

REMARQUES SUR LA MIGRATION DE LA ZONE INTERTROPICALE
DE CONVERGENCE EN ATLANTIQUE, LES TEMPERATURES DE
SURFACE DU GOLFE DE GUINEE, ET LA PLUVIOMETRIE
EN AFRIQUE DE L' OUEST SAHELIEENNE ET AU NORD EST DU BRESIL

Par

J. CITEAU, J.P. CAMMAS, Y. GOURIOU et B. GUILLOT*

ORSTOM/CRODT B.P. 2241 DAKAR (SENEGAL)

ORSTOM/CMS B.P. 147 LANNION (FRANCE)

A B S T R A C T

The seasonal displacement of the Atlantic Intertropical Convergence Zone (ITCZ) has been followed by its maximum of cloudiness over fourteen years (1971-1984) with meteorological satellites imagery.

Its migration has been compared to other climatic parameters as wind and SST field (PICAUT et al. 1985, and ECMWF data), the Senegal river flow admitted to be a good indicator of sahelian drought, and rainfall data and index over North East of Brazil.

If the seasonal northward displacement of the ITCZ is well correlated with the intensification of the wind stress, the relation between ITCZ position, SST in the Gulf of Guinea and the intensity of the rainy season over sahelian countries is not always evident as related by precedent works.

Moreover ITCZ and SST departures are not sufficient to support the continuous and alarming decrease of Senegal river flow of past years, and another explanations have been searched in some atmospheric circulation components (TEJ and AEJ).

Otherwise, an easier connection appearing between NE Brazil rainfall index and ITCZ motions, suggest to normalize its determination by satellite imagery.

I N T R O D U C T I O N

Les quinze dernières années de sécheresse continue sur l'Afrique sahé-
lienne ont conduit différents auteurs à en proposer des interprétations et
des mécanismes possibles fondés sur différentes séries temporelles de para-
mètres climatiques.

Tous ces travaux font référence à la position de la zone intertropica-
le de convergence (ZITC) ; le poids qu'on lui attribue est controversé et
les paramètres qui la définissent différent souvent.

L'imagerie satellitaire aujourd'hui disponible représente une série
d'observations assez longue pour en amorcer l'analyse sous l'angle de la va-
riabilité des paramètres climatiques.

La zone intertropicale de convergence étant de loin le phénomène le plus aisément reconnaissable, nous avons entrepris de reconstituer sa localisation au dessus de l'océan Atlantique (28°W) afin :

- 1) de préciser la signification de ce signal par rapport au champ de vent en surface,
- 2) d'évaluer dans quelle mesure, année par année la migration de la ZITC s'adapte aux théories proposées,
- 3) de tenter des corrélations causales entre la position de la ZITC et d'autres variables climatiques.

DONNEES ET METHODES

Nous avons choisi la définition que FRANK (1983) donne de la zone de convergence : "The prevailing east-west line of maximum convection".

Nous avons réalisé cette détermination au "milieu" de l'océan Atlantique (28°W) afin de minorer l'effet des masses continentales africaines et sud-américaines au-dessus desquelles la migration diurne de la ZITC est plus importante qu'au dessus de l'océan.

Les documents utilisés furent les archives (photographiques) des orbites NOAA (en infra-rouge et visible) présentées en projection de Mercator (1971-1977) et les données numériques et archives photographiques de METEOSAT pour les années plus récentes (1978-79 et 1981-85).

A partir des données numériques, c'est la synthèse hebdomadaire par maximum de température que nous avons utilisée afin de localiser la région (quand elle existe) qui est restée en permanence convective.

Les autres sources de données utilisées furent :

- les fichiers mensuels de température et de vent de surface élaborés par PICAUT et al (1985), sur la période 1964-1979,
- les données des navires marchands (Météorologie Nationale/EERM) pour la période 1980-1985,
- les données de vent issues du modèle d'analyse du Centre Européen (CEPMMT) de Reading de 1 000 mb à 100 mb,
- le débit du fleuve Sénégal (Service Hydrologique de l'ORSTOM-Dakar) que nous avons admis être représentatif de la sécheresse en Afrique sahélienne.
- sur l'autre versant de l'Atlantique (N.E du Brésil), différents relevés pluviométriques ont été choisis ainsi qu'ont été prises en compte les données établies par le "Vecteur Régional" (HIEZ, 1985).

RESULTATS

La figure 1 donne la position de la ZITC en fonction du temps le long de 28°W de 1971 à 1985.

a) Relation entre l'ITCZ et le vent local au niveau de la mer :

En analysant la date de remontée de la ZITC par rapport à la date d'intensification du vent en surface on peut noter que s'il existe entre les deux variables une bonne corrélation ($r = 0,84$), un décalage d'environ un mois apparait entre les deux dates, le mouvement vers le nord de la zone

de convergence précédant presque toujours la date d'intensification* des alizés de sud-est.

Une autre observation a trait à l'intervalle de temps jusqu'à 3 mois pouvant exister entre des années à remontée précoce de la zone de convergence (ou corrélativement intensification des vents (années 1976, 82, 83) et des années à remontée tardive (années 1971, 74, 77...).

La position la plus septentrionale atteinte par la ZITC est la caractéristique la plus fréquemment évoquée pour interpréter des anomalies du climat.

Sous cet angle, (et en éliminant la période des cyclones), la position la plus au nord de la zone de convergence a été observée entre 8 et 10°N en 1971, de 1974 à 1976, en 1978, 1982, 1983 et 1985.

Pour les autres années, la position la plus au nord atteinte durant la période juillet à septembre, est restée voisine ou inférieure à 8°N.

b) Relation entre la ZITC et la température de surface dans le golfe de Guinée.

Deux raisons justifient un intérêt particulier pour les températures de surface du golfe de Guinée.

La première veut que le flux de mousson (de SW) qui prend son origine dans les alizés de l'Atlantique sud soit au cours de son survol maritime, affecté par les températures de surface de l'océan (DHONNEUR, 1985) ; LAMBERGEON, 1981).

La seconde fait référence à la théorie du "remote forcing" selon laquelle l'intensification du vent dans l'Ouest Atlantique est en partie responsable de l'upwelling dans le golfe de Guinée, (avec propagation d'ondes) (MOORE et al., 1978 et SERVAIN et al., 1982) ; son corollaire opposé est la relaxation du vent et le réchauffement des températures de surface dans le golfe de Guinée.

Si nous comparons la série des positions de la ZITC de 1971 à 1985, à la série des anomalies de température de surface, (fig. 2) il apparaît (qualitativement) que les années à remontée plus au nord de la ZITC présentent également en juillet-août des anomalies négatives de température, (sauf pour les années, 1982, 83 et 85). Entrent dans cette première classe les années 1971, 74, 75, 76 et 78.

Les années 1974 et 1985 (années de bon hivernage) présentent des similitudes de parcours en matière de migration de la ZITC, avec une position voisine de l'équateur jusqu'en mai, suivie d'une remontée rapide ensuite de juin à août.

Mais, en désaccord avec le schéma précédent, il n'y a pas d'anomalies négatives de température en juillet-août 1985.

De même les années 1982 et 1983 se signalent davantage par une précocité de la remontée de la ZITC, mais les températures du golfe de Guinée restent voisines de la norme.

Dans l'autre groupe d'années, où la remontée de la ZITC se fait plus lentement et atteint des positions moins au nord en juillet-août, on observe effectivement un upwelling faible ou des anomalies de températures positives pour les années 1973, 77, 79, 81 et 84 exception faite de l'année 1972 pour laquelle l'anomalie de température reste voisine de la norme.

La caractéristique de l'année 1972 est une très faible amplitude de variation de la ZITC. Traitées, en termes statistiques, ces observations font apparaître une corrélation (faible) entre l'anomalie de position de la ZITC à 28°W et l'anomalie de température de surface dans le golfe de Guinée.

La valeur maximale du coefficient de corrélation ($r = -0,4$) est atteinte avec un délai de temps d'un mois entre le déplacement de la ZITC et le

* Seule a été étudiée la composante zonale du vent.

refroidissement superficiel (la remontée de la ZITC précède le refroidissement de la SST).

c) Relation entre la ZITC et la pluviométrie

Le travail de PALUTIKOFF (1984) autorise dans une première approche, à considérer le débit du fleuve Sénégal comme un indicateur représentatif de la pluviométrie de l'ouest sahélien.

Les données (Service hydrologique de l'ORSTOM-Dakar) ont été étudiées sous forme d'anomalies normalisées du débit (module).

La décroissance générale du débit est telle qu'il est illusoire de vouloir la corrélérer à des anomalies de température de surface ou de position de la ZITC, dont les évolutions d'une année sur l'autre ne présentent pas de tendances.

Néanmoins et de façon purement qualitative il est possible de tenter une interprétation des variations interannuelles du débit du fleuve Sénégal.

Si l'on admet qu'une position plus septentrionale de la ZITC conjuguée à un upwelling équatorial fort sont favorables à une bonne pluviométrie, (HASTENRATH, 1984) notre série de données soutient globalement ce schéma jusqu'en 1979.

Cependant: -l'année 1972 a eu un upwelling normal, une ZITC basse. Cette année marqua longtemps un record de sécheresse.

- l'année 1976, pour laquelle la remontée de la ZITC fut précoce et l'upwelling équatorial intense, ne se traduit pas par une pluviométrie très favorable.

- la série 1980-1985 ne fournit pas davantage d'explications simples : les années 1980 et 1981 sont voisines sur le plan débit du fleuve et positions de la ZITC mais différent en SST ;

-en 1982 et 1983 en dépit d'une remontée précoce et importante de la ZITC, les upwellings restent normaux et le débit du fleuve Sénégal décroît continûment.

-En 1985 enfin, la ZITC reste assez longtemps au voisinage de l'équateur puis effectue une remontée rapide de juin à août. Cette situation qui rappelle celle observée en 1974, coïncide aussi à un retour d'hivernage pluvieux, mais sans que pour autant les températures de surface suivent l'évolution attendue par les schémas précités.

Obéissant sans doute à une mécanique plus simple, la relation entre position de la ZITC et pluviométrie au NE brésilien est meilleure et semble plus directe.

Les données utilisées furent celles de FORTALEZA (3°45'S, 38°32'W), SANTA QUITTERIA (4°20'S, 40°10'W) ainsi que celles du "Vecteur Régional" de G. HIEZ (1985) calculées pour l'Etat du Ceara (NE du Brésil).

Les résultats obtenus à partir des cumuls de pluies sur la période de mars à mai et tous les paramètres étant traités en termes d'anomalies, font apparaître une corrélation de -0,69 à FORTALEZA, de -0,78 à SANTA QUITTERIA, et de -0,69 avec le vecteur régional (une position basse de la ZITC correspond à une bonne pluviométrie et inversement).

En guise de conclusion préliminaire, la position de la zone de convergence et la température de surface du golfe de Guinée (qui doit affecter le flux de mousson), ne peuvent seules rendre compte que d'une partie des variations interannuelles, la période 1980-1985 s'insérant mal dans les schémas classiques.

Les nombreuses et parfois criticables corrélations qui ont été tentées entre des quantités de pluie dans la zone tropicale et différents paramètres (SST, ZITC), partent d'un schéma simplificateur qui a probablement été suggéré par la régularité des moussons qui existent en Extrême Orient, Océan Indien et

partiellement en Afrique de l'ouest. Les pluies qui intéressent le Sahel étant en majeure partie issues de lignes de grains, il est nécessaire de prendre aussi en compte dans ces corrélations les paramètres plus spécifiques de la circulation atmosphérique.

C'est en ce sens que reprenant les idées de DHONNEUR (1985), FINAUD (1977), LAMBERGEON (1981) parmi d'autres météorologistes tropicaux, nous avons pour la série des années 1980-1984 analysé certaines composantes dont nous résumons le propos :

"Parmi les éléments du champ de vent figurent deux flux d'est : Tropical et African Easterly Jet. De différentes études DHONNEUR (1985), TOURRE (1979) et FINAUD (1977) il apparaît qu'une sécheresse puisse être associée :

- à un passage tardif sur la zone sahélienne de l'African Easterly Jet (AEJ),
- à une anomalie positive de vitesse de l'AEJ,
- à un un Tropical Easterly Jet (TEJ) faible, la situation étant opposée en année humide".

Nous avons reconstitué à partir de données du Centre Européen les coupes verticales de vitesse à NIAMEY pour la période 1980-1984.

La comparaison de ces coupes (fig. 3) à celles d'années types caractéristiques d'épisodes pluvieux (1969) ou secs (1972) met effectivement en évidence des migrations tardives (dans le sens Sud-Nord) de l'AEJ pour les années 1980 (170ème jour), 1982 (195ème jour) et 1983 (180ème jour), alors que la norme établie sur la période 1953-1963 la situe au 150ème jour (JANICOT, 1985).

L'analyse des années 1981 et 1984 est plus délicate : l'année 1981 pose problème quant à la détermination de la date de passage d'un AEJ au demeurant faible.

En 1984 enfin malgré une date de passage précoce (135ème jour) c'est davantage le critère de force relative de l'AEJ qui doit être invoqué pour interpréter selon les critères proposés la pluviométrie déficitaire au Sahel.

L'analyse du troisième critère (intensité du TEJ) n'a pu être réalisée faute de données au-dessus de 100 mb dans notre fichier.

Enfin il serait sans doute intéressant de compléter le critère d'intensité de l'AEJ par une étude de sa localisation verticale (les lignes de grains sont engendrées par l'irruption de flux d'Est, dans le flux de mousson (LEROUX, 1983).

CONCLUSION

Une analyse même sommaire de la circulation atmosphérique est indispensable pour compléter les schémas classiques d'interprétation de la pluviométrie dans l'ouest sahélien.

Les différents paramètres que nous avons analysé expliquent une part plus ou moins grande de la variabilité des pluies, selon la région étudiée.

La zone intertropicale de convergence contenant en fait une part d'information, il est relativement facile de suivre à l'aide de données satellitaires à la fois sa position et sa "densité" en amas convectifs (cf. l'année 1972 déjà citée).

À l'heure de nouveaux programmes tels TOGA, où le suivi de la ZITC a été recommandé, il serait également souhaitable en vue d'amorcer la réalisation de séries temporelles de s'accorder sur sa définition et une méthodologie.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Comité d'ATP/CNES/CNRS (Téledétection Spatiale) qui a permis (pour partie) l'acquisition de données utilisées ici.

Notre reconnaissance va également au Centre Européen (CEPMMT) de Reading pour l'efficacité et la rapidité de leurs services.

BIBLIOGRAPHIE

- DHONNEUR G., 1985. Traité de Météorologie Tropicale. Météorologie Nationale Paris.
- FINAUD L., 1977. Mousson et perturbations mobiles sur l'Afrique de l'ouest. Conférence Technique sur l'utilisation des données de l'ETGA. 3-8 Décembre 1977. Le Caire. Université du Caire.
- FRANK W. M., 1983. The structure and energetics of the east Atlantic intertropical convergence zone. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol. 40 - 1916-1929.
- HASTENRATH S., 1984. Interannual variability and annual cycle : mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. Monthly Weather Review, June 1984, 112, 1097-1107.
- HIEZ G., 1985. Le vecteur régional et les fluctuations climatiques. Séminaire Climat et Développement 15-16 octobre ORSTOM Bondy.
- JANICOT S., 1985. Etude du champ de vent au-dessus de l'Afrique de l'ouest-Séminaire Météorologie Acridologie AGADIR 20-24 avril 1985. Documents Météorologie Nationale Paris.
- LAMBERGEON D., DZIETARA S. et JANICOT S., 1981. Comportement du champ de vent sur l'Afrique Occidentale - La météorologie VI^è Série N° 25 Juin 1981.
- LEROUX M., 1983. Le climat de l'Afrique Tropicale Vol. 1, 633 p., Vol. 2 Atlas, 24 p. 250 pl. Ed. Champion Paris.
- MOORE D.W., HISARD Ph., MC CREARY, MERLE J., O'BRIEN J.J., PICAUT J., VERS-TRAETE J.M. and WUNSCH C., 1978. Equatorial Adjustment in the eastern Atlantic. Geophys. Res. Lett., 5, 637-640.
- PALUTIKOFF J.P., LOUGH J.M. and FARMER G., 1981. Senegal river runoff Nature 293, 414.
- PICAUT J., 1983. Thèse de doctorat d'Etat UBO Brest.
- PICAUT J., SERVAIN J., LECOMPTE P., SEVA M., LUKAS S. et ROUGIER G., 1985. Climatic Atlas of the tropical Atlantic wind stress and Sea Surface Temperature 1964-1979 UBO - University of Hawai, 647 p.
- SERVAIN J., 1982 Réponse océanique à des actions éloignées du vent dans le golfe de Guinée en 1967-1968. Oceanol. Acta, 7, 297-307.
- TOURRE Y., 1979. Thèse de PH D. CHARLOTTESVILLES 1979 ;

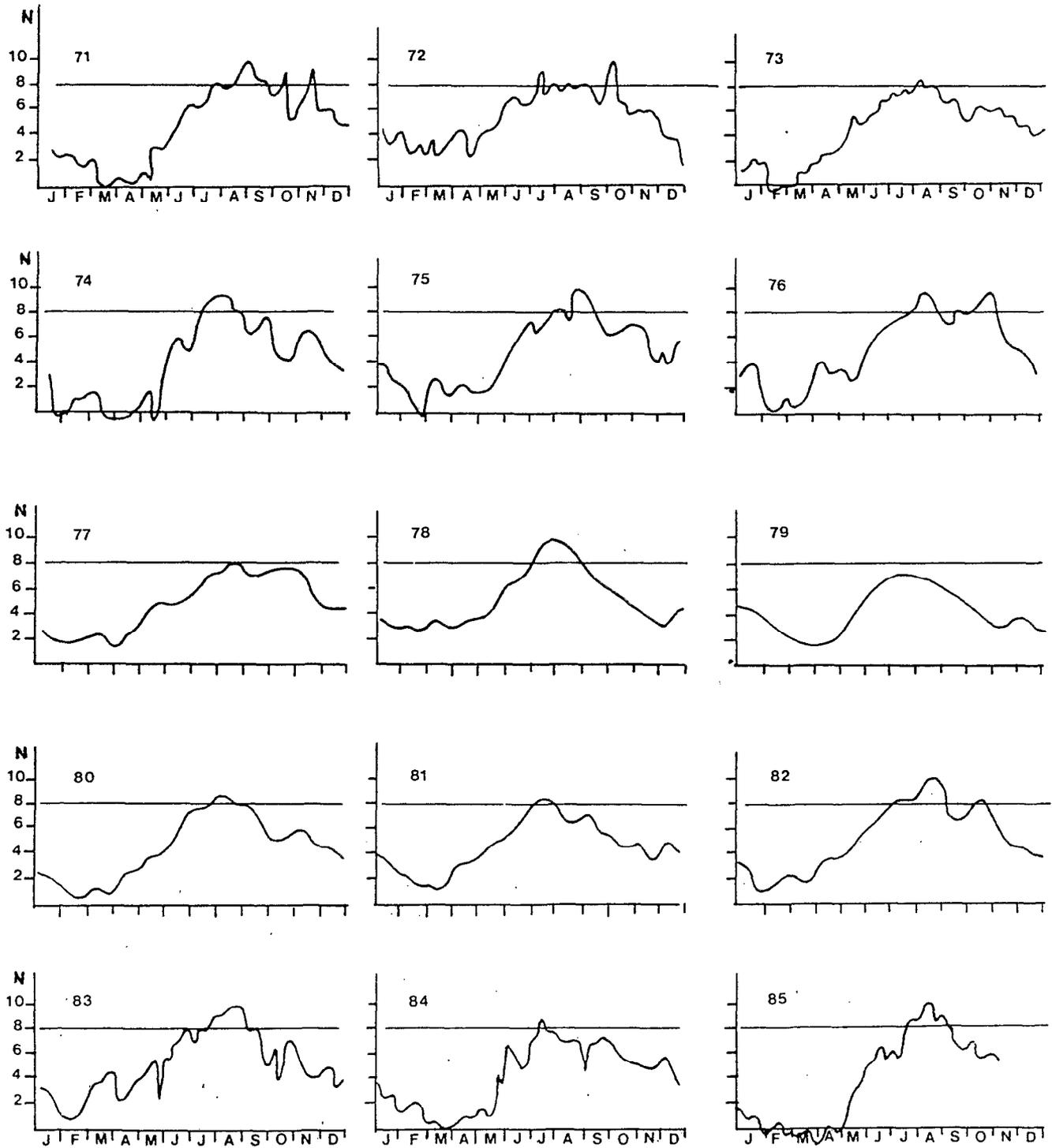


Figure 1 - Positions de la ZITC le long de 28°W

Figure 1 - ITCZ positions along 28°W.

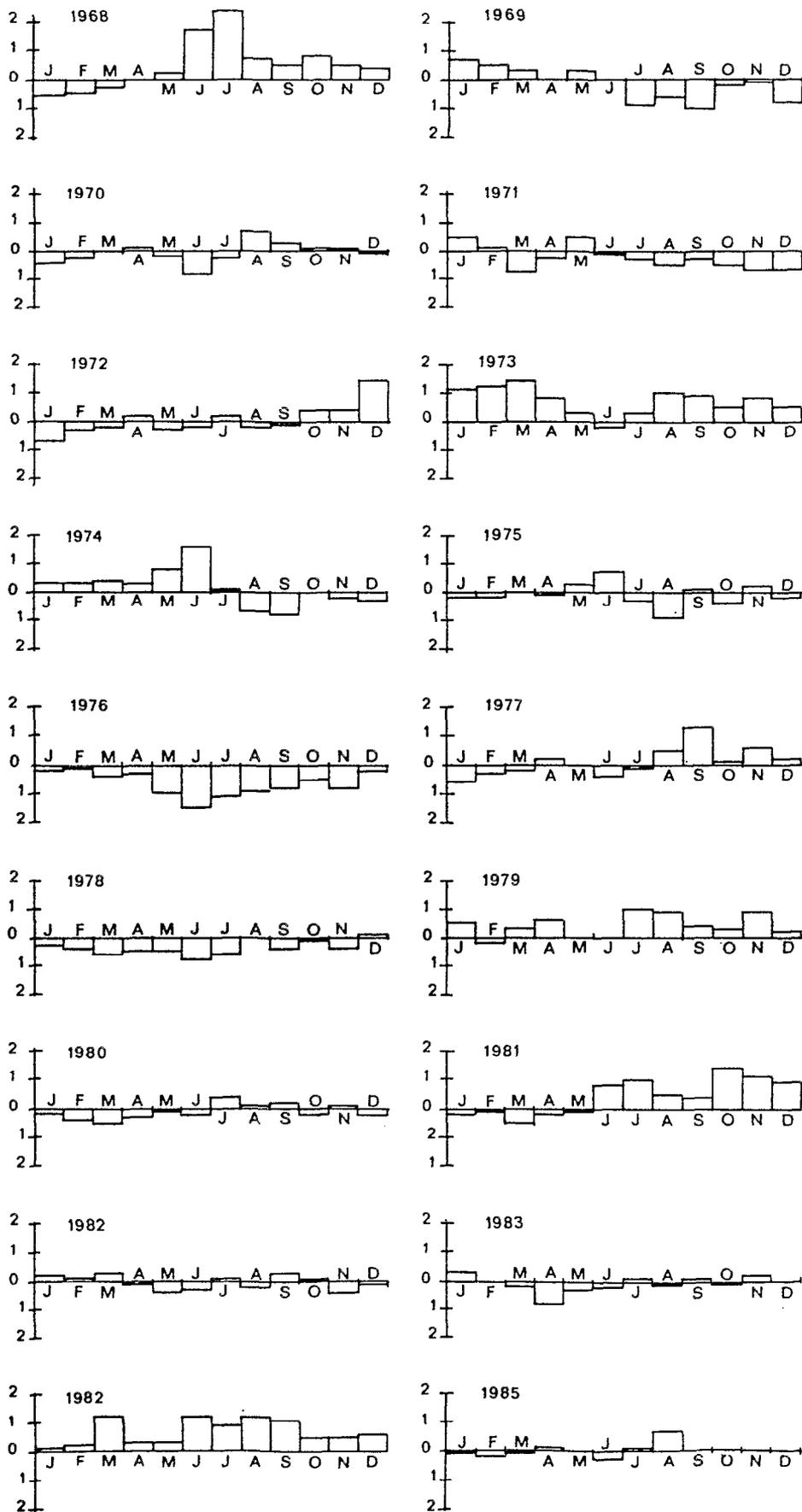


Figure 2 - Anomalies de température de surface dans le domaine 2N-2S, 8W-12W.
 Figure 2.- Sea Surface Temperature anomalies in the 2N-2S, 8W-12W area.

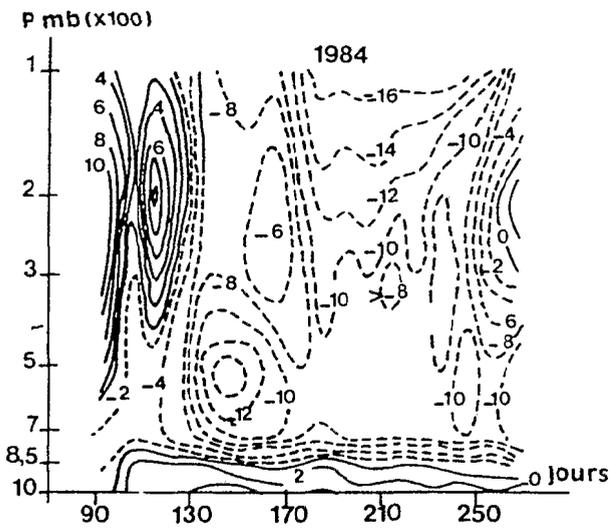
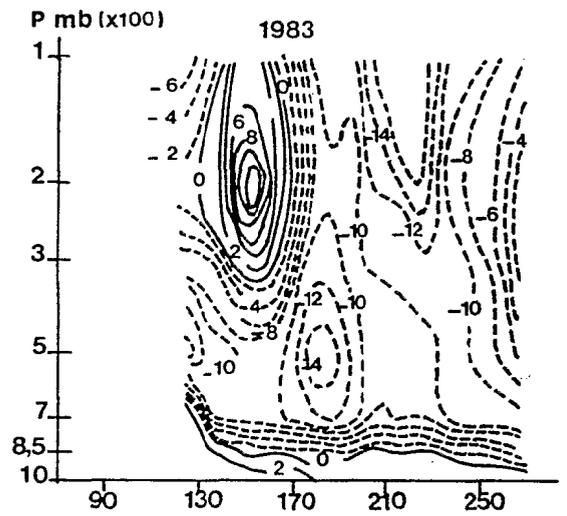
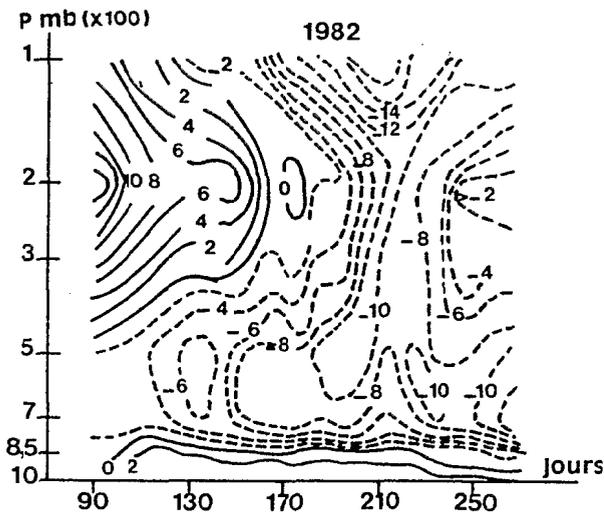
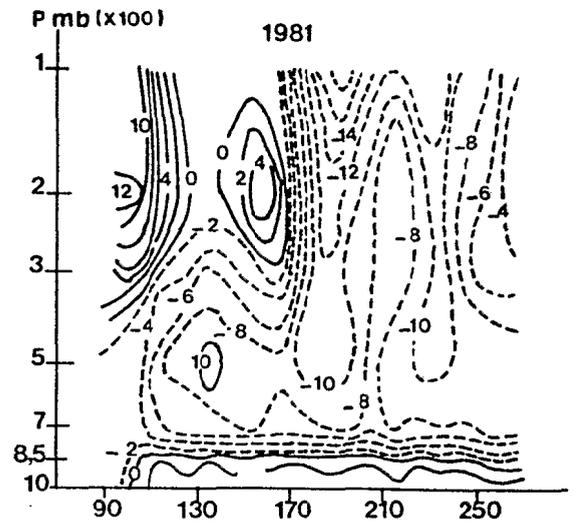
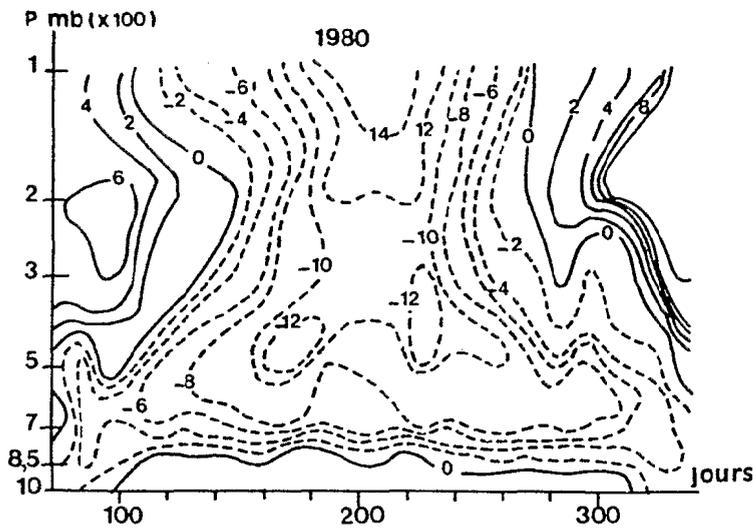


Figure 3- Composante zonale du vent à Niamey (données CEPMMT)
 Figure 3- Zonal component of wind at Niamey (ECMWF data)