

# Variabilité climatique et analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne

## *Climatic variability and long rainfall series analysis in non-Sahelian Western and Central Africa*

Jean Emmanuel PATUREL<sup>1</sup>, Éric SERVAT<sup>1\*</sup>, Hélène LUBÈS-NIEL<sup>2</sup> et Marie-Odile DELATTRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ORSTOM, programme FRIEND AOC, 06 BP 1203, Cidex 1, Abidjan 06, Côte d'Ivoire;

<sup>2</sup> ORSTOM, programme FRIEND AOC, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

### RÉSUMÉ

Les séries pluviométriques annuelles enregistrées sur de longues durées pour un ensemble de postes couvrant l'Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne ont permis d'étudier l'évolution spatio-temporelle de la pluviométrie dans cette région. Les résultats soulignent l'existence d'une alternance de périodes sèches et humides depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. La sécheresse actuelle n'a cependant connu d'équivalent, ni en durée, ni en intensité, sur l'ensemble de la période étudiée.

**Mots clés :** Afrique de l'Ouest et centrale, Afrique non sahélienne, Test de Pettitt, Variabilité climatique, Séries longues, Ruptures

### ABSTRACT

Annual rainfall time series registered over a long duration for a set of stations all over non-Sahelian Western and Central Africa have allowed the study of spatial and temporal rainfall evolution in this region. The results underline the existence of alternating dry and wet periods since the beginning of the 20th century. However, the current drought has no equivalent neither regarding duration nor intensity, all over the studied period.

**Keywords:** West and Central Africa, Non-Sahelian Africa, Pettitt's test, Climatic variability, Long time series, Breaks

### Introduction

Des études récentes menées par l'ORSTOM dans le cadre du programme ICCARE (Servat et al., 1996 ; Paturel et al., 1997) ont montré l'existence, en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne, de déficits pluviométriques annuels pouvant atteindre 20 à 25 %.

En se basant sur l'étude des longues séries observées, il est possible de situer cette période de pluviométrie déficitaire dans une perspective historique et de mieux évaluer, ainsi, l'importance réelle de cette évolution climatique récente. Si la plupart de ces séries de référence ne remontent qu'au début du siècle, voire aux années 1920, l'antériorité de cette information permet néanmoins d'apprécier

l'alternance des périodes sèches et humides et donc de mieux caractériser le déficit actuel, y compris dans un contexte régional.

La région étudiée, dite « humide » au sens large, est comprise entre 14°N et 2°N de latitude et 16°W et 23°E de longitude.

### Données et méthodes

#### Données

Une centaine de postes pluviométriques a été retenue. Ils présentent des séries chronologiques de hauteurs précipitées annuelles de plus de 60 ans et permettent une cou-

Note présentée par Georges Pédro

Note remise le 16 avril 1997, acceptée après révision le 28 juillet 1997

\* E-mail : servat@adiopo.orstom.ci

C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes / Earth & Planetary Sciences  
1997. 325, 779-782

779

Fonds Documentaire ORSTOM



010012466

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B \* 12 466 Ex 1

verture régulière de la région étudiée. Les séries les plus longues proviennent des pays anglophones et remontent parfois, mais rarement, à la fin du siècle dernier.

**Méthodes**

Un ensemble de représentations graphiques et cartographiques a été utilisé pour visualiser l'alternance des périodes sèches et humides dans un contexte régional. En outre, le test de Pettitt (1979) a été utilisé sur l'ensemble des postes pluviométriques retenus, en vue d'identifier une rupture dans les séries chronologiques étudiées. Ce test, non paramétrique et dérivé du test de Mann-Whitney, repose sur une variable  $U_{t,N}$  définie comme :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

où  $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$  avec  $\text{sgn}(Z) = 1$  si  $Z > 0$ ,  $0$  si  $Z = 0$  et  $-1$  si  $Z < 0$

Il teste l'hypothèse nulle (absence de rupture dans la série  $(x_i)$  de taille  $N$ ), à l'aide de la statistique  $K_N$  définie par le maximum en valeur absolue de  $U_{t,N}$  pour  $t$  variant de 1 à  $N-1$ .

Si  $k$  désigne la valeur de  $K_N$  prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur  $k$  est donnée approximativement par :

$$\text{Prob}(K_N > k) \approx 2 \exp(-6 k^2 / (N^3 + N^2))$$

Pour un risque  $\alpha$  de première espèce donné, si la probabilité de dépassement estimée est inférieure à  $\alpha$ , l'hypothèse nulle est rejetée. La série comporte alors une rupture localisée au moment  $t$  où est observé  $K_N$ .

**Résultats**

**Représentations graphiques et analyse cartographique**

La période qui va de 1925 ( $\pm 5$  ans) à 1990 a été retenue comme période de référence, car commune à tous les postes étudiés et présentant une forte densité d'informations. Sur l'ensemble de cette période et pour chacun des postes étudiés, un indice pluviométrique annuel a été calculé, défini comme une variable centrée réduite (Lamb, 1982) :

$$(X_i - \bar{X})/S$$

avec  $X_i$ : pluviométrie de l'année  $i$ ;  $\bar{X}$ : pluviométrie moyenne interannuelle sur la période de référence  $S$ : écart type de la pluviométrie interannuelle sur la période de référence.

Cet indice traduit ainsi un excédent ou un déficit pluviométrique pour l'année considérée par rapport à la période de référence choisie.

Les résultats ont été reportés sur la figure 1, en rangeant les postes pluviométriques par longitude croissante. On peut en déduire les conclusions suivantes :

- la période 1936-1950 est déficitaire : ce caractère est plus marqué entre 0° et 4°E (soit au Togo et au Bénin) et il s'estompe de part et d'autre, en particulier à l'ouest ;
- la période 1951-1968 est excédentaire : ce caractère est légèrement plus marqué à l'ouest de la zone étudiée (soit à l'ouest de la Côte d'Ivoire) ;
- la période de 1969 à aujourd'hui est très nettement déficitaire : ce caractère s'observe sur l'ensemble de la zone, mais plus encore à l'ouest.

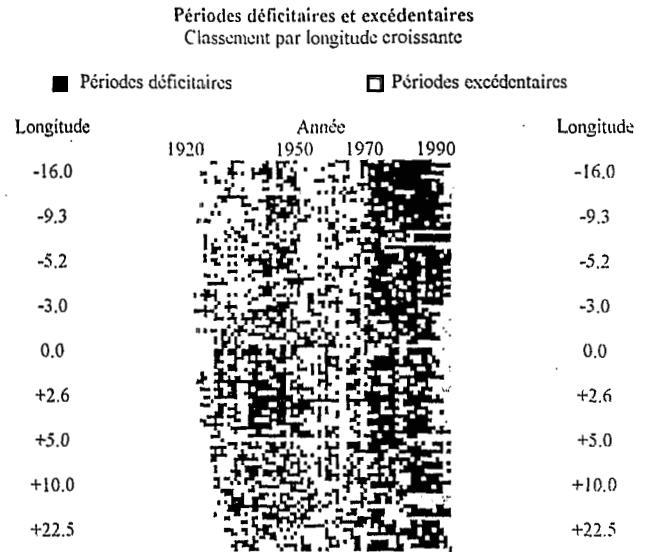


Figure 1. Visualisation des périodes déficitaires et excédentaires en fonction de la longitude du poste de mesure.

Display of periods in deficit and in excess according to the longitude of the rain gauging stations.

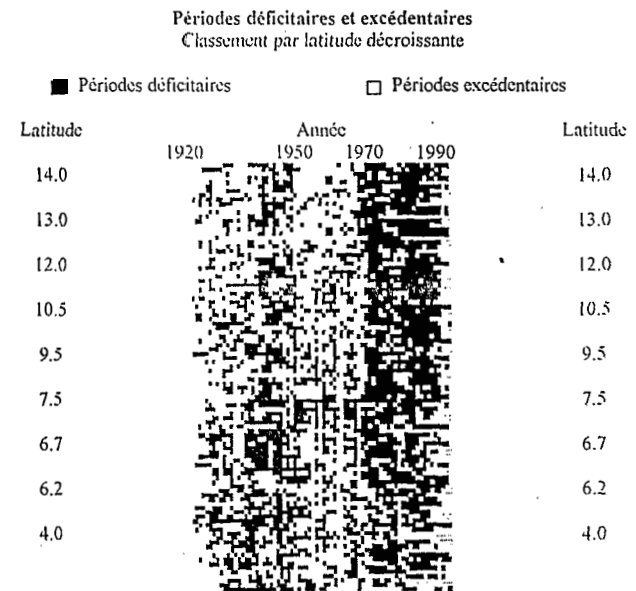


Figure 2. Visualisation des périodes déficitaires et excédentaires en fonction de la latitude du poste de mesure.

Display of periods in deficit and in excess according to the latitude of the rain gauging stations.

Les résultats ont ensuite été reportés sur la figure 2 en rangeant les stations par latitude croissante. On y observe la même succession de périodes déficitaires et excédentaires :

- la période 1936-1950 est déficitaire, et principalement le long du Golfe de Guinée ;
- la période 1951-1968 est nettement excédentaire ;
- la période de 1969 à aujourd'hui est déficitaire, caractère très marqué au-delà de 8°N.

La figure 3 présente une cartographie régionale de la moyenne par décennie des indices pluviométriques. On observe alors :

- des zones ponctuellement déficitaires durant les décennies 1930 et 1940 : les valeurs des indices sont, cependant, faibles en valeur absolue ;
- des zones excédentaires durant les décennies 1950 et 1960 : d'abord observé dans le nord, ce caractère se généralise à l'ensemble de la région au cours des années 1960 ;

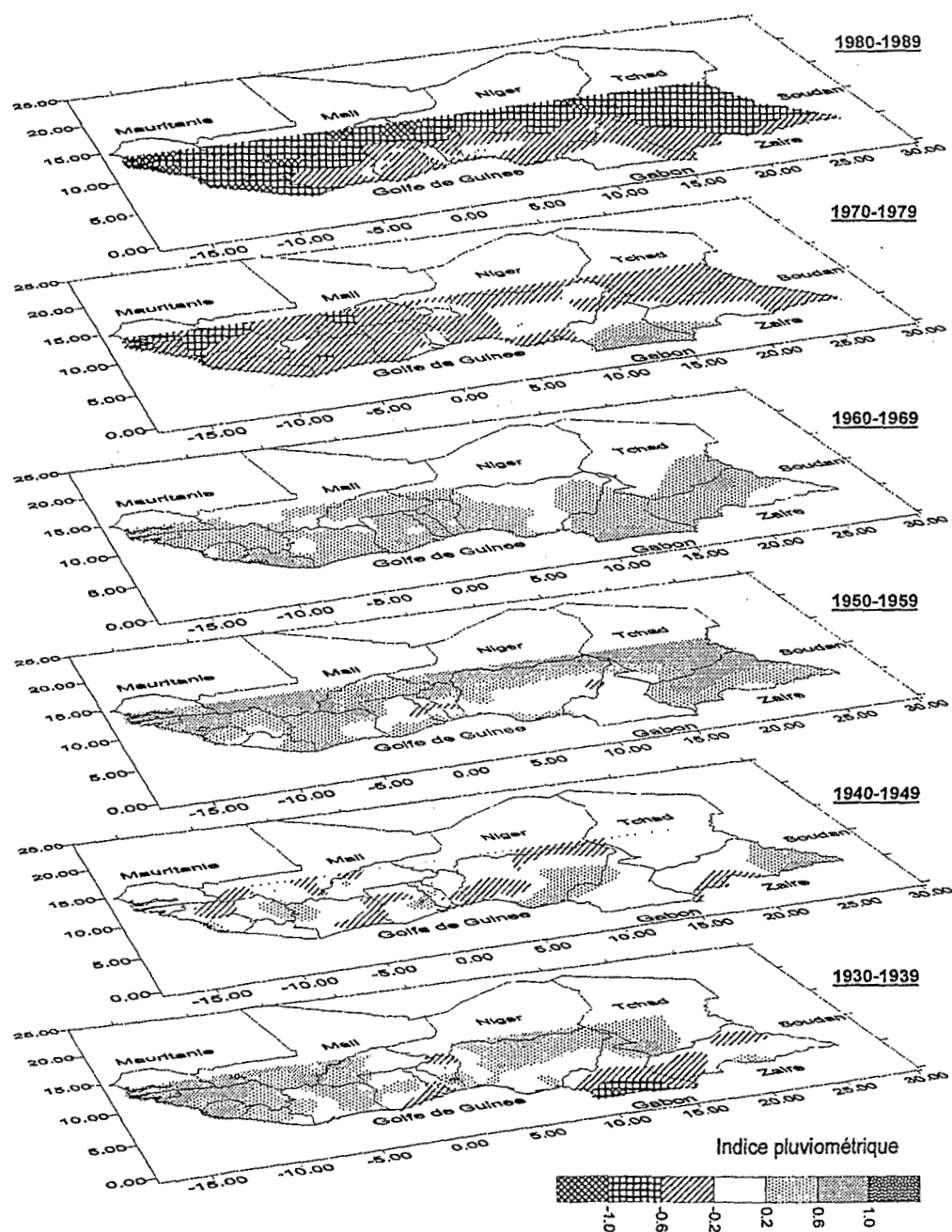


Figure 3. Évolution des indices pluviométriques de la décennie 1930 à la décennie 1980.

Evolution of rainfall index from decade 1930 to decade 1980.

**Tableau. Probabilité associée au test de Pettitt. Rupture entre 1960 et 1979.***Probability linked with Pettitt's test. Break between 1960 and 1979.*

Probabilité associée	Classe	Dénombrement
< 1 %	Rupture très significative	32
Entre 1 et 5 %	Rupture significative	10
Entre 5 et 20 %	Rupture peu significative	11
> 20 %	Série homogène	32
< 5 %	Excédent pluviométrique	6
< 1 %	Rupture très significative en dehors de la période 1960-1979	5

– des zones déficitaires durant les décennies 1970 et 1980 : ce caractère s'accroît au cours de la décennie 1980 et apparaît très marqué au-delà de 10°N et de 5°W ; les valeurs des indices  $\gamma$  sont élevées en valeur absolue.

L'examen des données antérieures à la période de référence, disponibles pour quelques postes uniquement, révèle un épisode déficitaire entre 1910 et 1922 et un autre, excédentaire, entre 1922 et 1936. Les différentes représentations utilisées soulignent donc l'existence d'une alternance de périodes sèches et humides depuis le début du siècle, sans pour autant que l'on puisse parler de cycle, compte tenu de sa forte irrégularité.

#### Analyse statistique

Le test de Pettitt a été appliqué à chacune des séries chronologiques étudiées. Les résultats montrent qu'une rupture (c'est-à-dire, ici, une diminution de la pluviométrie annuelle) y est détectée majoritairement entre 1960 et 1979. Le tableau présente la probabilité associée à la statistique du test calculé pour chacun des postes. Les niveaux de signification les plus élevés se situent à l'ouest de 5°W de longitude et au nord de 8 à 10°N de latitude. Dans cinq cas, la rupture a été signalée autour des années 1940. Les six postes pour lesquels le test révèle une augmentation de la pluviométrie annuelle sont isolés les uns des autres et leurs résultats ne traduisent donc en rien un comportement régional.

La détection presque systématique d'une rupture durant la période 1960–1979 par le test de Pettitt renforce l'idée

selon laquelle la période déficitaire actuelle est la plus intense connue par la région depuis le début du siècle. Le test ne pouvant, en effet, signaler qu'une rupture, celle-ci correspond à l'évolution jugée la plus significative.

#### Conclusion

Au cours de ce siècle, l'Afrique de l'Ouest et centrale a connu une succession de périodes de déficits et d'excédents pluviométriques, sans que l'on ne puisse toutefois parler de cycle. La fluctuation la plus brutale et la plus significative (au sens statistique du terme) a été observée autour des années 1970, à partir desquelles on note généralement une diminution importante de la pluviométrie annuelle. Si dans les parties les plus orientales de la région étudiée, cette fluctuation semble s'inscrire dans la « norme » des fluctuations des séries chronologiques, l'étude des séries longues montre qu'à l'ouest et au nord, elle revêt un caractère d'exception, tant par son intensité que par sa durée.

Les activités humaines ont pu localement contribuer à accroître ce phénomène de sécheresse. On peut citer l'exemple de la déforestation, qui a pris une ampleur considérable dans de nombreuses régions du Golfe de Guinée durant ces dernières décennies et qui s'accompagne d'une profonde modification de la nature de l'occupation des sols.

#### RÉFÉRENCES

- Lamb P.J. 1982. Persistence of Subsaharan drought, *Nature*, 299, september, 46-47
- Paturol J.E., Servat E., Kouamé B., Lubès H., Ouedraogo M. et Masson J.M. 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two: an integrated regional approach, *J. Hydrol.* (à paraître)
- Pettitt A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem, *Applied Stat.*, 28, 2, 126-135
- Servat E., Paturol J.E. et Lubès H. 1996. La sécheresse gagne l'Afrique tropicale, *La Recherche*, 290, septembre, 24-25