

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

La zone de convergence intertropicale 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 ZCIT s'adapte aux théories proposées,
- 3) de tenter des corrélations causales entre la position de la

ZCIT 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 ZCIT 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 (CEPMT) de Reading de 1000 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 ZCIT en fonction du temps le long de 28°W de 1971 à 1985.

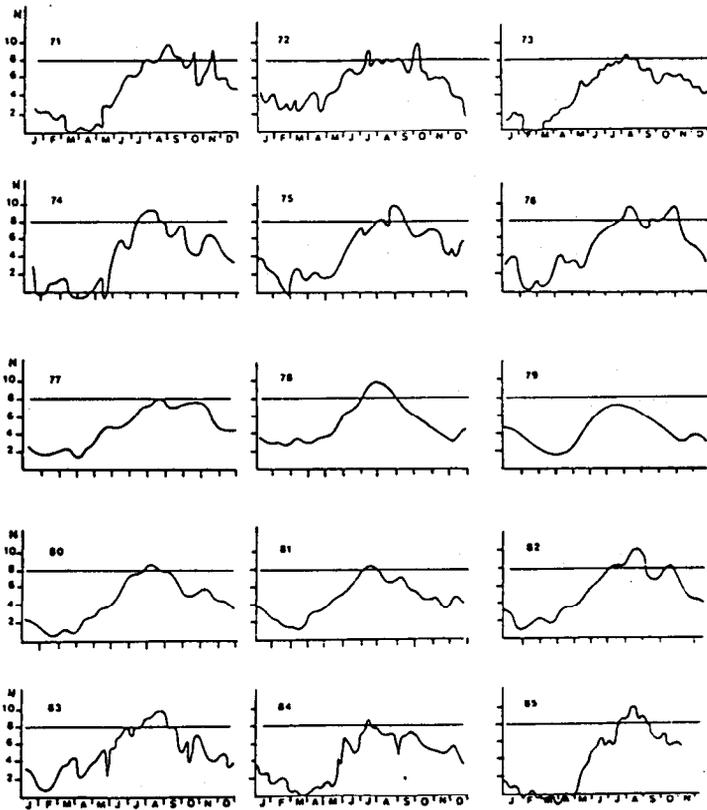


Figure 1 : Position de la ZCIT le long de 28°W

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

En analysant la date de remontée de la ZCIT 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 apparaît entre les deux dates, le mouvement vers le nord de la zone et 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 d'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 ZCIT 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 ZCIT et la température de surface dans le 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

* Seule a été étudiée la composante zonale du vent.

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 ZCIT de 1971 à 1985, à la série des anomalies de température de surface, (Fig.2) il apparait (qualitativement) que les années à remontée plus au nord de la ZCIT 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 ZCIT, 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 ZCIT, mais les températures du Golfe de Guinée restent voisines de la norme.

Dans l'autre groupe d'années, où la remontée de la ZCIT 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.

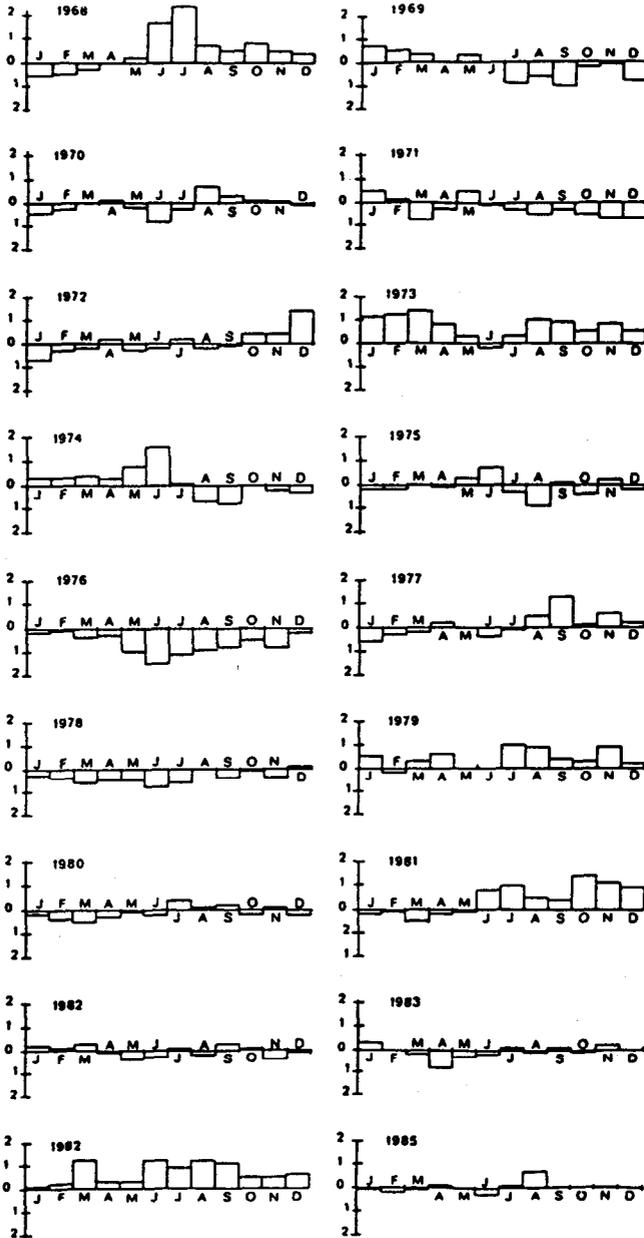


Figure 2 : Anomalies de température de surface dans le domaine 2N-2S, 8W-12W.

La caractéristique de l'année 1972 est une très faible amplitude de variation de ZCIT. Traitées, en termes statistiques, ces observations font apparaître une corrélation (faible) entre l'anomalie de position de la ZCIT 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 ZCIT et le refroidissement superficiel (la remontée de la ZCIT précède le refroidissement de la SST).

c) Relation entre la ZCIT 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 ZCIT, 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 ZCIT 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

ZCIT basse. Cette année marqua longtemps un record de sécheresse.

- l'année 1976, pour laquelle la remontée de la ZCIT 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 ZCIT mais diffèrent en SST ;

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

- En 1985 enfin, la ZCIT 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 ZCIT 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 GUITTERIA, et de -0,69 avec le vecteur régional (une position basse de la ZCIT) 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, ZCIT), 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 parties 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 champs de vent figurent deux flux d'est : Tropical et African Easterly Jet. De différentes études DHONNEUR (1985), TOURRE (1979) et FINAUD (1977) il apparait 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 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 (Figure 3) à celles d'années types caractéristique 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).

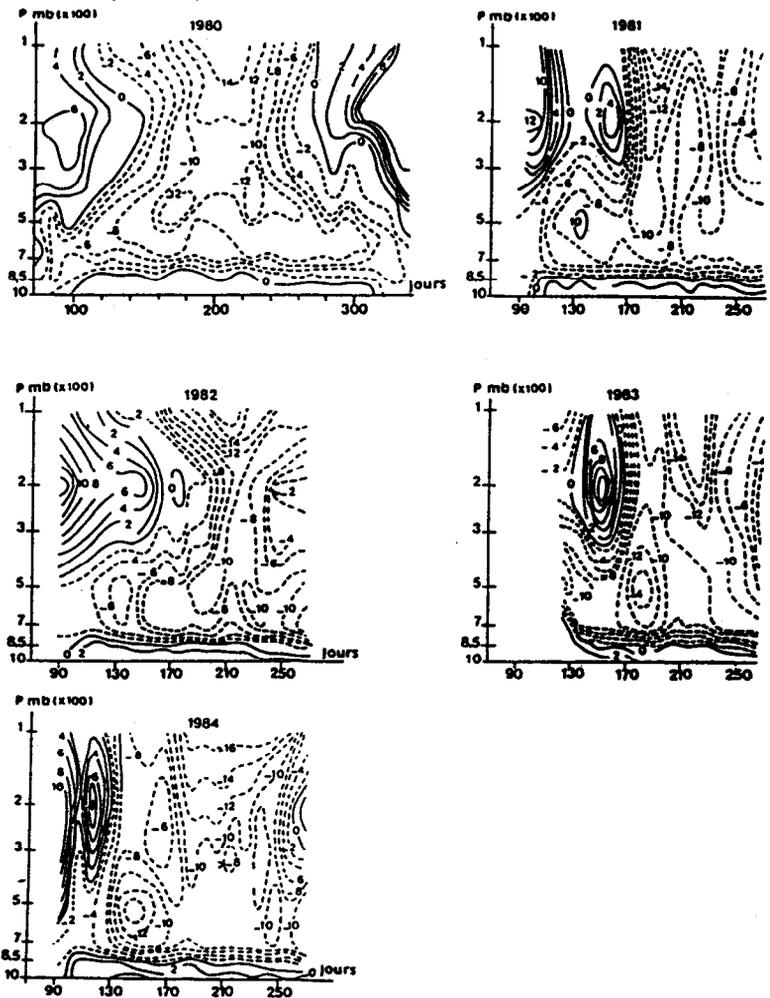


Figure 3 : Composante zonale du vent à Niamey (données CEPMMT)

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 analysés expliquent une part plus ou moins grande de la variabilité des pluies, selon la région étudiée.

La zone de convergence intertropicale 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).

A l'heure de nouveaux programmes tels TOGA où le suivi

de la ZCIT 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 (Télédétection 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 1985, 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., S.DZIETARA et S.JANICOT, 1981 - Comportement du champ de vent sur l'Afrique Occidentale - La météorologie VI^e Série n°25 Juin 1985.
- 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., Ph.HISARD, MC CREARY, J.MERLE, J.J.O'BRIEN, J.PICAUT, J.M.VERSTRAETE et C.WUNSCH, 1978 - Equatorial adjustment in the eastern Atlantic. Geophys. Res. Lett., 5, 637-640.
- PALUTIKOFF J.P., J.M.LOUGH et G.FARMER, 1981 - Senegal river runoff. Nature 293, 414.
- PICAUT J., 1983 - Thèse de Doctorat d'Etat. UBO Brest.
- PICAUT J., J.SERVAIN, P.LECOMPTE, M.SEVA, S.LUKAS et G.ROUGIER, 1985 - Climatic Atlas of the tropical Atlantic wind stress and Sea Surface Temperature 1964-1979 UBO - University of Hawai, 647p.
- SERVAIN J., 1982 - Réponse océanique à des actions éloignées du vent dans le Golfe de Guinée en 1967-1968. Oceanologica Acta, 7, 297-307.
- TOURRE Y., 1979 - The squall line over west Africa and tropical eastern Atlantic ocean during GATE. Thèse de Ph D. Charlottesville, University of virginia 1979. Dissertation abstracts international Volume 42, Number 11, 1982.