

# MODES DE SÉCHERESSE OUEST-AFRICAINS ET TEMPÉRATURE DE SURFACE OCÉANIQUE

Bernard FONTAINE et Sylvain BIGOT\*

## MOTS-CLÉS :

Variabilité climatique, téléconnexions, pluviométrie ouest-africaine, températures de surface océanique.

## RÉSUMÉ :

L'étude des relations statistiques entre les sécheresses ouest-africaines, les températures mensuelles de surface de l'océan Mondial (1970-1984) et de l'océan Atlantique (1964-1989), et la position en latitude de la ZCIT Atlantique (1971-1989) montre que les connexions diffèrent selon le type de sécheresse envisagé. La structure dipolaire des SST (océan boréal anormalement froid, océan équatorial et austral anormalement chaud) ne caractérise vraiment que les années pendant lesquelles sécheresses soudano-sahéliennes et excédents pluviométriques guinéens coexistent avec une ZCIT Atlantique positionnée anormalement vers le sud. Au contraire, les sécheresses qui affectent l'ensemble de l'Afrique occidentale sont associées à des anomalies chaudes sur le Pacifique est équatorial, des anomalies froides persistantes sur l'Atlantique équatorial et une position anormalement nord de la ZCIT. Ces connexions deviennent significatives dès le printemps boréal, bien avant le début de la saison des pluies sahéliennes.

## ABSTRACT :

Statistical analyses between deficient rainfall anomalies over West Africa, sea surface temperatures over the Atlantic Ocean (1964-1989) and the World Ocean (1970-1984), and latitudinal positions of the ITCZ over the Atlantic Ocean (1971-1989) show that relationships depend mainly on rainfall patterns. The famous SST dipole (cold Northern Ocean and warm Equatorial and Southern Ocean) is only retrieved during years that exhibit soudano-sahelian deficits associated with guinean excedents and abnormal southward positions of the ITCZ. On the contrary, years with deficits over the whole West Africa are associated with warm anomalies over the Eastern Pacific Ocean, cold persistant anomalies over the Equatorial Atlantic Ocean and a more northward position of the ITCZ. Those connections appear to be significant in northern Spring before the Sahelian rainy season.

## I. INTRODUCTION

Les précipitations ouest-africaines sont étroitement associées au phénomène de mousson pluvieuse d'été boréal. Toutefois, l'absence de relief important et la géométrie en L inversé du continent africain, qui accentue fortement les gradients méridiens océan-continent à l'ouest de 20°W environ, donnent à cette région de réelles spécificités. La pluviométrie dépend schématiquement de plusieurs facteurs : du contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère, de la présence de noyaux de condensation et de l'existence de convergences et d'ascendances locales au sein de cette atmosphère humide. La vapeur d'eau peut être d'origine Atlantique (advection par le flux de mousson des basses couches) ou continentale (recyclage de l'eau sur les forêts et savanes). La charge en noyaux de condensation dépend aussi bien des processus microphysiques internes aux nuages que de la diffusion des aérosols par les circulations d'échelles régionale et générale. Les convergences et ascendances sont à l'origine liées aux perturbations de type ondes d'est et lignes de grains. Elles résultent des interactions d'échelles entre, d'une part, la circulation d'échelles planétaire ou régionale (flux de mousson, circulations divergentes de type Hadley et Walker, Jet d'Est Africain – JEA – à 550-700 hPa, Jet Tropical d'Est – JTE – à 100-200 hPa) et, d'autre part, la dynamique de méso-échelle beaucoup plus complexe. Les faibles latitudes (inférieures à 18-20° N) donnent également une grande importance aux flux moyens atmosphériques. En conséquence l'état de surface (océan, continent) conditionne fortement l'évolution climatique saisonnière et, notamment, la variabilité pluviométrique aux pas de temps mensuels et supérieurs.

\* Centre de Recherches de Climatologie, URA 909 CNRS, Sciences Gabriel, B.P. 138, 21004 Dijon Cedex.

De nombreuses études diagnostiques (Palmer, 1986 ; Folland et al., 1986 ; Lough, 1986 ; Hastenrath, 1988) et plusieurs simulations numériques (Ward et al., 1990 ; Druyan, 1991) ont montré que l'occurrence anormalement sèche sahélienne était associée à certaines structures des champs de Températures de Surface Océanique (TSO) : présence d'une part, d'anomalies chaudes sur l'Atlantique équatorial et austral – et plus généralement sur l'océan Mondial sud et l'océan Indien –, et, d'autre part, d'anomalies froides sur l'Atlantique nord – et plus généralement sur l'Atlantique nord et le Pacifique nord –. L'opposition de signe des anomalies Atlantique s'insère donc dans un contexte planétaire. Mais certains résultats récents issus de la modélisation montrent que le réchauffement sud Atlantique exerce aussi une action directe sur la pluviométrie ouest-africaine en diminuant sur cette aire la pression atmosphérique et donc le flux d'humidité d'origine Atlantique entrant sur l'Afrique occidentale (Druyan, op. cit.). La relative persistance des anomalies TSO, liée à la forte inertie océanique, a été utilisée avec plus ou moins de succès par le Meteorological Office du Royaume-Uni pour la prévision statistique saisonnière des pluies sahéliennes (voir notamment l'article exhaustif de Ward et al., op. cit.).

Cette étude se propose de compléter cette approche en prenant en compte, non plus la seule bande sahélienne, mais tout l'espace ouest-africain. A cette échelle, les champs d'anomalies pluviométriques sont organisés (Nicholson, 1981 ; Janicot, 1990, parmi d'autres). On peut distinguer deux modes majeurs de variabilité : certaines années les anomalies sont en phase sur l'ensemble ouest-africain (anomalies de même signe des côtes guinéennes à la bande sahélienne) ; d'autres années, elles sont en opposition de phase (anomalies de signe contraires de part et d'autre de 10°N environ). Ce fait implique qu'en matière de connexions ou de prévisions statistiques, envisager la seule alternative « Sahel sec/Sahel pluvieux » n'est peut-être pas la meilleure stratégie à adopter. En effet, l'occurrence « Sahel sec » peut refléter un champ pluviométrique présentant soit des déficits généralisés sur toute l'Afrique occidentale (appelé par la suite champ de type -/-), soit certaines années des déficits soudano-sahéliens associés à des excédents guinéens (appelé par la suite champ de type -/+). Les conditions météo-océanographiques à l'origine de ces deux modes de variabilité sont évidemment différentes. La prise en compte de l'ensemble ouest-africain devrait donc permettre de préciser les connexions connues ou du moins de les réexaminer dans un cadre plus large. C'est également l'une des voies susceptibles d'améliorer la prévision saisonnière des précipitations au sud du Sahara. Cette étude n'est cependant qu'une introduction à ce difficile problème.

## II. DONNÉES ET MÉTHODES

Les champs pluviométriques ouest-africains dérivent des données stations archivées par l'ORSTOM et l'ASECNA. Les nombreuses lacunes et la mauvaise répartition géographique des stations disponibles sur la période récente entraînent une anisotropie de l'information tout à fait gênante. L'analyse objective avec interpolation et le calcul de moyennes sur surfaces élémentaires (1° lat. ; 4° long.) permettent cependant de pallier ces inconvénients pour les pas de temps mensuels et supérieurs (Janicot, 1990). Nous avons donc utilisé essentiellement la typologie de cet auteur classant les champs d'anomalies juin-septembre selon les quatre catégories envisagées (type -/-, -/+, et leurs symétriques types +/+ et +/-).

Les données TSO relatives à l'océan mondial sont décrites dans un précédent article (Bigot, 1991). Elles proviennent du National Meteorological Center (NMC) et de ses archives d'observations de surface analysées par Reynolds (1988). L'analyse permet de disposer de champs d'anomalies mensuelles sur maillage de 2° entre 40°N et 60°S et sur une période de 15 années (janvier 1970 à décembre 1984). De façon à mieux documenter le fuseau Atlantique et à prendre en compte la migration du système associé à la mousson, nous avons utilisé également :

- les anomalies mensuelles TSO analysées sur la période 1964-1990 et mis en points de grille 2°\*2° sur l'Atlantique tropical (30°N-20°S). Ces données résultent du programme FOCAL et sont décrites notamment dans Servain et al., 1985.

- les positions de la ZCIT par 28°W par quart de mois sur la période 1971-1990. Ces données proviennent du fichier de Jean Citeau régulièrement présenté dans ces colonnes (voir par exemple, Citeau et Demarcq, 1990).

La fenêtre d'observation commune à toutes ces données est relativement courte (1970-1984) mais très intéressante. Seuls en effet les deux premiers types pluviométriques sont réalisés en août sur la période, une condition pratiquement idéale pour étudier les deux modes relativement l'un à l'autre, et voir comment les connexions mises en évidence avec la seule pluviométrie sahélienne s'altèrent lorsqu'on prend en compte ces deux types de variabilité pluviométrique :

- le type -/- en août 1970, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1981, 1982 et 1983
- le type -/+ en août 1971, 1973, 1977, 1980 et 1984.

La condensation de l'information TSO a été réalisée par Analyse en Composantes Principales (ACP) et par définitions d'indices régionaux, et les connexions par simples analyses composites assorties des tests usuels de signification (t-test de Student) en raison de la représentativité discutable des champs analysés.

### III. RÉSULTATS

#### A - Températures de surface de l'océan mondial et modes de sécheresses

L'analyse composite des champs d'anomalies TSO par rapport aux deux grands modes de sécheresses sahéliennes (type  $-/-$  et  $-/+$ ) consiste à moyennner ces champs sur les deux groupes d'années indiqués en section précédente. Ces champs moyens sont présentés en figures 1 (structure  $-/-$ ) et 2 (structure  $-/+$ ) pour les mois d'avril, juin et août afin de montrer l'évolution saisonnière moyenne de la connexion entre les TSO mensuelles et la pluviométrie d'août.

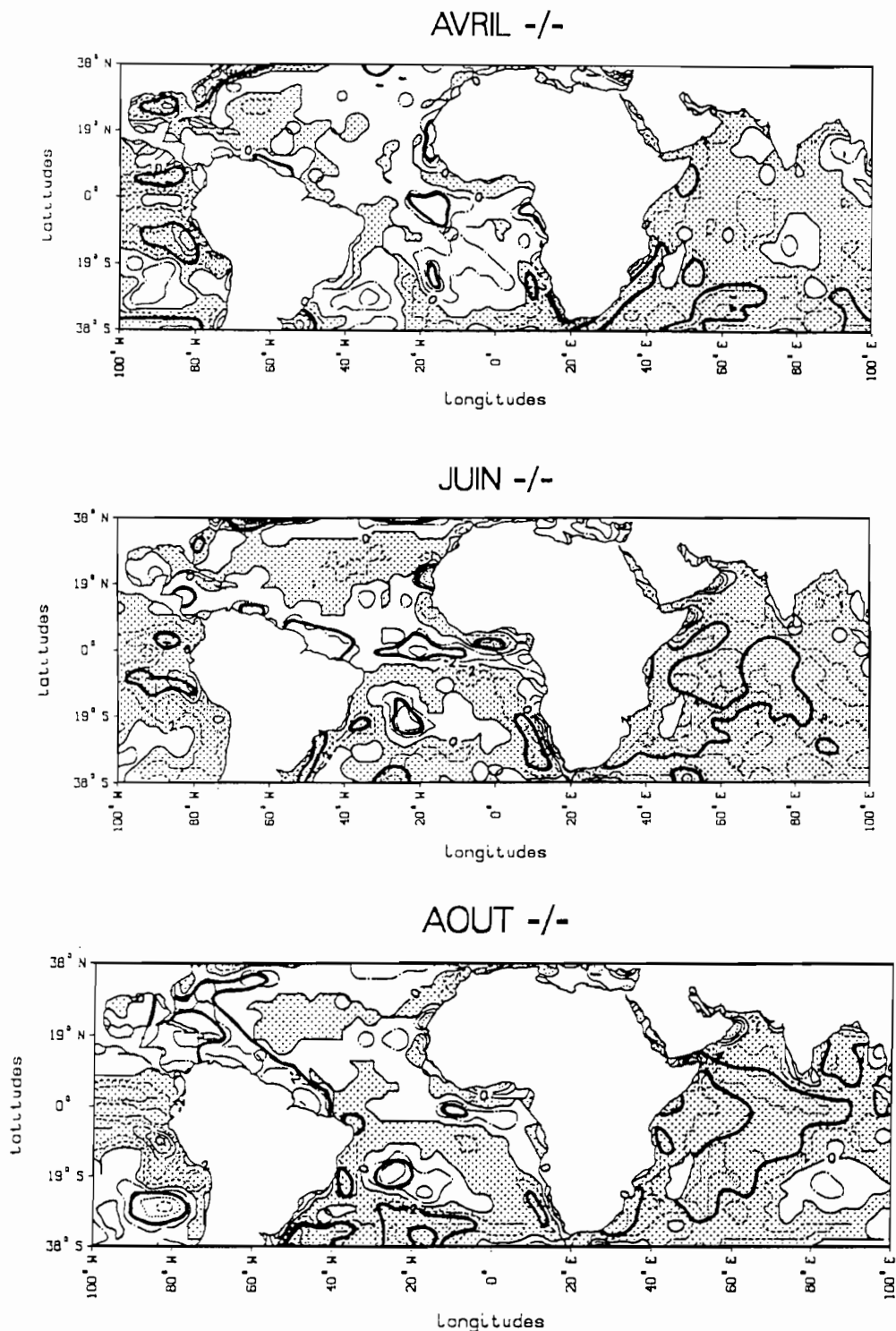


Figure 1. – **CHAMPS COMPOSITES DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES DE SURFACE OCÉAN- NIQUES DE L'OCÉAN MONDIAL ASSOCIÉS AU TYPE PLUVIOMÉTRIQUE  $-/-$**  : exemples des mois d'avril (a) juin (b) et août (c). L'intervalle des isothermes est de  $0,2^{\circ}$  C, les aires à valeurs positives sont en pointillés et les aires significatives à  $P = 0,1$  sont indiquées en traits gras.

En type -/- les anomalies froides de printemps boréal sont remplacées dès juin par des eaux plus chaudes que la normale sur l'Atlantique sud mais persistent sur la bande équatoriale (*fig. 1b*) et, en juillet-août, dans le fond du golfe de Guinée. Les côtes Pacifique d'Amérique du sud présentent des anomalies chaudes persistantes, excepté au sud de 25°S environ où un noyau froid significatif est nettement visible au mois d'août (*fig. 1c*).

L'examen des structures à grande échelle montre aussi que les anomalies d'avril préfigurent celles du mois d'août : anomalies négatives sur une grande partie de l'Atlantique équatorial, valeurs positives sur l'est Pacifique au nord de 25°S et sur l'océan Indien (*fig. 1c*). Notons cependant que la cohérence spatiale des anomalies Atlantique s'atténue au large de l'Afrique occidentale et que les côtes du golfe de Guinée enregistrent des anomalies positives (mais non significatives) bien que la pluviométrie de cette région soit plutôt déficitaire (type -/-). Dès septembre (non montré), les eaux au large des côtes africaines entre 5°N et 15°N se réchauffent, alors que l'océan Indien et surtout le Pacifique équatorial se refroidissent.

Cette répartition des anomalies TSO apparaît conforme au mode ENSO de variabilité présentant typiquement un net réchauffement sur le Pacifique oriental (notamment près des côtes péruviennes) et un océan Atlantique équatorial refroidi par renforcement de l'upwelling équatorial (Cadet et Garnier, 1988). Il est cependant difficile d'établir un lien direct entre le réchauffement du Pacifique lié à l'Oscillation Australe et les pluies du Sahel car aucune relation statistique réellement significative n'a pu être établie entre ces paramètres (Stoekenius, 1981 ; Ropelewski et Halpert, 1987 ; Fontaine, 1990).

En type -/+ les cartes composites des champs planétaires sont très différentes puisqu'en avril (*fig. 2a*) les TSO sont anormalement chaudes sur la quasi-totalité de l'Atlantique, le refroidissement intéressant ici seulement l'Atlantique subtropical nord à partir de juillet. Notons aussi que le golfe de Guinée conserve des TSO anormalement élevées et surtout que le Pacifique oriental est anormalement froid. En août (*fig. 2c*), un dipôle Atlantique de part et d'autre d'une ligne Guyane-Sénégal, apparaît et persiste à peu de chose près en septembre, le réchauffement étant plus marqué au niveau des îles du Cap-Vert et dans le golfe de Guinée. Si à l'inverse il n'y a pas de véritable cohérence spatiale sur l'océan Indien, il semble que les eaux froides du Pacifique équatorial soient présentes dès avril. Les travaux de Ward et al. (op. cit.) confirment ce fait : les anomalies TSO changent peu de juin à la fin de l'été ; par contre le passage du printemps à l'été peut apporter de profondes modifications sur les champs d'anomalies (importance d'avril et mai).

La comparaison des *figures 1 et 2* au regard des deux situations pluviométriques (-/- et -/+) montre que dans les deux cas l'Atlantique nord enregistre des anomalies négatives : un refroidissement apparaît dans l'Atlantique nord tropical lors d'une année sèche au Sahel (types -/- et -/+). Ceci est en accord avec les résultats diagnostiques et/ou de sorties de modèles (Ward et al., op. cit. ; Druyan, op. cit.) qui ne font pas la distinction entre les deux modes. Toutefois on peut observer que ce sont les cartes relatives au type -/+ (*figure 2*) qui vérifient le mieux les résultats connus : réchauffement sur l'océan Indien, l'Atlantique sud et le Pacifique est et refroidissement sur l'Atlantique nord et le Pacifique nord. L'analyse intermensuelle des structures de champs apporte aussi une autre information : les champs d'anomalies associés au type pluviométrique -/- indiquent une évolution en phase des TSO mondiales, les réchauffements ou refroidissements étant relativement stables dès le début du printemps boréal ; en revanche la structure particulière associée au type -/+ ne devient cohérente qu'en juillet/août. On notera enfin qu'en dehors de l'Atlantique sud, la variance TSO des régions équatoriales et tropicales sud du Pacifique oriental (mode ENSO/antiENSO planétaire), peut servir d'indicateur discriminant pour les deux modes pluviométriques : en type -/- les anomalies y sont chaudes dès le début du printemps boréal ; en type -/+ elles y sont froides mais plus tardivement.

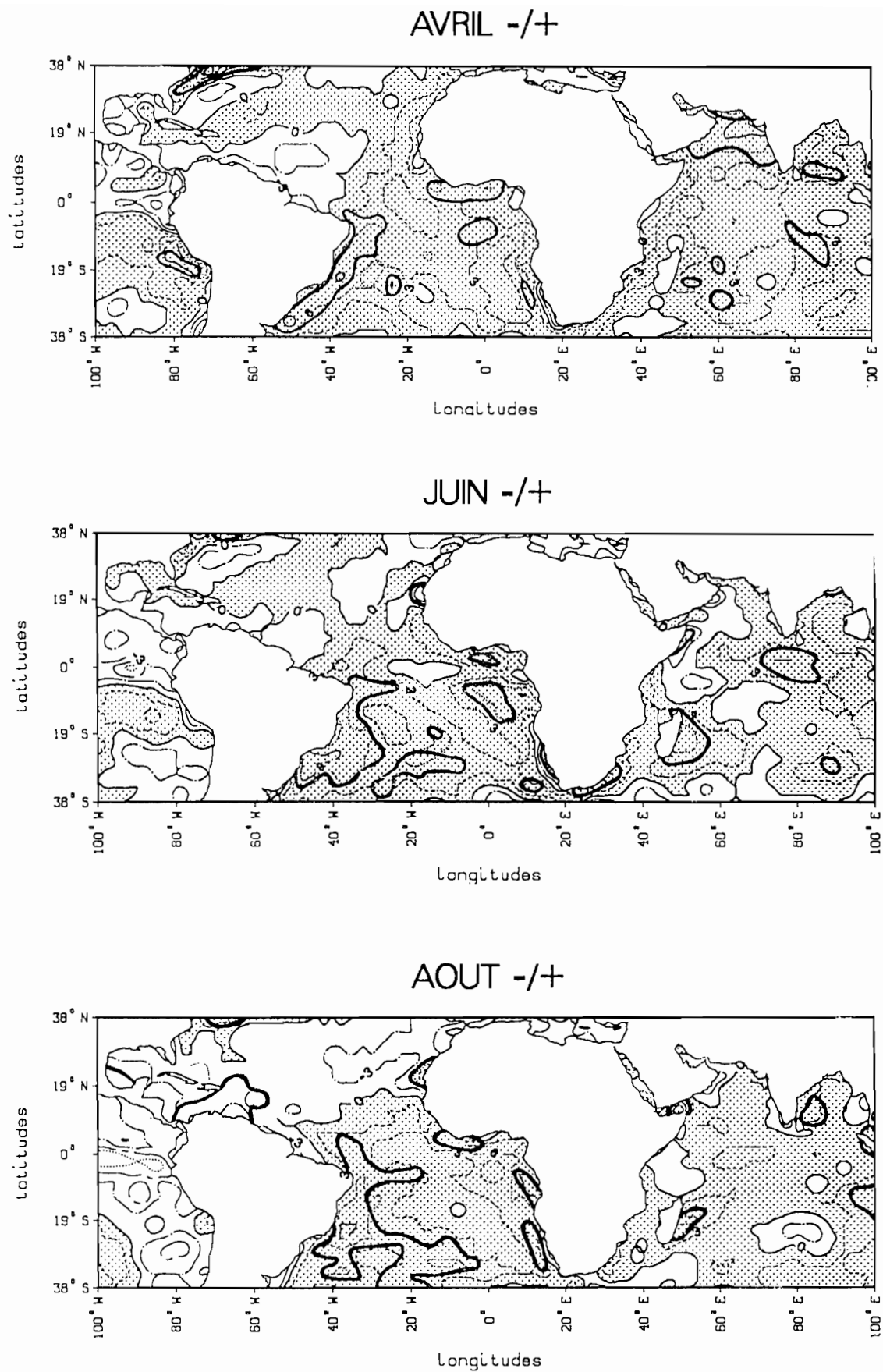
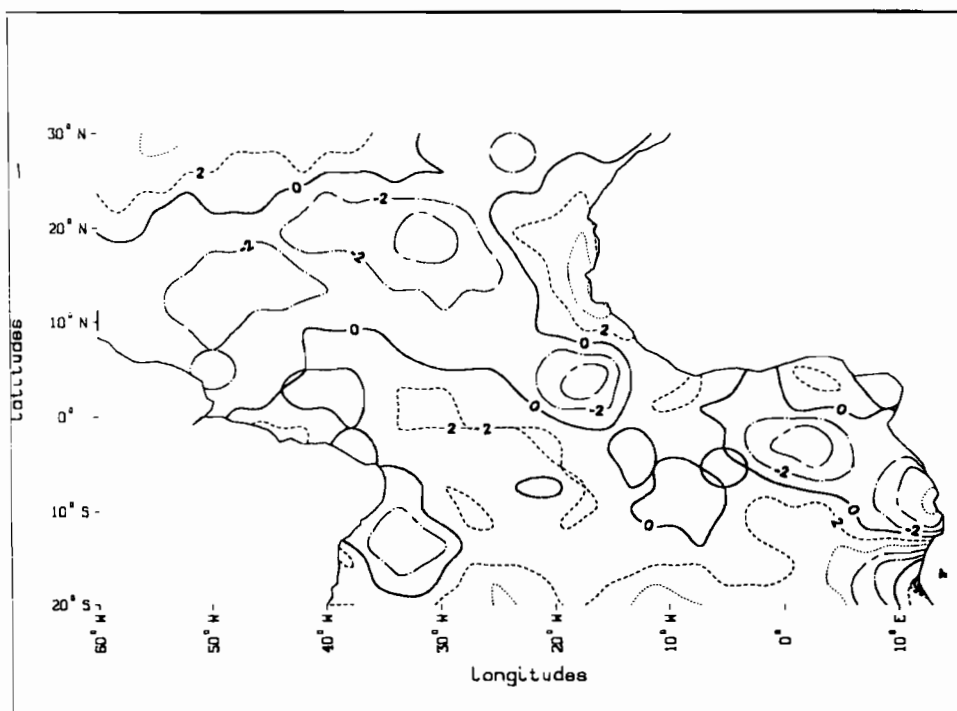
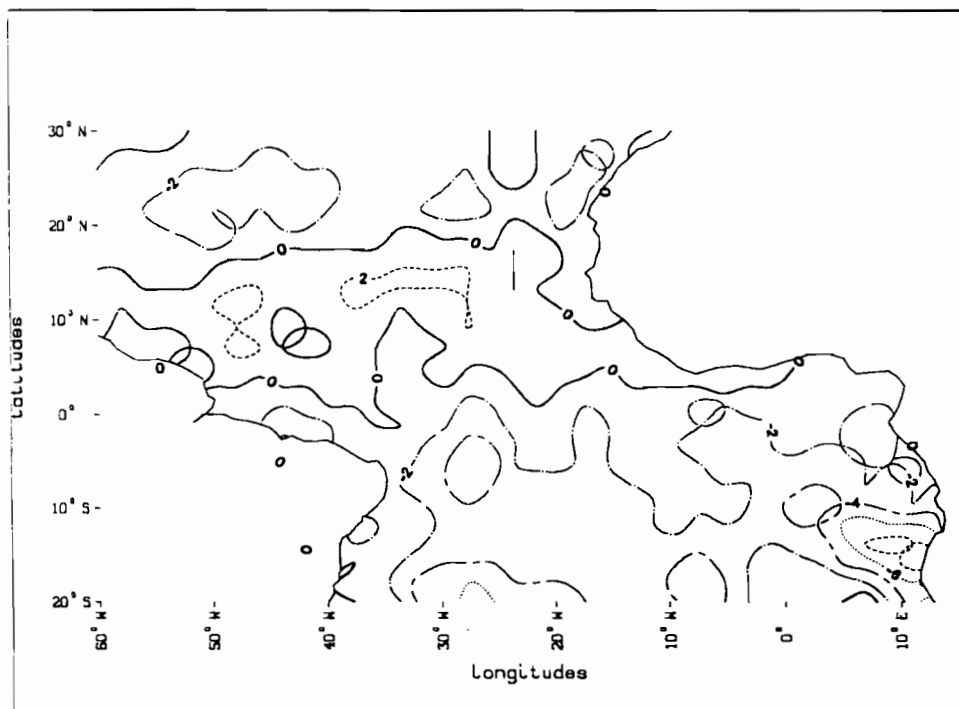


Figure 2. – **CHAMPS COMPOSITES DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES DE SURFACE OCÉAN- NIQUES DE L'OCÉAN MONDIAL ASSOCIÉS AU TYPE PLUVIOMÉTRIQUE -/+** : exemples des mois d'avril (a) juin (b) et août (c). L'intervalle des isothermes est de  $0,3^{\circ}$  C, les aires à valeurs positives sont en pointillés et les aires significatives à  $P = 0,1$  sont indiquées en traits gras.

Afin de mieux documenter le couplage avec les TSO Atlantique, les mêmes composites ont été calculées sur les données Focal, plus précises que les données Reynolds sur l'espace Atlantique à cause d'un moindre lissage spatial. La figure 3 montre les champs d'anomalies obtenus pour les mois de mars (fig. 3a, b) et juillet (fig. 3c, d.). En mars les anomalies correspondant au type pluviométrique -/- sont négatives sur la plus grande partie du bassin, exception faite d'une bande à valeurs positives par 10°; en type -/+ au contraire, elles sont plutôt positives bien que l'on puisse noter l'existence d'aires à valeurs négatives par 10°N et au fond du golfe de Guinée. En juillet, les anomalies TSO relatives au type -/- sont encore négatives sur l'essentiel du domaine alors qu'en type -/+ on retrouve d'une certaine façon l'opposition entre les valeurs négatives au nord d'une ligne Guyane-Sénégal et les valeurs positives au sud. Ceci confirme les résultats précédents et est en bon accord avec les expériences de sensibilité déjà citées bien que l'étendue latitudinale du fichier Focal ne permette pas de vérifier la présence d'anomalies positives au sud de 20°S, notamment sur l'aire 20°S-44°S, 40°W-10°E testée par Druyan (op. cit.). Le suivi des champs composites de mars à août (non montrés ici) indique aussi que les structures de champs se conservent pendant toute cette période, l'opposition entre refroidissement nord et réchauffement sud étant encore plus net en août en raison de la présence de fortes anomalies négatives le long des côtes mauritaniennes.



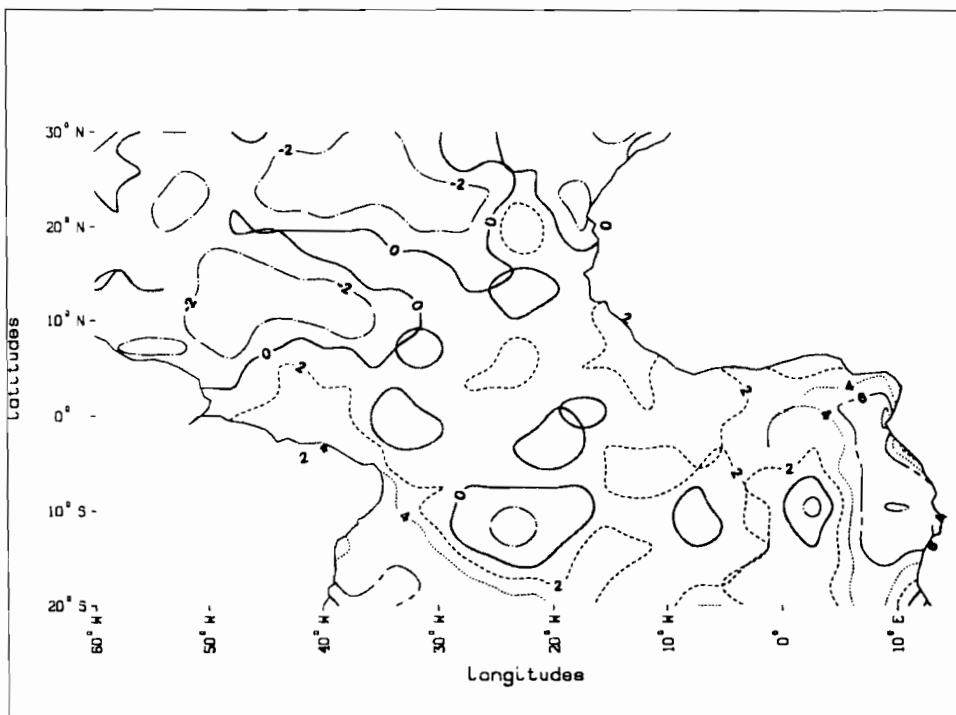
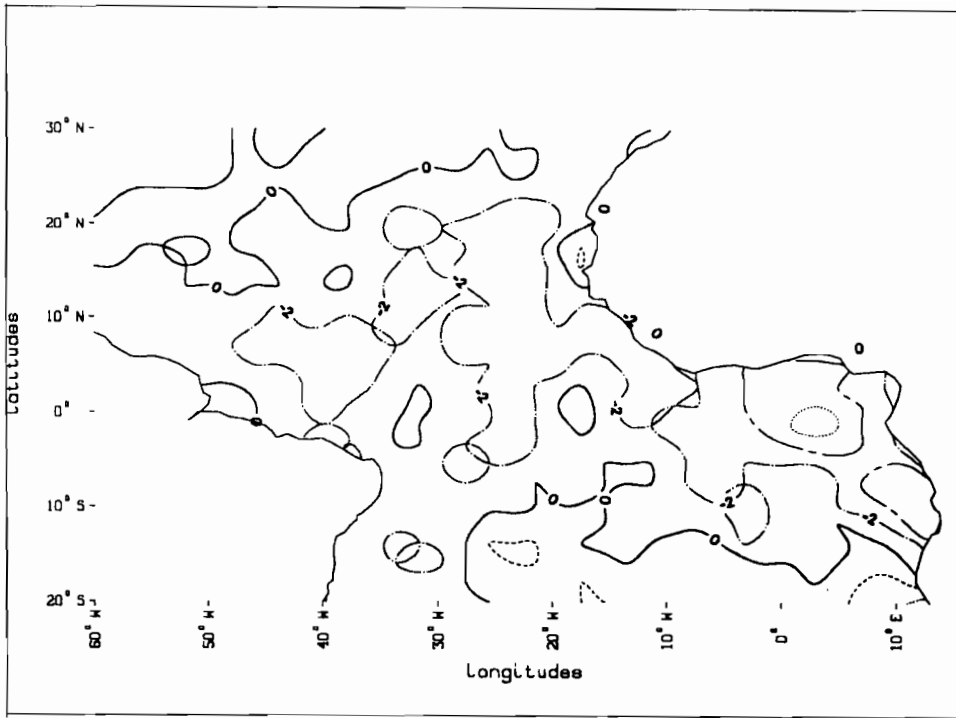


Figure 3. – **CHAMPS COMPOSITES DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES DE SURFACE OCÉAN-  
NIQUES DE L'ATLANTIQUE SELON LES DEUX TYPES PLUVIOMÉTRIQUES OUEST AFRICAINS  
(type -/- et -/+ )** : exemples des mois de mars (a, b) et de juillet (c, d). L'intervalle des isothermes est de 0,2° C.

## B - Modes TSO Atlantique et champs pluviométriques

Les ACP menées sur les TSO de l'Atlantique tropical (Lough, 1986 ; Quilfen, 1987 ; Bigot, 1990) montrent que le premier vecteur propre présente une variation en phase de l'ensemble du domaine, alors que le deuxième indique une opposition de signe entre, d'une part, l'aire équatoriale et la partie sud-est du bassin, et, d'autre part, le nord-ouest du bassin, opposition qui est d'ailleurs encore plus nette quand on considère la seule période d'été boréal (juillet-septembre).

Il devient alors intéressant de préciser le couplage pluies-TSO en forçant statistiquement le champ pluviométrique ouest-africain par les chroniques TSO associées aux vecteurs propres des champ Atlantique. Le champs pluviométrique composite a été calculé en prenant en compte la deuxième composante principale des TSO de l'Atlantique tropical (13,2 % de variance) sur la période 1948-1972 (Lough, 1986). Ce dipôle Atlantique a enregistré de fortes anomalies froides au nord et chaudes au sud en 1949-63-68-72 et la structure inverse en 1950-54-56-58. La *figure 4* présente ainsi le champ pluviométrique composite relatif à la différence entre les deux groupes d'années. On observe nettement que le champ résultant est bien associé à une structure pluviométrique de type -/+.

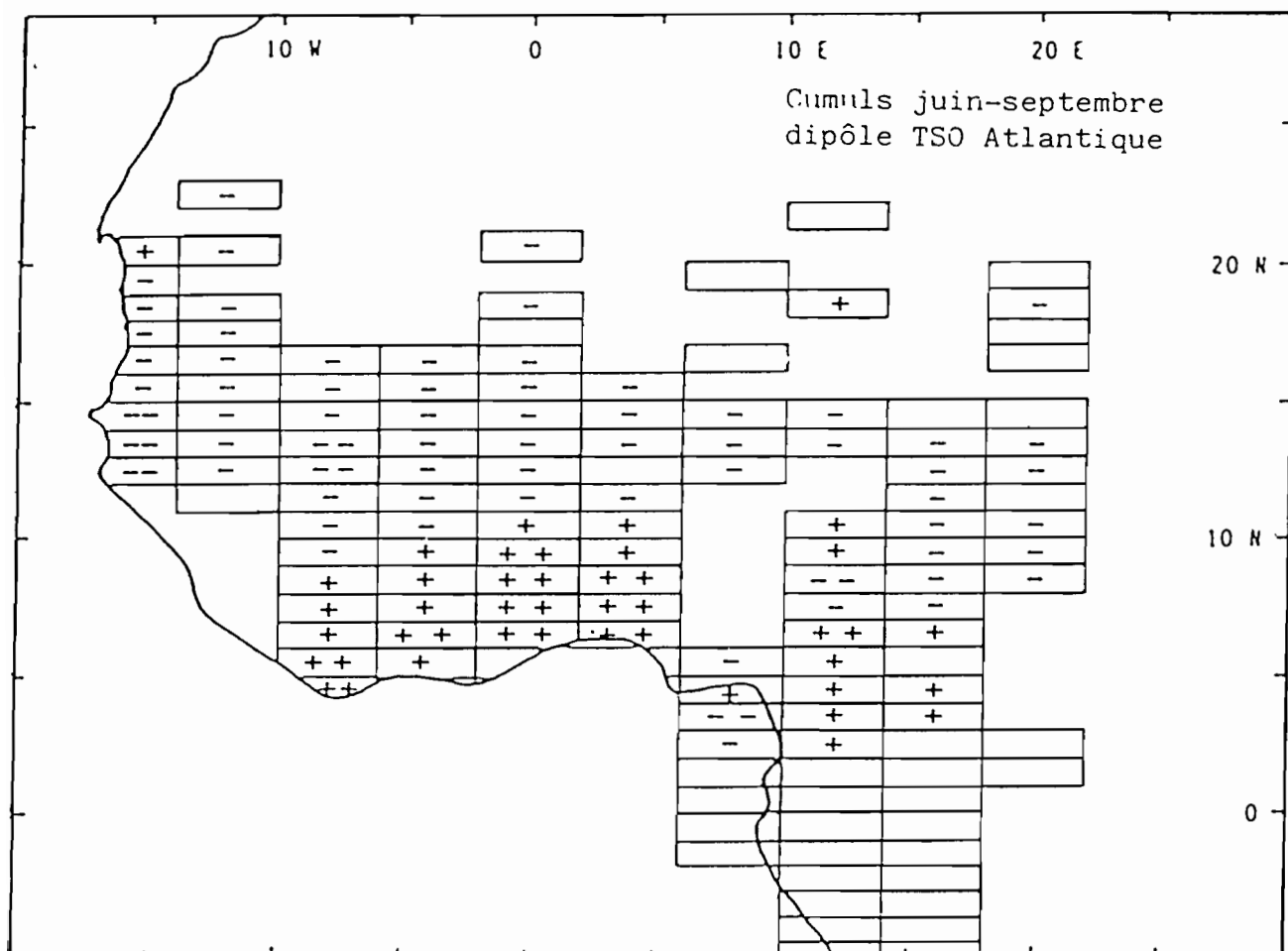


Figure 4. – **CHAMP COMPOSITE DES ANOMALIES PLUVIOMÉTRIQUES OUEST AFRICAINES** juin-septembre selon le deuxième mode de variation des TSO Atlantique (voir le texte). ++ et -- signalent les anomalies supérieures à 300 mm en valeur absolue.

De façon à mieux illustrer la connexion, la *figure 5* montre l'évolution temporelle du dipôle Atlantique (Servain, 1991), calculé en faisant la différence entre les TSO du domaine 28°N-5°N (Atlantique tropical nord) et celles du domaine 5°N-20°S (Atlantique tropical sud). Les mois d'août à types -/- et -/+, indiqués sur l'axe des temps, montrent que, en années vraies, les deux modes pluviométriques ne sont pas nettement discriminés sur la période : les plus fortes valeurs sont enregistrées aussi bien en type -/- (1970) qu'en type -/+ (1980) ; il en est de même pour les valeurs les plus faibles (1972 et 1974 en -/- ; 1971, 1973 et 1984 en -/+). Ceci tient au fait qu'avec cet indice, le signal équatorial n'est pas vraiment pris en compte.

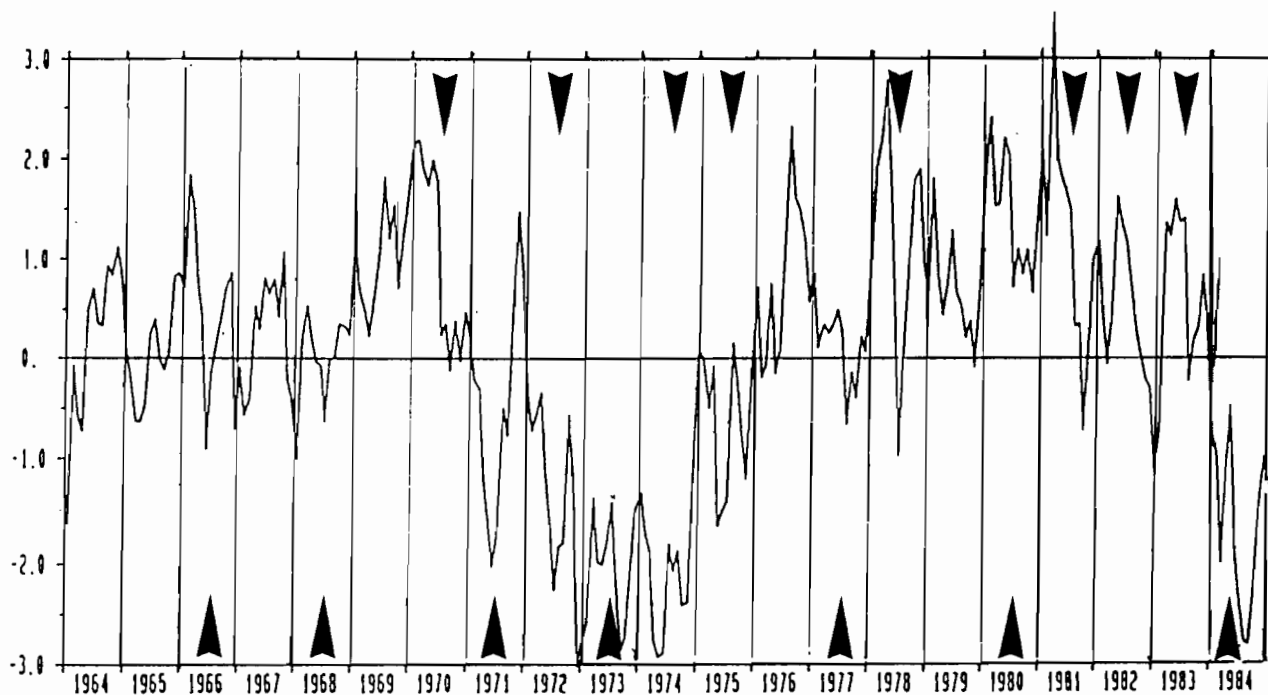


Figure 5. – **ÉVOLUTION DE LA CONNEXION ENTRE L'INDICE INTERHÉMISPHÉRIQUE ATLANTIQUE ET LES TYPES PLUVIOMÉTRIQUES OUEST AFRICAINS** : l'indice interhémisphérique (Servain, 1991) est égal à la différence entre les TSO moyennées sur le domaine 28°N-5°N et celles moyennées sur le domaine 5°N-20°S ; les occurrences des types pluviométriques -/- et -/+ sont respectivement indiquées en haut et en bas. Les ordonnées sont en unités d'écart-type.

Les analyses en composantes principales (avec rotation de type varimax) sur les anomalies TSO de l'Atlantique tropicales (période janvier 1964... décembre 1989) montrent en effet que la première composante est associée à un net signal équatorial dans le golfe de Guinée (*figure 6a*). De plus, la chronique correspondante (*figure 6b*) discrimine mieux les types pluviométriques que le seul indice interhémisphérique : le mode -/- (voir les cercles) est, à l'exception de 1974 et 1981, associé à de faibles valeurs (anomalies froides dans le golfe de Guinée) ; le mode -/+ (voir les points) est associé à des valeurs souvent situées au-dessus de la moyenne (anomalies chaudes) ou très proche de cette moyenne (1971 et 1977). Ceci confirme l'importance des TSO du golfe de Guinée pour la structure des champs d'anomalies pluviométriques sur l'ouest africain et doit être rapproché du contrôle que les TSO exercent sur les déplacements de la ZCIT.

# acp cov1

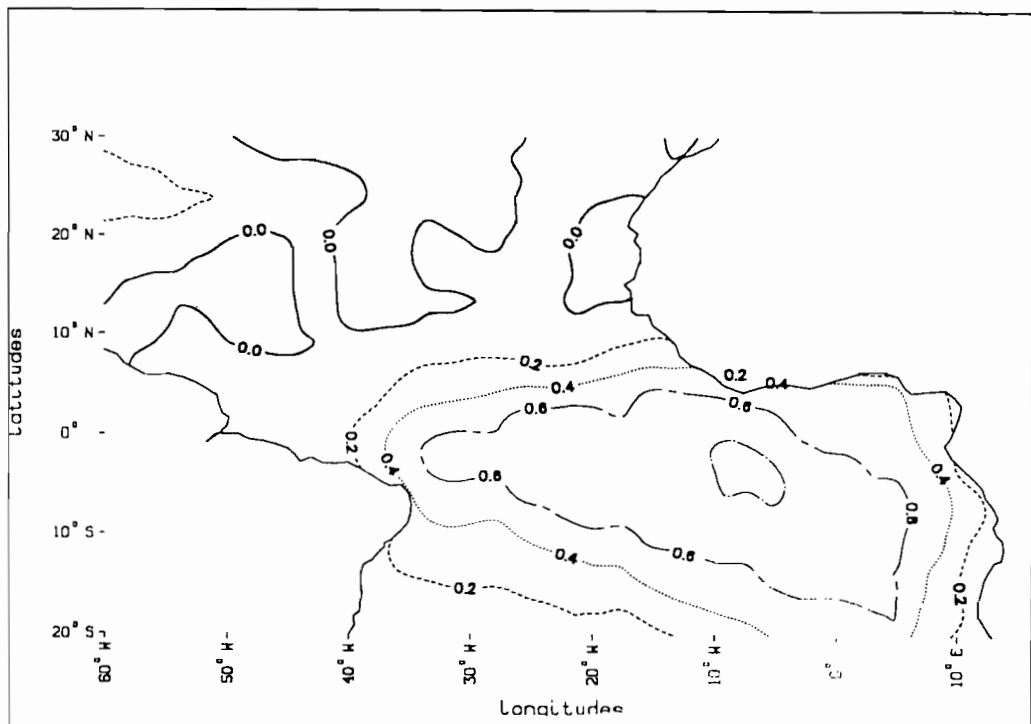
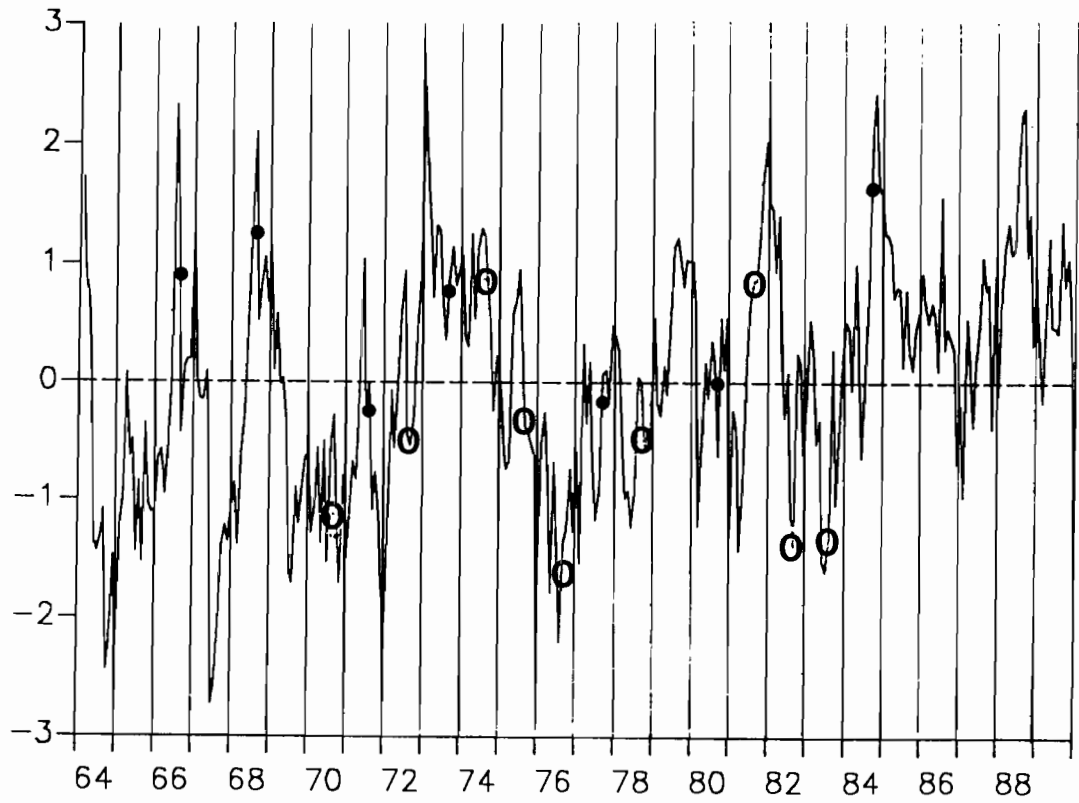


Figure 6. – **CHAMP (a) ET CHRONIQUE (b) ASSOCIÉS À LA PREMIÈRE COMPOSANTE DES ANOMALIES TSO DE L'ATLANTIQUE TROPICAL ET TYPES PLUVIOMÉTRIQUES**: ACP avec rotation de type varimax ; période janvier 1964... décembre 1989. Les cercles et les points indiqués sur la chronique signalent respectivement les occurrences pluviométriques de type -/- et de type -/+. Les ordonnées sont en unités d'écart-type.

### C - Le problème de la position en latitude de la ZCIT

Il a déjà été montré, particulièrement dans ces colonnes, que l'évolution annuelle de la position en latitude de la ZCIT par 28°W n'était pas la même selon qu'on observait pendant les années anormalement sèches au Sahel ou anormalement pluvieuses (Citeau et al. 1985 ; Guillot et al. 1986). En clair, une année pluvieuse sur la bande soudano-sahélienne correspond plutôt à une migration précoce et haute vers le nord de la ZCIT ; inversement, une année sèche au Sahel correspond plutôt à une migration tardive et basse.

La « vitesse » avec laquelle s'effectue la migration de la ZCIT est également intéressante : lorsqu'elle est lente, comme en 1972, 73, 82 et 83, la saison de pluie à venir est plutôt déficitaire ; lorsqu'elle est rapide, comme en 1974 ou 85, l'hivernage est généralement meilleur.

La prise en compte des deux modes pluviométriques ouest-africains permet d'affiner ces liens. La *figure 7* présente ainsi l'évolution annuelle de la migration en latitude de la ZCIT par 28°W : la courbe en pointillés indique la moyenne calculée sur la période 1971-1989, tandis que les deux autres sont des moyennes composites relatives aux types -- (courbe continue) et -/+ (courbe en tiretés). Il est intéressant de constater que cette évolution discrimine les mois d'août à types pluviométriques -- et -/+. Cette discrimination est particulièrement évidente en mars-avril avant le début de la remontée et de façon moindre pendant l'hivernage ouest-africain (juin-septembre). Par rapport à la moyenne 1971-1989, la structure -- est associée à une ZCIT moins sud (1.5°N) en hiver boréal, à une remontée légèrement plus précoce (dès fin février) et à une position plus au nord en août (9°N). A l'inverse, la structure -/+ est associée à une position plus au sud et plus tardive en fin d'hiver boréal (moins de 1°N fin mars) et à une moindre remontée en août (8°N). Le t-test de Student montre que les différences de position de la ZCIT entre les modes -- et -/+ est significative à P = 0.1 sur une période de trois semaines environ fin mars-début avril et, à P = 0.05, pendant la première semaine de juin et la première semaine de juillet. Ces résultats mériteraient évidemment d'être confirmés en intégrant les champs pluviométriques sur une plus longue période.

La comparaison de l'évolution des TSO Atlantique (*figures 1 et 2*) et de l'évolution annuelle de la ZCIT (*figure 7*) montre qu'en avril une position plus au nord de la ZCIT (trait continu correspondant au mode --) est associée à des anomalies TSO négatives (*figure 1*) alors qu'une position plus au sud (tiretés correspondant au mode -/+) est associée à des anomalies TSO positives (*figure 2*). En juillet-août une moindre remontée de la ZCIT vers le nord est associée à des eaux anormalement chaudes sur le golfe de Guinée. Ces connexions sont cohérentes avec les résultats de la section précédente. Elles semblent indiquer qu'en août les plus fortes précipitations enregistrées au sud de 10°N (par disparition de la petite saison sèche) sont liées à la moindre remontée des zones de convergence-convection associées au FIT (zones C1-C2).

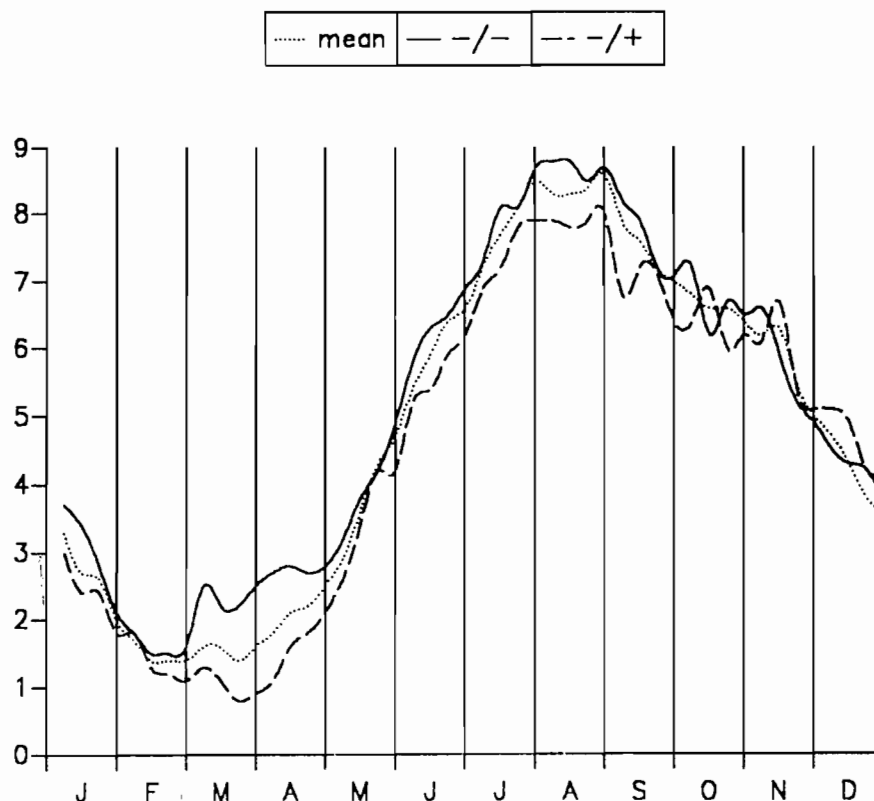


Figure 7. – **ÉVOLUTION ANNUELLE DE LA POSITION EN LATITUDE DE LA ZCIT PAR 28°W SELON LES DEUX MODES PLUVIOMÉTRIQUES** : valeurs moyennes 1971-1989 en pointillés, moyenne composite relative au mode -- en trait continu, moyenne composite relative au mode -/+ en tiretés.

## CONCLUSION

La pluviométrie ouest-africaine considérée dans son ensemble ne peut se réduire à la seule bande sahélienne. A cette échelle, la variabilité des champs d'anomalies s'organise autour de deux modes majeurs : certaines années les anomalies sont en phase (anomalies de même signe des côtes guinéennes à la bande sahélienne) ; d'autres années, elles sont en opposition de phase (anomalies de signes contraires de part et d'autre de 10°N environ). L'étude des connexions entre la pluviométrie ouest-africaine et les températures de surface océaniques a tenu compte de cet aspect, la condensation de l'information ayant été réalisée par ACP et par définitions d'indices régionaux sur les champs de température de l'océan Mondial (1970-1984) et de l'océan Atlantique (1964-1989).

Les résultats montrent que le signal du Pacifique équatorial oriental est essentiel dans la compréhension des téléconnexions globales. Ainsi une année de type -- (type -/+) correspond à des eaux plus chaudes (plus froides) que la normale dans le Pacifique est. Plus généralement les analyses confirment l'importance de l'échelle mondiale pour les connexions entre les pluies africaines et les champs de surface océaniques. Sur l'Atlantique tropical, un mois d'août de type -- est associé à des eaux plus froides que la normale jusqu'en mai, les anomalies du golfe de Guinée restant négatives jusqu'en août. A l'inverse, le type -/+ est associé à des anomalies positives jusqu'en mai, et, à partir de juin, à une nette opposition de phase (anomalies froides au nord, anomalies chaudes sur la bande équatoriale et au sud). Il est à remarquer que c'est cette structure particulière du champ d'anomalies qui s'accorde le mieux les résultats des plus récentes analyses diagnostiques et expériences de sensibilité (Ward et al., op. cit. ; Druyan, op. cit.) qui, elles, n'examinent que l'alternative Sahel sec/Sahel pluvieux.

Nos résultats montrent également le rôle potentiel des TSO du golfe de Guinée et, plus largement, équatoriales, sur les champs pluviométriques associés à la mousson d'Afrique de l'ouest. Ainsi en juillet-août, une moindre remontée de la ZCIT vers le nord est associée à des eaux anormalement chaudes sur le golfe de Guinée, qui tendent à diminuer l'amplitude de la migration estivale du système, voire à le maintenir à de plus basses latitudes. Les TSO équatoriales Atlantique semblent donc contrôler la remontée en latitude du système ZCIT-FIT au-dessus du fuseau Atlantique et par là la variabilité spatiale des anomalies pluviométriques ouest-africaines.

## REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements à Jean Citeau (ORSTOM, Dakar) qui nous a fourni gracieusement son fichier ZCIT ainsi qu'à Pascal Roucou (Roucou, 1991, Université de Bourgogne, Dijon) pour son travail sur les champs FOCAL.

## BIBLIOGRAPHIE

- BIGOT S., 1990. – « Les champs thermiques de surface de l'océan Mondial (40°N/40°S) : cycles saisonniers, variabilité et téléconnexions ». Maîtrise de climatologie tropicale de l'Université de Dijon, URA 909, texte + figures : 95 pages.
- BIGOT S., 1991. – « Variabilité et téléconnexions de l'océan Mondial entre 40°N et 40°S ». *La Veille Climatologique Satellites*, 36, 29-42.
- CADET D., GARNIER R., 1988. – « L'Oscillation Australe et ses Relations avec les Anomalies Climatiques Globales ». *La Météorologie*, VII, 21, 4-18.
- CITEAU J., CAMMAS J.P., GOURIOU Y., GUILLOT B., 1985. – « Remarques sur la migration de la zone intertropicale de convergence en Atlantique, les températures de surface du golfe de Guinée et la pluviométrie en Afrique de l'ouest sahélienne et au nord du Brésil ». *Veille Climatologique Satellites*, N10.
- CITEAU J. DEMARCO H., 1990. – « Position de la zone intertropicale de convergence le long de 28°W et température de surface de l'océan ». *Veille Climatologique Satellites*, 32, 2-7.
- DRUYAN, L.M., 1991. – « The sensitivity of Sub-Saharan precipitation to Atlantic SST ». *Climatic Change*, 18, 17-36.
- FOLLAND C.K., T.N. PALMER AND PARKER D.E., 1986. – « Sahel Rainfall and Worldwide Sea Temperatures ». 1901-85, *Nature*, volume 320, pp. 602-607.
- FONTAINE B., 1990. – « Etude comparée des moussons indienne et ouest africaine : caractéristiques, variabilité et téléconnexions ». 2 vol., Dijon, ISBN 2-9502769-1-1.
- GUILLOT B., LAHUEC J.P., CITEAU J., BELLEC B., 1986. – « Les climats de l'Afrique de l'ouest et du nord-est du Brésil : Recherche de téléconnexions ». *La Veille Climatologique Satellites*, N11.
- HASTENRATH S., 1988. – « Climate and circulation of the Tropics ». D. Reidel Publishing Company Atmospheric Sciences Library, 455 pp.
- JANICOT S., 1990. – « Variabilité des précipitations en Afrique de l'ouest et circulation quasi-stationnaire durant une phase de transition climatique ». Thèse de doctorat de l'université Paris 6.
- LOUGH J.M., 1986. – « Tropical Atlantic Sea Surface Temperature and Rainfall Variations in Subsaharan Africa. *Month. Weath. Rev.*, 114, 561-570.
- NICHOLSON S.E., 1981. – « Rainfall and atmospheric circulation patterns during drought periods and wetter years in West Africa ». *Month. Weath. Rev.*, 109, 2191-2208.
- PALMER T.N., 1986. – « The influence of the Atlantic, Pacific and Indian Oceans on Sahel rainfall ». *Nature*, 322, 251-253.
- QUILFEN Y., 1987. – « Variabilité de l'atmosphère atlantique tropicale et interactions avec l'océan ». Thèse, Université de Brest.
- REYNOLDS R.W., 1988. – « A Real-Time Sea Surface Temperature Analysis ». *Journal of Climate*, 75-86.
- ROPOLEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1987. – « Global and regional scale precipitation and temperature patterns associated with El Niño / Southern Oscillation ». *Month. Weath. Rev.*, 115, 1606-1626.
- ROUCOU P., 1991. – « Analyse diagnostique des températures de surface Atlantique (30°N-20°S) et connexions avec la ZCIT et le cyclogénèse ». Mémoire de maîtrise, Dijon.
- SERVAIN J., 1991. – « Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean ». Submitted to « *Journal of Geophysical Research* ».
- SERVAIN J., PICAUT J., BUSALACCHI A.J., 1985. – « Interannual and seasonal variability of the tropical Atlantic Ocean depicted by sixteen years of sea surface temperature and wind stress », in *Coupled Ocean – Atmosphere models*. Elsevier Science publishers, pp. 211-237, Amsterdam.
- STOECKENIUS T., 1981. – « Interannual variations of tropical precipitation patterns ». *Month. Weath. Rev.*, 109, 1233-1247.
- WARD M.N., FOLLAND C.K., MASKELL K., ROWELL D., COLMAN A., 1990. – « Understanding and predicting seasonal rainfall in subsaharian Africa ». WMO, Tropical Meteorology Research Programme Report Series, 36, 157-161.

Fontaine B., Bigot S. (1991).

Modes de sécheresse ouest-africains et température de surface océanique.

Veille Climatique Satellitaire, (38), p. 37-49.

ISSN 1144-2026