

# Observation de réponses de type « El Niño » dans l'Atlantique tropical oriental Golfe de Guinée

El Niño  
Golfe de Guinée  
Interactions air-mer  
Upwellings côtiers  
Anomalies SST

El Niño  
Guinea Gulf  
Air-sea interactions  
Coastal upwellings  
SST anomalies

Ph. Hisard<sup>a</sup>

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,  
Centre de Recherches Océanographiques, BP VI8, Abidjan, Côte d'Ivoire.

<sup>a</sup> Adresse actuelle : COB/ORSTOM, B.P. 337, 29273 Brest, France.

Reçu le 28/3/79, révisé le 13/9/79, accepté le 24/9/79.

## RÉSUMÉ

Certaines années on observe dans le Golfe de Guinée, en été, une atténuation remarquable des upwellings côtiers et de l'upwelling équatorial, et parfois même leur disparition sous une couche d'eaux chaudes dessalées; les conséquences en sont importantes pour les pêches locales dont le rendement diminue brusquement, ainsi que pour le recrutement des thons tropicaux. Le cas de l'année 1968 est particulièrement remarquable lorsqu'une vaste anomalie positive de la température de surface de la mer (SST) s'étendait au sud de la zone intertropicale de convergence (ITCZ), tandis qu'au nord existait depuis l'été précédent une anomalie négative tout aussi étendue; l'intensification observée des contre-courants équatoriaux, le déplacement anormal vers le Sud de la position de l'ITCZ et les pluies exceptionnelles qui se produisirent alors sur le littoral nord du Golfe de Guinée au cours de la saison normalement sèche, suggèrent l'observation d'une réponse de type « El Niño ». De profondes anomalies de la circulation atmosphérique observées simultanément sur l'Atlantique Nord posent le problème des liens entre ce phénomène et la circulation aux latitudes plus élevées.

Grâce à la relation étroite qui existe entre la disparition des upwellings côtiers et la pluviométrie locale, il est possible au travers des archives de pluviométrie de la Côte-d'Ivoire pour les stations du littoral, d'identifier les années antérieures où un semblable phénomène se produisit (1921, 1926, 1933 et 1934, 1939, 1947, 1949, 1963, 1968 et 1973; le soulignement indique des anomalies fortes). Une analyse préliminaire des données « historiques » de SST paraît confirmer ces résultats (Merle, 1980).

*Oceanol. Acta*, 1980, 3, 1, 69-78.

## ABSTRACT

### The "El Niño" response of the Eastern Tropical Atlantic

In certain years, a dramatic decrease of coastal and equatorial upwelling intensities is observed in the Gulf of Guinea; as a consequence, local fisheries sharply decline and tuna recruitment level is minimal. The 1968 event is a remarkable one; south of the Intertropical Zone of Convergence (ITCZ), a large area was characterized by a positive sea surface temperature (SST) anomaly during the summer, while a negative SST anomaly had been developing north of ITCZ since the previous summer. The observed intensification of the equatorial counter-currents (the North Equatorial Countercurrent and the Equatorial Undercurrent), the southward shifting of the ITCZ and the dramatically high level of rain fall during the dry season strongly suggest the occurrence of an El Niño response for the Eastern Tropical Atlantic. The large anomalies of atmospheric circulation which were observed over the North Atlantic during the same period pose the question of the relationship between the tropical belt anomalies and those observed over the high latitude areas.

The close connexion that exists between upwelling intensity and rainfall level makes it possible tentatively to identify—through the rainfall along the Ivory Coast coastal stations—those years when similar events occurred (1921, 1926, 1933 and 1934, 1939, 1947, 1949, 1963, 1968 and 1973; strong anomalous years are underlined). Preliminary analysis of “historical” SST data appears to support this result (Merle 1980).

*Oceanol. Acta*, 1980, 3, 1, 69-78.

## INTRODUCTION

La température de surface de la mer (SST) dans la zone tropicale, ses variations annuelle et interannuelle, conditionnent le transfert de l'énergie cinétique vers la circulation atmosphérique aux latitudes moyennes et tempérées; la plupart des modèles couplés océan-atmosphère se révèlent sensibles à des modifications même légères du gradient thermique zonal à la surface de l'océan tropical qui résultent de la variation d'intensité des upwellings côtiers du bord Est de l'océan et de l'upwelling équatorial. La diminution d'intensité de ces upwellings, par suite en général d'un affaiblissement des alizés, réduit la valeur du gradient thermique zonal et ralentit à son tour le cours de la circulation atmosphérique le long de l'équateur; en revanche, les échanges de chaleur et d'énergie cinétique s'accroissent alors dans un plan méridien.

Le transfert d'énergie cinétique entre la zone tropicale et la circulation des vents d'Ouest en altitude, aux latitudes supérieures, s'effectue par l'intermédiaire du jet-stream subtropical dont la position, qui a une grande importance sur le climat, paraît dépendre directement des anomalies de la circulation atmosphérique tropicale. Les crêtes et les creux des ondulations planétaires de la circulation des vents d'Ouest qui déterminent les mouvements de subsidence et d'ascendance de l'air, tendent à s'effacer lorsque l'intensité de cette circulation augmente. L'étude des conditions de la SST tropicale et de ses variations annuelle et interannuelle est donc particulièrement importante pour la connaissance des phénomènes climatiques à grande échelle (Bjerknes, 1969; Namias, 1971; Lamb, 1972; Cushing, Dickson, 1976).

Dans la zone tropicale, la variabilité de la SST intervient directement sur le régime des précipitations; le refroidissement provoqué en surface par les eaux des upwellings tend à stabiliser l'air ce qui réduit les précipitations. Le long de la zone équatoriale existe ainsi une bande de nébulosité et de précipitations minimales clairement apparente sur les vues prises par satellite. Lorsque l'upwelling équatorial faiblit et que la température de la mer dépasse celle de l'air, d'abondantes pluies sont observées (Bjerknes, 1969). On connaît d'autre part l'association étroite qui existe entre les déserts subtropicaux et les grandes zones d'upwellings côtiers de l'océan tropical tandis que des pluies exceptionnelles accompagnent au contraire la disparition de l'upwelling le long des côtes du Pérou (phénomène El Niño).

Sur le plan biologique, la variabilité de la SST tropicale a parfois des conséquences dramatiques comme la disparition du stock d'anchois le long des côtes du Pérou lors des phénomènes El Niño et celle du stock de sardines le long des côtes de Californie. Par ailleurs en influant sur

le régime des précipitations, la variabilité de la SST conditionne la salinité des estuaires, lagunes et eaux côtières où de nombreuses espèces pélagiques développent une phase juvénile; elle intervient aussi par là sur le ruissellement continental, sur le débit des fleuves et influe ainsi sur la teneur en particules terrigènes sur lesquelles s'adsorbe la matière organique, phénomène qui joue un rôle important dans la fertilité des eaux tropicales.

La variabilité interannuelle de la SST de l'océan Pacifique tropical est largement documentée par suite de l'intérêt accordé depuis longtemps au phénomène El Niño, conséquence de modifications profondes du système océan-atmosphère sur l'ensemble de la zone tropicale au cours d'une période de 1 à 2 années (Wyrtki, 1975 et 1977; Namias, 1976). Jusqu'à ces derniers temps, la variabilité interannuelle de la SST de l'océan Atlantique tropical était considérée comme beaucoup moins importante par comparaison avec une variabilité annuelle (saisonnrière) élevée (Merle, Fieux, Hisard, 1979) et n'avait donc que peu suscité l'intérêt des scientifiques; certains auteurs avaient pourtant souligné l'existence de vastes anomalies positives de la SST comme lors de l'année 1963, où les campagnes EQUALANT donnèrent une image largement sous-estimée de la divergence équatoriale et par là de la productivité de leurs eaux (Rowntree, 1976; Weare, 1977; Merle, Fieux, Hisard, 1979). On avait noté cependant la variabilité assez importante des upwellings de la côte nord du Golfe de Guinée (Berrit, 1961, 1962; Morlière, 1970; Morlière, Rébert, 1972; Bakun, 1978). Une étude récente de la SST de l'Atlantique tropical à partir des données « historiques » du NODC, a montré que les anomalies de la SST qui caractérisaient ces upwellings côtiers affectaient avec la même intensité une large zone océanique y compris en particulier la zone équatoriale (Merle, Fieux, Hisard, 1979).

## VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA SST DANS LE GOLFE DE GUINÉE

La caractéristique hydrologique principale du Golfe de Guinée au nord de l'équateur est le Courant de Guinée, important flux permanent vers l'Est qui prolonge en été le Contre Courant Equatorial Nord et qui transporte généralement des eaux relativement chaudes (supérieure à 25°C) et de salinité moyenne (inférieure à 35‰). Il s'étend sur près de 150 milles de large, entre la côte (5°N) et 2°30'N environ, avec une épaisseur de 20 à 30 m; sa vitesse maximale peut atteindre 100 cm/s en juin-juillet, époque à laquelle le courant s'écarte de la côte où se produit souvent une renverse du flux. Cette renverse est provoquée par l'apparition en surface du Sous-Courant

Ivoirien, sous-jacent, qui transporte vers l'Ouest des eaux plus froides, et beaucoup plus salées (Lemasson, Rébert, 1973; Hisard, Morlière, 1973; Houghton, 1976). La superposition de ces deux courants de sens opposés et hydrologiquement très différents, entretient la présence d'une thermocline très accusée, souvent peu profonde. En deux « saisons » la thermocline éclate en surface : d'une part en janvier-février, de façon plus ou moins permanente et d'autre part en août-septembre où le refroidissement des eaux de surface est beaucoup plus continu et plus intense (fig. 1 et 2). Ces apparitions d'eaux froides en surface coïncident avec les deux périodes de précipitations minimales (saisons sèches), tandis que les mois de mai-juin et de novembre connaissent de fortes précipitations liées au passage de la zone intertropicale de convergence (ITCZ) (Berrit, 1961, 1962; Morlière, 1970; Morlière, Rébert, 1972; Bakun, 1978; Hisard, Merle, 1979).

Le mécanisme de ces upwellings côtiers est controversé car les variations locales du vent ne semblent pas suffisantes pour expliquer les variations d'intensité des refroidissements observés. Certaines années (1968), la disparition de l'upwelling côtier est même associée à des vents plutôt favorables à son développement (Longhurst, 1962; Ingham, 1970; Houghton, 1976). Ces remontées d'eaux froides se produisent cependant d'une part en été lorsque l'ITCZ est à sa position la plus nord et que le flux des alizés au-dessus du Golfe de Guinée est le plus intense, mais en approchant de la côte, l'alizé qui souffle du Sud-Sud-Est à l'équateur tourne pour former une « mousson » du Sud-Ouest; ils se produisent aussi en janvier-février, lorsque l'alizé de Nord-Est se fait parfois sentir sous forme d'« Harmattan » mais sa faiblesse rend peu probable qu'il puisse engendrer le refroidissement des eaux que l'on observe alors. Pour certains auteurs, la

montée en surface de la thermocline peut s'expliquer par le redressement des isothermes lorsque le Courant de Guinée, en équilibre géostrophique, s'intensifie sous l'action de la composante méridienne de la tension du vent (Philander, 1979) mais il existe une différence de 1 mois entre l'intensification maximale du courant et le refroidissement des eaux côtières (Bakun, 1978). Le fait que l'upwelling semble « s'accrocher » aux deux caps (Cap des Palmes et Cap des Trois Pointes) qui encadrent la Côte-d'Ivoire, suggère une influence importante de l'orientation de la côte et de la topographie du plateau continental (Ingham, 1970; Marchal, Picaut, 1977). Pour d'autres auteurs, le mécanisme responsable de ces upwellings ferait intervenir des trains d'ondes internes se propageant vers l'Ouest le long du plateau continental qui secouraient périodiquement la couche de surface où la thermocline est peu profonde; de telles ondes ont effectivement été observées dans le Golfe de Guinée (Gill, Clarke, 1974; Houghton, Beer, 1976; Picaut, Verstraete, 1976). On pense que ces ondes dériveraient d'une onde de Kelvin équatoriale qui serait excitée par la brusque intensification de la composante zonale de la tension du vent dans l'Atlantique équatorial occidental (Moore *et al.*, 1978; Adamec, O'Brien, 1978). En fait, la présence d'une thermocline proche de la surface est conforme à la nature équatoriale orientale du Golfe de Guinée par comparaison avec la région correspondante du Pacifique, et le véritable phénomène à expliquer est l'advection saisonnière d'eaux chaudes, dessalées venant recouvrir la masse d'eaux froides. Ce mouvement d'avancée saisonnier d'une nappe d'eaux chaudes serait assez comparable à une réponse de type El Niño qui pourrait se produire dans l'Atlantique tropical à une périodicité annuelle par suite de la dimension plus réduite du bassin (Philander, 1978; Hisard, Merle, 1979; Merle 1980).

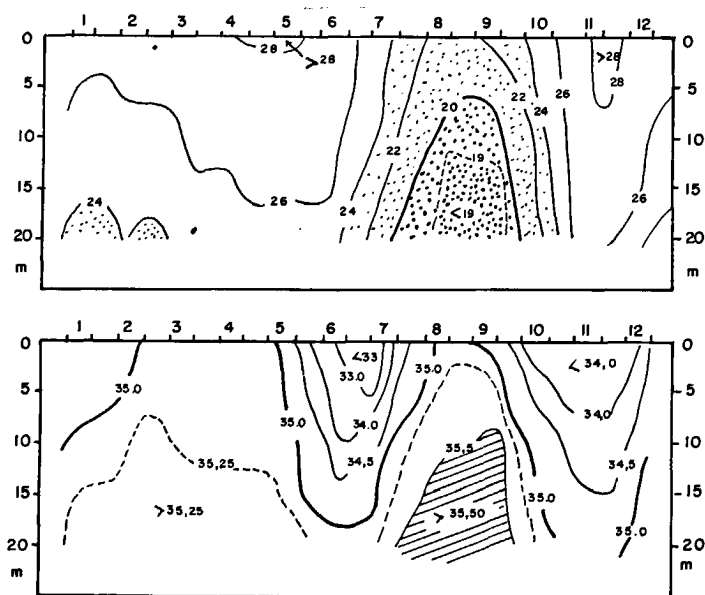


Figure 1  
Distributions verticales de la température et de la salinité moyenne (1966-1975) de la mer, de 0 à 20 m de profondeur à Abidjan (5°15'N-4°00'W).  
Vertical distributions of averaged sea temperature and salinity from 0 to 20 m depth off Abidjan (5°15'N-4°00'W).

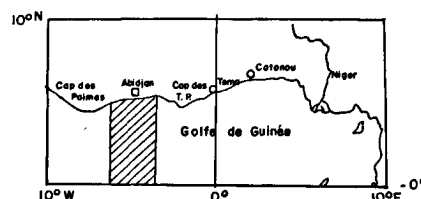
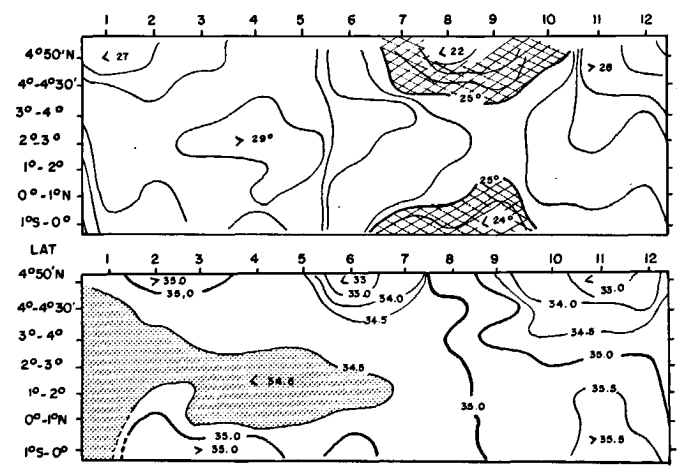


Figure 2  
Distributions horizontales de la température et de la salinité moyennes de surface entre la Côte-d'Ivoire et l'équateur; données: archives NODC.

Horizontal distributions of averaged sea surface temperature and salinity between Ivory Coast and the Equatorial area; data from NODC.

**VARIABILITÉ INTERANNUELLE DE LA SST DANS LE GOLFE DE GUINÉE; CAS PARTICULIER DE L'ANNÉE 1968**

Dès les premières observations, il apparut que la durée et l'intensité des différentes « saisons marines » dans le Golfe de Guinée présentaient une assez forte variabilité interannuelle; les années 1964, 1967 et 1972 en particulier étaient caractérisées par la longueur et la forte intensité de l'upwelling de l'été par comparaison avec l'année 1963 caractérisée par une faiblesse anormale de l'upwelling allant même jusqu'à sa non-manifestation en 1968 (fig. 3). On notait une variabilité parallèle de la SST dans la région de l'upwelling équatorial du Golfe de Guinée (Merle, Fieux, Hisard, 1979).

Cette variabilité du milieu physique se reflétait dans la variabilité des écosystèmes biologiques (Mensah, 1969; Binet, 1978) et avait même des retombées importantes sur le plan économique avec la disparition de *Sardinella aurita* sur le plateau continental Ivoirio-Ghanéen en 1968 (Longhurst, 1971; Bakun, 1978) et la baisse de recrutement du thon *Yellowfin* pour la classe d'âge 1972 (Fonteneau, com. pers.).

On notait une variabilité parallèle du régime des précipitations le long du littoral ainsi qu'en témoigne le niveau très faible des pluies au cours de l'été 1967 (fort upwelling) par comparaison avec la continuation anormale de la saison des pluies au cours de l'été 1968 (fig. 4); au Ghana, il tomba sur le littoral, en juillet 1968, sept fois plus d'eaux de pluie que d'ordinaire ce qui provoqua de très importants dégâts (Hookey, 1970); au Bénin (Dahomey), sur la côte, le mois de juillet 1968 fut cinq fois plus arrosé que d'ordinaire. En revanche à l'intérieur du continent africain, au nord de 7°N environ, s'établissait une très forte sécheresse; l'analyse des cartes de hauteurs mensuelles de pluie (Tanaka *et al.*, 1975; Hookey, 1970), l'étude statistique de la position de la zone de convergence des vents (Lamb, 1978) ainsi que l'analyse de la nébulosité grâce aux vues prises par

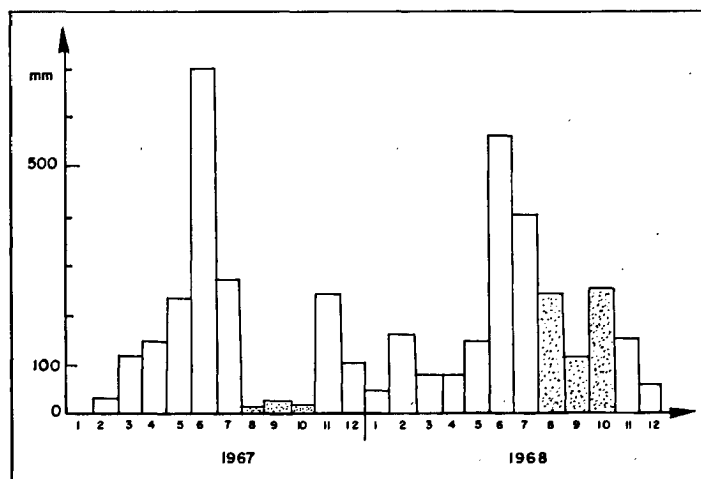


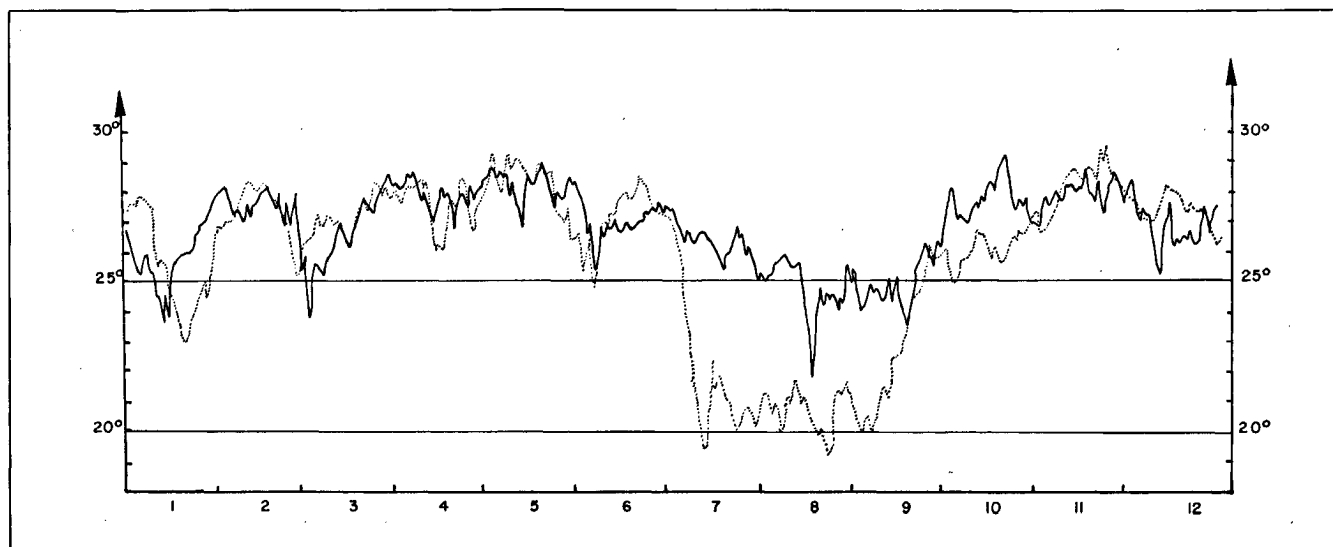
Figure 4  
Moyennes mensuelles des hauteurs de pluie (mm) à Abidjan en 1967 et en 1968.  
*Abidjan monthly rainfall level (mm) in 1967 and 1968.*

satellite (Sadler, 1975), suggèrent que l'ITCZ était demeurée au cours de l'été 1968 dans une position plus Sud que d'ordinaire; la déviation par rapport à la position lors de l'été 1967 était estimée à 4° plus au Sud (Lamb, 1978).

Les conditions de la SST durant l'été 1967 et l'été 1972 d'après l'analyse statistique des données archivées par la NOAA, montrent l'existence d'une vaste anomalie négative sur le Golfe de Guinée en été 1967, et au contraire d'une vaste anomalie positive durant l'été 1968; au cours de l'hiver 67-68, on observait de plus une forte anomalie négative de la SST le long des côtes Sénégal-Mauritanienne (Lamb, 1978; Bakun, 1978; Merle, Fieux, Hisard, 1979) (fig. 5); toutes ces anomalies étaient nettement confirmées par les séries temporelles de SST des stations côtières de Téma (Ghana) et de Dakar-M'bour (Sénégal), situées de part et d'autre de l'ITCZ (fig. 6).

Figure 3  
Température de surface de la mer à Téma, Ghana (5°35'N-0°00') en 1968 (trait plein) et 1972 (trait pointillé); relevés quotidiens du Fisheries Research Unit.

*Sea surface temperature off Tema, Ghana (5°35'N-0°00') in 1968 (heavy line) and in 1972 (dashed line); daily measurements from the Fisheries Research Unit.*



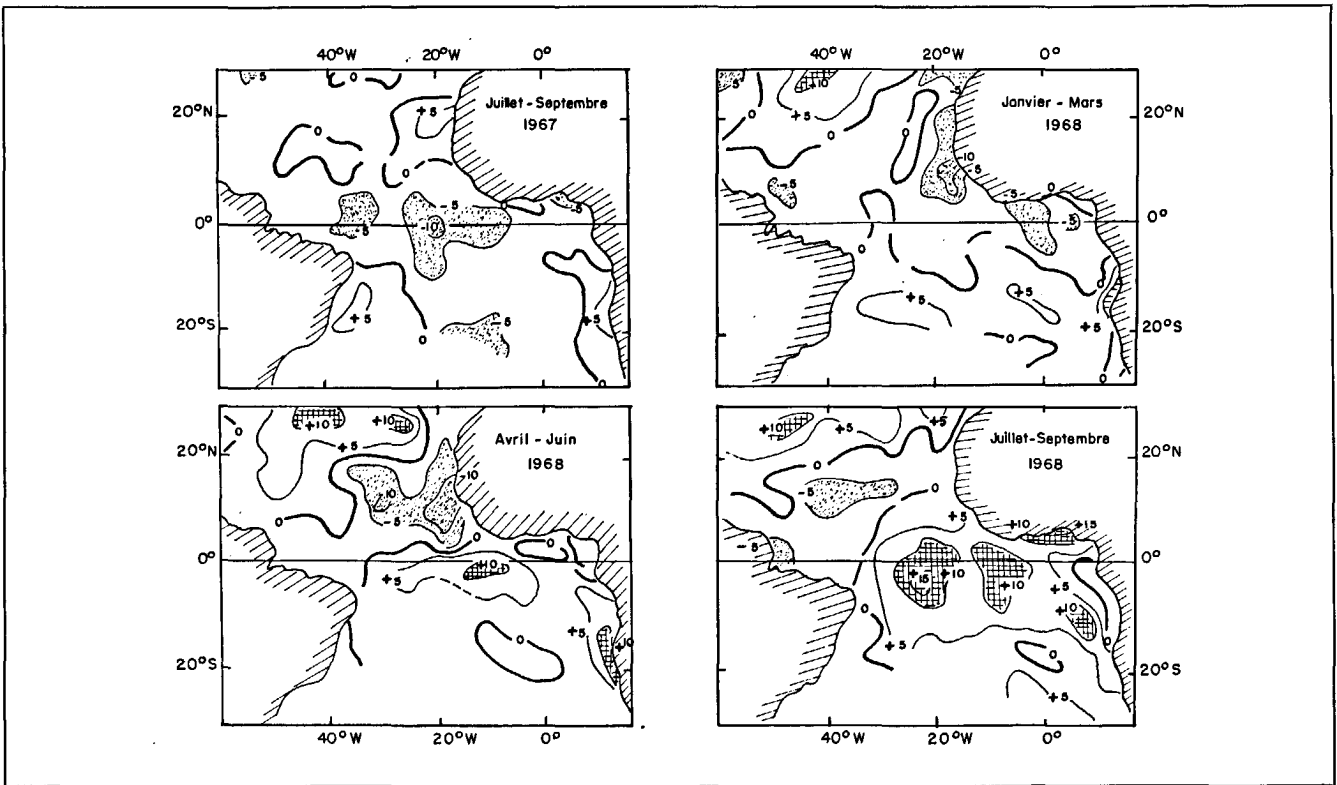
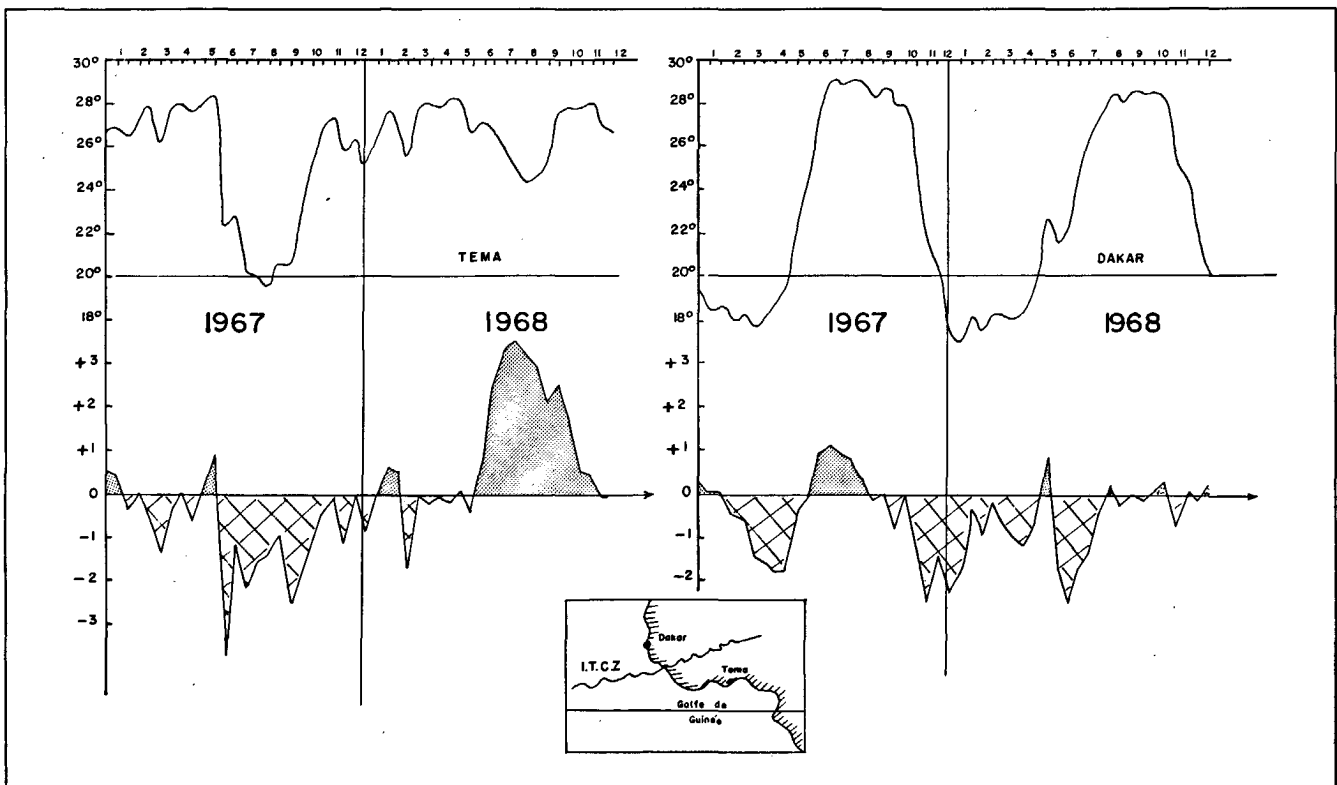


Figure 5  
Distributions horizontales trimestrielles de l'anomalie de SST ( $1/10^{\circ}\text{C}$ ) de juillet 1967 à septembre 1968 dans l'Atlantique tropical (période de référence 1911-1970). D'après Lamb (1978).

Quarterly horizontal distributions of SST anomalies ( $1/10^{\circ}\text{C}$ ) in the Tropical Atlantic, from July 1967 to September 1968 (time series: 1911-1970). From Lamb (1978).

Figure 6  
Températures moyennes de la surface de la mer par quinzaine et anomalies, en 1967 et 1968 à Tema, Ghana (à gauche) et à Dakar, Sénégal (à droite); séries de référence 1963-1976 et 1958-1976 respectivement. Positions des stations en cartouche.

Fornightly averaged sea surface temperature and anomalies in 1967 and 1968, off Tema, Ghana (left panel) and off Dakar, Senegal (right panel); reference time-series: 1963-1976 and 1958-1976 respectively. Location of the stations indicated in cartouche.



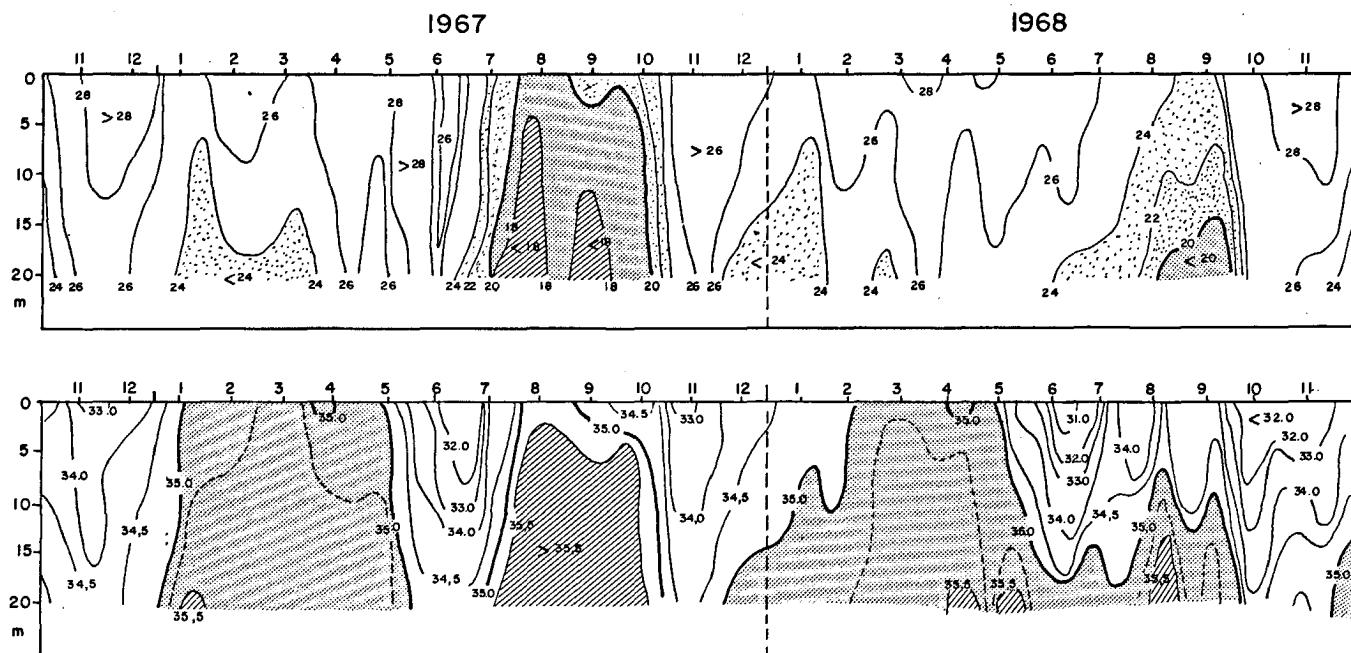


Figure 7

Distributions verticales de la température et de la salinité de la mer à Abidjan ( $5^{\circ}15'N-4^{\circ}00'W$ ) de 0 à 20 m de profondeur, en 1967 et 1968.

Vertical distributions of sea temperature and salinity off Abidjan ( $5^{\circ}15'N-4^{\circ}00'W$ ) in 1967 and 1968, from 0 to 20 m depth.

Les structures hydrologiques verticales sur le plateau continental ivoirien, diffèrent nettement entre les années 1967 et 1968 (fig. 7); les eaux froides, plus salées du Sous-Courant Ivoirien qui participaient à l'upwelling de l'été 1967, demeuraient vers 20 m de profondeur durant l'été 1968, sous la couverture anormale d'une nappe d'eaux chaudes, dessalées qui masquait l'upwelling côtier malgré l'existence de vents favorables à son développement (Houghton, 1976). Des mesures directes de courants effectuées en mai-juin 1968 sur le plateau continental ivoirien indiquent que le Courant de Guinée était fortement développé (Le Floch, 1970; Lemasson, Rebert, 1973); on observait en particulier une augmentation sensible de l'épaisseur de la couche homogène supérieure dans la zone de convergence qui sépare ce courant, vers  $2^{\circ}30'N$ , du Courant Équatorial Sud (Hisard, 1975); à l'équateur, entre  $10^{\circ}W$  et  $7^{\circ}W$ , le Sous-Courant Équatorial en juin 1968, avait une vitesse maximale élevée de plus de 100 cm/s, entraînant un noyau subsuperficiel de salinité, supérieure à  $36,40\text{‰}$  (Hisard, Morlière, 1973; Hisard, 1973).

La disparition de l'upwelling côtier, le fort développement apparent de ces deux contre-courants, la position apparemment plus Sud que normale de l'ITCZ et l'existence d'upwellings fortement développés au cours de l'année précédente suggèrent que les conditions anormales de l'été 1968 étaient très proches d'une réponse de type « El Niño ».

On sait que le phénomène El Niño se produit dans le Pacifique oriental lorsque les alizés cessent brutalement de souffler dans le Pacifique central et occidental après qu'ils aient eu une action permanente de 1 ou

même 2 années, entraînant des upwellings intenses; l'eau accumulée dans le Pacifique occidental reflue alors vers l'Est après que l'excitation d'une onde de Kelvin le long de l'équateur ait provoqué l'abaissement rapide de la thermocline dans le Pacifique oriental; on observe une intensification générale des contre-courants équatoriaux (Wyrtki, 1975 et 1977; Namias, 1976). Les conditions météorologiques préalables à de tels changements semblent faire intervenir aussi de fortes anomalies du champ de pression au sein de l'anticyclone subtropical du Pacifique Nord, ayant en particulier pour conséquence un blocage de l'ITCZ dans une position plus Sud que normale (Namias, 1976).

#### ANOMALIES DE LA CIRCULATION OCÉANIQUE ET ATMOSPHÉRIQUE EN 1968 AUX LATITUDES MOYENNES ET ÉLEVÉES

Indépendamment de la vaste anomalie positive de la SST occupant la zone équatoriale Atlantique au cours de l'été 1968, l'attention de nombreux chercheurs a été attirée par une anomalie remarquable des interactions océan-atmosphère au-dessus de l'Atlantique Nord : le développement d'un nombre particulièrement faible de cyclones tropicaux au cours de l'été 1968; cette anomalie parut d'autant plus curieuse que les ondes tropicales, se dirigeant vers l'Ouest, et qui donnent naissance aux perturbations tropicales puis aux cyclones, étaient particulièrement nombreuses au-dessus du continent africain en 1968; la plupart des chercheurs expliquèrent cette anomalie par la présence d'une vaste anomalie négative de la SST qui s'était développée au-dessus de l'Atlantique tropical Nord

(cf. fig. 5) (Carlson, 1969, *a* et *b*; Simpson *et al.*, 1969; Namias, 1969; Sugg, Hebert, 1969; Frank, 1970; Carlson, 1971; Burpee, 1974).

Mais c'est en fait sur l'ensemble de l'Hémisphère Nord que les circonstances furent exceptionnelles au cours de l'année 1968. On observa en effet un ralentissement général de la circulation dû à un affaiblissement du gradient de pression entre les systèmes dépressionnaires arctiques, marqués par une anomalie positive et les cellules anticycloniques subtropicales, marquées par une anomalie négative; ce ralentissement de la circulation entraîna des températures de l'air considérablement inférieures à la normale; la zone froide s'étendit au-dessus de l'Atlantique Nord et du Groënland; le port de Nantucket (USA) fut pris par les glaces pour la première fois depuis 1917-1918 tandis qu'en Islande les températures moyennes mensuelles étaient inférieures à la normale pendant 8 mois de l'année; dans certaines régions les glaces de mer ne disparurent qu'en juillet après s'être étendues beaucoup plus au Sud que d'ordinaire. Au-dessus de Terre-Neuve on nota un champ de basses pressions atmosphériques particulièrement accusé et l'on observa le développement au sud de cette île d'un vaste réservoir d'eaux froides où l'anomalie de la SST atteignait près de 5°C et dont l'épaisseur s'étendait jusqu'à 100 m de profondeur; les conditions du mois d'août étaient voisines du minimum hivernal (Namias, 1971). Au-dessus de la Grande-Bretagne, on nota de profondes anomalies climatiques (Murray, Ratcliffe, 1969). En France, à Paris la température moyenne de l'air fut de 1°C inférieure à la normale au cours de l'été. Cette baisse des températures de l'air et de l'océan sur l'ensemble de l'année s'observa loin vers le Sud jusqu'aux Açores et eut probablement une influence directe sur les anomalies de SST notées à Dakar. Cette année vit une extension exceptionnelle des thons germons dans l'Atlantique tropical Nord (Champagnat, com. pers.).

Dans les autres régions tropicales que celles de l'Atlantique, on observa des pluies exceptionnelles ou bien de graves sécheresses; en Amérique du Sud, l'année 1968 fut marquée par une sécheresse rigoureuse, très prononcée en Équateur et au Pérou dont les côtes étaient baignées par des eaux anormalement froides depuis l'année précédente (Namias, 1976) ainsi qu'en témoignent les campagnes EASTROPAC; l'upwelling équatorial du Pacifique s'étendait vers l'Ouest jusqu'à 170°E (campagnes CYCLONE du Centre ORSTOM de Nouméa); ces circonstances exceptionnelles eurent pour conséquence le déclenchement d'un phénomène El Niño qui fut clairement observé le long des côtes du Pérou en 1969 (Namias, 1976) mais qui fut ressenti dès la seconde moitié de 1968 aux Iles Galapagos; la similitude assez forte des phénomènes entre le Pacifique et l'Atlantique équatorial que l'on note en comparant les SST de Baltra (Galapagos) (données aimablement fournies par K. Wyrтки) et les SST de Tema (Ghana) entre 1966 et 1969 (fig. 8) est riche de questions quant au couplage à grande échelle des deux océans.

Il est extrêmement tentant de vouloir relier les anomalies profondes qui affectèrent océan et atmosphère aux latitudes élevées de l'Atlantique Nord en 1968 et les

phénomènes qui caractérisèrent la zone tropicale, à savoir l'« El Niño » Atlantique de 1968. On peut en particulier se demander ce qu'il advint du Gulf Stream en 1968 et dans quelle mesure son extension vers l'Europe fut gênée par l'air froid et les eaux froides qui s'étendaient loin vers le Sud dans l'Atlantique. La SST du Gulf Stream fut caractérisée en 1968 par de fortes anomalies positives; d'après Namias (1970) lorsque ceci se produit dans le Kouro-Shivo (le « Gulf Stream » du Pacifique) c'est le signe d'un ralentissement du transport de ce courant. Il est probable par ailleurs que le cours suivi par le Gulf Stream dut se refermer plutôt vers le Sud-Est ainsi que cela semble être le cas au cours des périodes glaciaires (cf. *in* Merle, 1980). Quoi qu'il en soit, les eaux tropicales qui furent poussées vers l'Ouest au cours de l'année 1967 et de l'hiver 1967-1968 où les upwellings étaient intensifiés, durent avoir quelques difficultés à s'écouler dans le Gulf Stream et il est probable qu'elles refluent vers l'Est au cours de l'été 1968, au sein des contre-courants équatoriaux intensifiés, provoquant ainsi l'« El Niño » du Golfe de Guinée.

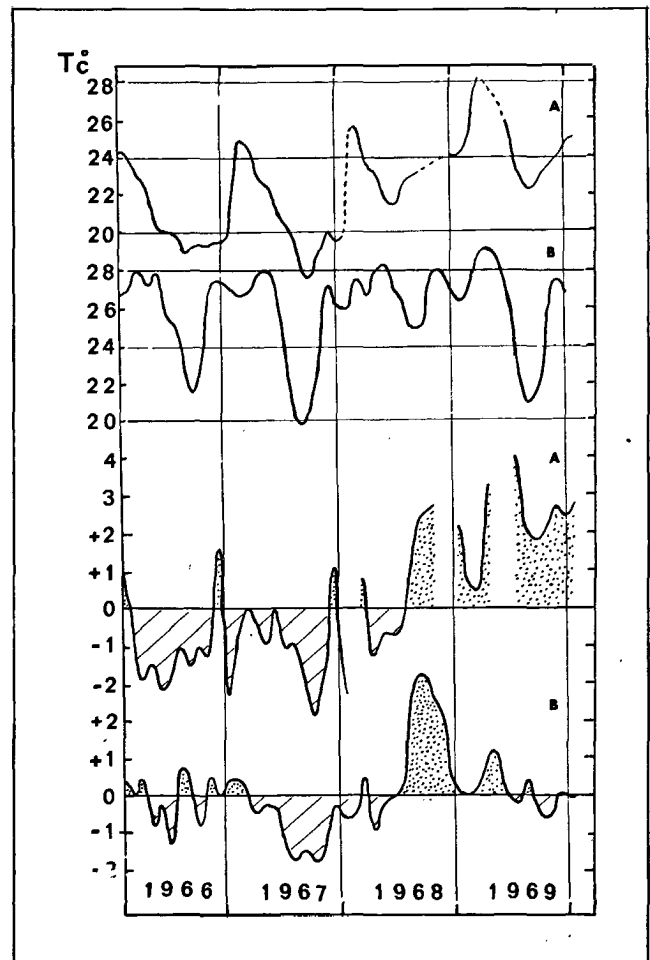


Figure 8

Température de surface de la mer et anomalies, de 1966 à 1969, à Baltra (Galapagos) (A) et à Tema (Ghana) (B) dans les deux régions équatoriales orientales Pacifique et Atlantique respectivement. Origine des données : K. Wyrтки et Fisheries Research Unit.

Sea surface temperature and anomalies, from 1966 to 1969, at Baltra (Galapagos) (A) and Tema (Ghana) (B) in the two Eastern Equatorial areas, Pacific and Atlantic. Data from K. Wyrтки and the Fisheries Research Unit.

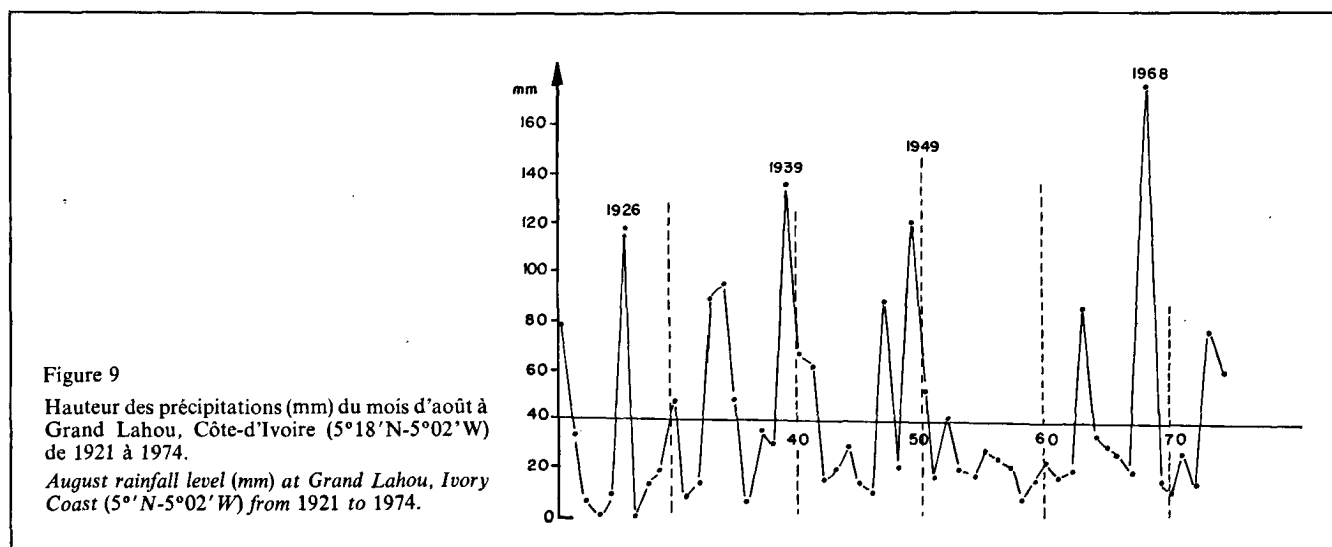
## MISE EN ÉVIDENCE D'ANOMALIES IDENTIQUES AU COURS DES DÉCENNIES ANTÉRIEURES

Il existe dans le Pacifique, de longues séries temporelles de SST le long des côtes du Pérou qui permettent d'identifier les années qui furent caractérisées par des « El Niño » (1925, 1930, 1941, 1957, 1965 et 1972 pour les plus importantes), ainsi que les années également remarquables où les upwellings côtiers furent particulièrement développés et que Namias (1976) nomme « inverse El Niño » (1931, 1933 à 1938, 1950, 1954, 1955, 1964, 1968, 1970, 1973). Dans l'Océan Atlantique, la plus longue série temporelle dont nous disposons est celle de Cotonou (Bénin) ( $6^{\circ}26'N-2^{\circ}25'E$ ) dans le Golfe de Guinée qui remonte seulement à 1958 et qui confirme pleinement les anomalies décrites à Abidjan et Téma. La seule possibilité que nous ayons de pallier l'absence de données océanographiques aux années antérieures pour identifier d'éventuelles anomalies du type « 1968 » dans le Golfe de Guinée, est d'utiliser l'association étroite qui existe entre intensité des upwellings et précipitations sur les régions côtières, association clairement notée en Équateur et au Pérou où des pluies diluviennes accompagnent les El Niño. Nous disposons pour cela des archives pluviométriques de Côte-d'Ivoire (réalisées par le Service Hydrologique de l'ORSTOM) qui remontent à l'année 1921 pour la station côtière de Grand Lahou à une centaine de km à l'ouest d'Abidjan. Le mois d'août y est le mois le plus sec avec une moyenne de 25 mm sur 54 ans. Un certain nombre d'années se révèlent de manière extrêmement accusée par les fortes anomalies positives des précipitations en août; ce sont les années 1921, 1926, 1933, 1934, 1939, 1947, 1949, 1963, 1968 et 1973 (fig. 9) (les années en italiques correspondent aux anomalies les plus fortes); inversement on peut identifier aussi les années où le mois d'août fut particulièrement sec comme en 1967, et les associer à des upwellings côtiers probablement intenses; ce sont les années 1924, 1927, 1936, 1946, 1958, 1970 et 1972. Nous avons vérifié la bonne concordance de ces anomalies avec les données des autres stations côtières qui dès 1940 étaient environ au nombre de 10; il est certain cependant

qu'un traitement statistique eut été intéressant car les précipitations en zone tropicale et équatoriale ont un caractère extrêmement localisé et les données d'une seule station peuvent être ainsi biaisées. Cependant à la suite de ces hypothèses sur l'éventualité de l'existence de phénomènes El Niño dans le Golfe de Guinée au cours des décennies antérieures, une analyse a été faite des données « historiques » archivées par le NODC, pour la région côtière entre  $4^{\circ}N$  et  $5^{\circ}N$ , entre les méridiens  $0^{\circ}$  et  $10^{\circ}W$ ; il semble que les années 1921, 1933 et 1934, 1939, 1947, 1949, 1963 et 1968 aient effectivement été caractérisées par une nette anomalie positive de la SST (Merle, 1980).

## CONCLUSION

Il semble donc prouvé que l'Atlantique tropical oriental a un comportement qui rappelle fortement celui du Pacifique tropical oriental et puisse être en particulier l'objet de réponses interannuelles de type « El Niño »; nous avons cependant noté (cf. § 1) que l'hypothèse d'une réponse annuelle de type « El Niño » avait été émise pour expliquer le recouvrement saisonnier des eaux froides équatoriales du Golfe de Guinée par une couverture d'eaux chaudes, dessalées, transportées par le Courant de Guinée; il semblerait donc exister à la fois deux types de réponse possible de type « El Niño » : l'un à une échelle annuelle, l'autre à une échelle interannuelle (Hisard, Merle, 1979; Merle, 1980). Ceci semble parfaitement cohérent avec la réalité des phénomènes dans le Pacifique oriental. En effet le véritable phénomène El Niño, ainsi que le rappelle Wyrski (1977), est un phénomène annuel, saisonnier, se produisant aux alentours de Noël (d'où son nom : « L'Enfant Jésus »), sous la forme d'un courant côtier, chaud, se dirigeant vers le Sud; en certaines années seulement, ce phénomène annuel connaît des débordements exceptionnels auxquels les océanographes ont voulu restreindre cette appellation; il y a donc de fait dans le Pacifique une réponse annuelle et une réponse interannuelle tout comme dans le Golfe de Guinée; de plus, il existe en réalité toute une gamme de phénomène « El Niño » dans le Pacifique, variant selon leur intensité;





les plus intenses intéressent 2 années consécutives avec retour à un niveau normal de la SST dans l'intervalle (cas de 1940-1941, 1957-1958, 1972-1973; Wyrтки, 1977), d'autres El Niño sont plus faibles quoique nets comme celui de 1969, homologue suggéré de l'El Niño Atlantique de 1968. Ces phénomènes El Niño du Pacifique bien qu'abondamment étudiés n'ont pas livré tous leurs secrets car la zone Pacifique à étudier s'étend sur des milliers de milles; on sait par exemple que la prédiction d'un El Niño en 1975 ne fut pas suivi par les faits; on sait que curieusement et contrairement à ce que l'on pensait, l'El Niño de 1972 eut lieu sans que les vents côtiers favorables à l'upwelling ne s'atténuent (Wyrтки, 1977).

La mise en évidence d'années « anormales » dans l'Atlantique tropical, marquées soit par des SST anormalement élevées, soit par des SST anormalement basses n'a été abordée ici qu'indirectement et par la présentation d'une séquence unique de pluviométrie, séquence choisie parmi la plus longue et la plus représentative de l'upwelling côtier de Côte-d'Ivoire; une étude plus complète est actuellement en cours qui utilise les archives pluviométriques du Service Hydrologique de l'ORSTOM et qui doit nous permettre d'identifier les anomalies le long de la côte du Golfe de Guinée de Conakry à Pointe Noire; par ailleurs, les archives des données de vent de l'ASECNA (Agence pour la Sécurité et le Contrôle de la Navigation Aérienne) devraient permettre d'obtenir des renseignements utiles sur la localisation de l'ITCZ. Des études statistiques seront effectuées sur l'ensemble de ces données ainsi que des corrélations et spectres croisés entre les stations pour étudier la cohérence des séries et les phases.

Le phénomène El Niño qui reste si discuté et étudié est le type même des réponses basses fréquences de l'océan à l'action de l'atmosphère; dans la mesure où la zone tropicale océanique est une zone privilégiée pour les implications qu'ont les interactions qui s'y déroulent sur le climat de la planète, il est naturel qu'une attention soutenue continue à être apportée à l'étude de ce phénomène; sa mise en évidence dans l'Atlantique est évidemment riche de perspectives pour les programmes si nos hypothèses sont confirmées. S'il est difficile en effet de mettre sous surveillance l'ensemble du Pacifique équatorial pour étudier un phénomène dont la période est d'environ un tous les 10 ans, en revanche à l'échelle plus réduite de l'Océan Atlantique et compte tenu de la forte densité des lignes de navigation de commerce, il semble beaucoup plus raisonnable d'envisager une stratégie permettant l'étude détaillée d'un tel phénomène.

Des renseignements complémentaires ponctuels ont été obtenus récemment pour certaines années « anormales » de l'Atlantique tropical; une enquête effectuée par le Service Météorologique Métropolitain de la Météorologie Nationale précise les conditions atmosphériques dans lesquelles un phénomène de type « El Niño » se serait produit en 1925-1926 le long des côtes d'Angola, jusqu'au moins Mossamèdes (15°S), et ce, la même année qu'un véritable « El Niño » se produisait le long des côtes du Pérou; des pluies exceptionnellement fortes furent enregistrées en Angola, de janvier à mars 1926 sur des régions anormalement désertiques; dans le même

temps, une forte sécheresse frappait le Sahel, ainsi que les Antilles tandis que la mousson était anormalement faible sur les Indes. Les quelques données barométriques disponibles suggèrent un décalage vers le Sud-Est de l'anticyclone des Açores et, vers le Sud, de l'anticyclone de Sainte-Hélène d'où un décalage de l'équateur météorologique dans une position plus méridionale (J. Galzi, com. pers.). De même nous avons demandé qu'une enquête soit faite sur l'année 1973, par A. F. Krueger du Département d'Énergie Atmosphérique (MSL) de la NOAA, co-auteur d'une étude des anomalies de la circulation atmosphérique tropicale de 1972, année d'El Niño exceptionnel dans le Pacifique, de mars 1972 à mars 1973 (Krueger, Winston, 1976); cette étude révèle qu'effectivement après une année 1972 de vents alizés particulièrement forts, en été, sur l'Atlantique tropical, entre l'équateur et 15°N, l'intensité du vent fut réduite de plus de moitié lors de l'été 1973 au large du Sierra Léone et du Libéria. De plus les changements parallèles qui affectèrent la circulation atmosphérique en altitude (niveau 200 mb), de 1972 à 1973, dans l'Atlantique, ressemblent au changement précédent qui eut lieu au-dessus du Pacifique. L'analyse de la circulation au niveau 700 mb indique que l'anticyclone de l'Atlantique Sud s'étendait plus à l'Est lors de l'été 1973 et qu'il existait un creux barométrique plus prononcé au-dessus de la partie orientale de l'Atlantique Sud; il est vraisemblable que la diminution de la tension du vent qui en résultait au-dessus du Courant de Benguela devait contribuer à limiter son extension vers le Nord (Krueger, com. pers.). Il est intéressant de noter que d'une manière générale, les Instructions Nautiques pour les côtes d'Afrique de l'Ouest indiquent la possibilité que le courant de Benguela soit certaines années effectivement fortement ralenti par des extensions d'eaux chaudes du Golfe de Guinée vers le Sud que favorise l'existence de composantes Sud anormales du vent le long des côtes d'Afrique de l'Ouest.

#### RÉFÉRENCES

- Adamec D., O'Brien J. J., 1978. The seasonal upwelling in the Gulf of Guinea due to remote forcing, *J. Phys. Oceanogr.*, **8**, 6, 1050-1060.
- Bakun A., 1978. The Guinea Current upwelling, *Nature*, **271**, 747-750.
- Berrit G. R., 1961 et 1962. Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Observations le long des lignes de navigation, *Cah. Oceanogr.*, **XIII**, 10, 715-727 et **XIV**, 9, 663-673.
- Binet D., 1978. Biovolumes et poids sec zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau Ivoirien, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **XIV**, 4, 301-326.
- Bjerknes J., 1969. Atmospheric teleconnections from the Equatorial Pacific, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 163-172.
- Burpee R. W., 1974. Characteristics of North Africa Easterly waves during the summers of 1968 and 1969, *J. Atmosph. Sci.*, **31**, 1556-1570.
- Carlson T. N., 1969 a. Synoptic histories of three African disturbances that developed into Atlantic hurricanes, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 3, 256-276.
- Carlson T. N., 1969 b. Some remarks on African disturbances and their progress over the Tropical Atlantic, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 10, 716-726.
- Carlson T. N., 1971. An apparent relationship between the sea surface temperature of the Tropical Atlantic and the development of African disturbances into tropical storms, *Mon. Weather Rev.*, **99**, 4, 309-310.
- Cushing D. H., Dickson R. R., 1976. The biological response in the sea to climatic changes, *Adv. Mar. Biol.*, **14**, 2-111.

- Franck N. L.**, 1970. Atlantic tropical system of 1969, *Mon. Weather Rev.*, **98**, 307-314.
- Gill A. E., Clarke A. J.**, 1974. Wind induced upwelling, coastal currents and sea level changes, *Deep-Sea Res.*, **21**, 325-345.
- Hisard Ph.**, 1973. Variations saisonnières à l'équateur dans le Golfe de Guinée, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **11**, 3, 349-358.
- Hisard Ph., Morlière A.**, 1973. La terminaison du Contre Courant Equatorial Subsuperficiel Atlantique (Courant de Lomonosov) dans le Golfe de Guinée, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **11**, 4, 455-464.
- Hisard Ph.**, 1975. La circulation superficielle dans la partie occidentale du Golfe de Guinée, *Doc. Sci.*, **VI**, 2, 41-57. CRO, Abidjan.
- Hisard Ph., Merle J.**, 1979. Onset of summer surface cooling in the Gulf of Guinea during Gate, *Deep-Sea Res.* (sous presse).
- Hookey P.**, 1970. Revenge of the Gods, *Weather*, **25**, 425-428.
- Houghton R. W.**, 1976. Circulation and hydrological structures over the Ghana continental shelf during the 1974 upwellings, *J. Phys. Oceanogr.*, **6**, 909-924.
- Houghton R. W., Beer T.**, 1976. Wave propagation during the Ghana upwelling, *J. Geoph. Res.*, **8**, 24, 4423-4429.
- Ingham M. C.**, 1970. Coastal upwelling in the northwestern Gulf of Guinea, *Bull. Mar. Sci.*, **20**, 1, 1-34.
- Krueger A. F., Winston J. S.**, 1975. Large scale circulation anomalies over the Tropics during 1971-1972, *Mon. Weather Rev.*, **103**, 6, 465-473.
- Lamb H. H.**, 1972. *Climate, past, present and future*. Methuen, London, 613 p.
- Lamb P.**, 1978. Case studies of the Tropical Atlantic surface circulation patterns during recent sub-Saharan weather anomalies : 1967 et 1968, *Mon. Weather Rev.*, **106**, 4, 482-491.
- Le Floch J.**, 1970. Mesures différentielles de courants au large de la Côte-d'Ivoire, *Cah. Oceanogr.*, **XXII**, 8, 781-799.
- Lemasson L., Rébert J.-P.**, 1973. Les courants marins dans le Golfe Ivoirien, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **11**, 1, 67-95.
- Longhurst A. R.**, 1962. A review of the Oceanography of the Gulf of Guinea, *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire A*, **24**, 3, 633-663.
- Longhurst A. R.**, 1971. The Clupeoid resources of tropical sea, *Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev.*, **9**, edited by Harold Barnes, George Allen and Unwin Ltd, London, 349-355.
- Marchal E. J., Picaut J.**, 1977. Répartition et abondance évaluées par échantillonnage des poissons du plateau Ivoirien-Ghanéen en relation avec les upwellings locaux, *J. Rech. Oceanogr.*, **2**, 4, 39-57.
- Mensah M. A.**, 1969. Zooplankton occurrence over the shelf of Ghana, Actes symp. Oceanogr. Res. Halieut. Atlant. Trop., Abidjan, 20-28/10/66, 241-254. UNESCO.
- Merle J., Fieux M., Hisard Ph.**, 1979. Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperatures in the Eastern Equatorial Atlantic Ocean, *Deep-Sea Res.* (sous presse).
- Merle J.**, 1980. Variabilité thermique annuelle et interannuelle de l'Océan Atlantique Equatorial Oriental, l'hypothèse d'un El Niño Atlantique, *Oceanol. Acta* (à paraître).
- Moore D. W., Hisard Ph., McCreary J., Merle J., O'Brien J. J., Picaut J., Verstraete J.-M., Wunsch C.**, 1978. Equatorial adjustment in the Eastern Atlantic, *Geoph. Res. Lett.*, **5**, 8, 637-640.
- Morlière A.**, 1970. Les saisons marines devant Abidjan, *Doc. Scient.*, **1**, 2, 1-15. CRO, Abidjan.
- Morlière A., Rébert J.-P.**, 1972. Étude hydrologique du plateau continental ivoirien, *Doc. Scient.*, **3**, 3, 1-3. CRO, Abidjan.
- Murray R., Ratcliffe R. A.**, 1969. The summer weather of 1968; related atmospheric circulation and sea temperature patterns, *Meteorolo. Mag.*, **98**, 201-219.
- Namias J.**, 1969. On the causes of the small number of Atlantic hurricanes in 1968, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 4, 346-348.
- Namias J.**, 1970. Macroscale variations in sea surface temperature in the North Pacific, *J. Geoph. Res.*, **75**, 3, 565-582.
- Namias J.**, 1971. The 1968-1969 winter as an outgrowth of sea and air coupling during antecedent seasons, *J. Phys. Oceanogr.*, **1**, 2, 65-81.
- Namias J.**, 1976. Some statistical and synoptic characteristics associated with El Niño, *J. Phys. Oceanogr.*, **6**, 2, 130-138.
- Philander S. G. H.**, 1979. Upwelling in the Gulf of Guinea, *J. Mar. Res.*, **37**, 1, 23-33.
- Philander S. G. H.**, 1978. Variability of the Tropical Oceans. Lecture given at the JOC/SCOR conference on general circulation models of the ocean and their relation to climates; Helsinki, May 1977; revised version April 1978. Subm. to publication to Dynamics of Atmosphere and Oceans.
- Picaut J., Verstraete J.-M.**, 1976. Mise en évidence d'une onde de 40-50 jours de période sur les côtes du Golfe de Guinée, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **14**, 1, 3-14.
- Rowntree P. R.**, 1976. Response of the atmosphere to a tropical Atlantic Ocean temperature anomaly, *Q. J. R. Meteorolo. Soc.*, **102**, 607-625.
- Sadler J. C.**, 1975. The monsoon circulation and cloudiness over the Gate area, *Mon. Weather Rev.*, **103**, 5, 369-387.
- Simpson R. H., Frank N., Shideler D., Johnson H. M.**, 1969. Atlantic Tropical disturbances of 1968, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 3, 240-255.
- Sugg A. L., Hébert J. P.**, 1969. The Atlantic Hurricane season of 1968, *Mon. Weather Rev.*, **97**, 3, 225-239.
- Tanaka M., Weare B. C., Navato A. R., Newell R. E.**, 1975. Recent African rainfall patterns, *Nature*, **225**, 201-203.
- Weare B. C.**, 1977. Empirical orthogonal analysis of Atlantic Ocean sea temperatures, *Q. J. R. Meteorolo. Soc.*, **103**, 467-478.
- Wyrtki K.**, 1975. El Niño. The dynamic response of the Equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing, *J. Phys. Oceanogr.*, **5**, 4, 572-584.
- Wyrtki K.**, 1977. Sea level during the 1972 El Niño, *J. Phys. Oceanogr.*, **7**, 6, 779-787.