

ANALYSE DE L'EVOLUTION CLIMATIQUE EN AFRIQUE DE L'OUEST EN  
1983-1985 A L'AIDE DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE ET DE DONNEES  
CONVENTIONNELLES

Guillot B., Lahuec J.P.\*, Citeau J.\*\*, Bellec B., Noyalet A.\*\*\*

\* ORSTOM/CMS BP 147 LANNION (FRANCE)

\*\* ORSTOM/CRODT BP 2241 DAKAR (SENEGAL)

\*\*\* CMS Lannion BP 147 LANNION (FRANCE)

Les années 1983, 1984 et 1985 ont été en Afrique de l'ouest et dans son environnement océanique (Atlantique intertropical) le siège d'événements climatiques importants, avec des situations presque totalement opposées en 1983 et 1984, et une situation intermédiaire en 1985. notre objectif est ici de montrer que les observations satellitaires que nous conduisons au sein du programme "Veille climatique", couplées à des données conventionnelles, permettent de bien caractériser ces années, et de replacer les faits dans des types de comportement saisonnier, reconnus auparavant par des auteurs utilisant uniquement des données conventionnelles.

1/Evolution interannuelle de la position en latitude de la Zone InterTropicale de Convergence (ZITC)

L'observation de la position en latitude de la ZITC a été entreprise pour mesurer les effets de l'influence antagoniste des centres d'action anticyclonique de Ste Hélène et des Açores; elle consiste en un suivi sur l'océan du maximum de nébulosité, à 28°W. Le site a été choisi pour éviter les influences perturbatrices des continents, qui provoquent un étalement considérable en latitude des nuages, et rend impossible un repérage précis, et l'observation par les nuages est autorisée par la bonne corrélation existant entre le maximum de nébulosité et la zone de changement de vent à la surface.

Les quinze années étudiées (1971 à 1985) révèlent l'existence d'années à remontée précoce et haute vers le nord de la ZITC, et d'années à remontée tardive (fig.1a) et plus basse. La comparaison avec les données de vent montre que la remontée du maximum de nébulosité précède de 25 jours environ le changement de vent, et l'intensification des alizés de sud-est. 1983 entre dans la série des années à remontée précoce et haute en latitude (fig.1b), tandis que 1984 fournit le cas inverse typique, et même accentué; en 1985 une remontée très tardive (mai) est associée à une migration haute et rapide

une année de reprise de la prévisibilité de l'océan.

2/Anomalies de température de surface dans le golfe de Guinée et position en latitude de la ZITC

Le long survol maritime du flux de mousson, et les théories océanographiques du "remote forcing", qui établissent un lien entre l'intensification du vent dans l'ouest Atlantique et les remontées froides à l'équateur, (Moore et al, 1978, Servain et al, 1982) autorisent une comparaison entre la position de la ZITC à 28°W et la température de surface dans le golfe de Guinée.

Un examen qualitatif montre que les années à remontée précoce et haute de la ZITC correspondent (1971, 75, 76, 78) à des anomalies négatives de température en juillet-août, et que des anomalies positives accompagnent une migration tardive et basse de la ZITC (1973, 77, 79, 81). En fait la relation n'est pas aussi évidente; un calcul de corrélation (Citeau et al, 1985) révèle que la valeur maximale du coefficient est faible ( $r = -0,4$ ) et qu'elle est atteinte avec un délai de temps de un mois, ce qui veut dire qu'au mieux 16% de la variabilité de la température de surface est expliquée par la position de la ZITC.

L'année 1983 peut être classée comme normale sur le plan des températures de surface malgré une remontée précoce et haute de la ZITC; 1984 constitue le meilleur exemple d'une bonne relation entre une forte anomalie positive de température de surface, et un mouvement tardif et faible de la ZITC; 1985 est difficile à classer, parce que normale sur le plan de la température de surface en juillet-août, alors que la ZITC est à ce moment-là dans une position haute.

Les années 1984 et surtout 1985 ont connu une descente très accentuée de la ZITC vers le sud, et une remontée très tardive, avec séparation du maximum de nébulosité sur l'Atlantique entre une branche nord et une branche sud (fig.1b). Ceci s'est produit en même temps qu'une forte anomalie positive de la température de surface de l'océan, et que la reprise des pluies en 1984 et des inondations en 1985 au nord-est du Brésil.

### 3/Position de la ZITC en Afrique de l'ouest estimée par les champs thermiques de surface

Pour suivre sur le continent la limite septentrionale des nuages précipitants associés à la ZITC nous avons utilisé l'imagerie infra-rouge de Météosat; les champs de radiance claire ont montré en effet que la température des zones sèches, à faible inertie thermique, était beaucoup plus forte, aux heures chaudes de la journée, que celle des régions humides et couvertes d'une végétation active; un gradient thermique élevé, un "front", représenté par l'isotherme 39°C, étiré d'est en ouest, les sépare habituellement (1).

Le fichier regroupe trois années, ce qui est insuffisant pour lui conférer une dimension climatique. Nous pouvons cependant comparer qualitativement ces années, et cette opération présente un grand intérêt, dans la mesure où les données conventionnelles (pluviométrie) indiquent que 1983 et 1984 ont été exceptionnelles.

Un répertoire des isothermes (fig.2) montre des différences importantes, et de mars à septembre 1983 et 1984 ont connu une évolution totale-

largement pénétré le continent, alors qu'en 1983 elle n'avait pratiquement pas encore amorcé sa remontée (2). En mai, les isolignes sont au même niveau et pour la première fois le front est plus au nord en 1983, sauf à l'est de Kano (9° est environ), où l'écart est faible, et à l'ouest de 10° ouest, où il est inversé; les différences extrêmes sont atteintes en août, où la zone à moins de 39°C est plus basse en latitude en 1984, avec de très gros écarts en Mauritanie, et à l'est, de 4° ouest (longitude de Ségou) à 13° est.

En 1984 la mousson semble avoir subi un blocage de plus en plus fort à mesure qu'elle remontait vers le nord. La forme des lignes de front le suggère, notamment celles de mai et de juin, où le retard apparaît au centre du sous-continent, et donne aux fronts une forme convexe vers le sud, avec une flèche située vers la longitude de Ouagadougou. La raison en est la faiblesse de l'activité de l'anticyclone de Ste Hélène, avec pour corollaire un renfor-

des images elles-mêmes semblent montrer que "les variations de température correspondent toujours à une occurrence mesurée de précipitations ou à un assèchement de la surface du sol estimé à partir de notre modèle de bilan hydrique (méthode Frère-Popov)" (Cheikh Babar Coly, Dr du Centre Agrhymet de Niamey, communication personnelle).

- (2) En mars 1983 l'abondance des aérosols (poussières et vents de sable) a été telle qu'elle a rendu impossible l'observation de la surface.

cement des "hautes pressions de la Lybie" signalé pendant les mois de juillet et août dans les bulletins du Centre Agrhymet.

En 1985 l'évolution des fronts ressemble assez à celle de 1983, avec des différences importantes en juin et en août, par rapport à 1984. On note en plus, en mai et juin, un blocage prolongé des fronts à l'ouest, en relation avec le retour d'alizés puissants et soufflant tardivement, ceci en contradiction totale avec la situation dans cette région en 1984 à la même période de l'année, où les vents (et les fronts) étaient de signe opposé.

#### 4/Analyse de la convection profonde et de la pluviométrie

Un second moyen, plus classique, de suivre l'évolution de la ZITC, consiste à rechercher dans les données satellitaires les nuages précipitants associés à la convection profonde (cumulonimbus). Nous avons utilisé pour cela des méthodes mises au point au CMS (Berthou et Noyalet, 1979). Le travail consiste à repérer les noyaux convectifs, à en tracer les contours, et à établir des cartes de fréquence d'apparition dans des aires de 2° de côté. Nous possédons un fichier de trois années, sur lequel on peut faire les mêmes remarques qu'à propos des gradients thermiques au sol (3).

En janvier 1983 on a ainsi relevé (Citeau et al, 1984) une excellente adéquation entre l'absence totale de nuages convectifs et de précipitations

de l'océan par rapport à 1983 : 1 à 2° de plus de mai à septembre, et même 4 à 5° au large des côtes du Congo et de l'Angola, a été accompagnée d'écart importants dans les fréquences d'apparition de cumulonimbus (tableau 1).

Mois Années	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Total
1983	598	627	363	299	217	327	2.431
1984	1.380	1.024	712	601	475	452	4.644
$\frac{1984}{1983} \times 100$	231	163	196	201	219	138	191

Tableau 1 : Occurrences comparées de nuages convectifs dans le golfe de Guinée en 1983 et 1984 (avril-septembre).

Sur l'ensemble de la saison les occurrences sont deux fois plus nombreuses en 1984. La fig. 3 montre les différences en Afrique au mois de juillet. On remarque : de très fortes fréquences en 1984 sur le golfe de Guinée, et jusqu'à 10° nord en Afrique de l'ouest; de fortes fréquences à l'est du golfe de Guinée, des côtes du Gabon à la région des Grands Lacs et de faibles fréquences entre 10 et 16° nord, et entre 6° est et la côte, où les différences avec 1983, année sèche, sont négatives ou faiblement positives.

Les données in situ confirment largement cette analyse. Piton (1985) a pu mettre en relation l'anomalie positive de température de surface de la mer et la pluviosité excédentaire enregistrée à Sao Tomé en 1984. Des données

(3) Des développements importants ont déjà été introduits pour améliorer les procédés d'extraction : analyse numérique à partir de l'imagerie infra-rouge, et le nombre d'images traitées. Un projet est en cours d'élaboration pour obtenir à partir de là une estimation des pluies, avec le concours de données in situ (pluviométrie).

fournies par A. Buisson (1985) (tableau 2) confirment l'ampleur du phénomène pour la saison sèche (juin à septembre), au Gabon.

Stations	Précipitations (mm)			% de la moyenne		1984 1983
	Moyenne	1983	1984	1983	1984	
Bitam	440,7	291,1	674,6	66	153	2,32
Cocobeach	301,8	116,8	1619,2	39	537	13,86
Franceville	157,6	115,6	611,1	73	388	5,29
Lambaréné	94,9	35,8	485,0	38	511	13,55
Lastoursville	156,4	191,9	546,9	123	350	2,85
Libreville	130,9	50,0	1263,9	38	966	25,28
Makokou	206,5	128,1	562,5	62	272	4,39
Mayumba	41,8	31,7	406,9	76	973	12,84
Mitzié	188,3	193,5	454,9	102	242	2,35
Mouila	87,7	44,4	423,8	51	483	9,55
Port-Gentil	39,2	22,1	416,7	59	1060	18,86
Tchibanga	16,0	5,8		36		
Sao Tomé	38,4	1,6	564,0	4	1469	352,50

Tableau 2 : Précipitations de saison sèche (juin-septembre en 1983-1984, au Gabon et à Sao Tomé).

Les différences par rapport à la normale sont très grandes : anomalie négative à peu près partout en 1983, notamment dans le golfe (4% de la normale à Sao Tomé) et près des côtes (39% de la normale à Cocobeach, 38% à Libreville), anomalie très fortement positive en 1984 sur toute la zone, et décroissante du golfe : Sao Tomé 14,7 fois la normale, aux côtes : Libreville et Mayumba 10 fois la normale, et vers l'intérieur : Franceville 4 fois la normale. Une comparaison entre 1983 et 1984 (dernière colonne du tableau) donne des résultats ahurissants; il est tombé de juin à septembre 1984 352 fois plus d'eau à Sao Tomé qu'en 1983, 25 fois à Libreville, 14 fois à Cocobeach (1502 mm en plus!).

Les données conventionnelles aident à situer le niveau des anomalies; depuis l'origine des mesures (janvier 1933) il n'avait jamais plus aussi peu à Libreville qu'en 1983, et jamais autant qu'en 1984; au Gabon on se souvient qu'en 1926 il avait également plu abondamment en saison sèche, au point d'empêcher les brûlis et de provoquer des famines.

#### Conclusion

Ces remarques donnent d'autant plus d'intérêt à l'étude des dernières années considérées comme des cas limites. Nous avons tracé sur la figure 3 le contour des zones où la convection a été nettement plus fréquente en 1984, et ceci peut être considéré comme une ébauche du travail à entreprendre pour mesurer l'incidence géographique d'anomalies de température de surface, et l'influence réelle du golfe de Guinée sur les régions riveraines.

Plus généralement, les auteurs du premier bulletin édité par le Climate System Monitoring rappellent (p. 23-25) que la variabilité inter-annuelle des pluies en Afrique, telle qu'elle a été étudiée par divers auteurs (Nicholson 1980, Janicot 1985) n'est pas uniforme, et qu'il existe effectivement, en Afrique de l'ouest, deux types d'anomalies, articulées autour du parallèle 10° nord; à une année sèche au Sahel (entre 12 et 18° nord) correspondrait une année humide plus au sud, et à l'inverse une année humide au nord serait sèche au sud; en réalité les auteurs sont moins affirmatifs, Janicot par exemple se contentant de constater l'existence d'aires à pluviométrie

homogène; personnellement nous pensons que seules les années à forte anomalie, comme 1984, soulignent cette dichotomie; il est au demeurant assez réconfortant de constater que nos recherches sur la ZITC et la température de surface de la mer, et nos fichiers de champs thermiques de surface, ou de densités de nuages convectifs, amènent des conclusions analogues à celles que nous venons de rappeler, tout en précisant davantage le concept de variation interannuelle, d'années opposées (ou intermédiaires), et en replaçant les résultats dans un contexte plus large.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BERTHOU H., NOYALET A. - 1980 - Utilisation du satellite géostationnaire Météosat. Dact., CMS Lannion, 2 p., 15fig.
- BELLE C., CAMMAS J.P., GUILLOT B., LAHUEC J.P., NOYALET A. - 1984 - Projet de surveillance des amas convectifs et des précipitations dans la zone intertropicale, à l'aide des données infra-rouge de Météosat. Veille Climatique Satellitaire n° 3, sept., p. 19-22.
- BUISSON A. - 1985 - Une anomalie climatique au Gabon en 1984. La Météorologie juin-août 1985, p. 36-45; post-face de R. Garnier, p. 45-47.
- CITEAU J., GUILLOT B., LAHUEC J.P., THEPENIER R.M. - 1984 - Application des données du satellite Météosat à l'étude des climats de l'Afrique. The fourth Meteosat Scientific User Meeting, Clermont-Ferrand 30 nov-2 déc. 1983, Report, ESOC, II-2, 14 p., 7 fig.
- CITEAU J., GUILLOT B., LAHUEC J.P. - 1985 - Champs thermiques de surface de l'océan Atlantique. Convection et fronts thermiques sur le continent africain. Essai de mise en relation.
- DHONNEUR G. - 1984 - Généralités sur les pluies au Sahel. OMM, Conférence Régionale de Dakar, p. 85-94.
- DHONNEUR G. - 1985 - Traité de Météorologie Tropicale. Météorologie Nationale, Paris.
- GARNIER R. - 1981 - Relations entre anomalies climatiques. Téléconnexions. La Météorologie, VI, 27, décembre 1981, p. 49-74.
- GUILLOT B., CITEAU J., THEPENIER R.M. - 1983 - La surveillance des grands événements climatiques à partir d'observations satellitaires. ORSTOM, IDT 61, Télédétection 9, 15 p. 10 fig., 2 pl. photo.
- JANICOT S. - 1985 - Analyse spatio-temporelle du champ de précipitations annuelles sur l'Afrique de l'ouest et l'Afrique centrale. A paraître in Veille Climatique Satellitaire n° 10, novembre.
- LAMBERGEON D., DZIETARA S., JANICOT S. - 1981 - Comportement du champ de vent sur l'Afrique Occidentale - La Météorologie VI<sup>è</sup> Série n° 25 juin 1981.
- LE ROUX M. - 1983 - Le climat de l'Afrique Tropicale. Vol. 1, 633 p., Vol. 2, Atlas, 24 p. 250 planches. Edit. Champion, Paris.
- NICHOLSON S.E. and ENTEKHABI D. - 1980 - Climatic events off the west coast of southern Africa. Proceedings of the Ninth Annual Climate Diagnostics Workshop - CAC/NOAA.
- PITON B. - 1985 - Anomalie thermique dans la partie orientale du golfe de Guinée durant l'été 1984 et pluviosité excédentaire à Sao Tomé. Veille Climatique Satellitaire n° 5, janvier 1985, p. 22-25.
- SERVAIN J., PICAUT J., MERLE J. - 1982 - Evidence of remote forcing in the equatorial Atlantic Ocean. Journal of physical oceanography 12, p. 457-463.

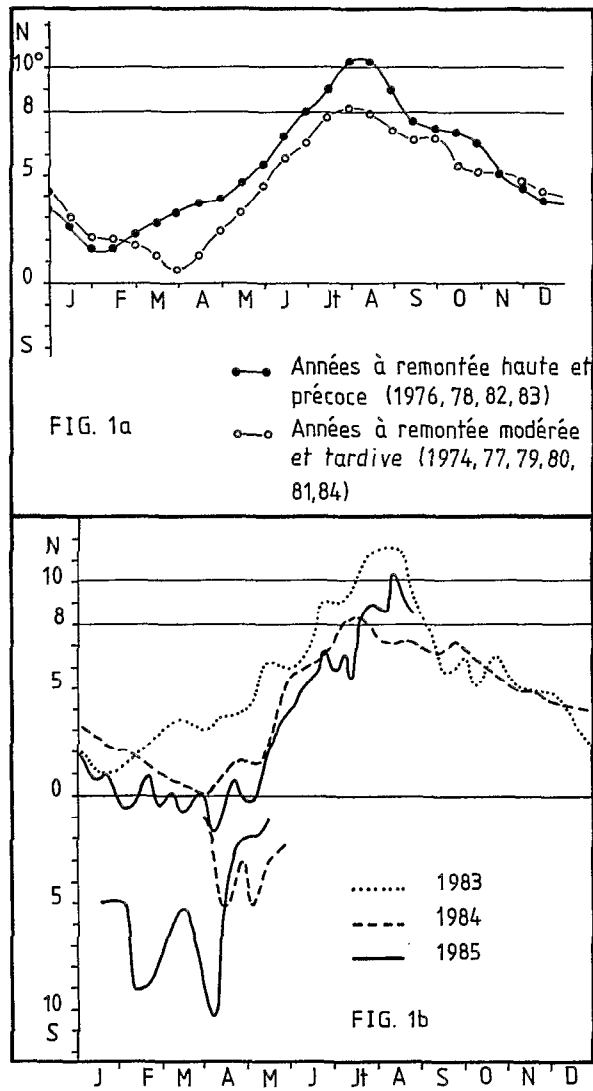


FIG. 1 POSITION EN LATITUDE DE LA ZITC A 28°W

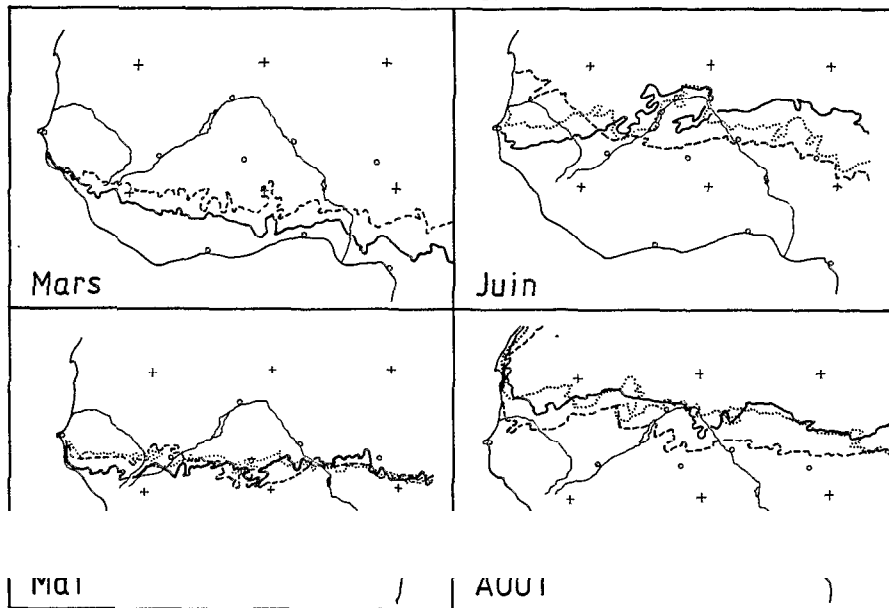


FIG. 2 ISOTHERMES 39°C (TEMPERATURE RADIATIVE METEOSAT) EN 1983 (POINTILLES), 1984 (TRAIT INTERROMPU), ET 1985 (TRAIT CONTINU)