-d'Ivoire. Depuis 1966, les captures tendent à diminuer, cette tendance s'affirme à partir des années quatre-vingt. Les prises passent ainsi de 4 ou 5 mille à un millier de tonnes environ (Pezennec *et al.*, à paraître). Cependant, cette espèce est moins recherchée que les sardinelles, ce qui peut entraîner une sous-estimation de son abondance. Le cas du baliste (*Balistes carolinensis*) est plus étonnant. Cette espèce dont on ne pêchait que quelques individus dans les années soixante n'avait jamais été recherchée. Cet accroissement de population eut lieu fin 1971-début 1972 au Ghana, puis dans tout le golfe de Guinée, atteignant le Sénégal en 1978. Au début des années quatre-vingt, le baliste représente en bien des régions, du cap Vert au Nigéria, une biomasse supérieure à celle de la moitié des poissons du plateau continental (Caverivière, 1982; Gulland et Garcia, 1984). D'après Amon Kothias *et al.* (1986), le baliste aurait représenté pour la Côte-d'Ivoire un potentiel capturable de 2 000 à 3 000 t. Bien qu'il n'ait pas fait l'objet d'une exploitation commerciale, et que nous manquions donc de données le concernant, le baliste semble actuellement en régression (Caverivière, présent volume). On remarque que l'explosion démographique de cette espèce correspond à la période de disparition de *Sardinella aurita*, bien que les deux espèces n'aient apparemment pas la même niche écologique.

Taille plus élevée, croissance plus rapide

L'examen des fréquences de taille de *S. aurita* du Ghana et de la Côte-d'Ivoire, échantillonnées au débarquement, montre une augmentation du mode depuis les années soixante. Cet accroissement est plus prononcé parmi les sardinelles mesurées en Côte-d'Ivoire: de 15-16 cm dans les années 1964 à 1969, le mode est passé à 19,5 avec un autre mode à 24 cm en 1987 (Pezennec *et al.*, à paraître).

Fig. 4

Prises de pélagiques dans le golfe de Guinée (*Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, *Engraulis encrasicolus*, *Scomber japonicus*) (cf. tabl. 3).

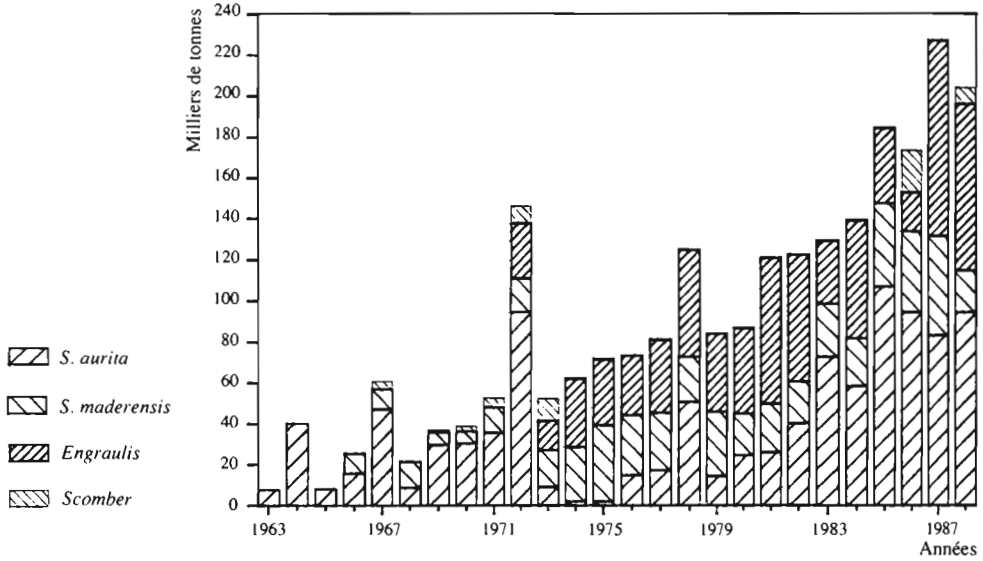


Tableau 3

Captures totales des pélagiques de Côte-d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin (*Sardinella aurita*, *S. maderensis*, *Engraulis encrasicolus*, *Scomber japonicus*). D'après Pezennec et al., à paraître.

	<i>S. aurita</i>	<i>S. mader.</i>	<i>Engraulis</i>	<i>Scomber</i>
1963	7960			
1964	40330			
1965	8200			
1966	15779	9757		341
1967	47222	9849		4109
1968	8733	12660		582
1969	29615	6390		1289
1970	30411	5991		2652
1971	35687	12606		4677
1972	94626	16357	26780	8607
1973	9169	18041	14455	11129
1974	2077	26651	33439	695
1975	2075	37357	32173	910
1976	15011	29340	29126	152
1977	17353	28042	35939	567
1978	50833	21952	51992	553
1979	14604	31523	38222	187
1980	24732	20491	41936	470
1981	26162	23911	71088	500
1982	40373	20405	61843	387
1983	72830	25914	30780	312
1984	58561	23460	57184	797
1985	107121	40596	37082	247
1986	94687	39262	19185	20851
1987	83417	48145	95762	456
1988	94713	20161	81374	8171

Des lois de croissance ont été estimées par Marchal (FAO, 1974) et, récemment, par le groupe de travail COPACE (1989). Le premier obtient une vitesse de croissance plus faible que le second. Si ces différences ne sont pas des artefacts, elles correspondraient bien à l'incontestable augmentation de taille moyenne, en Côte-d'Ivoire.

Allongement de la saison de pêche

Marchal (1966) note que la saison de pêche de *S. aurita* est pratiquement limitée à celle des upwellings. Entre 1966 et 1972, les rendements des saisons froides sont de 2 à 5 fois plus élevés que ceux des saisons chaudes et de la première saison des pluies. Au contraire, depuis 1983 et surtout 1985, les captures ont lieu presque toute l'année (fig. 5), (Pezennec et al., à paraître). Le second semestre est le plus productif en 1983 et 1984; les deux années suivantes, les prises sont sensiblement aussi importantes dans les deux parties de l'année. En 1987, les meilleures captures ont lieu en février.

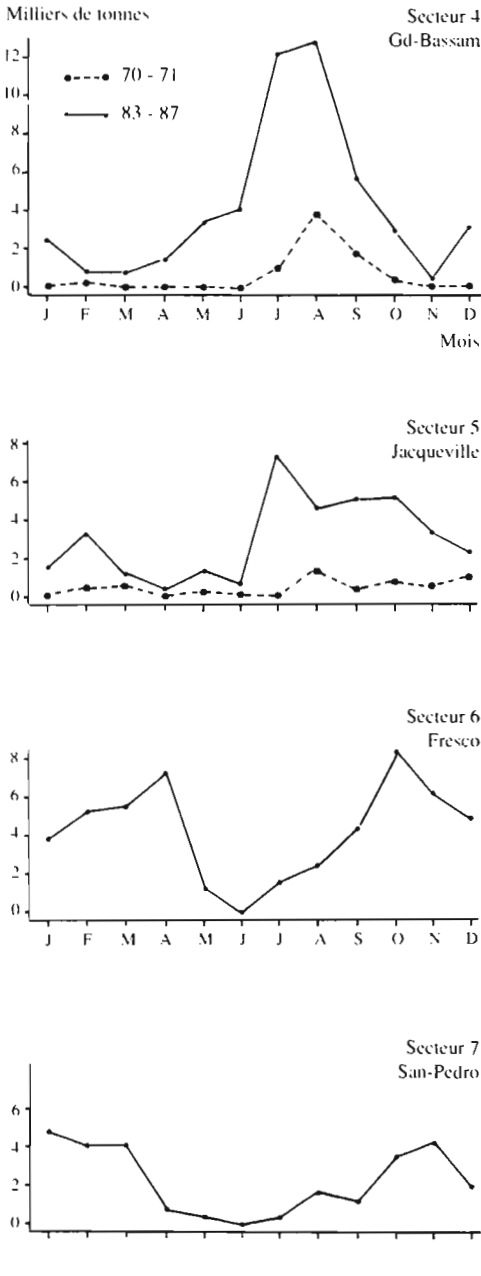
Cependant, il existe chaque année - sauf en 1986 - une «coupure» dans la saison de pêche (juin) qui correspond au passage du front intertropical au dessus du littoral et à la première saison des pluies sur la basse Côte-d'Ivoire.

Déplacement des zones de pêche

De 1966 jusqu'en 1972, la majeure partie des prises

Fig. 5

Débarquements mensuels de *S. aurita* en Côte-d'Ivoire par secteur de pêche. Comparaison des périodes 1970-71 (tirets) et 1983-87 (traits pleins), montrant le changement des zones et des périodes de pêche. Secteur 4 (Gd Bassam): 3-4°W, secteur 5 (Jacqueville): 4-5°W, secteur 6 (Fresco): 5-6°W, secteur 7 (San Pedro): 6-7°W.



ivoiriennes est réalisée hors des eaux nationales, devant la côte ghanéenne. Dans les eaux ivoiriennes, les secteurs productifs sont les plus orientaux. Au contraire, à partir de 1976, lorsque le stock, récupérant après son effondrement, recommence à faire l'objet d'une exploitation, les captures des senneurs ivoiriens se font essentiellement devant le littoral ivoirien. Le long de cette côte, les secteurs de Grand-Bassam et de Jacqueville fournissent un peu plus de la moitié des apports, surtout pendant la Grande Saison Froide. Par contre, les secteurs occidentaux (San Pedro et Fresco), aux rendements traditionnellement faibles, deviennent très productifs, notamment durant les premiers mois de l'année (janvier à avril) et les derniers (septembre à décembre). C'est ce que montre la figure 5 représentant les prises mensuelles de chaque secteur pour les années 1970-71 et 1983-87. Jusqu'en 1980, les captures des pêcheries ghanéennes, sont beaucoup plus importantes que celles de Côte-d'Ivoire (75 à 96% du total, à l'exception de 1968 et 1970). A partir de 1981, les débarquements des sardiniers ivoiriens et des grandes pirogues basées en Côte-d'Ivoire augmentent jusqu'à dépasser 40 % du total des deux pays (fig. 6).

Accroissement de la biomasse pélagique dans l'ouest

Cette modification géographique de la pêcherie semble correspondre à un changement des répartitions spatiales des poissons pélagiques. Marchal et Picaut (1977) constatent en janvier 1974, au cours d'une campagne d'écho-intégration, que la densité de poissons à l'est du cap des Trois Pointes est trois fois plus importante qu'entre Abidjan et le cap des Palmes (respectivement 53,3 et 17,8 t/mille²); la densité entre le cap des Trois Pointes et Abidjan (20,3 t/mille²) est légèrement supérieure à celle de l'ouest du plateau ivoirien. Du fait des largeurs respectives des plate-formes continentales, la biomasse estimée entre les deux caps (82 000 t) est très inférieure à celle située à l'est des Trois Pointes (225 000 t).

Des campagnes plus récentes (Marchal, à paraître) montrent au contraire des densités en poissons équivalentes, de part et d'autre des Trois Pointes. Les mesures d'écho-intégration confirment les observations faites à partir des fiches de pêche: jusque vers 1980, le barycentre du stock de *S. aurita* se trouvait au Ghana, entre Accra et Takoradi; actuellement, il semble se situer dans le golfe ivoirien, entre les deux caps.

Une ou deux populations de *Sardinella aurita* ?

Des pontes ont lieu sur l'ensemble du plateau, du cap des Palmes aux Trois Pointes, mais la répartition des larves suggère la présence de deux frayères, aux extrémités est et ouest du golfe (tab. 4). Le plus grand nombre de larves, observé au cours de trois années consécutives (1970-71-72) se trouve dans la zone ouest, à proximité du cap des Palmes. Les larves sont abondantes pendant les saisons froides et davantage en Petite Saison Froide. Les données biométriques (sardinelles de plus grande taille dans l'ouest ivoirien qu'au Ghana), les lieux de

Tableau 4

Abondance des larves de *S. aurita* moyenne sur 3 années (Juillet 69 - Avril 72). (Nombre par 100 m² de surface).

SECT. MOIS	8	7	6	5	4	3	Moy.
I	0	0	0	3	1	0	1
II	15	27	22	24	16	36	23
III	545	18	0	0	5	65	106
IV	177	3	1	13	2	0	33
V	0	0	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	0	0	0	0
VII	2	0	0	0	3	30	6
VIII	3	0	10	0	22	9	7
IX	6	6	0	7	0	32	9
X	6	1	0	1	0	0	1
XI	0	0	0	0	13	0	2
XII	0	0	0	0	0	0	0
Moy.	63	5	3	4	5	14	

pêche relativement distincts, (est ivoirien et Ghana jusqu'à ces dernières années, centre et ouest de la Côte-d'Ivoire et Ghana, depuis les années quatre-vingt) montrent, selon Marchal (*Ibid.*) l'existence de deux populations aux frayères distinctes.

La population ouest-ivoirienne, serait restée latente jusqu'au début des années quatre-vingts, tandis que la population ghanéenne, pleinement développée, supportait tout l'effort de pêche. La situation serait actuellement inversée et ce serait la population ivoirienne qui serait pleinement exprimée.

CHANGEMENTS DANS L'ENVIRONNEMENT

Les modifications des pêcheries pélagiques côtières conduisent à s'interroger sur l'évolution du milieu. On examinera trois paramètres qui peuvent avoir influé sur l'abondance et la répartition des poissons: les remontées d'eaux froides, les apports fluviaux et la circulation. Leurs variations sont vraisemblablement liées à l'échelle régionale parce qu'elles dépendent des mêmes causes climatiques.

Les résurgences saisonnières

En hiver et en été boréal, des affleurements d'eaux profondes, froides se produisent. La thermocline remonte et peut atteindre la surface, en été boréal. Les eaux chaudes superficielles sont chassées par les eaux subthermoclineales. L'upwelling principal dure de juillet

Fig. 6

Pourcentage des captures de *S. aurita* effectuées par les pêcheries ivoiriennes (CI) et ghanéennes (Gh) industrielles (ind.) et artisanales (art.).

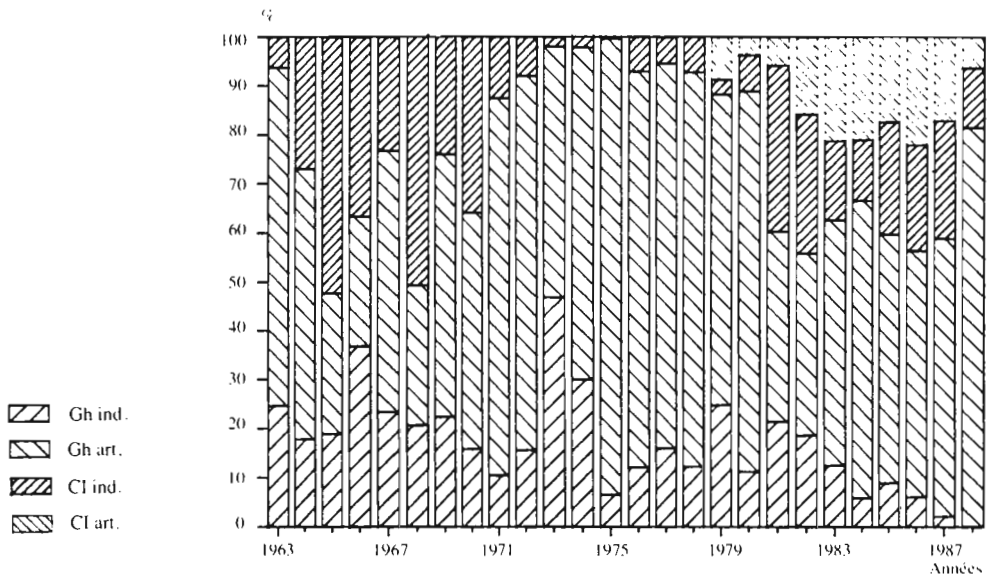
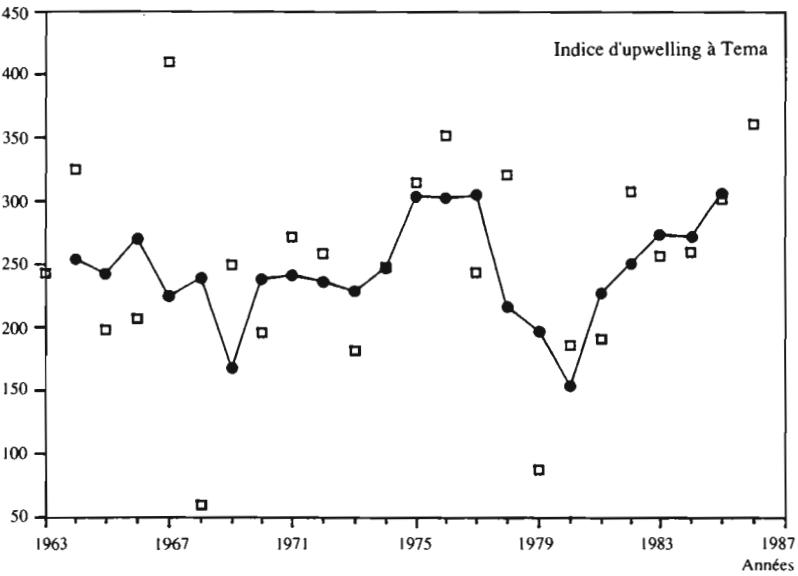
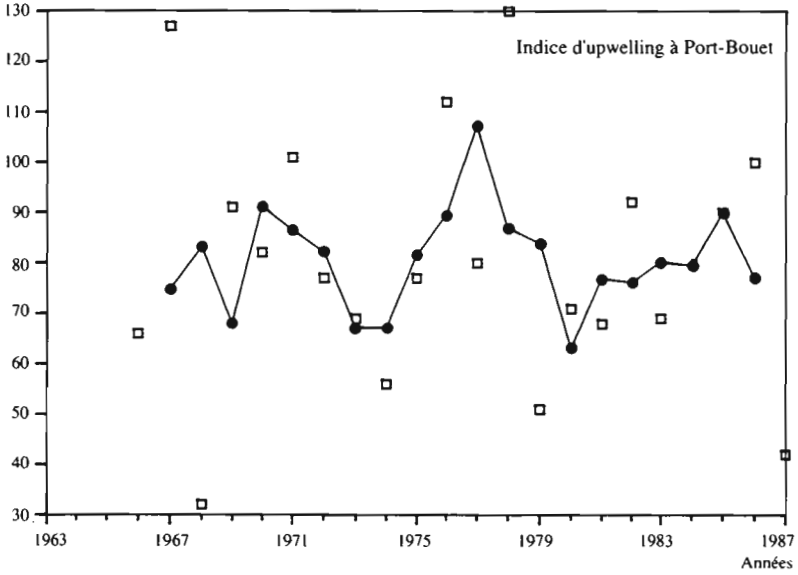


Fig. 7

Indices d'upwelling à Port-Bouet et à Tema; valeurs annuelles et moyennes mobiles sur 3 ans (cf. tab. 5).



□ Indice annuel ● Moy. mob. 3 ans

à septembre et les eaux froides envahissent tout le plateau, c'est la «Grande Saison Froide» (Morlière, 1970; Morlière et Rébert, 1972). La remontée des sels nutritifs dans la couche euphotique induit une forte poussée phytoplanctonique, suivie d'un développement important de zooplancton (Dandonneau, 1973; Binet, 1976). Les zones d'affleurements les plus marquées sont situées à l'est du cap des Palmes et du cap des Trois Pointes, l'advection superficielle (courant de Guinée) disperse ces eaux sur toute la largeur du plateau et des accores. Certaines années, on observe ces refroidissements jusqu'au Bénin ou même au Nigéria.

Des remontées d'eaux ont également lieu - essentiellement à l'est des caps - durant les quatre premiers mois de l'année, plus particulièrement entre janvier et février. Ces refroidissements sont moins intenses, plus sporadiques que ceux de la Grande Saison Froide. Néanmoins, ils permettent un regain de production nouvelle et enrichissent le milieu, qui, en leur absence, s'appauvrit progressivement.

Recherche de tendance à long terme aux stations côtières. Le suivi d'indices d'upwelling basés sur les anomalies de température, en face d'Abidjan et de Tema, montre une forte variabilité interannuelle, mais pas de tendance, entre 1963 et 1987 (tab. 5). Les refroidissements ont été particulièrement faibles en 1968 et 1979. De 1979 à 1986, ils s'intensifient, sans toutefois dépasser les valeurs atteintes depuis le début des séries. Si on ne considère que leurs moyennes annuelles, les indices des deux stations varient dans le même sens (fig. 7). En fait, les intensités des upwellings ivoirien et ghanéen sont corrélés, durant les Grandes Saisons Froides mais non pendant les Petites Saisons Froides (Cury, in COPACE, 1989). Or, l'indice de Petite Saison Froide augmente, devant la Côte d'Ivoire, de 1983 à 1987 (Arfi *et al.*, présent volume).

Le niveau moyen de l'océan à Takoradi (Ghana), après soustraction de la tendance séculaire à la hausse, montre une anomalie négative entre 1956 et 1962 (fig. 8), (Verstraete et Picaut, 1983). Le niveau de la mer étant négativement corrélé à l'intensité de l'upwelling, cette anomalie pourrait signifier une intensification des résurgences.

Inversion du gradient zonal de température. Si l'on se contente d'examiner les relevés de température de surface devant Tema et Abidjan, depuis les années soixante, il n'apparaît pas d'évolution à long-terme. Et pourtant, la répartition zonale des températures semble s'être modifiée au milieu de cette période.

Les observations de Morlière et Rébert (1972) - élévation des températures de surface d'ouest en est - correspondent à des affleurements plus actifs dans l'ouest et à une dérive vers l'est des panaches d'upwelling. Ce schéma est en accord avec les premières mesures effectuées aux stations côtières réparties le long du littoral ivoirien. Arfi *et al.* (présent volume) retrouvent cette tendance sur leurs moyennes pluriannuelles (1978-

Tableau 5

Indices d'upwelling à Tema et Port-Bouet. D'après COPACE (1989) et débits moyens des fleuves Bandama et Comoé (m³/s). D'après le Service Hydrologique de l'ORSTOM. L'indice d'upwelling à Tema est calculé de la façon suivante: $I = Nqz * (26 - T^{\circ}C)$ dans lequel Nqz est le nombre de quinzaine où la température de surface (T°C) est inférieure à 26°C.

	Indice d'upwelling		Débits moyens
	TEMA	P. BOUET	BANDAMA+ COMOE
1963	243		1019
1964	325		756
1965	198		835
1966	207	66	627
1967	410	127	423
1968	60	32	1089
1969	250	91	499
1970	196	82	534
1971	272	101	367
1972	259	77	174
1973	182	69	256
1974	248	56	369
1975	315	77	335
1976	352	112	197
1977	244	80	264
1978	321	130	142
1979	88	51	488
1980	186	71	485
1981	191	68	288
1982	308	92	248
1983	257	69	87
1984	260	80	194
1985	302	90	381
1986	361	100	229
1987		42	336

1987): l'indice d'upwelling diminue de Tabou à Axim, remonte fortement au cap des Trois Pointes et décroît à nouveau d'Axim à Keta (fig. 9).

Mais, depuis 1981 environ, ce schéma ne correspond plus aux observations (Herbland et Marchal, présent volume; Herbland et Le Loeuff, à paraître):

- jusqu'en 1980, les refroidissements sont nettement plus forts dans l'ouest du golfe ivoirien que dans l'est;
- entre 1980 et 1982, les remontées d'eaux froides ont à peu près la même intensité tout le long du littoral;
- de 1983 à 1986, le gradient s'inverse et le refroidissement est plus fort dans l'est que dans l'ouest;
- en 1987, il n'y a pas de gradient zonal, l'upwelling est faible partout.

Ces résultats doivent être considérés avec prudence et validés par d'autres sources de données. Différents biais peuvent avoir influencé des températures mesurées au bord de la plage: mode de prélèvement, présence ou absence d'eaux dessalées d'origine continentale. En effet, les eaux lagunaires et fluviales sont plus chaudes

Fig. 8

Niveau de la mer à Takoradi, Tema, Abidjan et Dakar (d'après Verstraete et Picaut, 1983).

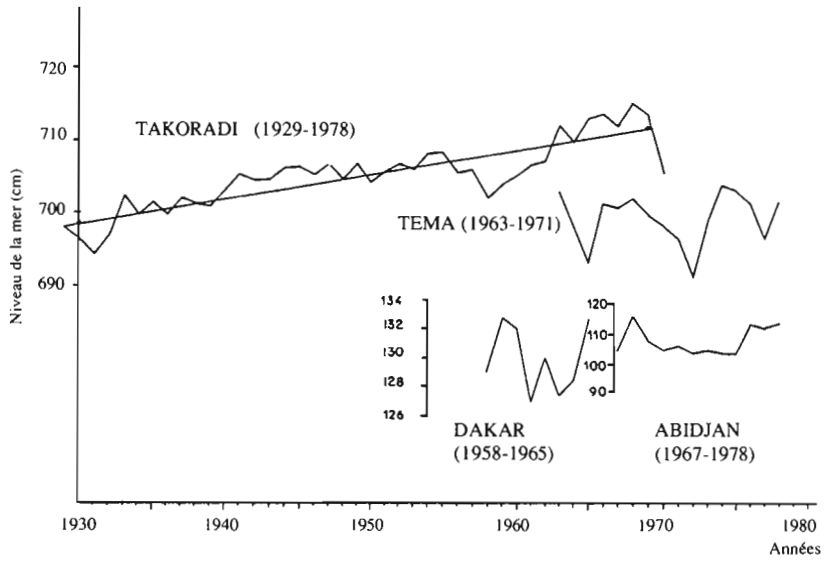
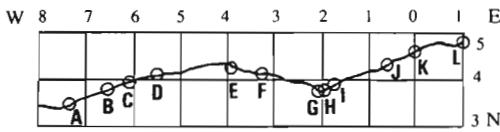


Fig. 9

Indices d'upwelling aux stations côtières de Tabou (7°20' W) à Keta (1°E). D'après Arfi *et al.*, (présent volume). a: indice annuel, b: indice de Grande Saison Froide, c: indice de Petite Saison Froide.



Indice d'upwelling

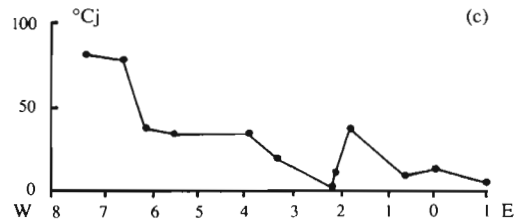
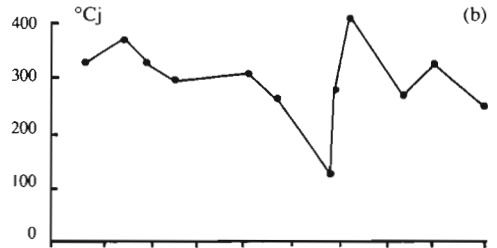
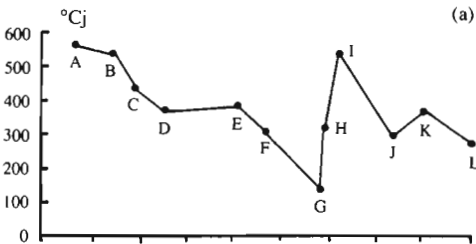


Fig. 10

Courant de Guinée (E) et sous-courant ivoirien, ou sous-courant de Guinée (W). Distribution verticale, en cm/s, de la composante zonale, le long de cinq radiales nord-sud (d'après Lemasson et Rebert, 1973 b). R1: Abidjan, R2: Takoradi, R3: Accra, R4: Cotonou, R5: Lagos.

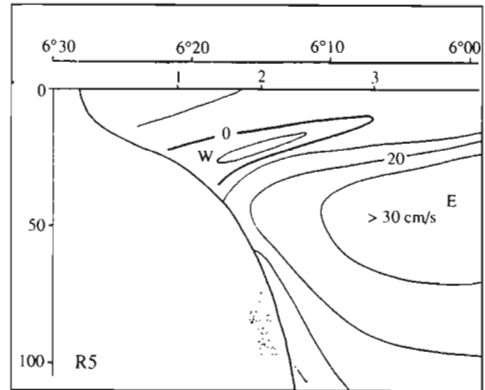
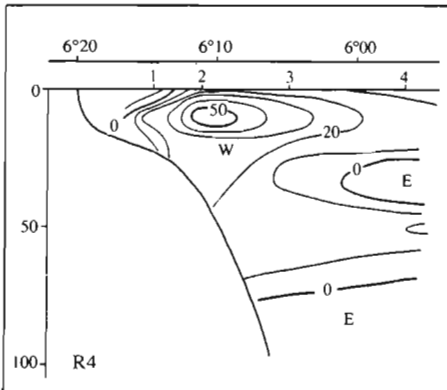
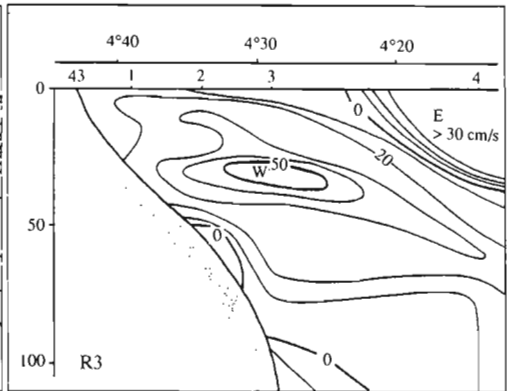
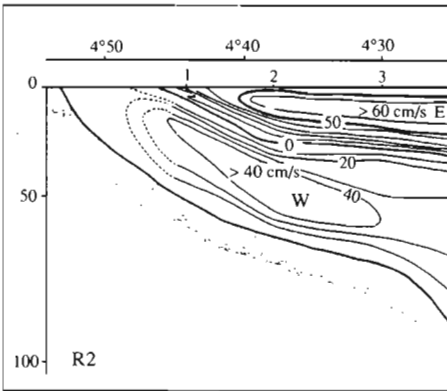
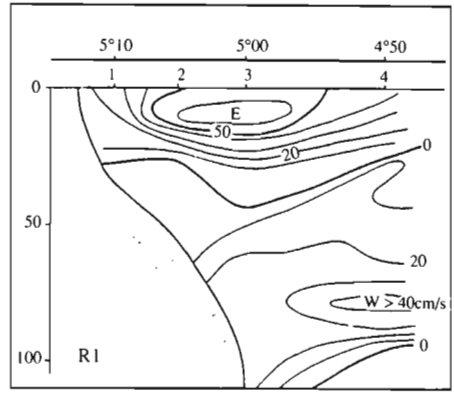
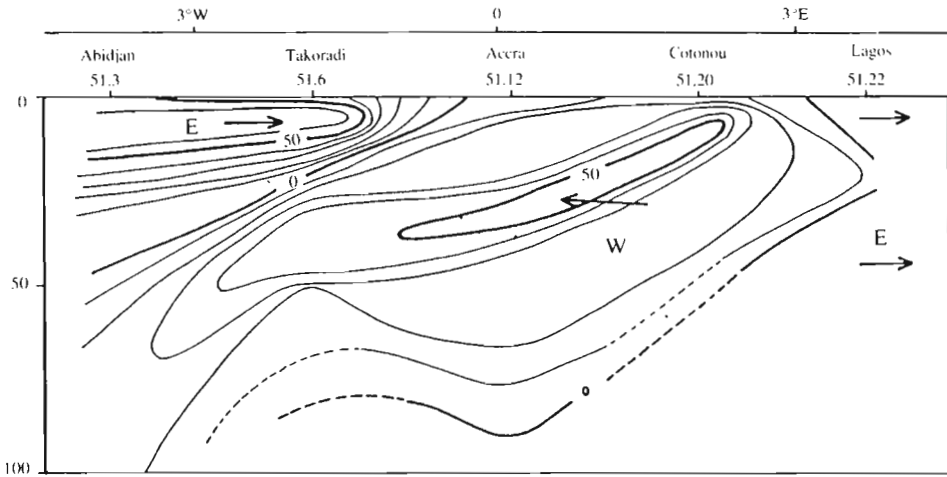


Fig. 11

Courant de Guinée et sous-courant ivoirien (ou sous courant de Guinée): distribution longitudinale, en cm/s, de la composante zonale (Lemasson et Rébert, 1973 b).



que les eaux marines en saison froide et la fermeture de certains graux, empêchant l'écoulement des eaux continentales, entraînerait un refroidissement superficiel dans la zone de l'ancien panache des eaux saumâtres. Cependant, la cohérence du signal entre stations voisines exclut l'erreur de mesure.

La circulation

Du littoral jusqu'à une centaine de milles au large, on rencontre un système de deux courants superposés dont l'épaisseur et l'éloignement à la côte sont variables. Le courant de Guinée (CG) se dirige vers l'est et surmonte un sous-courant, dont le noyau se trouve, en moyenne, vers 50 m, aux accores (fig. 10 et 11), (Lemasson et Rébert, 1973 a). Le courant de Guinée peut être rejeté au large et le sous-courant ivoirien (ou Sous-Courant de Guinée - SCG - d'après la terminologie de Verstraete, 1985) peut atteindre la surface, près de la côte. Il se produit alors une inversion du transport superficiel, connue depuis longtemps (Longhurst, 1962) mais considérée, jusqu'à présent, comme relativement exceptionnelle.

D'après Lemasson et Rébert (1973 a), le sous-courant est plus proche de la surface et de la côte pendant les périodes d'upwelling et même pendant la Petite Saison Chaude, et plus profond pendant les mois les plus chauds. Or, Hisard *et al.* (1986) constatent en 1984, au large d'Abidjan, une circulation d'est en ouest dans les 20 premiers mètres. Cette circulation est limitée à une

Tableau 6

Fréquences d'observations du Courant de Guinée, portant à l'est et du sous-courant ivoirien (ou Sous Courant de Guinée), portant à l'ouest; d'après les campagnes mensuelles de Lemasson et Rébert (1973 a) et les mesures hebdomadaires de Colin (1988).

	1968	1969	1970	1983	1984
Couche 0-100m					
Courant Est	31	34	44	37	31
Courant Ouest	69	66	56	63	69
Surface					
Courant Est	77	93	91	71	65
Courant Ouest	23	7	9	29	35

bande proche des accores en janvier-février et en juillet-août 1984, mais elle s'étend jusqu'à l'équateur en avril. Une comparaison rapide entre les mesures de Lemasson et Rébert (1973 a) et celles de Colin (1988) montre que, en une station située au bord du plateau, le pourcentage d'apparition des courants est et ouest, sur la colonne 0-100 m n'est pas très différent entre les périodes 1968-

Fig. 12

Débits moyens annuels des grands fleuves ivoiriens et ghanéens (1955-1988). a : Bandama + Comoé et Volta au barrage d'Akosombo. b : Volta d'après diverses informations, à Senchi et Akosombo. D'après les données du Service Hydrologique de l'ORSTOM (cf. tab. 5), de la Division des Ressources en Eaux de Surface de Côte-d'Ivoire et de la Volta River Authority (Armah com. pers.).

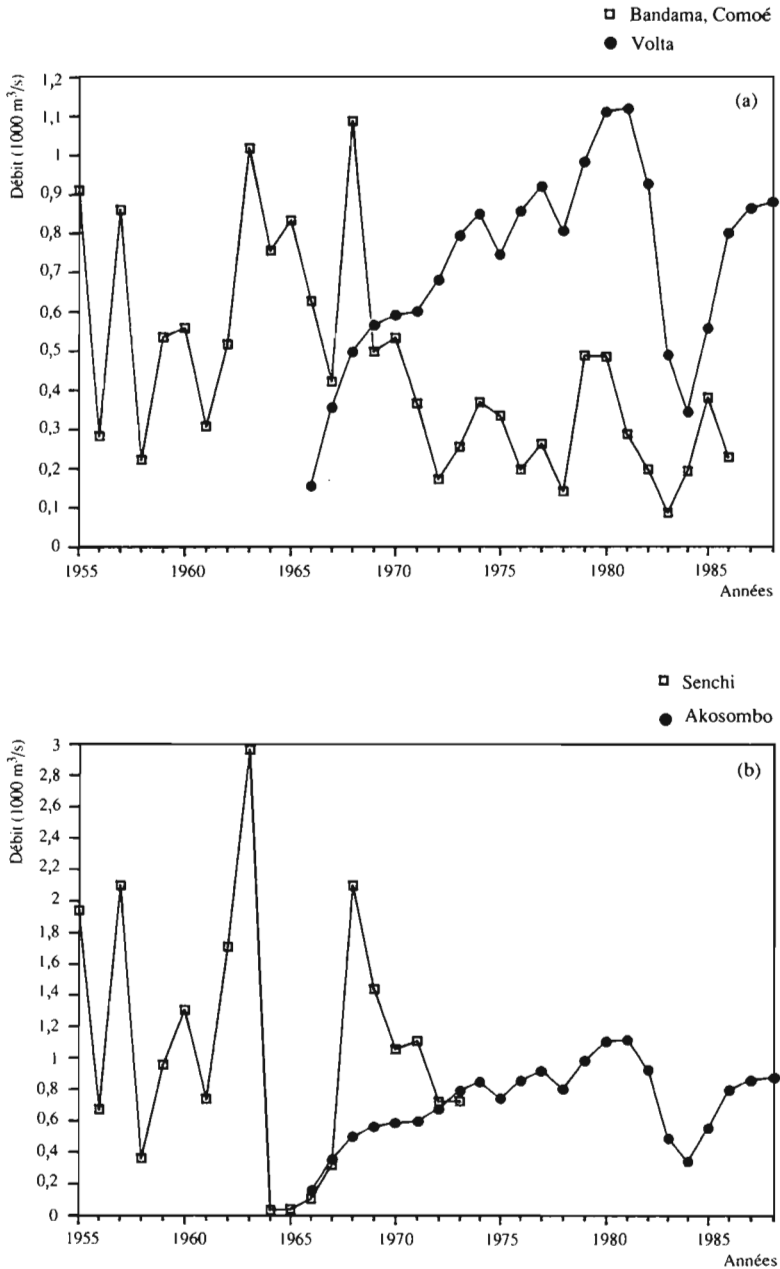
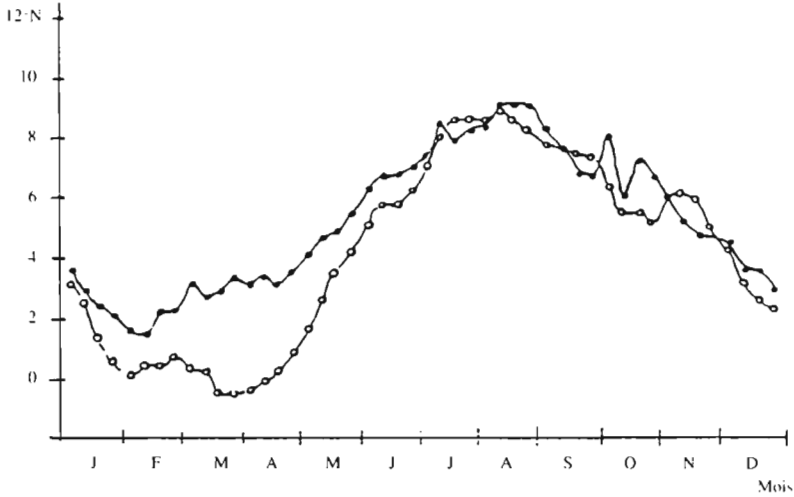


Fig. 13

Variations saisonnières moyennes de la latitude de l'ITCZ à 28°W, durant les années sèches (●—●) ou humides (○—○), sur le Sahel (d'après Citeau *et al.*, 1988 a).



1970 et 1983-1984. Cependant, la fréquence des observations de transport vers l'ouest tend à diminuer de 1968 à 1970 et à augmenter de 1983 à 1984.

Si l'on ne considère que les observations de surface, l'apparition du courant ouest est nettement plus fréquente au cours de la seconde période que de la première (tab. 6), surtout si l'on met à part 1968, année tout à fait exceptionnelle.

ITCZ, pluviométrie et CCEN

L'Afrique sud-saharienne connaît une bonne pluviométrie vers la fin des années soixante (Mahé, présent volume). Mais, entre les périodes 1955-69 et 1970-86, le débit moyen annuel des fleuves Bandama et Comoé est divisé par 4, (tab. 5, fig. 12). Il en est de même pour la Volta qui déversait, à l'est du Ghana, presque 10 fois plus d'eau douce que chacun des grands fleuves ivoiriens.

D'autre part, la régularisation du débit à proximité des embouchures par des barrages (Akosombo sur la Volta, Kossou et Taabo sur le Bandama) entraîne une augmentation des rejets d'étiage et surtout un écrêtage des crues. Les variations saisonnières des débits sont considérablement atténuées.

La sécheresse qui sévit sur le Sahel est liée à certaines anomalies du déplacement de la Zone de Convergence Intertropicale (ITCZ) sur la côte nord du golfe de Guinée. Normalement, un mouvement de translation saisonnière amène des pluies de mousson sur les zones sahéliennes. On estimait jusqu'à présent (Hastenrath,

1984) que le blocage de l'ITCZ sur la côte, pendant l'hivernage (été boréal), coïncidait avec des années sèches et inversement qu'une montée de la convergence plus au nord correspondait à des années humides.

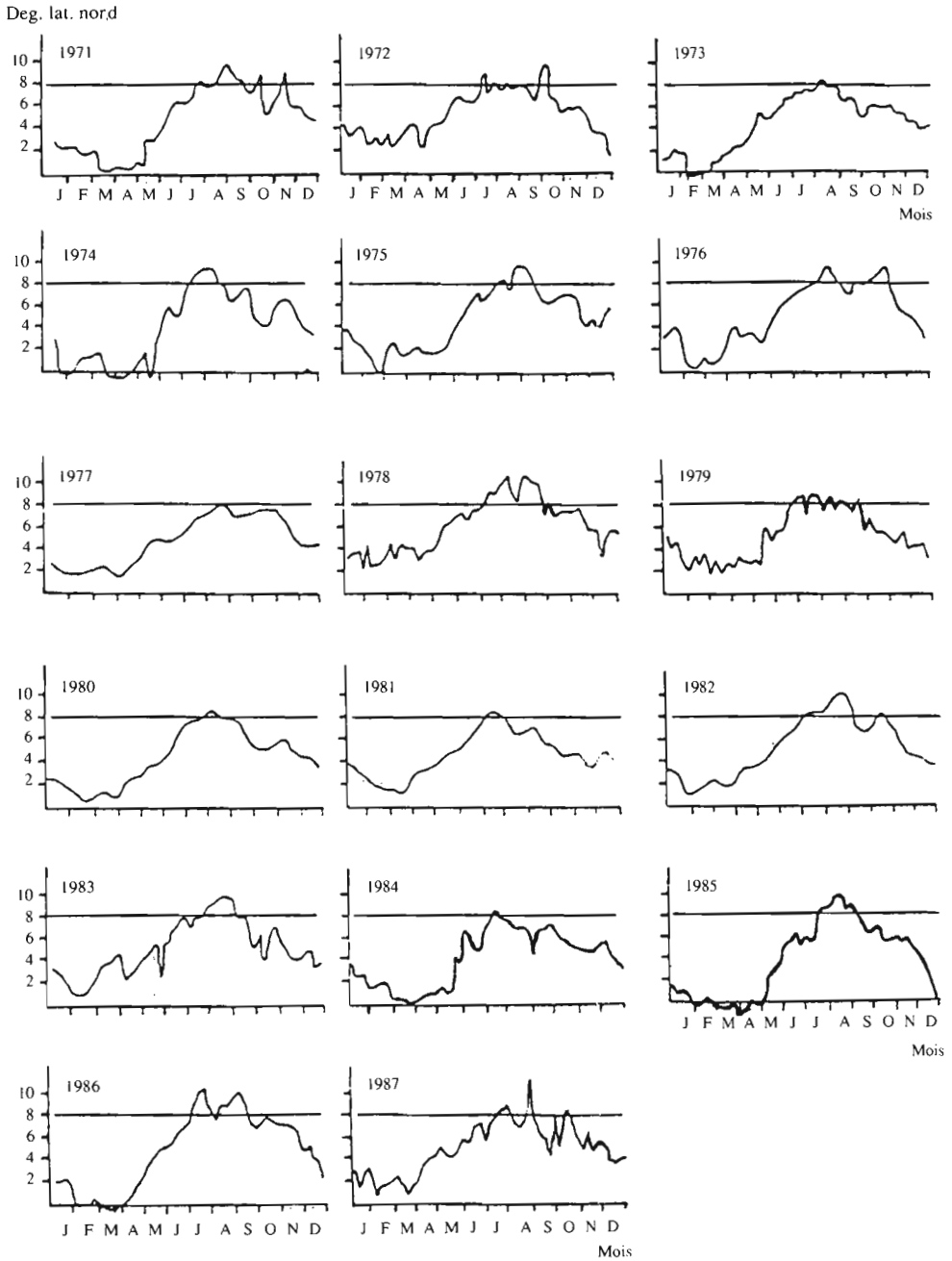
Citeau *et al.* (1988) constatent que ce schéma s'applique bien pendant les années soixante-dix, mais pas après 1980. Durant les années sèches de la décennie soixante-dix, il se produit un changement dans la répartition saisonnière des pluies sur le littoral. La première saison des pluies sur le littoral (juin) est plus forte lorsque la zone de convergence des alizés ne monte pas au nord de la côte, mais les pluies d'août sur le Sahel sont déficitaires.

Par contre, durant les années quatre-vingt, Citeau *et al.* (1988) estiment que la latitude atteinte par l'ITCZ (à 28°W) pendant l'hivernage ne suffit plus à expliquer les différences interannuelles de pluviométrie. Ils montrent l'importance de la position de l'ITCZ pendant la saison sèche (hiver boréal). Lorsque la convergence se trouve sur l'équateur de février à avril, l'année est humide; au contraire, si elle se maintient vers 3°N, l'année est sèche (fig. 13).

L'ITCZ est la zone de convergence des alizés. C'est donc la région où le contre-courant équatorial nord (CCEN) peut se former et diriger vers l'est (contre les alizés) des eaux qui butent sur les côtes guinéennes. D'après Mittelstaedt (1983), en arrivant sur la côte africaine ce flux se partage en deux branches (fig. 1). L'une remonte au nord, vers le Sénégal, l'autre poursuit

Fig. 14

Variations de la latitude de l'ITCZ à 28°W, de 1971 à 1987, (d'après Citeau *et al.*, 1988 b).



sa course vers l'est-sud-est et alimente le courant de Guinée (CG). En été et en automne, la position plus septentrionale de l'ITCZ fait que les eaux du CCEN seraient, en grande partie, infléchies vers le Sénégal. En hiver et au printemps, l'inverse se produit et le CCEN alimente directement le CG.

Les indications fournies par la dérive des navires marchands ne montrent qu'une légère composante nord au large de la Guinée (Richardson et McKee, 1984), en été boréal; ce que confirment les flotteurs lâchés en 1983-84 (Richardson et Reverdin, 1987).

Les anomalies interannuelles de la migration N - S de l'ITCZ et, par conséquent de l'axe du CCEN, sont fondamentales pour le CG et l'advection d'eau chaude dans l'est de l'Atlantique tropical (Hisard, 1988). Etant donné la variabilité saisonnière de la date à partir de laquelle le CCEN n'alimente plus directement le CG, (variabilité liée au déplacement saisonnier de l'ITCZ vers le nord), on peut se demander s'il n'existe pas une même variabilité interannuelle. S'il en était ainsi, les années où l'ITCZ, à 28°W, se maintient vers 3°N, au lieu de descendre jusqu'à l'équateur, le flux du courant de Guinée serait plus proche des côtes ivoirienne et ghanéenne.

Au vu du déplacement de l'ITCZ (Citeau *et al.*, 1988), ceci aurait pu se produire, notamment, de 1977 à 1983 (fig. 14). En 1984, au contraire, l'ITCZ reste sur l'équateur jusqu'en mai. On observe, le long du méridien 28°W, un flux est, assimilable au CCEN, très important et axé vers 5°N. Ce CCEN est sensiblement décalé vers le sud. La position anormalement sud de l'ITCZ a donc favorisé l'établissement d'un fort courant de Guinée, dont on voit des traces en février et mai 1984 à 1°E (Hisard *et al.* 1986; Piton, 1987 a). L'axe du CG est décalé vers le sud en été boréal 1983 et 1984 (Colin, 1989).

Un épisode analogue s'est déjà produit en mai-juin 1968 (Hisard, 1989): l'ITCZ se trouvait, en mai-juin, très au sud de sa position normale et il y avait eu un apport inhabituel d'eaux chaudes dans le golfe de Guinée (donc un CG renforcé). Les pluies avaient été abondantes sur le littoral, mais non sur les régions sahéliennes. Cependant, à la différence de l'année 1984, aucun upwelling côtier ne s'était produit. Or, durant cette année 1968, le courant de Guinée renforcé s'est traduit, sur le plateau continental, par une moindre fréquence de transport vers l'Est, comme en 1984 (tab. 6).

Maximum de salinité subsuperficiel et Sous-Courant de Guinée

Le Sous-Courant Equatorial (SCE) amène, en subsurface, le long de l'équateur, des eaux salées, dans l'est de l'Atlantique. Généralement, ces eaux alimentent l'upwelling équatorial et n'arrivent qu'en quantité limitée sur le bord est de l'océan. En 1984, cette eau n'est pas remontée en surface, à cause de la faiblesse du Courant Equatorial Sud et de la divergence équatoriale, et s'est donc accumulée dans le golfe de Guinée entre 4°N et 4°S (Piton et Wacogne, 1985; Piton, 1987 a). Ce maxi-

mum de salinité (>36‰) est situé entre 50 et 100 m de profondeur en février 1984 et entre 20 et 30 m en mai 1984. En arrivant au fond du golfe de Guinée, le maximum se divise en deux branches, l'une vers les côtes du Gabon, l'autre vers le fond de la baie de Biafra (fig. 15). En 1984 encore, Piton (1987 b) observe sur les côtes du Togo un maximum de salinité subsuperficiel anormalement élevé. Il y voit la trace de l'eau équatoriale subsuperficielle.

Lemasson et Rébert (1973 b) estiment que le sous-courant ivoirien est alimenté par un maximum de salinité d'origine sud-atlantique qui se mélangerait partiellement avec les eaux du sous-courant équatorial. Toutes ces observations conduisent à supposer que les eaux salées subsuperficielles accumulées dans le fond du golfe de Guinée, s'écoulent, de part et d'autre de l'équateur, vers le sud et vers le nord. La branche nord, en arrivant sur le talus continental du Nigéria s'incurverait vers l'ouest et donnerait naissance au sous-courant de Guinée (SCG), observé devant la Côte-d'Ivoire sous le nom de sous-courant ivoirien (Lemasson et Rébert 1973 a).

Une accumulation d'eaux inhabituelle sur l'un des bords de l'océan finit par s'écouler en direction de l'autre bord, quand la tension qui maintenait ce déséquilibre s'estompe. On peut donc penser que l'accumulation d'eaux salées subsuperficielles, dans le golfe de Guinée, a finit par entraîner un renforcement, voire un déplacement du SCG (fig. 15). Devant Lagos, le courant porte généralement à l'est, mais on observe parfois un remplacement par un courant dirigé vers l'ouest. D'après les pêcheurs locaux, ce courant des Forcados, reconnaissable à ses eaux bleues et transparentes, viendrait des profondeurs (Longhurst, 1964). Piton (1987 b) fait état de plusieurs observations de transport ouest superficiel, devant le Nigéria et le Togo, en 1983 et 1985. Habituellement, les apparitions de courant ouest en surface sont de moins en moins fréquentes, de l'embouchure du Niger à River Chess (Libéria), d'après Longhurst (1962), conformément au schéma de Lemasson et Rébert (1973 b), (fig. 11).

VERS UN SCHÉMA EXPLICATIF

Les modèles disponibles: upwellings et débits fluviaux

La constatation que la disponibilité à court terme semblait liée aux refroidissements a conduit Mendelssohn et Cury (1987) à modéliser les prises par unité d'effort par quinzaine de l'ensemble des petits pélagiques, en fonction des températures de surface. Le résultat est compatible avec la dynamique du zooplancton dans cette région. Il traduit une préférence des pélagiques pour les eaux parvenues en surface depuis moins d'un mois et donc enrichies en plancton.

A plus long terme, la variabilité des captures peut être imputée également à des changements de disponibilité, mais aussi à celles du recrutement. En utilisant un indice annuel d'upwelling comme un indicateur de richesse trophique susceptible de favoriser survie des larves et

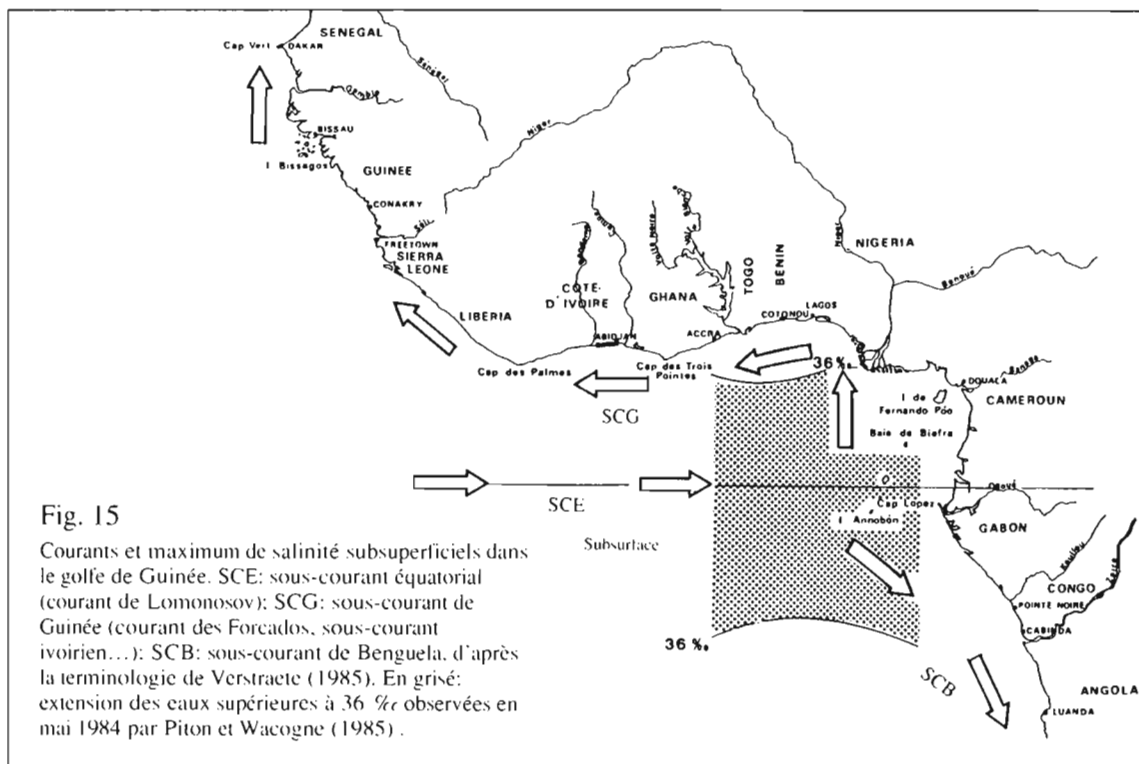


Fig. 15

Courants et maximum de salinité subsuperficiels dans le golfe de Guinée. SCE: sous-courant équatorial (courant de Lomonosov); SCG: sous-courant de Guinée (courant des Forcados, sous-courant ivoirien...); SCB: sous-courant de Benguela. d'après la terminologie de Verstraete (1985). En gris: extension des eaux supérieures à 36 ‰ observées en mai 1984 par Piton et Wacogne (1985).

recrutement, Binet (1982), Cury et Roy (1987), Fréon (1988 et présent volume) interprètent une partie de la variabilité interannuelle des rendements halieutiques par des modèles dans lesquels l'intensité de l'upwelling agit sur l'abondance et la capturabilité. Cury et Roy (1989) montrent que dans la région ivoiro-ghanéenne l'intensité du recrutement croît avec le refroidissement, sans atteindre de maximum, alors qu'il passe par un optimum dans la plupart des remontées d'eaux. Ils attribuent cette particularité à la faiblesse de l'advection vers le large. On peut donc s'attendre à ce que le recrutement s'améliore avec la force de l'upwelling qui augmente la richesse trophique des eaux côtières, sans qu'il y ait dissipation vers le large de cette production nouvelle (fig. 16).

En se basant sur le caractère sténohalin de *Sardinella aurita* et la remarque que les fortes prises correspondent à des années sèches (FAO, 1974), Binet (1982) suggère que la disponibilité de cette espèce est négativement corrélée au débit des grands fleuves (fig. 17). Laloë (1988) développe le concept de biomasse inaccessible autour de cette idée.

Une régression multiple utilisant indice d'upwelling et débits fluviaux explique bien la variabilité des prises entre 1963 et 1979, à condition d'exclure la période 1973-1977. En effet, durant cette période, le stock, dans un état de surexploitation, peut avoir réagi d'une façon différente aux facteurs environnementaux (Binet, 1982). Appliqué aux dernières données, avec de nouveaux

indices d'upwelling, le modèle, tout en rendant compte d'une certaine variabilité des captures, diverge de la réalité après 1984 (fig. 18 et 19). On constate en effet d'assez bonnes relations entre prises et indices d'upwelling ou débits fluviaux, jusqu'en 1982 (à l'exception de la période 1972-77), puis un schéma complètement différent par la suite (fig. 16 et 17). De même, le modèle de Laloë (1988) n'est ajusté que jusqu'en 1980.

Des changements inexplicables par les modèles précédents

Un certain nombre de signes incite à penser qu'il s'est produit un changement dans la (ou les) population(s) de *Sardinella aurita* à partir des années quatre-vingt:

- vitesse de croissance et taille modale plus élevées;
- répartition spatio-temporelle des captures complètement modifiée: saison de pêche étendue à toute l'année (à l'exception de la première saison de décharge des fleuves côtiers), production ivoirienne équivalente aux prises ghanéennes;
- production croissante et soutenue pendant plusieurs années consécutives, prises totales et prises par unité d'effort plus élevées que jamais, au moins devant la Côte-d'Ivoire.

Ces changements dans la biologie et l'exploitation de *Sardinella aurita* trouvent un écho chez d'autres pélagiques. Explosion démographique du baliste, ac-

Fig. 16

Relation entre l'intensité de l'upwelling à Tema (U) et les débarquements de *S. aurita* au Ghana et en Côte-d'Ivoire (Y). La relation s'écrit:
 $Y(t) = 162 U - 5430$, ($r = 0,44$)

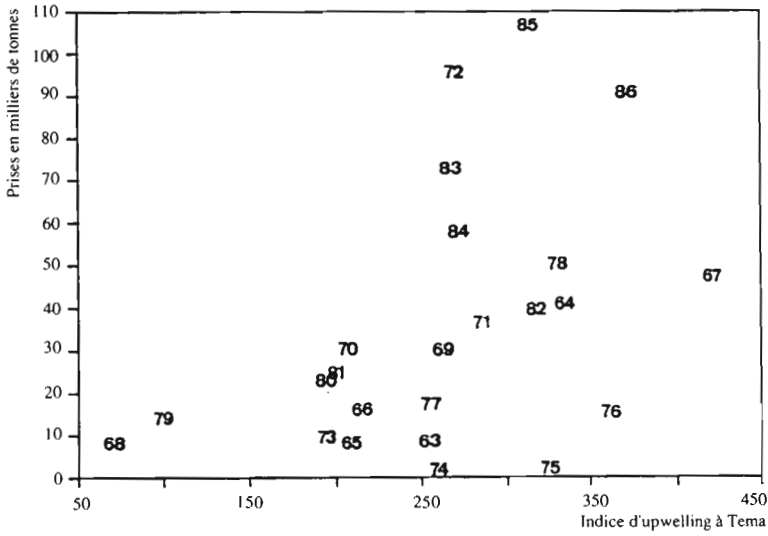


Fig. 17

Relation entre les débits des fleuves ivoiriens Bandama et Comoé (D) et les débarquements de *S. aurita* par les flottilles ivoiriennes et ghanéennes (Y).
 $Y(t) = - 50,3 D + 56 700$, ($r = 0,45$).

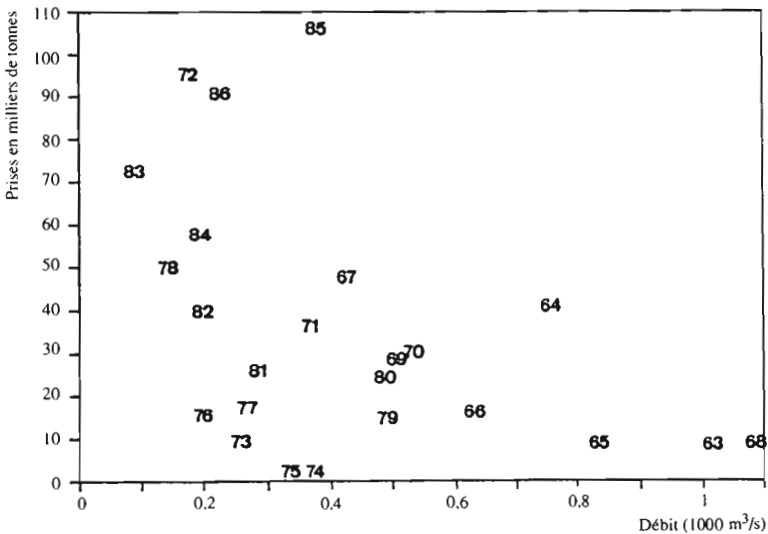


Fig. 18

Prises de *S. aurita* de la pêche industrielle ivoirienne seule, ajustées par une régression multiple à l'indice d'upwelling à Tema (U) et aux débits des fleuves Bandama et Comoé (D) durant les périodes 1963-72 et 1978-86 ($r = 0,55$). On considère que de 1973 à 1977 le stock, surexploité, ne répond pas de la même façon aux conditions environnementales (Binet, 1982). La régression s'écrit: $Y(t) = 33,3 U - 3,16 D + 1430$.

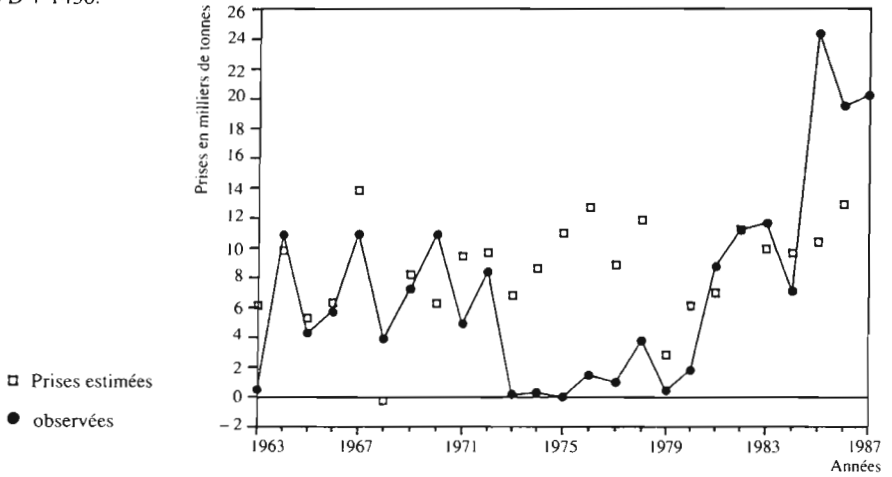
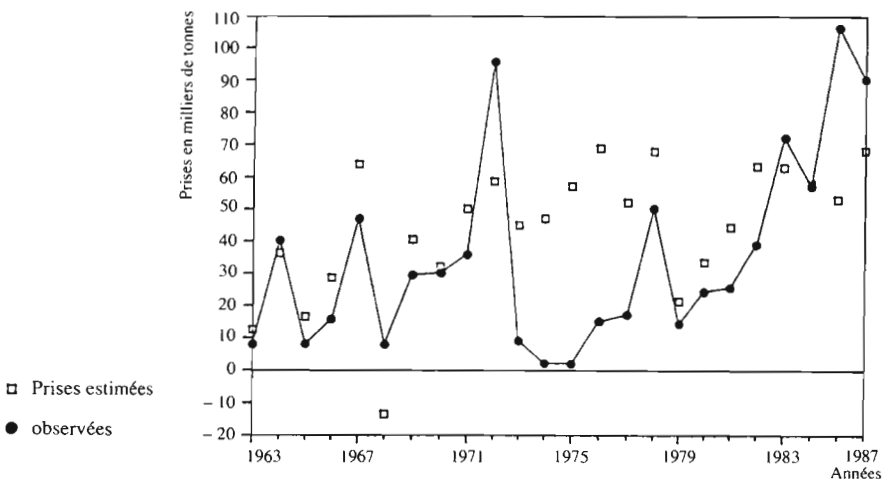


Fig. 19

Prises de *S. aurita* de l'ensemble Côte-d'Ivoire - Ghana (Y); ajustement par une régression multiple à l'upwelling à Tema (U) et aux débits des fleuves Bandama et Comoé (D), durant les périodes 1963-72 et 1978-86 ($r = 0,74$). La régression s'écrit: $Y(t) = 122 U - 52,1 D + 36 200$



croissement des captures d'anchois, disparition du maquereau, diminution des prises de *Brachydeuterus auritus* correspondent à un nouveau schéma du biotope qui paraît cohérent. La famille des balistes est connue habituellement dans les régions coralliennes aux eaux claires et salées. Les *Brachydeuterus* vivent au contraire dans des eaux néritiques souvent dessalées. Les anchois sont planctonophages, essentiellement filtreurs de phytoplancton, tandis que les maquereaux prédateurs exploitent un maillon beaucoup plus élevé de la chaîne alimentaire. Tout se passe comme s'il y avait eu diminution de l'influence néritique et raccourcissement de la chaîne alimentaire.

Pendant cette période, l'indice d'upwelling s'accroît, tout en restant à l'intérieur des limites de variation des deux décennies passées. La sécheresse n'est pas terminée, les débits des fleuves ivoiriens atteignent en 1983 un *minimum minimorum*. Ces deux indices climatiques peuvent expliquer l'évolution des captures devant le Ghana, mais non le développement d'une population de *Sardinella aurita* devant la Côte-d'Ivoire.

L'hypothèse du sous-courant

Les enrichissements d'origine profonde et les apports telluriques variant dans des limites connues, même si leur répartition spatio-temporelle a changé, il est nécessaire de chercher un paramètre dont les modifications récentes sortent de l'intervalle de variation des dernières décennies et soient susceptibles d'expliquer les derniers changements physiques et écologiques.

Si une position anormalement nord de l'ITCZ entraîne un décalage de même sens du CCEN et du courant de Guinée, on peut s'attendre à des modifications de la circulation devant la Côte-d'Ivoire. Le courant de Guinée serait plus étroit et collé à la côte, les années où l'ITCZ occupe une position septentrionale en hiver et au printemps (ce qui correspond à des années sèches); il serait plus étalé en latitude, décalé vers le Sud et donc plus distant de la côte, les années où la convergence des alizés est sur l'équateur (années plus humides).

Au fond du golfe de Guinée, les années où la divergence équatoriale est particulièrement faible, il se produit une accumulation subsurface d'eaux salées. Celle-ci entraînerait un renforcement du SCG.

On peut supposer - mais ceci demande confirmation - que la conjugaison des deux anomalies (étalement du CG plus au sud, renforcement du SCG) amène le flux de retour vers l'ouest (SCG) plus près de la côte et de la surface, tandis que le CG est rejeté au delà des accores. Si les deux flux sont alimentés par des masses d'eau plus importantes, leur vitesse pourrait s'accroître et l'accélération de Coriolis entraîner un rapprochement de la côte du noyau du SCG et un étalement vers le large du CG. Le changement concernerait d'une part la position en latitude des circulations est et ouest, mais aussi la longitude à laquelle la circulation ouest s'enfonce sous le courant de Guinée pour mériter le nom de sous-courant.

Même si cette modification n'est pas radicale et que les

oscillations du système ne conduisent qu'à augmenter la fréquence des apparitions de courant ouest à la côte et en surface, ce pourrait être la clé de bien des changements hydrologiques, écologiques et halieutiques observés depuis les années soixante-dix.

Pendant une période d'upwelling, le courant de Guinée s'éloigne de la côte, son épaisseur diminue, le sous-courant se rapproche de la surface et les eaux d'affleurement proviennent de niveaux plus froids. L'apparition du SCG en surface est une intensification de ce phénomène, qui pourrait être à l'origine de l'abaissement des températures observé ces dernières années dans l'est ivoirien.

En effet, le sous-courant peut alimenter en eaux plus froides les régions côtières superficielles:

- directement, par upwelling, l'eau provenant de niveaux habituellement plus profonds,
- indirectement, par advection; les eaux provenant du versant oriental du cap des Trois Pointes sont toujours plus froides.

Ceci pourrait expliquer l'inversion du gradient thermique zonal qui s'est produite vers 1981, l'est du golfe ivoirien (Assinie) devenant autant, et même plus froid que l'ouest (Tabou, Sassandra), à la faveur d'une poussée du sous-courant le long de la côte, à l'ouest des Trois Pointes.

Si le phénomène physique est confirmé, on doit s'attendre à une augmentation de la production primaire nouvelle, à un raccourcissement de la chaîne alimentaire et à un déplacement vers l'ouest de la zone de biomasse maximale. En effet, la teneur en nitrates des eaux est négativement corrélée à leur température (Herbland et Marchal, présent volume); des eaux plus froides donnent une production primaire plus forte.

Le zooplancton qui utilise cette production, migre entre deux courants contraires (Binet, 1979). De 1969 à 1972 la biomasse zooplanctonique maximale est, en saison froide, située au milieu du golfe ivoirien. On peut s'attendre à trouver le maximum de biomasse d'autant plus à l'ouest que les apparitions du SCG en surface sont fréquentes. Enfin, du fait de l'absence d'une double structure de courants diminuant les pertes advectives de production secondaire, le rapport zoo/phytoplancton diminuerait (Binet, 1988).

Dans quelle mesure la population de *Sardinella aurita* est-elle liée au sous-courant ?

D'après Lemasson et Rébert (1973 b), le SCG prend naissance au fond du golfe du Bénin, au voisinage de Lagos. C'est approximativement la limite orientale d'extension des upwellings saisonniers, c'est aussi la limite biogéographique du stock de *Sardinella aurita* de la côte nord du golfe de Guinée (fig. 1 et 15). Les pêcheurs de Lagos associent l'arrivée de bancs de *Sardinella cameronensis* à l'apparition du courant des Forcados (Longhurst, 1964).

Il y a quinze ans, Marchal écrivait (FAO, 1974): «Les sardines se maintiendraient en règle générale dans les eaux du sous-courant (maximum de salinité). Elles le

quitteraient pour se nourrir près de la surface, tant qu'il n'existe pas d'eaux superficielles dessalées». On observait alors une certaine coïncidence entre la position du noyau du sous-courant, le maximum de salinité et les concentrations de sardinelles sur le fond (FRU, CRO, ORSTOM, 1976). L'arrivée des sardinelles en surface, dans les eaux côtières, en saison froide, correspondait à une remontée du sous-courant près de la surface. Au Ghana, où l'essentiel des pêches de *S. aurita* se faisait à l'est des Trois Pointes, dans les années 1960, le contre-courant était beaucoup plus proche de la côte et de la surface que devant la Côte d'Ivoire (fig. 11 et 15), (Lemasson et Rébert 1973 b).

Il semble que l'arrivée du sous-courant en surface, près de la côte, puisse s'accompagner de la présence de sardinelles dans les eaux superficielles du plateau, même en saison chaude, ce qui devient fréquent après 1982, particulièrement en 1985 et 1986.

L'éloignement du courant de Guinée au delà du plateau a, sur le transport de l'ichtyoplancton, une conséquence incontestable: l'ensemble des oeufs et des larves de la fratrie ghanéenne (d'Accra aux Trois Pointes) est entraîné vers l'ouest, par le SCG, ce qui diminuerait le recrutement devant le Ghana.

D'octobre à juin la biomasse zooplanctonique décroît, comme si l'écosystème pélagique consommait les réserves accumulées en Grande Saison Froide. Les pontes de *S. aurita* sont centrées sur les saisons froides, ce qui optimise les possibilités trophiques et améliore les chances de survie des larves. Entre 1969 et 1972, on constate la présence de larves de *S. aurita* dans l'extrême ouest ivoirien, lors des Petites Saisons Froides, alors que les pêches d'adultes y sont rares. Il y a donc déjà une zone de ponte dans cette région. La nouvelle situation hydrologique, (renforcement des Petites Saisons Froides sur le littoral occidental, circulation ouest plus fréquente et donc limitation des pertes advectives vers l'est) peut être à l'origine du développement d'une population dans ces secteurs et de la redistribution des nouvelles zones de pêche.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les modèles explicatifs avancés jusqu'ici ne sont probablement pas à remettre en cause, sinon dans leur formulation, du moins dans leur esprit. La variabilité de l'upwelling détermine, vraisemblablement toujours, recrutement et disponibilité. La présence d'eaux dessalées près de la côte empêche les *Sardinella aurita* de s'en approcher trop, tandis qu'une période de sécheresse les rend plus vulnérables. Mais ces modèles sont établis pour un environnement dont les upwellings et les apports fluviaux sont les paramètres les plus variables et contrôlent apparemment le système.

Il est évident que si l'un des paramètres du milieu (la circulation, dans le cas présent) vient à sortir de la gamme de variation dans laquelle il était confiné jusqu'ici, le système va évoluer vers un nouvel équilibre. On pourrait proposer le schéma suivant: durant la fin des années soixante, le SCG atteint rarement la surface

devant la Côte-d'Ivoire, les fleuves sont dans une phase d'hydraulicité élevée, le peuplement de sardinelles est dominé par *Sardinella maderensis*. La population ghanéenne de *S. aurita* est beaucoup plus importante que celle de l'ouest ivoirien. Les prises en sont modulées par les upwellings et les débits fluviaux. L'installation de la sécheresse, la multiplication des barrages rend brutalement très disponible toute une classe (0+) de *S. aurita*. La surpêche qui s'ensuit (1972) entraîne un effondrement du stock ghanéen l'année suivante. Néanmoins, il se reconstitue progressivement puis subit de nouveaux aléas.

Mais, à partir des années quatre-vingts, l'environnement semble à nouveau se modifier. Les rejets fluviaux sont toujours faibles, les upwellings de juillet à septembre s'intensifient dans l'est ivoirien. En 1983 et 1984, on note des inversions de courant durables devant Abidjan. Ces anomalies de circulation pourraient avoir débuté avec les inversions zonales de température, vers 1981. Le stock ghanéen de *S. aurita* se déplace vers l'ouest par entraînement des larves. La population ivoirienne, qui se retrouve dans un système de circulation analogue à celui du Ghana, deux décennies plus tôt, prospère, et supporte des prises 10 fois supérieures. Une confirmation indirecte d'un déplacement de la zone de production maximale est fourni par Fontneau (présent volume); le maximum des prises par unité d'effort des thonidés se trouvait à l'est du cap des Trois Pointes dans les années soixante-dix, il passe à l'ouest dans les années quatre vingt.

Il est vraisemblable que de tels événements se sont déjà produits dans le passé. Blanchard (com. pers.), commandant d'un chalutier océanographique, affirme avoir connu, vers 1960, devant Abidjan, des pêches abondantes dans lesquelles *S. aurita* dominait. On remarquera incidemment que les fleuves ivoiriens ont connu une période de moindre débit (presque analogue à la phase actuelle) entre 1958 et 1962 (fig. 12) et que dans le même intervalle l'upwelling de Takoradi était plus intense (fig. 8). D'autre part, vers 1945 les *S. aurita* étaient, au Ghana, beaucoup plus grandes et proches de la côte que maintenant (Mensah, com. pers.). Ces deux cas pourraient correspondre à des renversements de circulation superficielle.

Dans les années soixante-dix, l'ITCZ ne descend guère, en automne et au printemps, au sud de 2°N; au cours de la décennie suivante, la zone de convergence atteint souvent l'équateur. On en déduit que le courant de Guinée devait être étroit et côtier au cours des premières années, étalé et plus hauturier durant la seconde période. Indépendamment (du moins à l'échelle du golfe de Guinée), le SCG est renforcé en 1984. Par conséquent, un glissement vers l'équateur du CG correspondrait, sur le plateau continental, à une diminution du transport vers l'est.

En résumé, tout se passe comme si les deux populations ivoirienne et ghanéenne étaient dilatées ou décimées, selon la position qu'elles occupent dans le système CG-SCG. Selon la théorie de Sinclair (1988), une popula-

tion se développe si les larves sont ramenées vers leur lieu d'engraissement, par un système de courants. Au contraire, la population est décimée si les larves sont entraînées hors de la région favorable.

Il faut donc bien admettre que la biomasse du stock - ou sa production - a considérablement augmenté puisque celui-ci supporte globalement des captures annuelles deux à trois fois supérieures à la période précédant l'effondrement. Cette augmentation considérable porte essentiellement sur la partie «ivoirienne» du stock qui représentait une quantité négligeable jusqu'en 1980. Qu'il s'agisse du développement d'une population individualisée ou d'une simple extension de la population ghanéenne (Cury, in COPACE, 1989), ceci traduit une augmentation de la productivité des eaux ivoiriennes. Celle-ci, étroitement sous la dépendance des conditions d'environnement, et notamment du régime des courants, peut aussi bien revenir à la situation antérieure et entraîner une disparition de *Sardinella aurita* des eaux ivoiriennes.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le CRO d'Abidjan pour avoir mis à notre disposition les statistiques de pêche. Les hypothèses sur l'évolution du climat et de la circulation, présentées ici, ont été développées grâce aux informations fournies par P. Hisard, B. Piton, J. Citeau., C. Colin, J.P. Rébert et J.M. Verstraete. Nous les remercions vivement.

DISCUSSION

HERBLAND: Depuis plus de 20 ans que l'on travaille en Côte-d'Ivoire, on ne comprend toujours pas le fonctionnement de l'upwelling ivoiro-ghanéen. Aujourd'hui, on observe des modifications importantes de cet écosystème sans avoir d'explication vraiment claire à donner.

BINET: Ce problème nécessite de lancer un vaste programme pluri-disciplinaire afin de comprendre les mécanismes mis en jeu, comme par exemple l'étude des liens entre l'ITCZ et l'intensité des upwellings.

ROY: Quel est le lien entre une salinité élevée dans la baie de Biafra et une intensification du sous-courant de Guinée ?

HERBLAND: D'après les mesures de courant effectuées devant la Côte-d'Ivoire par C. Colin, il y aurait coïncidence entre les deux phénomènes.

LALOE: L'«effondrement» prédit lors du groupe de travail COPACE/PACE en 87 du stock de *Sardinella aurita* a-t-il eu lieu en Côte-d'Ivoire-Ghana ?

MENSAH: En 1988, les prises ghanéennes ont été proches de la moyenne.

PEZENNEC: En 1988, les prises de Côte-d'Ivoire ont été insignifiantes pendant les 5 premiers mois et bonnes de juin à septembre. Il n'y a pas eu d'effondrement du stock.

BIBLIOGRAPHIE

- Amon Kothias J.B. Bard F.-X. Konan J. et al. 1986 - Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Rapport multigr. C.R.O. Abidjan, 125 p.
- Arfi R. Pezennec O. Cissoko S. Mensah M. Présent Volume - Variabilité spatiale et temporelle de la résurgence ivoiro-ghanéenne.
- Binet D. 1976 - Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au dessus du plateau ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M. 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. 1988 - Rôle possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. Aquat. Liv. Res. 1: 115-132.
- Caverivière A. 1982 - Le baliste des côtes africaines, (*Balistes carolinensis*). Biologie, prolifération et possibilité d'exploitation. Oceanol. Acta, 5(4):453-459.
- Caverivière A. Présent Volume - Explosion démographique du baliste (*Balistes carolinensis*) en Afrique de l'ouest et son évolution en relation avec les tendances climatiques.
- Citeau J. Bergès J.C. Demarcq H. Mahé G. 1988 a - Position de la zone intertropicale de convergence et températures de surface de l'océan. Bull. Veille climat. satell. 21: 1-5.
- Citeau J. Bergès J.C. Demarcq H. Mahé G. 1988 b - The watch of ITCZ migrations over the tropical Atlantic ocean as an indicator in drought forecast over the Sahelian area. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 45:1-3.
- Colin C. 1988 - Coastal upwelling events in fronts of the Ivory Coast during the FOCAL program. Oceanol. Acta 11,(2):125-138.
- Colin C. 1989 - Sur la variabilité dans le golfe de Guinée. Nouvelles considérations sur les mécanismes d'upwelling. Thèse Doct. M.N.H.N. Paris, 57 p. dactylogr.
- Colin C. Gallardo Y. Chuchla R. Cissoko S. à paraître - Synthèse du plateau continental de Côte-d'Ivoire (Environnements climatique et océanographique). In: Le milieu marin de Côte d'Ivoire. ORSTOM.
- COPACE, 1989 - Rapport de la consultation technique sur les petites espèces pélagiques Golfe de Guinée Ouest. 8-12 déc. 1987. C.R.O. Abidjan, Côte d'Ivoire. Rapp. COPACE/PACE, series 89/47: 91p.
- Cury P. 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. Roy C. 1989 - Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46, 4, 670-680.
- Dandonneau Y. 1973. Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte-d'Ivoire. III. Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Océanogr. 11 (4):431-454.

- Ecoutin J.M. Delaunay K. Konan J. A paraître. Les pêches artisanales maritimes. In: Le milieu naturel marin de Côte-d'Ivoire. ORSTOM.
- F.A.O. 1974 - Etude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers. Côte-d'Ivoire. Conclusions et recommandations du Projet. P.N.U.D.- F.A.O. FI: DP/IVC/66/506, Rome, 72 p.
- Fonteneau A. Présent Volume - Pélagiques côtiers, pélagiques hauturiers et fluctuations environnementales: quelques éléments de comparaison.
- 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. Etudes et Thèses, ORSTOM, 287 p.
- FRU, CRO, ORSTOM, 1976 - Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan 28/6 - 3/7 1976, 63 p. 27 fig.
- Gulland J.A. Garcia S. 1984 - Observed patterns in multispecies fisheries. In: (ed.), R.M. May. Exploitation of Marine Communities pp. 155-190. Dahlem Konferenzem 1984. Berlin, Heidelberg, New-York, Tokyo ; Springer Verlag.
- Hastenrath S. 1984 - Interannual variability tropical Atlantic sector. Mon. Wea. Rev. 112, 1097-1107.
- Herbland A. Le Loeuff P. A paraître - Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire. In: Le milieu naturel marin de Côte-d'Ivoire. ORSTOM.
- Hisard P. 1988 - El Nino response of the tropical Atlantic ocean during the 1984 year. Int. Symp. Long Term Changes Mar. Fish Pop. 1986, Vigo, p. 273-290.
- Hisard P. 1989 - FOCAL/SEQUAL: «The Oceanographic Report». Bull. Liaison Océan Climat, ORSTOM Montpellier, 23: 2-4.
- Hisard P. Hénin C. Houghton R. Piton B. Rual P. 1986 - Oceanic conditions in the tropical Atlantic during 1983 and 1984. Nature, 322: 243-245.
- Laloë F. 1988 - Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible liée aux conditions environnementales: applications aux données de la pêche ivoiro-ghanéenne de *Sardinella aurita*. Aquat. Living Resour. 1: 289-298.
- Lemasson L. Rébert J.P. 1973 a - Les courants marins dans le golfe ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr., 11,1:67-96.
- Lemasson L. Rébert J.P. 1973 b - Circulation dans le golfe de Guinée. Etude de la région d'origine du sous-courant ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr., 11,3:303-316.
- Longhurst A.R. 1962 - A review of the Oceanography of the Gulf of Guinea. Bull. de l'I.F.A.N. 24 (A3): 633-663.
- Longhurst A.R. 1964 - The coastal oceanography of Western Nigeria. Bull. de l'I.F.A.N. 26 (A2): 337-402.
- Mahé G. Présent Volume. La variabilité des apports fluviaux au golfe de Guinée utilisée comme indice climatique.
- Marchal E. 1966 - Fluctuations de la pêche des sardinelles en Côte d'Ivoire. Doc. sci. prov. C.R.O. Abidjan, 1, 16 p.
- Marchal E. A paraître. Les poissons pélagiques côtiers: biologie et peuplement. In: Le milieu naturel marin de Côte-d'Ivoire. ORSTOM.
- Marchal E. Picaut J. 1977 - Répartition et abondance évaluées par échantillonnage des poissons du plateau ivoiro-ghanéen, en relation avec les upwellings locaux. J. Rech. Océanogr., 2 (4): 39-57.
- Mendelssohn R. Cury P. 1987 - Fluctuations of a fortnightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmental conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44,2: 408-421.
- Mittelstaedt E. 1983 - The upwelling area off Northwest Africa. A description of phenomena related to coastal upwelling. Prog. Oceanog. 12: 307-331.
- Morlière A. 1970 - Les saisons marines devant Abidjan. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, 2: 1-15.
- Morlière A. Rébert J.P. 1972 - Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, 3: 1-30.
- Pezennec O. Marchal E. Bard F.-X. A paraître - La pêche des petites espèces pélagiques en Côte d'Ivoire. In: Le milieu marin en Côte-d'Ivoire. ORSTOM.
- Piton B. 1987 a- Les anomalies océanographiques et climatiques de 1983 et 1984 dans le golfe de Guinée. Veille climatique satellitaire, 16: 18-31.
- Piton B. 1987 b- Caractéristiques hydroclimatiques des eaux côtières du Togo (Golfe de Guinée). Doc. Scient. Brest 42: 33 p. multigr.
- Piton B. Wacogne S. 1985 - Unusual amounts of very saline subsurface water in the eastern Gulf of Guinea in May 1984. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 32: 5-8.
- Richardson P.L. McKee T.K. 1984 - Average seasonal variation of the Atlantic Equatorial currents from historical ship drifts. J. Phys. Oceanogr., 14 (7): 1226-1238.
- Richardson P.L. Reverdin G. 1987 - Seasonal cycle of velocity in the Atlantic North Equatorial Countercurrent as measured by surface drifters, current meters and ship drifts. J. Geophys. Res., 92 (C4): 3691-3708.
- Sinclair M. 1988 - Marine populations: An essay on population regulation and speciation. Washington Press, Seattle & London, 252 p.
- Verstraete J.M. Picaut J. 1983 - Variations du niveau de la mer, de la température de surface et des hauteurs dynamiques le long de la côte nord du golfe de Guinée. Océanogr. trop., 18, 2: 139-162.
- Verstraete J.M. 1985 - Contre-courants équatoriaux et variations saisonnières du contenu thermique et du niveau moyen dans l'Atlantique tropical Est. Oceanol. Acta, 8, 3: 249-261.