
LES ESPÈCES PÉLAGIQUES CÔTIÈRES DE CÔTE-D'IVOIRE RESSOURCES ET EXPLOITATION

Olivier PEZENNEC, Émile MARCHAL et François-Xavier BARD

Introduction

Les espèces pélagiques côtières représentent la principale ressource en poissons du littoral ivoirien. Leur exploitation par la pêche artisanale est certainement très ancienne, comme en témoignent les traditions et les chroniques. La pêche industrielle, quant à elle, a un passé plus récent puisqu'elle a débuté peu après l'ouverture du canal de Vridi, dans les années cinquante. Son développement a été rapide et la flottille de senneurs a alors débordé le cadre des eaux ivoiriennes pour compléter ses prises dans les régions voisines, plus riches à certaines saisons. Avec l'adoption des Zones économiques exclusives (ZEE) et l'effondrement à peu près corrélatif de la principale espèce, *Sardinella aurita* (« sardine »), essentiellement pêchée au Ghana du reste, l'activité de la flottille a considérablement baissé. Dans le même temps, et en partie pour pallier la diminution des captures, les importations de poissons pêchés par les flottilles étrangères dans des eaux lointaines ont augmenté considérablement.

Pourtant, l'exploitation paraît avoir retrouvé un second souffle, notamment avec un très grand développement de la pêche artisanale tout le long du littoral. Il y a certes de multiples causes à ce développement ; l'une d'entre elles paraît être un accroissement spectaculaire de l'abondance de l'espèce *Sardinella aurita*, celle-là même qui était pêchée au Ghana et qui avait pratiquement disparu pendant plusieurs années. Cette abondance durera-t-elle et résistera-t-elle au développement de l'exploitation ? C'est une question que se posent les pêcheurs et à laquelle la recherche doit essayer de répondre.

Heureusement, les recherches sur ces espèces, sur l'environnement dans lequel elles vivent et sur leur exploitation ont commencé en Côte-d'Ivoire depuis pratiquement les débuts de la pêche industrielle et se

sont intensifiées à partir de 1966. Certes tout n'est pas connu, car la nature est complexe, mais des hypothèses fondées scientifiquement peuvent être avancées. C'est la synthèse de tous ces travaux sur la ressource et son exploitation qui est donc exposée dans ce qui suit.

Présentation des pêcheries

ESPÈCES EXPLOITÉES

Avec les deux sardinelles, une quarantaine d'espèces ou de catégories commerciales figurent dans les débarquements de la pêche sardinière industrielle (tableau I). Certaines sont également débarquées en quantité par les chalutiers comme la « friture », *Brachydeuterus auritus*, et les « brochets », *Sphyræna* spp. Seules les deux espèces de sardinelles ont fait l'objet d'études plus ou moins complètes. Le maquereau (*Scomber japonicus*) est une espèce biologiquement intéressante, prédatrice de larves et juvéniles de sardinelles notamment (FRU/CRO/ORSTOM, 1976). De fait, cette espèce a quasiment disparu un an après *Sardinella aurita*.

La pêche artisanale ramène essentiellement des sardinelles et quelques autres espèces : auxides, thonines, chinchards, fritures, ceintures, anchois.

PÊCHE SARDINIÈRE INDUSTRIELLE

Composition et évolution de la flottille

La pêche à la senne tournante a débuté en 1955, dès la création du port de pêche d'Abidjan. L'évolution du nombre de sardiniers senneurs, de cette époque à 1988, est caractérisée par quatre phases :

- la première (1955-1963) est celle d'une forte progression de la flottille, qui passe de quelques unités à 35 navires actifs ;
- la deuxième (1964-1973) se caractérise par une stabilisation en nombre avec cependant un remplacement de petites unités par des plus grandes ;
- la troisième, très brève (1974-1975), voit décroître le nombre d'unités de 34 à 20 ;
- enfin la dernière (1975-1988) est de nouveau stable mais à un bas niveau ; on passe de 20 à 17 bateaux entre 1980 et 1981 et, depuis, la flottille est restée à ce niveau malgré l'attribution de nouvelles licences de pêche en 1988 et 1989.

Les deux premières phases correspondent à l'extension de la pêcherie et à sa stabilisation. La possibilité de pêcher sur les plateaux continentaux de pays voisins (Ghana, Sierra Leone) permettait, en outre, de régulariser les captures à un niveau élevé. Le brusque effondrement du stock de *Sardinella aurita* en 1973 et le développement des ZEE qui entraîne des difficultés d'accès aux ressources « hors Côte-d'Ivoire » expliquent la réduction rapide du nombre de bateaux de 1973 à 1975. Enfin, depuis cette époque, la flottille n'exploite que les eaux ivoiriennes et se maintient à un niveau d'exploitation autorisant des rendements intéressants.

Caractéristiques des navires

La flottille est essentiellement composée de navires en bois, la plupart construits par des chantiers locaux. L'âge moyen des bateaux est de 18 ans et leur taux de renouvellement est faible ; seuls deux bateaux ont moins de 10 ans. Cependant, grâce à un bon entretien, leur état général est encore satisfaisant. La comparaison des caractéristiques des sardiniers en 1966 (MARCHEL, 1967) et en 1988, montre que les navires sont maintenant plus longs, plus gros, plus puissants et ont une capacité de cale supérieure (tableau II). Cependant, cette évolution était déjà réalisée en grande partie à la fin de la première

TABLEAU I

Espèces ou catégories débarquées par les sardiniers industriels ivoiriens en 1987 (total annuel)

Nom d'espèce (ou de famille)	Appellation	Captures (caisses)	Observations
<i>Sardinella aurita</i>	sardine	344 492	Espèces > 50 % des prises
<i>Sardinella maderensis</i>	hareng	161 349	
<i>Brachydeuterus auritus</i>	friture	35 292	Espèces importantes en tonnage et en valeur mais moins régulières
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	plat-plat	12 879	
<i>Ilisha africana</i>	rasoir	8 798	
<i>Sphyræna</i> sp.	brochets	2 879	
<i>Caranx</i> sp.	japons	3 728	
<i>Scomber japonicus</i>	maquereau	519	Espèce absente depuis 1973 réapparue en 1986.
<i>Trichiurus lepturus</i>	ceinture	13	Espèce en nette régression
<i>Trachurus, Selar</i> sp.	chinchards	604	Autres espèces ou catégories
<i>Lichia amia</i>	liche	181	
<i>Trachinotus ovatus</i>	hirondelle	101	
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	aoube	799	
Belonidae	aiguilles	11	
Polynemidae	capitaines	291	
<i>Pseudotolithus</i> sp.	ombrine	73	
<i>Pagellus</i> sp.	pageots	20	
<i>Albula vulpes</i>	guinée	87	
<i>Stromateus fiatola</i>	mademoiselle	24	
<i>Lethrinus, Pomadasys</i>	carpe	51	
	mâchoirons	39	
	raies	5	
	requins	92	
	bonites	933	
	tazard	51	
	thons	115	
	maquereau-bonite	155	
	espadons	15	
	voiliers	41	
	divers	4 593	

TABLEAU II

Caractéristiques des sardiniers industriels de Côte-d'Ivoire en 1966 et 1988

	1966 (MARCHAL)	1988
Longueur (m)	15 à 23	19 à 29
Jauge Brute (tx)	24 à 111	54 à 127
Puissance (ch)	120 à 400	200 à 480
Vitesse (nœuds)	7,5 à 10,5	10
Capacité (caisses)	350 à 1 200	900 à 1 800

période stable, puisqu'en 1971 on relevait 66 % de navires de capacité de cale supérieure à 1 000 caisses contre seulement 24 % en 1966 (FAO, 1974). Tous les navires sont équipés d'un *power block*, système de levage hydraulique du filet, d'une radio et d'un sondeur vertical.

Le filet utilisé est la senne tournante coulissante ou « bolinche », composée d'une nappe de filet nylon en mailles étirées de 25 mm. Sa longueur est en moyenne de 850 m pour une chute de 60 m. Cette grande longueur s'est rapidement imposée à cause de la vitesse de nage des bancs de poissons pélagiques tropicaux. Le mode de conservation du poisson à bord est le glaçage : 10 à 20 tonnes de glace en paillettes sont embarquées à chaque marée. Des essais d'utilisation d'eau réfrigérée dans les années 1960 n'ont pas été concluants.

Méthode et stratégie de pêche

La méthode de pêche est classique et ne semble pas avoir évolué depuis la description qu'en a faite MARCHAL (1967) : la pêche s'effectue en surface, ou à une profondeur n'excédant pas 30 m pour les bancs détectés au sondeur, au-dessus du plateau continental et sur des fonds de 15 à 50 m (BOUBÉRI et AMON KOTHIAS, 1983). En saison froide, quand *Sardinella aurita* se rapproche de la côte, la pêche peut s'effectuer sur des fonds de 10 m, à moins d'un demi-mille du rivage. Les bancs sont repérés à vue, de jour, grâce à l'aspect de la surface de l'eau ou à la présence d'oiseaux, de nuit, grâce à la bioluminescence provoquée par les poissons en mouvement. La pêche n'est pas spécifiquement dirigée, tout banc repéré est susceptible d'être pêché si les poissons sont de taille suffisante ; il semble en effet que dès la localisation visuelle du banc, les patrons soient capables d'estimer l'espèce ainsi que la taille approximative des individus.

Toutes les espèces exploitées sont commercialisées à l'exception des balistes (*Balistes carolinensis*) et, si des différences de prix existent entre les espèces, c'est l'abondance des débarquements qui détermine réellement les prix de vente (figure 1). Pour des raisons économiques évidentes (coût du trajet, durée de la marée), les pêcheurs ont intérêt à exploiter les zones situées à proximité d'Abidjan (figure 2). On peut donc considérer que la recherche du poisson commence dès la sortie du canal de Vridi. Cependant, la pêche peut s'effectuer systématiquement en certaines zones (Ghana et Sierra Leone il y a quelques années, ouest de la Côte-d'Ivoire maintenant) dans lesquelles les bateaux se rendent directement sans rechercher activement le poisson dans les secteurs traversés.

Depuis 1983, les armateurs s'entendent pour limiter les débarquements par jour et par bateau en période d'abondance afin d'éviter l'effondrement des cours. Il semble qu'une saturation du marché se produise quand les débarquements totaux atteignent plusieurs jours de suite 3 000 à 3 500 caisses par jour (200 tonnes). Dans ce cas, les bateaux ne sont autorisés à débarquer que 300 à 400 caisses par jour, et 7 à 9 bateaux sont acceptés à quai. Cette solution est adoptée en raison de l'absence de moyen de stockage en congélation qui permettrait d'absorber la production excédentaire des périodes d'abondance.

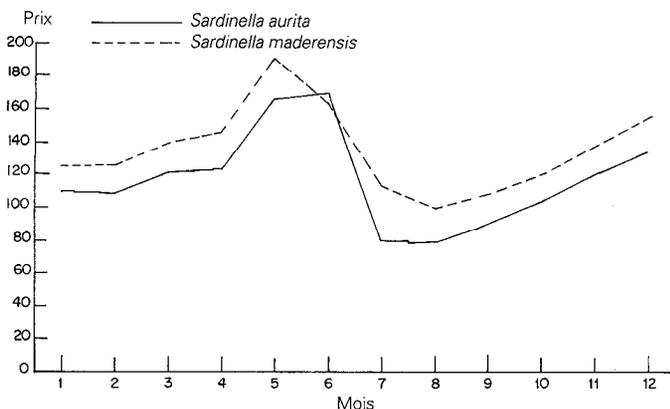


Figure 1
Prix moyen mensuel des sardinelles à Abidjan (période 1983-1987).

Zones de pêche (figure 2)

Concentrée à proximité d'Abidjan au début de l'exploitation, la pêcherie sardinière s'est étendue peu à peu vers l'ouest ivoirien et, principalement en saison froide, vers le Ghana où la « sardine » était particulièrement abondante. Cette situation s'est poursuivie jusqu'en 1972, année de disponibilité exceptionnelle et de surpêche de cette espèce. Par la suite, quand celle-ci est revenue à son niveau antérieur, les conditions économiques de l'exploitation avaient changé (extension des ZEE, forte réduction du nombre de sardiniers). En outre, les rendements en Côte-d'Ivoire se sont améliorés avec notamment le développement inattendu des prises de sardine. Cependant, quelques bateaux ivoiriens ont continué à aller pêcher dans les eaux ghanéennes jusqu'en 1980.

Entre 1967 et 1978, une partie de la flottille exploitait régulièrement les eaux de Sierra Leone où elle obtenait d'excellents rendements, particulièrement en « hareng » (*Sardinella maderensis*), hors de la saison des pluies (juin à septembre). En fait, à cause de la durée du trajet, les prises par jour de mer n'étaient pas supérieures à celles obtenues par les sardiniers pêchant dans les eaux ivoiriennes mais elles étaient beaucoup plus régulières et uniquement constituées de sardinelles. Avec l'augmentation du coût du carburant qui a été multiplié par 6 entre 1978 et 1980 (CHABOUD et DÈME, 1991) cette pêche lointaine a été abandonnée, de même que n'ont pas eu de suite quelques essais au Sénégal et au Cameroun.

Depuis cette époque, la flottille sardinière industrielle ne quitte plus les eaux ivoiriennes. La figure 1 présente le littoral ivoiro-ghanéen avec la distinction des secteurs de pêche ivoiriens, numérotés de 3 à 8, et dont les limites coïncident avec les degrés de longitude. Compte tenu de l'orientation générale de la côte, la longueur de côte de chaque secteur est à peu près la même.

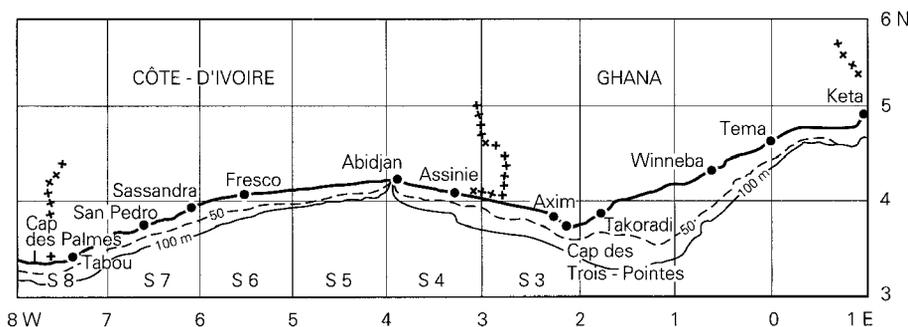


Figure 2

Carte du plateau continental ivoiro-ghanéen avec indication des secteurs de pêche en Côte-d'Ivoire.

PÊCHE SARDINIÈRE ARTISANALE

Une description détaillée de la pêche artisanale maritime est donnée par ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage). En ce qui concerne les espèces pélagiques côtières, on distingue deux modes de pêche :

- la pêche à la senne de plage : elle ne vise pas uniquement les espèces pélagiques et ramène surtout des poissons de petite taille (âge inférieur à 1 an) ; les sennes de plage sont surtout fréquentes de Jacqueline à Grand-Lahou (42 unités) et les premières estimations (CRO Abidjan, 1989) sur l'ensemble du littoral en dénombrent 70 à 80 contre plus de 800 au Ghana (tableau III) ;
- la pêche piroguière au filet tournant (type *ali*) ou à la senne tournante coulissante (type *watsa*) ; cette dernière technique de pêche pélagique, la plus utilisée, est la plus performante car elle s'oppose aux réactions d'évitement du poisson ; elle est essentiellement pratiquée par des pêcheurs ghanéens installés dans la partie ouest du littoral depuis les campements situés à proximité d'Abidjan jusqu'à Tabou.

On ne dispose encore que de renseignements partiels sur la pêche maritime artisanale ivoirienne. Le nombre de pirogues en activité a augmenté nettement depuis le début des années 1980, mais les chiffres exacts restent entachés d'imprécisions. Le nombre de pirogues basées dans la région d'Abidjan semble

TABLEAU III

Évolution du potentiel de pêche pélagique dans le secteur géographique Côte-d'Ivoire - Bénin
(en nombre de navires ou de pirogues)

Années	Ghana					Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin
	pêche ind.	pêche semi-ind.	<i>poli/ali / watsa</i>	senne plage	set net	pêche ind.	pêche art.	pêche art.	pêche art.
1972	27	284						559	
1973	22	361	2 244	1 081	2 973	34		550	
1974	35	280				27		540	
1975	25	249				20		603	500
1976	28	226				20		218	
1977	16	244	3 005	761	3 532	22		259	
1978	12	224				21		346	324
1979	10	239				19			
1980	10	238				20		235	341
1981	14	232	3 359	833	1 734	17			
1982	12	243				16		202	427
1983	12	245				16	677	456	570
1984	10	252				16	673		609
1985	17	239				15	679	511	
1986	11	242	4 008	806	1 733	17	706	314	
1987	13	249				17		256	
1988	13	290				17	769 *	654	

Art. : pêche artisanale ; ind. : pêche industrielle ; * : pirogues recensées sans le taux d'armement.

être proche de 200 en 1988 et, à cette époque, l'ensemble du littoral ivoirien doit en compter environ 700. Suite aux actions de développement engagées par les autorités ivoiriennes, la motorisation des pirogues et l'utilisation de la glace se sont accrues pendant ces dernières années et la pêche s'est développée dans l'ouest. Les captures auraient augmenté très rapidement (figure 3) et, malgré leur imprécision, l'ordre de grandeur des chiffres est à prendre en considération puisqu'il aurait atteint un niveau proche de celui de la pêche industrielle de 1983 à 1987.

Il faut noter l'existence au Ghana d'une pêche piroguière très importante qui exploite les poissons pélagiques côtiers sur l'ensemble du littoral ghanéen. Les engins utilisés sont des filets tournants (*poli, ali, watsa*), des sennes de plage et des filets dérivants (*set net*). Le total des unités ghanéennes de pêche artisanale est considérable, de l'ordre de 6 500.

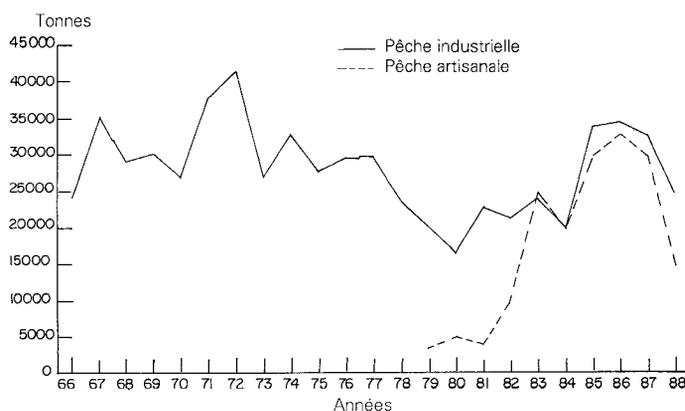


Figure 3
Débarquements des flottilles pélagiques
industrielle et artisanale ivoiriennes
(1966-1988).

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DES PÊCHERIES

La pêche des espèces pélagiques côtières représente le secteur le plus important de la pêche maritime ivoirienne ; en effet, la pêche sardinière industrielle est de loin la première production du port de pêche d'Abidjan, si l'on fait exception des débarquements de thons par les flottes étrangères. Le tonnage débarqué par les sardiniers est cinq fois supérieur à celui de la pêche chalutière et représente un chiffre d'affaire de 3 à 4 milliards de francs CFA (tableau IV). La situation économique des armements sardiniers d'Abidjan semble saine grâce à une gestion rigoureuse et un contingentement volontaire des apports (CHABOUD et DÈME, 1991).

En plus des activités de pêche proprement dites, qui emploient plus de 500 personnes, ce secteur génère une importante activité de mareyage et de transformation puisque 90 % de la production est fumée (WEIGEL, 1989). Ces produits de faible valeur sont consommés entièrement en Côte-d'Ivoire et il est bon de signaler ici que, pour compléter son approvisionnement vivrier, la Côte-d'Ivoire doit importer des quantités importantes de poissons (chinchards, sardinelles, etc.) sous forme congelée ce qui fait, qu'en définitive, la consommation ivoirienne totale des espèces pélagiques côtières se situe à environ 130 000 tonnes (1987).

TABLEAU IV
Débarquements de la pêche industrielle, exportations et importations de poisson en Côte-d'Ivoire
(tonnage et valeur en millions de F CFA)

Années	Sardiniers	Chalutiers	Crevettiers	Importations	Exportations	
					crevettes	thons
1985						
tonnage	39 500	7 771	232	89 730	472	20 781
valeur	3 607	1 907	627	16 715	1 122	18 796
1986						
tonnage	40 414	8 337	423	106 924	548	23 808
valeur	3 784	1 915	1 154	15 166	1 549	18 815
1987						
tonnage	34 572	6 903	365	103 838	663	29 360
valeur	3 733	1 657	911	15 400	1 692	21 625
1988						
tonnage	24 572	4 130	463	140 428	319	31 564
valeur	3 101	1 017	1 111	19 708	756	26 665

Données disponibles

ENVIRONNEMENT HYDROCLIMATIQUE

Upwelling ivoiro-ghanéen

Les espèces pélagiques côtières décrites ici subissent l'influence des phénomènes hydrologiques particuliers que sont les upwellings. Ces remontées saisonnières d'eaux froides se produisent le long de la côte depuis le cap des Palmes jusqu'au Togo (figure 1) et elles amènent en surface des eaux riches en sels nutritifs qui induisent une production planctonique importante (BINET, 1976 et 1979 ; HERBLAND et LE LCEUFF, dans cet ouvrage).

Il est possible de caractériser l'intensité de ces refroidissements et, plus généralement, l'état thermique des eaux de surface, par des mesures régulières de la température de la mer. On distingue ainsi une petite saison froide (PSF) de janvier à février, et une grande saison froide (GSF) de juillet à septembre (MORLIÈRE, 1970). Sur la base des températures quotidiennes relevées en 12 stations du littoral ivoiroghanéen, on peut calculer des indices d'upwelling par quinzaine, par saison ou par année. La formulation des indices utilisés depuis 1976 a été rappelée par le groupe de travail de mai 1989 (voir Annexe) et les variations spatio-temporelles d'un indice caractérisant les refroidissements saisonniers ont été étudiées par ARFI *et al.* (dans cet ouvrage).

Les mécanismes océanographiques et climatiques engendrant ces upwellings sont encore incomplètement connus et plusieurs théories ont été proposées (PICAUT, 1983 ; COLIN *et al.*, dans cet ouvrage). Les relations entre les upwellings et la pêche des espèces pélagiques côtières peuvent se situer à deux niveaux :

- la disponibilité à court terme de *Sardinella aurita* semble liée aux refroidissements qui attirent et concentrent les poissons près des côtes et les rendent vulnérables à la pêche (MENDELSSOHN et CURY, 1987 ; BINET *et al.*, à paraître) ;
- l'intensité et la durée de l'upwelling favorisent la reproduction et conditionnent la survie larvaire et l'abondance du recrutement (BINET, 1982 ; CURY et ROY, 1987 et 1989 ; FRÉON, 1986).

Apports fluviaux

Les sardinelles, en particulier *Sardinella aurita*, sont assez sensibles à la dessalure des eaux : MARCHAL (in FAO, 1974) avait noté une relation inverse avec la pluviométrie ; BINET (1982) a montré qu'il existe une corrélation négative entre le débit des fleuves côtiers et les prises de cette espèce. Les moyennes annuelles des débits moyens mensuels des quatre plus importants fleuves de Côte-d'Ivoire (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé) sont présentées en figure 14.

D'autres paramètres hydrologiques peuvent servir à l'analyse des évolutions des stocks pélagiques : ainsi, BINET *et al.* (1991) proposent un schéma explicatif des changements intervenus récemment dans l'écosystème pélagique côtier ivoiroghanéen à partir de l'observation des courants marins de cette zone.

PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Pour évaluer l'état des stocks par les méthodes de la dynamique des populations il est nécessaire de connaître certains paramètres biologiques des espèces étudiées, à savoir :

- la structure des stocks ;
- la croissance en taille et en poids ;
- la mortalité naturelle ;
- la fécondité et la reproduction.

Les études n'ont concerné que les deux espèces de sardinelles et de manière assez incomplète. Des données concernant la biologie (sexe et stade de maturité, poids des gonades, longueur-poids) ont été récoltées de 1968 à 1971, puis de 1978 à 1982 et enfin depuis 1988, mais seules les premières ont été traitées.

Structure des stocks

Sardinella aurita

On n'a pu, pour l'instant, démontrer l'existence de plusieurs populations le long du littoral ivoiroghanéen. Ni les études sérologiques (BARON, 1968 et 1969), ni les études morphologiques, ni les moyennes vertébrales (HARTSUIJKER, 1972) n'ont apporté d'argument décisif. En revanche, des expériences restreintes de marquage ont montré qu'il existe des échanges entre l'est de la Côte-d'Ivoire et le Ghana (FRU/CRO/ORSTOM, 1976). L'effondrement des captures qui s'est produit au Ghana et en Côte-d'Ivoire

en 1973 paraît plaider pour l'unicité du stock, surtout si l'on admet comme cause majeure une surexploitation uniquement du côté ghanéen. Cependant, des différences existent dans les prises par unité d'effort (PUE) des senneurs des deux pays pendant les années 1973 à 1980 (FAO, 1989) mais elles peuvent être expliquées par la « théorie des bassins » de MC CALL (1983) appliquée à ce stock (FAO, 1989) : celui-ci pourrait en effet occuper la totalité du plateau continental du Ghana et de la Côte-d'Ivoire avec des extensions jusqu'au Bénin, à l'est, et au Liberia, à l'ouest. Quand les conditions sont défavorables, il serait confiné à la zone offrant les meilleures conditions hydroclimatiques c'est-à-dire, l'est du cap des Trois-Pointes (MARCHAL et PICAUT, 1977) et, à la faveur de l'extension de l'upwelling principal, le stock accroitrait son aire d'occupation.

Un certain nombre d'arguments plaident cependant pour l'existence de deux populations (MARCHAL, 1991) :

- la présence de deux zones d'abondance des larves situées à l'est des caps des Palmes et des Trois-Pointes, et correspondant chacune à un upwelling et à une zone à circulation cyclonique (MARCHAL et PICAUT, 1977), facteurs favorables à la rétention larvaire (SINCLAIR, 1988) ;
- la présence souvent signalée de cette espèce aux alentours du cap des Palmes, secteur où elle faisait l'objet à une époque de captures servant d'appât à la pêche thonière (MARCHAL, 1967) ;
- l'augmentation considérable depuis quelques années des captures et de l'abondance de cette espèce dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire ;
- les différences observées depuis au moins 1979 entre les distributions de tailles au Ghana et en Côte-d'Ivoire (voir p. 409).

Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de trancher ; on peut effectivement imaginer l'existence de deux populations, chacune centrée sur un des caps, et possédant des rythmes de développement différents. La reproduction pourrait s'y dérouler à des périodes décalées et suivant des intensités distinctes. Ainsi, on peut imaginer que la petite saison froide est une période très favorable pour la population du cap des Palmes, alors qu'elle l'est moins, l'essentiel de la reproduction correspondant à la grande saison froide, pour celle du cap des Trois-Pointes. Selon que les conditions favorisent l'une ou l'autre des deux populations, aucune, ou les deux, ce qui semble être le cas des années récentes, plusieurs cas de figure peuvent se présenter et, suivant ce schéma, quatre microcohortes annuelles pourraient être produites avec des dates de naissance, une intensité de recrutement et des taux de croissance ultérieurs variables (CRO Abidjan, 1989).

Sardinella maderensis

Cette espèce possède une stratégie démographique assez différente de celle de *Sardinella aurita* (CURY et FONTANA, 1988). Moins liée aux upwellings, elle est distribuée tout le long de la côte ouest-africaine. Il est assez difficile de savoir si l'on est en présence d'un « chapelet » de populations indépendantes ou d'une seule unité. La variabilité des captures de cette espèce en Côte-d'Ivoire est nettement moins prononcée que celle de *Sardinella aurita*. Les deux zones d'abondance, l'une à l'est de la Côte-d'Ivoire, l'autre à l'ouest, signalées dans les années 1960 (MARCHAL, 1967 ; HEM, 1976), n'apparaissent pas très clairement (voir p. 400) et il est sans doute préférable, en matière de gestion, de considérer que l'on a affaire à un « stock ivoirien » unique.

Croissance et âge

Sardinella aurita

Les connaissances dont on dispose sur la croissance de *Sardinella aurita* sont résumées par le tableau V qui reprend les hypothèses avancées par le groupe de travail COPACE de décembre 1987 (FAO, 1989) et basées sur l'observation des différentes pêcheries opérant sur ce stock pendant les dernières années. L'étude menée alors a conclu à une croissance en Côte-d'Ivoire plus rapide que celle proposée par MARCHAL (in FAO, 1974). En dehors d'éventuelles erreurs d'interprétation, il est possible que

TABLEAU V
Relations taille-âge chez *Sardinella aurita* suivant différents auteurs

Auteur		MARCHAL in FAO, 1974			FRU/CRO/ORSTOM		FAO, 1989	
Méthode		otolithes		Petersen				
Zone		Ghana		Ghana		Ghana CI		
Âge (mois)	Classe d'âge	Taille (cm)						
3	0+			6				
4				9,3				
6		11						
12		14,5		11,2		15-17		
	1+							
18		17		17,5				
24		19						
	2+							
30		20,5						
36		21,5						
L max		24						

cet écart résulte de conditions hydroclimatiques différentes pour les deux périodes concernées ou que les individus mesurés correspondent à des populations distinctes. L'étude de la croissance de *Sardinella aurita* doit donc être poursuivie et l'influence éventuelle de l'intensité des upwellings dégagée. On notera également que la taille L_{∞} avancée par MARCHAL, 24 cm, paraît sous-estimée en regard des tailles observées en 1986 et 1987 (mode à 23-24 cm).

Les relations taille-poids examinées par le groupe de travail de FRU/CRO/ORSTOM, 1976 sont considérées comme toujours valides en attendant que les données récoltées depuis cette date soient analysées.

Autres espèces

On ne dispose pas de données antérieures à 1988 pour l'étude de la croissance des *Sardinella maderensis* de la zone et celles récoltées par le CRO Abidjan depuis cette date ne comprennent pas de lecture d'âge.

Parmi les autres espèces, seul *Brachydeuterus auritus* a fait l'objet d'une étude (BARRO, 1968).

Reproduction et mortalité

Mortalité

La mortalité naturelle retenue en 1976 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) pour *Sardinella aurita* dans les analyses de cohortes est 1. Elle est probablement variable avec les époques et les zones, mais son estimation est délicate. Pour les autres espèces de la région aucun coefficient n'a été avancé.

Reproduction de *Sardinella aurita*

Le groupe de travail de 1976 a établi un bilan des connaissances disponibles et, depuis, peu d'éléments supplémentaires ont été apportés. CURY et FONTANA (1988) et ROY *et al.* (1989) font une analyse comparée de la reproduction des deux espèces de sardinelles pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest.

Les données recueillies en 1988-1989 à Abidjan permettent le calcul d'indices gonado-somatiques. Ceux-ci sont tout à fait comparables à ceux calculés en 1976 (CRO Abidjan, 1989) et montrent un maxi-

mum pendant la période de l'upwelling principal. Cependant, ces données ne concernent que quelques mois, et l'évolution mensuelle en fonction de la zone de pêche devra être précisée.

Au Ghana, une intéressante relation entre les densités de larves de *Sardinella aurita* et l'indice d'upwelling devant Tema vient d'être mise en évidence lors du groupe de travail de mai 1989 (figure 15).

RECUEIL DES DONNÉES DE PÊCHE

La répartition géographique des espèces pélagiques côtières est telle que le Ghana et la Côte-d'Ivoire (et en moindre mesure le Togo et le Bénin) exploitent probablement les mêmes populations ou des populations se recouvrant partiellement. On doit donc considérer les statistiques de pêche ivoiriennes d'une part, mais aussi tenir compte des données recueillies par les autres états concernés. Deux groupes de travail récents (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989) ont comparé de façon approfondie des jeux de données statistiques de ces pays.

Pêche industrielle

Des données globales sur les débarquements des sardiniers existent depuis 1958 mais c'est à partir de 1966 que le CRO Abidjan a mis en place un système de recueil des statistiques de pêche (MARCHAL, 1967 ; FONTENEAU et MARCHAL, 1970). Par la suite, quelques modifications ou ajouts ont été apportés à ce système de façon durable ou non (SOISSON, 1974 ; VENDEVILLE, 1986 ; PEZENNEC, 1991).

Les données de captures sont collectées de manière exhaustive auprès du service des ventes du port de pêche d'Abidjan qui assure la commercialisation de la totalité des débarquements.

Les données d'effort sont estimées à partir des mouvements des bateaux repérés par la capitainerie du port ; des fiches d'enquêtes distribuées aux patrons de pêche complètent ces informations avec les renseignements concernant les secteurs de pêche et les caractéristiques des calées. Ces fiches, qui constituent une source d'information primordiale, couvraient 70 % des marées en 1983, mais seulement 50 % en 1987.

Les données de tailles ont été récoltées et traitées depuis 1984 pour six espèces principales (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*, *Scomber japonicus*, *Brachydeuterus auritus*, *Chloroscombrus chrysurus* et *Ilisha africana*). Des résultats de mensurations sont également disponibles de 1963 à 1973 et de 1978 à 1981.

Enfin, l'efficacité du système statistique d'étude de la pêche industrielle n'a jamais été évaluée.

Pêche artisanale

La pêche artisanale piroguière, longtemps considérée comme mineure, n'a fait l'objet d'une couverture statistique que depuis 1979 à Vridi, village situé sur le cordon lagunaire, en face d'Abidjan, et plus important site de pêche artisanale de Côte-d'Ivoire. Des enquêtes sur le littoral ivoirien ont permis un dénombrement partiel des pirogues potentiellement actives. Sur ces bases, on a évalué approximativement par extrapolations la production totale de 1979 à 1987. En 1988, l'extension vers l'ouest ivoirien d'un système d'échantillonnage commun avec la Direction des Pêches a permis des évaluations plus précises (CRO Abidjan, 1989).

CAPTURES

Captures de la sous-région

Les captures des quatre principales espèces de Côte-d'Ivoire, du Ghana, du Togo et du Bénin sont indiquées aux tableaux VI (a à d) et représentées en figures 4a et 4b. On note la prépondérance des prises artisanales ghanéennes.

TABLEAU VI
Débarquements totaux par pays (en tonnes) de *Sardinella aurita*,

(a)
Sardinella aurita

Année	Ghana		Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin	Total
	Ind.	Art.	Ind.	Art.	Art.	Art.	
1963	1 960	5 500	500				7 960
1964	7 180	22 250	10 900				40 330
1965	1 550	2 350	4 300				8 200
1966	5 800	4 200	5 779				15 779
1967	11 000	25 200	11 022				47 222
1968	1 800	2 500	4 433				8 733
1969	6 600	15 900	7 115				29 615
1970	4 800	14 700	10 911				30 411
1971	3 724	27 492	4 471				35 687
1972	14 716	72 350	7 560				94 626
1973	4 287	4 701	181				9 169
1974	623	1 409	45				2 077
1975	136	1 930	9				2 075
1976	1 794	12 009	1 049		159		15 011
1977	2 755	13 611	937		50		17 353
1978	6 117	40 257	3 629		830		50 833
1979	3 597	9 247	454	1 265	41		14 604
1980	2 768	19 126	1 827	908	103		24 732
1981	5 529	10 067	8 782	1 515	269		26 162
1982	7 330	14 655	11 207	6 200	981		40 373
1983	9 024	36 300	11 681	15 356	469		72 830
1984	3 398	34 817	7 168	12 043	1 135		58 561
1985	9 429	54 072	24 387	* 18500	614	119	107 121
1986	5 509	45 489	19 510	* 20000	3 979	200	94 687
1987	1 736	46 338	19 609	* 14000	1 540	194	83 417
1988	72	75 852	11 300	5 968	1 482	39	94 713

(c)
Engraulis encrasicolus

Année	Ghana	Côte d'Ivoire	Togo	Bénin	Total
	Art.	Art.	Art.	Art.	
1972	26 780				26 780
1973	14 455				14 455
1974	33 439				33 439
1975	31 173				32 173
1976	28 657		469		29 126
1977	35 043		896		35 939
1978	51 365		627		51 992
1979	36 676	1 029	517		38 222
1980	37 908	1 865	2 163		41 936
1981	67 536	826	2 726		71 088
1982	54 950	214	6 679		61 843
1983	24 392	505	5 883		30 780
1984	47 231	2 878	7 075		57 184
1985	27 590	0	8 363	1 129	37 082
1986	15 208	0	3 580	397	19 185
1987	87 984	0	7 115	663	95 762
1988	75 902	236	5 099	137	81 374

Année	Ghana		Côte-d'Ivoire		Togo	Bénin	Total
	Ind.	Art.	Ind.	Art.	Art.	Art.	
1966			9 757				9 757
1967			9 849				9 849
1968			12 660				12 660
1969			6 390				6 390
1970			5 991				5 991
1971	591	4 036	7 979				12 606
1972	688	4 575	11 094				16 357
1973	1 676	10 906	5 458				18 040
1974	2 511	16 111	8 029				26 651
1975	9 949	19 523	7 885				37 357
1976	1 247	17 962	10 110		21		29 340
1977	2 016	14 716	11 234		76		28 042
1978	1 298	11 070	8 921		663		21 952
1979	1 608	14 249	15 565	32	69		31 523
1980	645	11 310	8 530	348	108		20 491
1981	859	12 445	9 876	671	60		23 911
1982	870	14 007	4 816	623	89		20 405
1983	612	7 667	8 153	9 063	419		25 914
1984	1 033	10 077	7 970	3 180	1 190		23 460
1985	1 826	22 234	7 422	* 7654	509	951	40 596
1986	2 088	16 633	10 077	* 8704	447	1 313	39 262
1987	1 698	25 479	9 031	* 9000	454	2 483	48 145
1988	96	10 450	6 344	2 267	80	924	20 161

(b)
Sardinella maderensis

Année	Ghana	Côte d'Ivoire	Togo	Bénin	Total
	Art.	Art.	Art.	Art.	
1966			341		341
1967			4 109		4 109
1968			582		582
1969			1 289		1 289
1970			2 652		2 652
1971			4 677		4 677
1972	2 053	3 394	3 160		8 607
1973	8 938	2 003	188		11 129
1974	151	485	59		695
1975	27	883	0		910
1976	23	72	0	57	152
1977	338	93	0	136	567
1978	218	304	0	31	553
1979	0	52	0	135	187
1980	177	43	0	250	470
1981	44	327	0	129	500
1982	20	48	0	321	387
1983	46	195	1	70	312
1984	199	540	4	54	797
1985	119	45	57	26	247
1986	3 259	16 865	374	83	20 851
1987	30	397	29	0	456
1988	166	7 424	581	0	8 171

(d)
Scomber japonicus

Ind. : pêche industrielle ; art. : pêche artisanale ;
* : estimations préliminaires.
Les données manquantes ne sont pas nécessairement nulles mais non disponibles.

Composition spécifique (figures 4 et 5, tableaux VI et VII)

Sardinella aurita

Jusqu'en 1981 et tous secteurs confondus, les captures de cette espèce par la pêche industrielle sont très nettement inférieures à celles de *Sardinella maderensis*. Si on ne s'intéresse qu'aux prises en Côte-d'Ivoire, on s'aperçoit que *Sardinella aurita* représente moins de 20 % des captures totales de 1966 à 1980. Ce chiffre croît très nettement à partir de 1981 pour atteindre plus de 60 % avec un record historique en 1985 (24 000 tonnes enregistrées).

En prenant en compte les estimations des captures de la pêche artisanale, *Sardinella aurita* aurait représenté près de 80 % du total général des débarquements d'espèces pélagiques côtières en Côte-d'Ivoire de 1985 à 1987.

Sardinella maderensis

Les captures de *Sardinella maderensis* sont assez régulières, que l'on considère séparément la zone ivoirienne ou tout le littoral de la Côte-d'Ivoire au Bénin, mais sa part dans les captures, largement dominante en Côte-d'Ivoire jusqu'en 1980, baisse sensiblement à partir de 1981 et surtout en 1985, nettement devancée par celle de *Sardinella aurita*.

La pêche des deux espèces de sardinelle en secteurs ivoiriens représente de 1966 à 1978 (1970, 1971 et 1973 exceptées) toujours plus de 50 % des captures totales. Elle devient particulièrement importante à partir de 1979 pour dépasser les 85 % en 1985.

Brachydeuterus auritus

Les captures de « friture » sont constantes de 1966 à 1980, elles représentent une part supérieure ou égale à celle de *Sardinella aurita* (prises en Côte-d'Ivoire, figure 5). Elles ont baissé en 1985 mais se sont rétablies depuis, notamment en 1988, profitant peut-être de l'absence de la sardinelle ronde en début d'année.

Engraulis encrasicolus

La pêche de l'anchois en Côte-d'Ivoire est faible (tableau VIc) ; seule la pêche artisanale en capture un peu (sennes de plage et sennes tournantes). À l'inverse, la pêche artisanale ghanéenne des anchois, par filet tournant à petite maille (poli, senne de plage), est très importante (plus de 80 000 t/an en 1987-1988).

Scomber japonicus

Relativement importants en Côte-d'Ivoire et au Ghana, les maquereaux disparaissent presque totalement en 1973 suivant en cela l'extinction du stock de *Sardinella aurita*. Ils ne réapparaissent véritablement dans les captures au Ghana que ces dernières années (tableau VI d) : ainsi, en 1986, des prises très importantes de jeunes individus (taille 8-10 cm, classe 0+) sont signalées au Ghana. En Côte-d'Ivoire, les prises, nulles de 1975 à 1982, augmentent légèrement depuis.

Répartition géographique et saisonnière

La pêcherie ayant évolué au cours du temps aussi bien dans la composition de la flottille, dans la stratégie de pêche que dans l'importance relative des espèces capturées, il a paru intéressant de comparer deux périodes correspondant à des phases différentes : la période 1966-1971 où la flottille était stable, avec des possibilités de pêche hors Côte-d'Ivoire, et la période 1985-1987 pour laquelle les bateaux sont de moitié moins nombreux et n'exploitent que le littoral ivoirien avec des rendements élevés. Cette distinction correspond à deux phases, la première se situant avant l'effondrement de *Sardinella aurita*, la seconde après son recouvrement et le développement de pêches importantes en Côte-d'Ivoire.

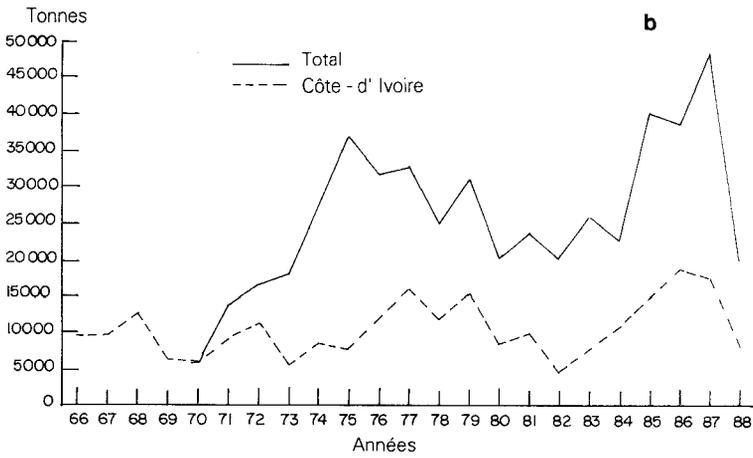
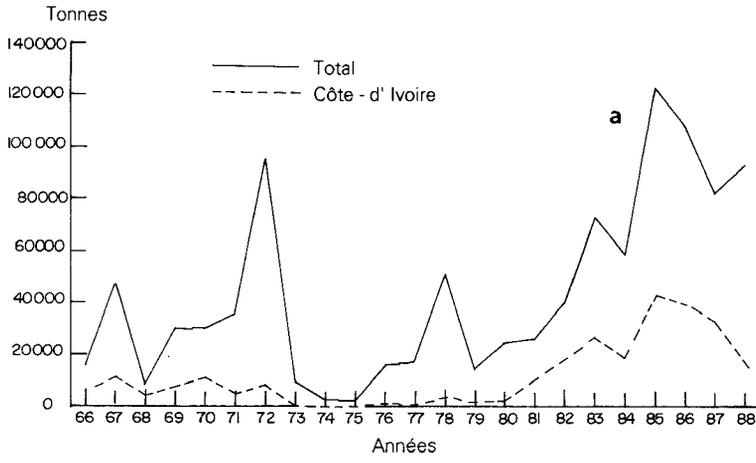


Figure 4

Évolution des captures de *Sardinella* dans la zone Côte-d'Ivoire-Bénin de 1966 à 1988.
a : *Sardinella aurita* ; b : *Sardinella maderensis*.

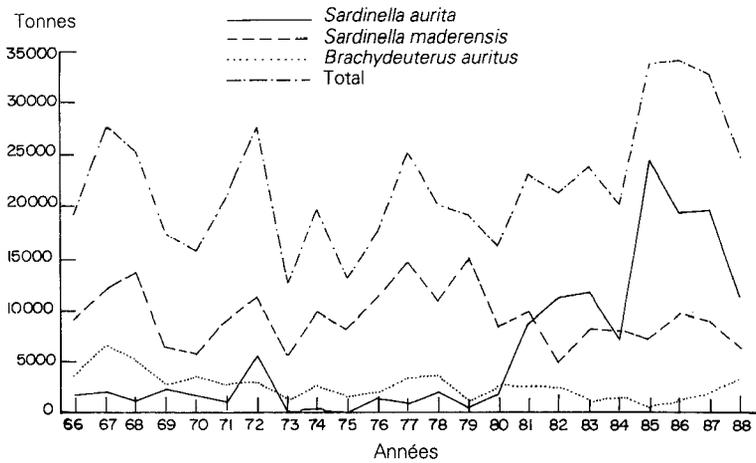


Figure 5

Prises de la pêche industrielle ivoirienne en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988.

Espèces	Secteurs	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Sardine	C.I.	1 579	3 363	1 995	2 657	1 726	1 168	5 116	181	45	
	Ghana	4 000	7 659	2 438	4 458	9 181	3 303	2 444	0	0	
	Autres	0	0	0	0	1 009	2 013	2 371	3 218	1 710	27
Hareng	C.I.	9 757	9 755	12 354	6 030	5 991	7 893	10 932	5 350	7 967	7 63
	Ghana	0	94	304	358	0	86	162	108	62	24
	Autres	0	542	0	6 301	0	9 284	7 837	9 385	12 492	12 95
Friture	C.I.	3 905	4 587	5 290	2 521	3 603	2 926	3 401	1 400	2 597	1 66
	Ghana	0	0	80	9	0	75	93	123	0	19
	Autres	0	0	0	0	0	6	69	46	42	16
Maquereau	C.I.	0	2 124	376	160	2 652	1 901	2 244	188	60	
	Ghana	0	1 985	205	1 129	0	2 776	916	0	0	
	Autres	0	0	0	0	0	1	0	5	0	
Divers	C.I.	5 000	4 784	5 764	5 614	3 733	5 521	5 490	5 217	6 747	3 54
	Ghana	0	202	296	775	0	562	182	61	13	26
	Autres	0	59	0	135	0	208	253	1 013	1 007	78
Total	C.I.	20 241	24 613	25 779	16 982	17 705	19 409	27 183	12 336	17 416	12 85
	Ghana	4 000	9 940	3 323	6 729	9 181	6 802	3 797	292	75	70
	Autres	0	601	0	6 436	1 009	11 512	10 530	13 667	15 251	14 17

La répartition mensuelle des captures totales en Côte-d'Ivoire montre un rythme saisonnier différent pendant ces deux périodes (figures 6a et 6b) :

- de 1966 à 1971, les prises de *Sardinella aurita* correspondent à deux périodes de pêche, l'une en début d'année (petite saison froide), l'autre centrée sur le mois d'août (grande saison froide) ; ces deux saisons correspondent aux deux périodes principales de ponte au cours desquelles *Sardinella aurita* se rapproche de la côte et apparaît en surface à la faveur du refroidissement des eaux ; à l'inverse, la pêche est nulle ou très faible d'avril à juin et en novembre et décembre, ces mois correspondant aux périodes de pluviométrie maximale ou de réchauffement des eaux de surface ; pour *Sardinella maderensis*, les prises sont plus étalées ;
- de 1985 à 1987, le rythme saisonnier des prises de *Sardinella aurita* est nettement moins marqué : on observe toujours un minimum de captures en mai ou juin mais les prises se situent à un niveau élevé de juillet à mars ; chez *Sardinella maderensis*, l'étalement des captures s'accroît encore.

Si l'on examine la part relative des secteurs situés à l'ouest de la Côte-d'Ivoire (secteurs 6 et 7, figure 7) on met en évidence le changement majeur ayant affecté cette pêcherie durant les dernières années : en effet, si de 1966 à 1971 les prises de *Sardinella aurita* dans ces secteurs étaient très faibles et même négligeables (figure 7a), il en va tout autrement de la période 1985-1987 pour laquelle ces secteurs représentent plus de la moitié des captures d'octobre à avril. Compte tenu de l'éloignement de ces zones de pêche d'Abidjan, ces observations mettent en évidence une abondance et (ou) une disponibilité forte dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire et donc faible dans les secteurs 4 et 5 situés de part et d'autre d'Abidjan. *A contrario*, pendant la grande saison froide, la sardinelle ronde est disponible et donc exploitée en face d'Abidjan mais cela ne préjuge en rien de son abondance en secteurs 6 et 7.

La structure mensuelle des prises de *Sardinella maderensis* (figure 7b) dans l'ouest ivoirien est la même en 1985-1987 que celle de la sardine, mais, compte tenu de la part prépondérante de cette dernière dans les captures totales de la pêcherie, il est difficile de conclure quant à la répartition spatiale de l'abondance du hareng.

Les prises totales de chacune des deux espèces de sardinelles par secteur de pêche en Côte-d'Ivoire ont donc nettement évolué depuis la récupération du stock de *Sardinella aurita* (figures 8a et 8b) : en effet, depuis 1977, les prises de cette espèce dans l'ouest ivoirien ont fortement augmenté en valeurs

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1 049	770	1 962	432	1 804	8 782	11 191	11 681	7 162	24 387	19 510	20 100	11 5000
0	167	1 667	22	23	0	16	0	4	0	0	0	0
1 530	205	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 220	10 219	8 383	15 023	8 487	9 882	4 816	8 153	7 970	7 422	10 077	9 100	6 500
890	1 015	538	544	45	0	18	0	9	0	0	0	0
9 554	7 046	2 771	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0
2 118	3 375	3 584	1 351	2 597	2 434	2 464	1 247	1 638	583	1 240	2 060	2 900
551	282	883	150	87	0	3	0	0	0	0	0	0
82	29	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	4	58	374	29	580
0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 594	6 388	3 675	2 535	3 528	1 837	2 875	3 130	3 437	1 617	3 406	2 100	1 460
207	180	48	4	39	0	109	0	4	0	0	0	0
759	57	28	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
15 981	20 752	17 604	19 341	16 416	22 935	21 346	24 211	20 211	34 066	34 606	33 000	25 500
1 648	1 644	3 136	720	194	0	146	0	25	0	0	0	0
11 925	7 337	2 979	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0

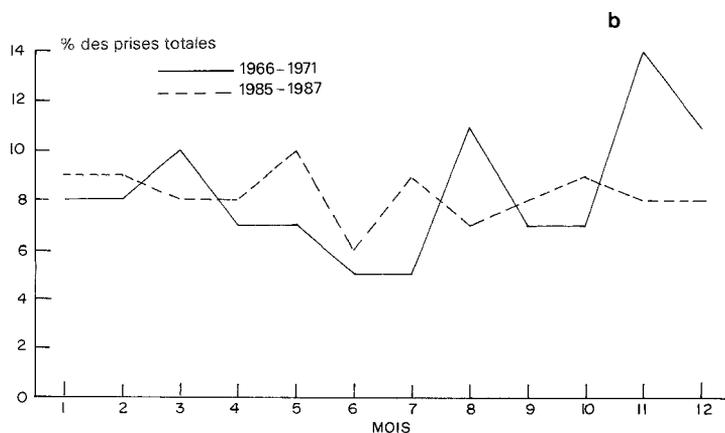
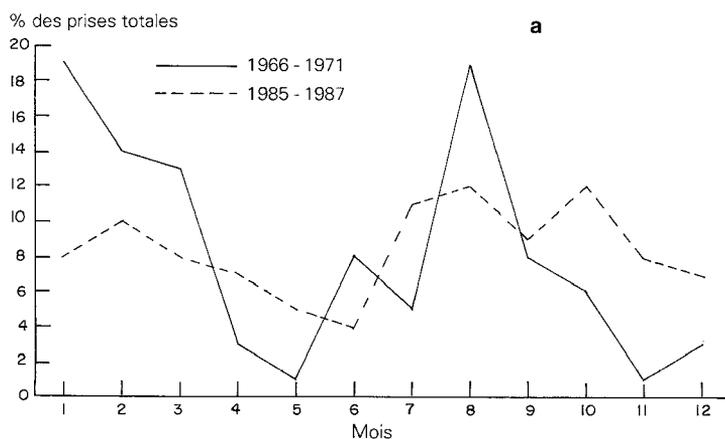


Figure 6
Parts mensuelles des prises totales
de *Sardinella* en
Côte-d'Ivoire : périodes
1966-1971 et 1985-1987.
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

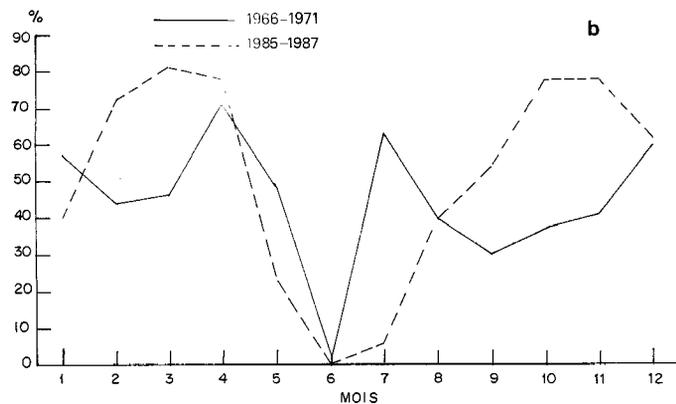
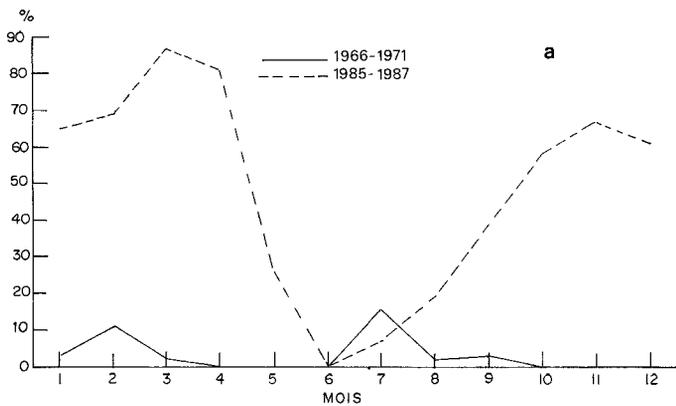


Figure 7
Part des secteurs ouest (6 et 7) dans les prises de *Sardinella* en Côte-d'Ivoire (périodes 1966-1971 et 1985-1987).
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

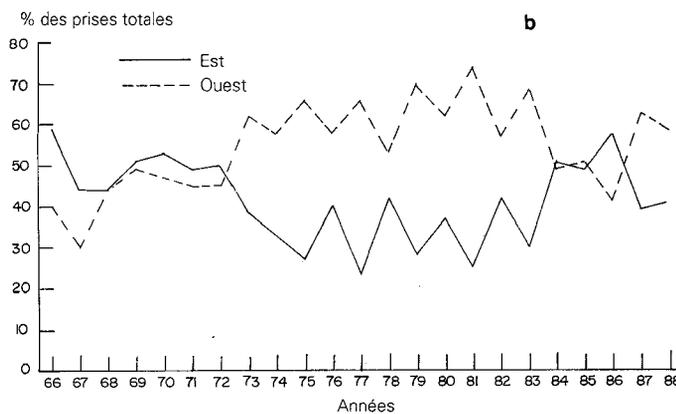
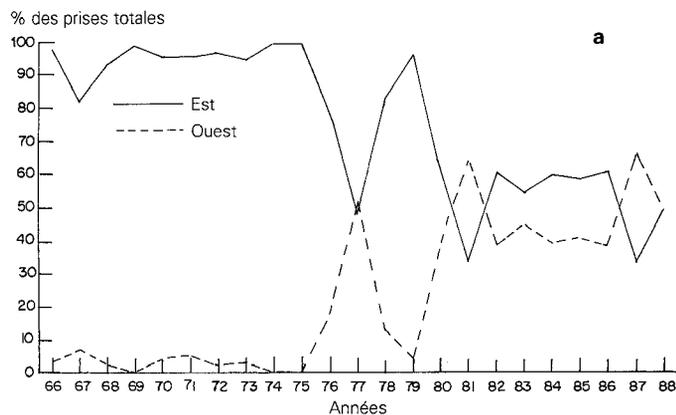


Figure 8
Part des secteurs est et ouest dans les prises de *Sardinella* en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988.
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

absolue et relative ce qui, en terme de structure de stock, peut s'interpréter de différentes manières (voir page 394) mais ces observations sont peut-être aussi à mettre en rapport avec les refroidissements saisonniers intenses et prolongés observés dans l'ouest ivoirien (ARFI et al., dans cet ouvrage) ou avec l'intensification du sous-courant ivoirien remarquée par BINET et al. (1991). En terme de PUE ou d'abondance, les secteurs est et ouest sont équivalents jusqu'en 1985, année où les PUE en secteurs 6 et 7 augmentent nettement pour *Sardinella aurita* (figure 9a). Pour l'autre espèce, les secteurs ouest fournissent la majorité des captures de 1973 à 1982 mais les niveaux de PUE à l'est et à l'ouest sont identiques pendant cette période (figure 9b).

On peut signaler, enfin, qu'en 1988 les prises de sardinelles ont été très faibles de janvier à mai, coïncidant en cela avec une petite saison froide inexistante ; les captures sont ensuite devenues très importantes dès le mois de juin avec la mise en place de la grande saison froide, atteignant de très fortes valeurs en août.

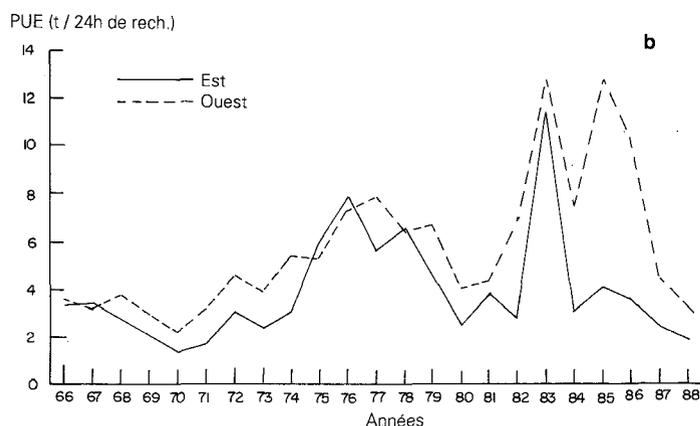
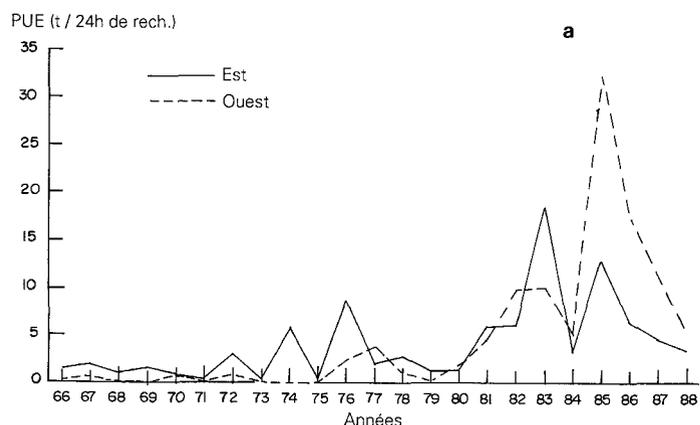


Figure 9
Moyenne des PUE en secteurs est (4-5)
et ouest (6-7), pêche industrielle
(1966-1988).
a : *Sardinella aurita*
b : *Sardinella maderensis*

STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES CAPTURES

Les données de taille dont on dispose en Côte-d'Ivoire couvrent les années 1963-1976, 1978-1981 et 1983-1988. Si une grande partie de ces données n'a pas été exploitée, les fichiers sont assez complets de 1984 à 1988 : pour une part importante des échantillons il a été possible de déterminer le secteur de pêche d'origine. Les chiffres ont donc été extrapolés aux captures totales tous secteurs confondus et par secteur (figures 10 et 11a à e). Pour les pêcheries ghanéennes, des fréquences de taille extrapolées existent de 1963 à 1972 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) et, depuis, les données d'échantillonnage des multiples engins utilisés sont sporadiques, cela limitant considérablement l'analyse démographique des captures de *Sardinella aurita* sur l'ensemble du littoral ivoiro-ghanéen.

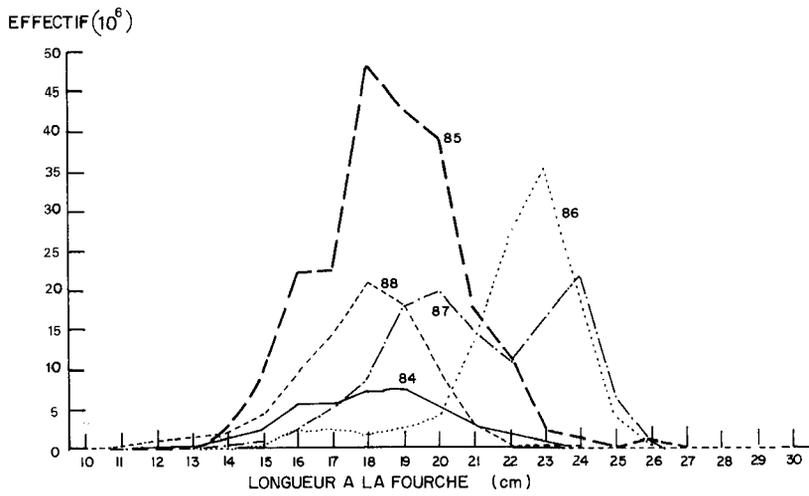
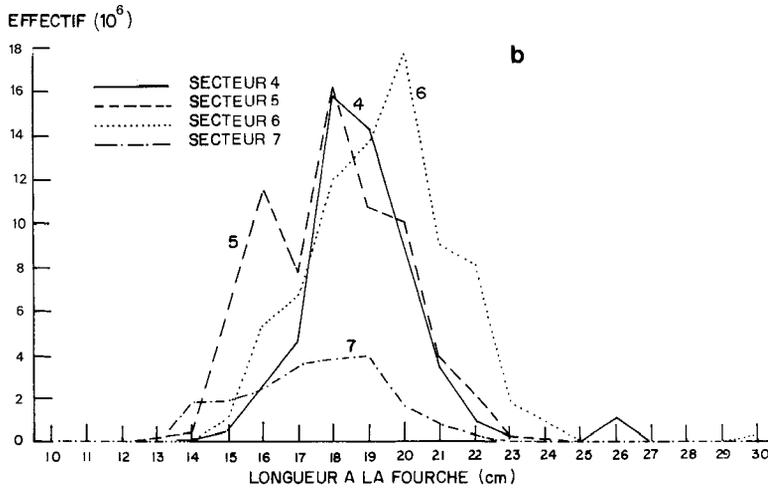
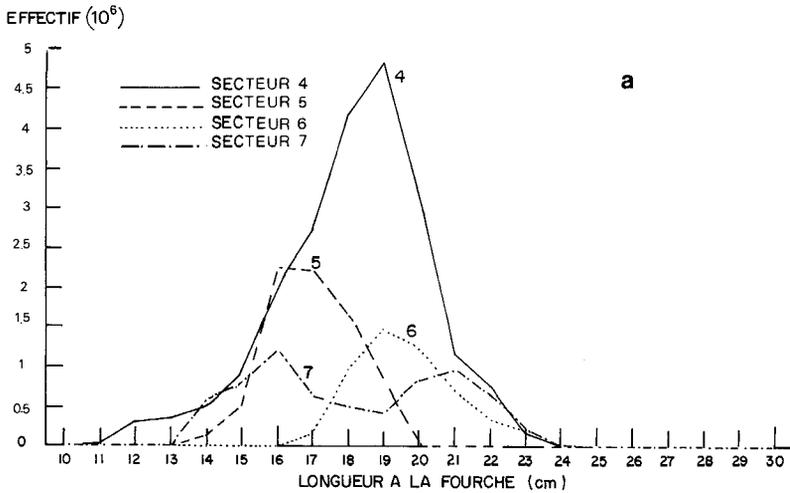


Figure 10

Sardinella aurita, fréquences de taille extrapolées de 1984 à 1988, pêche industrielle ivoirienne.



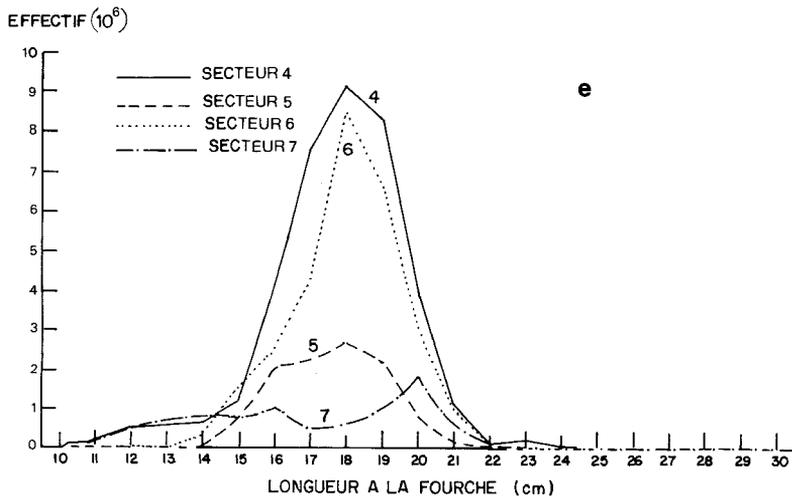
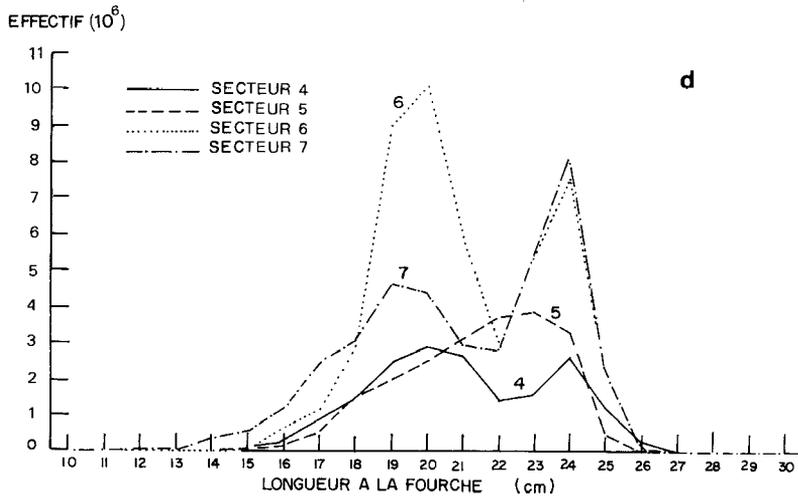
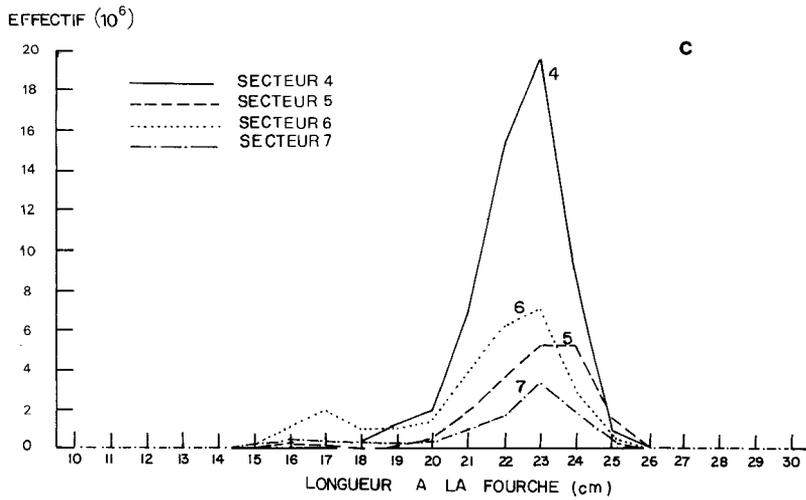


Figure 11
Sardinella aurita, distribution annuelle des tailles par secteur, pêche industrielle ivoirienne,
de 1984 (a) à 1988 (e).

TABLEAU VIIIa
Indice d'upwelling ; recrutement et classes d'âge de *Sardinella aurita*
de 1984 à 1988 en Côte-d'Ivoire (d'après CRO Abidjan, 1989)

Année	Upwelling indices			Recrutement estimé			Classes d'âge de <i>Sardinella aurita</i> suivant les hypothèses H1 ou H2					
	PSF	GSF	annuel	PSF	GSF	Total	H1			H2		
							0+	1+	2+	0+	1+	2+
1984	-12,9	56,4	-5,9	0	TB	AF	2	50	50	2	50	10
1985	1,9	61,7	4,3	B	TB	B	2	125	125	10	175	100
1986	17,2	64,2	9,9	TB	TB	TB	0	10	125	0	10	125
1987	13,2	22,5	-7,9	TB	AF	AF	0	10	125	2	50	100
1988	-15,3	58,9	0,0	0	TB	B	2	75	50	10	75	10

Upwelling : indice global à Abidjan. Classes d'âge : pêche sardinière industrielle ivoirienne.

Notations classes d'âge : en millions d'individus.

PSF : petite saison froide GSF : grande saison froide

Recrutement de PSF, GSF, Total : AF = assez faible ; B = bon ; TB = très bon.

Hypothèse H1 : Croissance de *Sardinella aurita* d'après FRU/CRO/ORSTOM (1976) ;

Hypothèse H2 : croissance de *Sardinella aurita* d'après FAO (1989).

TABLEAU VIIIb
Indice d'upwelling ; recrutement et classes d'âge de *Sardinella aurita* de 1984 à 1988
au Ghana (in CRO Abidjan, 1989)

Année	Upwelling indices	Recrutement estimé	Abondance dans la pêcherie ghanéenne		
			0+	1+	2+
1984	***	***	*	**	**
1985	***	***	*	**	**
1986	***	***	**	?	?
	***	***	***	*	*
1987	**	**	**	**	
	*	*	*	**	**
1988	*	*	*	**	*
	**	**	***	***	*

Notation : * inférieur à la moyenne ; ** moyenne ; *** supérieur à la moyenne. Dans le cas de deux lignes pour la même année, première ligne : petite saison froide, deuxième ligne : grande saison froide.

Examen des distributions de tailles

En partant des deux hypothèses de croissance pour *Sardinella aurita* (voir page 395), on a essayé de suivre les classes d'âge annuelles de 1984 à 1988 en Côte-d'Ivoire (tableau VIIIa) et au Ghana (tableau VIIIb). On a également porté dans ces tableaux des indices d'upwelling des saisons correspondant à la ponte et des indices de recrutement basés sur les rendements des sennes de plage au Ghana. Quelle que soit l'hypothèse, il n'y a pas de relation claire entre recrutement estimé et abondance des classes recrutées correspondantes.

Comparaison des modes principaux (tableau IX)

De 1963 à 1971, les principaux modes observés en Côte-d'Ivoire correspondent à ceux du Ghana alors qu'en 1972 et 1973 ils leur sont supérieurs de 3 cm. Mais on dispose de peu de renseignements sur ces données et les chiffres ivoiriens de 1971 et 1972 seraient sujets à caution (FRU/CRO/ORS-

TABLEAU IX

Comparaison des principaux modes relevés dans les fréquences de taille de *Sardinella aurita* au Ghana et en Côte-d'Ivoire (longueur à la fourche en cm). Le premier mode observé au Ghana correspond à l'échantillonnage des sennes de plage ; les individus de grande taille étudiés de 1976 à 1978 dans ce pays proviennent des prises des chalutiers

Année	Modes	
	Ghana	Côte-d'Ivoire
1963	15	14
1964	6 et 16	16
1965	7 et 17	18
1966	7 et 16	16
1967	6, 9 et 16	15
1968	8 et 16	16
1969	7, 12 et 16	16
1970	6 et 17	17
1971	7, 13 et 19	18
1972	8 et 15	18
1973	8, 11 et 16	19
1974	8, 12 et 15	
1975	10 et 18	
1976	12, 18 et 20	
1977	19 et 22	
1978	8, 18 et 21	13 et 20
1979	17	20
1980	16	10 et 18
1981		18 et 19
1982	5, 5 et 18	
1983	17	
1984	17	19
1985	17	19
1986	9, 17 et 20	23
1987	12, 15 et 21	19 et 24
1988	8 et 19	19

TOM, 1976). De 1978 à 1981 et de 1984 à 1986, les modes ivoiriens sont de 1 à 3 cm plus grands qu'au Ghana. On peut noter que, pour ce dernier pays, des individus de grande taille ont été capturés par les chalutiers de 1976 à 1978.

Conclusion

Pendant les mois de GSF les captures sont homogènes en taille alors qu'en début et fin d'année il est parfois possible de repérer l'évolution mensuelle de la taille indiquant une croissance de 1 à 1,5 cm par mois. Les captures de plus grande taille des années 1986 et 1987 semblent avoir lieu principalement de novembre à février et pourraient correspondre à des individus âgés de 30 mois, nés deux années plus tôt en GSF et qui reviennent à la côte pour participer à la ponte de petite saison froide. La prise importante, en 1986 et 1987, d'individus de grande taille est le fait le plus marquant de ces dernières années.

L'examen sommaire des distributions de taille par secteur de pêche (figures 11a à e) ne montre pas de différence entre secteurs. Toutefois, les captures de novembre à décembre signalées comme apportant les individus de grande taille sont principalement réalisées en secteur occidental ivoirien.

Enfin, les *Sardinella aurita* pêchées en Côte-d'Ivoire semblent plus grandes qu'au Ghana, observation déjà faite par de précédentes études (FAO, 1979, 1982) qui avançaient plusieurs explications encore invérifiées.

EFFORT ET PRISES PAR UNITÉ D'EFFORT (PUE)

On s'intéressera essentiellement à la pêche industrielle. Toutefois l'étude d'ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage) fournit des évaluations de PUE pour les pirogues basées à Vridi.

Mode de calcul

Définition de l'unité de pêche

L'étude comparative de la flottille réalisée par MARCHAL (1967) concluait à l'absence de caractéristiques nettes qui auraient permis une classification des puissances de pêche, à l'exception de la vitesse. Celle-ci joue à deux niveaux : tout d'abord dans le succès de la capture, pour lequel une vitesse de 8,5 nœuds serait suffisante, ensuite dans la dimension de la zone prospectée, celle-ci augmentant comme la vitesse. Depuis un certain nombre d'années, la vitesse déclarée des sardinières ivoiriennes est uniformément de 10 nœuds, ce qui permet de tous les considérer de puissance de pêche théorique égale. Toutefois, l'examen sommaire des débarquements par bateau montre que les plus performants ont les puissances motrices les plus fortes ; une nouvelle étude des unités de pêche pourrait donc s'avérer nécessaire.

Calcul de l'effort

L'unité d'effort la mieux adaptée à l'étude des pêcheries pélagiques a été définie comme le temps passé à rechercher activement le poisson (MARCHAL, 1967 ; FRÉON, 1980 ; CURY et ROY, 1987). Du temps de mer sont déduits les temps considérés comme morts (FONTENEAU et MARCHAL, 1970). SOISSON (1974) et HEM (1976) préfèrent cependant utiliser le temps de mer car ils considèrent que les temps morts (manœuvre de la senne, repos, sortie et entrée au port) sont difficiles à appréhender et que le nombre de calées n'est pas connu avec précision. Toutefois, la plupart des études récentes conduites sur la pêche sardinière industrielle ont pu utiliser le jour de recherche comme le paramètre caractérisant l'effort.

Calcul des PUE

La méthode de calcul est celle décrite par CURY et ROY (1987) qui prennent les PUE comme indice d'abondance des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : on calcule une PUE par quinzaine et par secteur pour les secteurs où il y a eu pêche ; ces PUE sont moyennées pour obtenir les PUE par quinzaine dont la moyenne donne la PUE annuelle. Cette méthode élimine l'effet de concentration sur les zones de très grande abondance en ne prenant pas en compte la pondération par les captures.

Analyse des données

Celle-ci est basée sur les descriptions faites par CURY et ROY (1987) et par les derniers groupes de travail sur les sardinelles (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989).

Pêche industrielle

Temps de recherche totaux annuels (figure 12 et tableau X)

Ils ont diminué nettement à partir de 1973, suivant en cela la diminution du nombre de senneurs, et se situent à une moyenne annuelle de 2 082 jours de recherche sur la période 1973-1987. On notera que, au cours de cette période, la valeur minimale, 1 511, a été atteinte en 1983 alors que la valeur maximale l'a été en 1988 avec 2 634 jours de recherche.

PUE totales et par espèce (figures 12, 13 et 9 et tableau X)

La PUE totale (toutes espèces confondues) a très nettement augmenté depuis 1982 et a atteint un maximum absolu en 1985 (34 tonnes par 24 heures de recherche). Cette augmentation est due essentiellement à celle des PUE de *Sardinella aurita* : la moyenne 1972-1980 est en effet de 2,3 t/24 h de recherche contre 10,7 de 1981 à 1987. L'abondance de *Sardinella aurita* est donc très forte et s'est maintenue à un haut niveau de 1983 (PUE = 15,2) à 1987 (10,5), 1984 ayant été plutôt faible (4,3) du même ordre que 1988 (4,8). Chez *Sardinella maderensis*, l'indice d'abondance est beaucoup plus constant, seule l'année 1983 est particulière avec un chiffre très élevé (13 t/24 h de recherche).

PUE par secteurs

L'examen de la série de PUE en secteurs est et ouest ivoiriens de 1966 à 1988 (figures 11a et b) montre une augmentation des PUE des deux espèces dans le courant des années 1980. Pour *Sardinella aurita*, les PUE est et ouest augmentent à partir de 1981 puis, en 1985, les PUE de l'ouest deviennent très nettement supérieures, les deux séries ne revenant à un même niveau qu'en 1988. Pour *Sardinella maderensis*, le schéma est le même, la distinction entre les deux secteurs prenant effet en 1984.

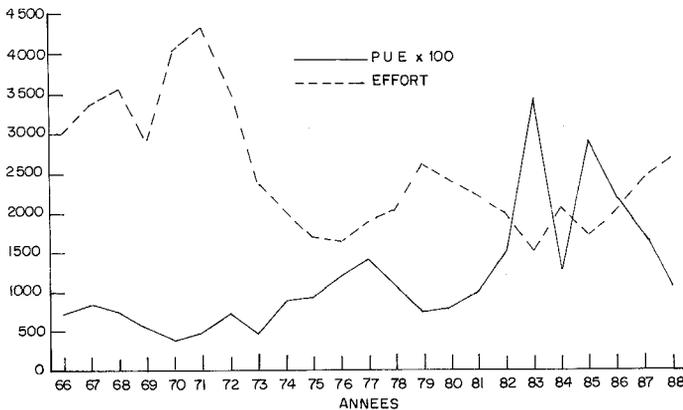


Figure 12
Effort (en jour de recherche) et prises par unité d'effort, PUE (en tonnes par jour de recherche) de 1966 à 1988.

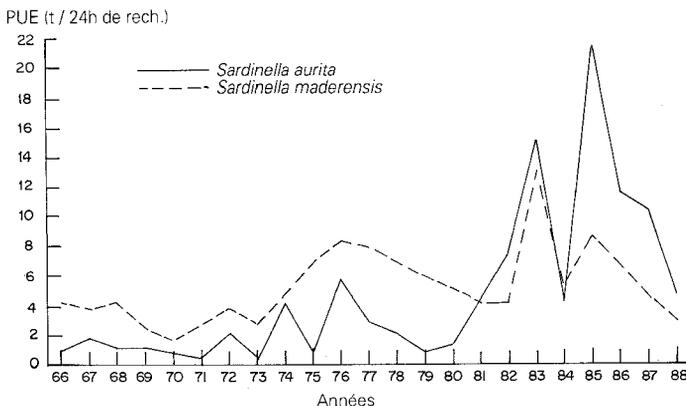


Figure 13
PUE de *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire. Pêche industrielle ivoirienne de 1966 à 1988.

TABLEAU X

Effort et PUE en Côte-d'Ivoire de 1966 à 1988 (*Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis* et toutes espèces)

Année	Effort	PUE				
		Ttes. esp.	<i>Sardinella aurita</i>		<i>Sardinella maderensis</i>	
		Ind.	Ind.	Art.	Ind.	Art.
1966	3 022	7,3	1,0		4,2	
1967	3 372	8,5	1,8		3,9	
1968	3 572	7,4	1,2		4,2	
1969	2 883	5,2	1,2		2,5	
1970	4 064	3,8	0,7		1,7	
1971	4 337	4,7	0,5		2,7	
1972	3 559	7,3	2,2		3,9	
1973	2 399	4,6	0,5		2,8	
1974	2 012	8,9	4,2		4,6	
1975	1 683	9,4	0,8		6,8	
1976	1 633	12,0	5,7		8,2	
1977	1 893	14,2	2,9		8,0	
1978	2 047	10,7	2,1		6,9	
1979	2 634	7,3	0,8	0,163	5,9	0,004
1980	2 391	8,0	1,4	0,094	5,1	0,031
1981	2 207	10,0	4,4	0,151	4,1	0,065
1982	1 971	15,1	7,6	0,508	4,2	0,065
1983	1 511	34,1	15,2	0,768	13,0	0,079
1984	2 067	12,4	4,3	0,586	5,3	0,038
1985	1 715	29,1	21,4		8,7	
1986	2 030	21,9	11,7		6,7	
1987	2 447	17,0	10,5		4,7	
1988	2 681	10,4	4,8		3,0	

Effort en jours de recherche ; PUE en t/24 h de recherche pour ind. = pêche industrielle ; PUE en t/sorties pour art. = pêche artisanale.

La moyenne des PUE de *Sardinella aurita* pour les secteurs 4, 5, 6 et 7 de 1981 à 1988 est respectivement de 8,5, 6,9, 10,4 et 13,7 : on a donc une abondance forte à l'ouest, plus faible en secteur 5 et assez forte en secteur 4, soit deux zones d'abondance distinctes, l'est d'Abidjan et les deux secteurs situés le plus à l'ouest. Le schéma est identique chez *Sardinella maderensis* ou si l'on considère les prises totales. Cette situation demande une attention particulière : s'agit-il d'une réalité due à une abondance et (ou) une disponibilité particulièrement forte dans les secteurs 6 et 7 ou de biais introduits dans les calculs (au niveau des enquêtes) ? On reviendra cependant sur la sous-estimation systématique des PUE du secteur 5 (voir *supra*) qui peut entraîner une diminution artificielle d'abondance entre les secteurs 4 et 6.

Pêche artisanale

Les PUE calculées par ÉCOUTIN *et al.* (dans cet ouvrage) pour les pirogues de Vridi sur la période 1979-1985 montrent des tendances identiques à celles des sardinières industriels chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*. En 1988, la longue période d'indisponibilité des sardinières de janvier à juin a entraîné un désarmement massif des pirogues sardinières. Celles-ci sont soit rentrées au Ghana, soit ont armé à la ligne à main (pêche sur fonds rocheux). L'effort de pêche sardinier artisanal aurait donc nettement diminué.

Modélisation

Si l'on considère la totalité du secteur ivoiro-ghanéen, la grande variabilité interannuelle des captures de *Sardinella aurita* apparaît nettement (figure 4a). À une prise record en 1972 due à la pêche artisanale ghanéenne, succède une période où le stock est considéré comme effondré. Les captures mettent plusieurs années à récupérer leur niveau antérieur, chutent à nouveau après une année favorable, 1978, et croissent fortement à partir de 1980 pour atteindre le maximum absolu de 1985. En 1986 et 1987, malgré des upwellings ou des débits fluviaux défavorables (figure 14a), les captures sont encore très élevées puis, en 1988, elles diminuent nettement mais uniquement en Côte-d'Ivoire où la pêche a été nulle de janvier à mai sans doute à cause d'un upwelling de petite saison froide inexistant.

Sardinella aurita se caractérise donc par une grande variabilité spatiale et temporelle des captures liée aux variations de son abondance et de son accessibilité. Les facteurs qui régissent ces variations ont, en partie, été mis en évidence : ils sont d'une part intrinsèques et relèvent de la stratégie démographique de l'espèce (CURY et FONTANA, 1988) et d'autre part extrinsèques et l'on prend alors en compte les conditions environnementales et l'effort de pêche déployé qui affectent les différents stades de la vie des sardines (figure 15) et, par là même, l'abondance de l'espèce et sa vulnérabilité aux engins de pêche. L'étude des saisons de pêche (MARCHAL 1966 et 1967 ; FAO, 1974) a en effet rapidement montré l'influence des upwellings côtiers et des apports fluviaux (dessalure des eaux, turbidité, sels nutritifs). Ces influences se retrouvent au niveau interannuel (FRU/CRO/ORSTOM, 1976 ; BINET, 1982 ; CURY et ROY, 1987), c'est pourquoi des études reliant les prises ou les PUE à l'effort de pêche et à des paramètres décrivant les variations des conditions de milieu ont été menées ; elles permettent d'expliquer une part importante des fluctuations observées tant au niveau saisonnier (MENDELSSOHN et CURY, 1987 ; CURY, 1989) qu'interannuel (BINET, 1982 ; FRÉON, 1986 ; CURY et ROY, 1987) ce que ne pouvaient faire les

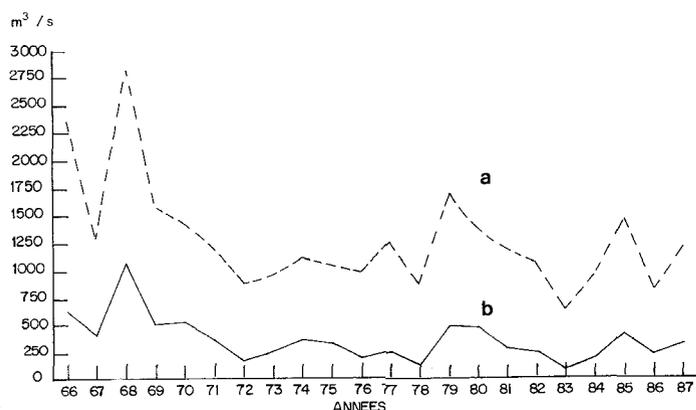


Figure 14
Débit moyen annuel de 1966 à 1987 (a) des principaux fleuves ivoiriens (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé) ; (b) du Bandama et du Comoé.

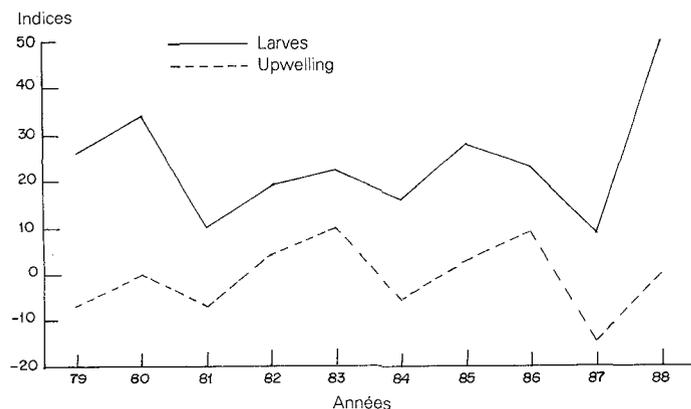


Figure 15
Relation entre l'indice d'abondance des larves de *Sardinella aurita* et l'indice global d'upwelling à Tema (1979-1988).

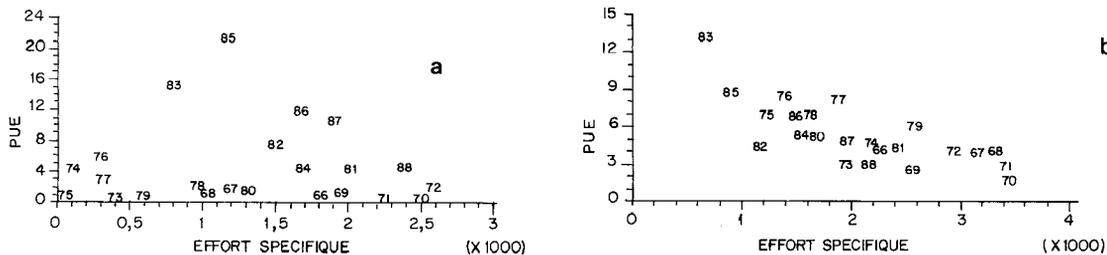


Figure 16
 a : Relation entre les PUE de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).
 b : Relation entre les PUE de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).

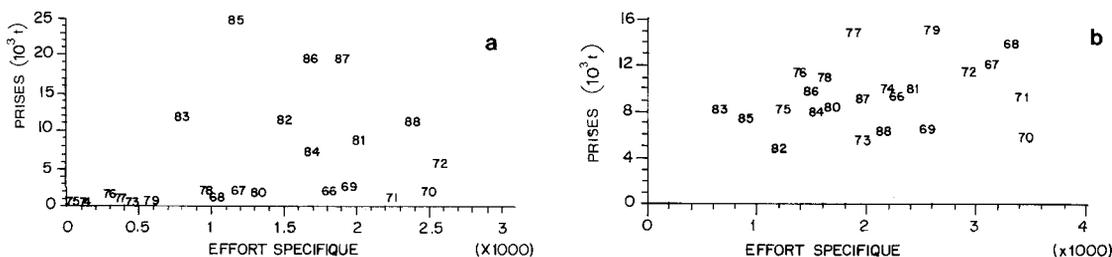


Figure 17
 a : Relations entre les prises de *Sardinella aurita* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).
 b : Relations entre les prises de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire et l'effort spécifique de 1966 à 1988 (senneurs ivoiriens).

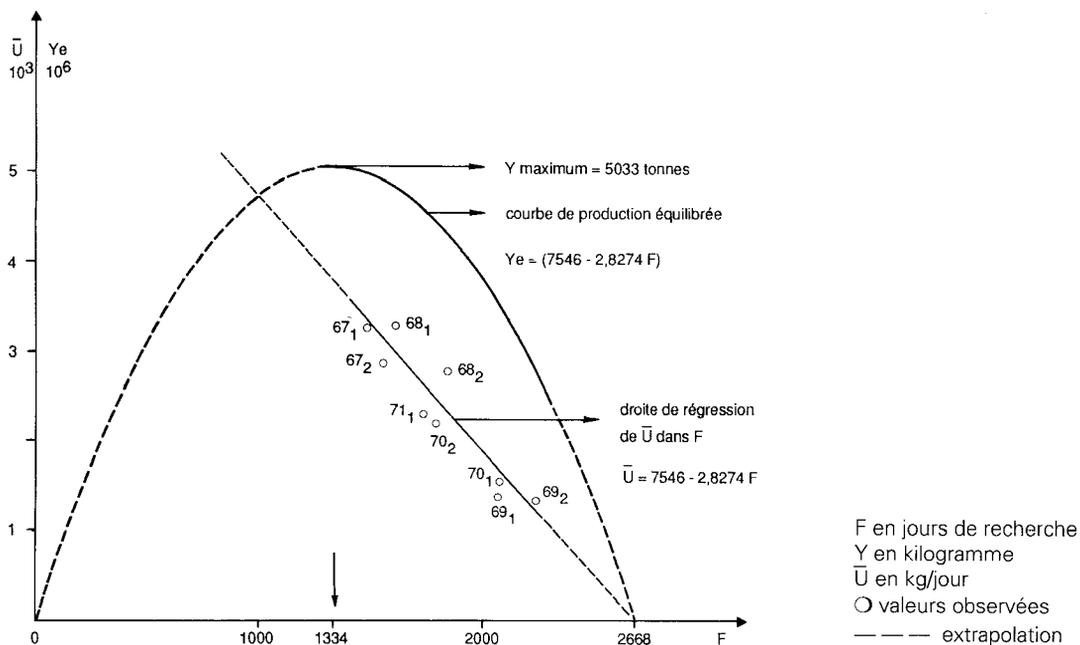


Figure 18
 Courbe de production du stock de *Sardinella maderensis* estimée par semestre, période 1966-1971 (d'après MARCHAL, 1971).

modèles classiques comme le montrent les relations entre les PUE ou les prises et l'effort de pêche (figures 16 et 17). Chez *Sardinella aurita*, ces relations sont effectivement très lâches (figures 16a et 17a) alors qu'elles sont meilleures chez *Sardinella maderensis* (figures 16b et 17b).

L'influence des autres espèces pélagiques sur la dynamique du stock de *Sardinella aurita* a été évoquée, notamment avec la prolifération des balistes (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) ou le rôle des grands pélagiques comme les thonidés majeurs qui se nourriraient en partie sur les stocks de sardinelles ; cependant, cette hypothèse n'a pas encore été clairement établie ou démentie.

Dans le cas de *Sardinella maderensis*, l'hypothèse jugée raisonnable d'un stock purement ivoirien devrait rendre la modélisation possible. La variabilité des captures et de l'abondance de cette espèce est plus faible mais les mêmes paramètres agissent et l'analyse doit les prendre en compte (FAO, 1989).

MODÈLES APPLIQUÉS À CES PÊCHERIES

Les modèles classiques de la dynamique des populations ont été appliqués, ainsi que d'autres, à la pêcherie ivoirienne. Ils considèrent soit toutes les espèces, soit l'une des deux espèces de sardinelles.

MARCHAL (1971) étudie la production du stock ivoirien de *Sardinella maderensis* ; il utilise la méthode de Gulland et obtient pour résultat une prise maximale équilibrée de 10 000 tonnes par an pour un effort correspondant à l'activité de 17 bateaux. Il considère que le stock était largement surexploité à cette époque (figure 18).

En 1976 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976), le groupe de travail sur le stock ivoiro-ghanéen de *Sardinella aurita*, remarquant que la disponibilité de cette espèce est en étroite relation avec la force de l'upwelling, calcule une PUE corrigée par l'indice annuel d'upwelling et utilise un modèle global pour les années 1966 à 1971. Avec un nombre de classes d'âge annuelles dans les captures fixé à un, la prise maximum équilibrée est estimée entre 42 000 ($m = 1$) et 49 000 tonnes ($m = 2$).

La même année, HEM (1976) étudie les prises sardinières en Côte-d'Ivoire sous un autre angle. Il considère en effet deux zones distinctes, chacune correspondant à deux stocks différents : à l'ouest d'Abidjan, un stock ivoirien constitué essentiellement de *Sardinella maderensis* ; à l'est, un stock dominé par *Sardinella aurita* et qui serait un prolongement du stock ghanéen. Grâce au modèle généralisé de production de Pella et Tomlinson et en faisant varier la valeur des paramètres m et k , cet auteur analyse d'une part le stock global (toutes espèces, est et ouest) en excluant les prises de *Sardinella aurita* et d'autre part le stock de *Sardinella maderensis* seule. Les prises maximales équilibrées se situent pour le hareng entre 9 000 et 10 000 tonnes (effort entre 3 500 et 4 700 jours de mer) et pour l'ensemble des espèces (sauf la sardine) entre 25 000 et 49 000 tonnes (effort de 6 700 à 9 400 jours de mer). En examinant séparément les secteurs est et ouest, HEM remarque aussi que l'effort de pêche et les captures pourraient être augmentés dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire.

En 1982, BINET montre l'existence d'une relation importante entre les prises de *Sardinella aurita* du secteur ivoiro-ghanéen et deux variables environnementales, l'une caractérisant le refroidissement des eaux (indice d'upwelling de la station côtière d'Abidjan) et l'autre leur dessalure (débits moyens annuels du Bandama et du Comoé, figure 14b). Les régressions établies alors montrent une corrélation négative entre les prises de cette espèce et le débit des fleuves, positive entre les prises et l'intensité de l'upwelling ; la régression multiple entre ces trois variables est bonne mais calculée en excluant la période 1972-1977 au cours de laquelle il y a eu effondrement du stock.

Ce modèle a été actualisé jusqu'en 1987 mais les résultats sont moins bons : en effet, la corrélation entre prises et débits est plus faible que celle trouvée par BINET, essentiellement à cause de l'année 1985 (figure 19) pour laquelle on a une prise record avec un débit plutôt élevé. La relation prises-upwelling est également plus faible, les prises très élevées de ces dernières années ne correspondant pas à des upwellings particulièrement intenses en Côte-d'Ivoire comme au Ghana. L'année 1987 est exemplaire puisque les prises restent à un très haut niveau alors que l'upwelling est le plus faible observé depuis 1966. Les régressions multiples réactualisées ont quand même été utilisées pour le tracé de courbes comparant prises observées et estimées : celles-ci montrent que les périodes 1972-1977 et 1983-1987 échappent aux prédictions (figure 20).

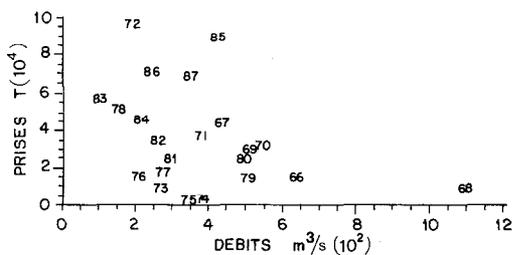


Figure 19

Relation entre les débits moyens annuels du Bandama et du Comoé et les prises totales de *Sardinella aurita* (Côte-d'Ivoire, pêche industrielle + Ghana, pêche industrielle et artisanale) pour la période 1966-1987.

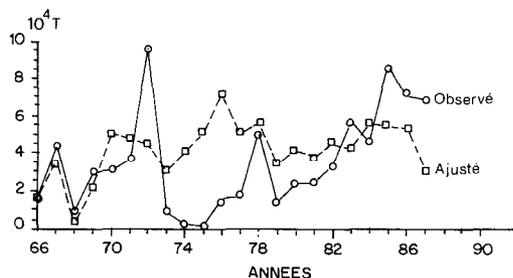


Figure 20

Prises de *Sardinella aurita* (Côte-d'Ivoire, pêche industrielle + Ghana, industrielle et artisanale) : valeurs observées de 1963 à 1987 et estimées à partir du débit annuel des fleuves Bandama et Comoé et de l'indice d'upwelling de Tema. La régression multiple est tentée pour les périodes 1966-1971 et 1978-1987 : prises = 25 574 - (28 x débit) + (92 x upw). $R^2 = 0,30$ (95 %) non significatif.

À la lumière des observations sur le stock de *Sardinella aurita* et en considérant que le stock ghanéen n'est plus exploité que par les flottilles ghanéennes, il pourrait être intéressant de séparer les prises ivoiriennes et ghanéennes depuis le début des années 1980 ; ceci n'a pas donné de résultat probant.

L'introduction de variables climatiques dans les modèles classiques de la dynamique des populations démarre véritablement avec FRÉON (1984 et 1986) puis avec CURY et ROY (1987). Ces derniers retiennent une approche plurispécifique et intègrent au modèle global des indices d'upwelling caractérisant l'intensité des refroidissements de l'année correspondant à la pêche (action de l'upwelling sur la disponibilité) et de l'année précédente (action de l'upwelling sur le succès de la ponte et la survie larvaire). Ces modèles rendent compte des variations observées sur la période d'étude mais n'ont pas été prolongés jusqu'aux années 1980. Le même type de raisonnement est appliqué par CURY (figure 21) au stock ivoirien de *Sardinella maderensis* (FAO, 1989). Enfin, LALOË (1991) applique cette approche au stock ivoiro-ghanéen de *Sardinella aurita* en introduisant dans la formulation du modèle une quantité de biomasse inaccessible et obtient des ajustements satisfaisants.

Parallèlement à ces travaux, MENDELSSOHN et CURY (1987) utilisent l'analyse multivariée autorégressive des séries temporelles et les transformations optimales dans les régressions multiples pour l'étude des interactions à court terme entre la disponibilité des espèces pélagiques côtières et les facteurs environnementaux que sont la température et la salinité. Ils mettent ainsi en évidence la non-linéarité de l'action spatio-temporelle de l'hydroclimat sur la dynamique des stocks et proposent des voies de recherche grâce à l'utilisation de méthodes statistiques nouvelles en dynamique des populations.

Après l'abondance et la disponibilité, c'est au niveau du recrutement que l'action de l'hydroclimat est étudiée par CURY et ROY (1989) : ils proposent une relation en forme de dôme entre le recrutement et l'intensité de l'upwelling pour les upwellings dits d'Ekman et une relation linéaire pour les autres upwellings comme l'ivoiro-ghanéen et parlent de « fenêtre environnementale optimale ».

L'ensemble de ces travaux illustre la difficulté de modéliser ces ressources instables qui fluctuent même en l'absence de pêche par l'homme. L'impact de l'environnement hydroclimatique sur ces poissons à courte durée de vie, fortes fluctuations de recrutement et variations de disponibilité, est maintenant bien établi ; mais l'hydroclimat associé à l'effort de pêche ne peut à lui seul décrire toutes les variations et, comme le montrent BINET (1982) et FRÉON (1986), il est difficile d'utiliser un même modèle pour interpréter les fluctuations des prises ou de PUE sur l'ensemble de la série temporelle. De plus, la structure complexe du stock de *Sardinella aurita*, réparti en cohortes issues des différentes périodes ou zones d'upwelling mais susceptibles de se mélanger, fait qu'il est indispensable, quand on entreprend la modélisation, de considérer :

— les données des pêches industrielles et artisanales, ces dernières étant jusqu'à présent restées en dehors des études, au moins pour ce qui est de la Côte-d'Ivoire ;

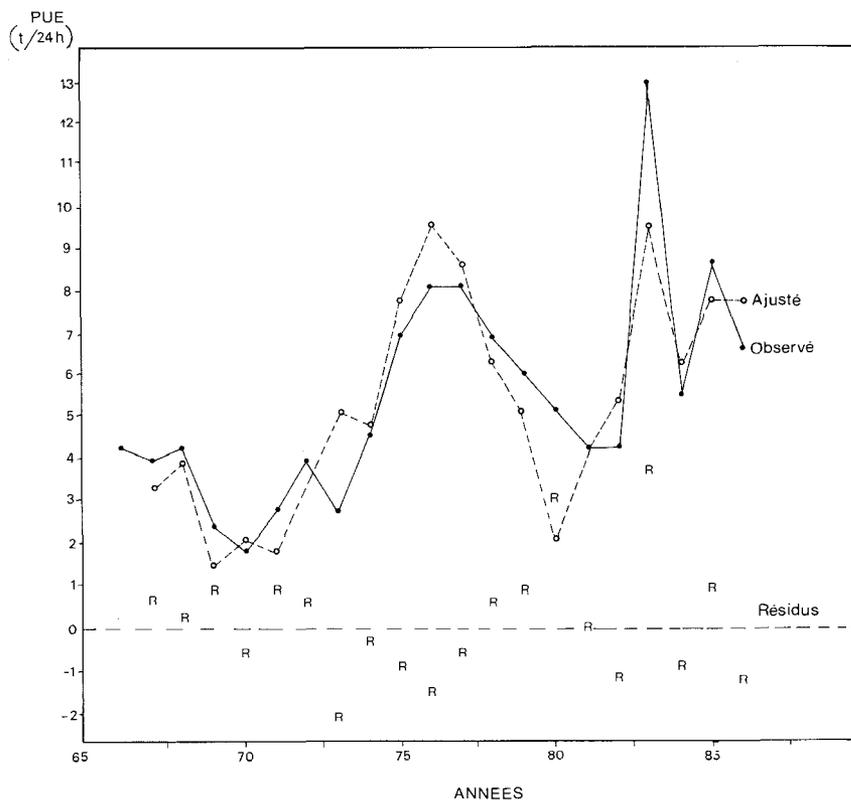


Figure 21

Modèle global permettant l'analyse de l'évolution des prises de *Sardinella maderensis* par unité d'effort des senneurs industriels ivoiriens (d'après CURY, in FAO, 1989) et ayant pour forme : $PUE = f(\text{upwi}, \text{upwi} - 1, \text{effort})$.

upwi : indice d'upwelling au Ghana l'année i (année de pêche).

upwi - 1 : indice d'upwelling au Ghana l'année i-1.

effort : effort total des sardiniers en Côte-d'Ivoire.

- les indices ivoiriens et ghanéens d'upwelling afin de prendre en compte une variabilité spatiale assez forte de ce phénomène ;
- les apports de l'ensemble des fleuves de la région.

On manque également de connaissances sur la reproduction de ces espèces (zones, périodes, intensité de ponte et microcohortes induites).

En l'état actuel, la modélisation des stocks pélagiques côtiers ivoiro-ghanéens reste donc insatisfaisante. Les modèles déjà mis au point devraient être actualisés, certaines voies de recherche poursuivies et l'évolution à long terme des espèces et de leurs stratégies adaptatives prises en compte (CURY, 1989).

MODÉLISATION ANALYTIQUE

L'utilisation des modèles analytiques se heurte à deux séries d'obstacles, l'une propre aux espèces pélagiques côtières, l'autre relevant du contexte ivoiro-ghanéen.

La première série d'obstacles est liée à l'influence des fluctuations hydroclimatiques sur la disponibilité aux engins de pêche et donc sur la capturabilité, laquelle a de fortes chances d'être très variable entre les classes d'âges et les années. Tout cela est un obstacle majeur à la conduite d'analyses de cohortes, ou mieux multicohortes, modulées ou non par des indices d'abondance.

En second lieu, dans le cas de *Sardinella aurita* particulièrement, l'absence de statistiques complètes de captures par classes de taille pondérées et extrapolées pour tous les engins est aussi un obstacle majeur. On doit toutefois noter que, pour les années 1971 à 1972, le groupe de travail réuni en 1976

(FRU/CRO/ORSTOM, 1976) avait réussi à conduire quelques analyses de cohortes assez simples. Le modèle de Ricker qui en était dérivé montrait en particulier qu'il n'y avait à l'époque aucune nécessité d'élever l'âge à la première capture de *Sardinella aurita*. Depuis, aucune autre étude analytique n'a été entreprise sur les deux espèces de sardinelles.

Essai d'évaluation de l'état des stocks

Sardinella aurita

Pour pouvoir procéder à une évaluation complète de l'état du stock ivoiro-ghanéen, il est nécessaire de disposer de l'ensemble des jeux de statistiques de pêche ghanéennes et ivoiriennes, ce qui est loin d'être le cas. On en est donc réduit à raisonner sur des indices semi-qualitatifs d'abondance, attribués aux cohortes identifiées (CRO Abidjan, 1989).

Un indice de recrutement au Ghana est fourni par les PUE des sennes de plage (figure 22), mais celles-ci ne visent pas une espèce particulière (FAO, 1989 ; CRO Abidjan, 1989). On note un accroissement important de ces PUE depuis 1982, ce qui semble indiquer un recrutement croissant de *Sardinella aurita* (puisque c'est l'espèce dont les prises ont le plus augmenté) à l'est du cap des Trois-Pointes. Malheureusement, on ne dispose pas d'un tel indice à l'est du cap des Palmes pour évaluer l'importance du recrutement dans l'ouest ivoirien.

Des tableaux récapitulatifs des niveaux d'abondance supposés de chaque cohorte depuis 1984 sont fournis pour la Côte-d'Ivoire et le Ghana (tableaux VIIIa et VIIIb). En 1984, 1985 et 1988, il y a concordance entre l'importance relative des classes d'âge en Côte-d'Ivoire et au Ghana. En 1986 et 1987, la classe 0+ est prépondérante au Ghana, avec des classes 1+ (née en 1985) et 2+ (née en 1984) faibles en 1986, moyennes en 1987, alors qu'en Côte-d'Ivoire la classe 2+ domine largement les deux années.

L'état du stock exploité en 1989 résulte de l'importance de chaque cohorte apparue dans la pêcherie depuis 1987. Les classes 1+ d'importance moyenne en 1987 au Ghana comme en Côte-d'Ivoire ne sont pas ou peu retrouvées en 1988. Le recrutement de 1987 au Ghana, assez bon, se retrouve dans des classes d'âge 1+ abondantes en 1988 en Côte-d'Ivoire comme au Ghana. Les premiers résultats de mensurations en 1989 montrent, en Côte-d'Ivoire, la présence d'individus de grande taille (20-24 cm) qui correspondraient à cette classe d'âge. Le recrutement de 1988 apparaît d'ores et déjà élevé (si l'on se réfère à la PUE senne de plage) et, à condition qu'il n'ait pas été décimé par les fortes captures de cette année-là, il pourrait fournir une bonne classe d'âge 1+ en 1989.

Sardinella maderensis

Jusqu'à 1987, les PUE de *Sardinella maderensis* en Côte-d'Ivoire ont indiqué un niveau d'abondance élevé. En 1988, leur baisse semble refléter la disponibilité faible des deux sardinelles en début d'année.

Au Ghana, il est difficile d'attribuer une cause évidente à la baisse importante des PUE des diffé-

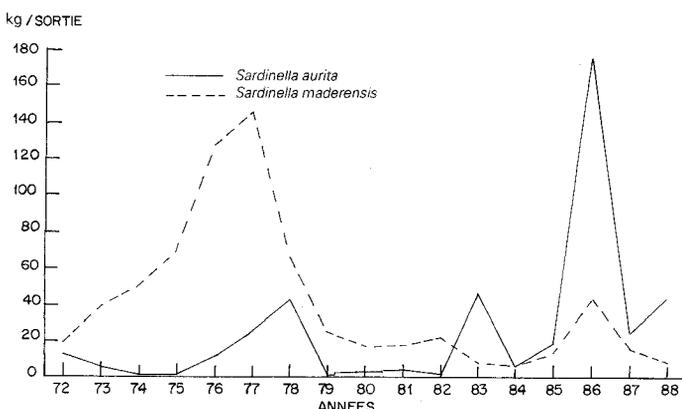


Figure 22
PUE des sennes de plage ghanéennes chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* de 1972 à 1988.

rentes pêcheries en 1988. Les cohortes étaient-elles absentes de la pêcherie, l'abondance a-t-elle réellement diminué, ou s'agit-il d'un problème d'espèce cible, les pêcheurs artisans ghanéens ayant pêché essentiellement *Sardinella aurita* ? Cette dernière explication est possible, si l'on se reporte à l'évolution mensuelle simultanée des captures des deux espèces par les filets poli, ali, watcha ghanéens, en 1988 (CRO Abidjan, 1989).

Cependant, l'indice de recrutement tel qu'il est fourni par les sennes de plage au Ghana témoignerait d'un affaiblissement du recrutement chez cette espèce. On peut noter que la superposition des 2 courbes de PUE des sennes de plage au Ghana (figure 22) montre qu'il y aurait eu vers 1982 un renversement de l'importance respective des recrutements des 2 espèces au profit de *Sardinella aurita*. Une interprétation possible est que, dans les années récentes, le biotope lui est devenu plus favorable, ce qui expliquerait ses hauts niveaux actuels de capture. À l'inverse, la position (et donc la stabilité) du stock de *Sardinella maderensis* au Ghana serait moins certaine.

Engraulis encrasicolus

L'anchois n'apparaissant pratiquement pas dans les débarquements enregistrés en Côte-d'Ivoire, seul le stock Ghana-Togo-Bénin, surtout pêché à l'est du cap des Trois-Pointes, sera considéré ici. Son analyse est complexe, car les pêcheurs artisans ghanéens ne le recherchent que lorsque la sardinelle ronde est absente. Les fortes captures d'anchois sont réalisées dans l'est du pays (*Great Accra Region*, *Volta region* et une partie de la *Central Region*) et au Togo, où il est prédominant dans les captures. On peut remarquer que l'évolution annuelle des prises est similaire dans les deux pays. D'après les données togolaises, le stock semble demeurer stable. Au Ghana, les fortes valeurs enregistrées en 1987 et 1988 peuvent être dues au fait que les pêcheurs de l'est du pays, éloignés des concentrations de *Sardinella aurita* existant dans la région centrale, ont porté tout leur effort sur l'anchois. Enfin, le déficit des captures observé en 1986 et qui donne l'impression d'une explosion du stock en 1987 et 1988 peut avoir pour raisons :

- une forte abondance des jeunes sardinelles en 1986 sur tout le littoral ghanéen qui aurait transformé l'anchois en espèce secondaire ;
- un biais possible conduisant à une sous-estimation des captures d'anchois : les scientifiques ghanéens pensent en effet qu'une couverture d'échantillonnage moins intense avant 1987 (le nombre d'enquêteurs a été augmenté en 1987 sur tout le littoral) peut être à l'origine d'une sous-estimation de la capture d'anchois.

Il faut toutefois signaler que les larves d'anchois dans l'ichtyoplancton ivoirien ont été trouvées 15 à 20 fois plus abondantes que celles de sardinelles en 1969-1971. Cela a conduit à l'hypothèse concevable d'une biomasse comparable à celle des sardinelles de l'époque (FAO, 1974). Au Ghana, ce rapport entre larves d'anchois et de sardinelles a été estimé moindre, de l'ordre de 5 (FRU/CRO/ORSTOM, 1976).

Scomber japonicus

L'apparition des maquereaux dans les captures, au cours des dernières années, est trop récente pour qu'il soit possible d'analyser l'état du stock de cette espèce. On note toutefois l'apparition d'une forte classe d'âge, en 1986, qui serait réapparue en 1988 dans les prises ghanéennes. Mais les fréquences de taille indispensables à la vérification de cette hypothèse font défaut.

Conclusion

L'exploitation des espèces pélagiques côtières en Côte-d'Ivoire représente donc une activité socio-économique importante. Les apports, surtout composés de deux espèces de sardinelle, contribuent largement à l'approvisionnement vivrier du pays.

L'abondance des poissons pélagiques côtiers est liée à l'existence d'upwellings littoraux saisonniers qui s'étendent du cap des Palmes jusqu'au Togo. Ces upwellings sont assez particuliers et leurs mécanismes exacts ne sont pas encore totalement élucidés. Ils ont un double effet sur la pêche, par le biais des recrutements et celui de la disponibilité des poissons. Les apports en mer des fleuves côtiers de la région jouent également un rôle dans cette disponibilité.

La structure des stocks des espèces concernées n'est pas encore bien définie surtout dans le cas de *Sardinella aurita*, dont la ressource semble avoir évolué dans le courant des années 1980 avec le développement possible d'une population dans l'ouest de la Côte-d'Ivoire. Quoi qu'il en soit, les poissons se déplacent et se mélangent entre eux et la ressource doit être considérée comme commune à la Côte-d'Ivoire et au Ghana. Les statistiques de pêche et l'évaluation de l'état du stock doivent donc être examinées en commun. En revanche, *Sardinella maderensis* paraît plus sédentaire et pourrait être exploitée et gérée indépendamment.

Toutes ces considérations justifient donc l'établissement d'une base de données statistiques de pêche commune au moins au Ghana et à la Côte-d'Ivoire. Ce besoin bute encore sur le difficile suivi de la pêche artisanale dispersée le long du littoral ivoiro-ghanéen. Pratiquement, seule la pêcherie sardinière industrielle basée à Abidjan a fait l'objet d'une couverture statistique complète de 1966 à 1988.

La modélisation de ces ressources souffre donc de l'imperfection des données de capture, d'effort et de structure de taille et du manque de connaissances sur la biologie des espèces concernées. En revanche, la mise en évidence de l'influence des variables hydroclimatiques sur la dynamique de ces stocks a permis des progrès substantiels, notamment dans la conception de modèles qui prennent en compte cette variabilité du milieu. La disparité entre la complexité des modèles et la fiabilité ou l'importance des données nécessaires à leur élaboration rend le jugement actuel sur l'état des stocks plutôt difficile : ainsi l'effondrement du stock de *Sardinella aurita* que l'on prédisait en 1988 sur la base de l'exemple de la situation de 1972 n'a pas eu lieu, et actuellement il est très difficile de porter un jugement sur l'état réel et le futur possible de cette ressource.

Au contraire, *Sardinella maderensis* semble plus stable et la modélisation de sa production est plus crédible. La ressource en anchois n'a pas pour l'instant intéressé les pêcheurs en Côte-d'Ivoire, mais il serait étonnant qu'elle ne soit pas un jour exploitée par la pêcherie artisanale. Quant au maquereau, sa grande instabilité empêche toute prédiction de capture.

En définitive, les connaissances sur l'exploitation des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire sont importantes, mais la complexité des problèmes posés par la dynamique de ces ressources dites instables est telle qu'il faut poursuivre le recueil des statistiques mis en place, l'améliorer si possible et approfondir les études sur la biologie des espèces et leurs relations avec l'environnement hydroclimatique.

Ce travail nécessite une coopération scientifique forte au niveau régional entre pays voisins. L'espoir d'une maîtrise de la gestion de ces ressources est à ce prix.

- ARFI (R.), PEZENNEC (O.), CISSOKO (S.), MENSAH (M.), 1993.— Évolution spatio-temporelle d'un indice caractérisant l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 111-122.
- BARON (J.C.), 1968.— Étude préliminaire des protéines du cristallin de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita*, *Sardinella eba*). *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 28, 21 p.
- BARON (J.C.), 1969.— Note sur le sang de *Sardinella eba*. *Doc. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, non réf., 17 p.
- BARRO (M.), 1968.— Premières estimations sur la croissance de *Brachydeuterus auritus* (Val. 1834) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 31, 18 p.
- BINET (D.), 1976.— Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14(4) : 301-326.
- BINET (D.), 1979.— Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique. *Oceanol. Acta*, 2(4) : 397-410.
- BINET (D.), 1982.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.
- BINET (D.), MARCHAL (É.), PEZENNEC (O.), 1993.— *Sardinella aurita* de Côte-d'Ivoire et du Ghana : Fluctuations halieutiques et changement climatique. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 320-342.
- BOUBÉRI (D.) et AMON-KOTHIAS (J.B.), 1983.— Occurrence des fonds de pêche des sardiniers ivoiriens. Note int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.
- CHABOUD (C.) et DÈME (M.), (1991).— Ressources instables et pêche semi-industrielle : les exemples sénégalais et ivoirien. *In* : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 489-503.
- COLIN (C.), GALLARDO (Y.), CHUCHLA (R.), CISSOKO (S.), 1993.— Hydroclimat du plateau continental de Côte-d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 75-110.
- CRO Abidjan, 1989.— Groupe de coordination ad hoc sur les ressources de petits pélagiques de l'ouest du golfe de Guinée. Abidjan, 16 - 20 mai 1989, 19 p., 26 fig., 16 tab., 12 p. annexes.
- CURY (P.), 1989.— Approches modélisatrices des relations à court, moyen et long termes entre la dynamique des stocks de poissons pélagiques côtiers et les fluctuations climatiques. Thèse Doct. État, Univ. Paris-VII, 258 p.
- CURY (P.) et FONTANA (A.), 1988.— Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest africaines. *Aquat. Living Resour.*, 1(3) : 165-180.
- CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire : une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-357.
- CURY (P.) et ROY (C.), 1989.— Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 : 670-680.
- ÉCOUTIN (J.M.), DELAUNAY (K.), KONAN (J.), 1993.— La pêche artisanale maritime. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 537-549.
- FAO, 1974.— Étude et mise en valeur des ressources en poissons pélagiques côtiers. Côte-d'Ivoire. Conclusions et recommandations du projet PNUD-FAO. FI:DP/IVC/66/506, Rome, 72 p.
- FAO, 1979.— Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo. COPACE/PACE ser. 80/21 (Fr.), 73 p.

- FAO, 1982.— Rapport du groupe de travail ad hoc sur les sardinelles des côtes de Côte-d'Ivoire-Ghana-Togo. COPACE/TECH/82/40 (Fr.), 72 p.
- FAO, 1989.— Rapport de la consultation technique sur les petites espèces pélagiques de la division statistique golfe de Guinée ouest. Abidjan, décembre 1987. COPACE/CECAF/TECH/89/47, 91 p.
- FONTENEAU (A.) et MARCHAL (É.), 1970.— Récolte, stockage et traitement 1970 des données statistiques relatives à la pêche des sardinières (filet tournant) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(1) : 21-30.
- FRÉON (P.), 1980.— Choix d'une unité d'effort de pêche pour les flottilles sardinières semi-industrielle et artisanale au Sénégal. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 11(1) : 1-35.
- FRÉON (P.), 1984.— Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes des vents d'upwelling (pêche sardinière au Sénégal). *Océanogr. trop.*, 19(1) : 67-94.
- FRÉON (P.), 1986.— Réponses et adaptation des stocks de Clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 287 p.
- FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes. Abidjan, 28 juin-3 juillet 1976, 62 p.
- HARTSUIJKER (A.B.), 1972.— Analysis of the biometric data samples of *Sardinella eba* and *Sardinella aurita*. Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD RS 9/72, 12 p.
- HEM (S.), 1976.— État des stocks pélagiques en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 7(2) : 29-47.
- HERBLAND (A.) et LE Lœuff (P.), 1993.— Les sels nutritifs au large de la Côte-d'Ivoire. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, ORSTOM : 123-148.
- LALOË (F.), (1988).— Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible liée aux conditions environnementales : application aux données de la pêche ivoiro-ghanéenne de *Sardinella aurita*. *Aquat. Living Resour.* 1 : 289-298.
- MC CALL (A.), 1983.— Population models of habitats selection with applications to the northern anchovy. South West Fish. Center Administr. Rep., NJ-84-01.
- MARCHAL (É.), 1966.— Fluctuations de la pêche des sardinelles (*Sardinella aurita* V. et *Sardinella maderensis* C.V.) en Côte-d'Ivoire. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1, 16 p.
- MARCHAL (É.), 1967.— La pêche des sardinières ivoiriennes en 1966. *Doc. Scient. Prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 19, 26 p.
- MARCHAL (É.), 1971.— Étude du stock de Hareng (*Sardinella eba*) de Côte-d'Ivoire (version préliminaire). Projet de développement de la pêche pélagique côtière. FAO/PNUD RS 5/71, 12 p.
- MARCHAL (É.), (à paraître).— Location of the main West African pelagic stocks. In : Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement, Cury (P.) et Roy (C.) éd. Paris, ORSTOM : 187-191.
- MARCHAL (É.) et PICAUT (J.), 1977.— Répartition et abondance évaluées par échantillonnage de poissons du plateau ivoiro-ghanéen, en relation avec les upwellings locaux. *J. Rech. Océanogr.*, 2 (4), 39-57.
- MENDELSSOHN (R.) et CURY (P.), 1987.— Fluctuations of a fortnightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmental conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 : 408-421.
- MENDELSSOHN (R.) et CURY (P.), 1989.— Temporal and spatial dynamics of a coastal pelagic species, *Sardinella maderensis*, off the Ivory Coast. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46(10) : 1686-1697.
- MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 2, 1-15.
- PEZENNEC (O.), (1991).— Recueil et traitement de l'information pour la gestion de la pêche sardinière ivoirienne. Rapp. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 50 p.

- PICAUT (J.), 1983.— Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 13 : 18-37.
- ROY (C.), CURY (P.), FONTANA (A.), BELVÈZE (H.), 1989.— Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'ouest. *Aquat. Living Resour.*, 2(1) : 21-29.
- SINCLAIR (M.), 1988.— Marine populations : an essay on population regulation and speciation. Washington Press, Seattle & London, 252 p.
- SOISSON (P.), 1974.— Nouveau programme de traitement des statistiques de pêche des sardiniers du port d'Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5(3-4) : 71-76.
- VENDEVILLE (P.), 1986.— Échantillonnage des sardiniers du port d'Abidjan : note à l'attention des enquêteurs du port de pêche. Note int. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.
- WEIGEL (J.Y.), 1989.— La commercialisation du poisson en pays lagunaire ivoirien. Paris, ORSTOM, *Études et Thèses*, 138 p.

Annexe

Indices d'upwelling utilisés pour l'étude des espèces pélagiques côtières de la zone ivoiro-ghanéenne

Présentation des indices

Le premier indice, noté I76, a été proposé par le groupe de travail FRU/CRO/ORSTOM de 1976 : il est calculé à partir d'une moyenne par quinzaine des températures côtières pour l'année ou pour la grande saison froide. Sa formulation est la suivante :

$$I76 = N \times (26 - M)$$

avec :

N = nombre de quinzaines pour lesquelles la température moyenne est inférieure à 26 °C.

M = température moyenne de ces quinzaines.

Cet indice a été utilisé par les groupes de travail qui ont suivi ainsi que par d'autres études sur les sardinelles de la zone.

Cependant, l'étude des stocks de sardinelles nécessite une approche assez fine des événements hydro-climatiques en liaison avec les données de captures, elles-même abordées avec un pas de temps égal à la quinzaine ou au mois. En outre, on dispose de données quotidiennes de température pour 6 stations ghanéennes depuis 1970 et 6 stations ivoiriennes depuis 1978. C'est pourquoi, un indice calculé par quinzaine a été proposé par ARFI *et al.* (dans cet ouvrage) pour ces 12 stations. Cet indice, Iqzf est de la forme :

$$Iqzf = (26 - Mqz) \times Nqz$$

avec :

Nqz = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température de la mer est inférieure à 26 °C.

Mqz = moyenne des températures de ces Nqz jours.

Cet indice, qui ne s'intéresse qu'aux jours où la température descend en dessous de 26 °C, donne une bonne description des refroidissements saisonniers. Il ne prend toutefois pas en compte tous les jours alors que d'un point de vue biologique il est souhaitable de disposer d'un indice caractérisant également les saisons chaudes et rendant compte d'éventuels événements chauds à l'intérieur de périodes froides. Le choix du seuil de température peut également être discuté.

Pour pallier ces inconvénients et avoir un indice le plus complet possible, nous proposons donc un indice dit global, Iqzg calculé par station à partir des températures quotidiennes de la façon suivante :

$$Iqzg = (26 - M1) \times N1 + (26 - M2) \times N2$$

avec :

N1 et N2 = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température est respectivement inférieure et supérieure ou égale à 26 °C (les jours sans mesures de température ne sont bien entendu pas pris en compte).

M1 et M2 = moyennes des températures quotidiennes correspondantes.

Cette formule est équivalente à :

$$lqzg = 26 \times N - S \text{ ou } lqzg = N \times (26 - M)$$

avec :

N = N1 + N2 = nombre total de jours de la quinzaine pour lesquels la température a été mesurée.

S = somme pour toute la quinzaine des températures mesurées.

M = moyenne de toutes les températures de la quinzaine.

Cet indice prend donc en compte tous les jours ; il est négatif en période « chaude », positif en période de « froide » et rend compte de tous les événements thermiques intéressant les poissons pélagiques. Le seuil de température choisi a une importance limitée puisqu'il ne change que la pente et pas l'allure générale de la courbe décrite par l'indice.

Exemple de résultat

La figure A1 présente pour Tema la variabilité interannuelle des trois indices précités : les courbes suivies par les indices I76 et Iqzf sont très proches alors que Iqzg présente des différences en 1978, 1981, 1983 et 1984, années pour lesquelles les saisons chaudes ont été, soit particulièrement intenses (1978, 1981, 1984), soit assez faibles (1983).

La figure A2 représente les valeurs moyennes par quinzaine des indices Iqzf et Iqzg à Tema. L'indice global Iqzg rend mieux compte des périodes chaudes et de leur intensité alors que celles-ci sont occultées par l'indice Iqzf.

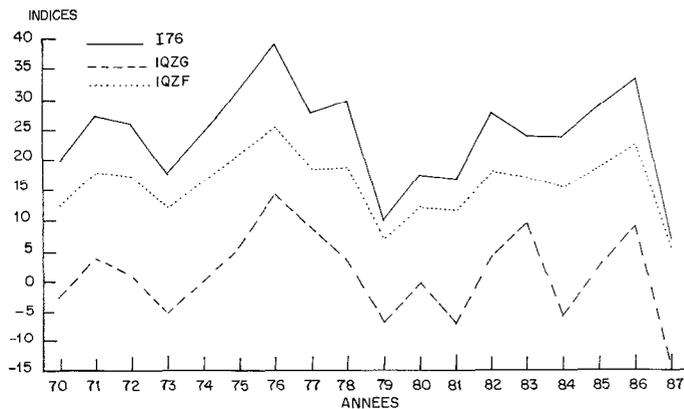


Figure A1
Indices annuels d'upwelling à Tema de 1970 à 1987 (I76, IQZF, IQZG ou indice global).

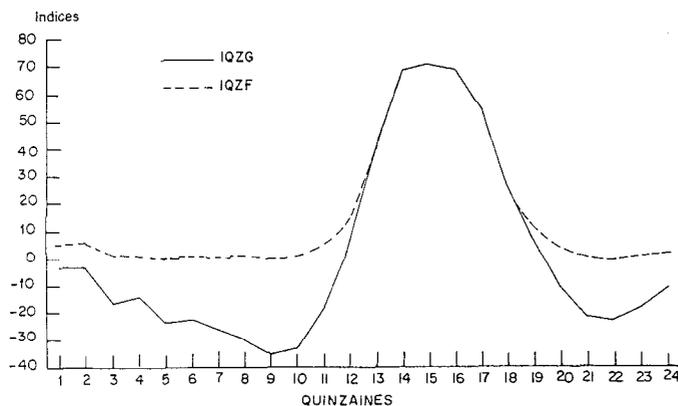


Figure A2
Comparaison des indices par quinzaine IQZF ET IQZG. Année type à Tema (moyenne 1970-1987).