

**INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION**

CENTRE DE BREST

**CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES
DES EAUX COTIERES DU TOGO
[GOLFE DE GUINEE]**

PAR

B. PITON

CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DES EAUX COTIERES DU TOGO

(GOLFE DE GUINEE)

par

Bernard PITON*

RESUME

A l'occasion de la réalisation de 1982 à 1984 du programme FOCAL dans l'Atlantique équatorial, il a été rassemblé un certain nombre de données océanographiques et climatiques concernant les eaux côtières du Togo permettant de mieux comprendre l'évolution annuelle des principales caractéristiques de la zone, température, salinité et courants de surface, mais aussi de décrire et d'expliquer la curiosité climatique de la région que constitue la faiblesse des pluies le long de la côte togolaise en relation avec le vent local. Un exemple de suivi pendant deux ans de l'évolution simultanée de la température, de la salinité, du courant de surface et des quantités de pluies au Wharf de Kpémé (Togo) est décrit dans le contexte exceptionnel que constituent les deux années 1983 et 1984 dans l'océan Atlantique équatorial.

mots-clés : Golfe de Guinée - Milieu côtier - Température -
Salinité - Courant de surface - Précipitations.

* Centre ORSTOM, IFREMER, BREST

ouest/est-nord-est (ou plus exactement au $257^\circ/77^\circ$ en gisement, fig. 1c), cette côte est basse et sablonneuse, isolant de la mer des lagunes et lacs (lagune Keta au Ghana, lac Togo, lac Nokoué au Bénin, fig. 1b). Elle constitue la bordure nord du système de courants guinéens, le courant de Guinée, en surface, continuation vers l'est du contre-courant nord-équatorial, et en profondeur le sous-courant de Guinée se dirigeant vers l'ouest.

La largeur moyenne du plateau continental, délimitée par l'isobathe 100 mètres, est de 23 kilomètres, l'isobathe 10 mètres étant très proche du rivage (fréquemment moins de 200 mètres). Suite à la construction dans les années 1978-1980 du port artificiel de Lomé, à une dizaine de kilomètres dans l'est de la ville (fig. 1c), et qui comporte aujourd'hui essentiellement 3 digues pleines de protection, sur 700 à 900 mètres vers le large, une érosion marine importante durant les années 1980-1984 a fait reculer la côte de plusieurs dizaines de mètres en certains endroits, dans l'ouest et l'est du port.

A 25 kilomètres dans l'est du port se trouve le wharf de Kpémé (fig. 1c) construit sur pilotis dans les années 1960 pour permettre l'embarquement du minerai de phosphate. Ce wharf, d'une longueur de 800 mètres, permet l'acheminement de ce minerai jusqu'aux cargos minéraliers pouvant accoster, par fonds d'au moins 12 mètres, à des "ducs d'Albe" construits dans l'est du wharf : cet accostage ne peut s'effectuer que par courant portant à l'est (courant de Guinée).

Rappelons enfin que le fleuve Volta se jette en mer au Ghana à une quarantaine de kilomètres dans l'ouest du cap St Paul avec un débit stabilisé autour de 800 m³/s depuis la construction en 1963-64 du barrage d'Akosombo (d'où la création d'un immense lac artificiel de l'ordre de 8 500 km²) et que la rivière Mono, dont le débit moyen annuel est voisin de 200 m³/s, atteint la mer au Bénin à 40 kilomètres dans l'est de Kpémé (fig. 1b).

3 - ORIGINE DES DONNEES

La phase d'observations intensives de programme FOCAL (programme Français Océan et Climat dans l'Atlantique équatorial) s'est déroulée de juillet 1982 à août 1984 sur tout l'océan Atlantique équatorial, et plus particulièrement dans le golfe de Guinée, avec, comme objectif principal, l'étude de la variabilité saisonnière et interannuelle du flux thermique transporté par les courants et contre-courants des 500 premiers mètres. Huit campagnes océanographiques comportant des mesures hydrologiques et courantométriques ont été effectuées chaque trimestre dans la partie orientale du golfe de Guinée par le navire océanographique ANDRE NIZERY à partir de Lomé (campagnes NICAL) tandis que le N.O. CAPRICORNE couvrait le reste de l'océan Atlantique équatorial jusqu'au Brésil.

Chaque campagne NICAL comprenait 2 radiales de stations de mesures, de 3°N à 6°S au voisinage du parallèle 6°E et de 6°S à 6°N au voisinage de 1°E (fig. 1a). Les coupes représentant les répartitions verticales de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous et de la composantes est-ouest du courant ont été présentées par HENIN et al. (1986).

Nous reprendrons ici la portion de certaines de ces coupes situées devant le Togo, jusqu'à 90 milles au large.

Simultanément à ces campagnes, en fait du 18 février 1983 au 7 février 1985, des mesures de température et de courant de surface ont été effectuées à partir du wharf de Kpémé par l'intermédiaire d'un courantomètre AANDERAA (cet appareil a fonctionné jusqu'au 27 mai 1985) ainsi que des prélèvements quotidiens d'eau de surface pour la détermination de la salinité.

A ces données récentes s'ajoute un ensemble de données plus anciennes : température de l'air, pluies, niveau moyen de la surface de la mer, ainsi que d'autres mesures de température et salinité de surface effectuées soit à Kpémé, soit à Lomé en ce qui concerne le Togo, ou encore à d'autres stations côtières du golfe de Guinée comme Abidjan et Pointe-Noire, données archivées à l'Antenne ORSTOM de Brest (cf. PRIVE et CORRE, 1979, en particulier).

4 - LES SAISONS MARINES DEVANT LE TOGO

Les saisons marines sont définies à partir de l'évolution annuelle des deux principales caractéristiques hydroclimatiques, la température et la salinité de l'eau de surface. Le troisième paramètre proprement hydroclimatique est le courant de surface, plus rarement utilisé car paramètre plus délicat à mesurer pendant de longues périodes. En fait, dans la notion de saisons marines, il est habituel d'ajouter des paramètres comme la température de l'air, le vent et surtout les précipitations, car tous ces paramètres sont très liés entre eux près des côtes surtout en milieu équatorial.

Nous présentons ici les principales caractéristiques définissant les saisons marines le long de la côte togolaise.

4.1 - Le front intertropical de convergence (FIT)

Le climat sur le golfe de Guinée et son pourtour immédiat dépend essentiellement des déplacements en latitude, selon le mouvement zénithal apparent du soleil, de la trace au sol de l'équateur météorologique, lieu de convergence des flux issus des différents centres de pression océaniques et continentaux, ici l'anticyclone de Ste-Hélène au sud et l'anticyclone égypto-libyen au nord. Cet équateur météorologique s'inscrivant dans l'axe des basses pressions intertropicales est assimilé au front intertropical de convergence (FIT) qui, aux longitudes considérées entre 10°W et 10°E, migre de 6°-8°N en février-mars jusqu'à 20°-25°N en juillet-août. La côte nord du golfe de Guinée est donc toujours située au sud de l'équateur météorologique et est soumise au régime climatique de l'hémisphère sud. Comme la partie active du FIT, en ce qui concerne les précipitations, est décalée vers le sud par rapport à la trace au sol du FIT, elle balaie cette zone deux fois dans l'année, d'où le rythme des 4 saisons annuelles d'importances inégales qui sera retrouvé dans l'évolution de tous les paramètres climatiques et hydroclimatiques de la région.

4.2 - La température de surface

L'examen de l'évolution annuelle moyenne de la température de surface devant Abidjan, Kpémé et Cotonou montre (fig. 2) les deux grandes saisons classiques dans le nord du golfe de Guinée, la grande saison chaude de mi-octobre à fin juin et la grande saison froide de début juillet à mi-octobre.

Cependant, on observe de mi-décembre à mi-février une petite saison froide caractérisée par une légère, mais significative, diminution de la température de surface isolant ainsi une petite saison chaude de mi-octobre à mi-décembre. En fait, cette petite saison froide n'est décelable en surface qu'entre les 2 zones côtières subissant de très fortes dessalures, la zone libérienne à l'ouest, c'est à dire entre le cap des Palmes et la frontière Bénin-Nigéria et le golfe de Biafra dans l'est du golfe de Guinée (fig. 1). Et si son existence au large, à l'équateur plus particulièrement, est encore à mettre en évidence, il n'en est pas de même le long de la côte congolaise où elle est bien marquée en décembre (fig. 2).

On peut souligner à cette occasion l'avance d'un mois environ dans les saisons à Pointe-Noire sur celles trouvées le long de la côte-nord du golfe de Guinée.

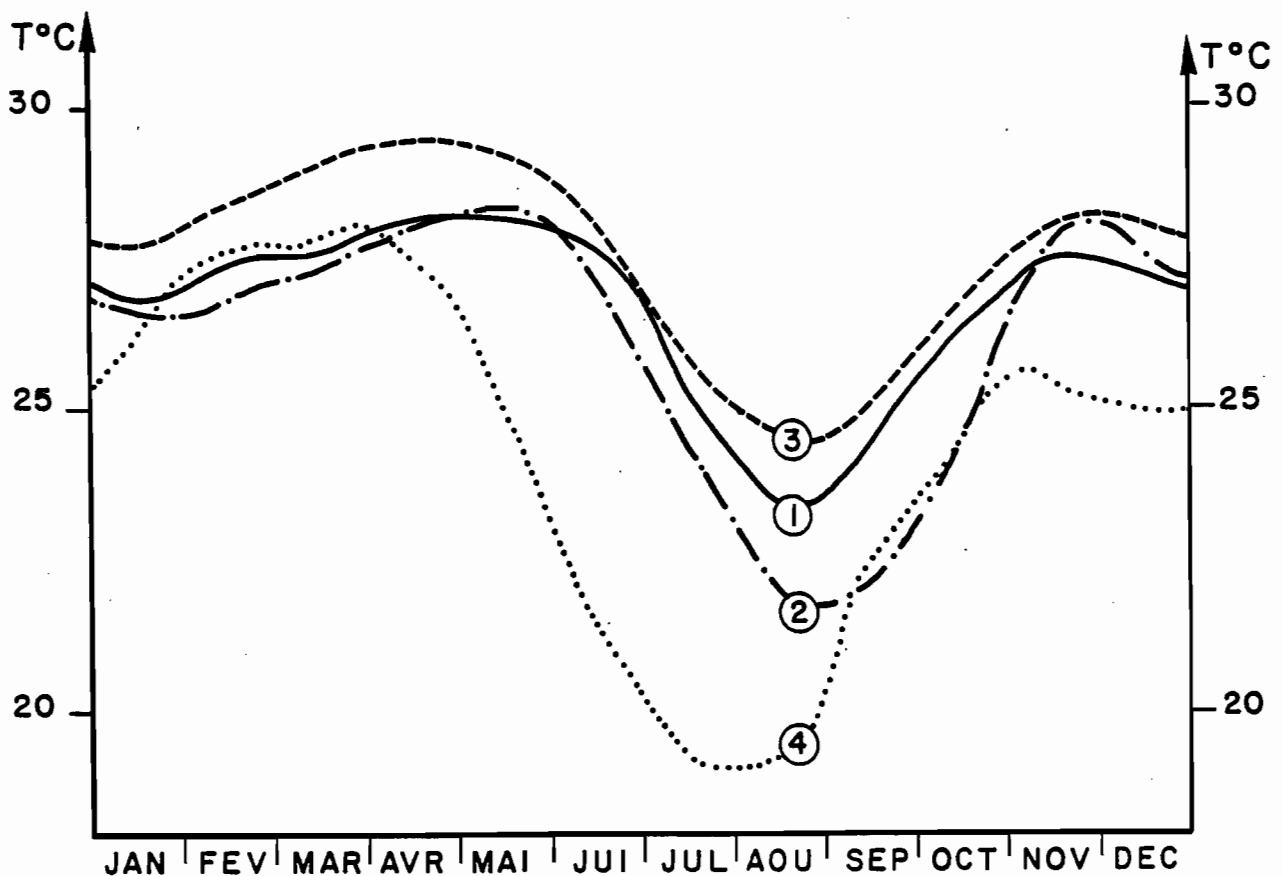


Fig. 2 - Evolution annuelle de la température moyenne de surface près des côtes :
1 - à Kpémé (1971-78),
2 - à Abidjan (1966-78),
3 - à Cotonou (1958-78),
4 - à Pointe-Noire (1953-77).

L'explication de la présence de ces 4 saisons en température de surface sera donnée plus loin.

A Kpémé, l'écart maximum entre les températures moyennes les plus élevées de saison chaude (28,2°C en avril) et les plus faibles de saison froide (23,4°C en août) est de 4,8°C nettement plus faible que celui observé à Abidjan où il est de 6,5°C (maximum : 28,3°C, minimum : 21,8°C) mais plus important que celui trouvé à Cotonou (3,8°C entre 29,3°C et 24,5°C). A titre de comparaison, cet écart est de 8,9°C à Pointe-Noire, entre les valeurs moyennes les plus élevées (27,9°C en fin mars) et les plus faibles (19,0°C en fin juillet). Si l'on admet qu'aux latitudes considérées (5°-6°N), l'écart de température de l'eau de surface en mer entre l'été et l'hiver est voisin de 4°C (comme par exemple dans le golfe de Biafra), on peut conclure d'après les chiffres précédents, et en se référant à ce qui est généralement admis, que la zone côtière située entre le cap des Palmes (8°W) et la frontière entre le Togo et le Bénin (2°E) est le siège d'un refroidissement relatif de l'eau de surface par rapport à l'eau du large par remontée d'eau subsurface atteignant la surface pratiquement tout au long de l'année, et plus particulièrement de juin à octobre : durant cette période, la température de l'eau de surface à la côte peut être de 1°C et jusqu'à 4°C plus froide que celle du large, ce refroidissement relatif étant plus important dans l'est (sous le courant dominant de Guinée) du cap des Palmes (MORLIERE et REBERT, 1972) et du cap des Trois Pointes (HOUGHTON, 1976).

4.3 - La salinité de surface

L'évolution de la salinité de surface près des côtes dépend de nombreux facteurs : pluies locales et eaux de ruissellement, évaporation, advection et mélanges verticaux. En milieu équatorial, on peut s'attendre à observer des variations importantes du fait des fortes précipitations très inégalement réparties, ce qui ne facilite pas les comparaisons entre les différents points de mesures.

Pour décrire l'évolution annuelle de la salinité devant le Togo, il a été choisi de commenter celle des valeurs moyennes par quinzaine pour les années 1958-1961 à Lomé par rapport à celles de Pointe-Noire (1953-1977) et celles de l'année 1959 à Lomé par rapport à celles mesurées de part et d'autre du Togo, à Tabou (Côte d'Ivoire) et Cotonou (Bénin).

L'évolution de la salinité moyenne des eaux côtières devant le Togo montre aussi un cycle à 4 saisons (fig. 3a) : saison à salinités moyennement élevées de mi-janvier à mi-mai, première période de dessalures de mi-mai à mi-juillet, de nouveau saison à salinités élevées de mi-juillet à début octobre, et enfin deuxième période de grandes dessalures de début octobre jusqu'à mi-janvier.

On voit que l'association faite fréquemment en milieu équatorial entre saison chaude et eau dessalée ne se "réalise" pas aussi bien à Lomé que devant Pointe-Noire comme le souligne le tableau 1 : en particulier, la grande saison chaude au Togo est associée à des salinités plutôt élevées, tandis qu'au Con-

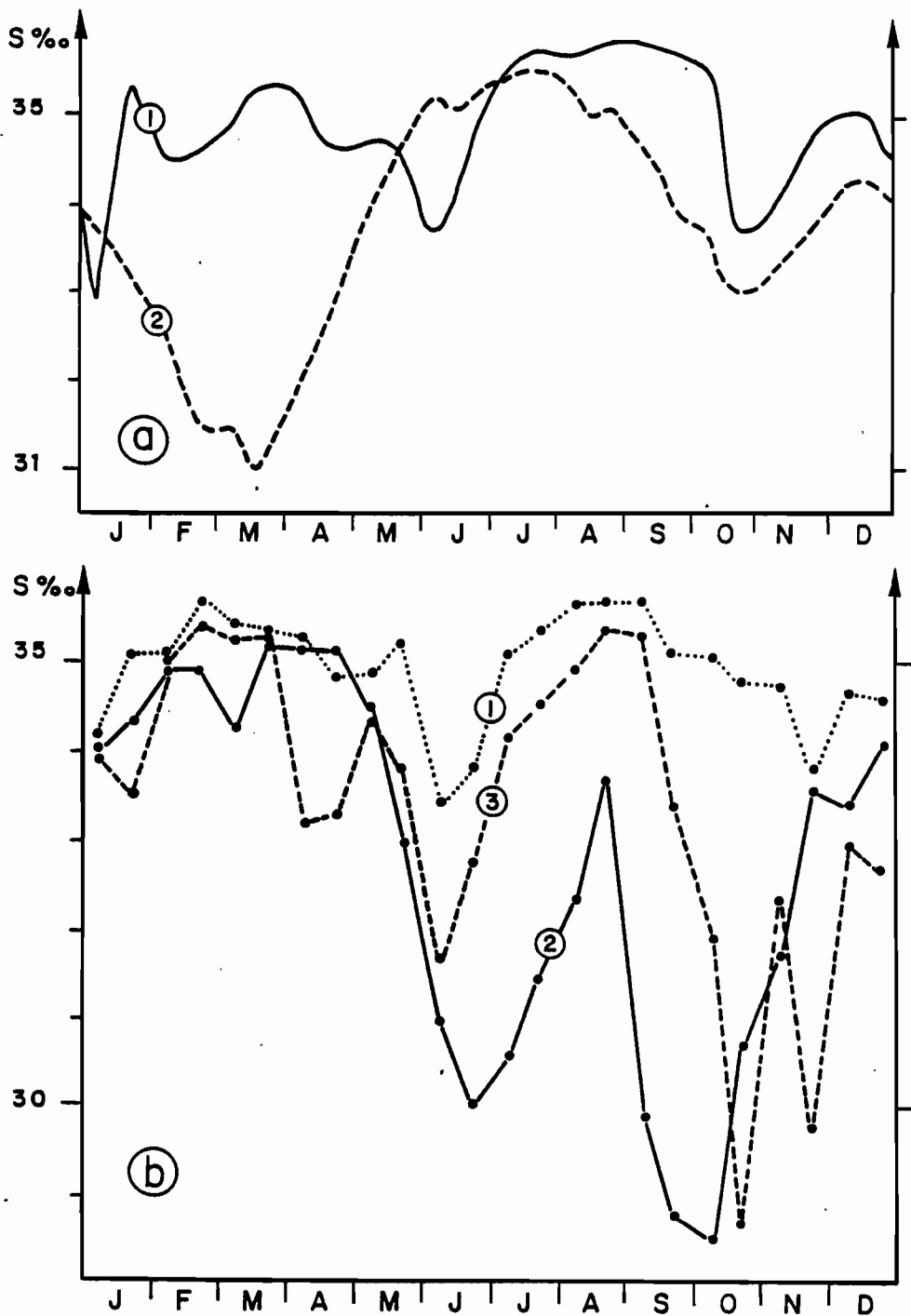


Fig. 3 - a) Evolution annuelle de la salinité moyenne de surface près des côtes : 1 - à Lomé (1958-61), 2 - à Pointe-Noire (1953-77).

b) Evolution de la salinité moyenne par quinzaine en 1959.:

- 1 - à Lomé,
- 2 - à Tabou (Côte d'Ivoire),
- 3 - à Cotonou.

go, elle est associée à de très faibles salinités. Ceci s'explique par la différence de latitude de ces 2 régions, ou plus précisément de leur position par rapport au FIT comme on le verra plus loin, ainsi que des modifications saisonnières dans la direction du courant du Congo (PITON, 1982).

Si l'on considère maintenant l'exemple de l'évolution des salinités au cours de la même année (1959) à Lomé et de part et d'autre (Tabou à l'ouest et Cotonou à l'est), on voit (fig. 3b) que la salinité de surface à Lomé est pratiquement toujours nettement supérieure à celle observée aux deux autres stations tout en suivant les mêmes variations : ceci montre, en première analyse, soit que le bilan pluie moins évaporation (P-E) est plus faible devant Lomé que devant Tabou et Cotonou, soit que Lomé est plus éloigné que Tabou et Cotonou des 2 centres de dessalures importantes que sont la zone côtière libérienne à l'ouest et le golfe de Biafra à l'est.

| T O G O | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUN | JUL | AOU | SEP | OCT | NOV | DEC |
|------------------------|-------------------|-----|-----|-------|-----|------------------------------|-------|-----|-------------------|-------|-----|-------|
| Température de surface | P S F | | | G S C | | | G S F | | | P S C | | |
| Salinité de surface | Salinités élevées | | | | | dessalures salinités élevées | | | fortes dessalures | | | |
| Pluies | G S S | | G S | | P | | P S S | | | P S P | | G S S |

| C O N G O | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUN | JUL | AOU | SEP | OCT | NOV | DEC |
|------------------------|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Température de surface | G S | | C | | G | | S F | | P S C | | P S F | |
| Salinité de surface | fortes dessalures | | | salinités élevées | | | dessalures salinités élevées | | | | | |
| Pluies | G | S | P | | G | | S | S | | P S P | | P S S |

Tableau 1 - Les saisons marines devant le Togo et le Congo.

- . PSF : petite saison froide, GSC : grande saison chaude, GSF : grande saison froide, PSC : petite saison chaude.
- . GSS : grande saison sèche, GSP : grande saison des pluies, PSS : petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies.

4.4 - Les précipitations

Pour comprendre les deux observations précédentes, il convient tout d'abord de présenter l'évolution moyenne des précipitations mensuelles sur la zone côtière du Togo qui montre encore un régime à 4 saisons (fig. 4) : la grande saison sèche de mi-novembre à fin-février, la grande saison des pluies de début mars à mi-juillet, une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre et enfin une petite saison des pluies de mi-septembre à mi-novembre. Ce qui étonne dans le régime des

pluies sur cette zone, c'est la faiblesse des quantités moyennes annuelles : 850 mm à l'aéroport de Lomé (période 1950-1958) et 930 mm au wharf de Kpémé (période 1961-1980) par rapport aux autres zones côtières du nord du golfe de Guinée où il tombe presque partout plus de 1 mètre de pluie par an (fig.6). Il faut remonter jusqu'aux régions sub-sahéliennes, vers 12°-13°N, pour retrouver des précipitations annuelles aussi faibles. Cette zone côtière à faible pluviosité s'étend de 2°W et 2°E, entre 2 limites bien définies où, sur une quarantaine de kilomètres, les différences moyennes de pluviométrie peuvent dépasser 400 mm par an.

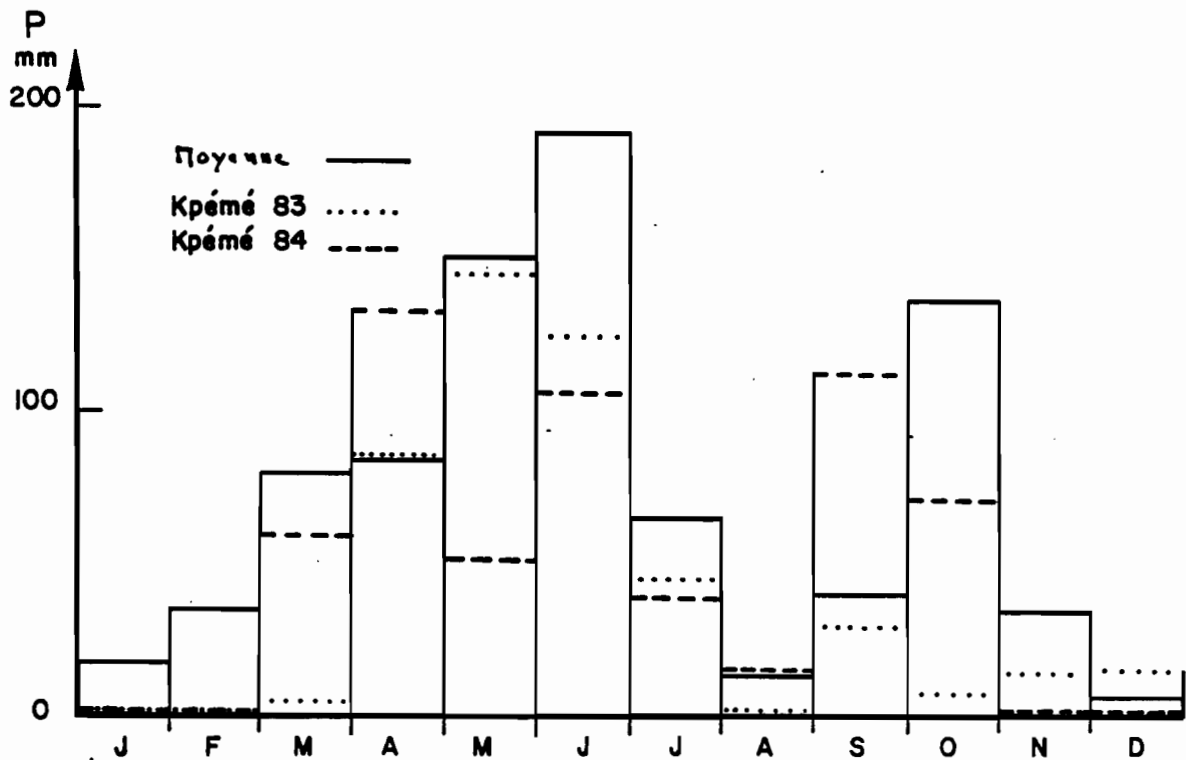


Fig. 4 - Quantités mensuelles moyennes (1950-1958) de pluies à Lomé et en 1983 et 1984 à Kpémé.

Pour comprendre le régime des pluies sur la côte nord du golfe de Guinée, on peut se référer à WAUTHY (1983) qui écrit :

"Dans le golfe de Guinée et sur le continent qui le borde, les précipitations dépendent de l'apport du flux atlantique sud humide qui met sa vapeur d'eau à la disposition des facteurs utilisateurs susceptibles de la faire précipiter dans la mesure où aucun facteur inhibiteur local ou régional ne s'y oppose".

Sur la bordure nord du golfe de Guinée, toujours située au sud de la trace au sol du FIT, le flux atlantique est présent toute l'année : on est en zone équatoriale sans saison sèche, tous les mois étant pluvieux, certains l'étant plus que d'autres en fonction de la position en latitude, entre le voi-

sinage de l'équateur de décembre à février et 10°N de juin à août, du principal utilisateur de l'eau précipitable, la partie active ou "zone intertropicale de confluence" (ZIC) de l'équateur météorologique, où les mouvements ascendants sont maximaux. Le passage deux fois par an de cette ZIC au-dessus de la zone côtière nord du golfe de Guinée lui confère un régime pluviométrique à deux maxima, à l'inverse du régime unimodal trouvé au nord du Togo par exemple. Le maximum principal des précipitations sur la zone côtière du Togo a lieu en mai-juin lors de la montée vers le nord de la trace au sol du FIT, le second plus faible en octobre lors de la descente du FIT. Entre ces deux saisons des pluies, s'intercalent en août-septembre une petite saison sèche associée à la position la plus septentrionale du FIT et de novembre à février une grande saison sèche lorsque le FIT est dans sa position la plus méridionale. On observe une dissymétrie dans l'importance relative des 2 saisons des pluies avec en outre un intervalle de 5 mois entre le cœur de la petite saison sèche (août) et celui de la grande saison sèche (janvier).

Les deux périodes de dessalures importantes devant le Togo se produisent en périodes pluvieuses, mais des salinités élevées sont aussi observées pendant ces périodes : il faut faire appel à l'advection pour expliquer ces dessalures relativement importantes.

Enfin, pour tenter d'expliquer cette "anomalie" pluviométrique sur les côtes ghanéenne et togolaise, il convient de présenter les caractéristiques du vent.

4.5 - Le vent

L'origine des remontées d'eau subsuperficielle à la côte dans le golfe de Guinée (upwellings ivoiro-ghanéen et congo-sud-gabonais) a été attribuée à l'action du vent, les alizés de sud-est, générés par l'anticyclone de Ste-Hélène mais déviés dans le golfe de Guinée vers les zones dépressionnaires du continent africain. De cette déviation résulte un vent de sud-sud-ouest plus ou moins parallèle à la côte en toutes saisons, comme le montre la figure 5a. Les mesures de vent en mer devant le Togo, rassemblées par HASTENRATH et LAMB (1977) montrent (fig. 5b) que devant le Togo le vent souffle du 220°-230° presque toute l'année sauf en avril-mai où il vient en moyenne du 210° (gisement de la côte : 257°/77°) ; sa vitesse moyenne est relativement faible, entre 4 et 5 m/s au maximum de juin à septembre, plus variable de 2 à 4 m/s durant le reste de l'année. En fait, si l'on considère uniquement la côte nord du golfe de Guinée, on voit (fig. 6) qu'en été austral (janvier) le vent est dominant de l'ouest-sud-ouest, effectivement presque parallèle à la côte, surtout sous le vent des caps (cap des Palmes, cap des Trois Pointes et cap St Paul), tandis qu'il s'infléchit sensiblement au sud-ouest en hiver (août). C'est donc durant toute l'année un vent de reflux favorable à la remontée à la côte d'eau subsuperficielle, d'autant plus efficace que le courant général (le courant de Guinée) longe la côte de l'ouest vers l'est avec des effets de cap (accélération du courant) surtout en hiver austral (juillet-août), favorables aux brassages verticaux de l'eau.

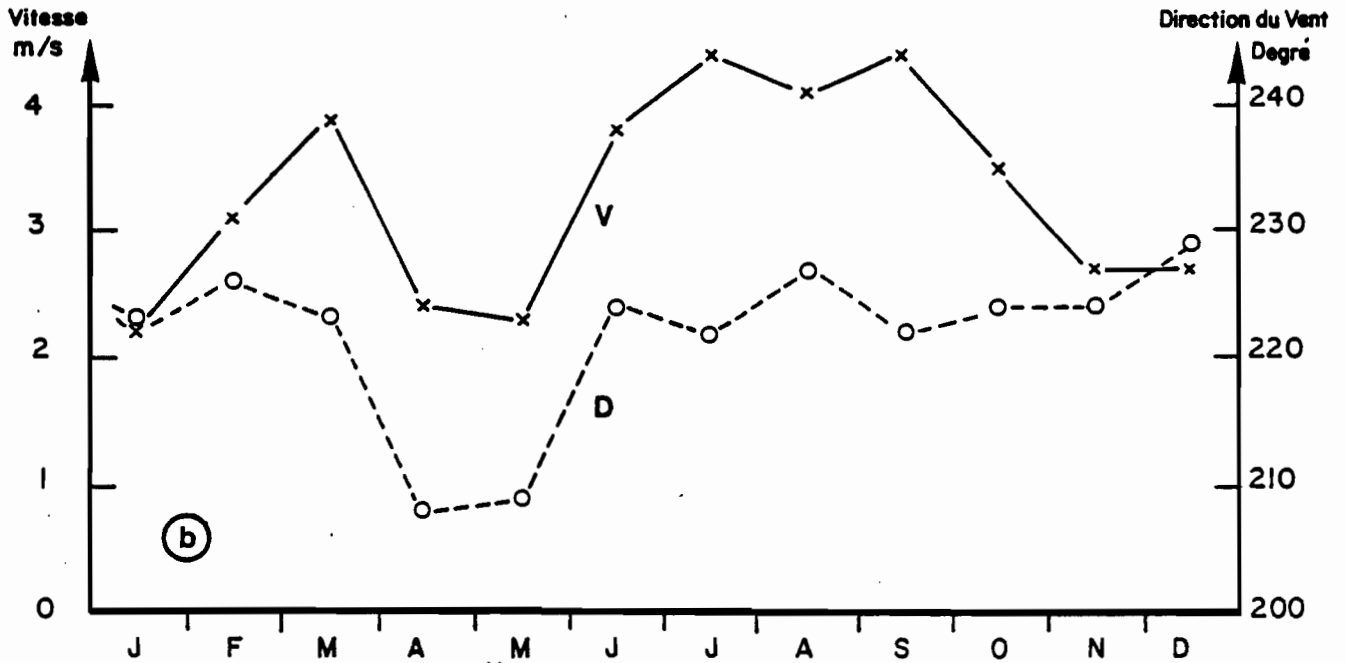
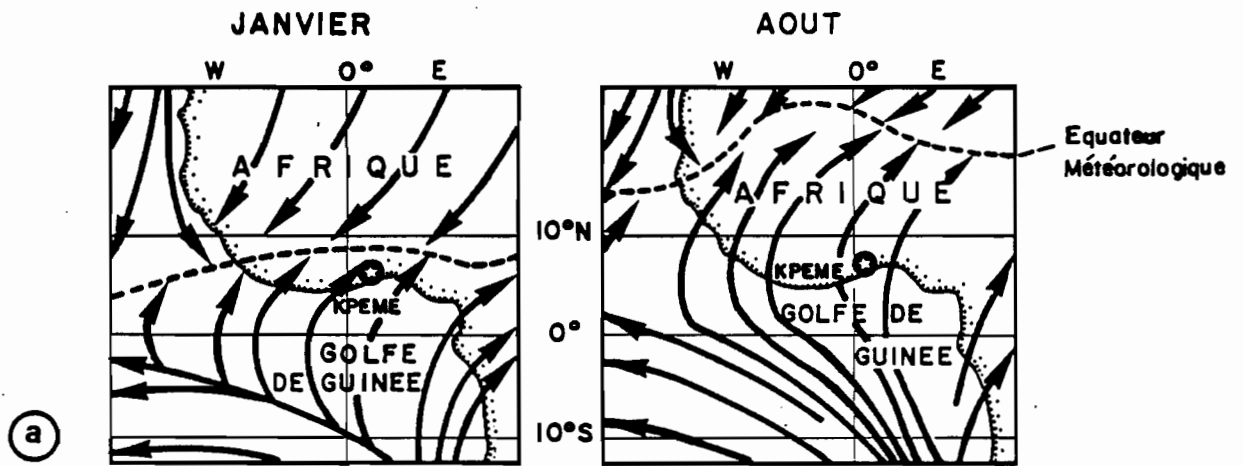


Fig. 5 - a) Direction moyenne du vent dominant sur le golfe de Guinée et l'Afrique occidentale en janvier et en août.

b) Evolution annuelle de la vitesse (V) et de la direction (D) mensuelles moyennes du vent devant la côte togolaise, d'après les données de HASTENRATH et LAMB (1977).

Cependant, l'importance de ces upwellings côtiers en regard de la faiblesse du vent a incité les océanographes à en rechercher une autre cause plus lointaine sous la forme d'une onde de Kelvin se propageant d'ouest vers l'est le long de l'équateur puis le long des côtes nord et est du golfe de Guinée et se traduisant par la remontée de la thermocline vers la surface ; cette onde est générée par l'augmentation de la vitesse des alizés sur l'ouest du bassin équatorial de l'océan Atlantique en été boréal. Cette explication séduisante (théorie du "remote forcing") pose encore quelques problèmes car les observations ne coïncident pas toujours avec la théorie (CANE et HOUGHTON, 1987).

période où la structure FIT ne l'explique pas, et alors qu'à l'intérieur du Congo, la petite saison sèche a lieu en janvier, conformément à la position de la structure FIT sur le continent africain à cette époque. Le golfe de Guinée serait situé dans une zone où la pluviométrie à la côte est très sensible au champ thermique sur l'océan dans le cas de l'inhibition par stabilisation des basses couches. La meilleure preuve en est l'évolution moyenne annuelle de la température de l'air où on note (fig. 7) une diminution sensible de la température de l'air en décembre-janvier durant la petite saison froide qui ne peut s'expliquer que par un refroidissement par l'océan (à Pointe-Noire, il a été trouvé un coefficient de corrélation de 0,92 entre la température de surface de la mer et la température de l'air, PITON et al. 1979)

Il faut cependant aussi noter que située vers 6°N, la côte togolaise est plus sensible aux effets de l'harmattan continental : ceci se voit au fait que l'humidité relative est significativement plus faible qu'à Abidjan et à Cotonou (LEROUX, 1983) et que l'évaporation annuelle y est de l'ordre de 1100 mm (période 1956-1959) d'après LAMOUREUX (1969), cité dans PLIYA (1981). Nous sommes en zone équatoriale où l'évaporation excède très nettement la pluviométrie, ce qui constitue effectivement une anomalie. A signaler enfin qu'ADEDOKUN (1978) explique cette rétention intrapluviale par l'existence d'une branche descendante de la circulation zonale de Walker sur la région d'Accra, au Ghana.

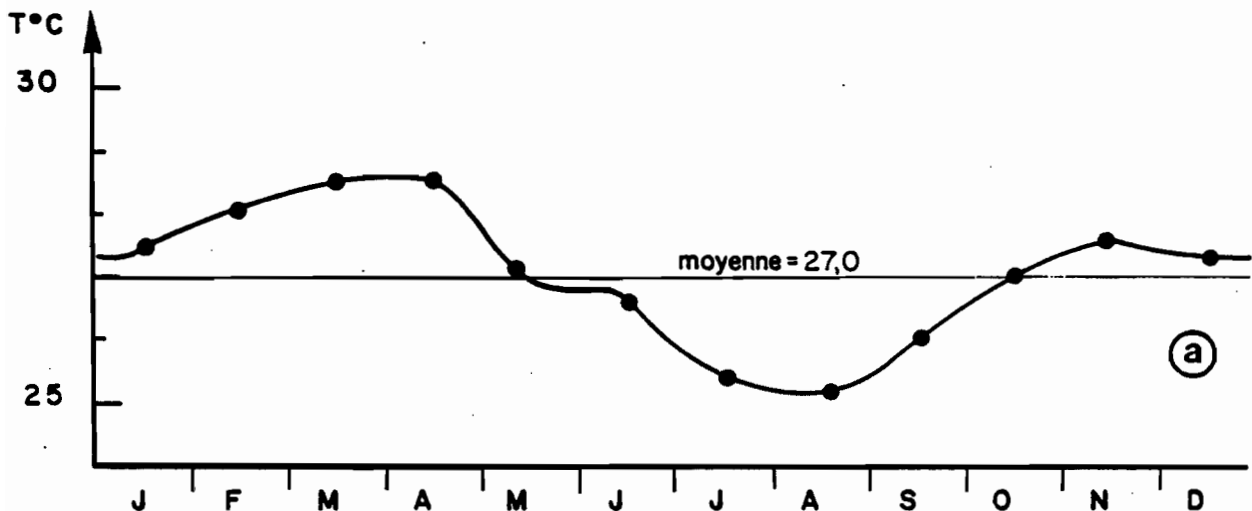


Fig. 7 - a) Evolution annuelle de la température mensuelle moyenne de l'air à Lomé.

4.6 - Niveau moyen

Pour compléter la description de l'hydroclimat au Togo, il convient de rappeler l'importance prise en océanographie ces dernières années par la surveillance des variations du niveau moyen de la mer, en référence surtout au phénomène "El Niño" dans le Pacifique, oscillation océanique à grande échelle, pouvant être détectée à partir du niveau moyen de la mer mesurés

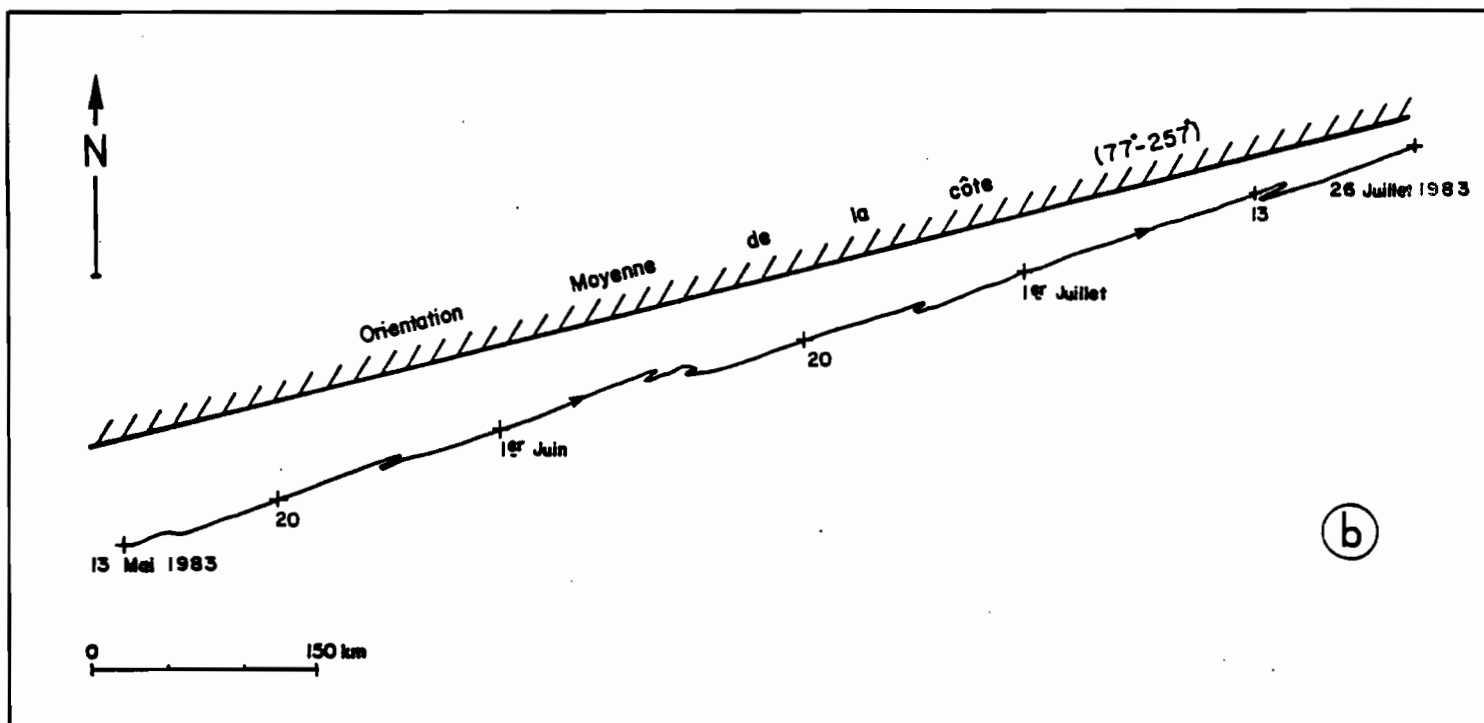
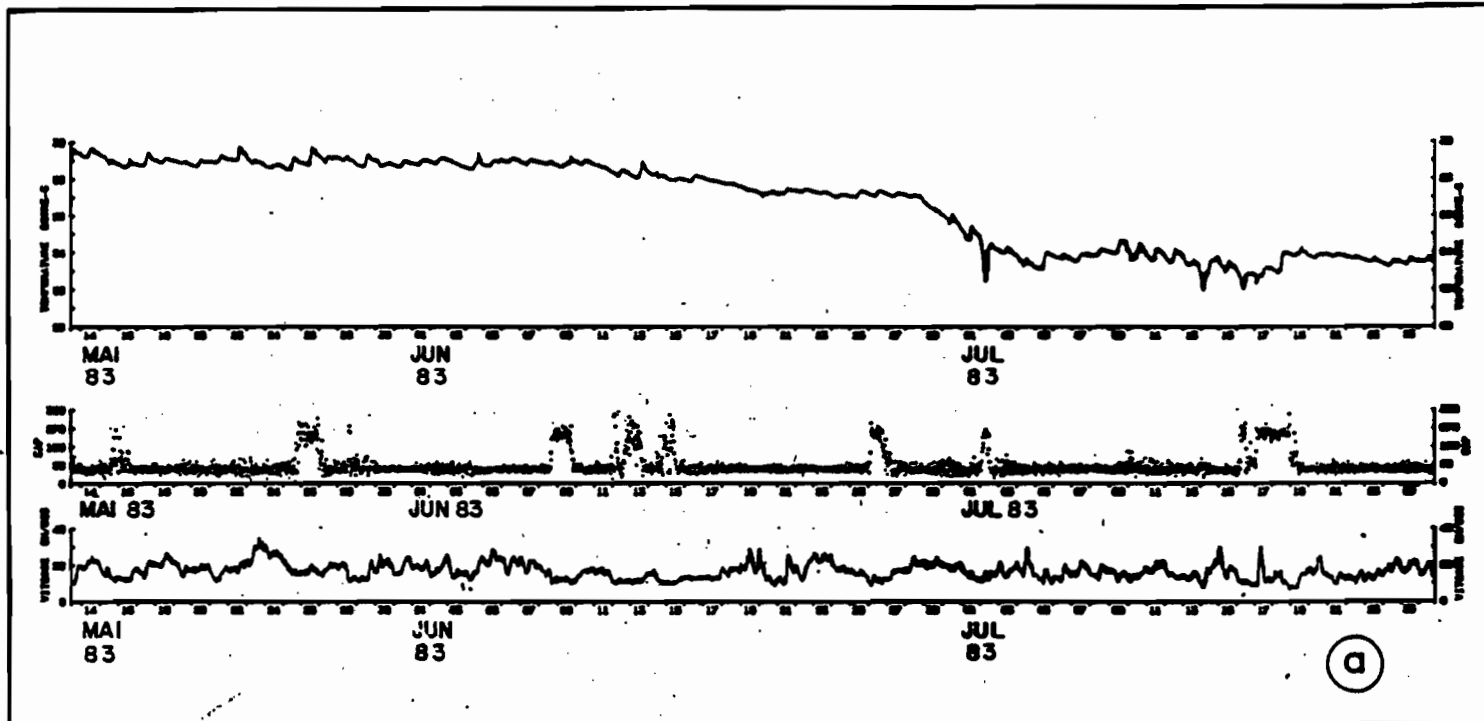


Fig. 8 - a) Exemples d'évolution de la température de surface, de la direction et de la vitesse du courant de surface au wharf de Kpémé, du 13 mai au 26 juillet 1983 (mesures toutes les 30 minutes).

b) Hodographe intégré du vecteur courant de surface durant la même période.

Le cycle diurne de la température ^{de surface} apparaît très nettement sur l'exemple précédent avec une amplitude pouvant être faible, inférieure à $0,2^{\circ}\text{C}$ comme du 17 juin au 24 juin ou importante, jusqu'à atteindre 1°C comme du 9 au 12 juillet 1983. On peut aussi observer des refroidissements brutaux de $2^{\circ}-3^{\circ}\text{C}$ comme dans la nuit du 1er au 2 juillet ou encore entre le 13 et le 14 juillet, s'accompagnant ou non d'un changement de direction du courant, attestant de la fragilité de la structure thermique de la couche superficielle devant la côte togolaise, sans modification dans la direction du courant.

L'analyse détaillée de ces variations diurnes apporte des renseignements intéressants. Les faibles variations des 17 au 20 juin 83 correspondent à un ciel très nuageux avec pluies de 12 à 23 mm et vent faible à Kpémé, alors que les fortes am-

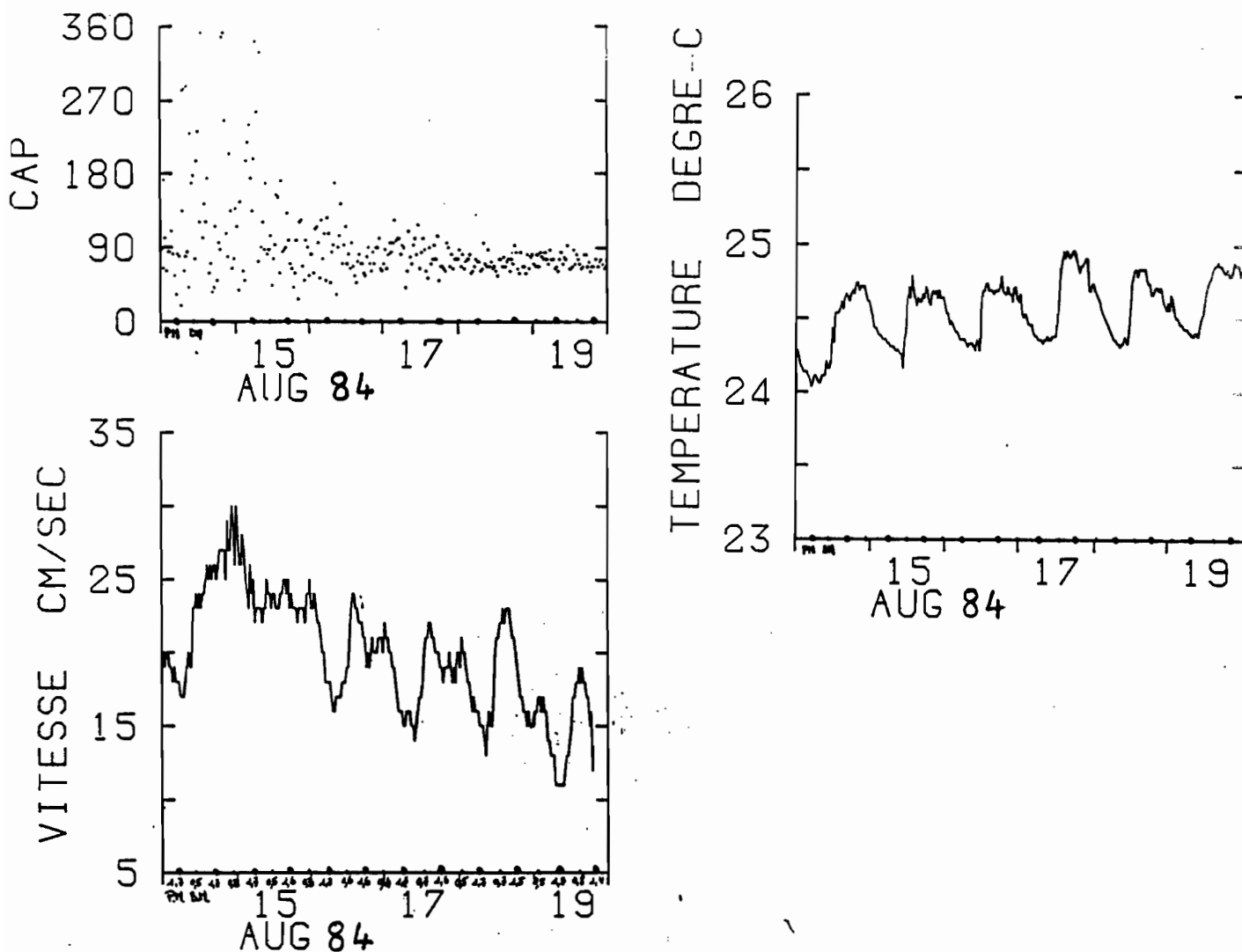


Fig. 9 - Exemple d'évolution de la température de surface, de la direction et de la vitesse du courant de surface en référence avec la marée (PM : pleine mer, BM : basse mer), du 14 au 19 août au wharf de Kpémé (mesures toutes les 30 minutes).

plitudes observées du 9 au 13 juillet 83 correspondent à des journées normalement ensoleillées et ventées. Un exemple de même type se produisant du 14 au 19 août 1984 est rapporté ici en détail en référence avec la marée (fig. 9) : l'amplitude maximum est en moyenne de 0,6°C, la température minimale étant observée entre 6 et 10 heures du matin, le réchauffement se faisant ensuite brusquement, en 1 à 2 heures, vers midi. Il se maintient jusqu'à 22-24 heures, le refroidissement s'effectuant ensuite plus lentement jusqu'aux environs de 6 heures du matin. Ce cycle semble indépendant de la marée, donc aussi des variations de l'immersion du capteur en fonction de cette marée (marnage de 1,2 mètre).

On peut noter enfin des "pointes de vitesses" correspondant à la marée basse (augmentation de 6 à 8 cm/s, soit près de 50 % de la vitesse à marée basse par rapport à celle trouvée à marée haute), ce qui doit être dû à un important gradient vertical de la vitesse, le capteur de vitesse étant plus proche de la surface à marée basse.

B - Considérations statistiques sur le courant de surface à Kpémé

La vitesse : La précision de l'appareil utilisé est donnée égale à 1 cm/s. Il est certain que parmi les mesures retenues comme valables (63 % des mesures effectuées), certaines sont encore entâchées de légères erreurs dues au frottement causé par les salissures se déposant sur le rotor surtout en fin de séquences d'observation. Quant aux effets dus aux vagues (de hauteur inférieure à 1 mètre) et surtout de la houle du large dont la hauteur varie entre 1 et 2 mètres, il est convenu de considérer que lorsque le courantomètre est suspendu à partir d'un support fixe, la vitesse est erronée par excès du fait de la présence des vitesses orbitales des vagues et de la houle au niveau du rotor (GONELLA et LAMY, 1974). On peut donc estimer que les valeurs retenues sont très proches de la réalité.

La distribution statistique des vitesses mesurées réparties par classe de 2 cm/s donne une courbe en cloche très étroite (fig.10) autour d'une moyenne générale de 14,6 cm/s : 12 % des valeurs sont inférieures à 10 cm/s, tandis que 0,6 % seulement des valeurs sont supérieures à 30 cm/s, les plus grandes vitesses ayant été observées le 30 décembre 1983 (maximum de 57 cm/s) portant à l'ouest, et le 14 décembre 1984 (maximum de 87 cm/s) portant à l'ouest aussi : on ne peut pas cependant en première analyse attribuer statistiquement les plus fortes vitesses aux flux de retour vers l'ouest.

La direction : Il a été noté sur les 2 exemples décrits précédemment que le courant dominant portait à l'est-nord-est avec de fréquentes rotations de 180°. La distribution statistique de ces directions groupées en 16 classes de 22,5° chacune donne une répartition bimodale représentée par la figure 11. Les 2 classes prépondérantes (ENE et WSW) incluent l'orientation de la côte 77°/257°. Toutes saisons confondues, le courant porte à l'est-nord-est dans 45 % des cas et à l'ouest-sud-ouest dans 8 % des cas. Mais si l'on considère que le courant de Guinée englobe les courants portant à l'est, de nord-nord-est à sud-est, on

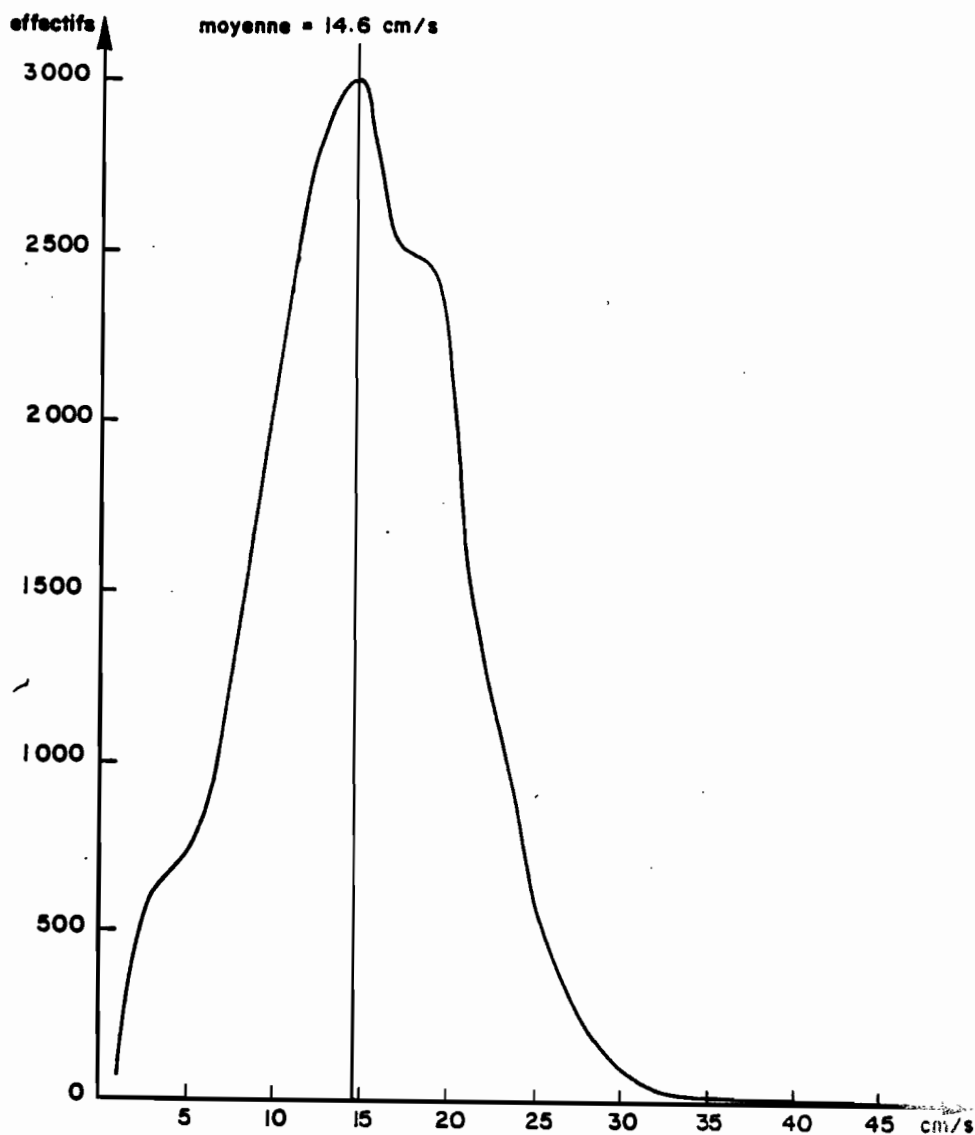


Fig. 10 - Répartition statistique des vitesses du courant de surface au wharf de Kpémé (février 1983-février 1985, classes de 2 cm/s). Total des mesures : 21.464

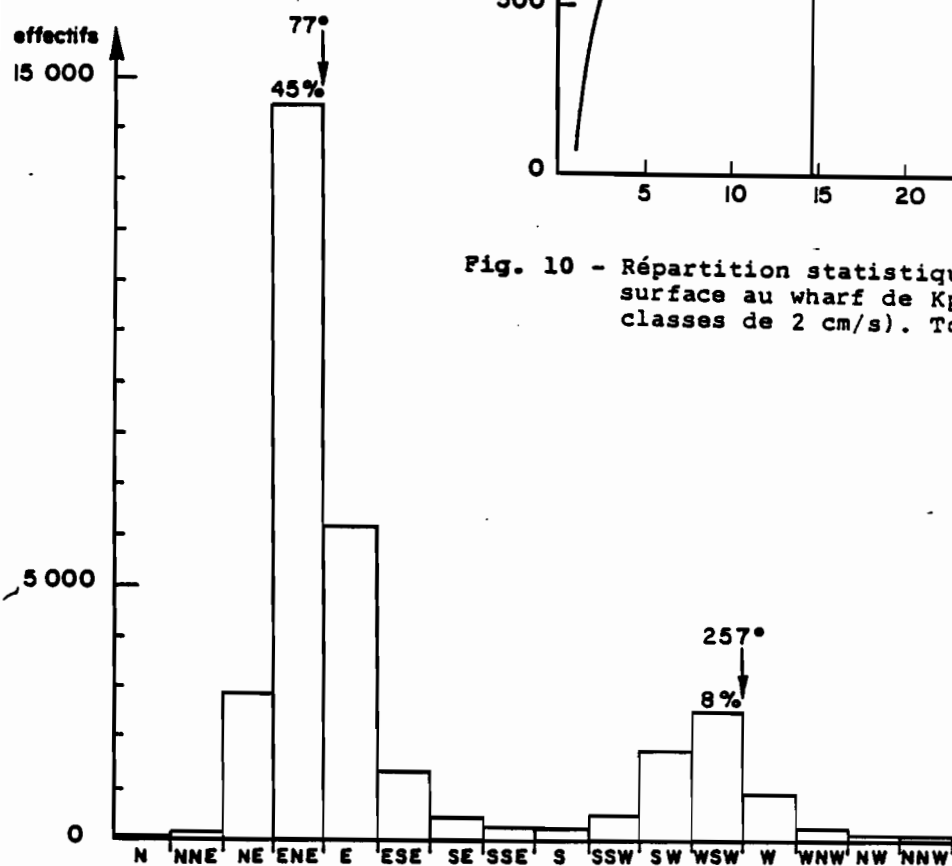


Fig. 11 - Répartition statistique des directions du courant de surface au wharf de Kpémé (février 1983-février 1985, classes de 22,5°). Total des mesures : 31.964

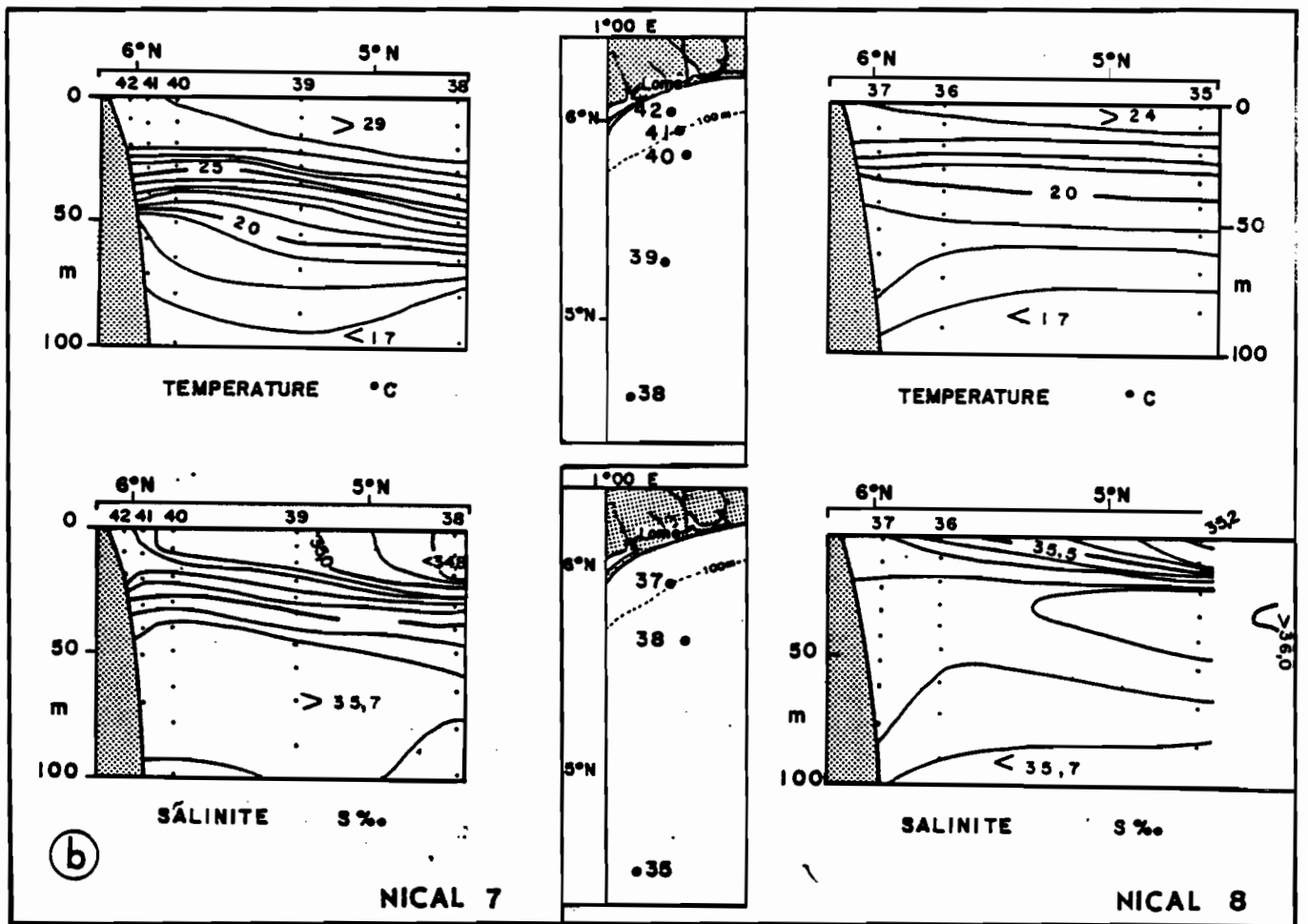
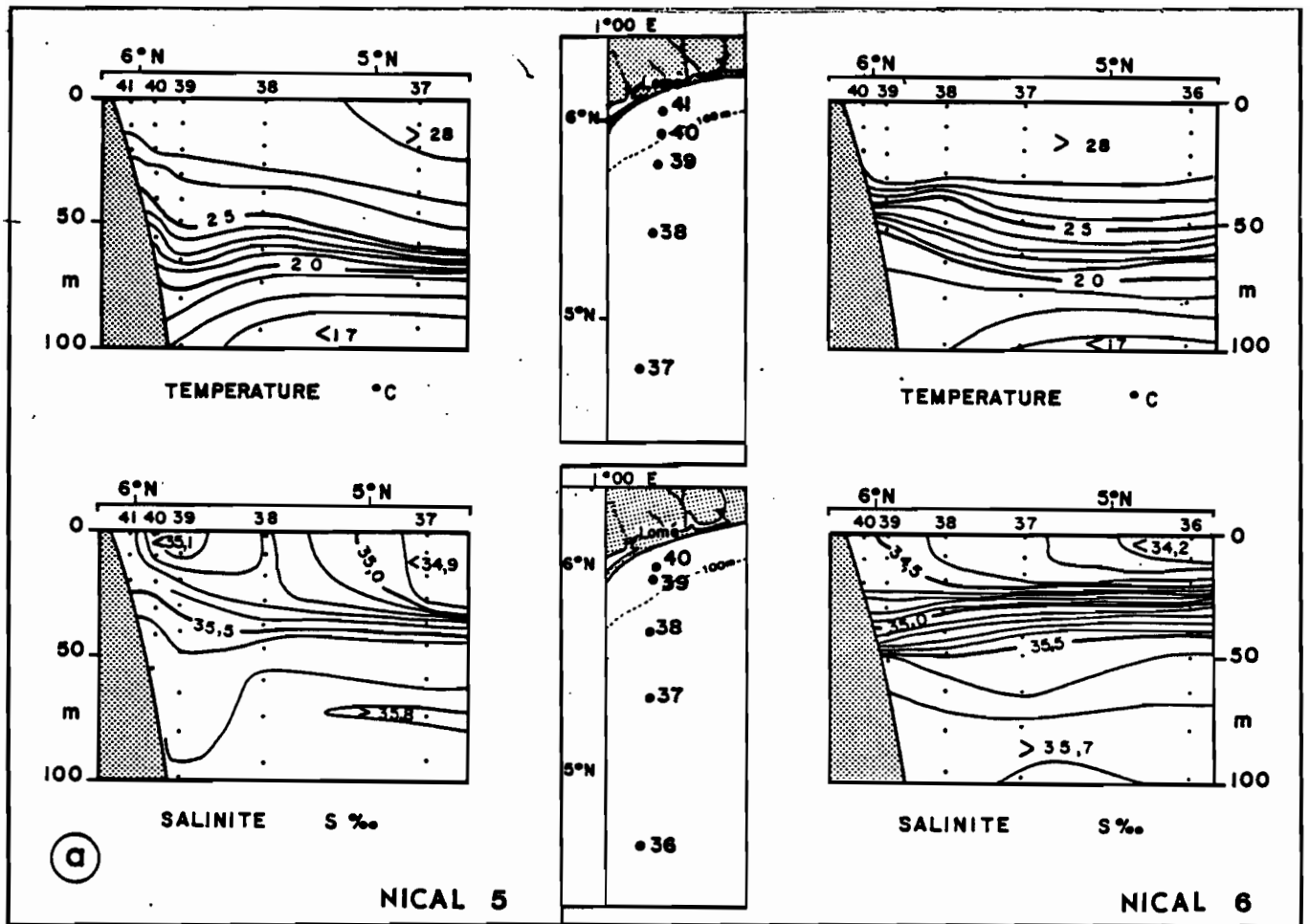


Fig. 13 - Répartitions verticales de la température et de la salinité devant le Togo observées durant les campagne NICAL du N.O. ANDRE NIZERY :

a) 19-20 novembre 1983 (NICAL 5) à gauche et 24-25 février 1984 (NICAL 6) à droite,

b) 19-20 mai 1984 (NICAL 7) à gauche et 10 août 1984 (NICAL 8) à droite.

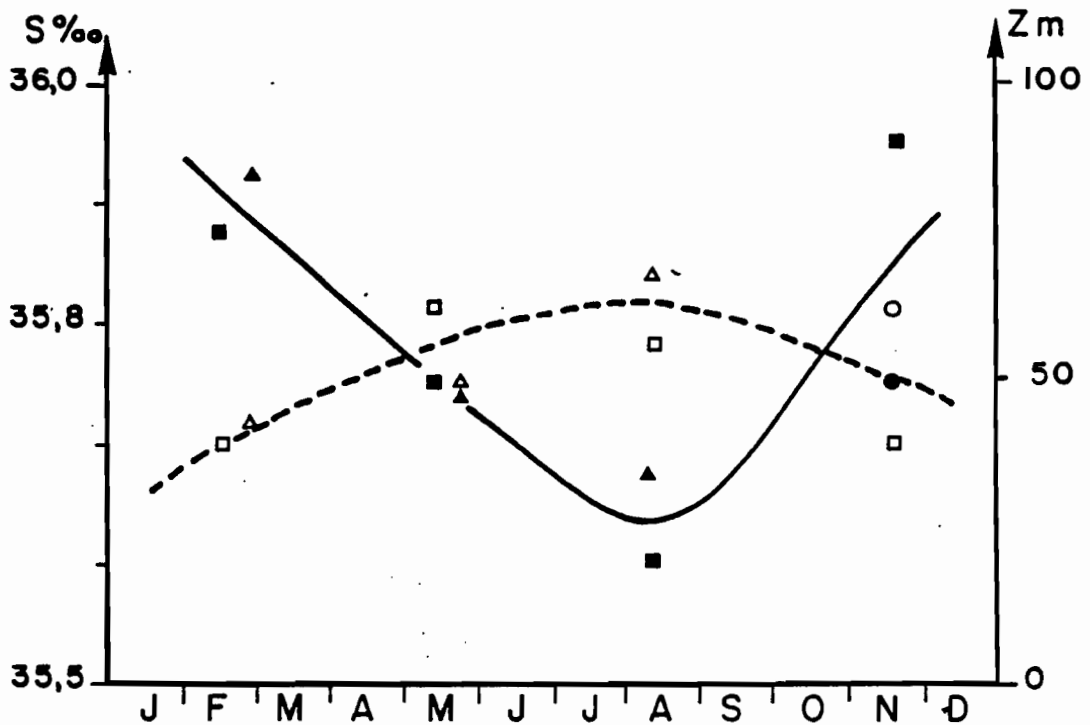


Fig. 14 - Evolution annuelle de la valeur du maximum de salinité subsuperficiel (S) et de son immersion (Z) devant le TOGO (campagnes NICAL 1982-1984).

| | | | |
|---|------|---|--|
| S | | Z | |
| ○ | 1982 | ● | |
| □ | 1983 | ■ | |
| △ | 1984 | ▲ | |

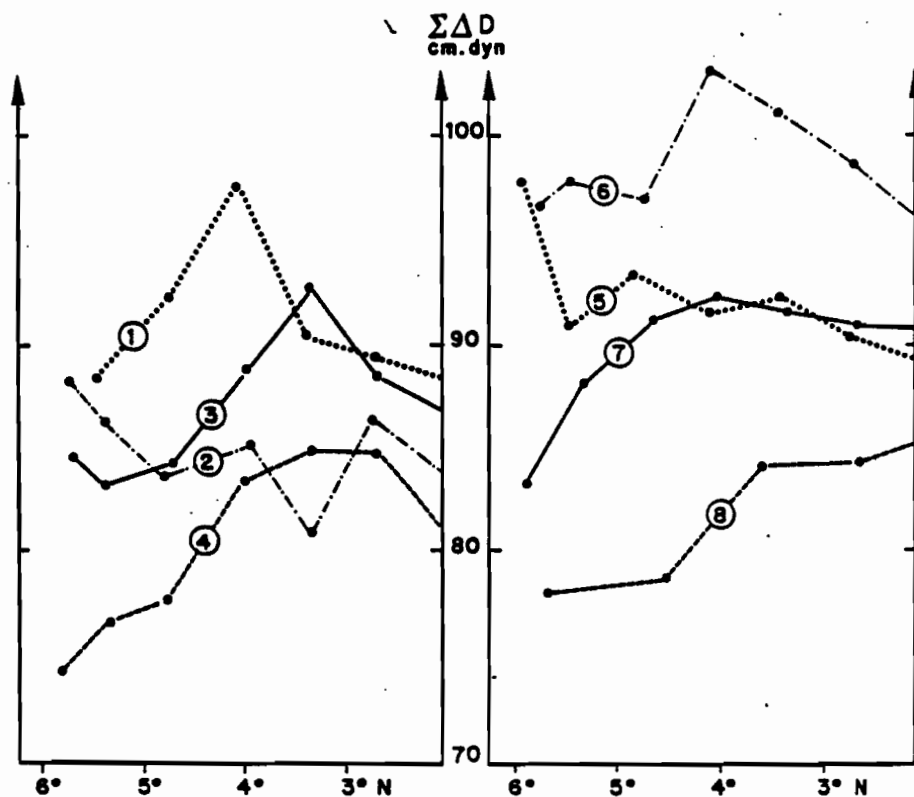


Fig. 15 - Anomalies de hauteurs dynamiques de la surface par rapport à 500 décibars devant le Togo durant les campagnes NICAL :

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 - 16-17 novembre 1982, | 5 - 19-20 novembre 1983, |
| 2 - 16-17 février 1983, | 6 - 24-25 février 1984, |
| 3 - 11-12 mai 1983, | 7 - 19-20 mai 1984, |
| 4 - 11-12 août 1983, | 8 - 10 août 1984. |

hauteurs dynamiques de la surface par rapport à 500 décibars entre 3°-4°N, zone de convergence entre le courant de Guinée et le courant sud-équatorial, et le Togo ; la différence de niveau peut être de 10 cm - dynamique. Mais du fait de la proximité relative de la bordure est du golfe de Guinée d'une part et de l'excédent important d'eau douce apportée par les pluies et le ruissellement sur l'évaporation dans le golfe du Biafra et son pourtour d'autre part (WAUTHY, 1977), des flux de retour de l'est vers l'ouest peuvent prendre naissance non seulement près de la côte mais aussi au large. C'est ainsi qu'en février et novembre 1983, il est observé (fig.15) une inversion de la pente dynamique de la côte vers le large. Ces flux d'est au large peuvent ne pas correspondre à des flux simultanés de retour à la côte. Cependant, il a été observé en mai 1985 une dérive d'une centaine de milles vers l'ouest d'une bouée à positionnement par satellite au large des côtes du Nigeria en même temps qu'un courant de surface vers l'ouest était mesuré à Kpémé (PITON et KARTAVTSEFF, 1986).

5.2 - Les saisons marines 1983-1984 au Togo

Après définition des caractéristiques générales des saisons marines au Togo et description d'un ensemble de mesures effectuées près de la côte et au large de ce pays en 1983 et 1984, il est intéressant de suivre sur un cas concret, et dans un contexte général exceptionnel, l'évolution des saisons avec leurs caractéristiques et leurs particularités pendant ces 2 années.

L'évolution de la température et de la salinité de surface mesurées au wharf de Kpémé (fig. 16) sert de base pour délimiter chacune de ces saisons ; s'y ajoutent les références aux pluies mensuelles de 1983 et 1984 à Kpémé (fig. 4) et à la direction du courant donnée schématiquement par le tableau 2, qui inclut les mesures effectuées jusqu'à fin mai 1985, ainsi que les précipitations à Cotonou de février 1983 à mai 1985.

On peut estimer que la grande saison chaude (GSC) 1983 commence vers le 5 mars 1983 quand la température de surface dépasse franchement 27°C, après une petite saison froide caractérisée en février 1983 par une température très variable entre 26,5°C et 27,5°C, une salinité voisine de 34,80 ‰ et pluie nulle. Cette GSC 1983 dure jusqu'à fin juin 1983 (soit 3 mois et demi) où une chute brutale de température de près de 4°C en 7 jours est enregistrée ; la salinité, voisine de 34,80 ‰ jusqu'à fin mars, augmente relativement brusquement en début avril jusqu'à atteindre 36,00 ‰ au maximum puis diminue jusqu'à des valeurs voisines de 35 ‰ en début juin et augmente de nouveau en fin du mois de juin.

Parallèlement, les pluies à Kpémé, encore pratiquement inexistantes en mars (6 mm), sont très proches de la moyenne mensuelle en avril (84 mm) et mai (146 mm), puis déficitaires en juin (126 mm) et juillet (48 mm). On voit que ces pluies sont relativement faibles, surtout en début d'année au moment où le FIT est situé très au sud avec à Lomé, "temps d'harmattan" (60 % d'humidité) et, en mer, vent du sud très faible trouvé durant campagne NICAL 2 au début du mois de février. Cependant, la première "poussée" de fortes salinités (jusqu'à 36 ‰) se produit en début avril, en pleine saison chaude, qui correspond d'ail-

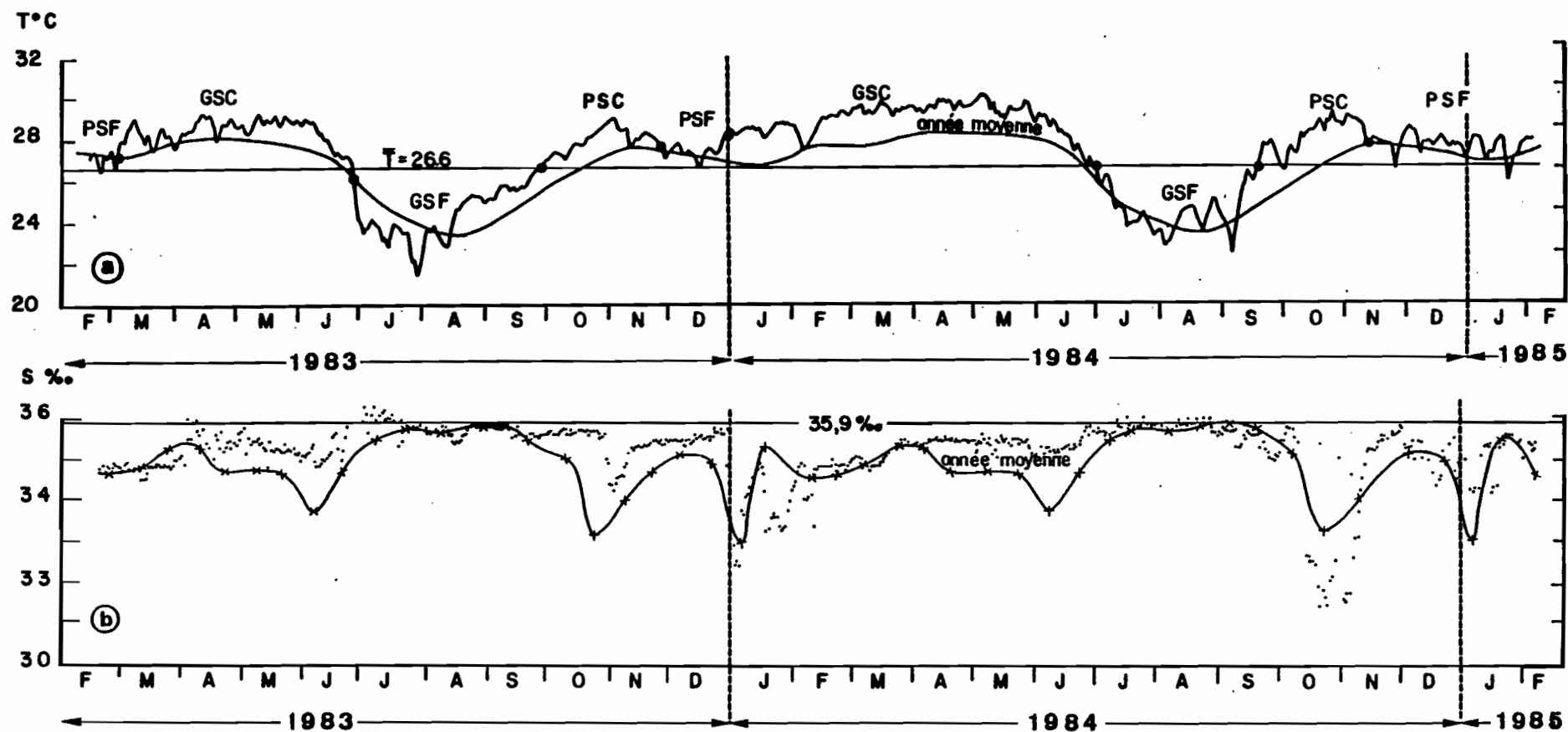


Fig. 16 - Evolutions de la température de surface (mesures toutes les 30 minutes et filtrage sur 6 heures) et de la salinité de surface (mesures quotidiennes) au wharf de Kpémé de février 1983 à février 1985, en référence avec l'évolution moyenne obtenue à partir de mesures effectuées de 1970 à 1978.

* $\bar{T} = 26,6$: température moyenne annuelle,
 * $35,9\text{‰}$: valeur maximale de la salinité du maximum subsuperficiel.

leurs à celle trouvée sur la courbe d'évolution moyenne durant la deuxième quinzaine de mars, sans relation apparente avec les précipitations. En absence de mélanges importants entre l'eau de surface et l'eau subsuperficielle à cette époque, ces salinités élevées ne peuvent s'expliquer que par une forte évaporation côtière localisée devant le Ghana puis le Togo : effectivement, du 10 mars au 10 avril 1983, le courant de surface à Kpémé a pratiquement toujours porté à l'est (cf. tableau 2).

La grande saison froide (GSF) 1983 s'établit par un brusque refroidissement de l'eau de surface autour du 28 juin et peut être considérée comme durant jusqu'aux alentours du 28 septembre (soit 3 mois). Elle est accompagnée de très faibles pluies en juillet (48 mm), août (2 mm) et septembre (34 mm). Après avoir atteint de très fortes valeurs, jusqu'à 36,25 ‰, en début juillet, la salinité se stabilise autour de 35,65 ‰. L'établissement de cette saison s'effectue au moment où le courant d'ouest est pratiquement permanent (cf. tableau 2) : pour expliquer ces fortes valeurs de salinité en début juillet, il faut associer l'excédent d'évaporation sur les pluies devant le Ghana et le Togo à la remontée en surface de l'eau subsuperficielle salée, comme le suggère la répartition verticale de la salinité (fig. 12b).

La petite saison chaude (PSC) 1983 débute le 28 septembre et peut être estimée durer jusqu'à ce qu'il soit possible de distinguer la petite saison froide (PSF) qui se dessine bien sur la figure 1b entre le 30 novembre et le 29 décembre, soit un mois plus tôt qu'habituellement. La précocité de cette petite saison froide 1983 devant le Togo est à rapprocher de celle observée pour la petite saison froide 1983 à Pointe-Noire qui s'est produit fin novembre-début décembre (LOCKO et YOBA, 1985).

La PSC est caractérisée par une nette dessalure (jusqu'à 34,20 ‰) à Kpémé fin octobre-début novembre, qui semble habituelle à cette époque, sans commune mesure, cependant avec les précipitations locales (9 mm pour tout le mois d'octobre) : pour expliquer cette dessalure, il faut faire appel ici aussi à l'advection et on peut associer cette dessalure commençant le 28 octobre au changement de direction du courant de surface venant de l'est les 26, 27 et 28 octobre.

Toute cette fin d'année 1983 connaît un déficit en pluies (19 mm seulement en novembre et 17 mm en décembre) : l'année 1983 a été très déficitaire en pluie à Kpémé (total de 493 mm contre 930 mm en moyenne) ainsi qu'à Lomé (679 mm) et à Cotonou (1014 mm) par rapport aux moyennes respectives de 850 et de 1245 mm.

On peut estimer que la grande saison chaude 1984 commence le 30 décembre 1983 et dure pendant 6 mois vers le 30 juin, ce qui est une durée exceptionnellement longue. De plus, les températures atteignent des valeurs élevées, jusqu'à 30°C, ce qui est aussi exceptionnel. Il est trouvé des salinités de sur-

face faibles (jusqu'à un minimum de 32,40 ‰) en janvier et début février 1984, ces salinités croissant ensuite lentement pour se stabiliser autour de 35,30-35,40 ‰. Les pluies locales déjà faibles en décembre 1983 sont nulles en janvier et février 1984, puis ne s'écartent pas exceptionnellement de la moyenne ensuite (25 mm en mars, 134 mm en avril, 49 mm en mai et 67 mm en juin). Pour expliquer les faibles salinités du début 1984, on note (cf. tableau 2) que la fréquence du courant venant de l'est est exceptionnellement haute de fin-décembre 1983 à mi-janvier (occurrence de 40 % contre 18 % en moyenne).

La durée exceptionnelle de cette GSC et les températures très élevées atteintes seraient les conséquences d'un flux est exceptionnellement important, confirmation d'un contre-courant nord-équatorial exceptionnellement sud et important suite à la position très méridionale du FIT et au relâchement des alizés sur le bassin équatorial de l'océan Atlantique ouest en début 1984 après une période d'alizés forts en été 1983 (PITON, 1987). L'importance de ce flux est se traduit sur la coupe verticale de température (fig.13a) par la grande épaisseur de la couche homogène (supérieure à 30 mètres) en février 1984, qui empêche tout refroidissement superficiel par mélange avec la couche subsurface.

La grande saison froide 1984 peut être estimée commençant vers le 30 juin, comme en 1983, mais avec une diminution plus progressive de la température de surface, et se terminant vers le 20 septembre lors d'une augmentation brutale de la température (5°C en 15 jours). La salinité reste en moyenne voisine de 35,80 ‰, avec cependant quelques sursalures, jusqu'à 36 ‰, tandis que les pluies, faibles en juillet (43 mm) et août (20 mm), ne deviennent importantes qu'en septembre (117 mm).

Il est ensuite possible de détecter une petite saison chaude du 20 septembre au 10 novembre 1984, caractérisée par des dessalures importantes (jusqu'à 31,30 ‰), qui correspondent moins, encore une fois, à des précipitations locales (75 mm en octobre, nulle en novembre) qu'à des flux de retour d'est particulièrement fréquents en octobre 84 (occurrence de 55 %) avec pluies importantes à Cotonou (cf. tableau 2). Après le 10 novembre, s'installe une petite saison froide relativement longue puisqu'elle semble tenir jusqu'au début du mois de février 1985, avec précipitations nulles en décembre et février 85 et très faibles en janvier 1985 (4 mm), la salinité étant très variable entre 34 ‰ et 35,60 ‰ du fait de la fréquence assez élevée de courant d'est durant cette période. L'année 1984 est encore une année déficitaire en pluie à Lomé (679 mm), Kpémé (592 mm), et Cotonou (816 mm).

En conclusion de cette description détaillée des saisons marines au Togo durant les 2 années 1983 et 1984, on observe qu'il est assez facile de localiser les différentes saisons à partir de la température de surface près de la côte du fait de ses variations rapides.

Les variations de la salinité de surface à la côte semblent suivre une évolution répétitive d'une année à l'autre, avec possibilités de sursalures par excédent d'évaporation et transport d'ouest et de dessalures par excédent de pluie et surtout transport d'est. On voit donc l'importance des courants de sur-

face dans l'évolution de la température et de la salinité de surface des eaux côtières devant le Togo : un très fort courant d'ouest peut masquer les effets de l'upwelling en surface, et un faible courant d'ouest favoriser des sursalures superficielles, tandis que des flux de retour d'est fréquents entraînent des dessalures et le réchauffement de l'eau de surface.

Le problème de ces flux de retour d'est, comme celui des flux de retour du nord le long de la côte est du golfe de Guinée, est donc encore une fois posée comme dans PITON et FUSEY (1982) et PITON et KARTAVTSEFF (1985). Ces flux ont été jusqu'à présent liés aux vidanges intermittentes du golfe de Biafra qui reçoit un excédent d'eau important par les courants marins, les pluies et les eaux de ruissellement. C'est par une étude globale intéressant tout le bassin avec mesures du niveau moyen et des précipitations, en particulier, que l'on pourra décrire le processus par lequel le niveau moyen de la surface de la mer est régulé dans cette zone bien particulière. En attendant les résultats d'une telle étude, on ne peut que constater une certaine correspondance effectivement entre les pluies à Cotonou et ces flux de retour vers l'ouest devant Kpémé (cf. tableau 2), que les pilotes de ce port appelle "courant d'Anécho", associés par eux aux tornades sur Cotonou.

6 - CONCLUSION

Le rassemblement des principales caractéristiques hydro-climatiques de la côte togolaise permet de mieux préciser l'évolution des saisons de cette région en mettant en évidence l'anomalie que constitue en milieu équatorial l'excès de l'évaporation annuelle sur les précipitations. La faiblesse des pluies provient de l'orientation de la côte par rapport à la direction du vent dominant qui sont presque parallèles et d'où découle de faibles ascendances littorales, mais aussi de l'effet inhibiteur du refroidissement relatif de l'eau de surface par upwelling côtier plus ou moins intense toute l'année le long de la côte togolaise.

L'examen de l'évolution simultanée de la température, de la salinité, de la direction et de la vitesse du courant de surface pendant les 2 années exceptionnelles 1983 et 1984 dans l'Atlantique tropical ne met pas en évidence des événements climatiques et océanographiques exceptionnels dans le sud du Togo. Par contre, il a permis de suivre dans le détail le déroulement des différentes saisons marines et de mieux comprendre les relations qui existent entre ces différents paramètres, en soulignant plus particulièrement l'importance que peuvent avoir ces flux de retour d'est d'eau dessalée et chaude le long de la côte nord du golfe de Guinée.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier pour leur aide Messieurs GENEST, Commandant du Port de Kpémé, HUGUENIN, Directeur du Centre ORSTOM de Lomé, DORCIS et GALLIS, techniciens de l'ORSTOM, ainsi que L. PLESSIS, Commandant du N.O. ANDRE NIZERY et son équipage.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEDOKUN (J.A.), 1978 - West African precipitation and dominant atmospheric mechanisms. Arch. Met. Geoph. Biokl., ser. A, n° 27 : 289 - 310.
- CANE (M.A.) and HOUGHTON (R.W.), 1987 - Atlantic seasonality : I observations - Further progress in the Equatorial Oceanography, EPOCS, KATZ (E.J.) and WITTE (J.M.), ed, Nova Univ. Press. : 215-233.
- GALLARDO (Y.), 1975 - Relations hydrométéorologiques sur les côtes du golfe de Guinée. Influence de l'orientation de la côte. Doc. Sci. CRO Abidjan, Vol 6, n° 1 : 71-74.
- GONELLA (J.) et LAMY (A.), 1974 - Comparaison de courantomètres Aanderaa - Influence de la nature des supports. C.R. Labo. oceano. phys. Muséum Hist. Nat., Paris (non publié).
- HASTENRATH (S.) and LAMB (P.J.), 1977 - Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans. The University of Wisconsin Press.
- HENIN (C.) , HISARD (P.) et PITON (B.), 1986 - Observations hydrologiques dans l'océan Atlantique équatorial (juillet 1982-août 1984). FOCAL, volume 1. Travaux et documents de l'ORSTOM, PARIS, n° 196 : 191 p.
- HOUGHTON (R.W.), 1976 - Circulation and hydrographic structure over the Ghana continental shelf during the 1974 upwelling. Journ. Phys. Oceanography, vol. 6, n°6 : 909-924.
- LEROUX (M.), 1983 - Le climat de l'Afrique tropicale. Editions CHAMPION, Paris.
- LOCKO (A.) et YOBA (L.G.), 1985 - Résultats des observations météorologiques et physico-chimiques effectuées au port (Pointe-Noire) et Matombi (baie de Loango) en 1983 et en 1984. Doc. sci. ORSTOM, Pointe-Noire, n°633 SR.
- MORLIERE (A.) et REBERT (J.P.), 1972 - Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. Doc. sci. CRO Abidjan, vol. III, n° 2 : 1-30.
- PITON (B.), 1982 - Influence du Congo sur l'hydrologie de surface du golfe de Guinée. Journées Golfe de Guinée, Brest, 1-4 juin 1982 (non publié).
- PITON (B.), 1987 - Les anomalies océanographiques et climatiques de 1983 et 1984 dans le golfe de Guinée. Veille climatique satellitaire, n° 16 : 18-31.
- PITON (B.) et FUSEY (F.X.), 1982 - Trajectories of two satellites tracked buoys in the Gulf of Guinea. Trop. ocean. atmosph. News-letter, n° 12.

- PITON (B.) et KARTAVTSEFF (A.), 1985 - Utilisation de bouées dérivantes à positionnement par satellite pour une meilleure connaissance de l'hydrologie de surface du golfe de Guinée. Doc. sci. Antenne ORSTOM, Brest, n°34.
- PITON (B.), POINTEAU (J.H.) et WAUTHY (B.), 1979 - Données hydroclimatiques à Pointe-Noire (Congo) 1953-1979. Doc. sci. ORSTOM Pointe-Noire, NS 53.
- PITON (B.) and WACONGNE (S.), 1985 - Anusual amounts of very saline subsurface water in the eastern Gulf of Guinea in May 1984. Trop. Ocean. Atmos. Newsletter, n°32 : 5-8.
- PLIYA (J), 1981 - La pêche dans le sud-ouest du Bénin. Première partie : les conditions naturelles de la pêche dans le sud-ouest béninois. Agence de Coopération Culturelle et Technique, PARIS.
- PRIVE (M.) et CORRE (D.), 1979 - Les stations côtières fixes de la côte ouest africaine, valeurs et graphiques annuels (T et S). IV côtières TOGO-BENIN. Doc. Tech. ORSTOM, Brest, n°4.
- PRIVE (M.) et CORRE (D.), 1979 - Données statistiques sur les températures des stations côtières de la côte ouest de l'Afrique. Doc. Tech. ORSTOM, Brest., n° 11.
- WAUTHY (B.), 1983 - Introduction à la climatologie du golfe de Guinée. Océanogr. trop., 13 (2) : 103-138.
- WAUTHY (B), 1977 - Révision de la classification des eaux de surface du golfe de Guinée (BERRIT, 1961). Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr., 15: 279-295.