

Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal : influence des upwellings sénégalais et mauritanien

Sénégal
Mauritanie
Epinephelus aeneus
Migration
Upwelling

Senegal
Mauritania
Epinephelus aeneus
Migration
Upwelling

Philippe CURY, Claude ROY

Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), B.P. n° 2241,
Dakar, Sénégal.

Reçu le 5/1/87, révisé le 11/5/87, accepté le 5/6/87.

RÉSUMÉ

De novembre à mai, le littoral sénégalais est le siège d'un fort enrichissement dû à un upwelling côtier. L'apparition, au niveau de la côte nord du Sénégal, du stock migrant de thiof (*Epinephelus aeneus*) est liée à la présence de cet upwelling. Les effets de l'upwelling sur les migrations dans cette zone sont étudiés. Des arguments sont ensuite avancés pour comprendre les raisons de cette migration saisonnière depuis la Mauritanie jusqu'au Sénégal.

Les données de pêche de 1974 à 1985 sont analysées en relation avec des données côtières de température de surface. Les prises par unité d'effort de la pêche artisanale sénégalaise sont calculées à partir des données récoltées à Kayar et Saint-Louis, les deux principaux centres de débarquement de la côte nord sénégalaise. Les prises par unité d'effort (prises par sortie), calculées durant la saison de pêche, fournissent un indice de l'abondance apparente locale. L'intensité de l'upwelling, à l'échelle saisonnière, est calculée à partir des données de température de surface relevées quotidiennement à la côte.

La relation entre le déclenchement de l'upwelling et l'apparition des thiofs à Kayar est étudiée. Un délai d'environ un mois apparaît entre le début de l'upwelling et l'arrivée du thiof à Kayar. A l'échelle de la saison de pêche, la relation entre les prises par unité d'effort ou les captures et l'intensité de l'upwelling n'est pas linéaire, mais semble plutôt en forme de dôme. Les fortes anomalies de température, qu'elles soient positives ou négatives, se traduisent par une baisse de la prise par unité d'effort et des captures.

La migration du thiof des côtes mauritaniennes vers le Sénégal ne semble pas seulement due au déclenchement de l'upwelling le long des côtes sénégalaises; la relaxation simultanée de l'upwelling nord-mauritanien pourrait être un facteur important favorisant ces déplacements. Ces deux phénomènes synchrones illustrent la stratégie de cette espèce à occuper les niches écologiques les plus productives.

Oceanol. Acta, 1988, 11, 1, 25-36.

ABSTRACT

Seasonal migration of thiof (*Epinephelus aeneus*) off Senegal: effect of the Senegalese and Mauritanian upwellings

Upwelling occurs along the Senegalese coast from November to May. The appearance of a migrant stock of thiof (*Epinephelus aeneus*) along the North coast of Senegal is related to the onset of this coastal upwelling. The impact of this upwelling on the migration of the thiof off the North coast of Senegal is first analysed. Then, some hypotheses on the seasonal migration from Mauritania to Senegal are put forward.

We analysed the fishery data from 1974 to 1985 in relation to coastal sea-surface temperature. For this period, catch per unit of effort of the Senegalese small-scale fishery were calculated from the fishery data collected in Kayar and Saint-Louis, the two main landing points. Catch per unit of effort (catch per trip) calculated during

the fishing season gives a measurement of apparent and local abundance. Sea-surface temperature anomalies were calculated from daily coastal sea-surface temperature and used as a seasonal upwelling index.

The relationship between the onset of upwelling and the occurrence of thiof is investigated. A mean lag of about one month is found between the occurrence of upwelling and the arrival of the thiof off Kayar. The form of the relationships between catch per unit of effort or catch and upwelling intensity for one fishing season is not linear but dome-shaped. Strong negative or positive anomalies of temperature appear to have a negative effect on the catch per unit of effort and catch.

The migration of thiof from Mauritania to Senegal appears to be not only related to the onset of the Senegalese upwelling. The relaxation of the upwelling off Northern Mauritania which appears simultaneously may be a key factor in these migrations. This migration strategy illustrates the ability of this species to colonize the most productive areas.

Oceanol. Acta, 1988, 11, 1, 25-36.

INTRODUCTION

Le littoral sénégalais (fig. 1) appartient à l'une des zones maritimes les plus productives du monde : la bordure nord-ouest du continent africain. Cette richesse des eaux sénégalaises s'explique par les remontées d'eaux froides, riches en éléments nutritifs (phénomène d'upwelling) qui apparaissent le long de la côte, de novembre à mai, sous l'action des alizés (Rossignol, Aboussouan, 1965). L'alternance saisonnière de ces eaux froides avec des eaux chaudes d'origine tropicale qui envahissent les couches superficielles au cours de l'été boréal (Rossignol, Aboussouan, 1965) engendre un cycle saisonnier très contrasté dont l'amplitude

thermique, la plus forte de tout l'Atlantique tropical (Merle, Le Floch, 1978; Picaut *et al.*, 1984) peut atteindre 15°C. Il s'ensuit une modification profonde de l'écosystème au cours de l'année : d'une situation tropicale rencontrée en saison chaude (de juillet à octobre), on passe en saison froide à un écosystème où l'influence des masses d'eaux issues de régions plus tempérées est parfois dominante.

Parmi les nombreuses espèces de poissons marins pêchés au Sénégal, la famille des *Serranidae* tient une place particulièrement importante. Très appréciés du consommateur sénégalais, ces poissons entrent dans la composition des plats traditionnels consommés quotidiennement. De toutes ces espèces, *Epinephelus aeneus* ou thiof est incontestablement la plus recherchée sur le marché. La pêche artisanale sénégalaise de cette espèce est ancienne, puisque Leca (1935) notait déjà en 1934 que les pêcheurs sénégalais « pêchent, en très grande quantité parfois, les énormes fausses morues (*Epinephelus aeneus*) . . . ». L'explication de cette dénomination « fausse morue » est donnée par Cadenat (1935) : « préparé comme la morue franche (*Gadus morrhua* L.), c'est-à-dire salé et séché, il rappelle ce dernier poisson au point que son appellation vulgaire de morue d'Afrique ou de morue du Sénégal a pu laisser croire à l'existence de ce gadidé sur la côte occidentale d'Afrique ».

En période d'alizés, quand l'upwelling sénégalais se déclenche, les espèces à affinité saharienne (espèces d'eaux froides), localisées d'août à octobre dans les eaux mauritaniennes (entre 20° et 30° N), migrent vers le Sud dès le mois de novembre pour se stabiliser vers 10°-16° N en février-mars (Champagnat, Domain, 1978). Au cours du mois de juin, les alizés faiblissent et les eaux tropicales chaudes envahissent alors les couches superficielles en chassant vers le Nord les espèces d'eau froide. Au sud de la presqu'île du Cap-Vert, il existe un stock d'adultes qui ne semble pas participer à cette vaste migration. Aussi l'hypothèse de deux stocks avec possibilité d'échanges dynamiques entre les deux a été avancée (Cury, Worms, 1982). Au nord de la presqu'île du Cap-Vert se trouverait un stock typiquement migrant disponible uniquement durant la saison froide. Au sud le stock serait plus sédentaire.

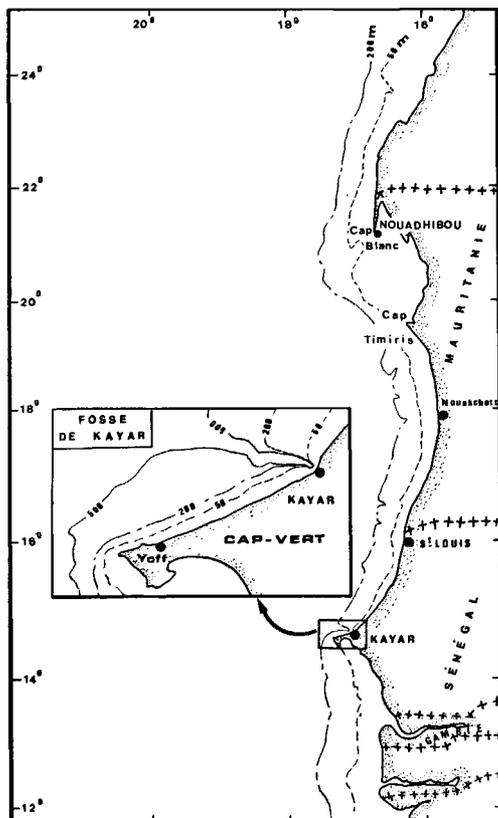


Figure 1
Topographie du plateau continental sénégal-mauritanien.
Topography of the continental margin off Senegal and Mauritania.

Au nord de la presqu'île, la saison de pêche, qui s'étend d'octobre à juin, est associée à l'apparition de l'upwelling (Stéguert *et al.*, 1979). Le succès de cette saison de pêche dépend de plusieurs facteurs : de la durée pendant laquelle l'espèce est présente dans la zone de pêche, de l'intensité des migrations et des conditions climatiques.

Nous tenterons d'expliquer dans cet article les liens qui peuvent exister entre la dynamique spatio-temporelle de l'upwelling et le déclenchement et l'intensité des migrations du thiof sur la côte nord sénégalaise.

Tableau 1

Moyenne des anomalies de température (en $1/10^{\circ}\text{C}$) durant la saison d'upwelling (quinzaines 19 à 12 inclus) de 1975 à 1985 pour Kayar et Saint-Louis (pas de données à Kayar en 1981).

Mean of temperature anomalies (in $1/10^{\circ}\text{C}$) during the upwelling season (fortnights 19 to 12 inclusive) from 1975 to 1985 for Kayar and Saint-Louis (no data for Kayar in 1981).

AN	Kayar	Saint-Louis
75	- 4.58	-8.59
76	-11.96	-8.71
77	- 3.34	-6.57
78	- 1.36	-1.00
79	3.40	5.22
80	2.09	8.44
81		6.14
82	6.53	4.77
83	9.30	1.88
84	6.17	5.13
85	- 7.87	-6.12

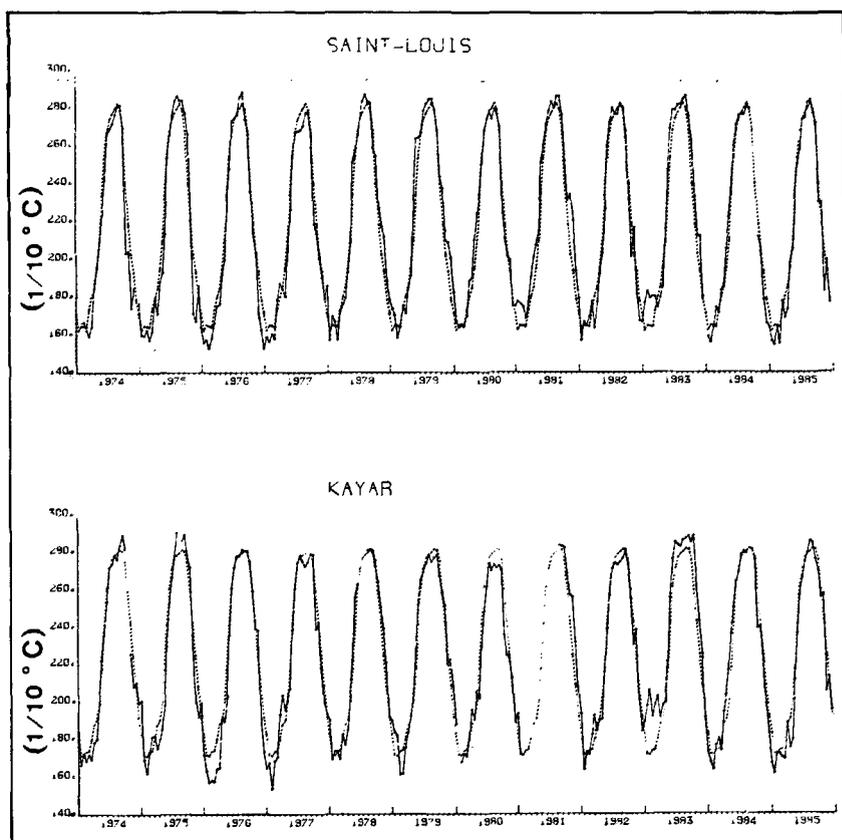


Figure 2

Température de surface (en $^{\circ}\text{C}$) par quinzaine aux stations côtières de Saint-Louis et de Kayar entre 1974 et 1985 (cycle moyen annuel en pointillés).

Coastal sea-surface temperature (in $^{\circ}\text{C}$) per fortnight at stations at Saint-Louis and Kayar, from 1974 to 1985 (dashed line: mean annual cycle).

DONNÉES

Données environnementales

Le Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT) maintient depuis les années 1960 des stations côtières le long du littoral sénégalais (Roy *et al.*, 1985), où quotidiennement, la température de surface de la mer est mesurée au bord de la plage.

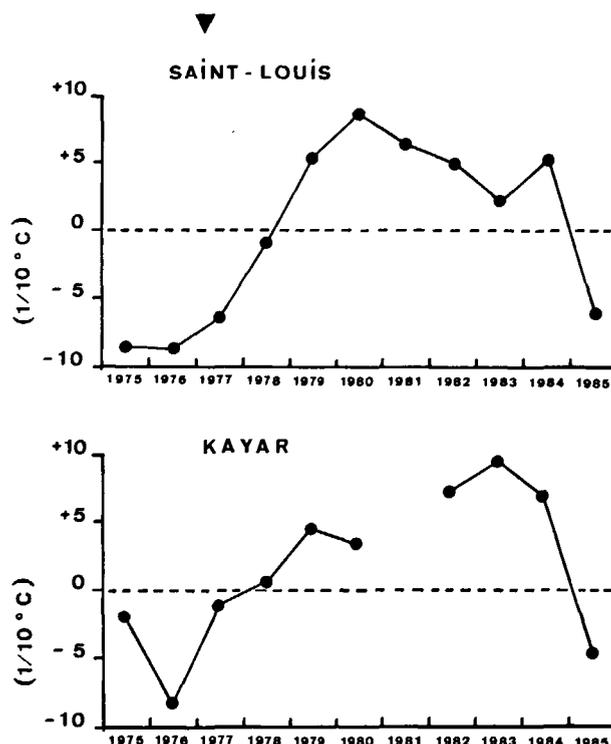
Pour cette étude, nous avons extrait les données aux stations de Saint-Louis et Kayar (fig. 1) de 1974 à 1985, période durant laquelle on dispose de statistiques de pêche. La moyenne par quinzaine et l'année type (moyenne climatique par quinzaine sur toute la période) ont été calculées (fig. 2). Les anomalies de température ont été établies en faisant la différence entre la série moyennée par quinzaine et l'année type.

Afin de caractériser la variabilité interannuelle de l'intensité de l'upwelling en saison froide, un indice annuel défini à partir de la moyenne des anomalies de température du mois d'octobre au mois de juin suivant, a été calculé (tab. 1). Les séries obtenues pour les stations de Saint-Louis et Kayar sont présentées sur la figure 3.

Figure 3

Moyennes des anomalies de la température de surface (calculées d'octobre à juin) à Saint-Louis et Kayar entre 1975 et 1985.

Mean sea-surface-temperature anomalies (calculated from October to June) at Saint-Louis and Kayar, from 1975 to 1985.



Un upwelling est un processus dynamique qui se traduit par une chute importante de la température de surface plutôt que par une température seuil. La date d'apparition de l'upwelling a par conséquent été définie comme étant la quinzaine, entre octobre et janvier, où la différence en valeur absolue entre la température de cette quinzaine et la température de la quinzaine précédente est maximale. Nous avons limité ce calcul aux quinzaines où la température est supérieure à 21°C (les températures inférieures traduisant un upwelling déjà bien établi). La même définition a été utilisée pour déterminer la fin de l'upwelling, mais cette fois entre le mois d'avril et le mois de juillet.

On peut s'interroger sur la représentativité de la température de surface comme paramètre décrivant le milieu dans lequel évolue une espèce démersale généralement pêchée entre 10 et 50 m. En fait le fort brassage vertical et horizontal en saison froide sous l'action du vent, de la houle et des courants entraîne la disparition de la stratification thermique verticale et une homogénéisation du milieu le long de la frange côtière. Ceci est illustré par la figure 4 où sont présentés deux profils thermiques réalisés en février 1986 (campagne LS8603 du N.O. Louis Sauger) au nord de Kayar, l'un sur les fonds de 25 m, l'autre sur les fonds de 50 m.

Afin de comparer l'intensité relative de l'upwelling nord-mauritanien et de l'upwelling sénégalais, le transport d'Ekman perpendiculaire à la côte et le cycle saisonnier moyen ont été calculés par quinzaine à partir des données de vent relevées par l'ASECNA aux aéroports de Nouadhibou (21°N) et de Yoff (15°N) de 1974 à 1984 (fig. 5). Cet indice est calculé en utilisant la formule suivante :

$M = T_x / f$. M : transport d'Ekman (kg/s/m ou m³/s/m en prenant la densité de l'eau de mer égale à 10³ kg/m³); T_x : tension du vent parallèle à la côte, proportionnelle au carré de la vitesse (kg/m/s²); f : paramètre de Coriolis, fonction de la latitude (s⁻¹).

Cet indice traduit le transport des masses d'eaux de la côte vers le large sous l'action du vent, et peut donc être considéré comme un indice de l'intensité de l'upwelling (Bakun, 1973).

Données biologiques

Au nord de la presqu'île du Cap-Vert, le thiof est principalement exploité par la flottille piroguière artisanale basée à Saint-Louis et Kayar. Dans ces deux centres et depuis 1974, les prises par sortie des pirogues

à moteur pêchant à la ligne ont été régulièrement échantillonnées et le nombre de sorties relevé. Les procédures d'échantillonnage sont décrites dans Pêchart (1982). Laloe *et al.* (1981) et Laloe (1985) ont étudié la validité de cette stratégie d'échantillonnage et la précision des estimations.

Entre 1974 et 1985, les prises moyennes par sortie ont été calculées par quinzaine (fig. 6). Les statistiques en 1985 n'étant pas encore disponibles pour Saint-Louis, les données présentées s'arrêtent en 1984. Le nombre total de sorties des pirogues à moteur est présenté, par quinzaine, sur la figure 7. Les prises par quinzaine sont calculées en faisant le produit des prises par sortie échantillonnées par les efforts (fig. 8).

ORIGINALITÉ DU MILIEU ET SPÉCIFICITÉ DE LA PÊCHE PIROGUIÈRE

Originalité du milieu

Les alizés du Nord-Est, qui atteignent la latitude du Sénégal à partir de la fin du mois d'octobre, provoquent

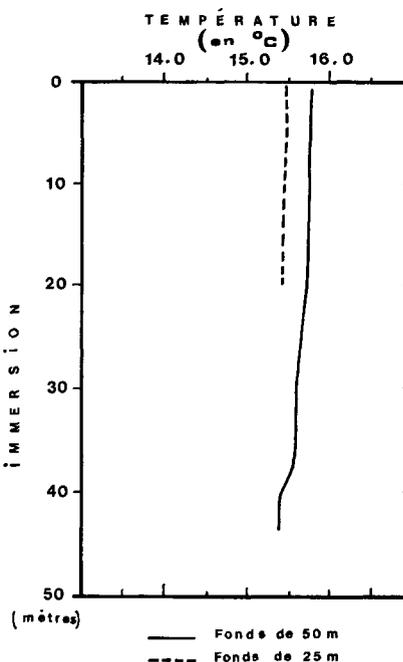


Figure 4
Profils thermiques réalisés en février 1986 au nord de la fosse de Kayar sur les fonds de 25 et 50 m.
Temperature profile in February 1986 at 25 and 50 m depth to the north of the Kayar canyon.

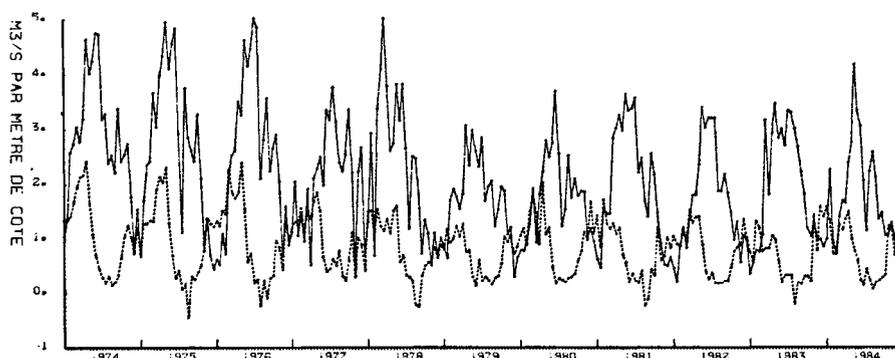


Figure 5
Transport d'Ekman (en m³/s par mètre de côte) par quinzaine à Nouadhibou (trait plein) et Yoff (trait discontinu) entre 1974 et 1984.
Offshore Ekman transport (in m³/s per one metre of coastline) per fortnight at Nouadhibou (solid line) and Yoff (broken line), from 1974 to 1984.

Figure 6

Prises par sortie (en kg) par quinzaine à Saint-Louis (1974 à 1984) et à Kayar (1974 à 1985).
 Catch per trip (in kg) per fortnight at Saint-Louis (1974 to 1984) and Kayar (1974 to 1985).

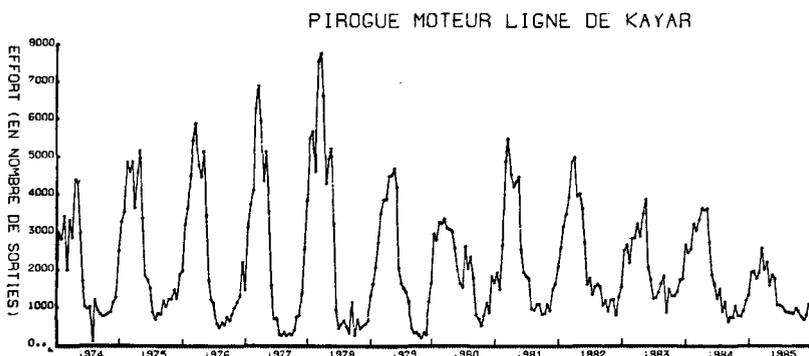
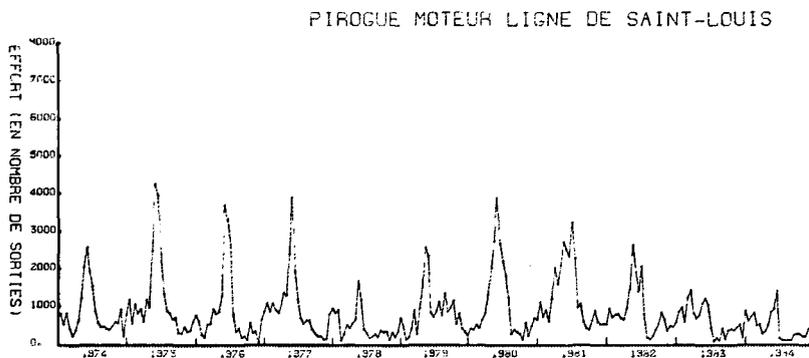
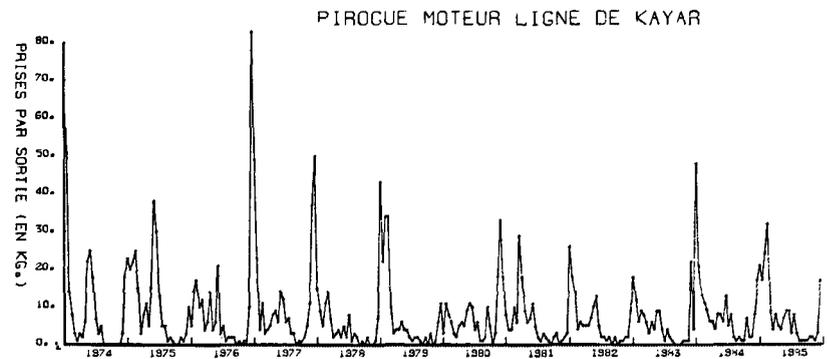
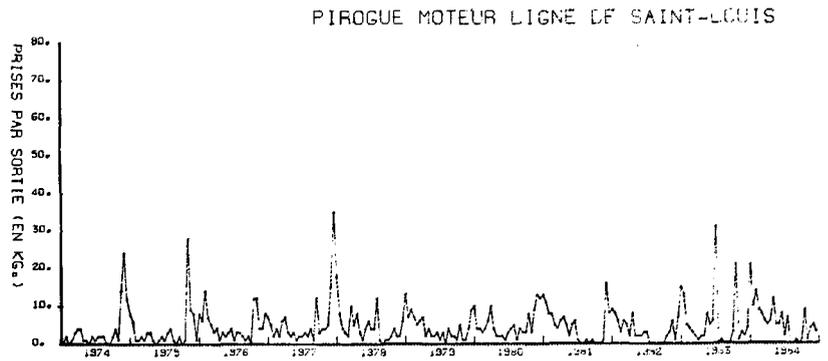


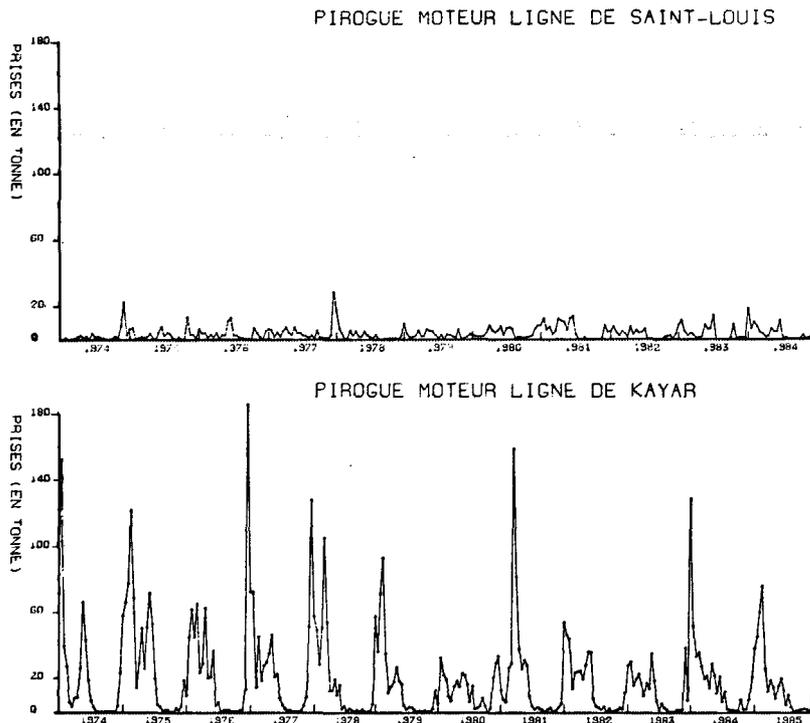
Figure 7

Nombre de sorties par quinzaine à Saint-Louis (1974 à 1984) et à Kayar (1974 à 1985).
 Number of trips per fortnight at Saint-Louis (1974 to 1984) and Kayar (1974 to 1985).

le basculement de la thermocline vers la surface (Rébert, 1983). A la côte, les eaux chaudes superficielles sont repoussées vers le large et remplacées par des eaux froides profondes. De novembre à janvier, les eaux froides restent plaquées à la côte et ne s'étendent pas au-delà du talus continental; la presqu'île du Cap-Vert forme une barrière topographique, limitant l'extension vers le sud des eaux froides (fig. 9-A). Les eaux chaudes étant encore présentes au-delà du plateau continental, la présence de deux types d'eaux aux caractéristiques thermiques très différentes engendre de forts gradients de température entre la côte et le large et la formation

d'un front thermique s'incurvant vers la côte vers Kayar (fig. 9-A). A partir du mois de janvier, on observe une homogénéisation spatiale du milieu, avec l'extension vers le large des eaux froides sous l'effet de l'intensification progressive des alizés qui s'orientent au nord-ouest (fig. 9-B). Au sud de Kayar et jusqu'à la presqu'île du Cap-Vert, la côte n'est plus orientée favorablement par rapport à la direction prépondérante des alizés et on assiste à la formation d'une zone de convergence et d'un front thermique dans la zone kayaroise (fig. 9-B). En cas d'upwelling faible, en fin de saison froide, cette convergence peut conduire à la

Figure 8
 Prises (en tonnes) par quinzaine à Saint-Louis (1974 à 1984) et à Kayar (1974 à 1985).
 Catch (in metric tons) per fortnight at Saint-Louis (1974 to 1984) and Kayar (1974 to 1985).



formation d'une véritable « bulle » d'eau chaude isolée sur le plateau continental devant Kayar (fig. 9-C). Le rapide réchauffement observé en fin de saison froide, à partir du mois de juin, est dû à l'affaiblissement brutal des alizés et à une renverse des courants de surface. Les alizés du Nord-Ouest font alors place à des vents faibles et variables qui accompagnent la migration vers le nord de la zone de convergence intertropicale. La fin des remontées d'eau froide et l'apparition en surface des eaux tropicales chaudes advectées par le contre-courant équatorial Nord se traduit par un réchauffement rapide des couches superficielles.

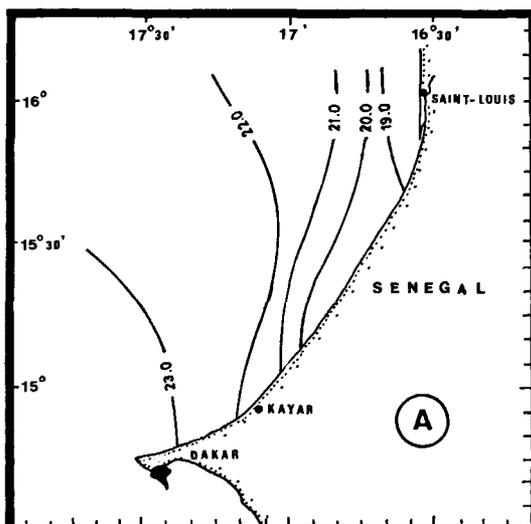
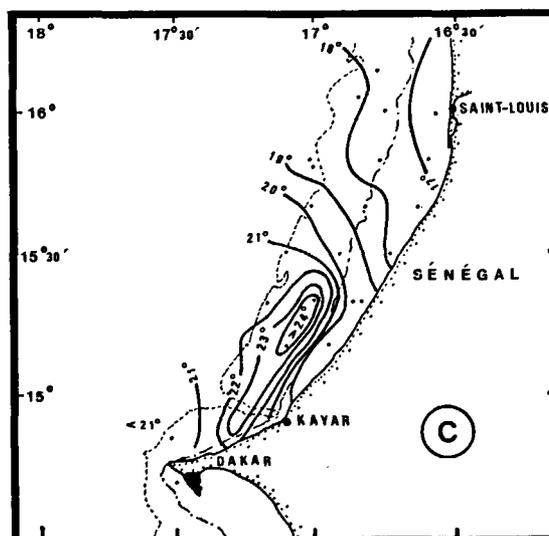
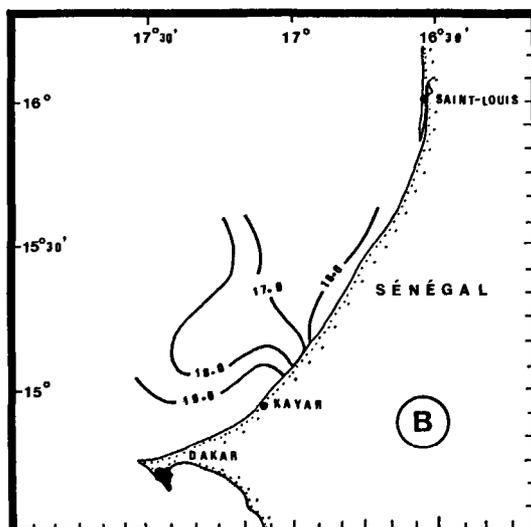


Figure 9
 Isothermes de surface. A : décembre 1986 (campagne LS8617 du N.O. Louis Sauger, CRODT); B : avril 1969 (d'après Cremoux, 1970); C : mai 1977 (d'après Privé, Wagner, 1977).
 Surface isotherms. A: December 1986 (Cruise LS8617 of R.V. Louis Sauger, CRODT); B: April 1969 (from Cremoux, 1970); C: May 1977 (from Privé, Wagner, 1977).



Au nord de la presqu'île du Cap-Vert, le plateau continental est relativement étroit, l'isobathe 200 m, située à environ 27 milles au large devant Saint-Louis, se rapproche lentement de la côte vers le Sud (fig. 1). Au niveau du Cap-Vert, elle se situe à environ 5 milles au large. Devant Kayar, un canyon sous-marin entaille profondément le plateau continental sur toute sa largeur, l'isobathe 50 m se trouve alors à quelques centaines de mètres de la plage (fig. 1; Rébert, 1983).

Ces quelques remarques mettent en évidence la spécificité de la zone kayaroise. La topographie particulière de la côte et du plateau engendre une discontinuité du milieu qui peut influencer fortement sur la répartition du poisson dans cette zone.

Spécificité de la pêche piroguière

L'essor de Saint-Louis et de Kayar, en tant que principaux centres de pêche de la côte Nord, ne s'est pas produit pour les mêmes raisons. Le développement de Saint-Louis est un produit historique qui correspond à une expansion de l'activité commerciale à l'embouchure du fleuve Sénégal, suite à la colonisation française (Chauveau, 1982). Le développement de la pêche maritime, déjà fort importante au XIX^e siècle, a coïncidé avec celui de l'activité économique.

A Kayar, la pêcherie ne s'est développée que beaucoup plus tard, vers 1950, et correspond à la mise en valeur d'une zone stratégique pour la pêche artisanale (Van Chi Bonnardel, 1967). La construction d'une route a facilité l'écoulement des produits de la pêche et les facilités de franchissement de la « barre » n'ont pas d'équivalent sur le reste de cette côte.

Les particularités topographiques et hydrologiques de la zone située entre Kayar et la presqu'île du Cap-Vert nous permettent de mieux comprendre pourquoi Kayar est un lieu particulièrement intéressant pour exploiter les ressources migrant depuis la zone mauritanienne :

— La présence au niveau de Kayar tout au long de la saison froide d'une zone frontale peut être un facteur limitant les migrations vers le Sud.

— La fosse de Kayar, qui entaille profondément le plateau continental, peut constituer un obstacle particulièrement difficile à franchir pour la plupart des espèces démersales migratrices qui sont distribuées entre 10 et 80 m. La faible largeur du plateau continental au sud de Kayar peut également contribuer à concentrer la ressource près de la côte.

Il est vraisemblable que la pêche artisanale s'est développée à Kayar pour tirer avantage de cette situation en exploitant ces espèces qui ont tendance à se concentrer au nord de la fosse (Domain, 1980).

Les pêcheurs saint-louisiens sont spécialisés dans la pêche au tassergal (*Pomatomus saltator*), et ne développent leur effort sur le thiof que lorsque le tassergal est peu disponible (Champagnat *et al.*, 1983). Ils pêchent le thiof au nord de Saint-Louis, en face des côtes mauritaniennes. En revanche, les ligneurs de Kayar, en nombre beaucoup plus important, ont traditionnellement eu le thiof pour espèce cible. Ils le recherchent durant toute la saison froide au nord de la fosse de Kayar (Cury, Worms, 1982). En début de saison froide,

il est pêché près de la côte, ensuite plus au large. L'importance relative de ces deux centres de pêche varie en fonction de la saison. La « campagne thiof » est, au même titre que la « campagne tassergal », une campagne saisonnière. En saison froide, les pêcheurs saint-louisiens changent de port d'attache au rythme de la migration des espèces associées aux eaux froides. Ils viennent alors grossir l'effectif des pêcheurs sédentaires de Kayar (Soceco-Péchart, 1985).

Une description sommaire des techniques de pêche permet de préciser l'originalité de cette pêche et l'implication qu'elles peuvent avoir sur l'analyse des données de prises, efforts et prises par unité d'effort que nous utiliserons par la suite. Les pirogues utilisant la ligne sont des embarcations construites selon une technique traditionnelle au Sénégal : tronc d'arbre évidé (fromager, caïlcédrat . . .) muni de bordés en planches et de deux éperons lui conférant un excellent comportement à la mer. Elles mesurent entre 6 et 12 m et sont équipées d'un moteur hord-bord de 6 à 25 chevaux. Ces quinze dernières années, les techniques de pêche à la ligne n'ont pas changé. Les lignes en nylon ont une résistance variant entre 30 et 80 kg, elles mesurent entre 100 et 200 m. Armées d'un ou de deux hameçons, elles sont lestées d'un plomb ou d'un morceau de fonte. L'appât utilisé est le yaboï (*Sardinella* sp.) et le chinchard (*Caranx rhonchus*) morts ou, beaucoup plus rarement, vivants. Arrivé sur le lieu de pêche, généralement une zone rocheuse, chaque pêcheur jette à l'eau une ligne, quelquefois deux. Une des lignes est alors maintenue à la main, l'autre avec les orteils. De petits morceaux de tissus permettent de protéger la peau lors du ferrage et de la remontée à bord du poisson. La durée d'une sortie est d'environ sept heures (Cury, Worms, 1982). Si la pêche est bonne, le pêcheur retournera à la pêche le jour même, ou bien il prêtera la pirogue à un membre de sa famille. Si la pêche n'est pas bonne, le pêcheur prospectera un autre lieu où il espérera trouver du thiof, ou bien il dirigera son effort de pêche sur une autre espèce, en utilisant un autre type d'engin. En saison chaude, période de faible abondance du poisson, le pêcheur peut arrêter son activité et s'adonner à l'agriculture (Van Chi Bonnardel, 1967).

Ces spécificités de la pêche artisanale confèrent à cette pêcherie une adaptabilité remarquable aux variations des ressources. Les changements de centres de pêche, l'utilisation d'engins de pêche différents, mais aussi un rapide développement de l'effort de pêche lors de l'accroissement de la disponibilité des espèces cibles donnent un dynamisme et une souplesse d'action spécifiques à ce secteur artisanal.

Cependant, lorsque les pêcheurs sont installés à Saint-Louis ou Kayar, le rayon d'action des pirogues pêchant à la ligne demeure restreint (environ 10 milles nautiques), du fait de leur taille et de leur faible autonomie. Cette limitation rend la flottille particulièrement sensible à toute variation locale de disponibilité de la ressource.

Ces quelques remarques sur les techniques de pêche et la stratégie des pêcheurs permettent de penser que :

— Kayar est, *a priori*, un centre plus intéressant que Saint-Louis pour étudier les fluctuations de l'abondance

locale en fonction des conditions environnementales, la pêche étant orientée sur le thiof de manière prioritaire;

— les mesures de prises par unité d'effort de la pêche pirogrière représentent des indices d'abondance locale plutôt que des indices d'abondance réelle du stock;

— les efforts sont régulés en fonction de cette abondance locale par le jeu complexe des migrations de pêcheurs, des reports d'effort et de leur extrême souplesse à s'adapter aux variations d'abondance de la ressource. Une telle stratégie de pêche dont les scénarios peuvent varier sur de courtes périodes de temps rend difficile l'analyse des fluctuations d'abondance telles que nous les mesurons.

VARIABILITÉ DU MILIEU ET DE LA PÊCHE

Évolution hydroclimatique

La forte intensité du signal saisonnier annuel de la température de surface aux stations de Saint-Louis et Kayar est un trait caractéristique de l'hydroclimat de cette région (fig. 2). Les dates de début et de fin de l'upwelling sont présentées sur la figure 10. Généralement, la saison froide débute plus tôt et se termine plus tard à Saint-Louis qu'à Kayar. A Saint-Louis, la date d'apparition de l'upwelling est peu variable, et se situe entre les quinzaines 20 et 21. Par contre à Kayar, cette variabilité est beaucoup plus importante, notamment au cours de la période 1978-1982 où elle varie entre la quinzaine 20 et la quinzaine 23. Cette forte variabilité, qui apparaît au cours d'une période où l'upwelling est plutôt faible (fig. 3), peut s'expliquer par l'importance des effets dynamiques locaux à Kayar induits par la topographie de la côte et du fond. La date de fin de l'upwelling varie peu aux deux stations, elle se situe entre les quinzaines 11 et 12 à Saint-Louis et 10 et 11 à Kayar.

La variabilité interannuelle de l'intensité de l'upwelling devant Kayar est présentée sur la figure 3. A une période d'upwellings plutôt forts (anomalie négative) se terminant en 1977, a succédé une période allant de 1978 à 1984, pendant laquelle l'anomalie thermique est

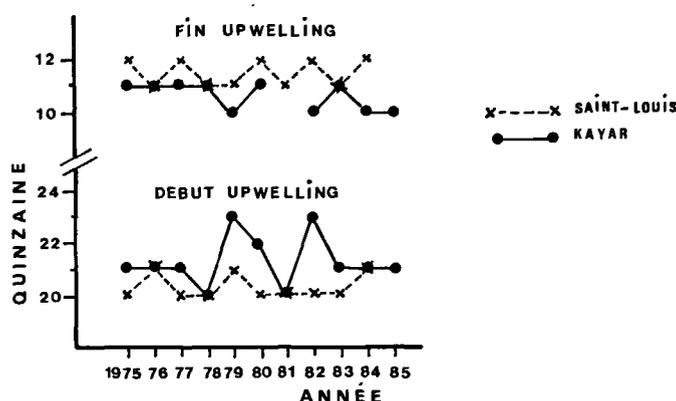


Figure 10

Quinzaines d'apparition et de disparition de l'upwelling à Saint-Louis et Kayar entre 1975 et 1985.

Fortnight of onset and termination of upwelling at Saint-Louis and Kayar from 1975 to 1985.

restée positive (upwelling faible). Cette persistance de faibles upwellings disparaît ensuite; 1985 est caractérisée par une forte anomalie thermique négative.

Évolution des efforts, prises par sorties et des prises

Les prises par sortie et les prises présentent dans les deux centres d'importantes fluctuations, tant interannuelles qu'intra-annuelles (fig. 6 et 8). Kayar, principal centre de pêche, débarque en moyenne 6,5 fois plus de thiofs que Saint-Louis (tab. 2).

A Kayar, d'importants pics de prises par sortie sont observés en début de saison froide (années 1976-1977, 1977-1978, 1978-1979 et 1983-1984 : fig. 6). Les prises par sortie décroissent ensuite rapidement et se stabilisent jusqu'en juin (quinzaines 11 et 12) à un niveau compris entre 5 et 10 kg par sortie, pour ensuite devenir presque nulles durant la saison chaude (juillet à septembre). Cette évolution saisonnière apparaît de façon moins erratique sur la courbe des prises, qui restent importantes durant toute la saison froide (fig. 8). Cette persistance de fortes prises malgré une diminution des prises par sortie s'explique en partie par l'effort qui reste soutenu durant toute la saison froide (fig. 7). L'accroissement de l'effort en saison chaude depuis 1980 n'est pas dirigé sur le thiof, mais correspond au développement de la pêcherie du voilier (*Istiophorus platypterus*; Limouzy, Cayré, 1981).

A Saint-Louis, des accroissements significatifs de l'effort ont lieu en fin de saison froide (fig. 7), période de pêche au tassergal (quinzaines 11 et 12). Les variations des prises par sortie et des prises présentent une saisonnalité moins marquée qu'à Kayar, et l'échelle des valeurs indique une moindre accessibilité de l'espèce pour les pêcheurs de Saint-Louis.

INTERPRÉTATION

Nous discuterons tout d'abord du déterminisme de la migration, puis des principaux facteurs qui peuvent influencer sur la durée de la saison de pêche et sur l'abondance apparente du thiof lors de sa migration saisonnière.

Déterminisme de la migration

Les thiofs migrent saisonnièrement vers Kayar, depuis une région au nord de 20° N où l'upwelling est permanent (Wooster *et al.*, 1976; Speth, Khône, 1983). Cette migration du stock ou d'une partie du stock se fait à partir d'une région où les conditions de milieu sont favorables toute l'année. Ceci peut paraître paradoxal : pourquoi le thiof quitterait-il une zone apparemment riche? L'étude comparée de la dynamique des upwellings sénégalais et nord-mauritanien peut apporter des éléments de réponse. L'intensité des remontées d'eaux froides devant le Cap Blanc varie au cours de l'année (Arfi, 1985). Le cycle saisonnier du transport d'Ekman à Nouadhibou présente un minimum entre décembre et janvier; durant cette même période, le transport d'Ekman devant la côte sénégalaise croît, et atteint un niveau légèrement supérieur à celui du Cap Blanc

Tableau 2

Prises par sortie (en kg), effort (en nombre de sorties) et prises (en kg) de thiof durant la saison de pêche (quinzaines 19 à 12 incluses) de 1975 à 1985 pour Kayar et Saint-Louis.

Catch per trip (in kg), effort (number of trips) and catch (in kg) of thiof during the fishing season (fortnights 19 to 12 inclusive, from 1975 to 1985, for Kayar and Saint-Louis).

	Prise par sortie		Nombre de sorties		Prises	
	AN	Kayar	Saint-Louis	Kayar	Saint-Louis	Kayar
75	13.11	4.78	50 155	22 296	717 123	73 711
76	7.33	5.94	54 021	16 552	453 047	75 265
77	13.56	4.67	54 506	19 972	619 506	72 173
78	10.28	7.67	66 780	10 719	616 708	87 629
79	10.00	4.67	42 505	13 324	413 698	50 748
80	5.56	4.06	35 624	20 719	224 540	60 468
81	10.78	7.11	46 488	21 240	549 826	130 292
82	7.17	4.50	48 275	17 358	374 966	67 018
83	6.06	4.72	39 060	14 999	256 222	69 618
84	10.11	7.94	44 053	11 037	470 948	94 703
85	10.33		27 967		391 790	

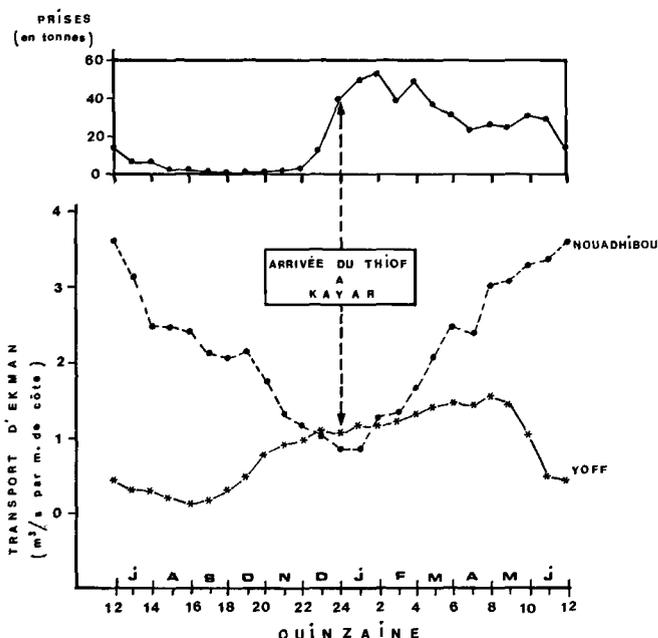


Figure 11

Transport d'Ekman (en m^3/s par mètre de côte) par mois (moyenne 1974 à 1984) à Nouadhibou et Yoff. Prise moyenne de thiof à Kayar durant la même période.

Offshore Ekman transport (in m^3/s by one metre of coastline) per month (mean 1974 to 1984). Mean catch of thiof at Kayar during the same period.

(fig. 11). Ce renforcement du transport d'Ekman devant le Sénégal et la relaxation simultanée de l'upwelling nord-mauritanien sont des phénomènes reproductibles d'une année à l'autre durant la période d'observation (fig. 5). Cette oscillation en contraste de phase de l'intensité des upwellings sénégalais et nord-mauritanien influence de façon notable l'enrichissement de ces deux milieux. A cela s'ajoutent l'origine et la composition des masses d'eaux résurgentes, qui peuvent avoir un impact aussi important sur l'enrichissement que l'intensité des mouvements verticaux de la résurgence (Jacques, Tréguer, 1986). Une différence notable existe entre la nature des eaux des deux upwellings. Les eaux issues de l'upwelling sénégalais sont constituées en majeure partie d'Eaux Centrales Sud-Atlantiques (ECSA). Au nord du Cap Blanc, les Eaux Centrales Nord-Atlantiques (ECNA) constituent la principale source des remontées d'eaux (Mittelstaedt, 1983). La teneur en sels nutritifs des ECSA est nettement supé-

rieure à celle des ECNA (Manriquez, Fraga, 1982; Minas *et al.*, 1982). Le transport d'Ekman ne permet pas de rendre compte de telles différences qualitatives. Il est donc vraisemblable que la production de l'upwelling sénégalais atteigne en saison froide un niveau supérieur à celle de l'upwelling du Cap Blanc (Voituriez, Herbland, 1982). D'autres facteurs tels que la stabilité dans la couche euphotique, plus favorable dans l'upwelling sénégalais qu'au Cap Blanc, renforcent cette hypothèse (Voituriez, Herbland, 1982).

L'augmentation des prises à Kayar, traduisant l'arrivée du thiof dans cette zone, se produit en décembre-janvier (fig. 11), période pendant laquelle apparaissent des modifications profondes au sein de l'écosystème sénégal-mauritanien. Le thiof migre ou étend son aire de répartition vers le Sud, quand l'upwelling au nord de $20^\circ N$ est minimum, pour s'établir dans les eaux sénégalaises nouvellement enrichies par le développement saisonnier de l'upwelling. Il semblerait donc que la migration du thiof soit un phénomène étroitement lié à l'intensité respective des upwellings sénégalais et mauritanien. Nous proposons d'interpréter la migration du thiof comme étant une stratégie visant à coloniser les milieux les plus productifs, c'est-à-dire les milieux où le développement des différents maillons de la chaîne trophique a rendu la nourriture abondante. *Sardinella* sp. (Boély *et al.*, 1982; Fréon, 1986), *Pomatomus saltator* (Champagnat, 1978) ainsi que de nombreuses autres espèces pélagiques et démersales, ont un schéma migratoire semblable. Ces espèces ainsi que leurs prédateurs, en quête de nourriture et de conditions favorables, quittent la zone nord-mauritanienne et migrent vers le Sud pour tirer profit de cet accroissement saisonnier de la production. L'évolution spatio-temporelle des paramètres décrivant les séquences de l'enrichissement de cet écosystème aux différents niveaux trophiques mériterait une analyse détaillée pour conforter cette hypothèse.

Calendrier de la saison de pêche

Le début et la fin de la saison de pêche à Kayar peuvent facilement être identifiés à partir de l'accroissement et de la chute des prises de thiof (fig. 8). Les températures enregistrées à la station côtière de Kayar une ou deux quinzaines avant et durant la quinzaine d'arrivée des

Tableau 3

Température (en 1/10°C) à la station côtière de Kayar lors de la quinzaine d'apparition du thiof et une ou deux quinzaines auparavant, entre 1975 et 1985.

Temperature (in 1/10°C) at Kayar coastal station measured during the fortnight of the arrival of thiof and one or two fortnights before, from 1975 to 1985.

AN	Quinzaine arrivée du thiof	Température (1/10°C) quinzaine		
		QZ-2	QZ-1	QZ
75	24	208	210	200
76	24	200	192	200
77	23	239	238	190
78	22	239	241	218
79	1	220	192	190
80	23	252	220	222
81	22	235	224	223
82	1	232	208	193
83	24	238	201	183
84	23	262	243	225
85	23	240	221	198

thiofs sont variables d'une année à l'autre (tab. 3). Ainsi, lors de l'arrivée du poisson à Kayar, la température est comprise entre 18° et 22°C. Ces observations montrent que l'arrivée du thiof à Kayar n'est pas associée à une température absolue. La venue du poisson à Kayar se produit en moyenne deux quinzaines (entre une et trois quinzaines) après le démarrage de l'upwelling dans la zone (fig. 12). L'apparition du thiof n'est donc pas synchronisée avec le déclenchement de l'upwelling. Ce délai entre le déclenchement de l'upwelling et l'arrivée du thiof peut être interprété comme étant le temps nécessaire à l'enrichissement de la zone par le développement des premiers maillons de la chaîne trophique et à la colonisation du milieu par des maillons supérieurs. Si l'on retient cette hypothèse, la migration serait alors plutôt à relier à un processus d'enrichissement dû à l'upwelling qu'à une température-seuil pour laquelle il y aurait initiation de la migration. Ces hypothèses ouvrent des perspectives de recherche intéressantes, qui amènent à considérer en terme de processus l'impact de l'environnement sur la dynamique des stocks.

Le départ des poissons de la zone kayaroise en fin de saison froide n'apparaît pas comme étant un phéno-

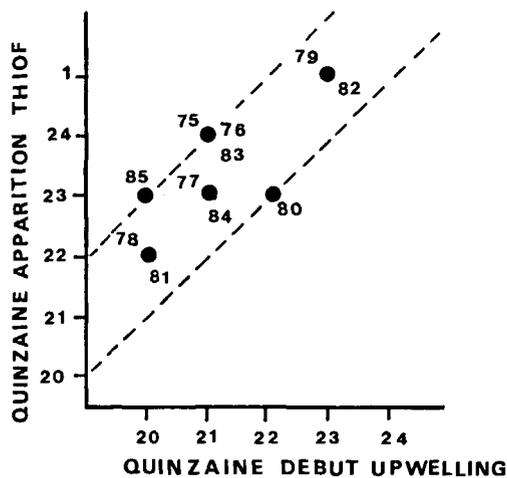


Figure 12
Quinzaine d'apparition du thiof en fonction de la quinzaine d'apparition de l'upwelling à Kayar entre 1975 et 1985.
The fortnight of arrival of thiof and of the onset of upwelling at Kayar, from 1975 to 1985.

mène directement relié à la fin de l'upwelling (fig. 13). L'homogénéisation spatiale au cours de la saison froide (extension des eaux froides vers le large) influe vraisemblablement sur l'accessibilité du poisson.

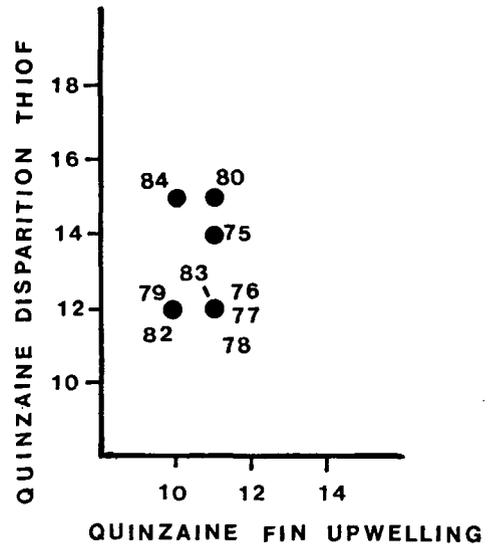


Figure 13
Quinzaine de disparition du thiof en fonction de la quinzaine de disparition de l'upwelling à Kayar entre 1975 et 1985.
The fortnight of departure of thiof and of the termination of upwelling at Kayar, from 1975 to 1985.

Abondance apparente

L'arrivée à Kayar, en début de saison froide, des thiofs migrants est marquée par un accroissement brutal et relativement court dans le temps de la disponibilité du thiof. L'upwelling est alors plaqué à la côte (fig. 9-A) et le poisson rendu plus accessible, comme en témoigne l'accroissement très prononcé des prises par sortie (fig. 6). Ceci nous amène à penser que la dynamique spatiale de l'upwelling est vraisemblablement un facteur important pour expliquer ces pics de prises par sortie.

Les prises moyennes par sortie ont été calculées d'octobre de l'année précédente à juin de l'année en cours, afin d'obtenir un indice d'abondance apparente pour la saison de pêche (tab. 2). Une relation en forme de dôme apparaît entre les prises par sortie ou les prises et l'indice d'upwelling à Kayar (fig. 14-A et 14-B). Pour de faibles upwellings (1979, 1980 et 1982 à 1984) ou de forts upwellings (1976 et 1985), les prises par sortie et les prises sont plus faibles que pour un upwelling modéré. En dépit du faible nombre d'observations ne permettant pas une analyse statistique rigoureuse, on peut donc supposer que le succès de la saison de pêche est affecté par de forts ou de faibles upwellings.

Une des conclusions importantes du programme Cineca (Hempel, 1982) fut la mise en évidence de plages optimales des paramètres physiques : en dehors de ces plages on observe une décroissance de la productivité biologique, aussi bien pour des valeurs trop faibles que trop fortes des paramètres physiques (Barber, 1982). Si ce type de relation a pu être mis en évidence sur les premiers maillons de la chaîne trophique, il n'a été observé qu'en de rares occasions sur les maillons supé-

rieurs de l'écosystème, comme par exemple la pêche de thons dans l'Atlantique tropical (Cayré, Roy, 1985) et la pêche de crevettes en Casamance (Le Reste, Odinetz, 1984).

La baisse de l'abondance apparente pour de faibles ou de forts upwellings met vraisemblablement en jeu des mécanismes différents. Trois hypothèses peuvent permettre d'expliquer la non-linéarité entre l'intensité de l'upwelling et le succès de la saison de pêche. La première retiendrait la variabilité de la production biologique : les faibles niveaux des prises par sortie pour de faibles upwellings seraient liés à une intensité moindre des migrations due à une baisse de la production des eaux sénégalaises. Une deuxième hypothèse fait intervenir une diminution de l'efficacité de la pêche : les très forts upwellings se produisent lorsque le régime des alizés est particulièrement soutenu, et l'activité des pirogues serait alors perturbée par l'état de la mer. Enfin, la dernière hypothèse que l'on peut invoquer lors de forts upwellings serait une diminution de la disponibilité du poisson due à l'extension des eaux froides vers le large.

CONCLUSION

En 1965, les apports de tassergal à Kayar s'accroissaient de 260% par rapport aux quatre années précédentes sans que la physionomie de la flottille eût changé. Seule une abondance exceptionnelle dans les eaux de Kayar en février-mars puis en mai-juin a permis cet accroissement des captures (Van Chi Bonnardel, 1967). Durant la même période, Rossignol et Aboussouan (1965) notaient un upwelling particulièrement intense. La pêche artisanale, de par son rayon d'action limité, reste tributaire de tels phénomènes hydroclimatiques qui influent sur la disponibilité du poisson. La pêche du thiof, tout comme la pêche du tassergal, est une pêche dont le succès est assuré par l'intensité et la nature des migrations.

Les résultats obtenus et les hypothèses émises mettent en évidence l'importance de la dynamique régionale des upwellings et des effets locaux du milieu sur la migration et la disponibilité du thiof. Nous avons montré que la relaxation de l'upwelling mauritanien et le déclenchement de l'upwelling sénégalais sont simultanés. Le thiof quitterait alors les eaux mauritaniennes devenues moins productives et migrerait dans les eaux sénégalaises, qui sont le siège d'un fort enrichissement. Ce type de migration illustre la faculté d'une espèce à coloniser ou à étendre son habitat vers les niches écologiques les plus favorables. On retrouve chez d'autres espèces de la région un comportement analogue (Champagnat, Domain, 1978; Boely *et al.*, 1982; Fréon, 1986).

La comparaison des valeurs du transport d'Ekman pour deux régions où la composition des eaux résurgentes présente d'importantes différences qualitatives ne permet pas de rendre compte de leur niveau respectif d'enrichissement. Nous avons mis en évidence des relations entre des paramètres physiques (anomalies de température, transport d'Ekman) et la nature des migrations du thiof au Sénégal. Il est important de souligner que ces paramètres physiques n'ont pas, le plus souvent, d'impact direct sur le poisson; par contre leur variabilité agit sur l'écosystème. Ce n'est pas une valeur donnée du paramètre physique mais son évolution qui peut nous permettre de caractériser par exemple l'état trophique d'un système (Mendelssohn, Roy, 1986; Mendelssohn, Cury, 1987). Cette approche, en terme de processus, peut être retenue pour expliquer le décalage entre l'apparition de l'upwelling et l'arrivée des thiofs à Kayar.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Directeur du CRODT ainsi que l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), qui ont rendu cette étude possible. Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans les efforts soutenus des scientifiques et techniciens du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT-ISRA) lors de la collecte des données. Les remarques pertinentes des différents arbitres nous ont été très utiles. Nous tenons également à remercier les Drs P. Fréon et A. Herbland, MM. Y. Gouriou et A. Samba pour leurs commentaires.

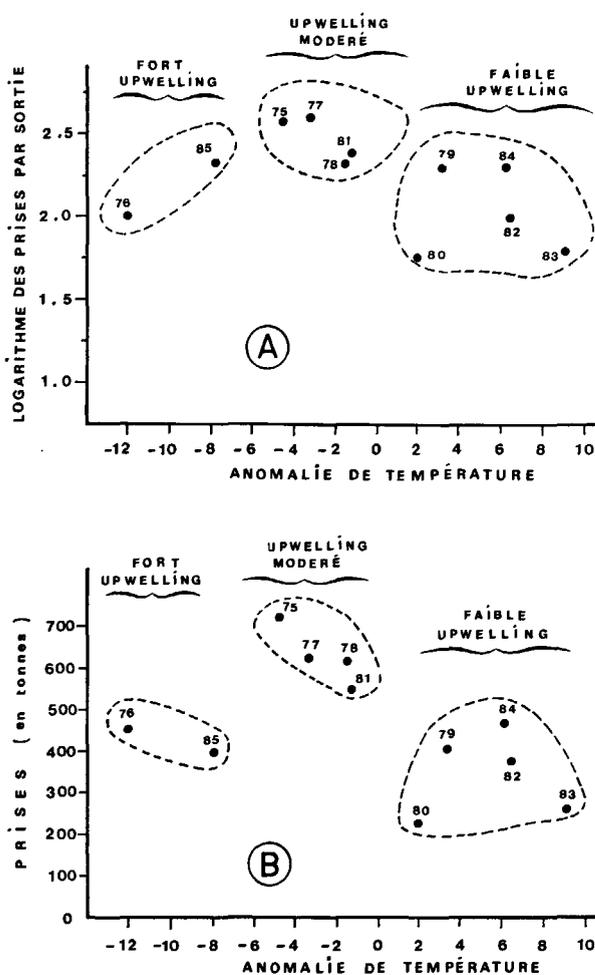


Figure 14

A) Logarithme des prises par sortie (en kg) en fonction des anomalies de températures à Kayar. B) Prises (en tonnes) en fonction des anomalies de températures à Kayar.

A) Logarithm of catch per trip (in kg) and anomalies of sea-surface temperature at Kayar. B) Catch (in metric tons) and anomalies of sea surface temperature at Kayar.

RÉFÉRENCES

- Arfi R., 1985. Variabilité interannuelle d'un indice d'intensité des remontées d'eau dans le secteur du cap Blanc (Mauritanie), *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 12, 1969-1978.
- Bakun A., 1973. Coastal upwelling indices, West Coast of north America, 1946-71, US Dep. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF, 671, 103 p.
- Barber R. T., 1982. Workshop 4. Interaction of environment, plankton and fish, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **180**, 451-452.
- Boely T., Chabanne J., Fréon P., Stequert B., 1982. Cycle sexuel et migrations de *S. aurita* sur le plateau continental ouest-africain des îles Bissagos à la Mauritanie, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **180**, 350-355.
- Cadenat J., 1935. Les Serranidae de la côte occidentale d'Afrique (du Cap Spartel au Cap-Vert), *Rev. Trav. Off. Pêches Mar.*, **8**, 4, 32, 377-422.
- Cayre P., Roy C., 1985. Variabilité des rendements en albacore (*Thunnus albacares*) et listao (*Katsuwonus pelamis*) en relation avec les anomalies interannuelles de la température de surface (note préliminaire), *ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap.*, **25**, 67-76.
- Champagnat C., Domain F., 1978. Migrations des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10° à 20° de latitude Nord, *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, **16**, 3-4, 239-261.
- Champagnat C., Caverivière A., Conand C., Cury P., Durand J.-R., Fontana A., Fonteneau A., Fréon P., Samba A., 1983. Pêche, biologie et dynamique du Tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégal-mauritaniennes, *Trav. Doc. ORSTOM Paris*, **168**, 279 p.
- Chauveau J.-P., 1982. La navigation et la pêche maritime dans l'histoire économique du littoral sénégalais (XV-XIX^e S.), *Fac. Lettres Dakar*, 7 p.
- Crémoux J.-L., 1970. Observations océanographiques effectuées en 1969, *Doc. Sci. Prov. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **24**, 216 p.
- Cury P., Worms J., 1982. Pêche, biologie et dynamique du thiof (*Epinephelus aeneus* E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) sur les côtes sénégalaises, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **82**, 88 p.
- Domain F., 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée, *Thèse Doct. État, Univ. Paris VI et Mus. Natl. Hist. Nat.*, 342 p.
- Fréon P., 1986. Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal, *Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille*, tome 1, 287 p.
- Jacques G., Tréguer P., 1986. *Écosystèmes pélagiques marins*, Masson, Paris, Coll. Écologie, 19, 243 p.
- Hempel G., 1982. The Canary Current: studies of an upwelling ecosystem. Introduction, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **180**, 7-8.
- Laloe F., 1985. Étude de la précision des estimations de captures et prises par unité d'effort obtenus à l'aide du système d'enquête de la section « Pêche Artisanale » du CRODT au Sénégal, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **100**, 37 p.
- Laloe F., Bergerard T., Samba A., 1981. Contribution à l'étude de la pêcherie de Kayar : étude d'une partie des résultats du suréchantillonnage de 1978 concernant les pirogues motorisées pêchant à la ligne, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **79**, 45 p.
- Leca N., 1935. Les pêcheurs de Guet Ndar, *Doc. IFAN, Paris, Larose*, 1 vol., 275-381.
- Le Reste L., Odinetz O., 1984. La pêche crevette dans l'estuaire de la Casamance en 1984, *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **129**, 10 p.
- Limouzy C., Cayre P., 1981. Pêche et aspect de la biologie du voilier de l'Atlantique (*Istiophorus platypterus*) au Sénégal, *ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap.*, **15**, 1, 361-372.
- Manriquez M., Fraga F., 1982. Water mass distribution in the upwelling off NW Africa in November, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **180**, 39-47.
- Mendelssohn R., Roy C., 1986. Environmental influences on the French, Ivory-Coast, Senegalese and Moroccan tuna catches in the Gulf of Guinea, in: *Proceedings of the ICCAT conference on the international skipjack year program ICCAT, Madrid*, edited by P.E.K. Symons, P.M. Miyake and G.T. Sakagawa, 170-188.
- Mendelssohn R., Cury P., 1987. Fluctuations of a fortnightly abundance index of the Ivorian coastal pelagic species and associated environmental conditions, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**, 2, 408-421.
- Merle J., Le Floch J., 1978. Cycle annuel moyen de la température dans les couches superficielles de l'Océan Atlantique intertropical, *Oceanol. Acta*, **1**, 3, 271-276.
- Minas H. J., Codispoti L. A., Dugdale R. C., 1982. Nutrients and primary production in the upwelling region of Northwest Africa, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **180**, 148-183.
- Mittelstaedt E., 1983. The upwelling area off Northwest Africa. A description of phenomena related to coastal upwelling, *Progr. Oceanogr.*, **12**, 307-331.
- Pechart, 1982. Les enquêtes sur la pêche artisanale sénégalaise au CRODT, *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **112**, 35 p.
- Picaut J., Servain J., Busalacchi A. J., Seva M., 1984. Interannual variability versus seasonal variability in the tropical Atlantic, *Geophys. Res. Lett.*, **11**, 787-790.
- Privé M., Wagner J. J., 1977. Croisière Capricorne 77.03, résultats d'observations bathythermographes (16 avril, 10 mai 1977), *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **50**, 86 p.
- Rebert J. P., 1983. Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **89**, 99 p.
- Rosignol M., Aboussouan M. T., 1965. Hydrologie marine côtière de la presqu'île du Cap-Vert. Contribution à l'étude de la productivité des eaux, *Doc. Sci. CRODT*, **2**, 166 p.
- Roy C., Jamin P., Ba A., 1985. Recueil de données relevées aux stations côtières du Sénégal de 1947 à 1983, *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **138**, 154 p.
- Soceco-Pechart, 1985. Recensement de la pêche artisanale sénégalaise en avril et septembre 1983, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **101**, 51 p.
- Speth P., Kohne A., 1983. The relationship between sea surface temperature and winds off Northwest Africa and Portugal, *Océanogr. Trop.*, **18**, 1, 69-80.
- Stequert B., Brugge W. J., Bergerard P., Fréon P., Samba A., 1979. La pêche artisanale maritime au Sénégal : étude des résultats de la pêche en 1976 et 1977. Aspects biologiques et économiques, *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **92**, 48 p.
- Van Chi Bonnardel R., 1967. L'économie maritime et rurale de Kayar, village sénégalais. Problèmes de développement, *Dakar, Mém. IFAN*, **76**, 260 p.
- Voituriez B., Herbland A., 1982. Comparaison des systèmes productifs de l'Atlantique tropical Est : dômes thermiques, upwellings côtiers et upwelling équatorial, *Rapp. PV Réun. Cons. Inter. Explor. Mer*, **18C**, 114-130.
- Wooster W. S., Bakun A., McLain D. R., 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic, *J. Mar. Res.*, **34**, 131-141.