

SECHERESSE

Note originale
Sécheresse 1995 ; 6 : 95-102

B PB 1689/4

C PL 301/1

DON FRA

Manifestations de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne. Cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin

Cette note rassemble les premiers traitements et résultats menés dans le programme ICCARE (Identification et conséquences d'une variabilité du climat en Afrique de l'ouest non sahélienne). Ce programme s'inscrit dans le projet FRIEND-AOC et a pour objet l'identification d'une éventuelle « rupture » dans les séries chronologiques pluviométriques et hydrométriques.

JEAN-EMMANUEL PATUREL,
ÉRIC SERVAT,
BROU KOUAME,
JEAN-FRANÇOIS BOYER

Antenne hydrologique Orstom,
06 BP 1203, cidex 1,
Abidjan 06, Côte d'Ivoire

HÉLÈNE LUBES

Orstom, BP 5045,
34032 Montpellier cedex, France

JEAN-MARIE MASSON

Laboratoire d'hydrologie et modélisation,
Université Montpellier-II,
34095 Montpellier cedex 5, France

La sécheresse observée depuis une vingtaine d'années dans l'Ouest africain a des conséquences souvent tragiques dans les pays sahéliens, ce qui explique et justifie l'intérêt constant porté à ces régions [1-4]. Cependant, plus au sud, il semblerait que la sécheresse se fasse également ressentir [5-8]. C'est un sentiment unanimement partagé par les pays situés en bordure du golfe de Guinée. Les conséquences de cette sécheresse sont généralement moins sévères et moins dommageables dans ces régions plus équatoriales. Il n'empêche que la baisse de la pluviométrie et la diminution des apports en eau de surface, tout comme l'apparent décalage dans le temps des saisons des pluies, sont de nature à pénaliser les projets de développement liés en particulier à l'agriculture. Le fonctionnement des aménagements issus d'études réalisées à partir des données enregistrées lors de périodes beaucoup plus favorables peut également s'en trouver gravement altéré. À titre d'exemple, une étude récente [9] a mis en évidence une importante instabilité de la ressource en eau dans le bassin du Sassandra (ouest et sud-ouest de la Côte d'Ivoire), particulièrement

sensible depuis le début des années 70. Les conséquences de ce phénomène se sont révélées très inquiétantes en ce qui concerne le bon fonctionnement et la rentabilité des projets envisagés dans ce cas particulier et, plus généralement, dans le cas des ouvrages déjà réalisés. En prélude à une étude plus générale, qui s'intéressera à l'ensemble de la zone non sahélienne d'Afrique de l'Ouest [10], nous nous sommes livrés à une première analyse du phénomène pour trois pays riverains du golfe de Guinée, à savoir la Côte d'Ivoire, le Togo et le Bénin. Ce premier travail de caractérisation des phénomènes a porté sur la pluviométrie annuelle. Elle a été étudiée dans un contexte local (variations observées au point de mesure), mais également dans un contexte régional et spatialisé. Cette approche préalable a été réalisée à partir des données effectivement disponibles auprès des services nationaux, raison pour laquelle elle concerne actuellement la période 1950-1979. Un travail ultérieur, effectué après saisie et acquisition des données plus récentes, viendra compléter ces résultats pour ce qui est de la décennie 80.



Analyse ponctuelle

Afin de permettre une analyse précise des phénomènes, les postes pluviométriques retenus dans le cadre de cette étude doivent contenir l'information la plus complète possible et être uniformément répartis dans l'espace. Les figures 1 et 2 présentent les emplacements des trente-six points de mesure retenus pour la Côte d'Ivoire, d'une part, et ceux des vingt-sept postes caractérisant l'ensemble Togo-Bénin, d'autre part.

Dans le cadre de ces premiers traitements, et pour mieux évaluer les variations de la pluviométrie annuelle, nous avons utilisé l'indice pluviométrique préalablement défini et employé par Nicholson [6]. Il s'agit, concrètement, d'une variable centrée réduite calculée sur les hauteurs annuelles de précipitations :

$$\frac{(x_i - \bar{x})}{s}$$

– x_i : hauteur annuelle précipitée l'année i au poste considéré ;

– \bar{x} : hauteur moyenne annuelle précipitée sur la période 1950-1979 au poste considéré ;

– s : écart type des hauteurs annuelles précipitées sur la période 1950-1979 au poste considéré.

Les indices pluviométriques ainsi calculés pour chacun des postes étudiés ont été lissés à l'aide de la méthode des moyennes mobiles portant sur cinq points. Les figures 3 à 6 présentent quelques exemples des tracés correspondants [11]. Les postes d'Adiakou et de Soubré se trouvent en Côte d'Ivoire dans ce qui est appelé le « plateau forestier », région considérée caractérisée par de fortes précipitations. Les postes d'Allada et Aklakou sont respectivement situés au sud du Bénin et du Togo. L'examen de ces graphiques montre d'une manière générale, la nette tendance à la diminution de la pluviométrie dès la fin des années 60, ce qui est confirmé par les valeurs négatives des indices pluviométriques calculés. Les « décalages » observés dans les séries chronologiques d'indices mettent en évidence cette fluctuation climatique survenue en Afrique de l'Ouest non négligeable il y a plus de vingt ans maintenant, ce que les traitements spatiaux de l'information disponible confirment. Les figures 7, 8 et 9 permettent mieux d'apprécier à la fois la variabilité

Références

1. Hubert P, Carbonnel JP. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology* 1987 ; 95 : 165-83.
2. Sircoulon J. Variation des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs en Afrique de l'Ouest depuis le début du XX^e siècle. In : The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources (Proc Vancouver Symposium, août 1987). IAHS Publ 1987 ; 168 : 13-25.
3. Hubert P, Carbonnel JP, Chaouche A. Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology* 1989 ; 110 : 349-67.
4. Demarrée G. An indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian station. *Theor Appl Climatol* 1990 ; 42 : 139-47.
5. Sutcliffe JV, Kneit DG. Historical variations in African water resources. In : The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources (Proc Vancouver Symposium, août 1987). IAHS Publ 1987 ; 168 : 463-75.
6. Nicholson SE, Kim J, Hoopingorner J. *Atlas of African rainfall and its interannual variability*. Tallahassee : Florida State University, 1988.

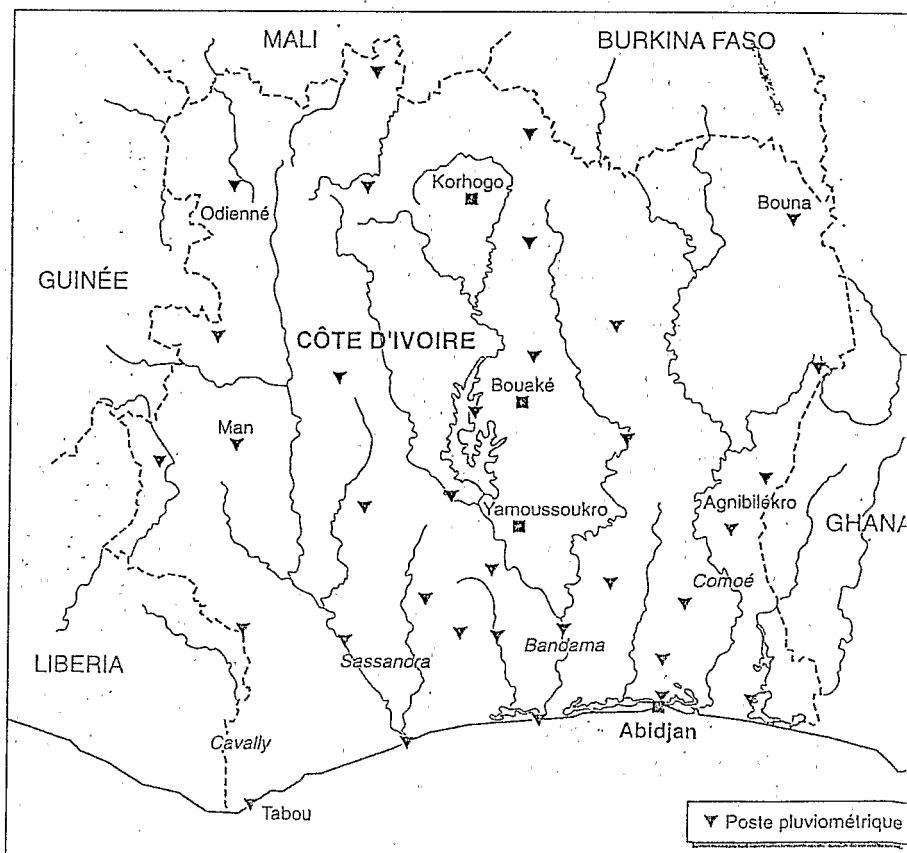
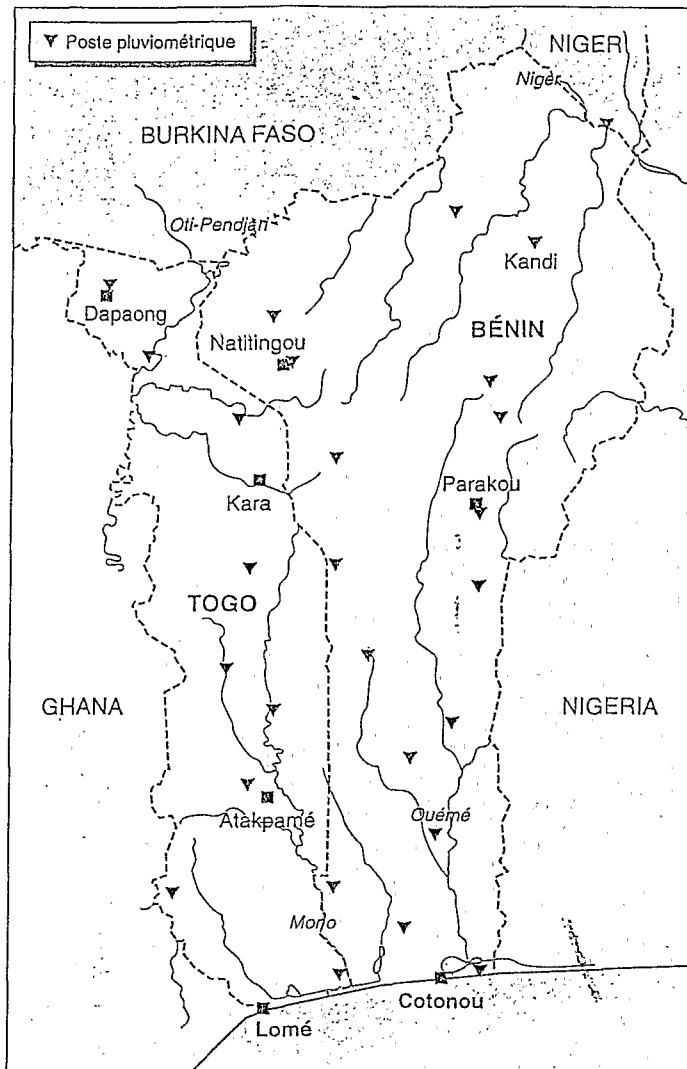


Figure 1. Postes pluviométriques retenus en Côte d'Ivoire.

pluviométrique interannuelle et l'influence propre au lissage des indices pluviométriques. Les figures 7 et 8, qui concernent les postes pluviométriques de Soubré et d'Aklakou, montrent que la tendance à la baisse de la pluviométrie est nettement perceptible au vu des seules chroniques des précipitations annuelles et ce, malgré la variabilité interannuelle du phénomène. La figure 9, relative au poste de Soubré, confirme les résultats obtenus à l'aide du lissage des indices pluviométriques. L'utilisation de cette technique n'a donc pas entraîné, ici, d'amplification des phénomènes observés à partir des indices bruts.

Figure 2. Postes pluviométriques retenus au Togo et au Bénin.



Analyse spatialisée

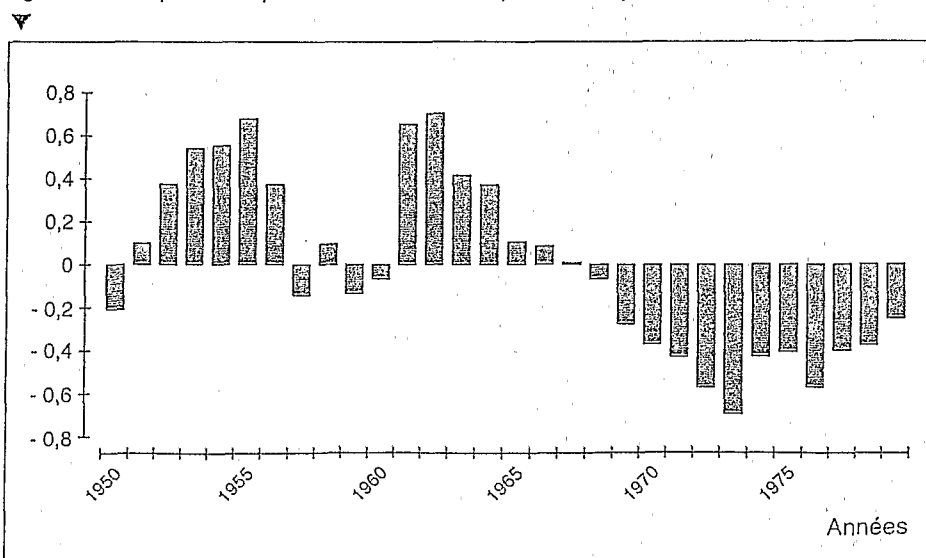
L'analyse spatialisée fait ici référence à deux types de traitements : des tracés comparatifs de courbes isohyètes (lignes joignant les points d'égale moyenne pluviométrique sur une période donnée) et des calculs de courbes d'isovaleurs d'indices pluviométriques.

Tracés comparatifs de courbes isohyètes

La figure 10 représente l'évolution, pour la Côte d'Ivoire, des zones délimitées par les courbes isohyètes 1 300 et 1 800 millimètres au cours des années 50, 60 et 70. Durant les années 50, la zone à pluviométrie inférieure à 1 300 millimètres était nettement circonscrite à une région centre et centre-est, alors que tout le secteur forestier présentait une pluviométrie supérieure à 1 800 millimètres. La décennie 60 correspond à un début d'extension de la région circonscrite par la courbe isohyète 1 300 millimètres. Ce phénomène est encore accentué au cours de la décennie 70. La zone à pluviométrie inférieure à 1 300 millimètres s'est considérablement accrue et couvre désormais plus de la moitié de la superficie du pays. Ce glissement vers le sud et le sud-ouest de la courbe isohyète 1 300 millimètres s'accompagne de la disparition presque totale de la ligne isohyète 1 800 millimètres en Côte d'Ivoire, y compris dans la zone forestière et sur le littoral atlantique.

Un phénomène comparable a été observé au Togo et au Bénin. La figure 11 présente l'évolution, pour ces deux pays, des zones délimitées par les isohyètes 1 000 et 1 300 millimètres. Si la situation reste comparable en ce qui concerne les décennies 50 et 60 (avec, toutefois, une décennie 60 qui semble plus humide que la précédente), il n'en va pas de même pour les années 70. On note, en effet, la très nette régres-

Figure 3. Indices pluviométriques lissés. Poste d'Adiaké (Côte d'Ivoire).



Références

7. Mahé G, Olivry JC. Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel. In : Hydrology for the water management of large river basins (Proc Vienne Symposium, août 1991). IAHS Publ 1991 ; 201 : 163-72.

8. Olivry JC, Bricquet JP, Mahé G. Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide. In : Hydrology of warm humid regions (Proc Yokohama Symposium, juillet 1993). IAHS Publ 1993 ; 216 : 67-78.

9. Servat E, Sakho M. Incidences de l'instabilité des ressources en eau sur la gestion d'un système d'eau aménagé. Cas du Sassandra en Côte d'Ivoire. In : Hydrology of warm humid regions (Proc Yokohama Symposium, juillet 1993). IAHS Publ 1993 ; 216 : 107-16.

10. Servat E. Programme ICCARE (Identification et conséquences d'une variabilité du climat en Afrique de l'Ouest non sahélienne). Présentation du programme. Abidjan : Orstom, 1994.

11. Kouame B, Paturel JF, Servat E, Böyer JF, Lubes H, Masson JM. Inventaire des données. Prétraitement pour la Côte d'Ivoire, le Togo et le Bénin. Rapport ICCARE 2. Abidjan : Orstom, 1994.

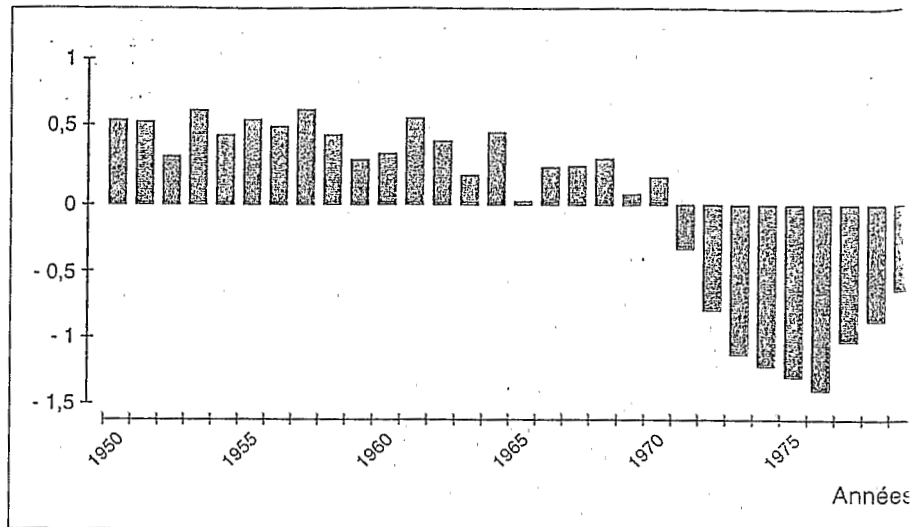


Figure 4. Indices pluviométriques lissés. Poste de Soubré (Côte d'Ivoire).

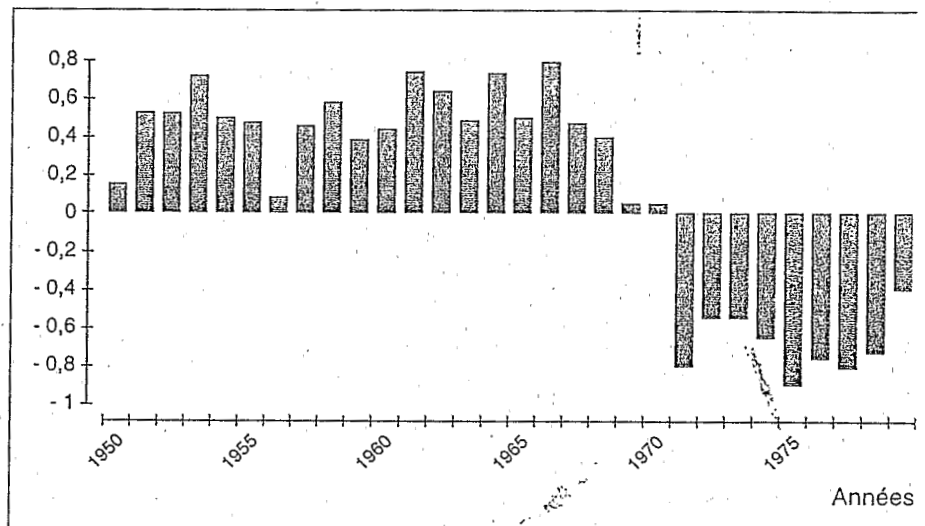


Figure 5. Indices pluviométriques lissés. Poste d'Allada (Bénin).

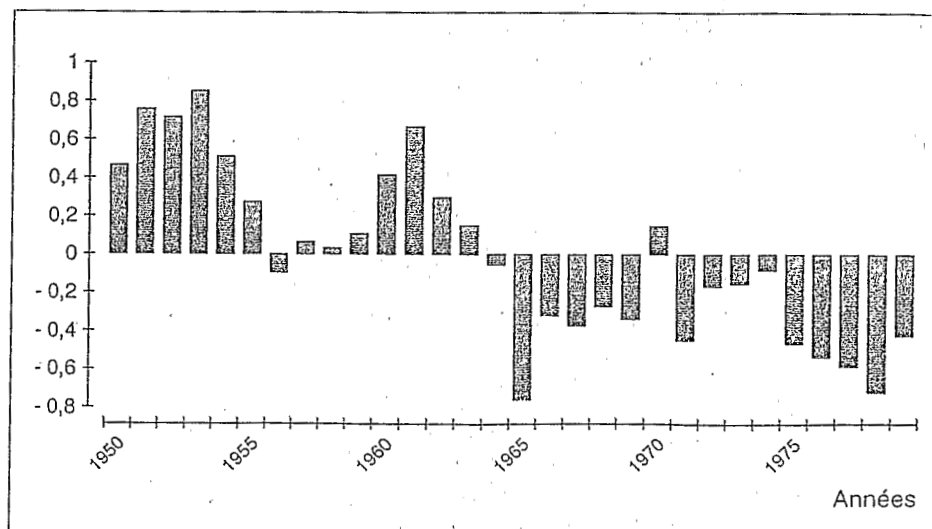


Figure 6. Indices pluviométriques lissés. Poste d'Aklakou (Togo).

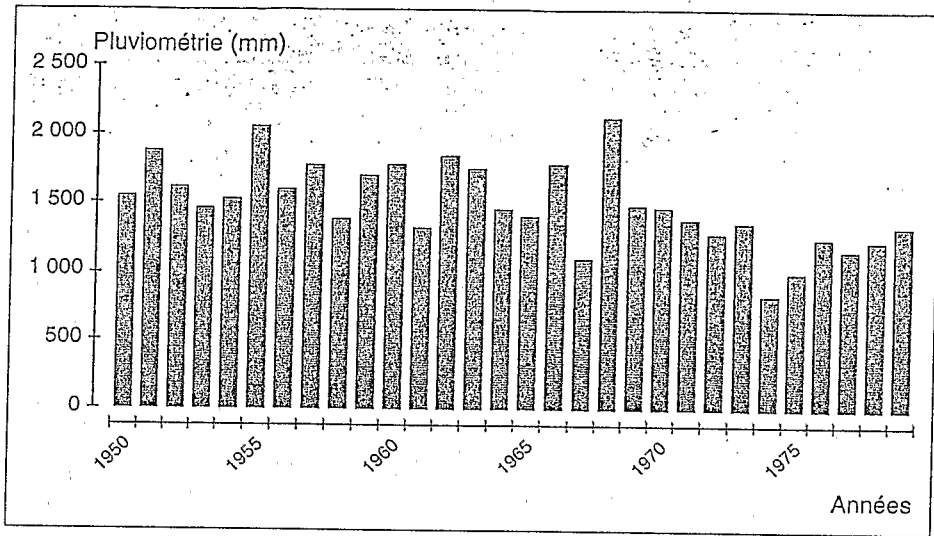


Figure 7. Pluviométrie annuelle. Poste de Soubré (Côte d'Ivoire).

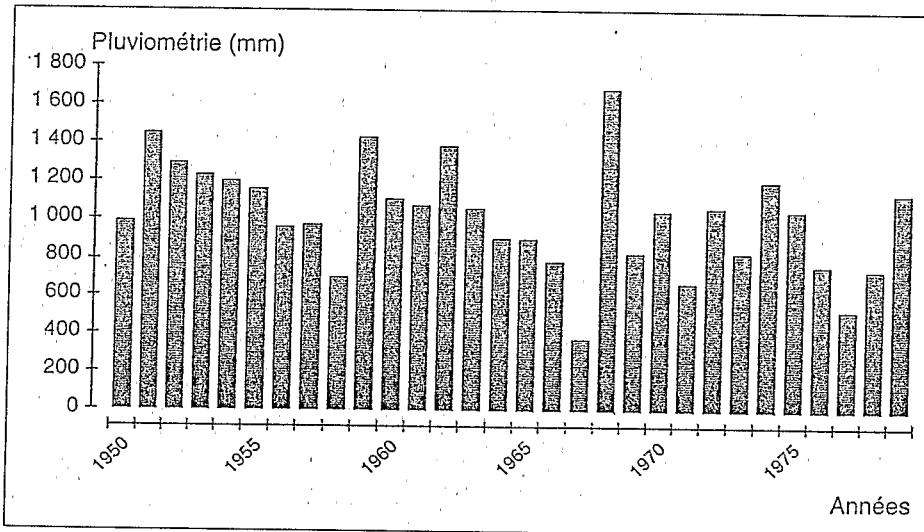


Figure 8. Pluviométrie annuelle. Poste d'Aklakou (Togo).

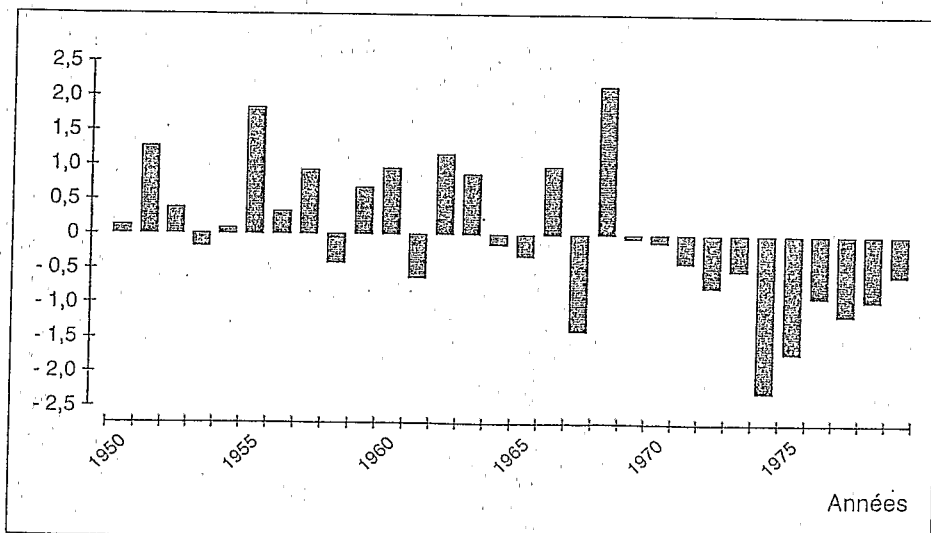


Figure 9. Indices pluviométriques. Poste de Soubré (Côte d'Ivoire).

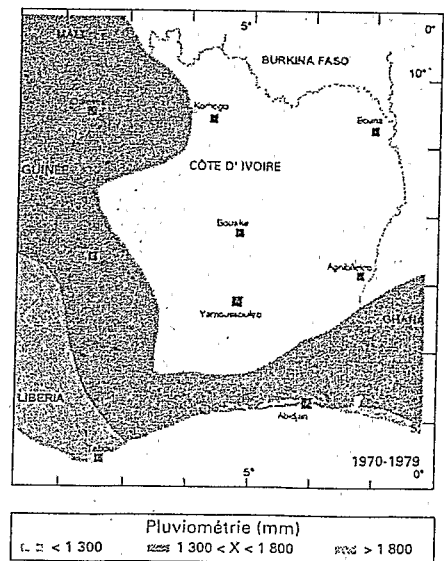
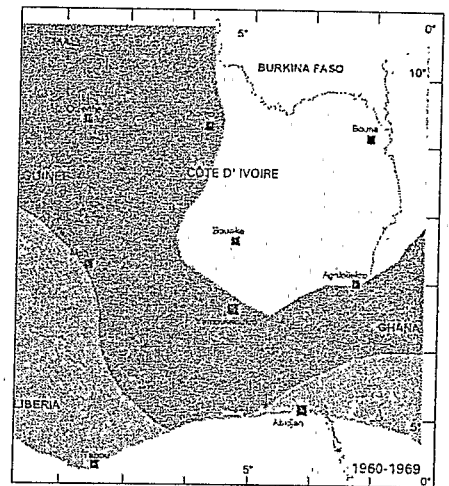
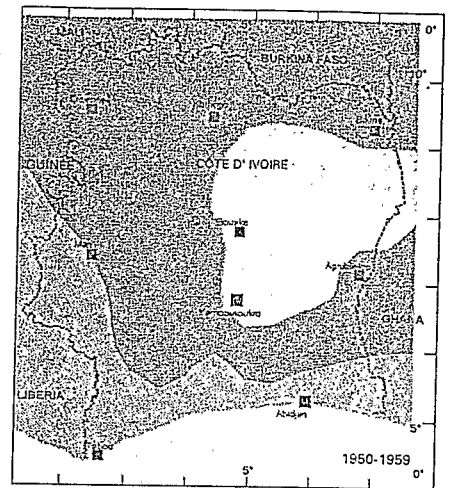


Figure 10. Évolution, en Côte d'Ivoire, des zones délimitées par les courbes isohyètes 1 300 et 1 800 millimètres au cours des décennies 50, 60 et 70.

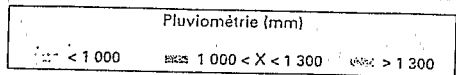
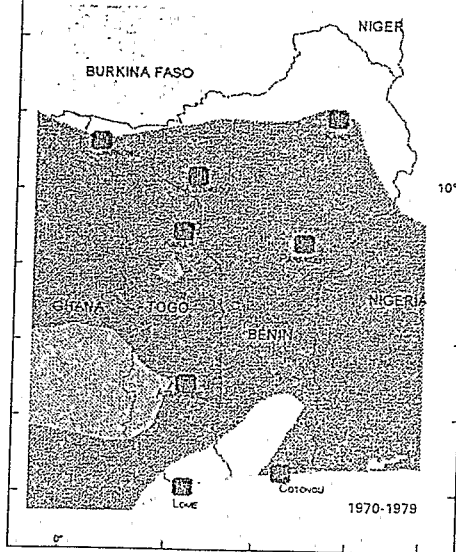
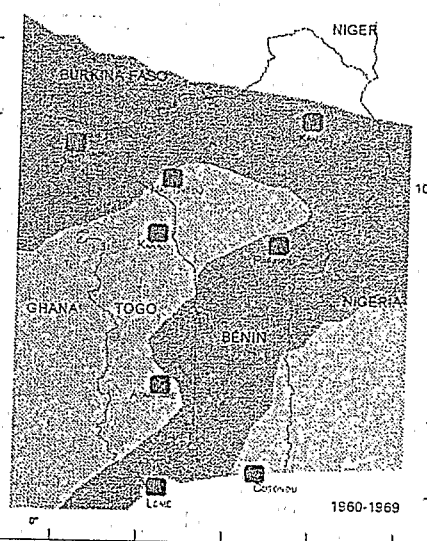
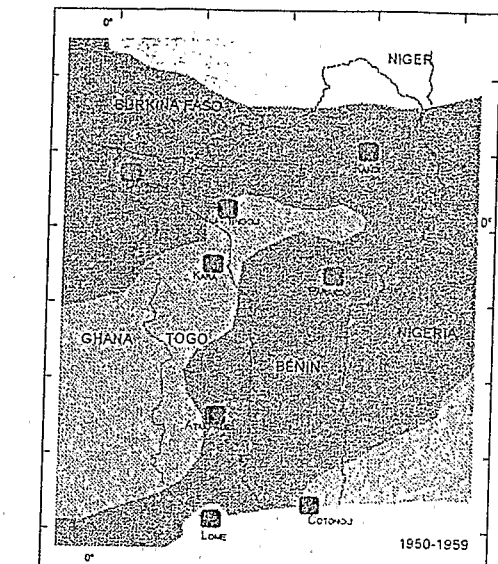


Figure 11. Évolution, au Togo et au Bénin, des zones délimitées par les courbes isohyètes 1 000 et 1 300 millimètres au cours des décennies 50, 60 et 70.

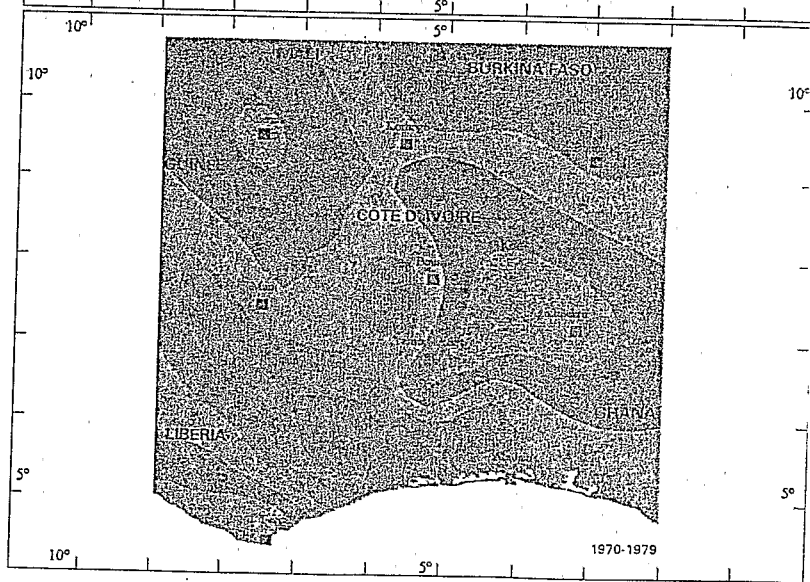
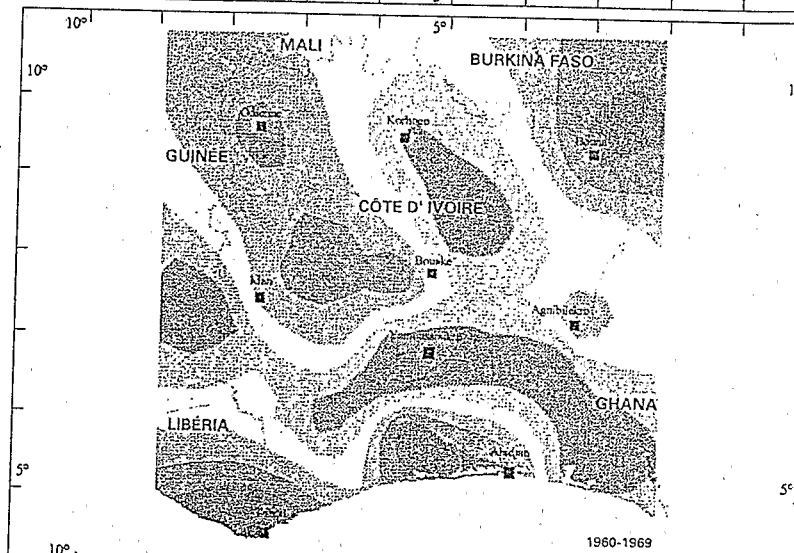
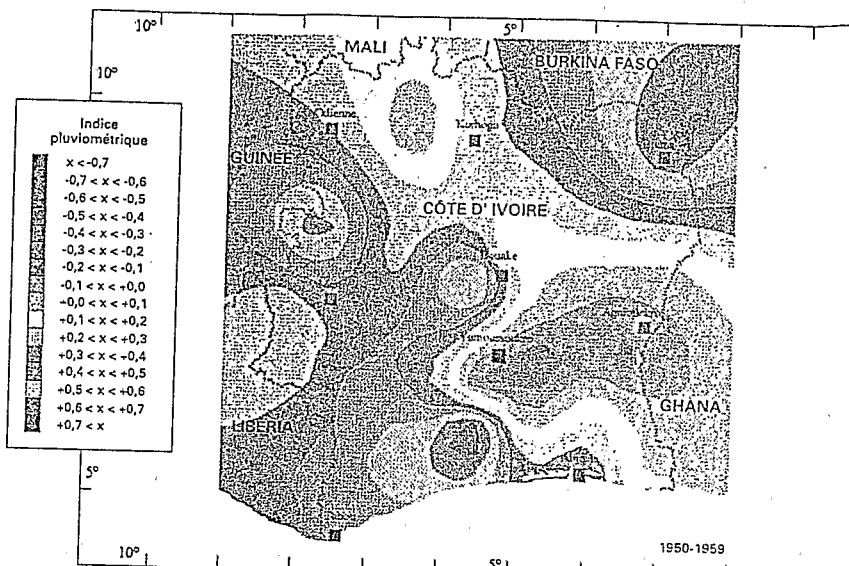
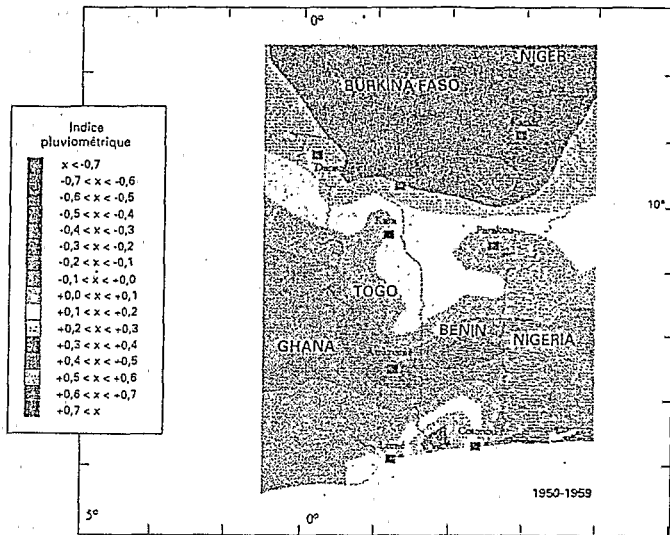
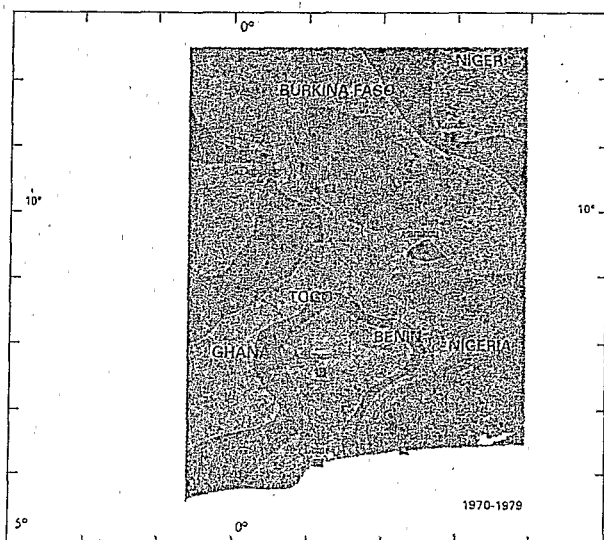
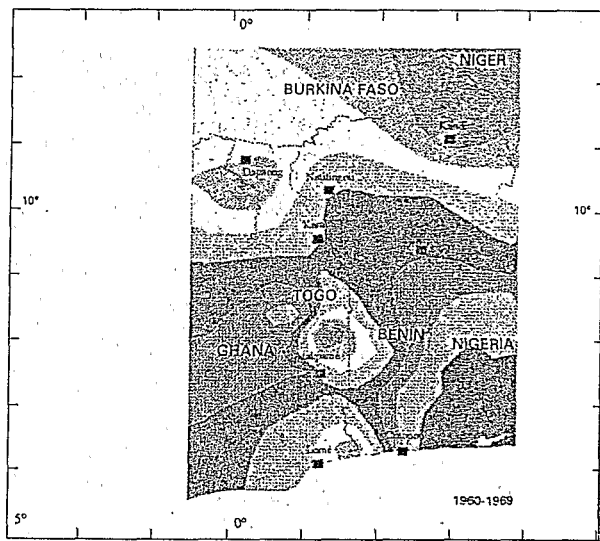


Figure 12. Cartographie des courbes d'isovaleurs d'indices pluviométriques pour les décennies 50, 60 et 70. Cas de la Côte d'Ivoire.



▲ Figure 13. Cartographie des courbes d'isovaleurs d'indices pluviométriques pour les décennies 50, 60 et 70. Cas du Togo et du Bénin.



sion de la zone à pluviométrie supérieure à 1300 millimètres et on peut, à ce sujet, émettre certaines réserves quant à l'existence effective d'une zone très réduite à pluviométrie supérieure à 1 300 millimètres isolée au sud de Kara, au Togo, et qui disparaît presque totalement de ces deux territoires. Dans le Nord, la courbe isohyète 1 000 millimètres a sensiblement migré vers le sud. En bordure de l'Atlantique, la zone à faible pluviométrie, préalablement circonscrite autour de Lomé, a subi une importante extension selon un axe sud-ouest/nord-est et s'étend désormais sur le Togo et le Bénin.

Zones d'isovaleurs d'indices pluviométriques

Dans ce cas, la méthodologie consiste à retenir, par décennie, une valeur moyenne de l'indice pluviométrique non lissé pour chacun des postes considérés. Il est alors possible de déterminer, pour la zone étudiée, les courbes d'isovaleurs correspondantes. Il ne faut, cependant, pas perdre de vue que ces indices sont relatifs puisque calculés ponctuellement par rapport aux valeurs observées au poste pluviométrique étudié. Ils ne font en aucun cas référence, par exemple, à une quelconque moyenne calculée sur l'ensemble du territoire. Ces courbes d'isovaleurs joignent donc des points pour lesquels les variations par rapport à leur propre moyenne sont du même ordre. La cartographie qui en résulte est ainsi, en quelque sorte, une cartographie d'« intensité » de déficit ou d'excès pluviométrique.

La figure 12, relative à la Côte d'Ivoire, permet d'apprécier le caractère très nettement déficitaire de la décennie 70 au regard d'une moyenne établie sur la période 1950-1979. Elle montre, pour les années 50, un très léger déficit circonscrit aux seules régions de Yamoussoukro et d'Agnibilekro. Partout ailleurs, cette période exprime une tendance excédentaire qui peut être très marquée dans certaines parties du pays. C'est le cas, notamment, de deux régions aux climats tout à fait différents : le Sud-Ouest et le Nord-Est. La décennie 60 fait état d'un comportement plus proche de la moyenne. Les régions à pluviométrie excédentaire ne le sont que faiblement et les zones déficitaires ne présentent pas d'indices pluviométriques inférieurs à $-0,2$. Seule exception notable, l'extrême sud-ouest du pays, dans le secteur de Tabou, où la valeur atteint $-0,4$. On notera, cependant, une tendance au déficit sur l'ensemble de la zone côtière, habituellement la plus arrosée du pays. La carte correspondant aux années 70 est très nettement représentative de l'importante chute de la pluviométrie survenue depuis la fin des années 60. L'ensemble du territoire ivoirien y présente un caractè-

re très nettement déficitaire, le maximum étant atteint dans la basse vallée du Sasandra, dans la région de Soubré.

L'ensemble Togo-Bénin présente une différence notable avec ce qui précède, dans la mesure où, pour cette région, c'est la décennie 60 qui est la plus arrosée au regard de la moyenne établie sur la période 1950-1979. La figure 13 montre, en effet, pour la décennie 50, des valeurs positives des indices pluviométriques au nord et au sud (à la frontière Togo-Bénin) avec des valeurs supérieures à 0,3, voire ponctuellement à 0,4. Ailleurs, les valeurs sont comprises entre 0,1 et -0,1 avec deux zones légèrement déficitaires autour d'Atakpamé, au Togo, et de Dassa, au Bénin. La période 1960-1969 est nettement excédentaire puisque, mis à part un secteur très localisé au nord d'Atakpamé et la région de Kandi au Bénin, les indices pluviométriques sont positifs et qu'ils peuvent atteindre des valeurs supérieures à 0,6. La carte correspondant à la décennie 70 est, en revanche, particulièrement représentative de la chute de la pluviométrie constatée depuis la fin des années 60. Les territoires du Togo et du Bénin s'y révèlent extrêmement déficitaires au regard des quantités précipitées annuellement. On note de nombreuses zones pour lesquelles les indices pluviométriques atteignent ou dépassent la valeur -0,5.

Conclusion

L'ensemble de ce qui précède démontre clairement que le sentiment, généralement ressenti sur le terrain, d'une modification à la baisse du régime pluviométrique dans les pays riverains du golfe de Guinée est parfaitement fondé. Cette brutale chute des précipitations à la fin des années 60, dans ces régions que l'on pensait relativement épargnées par la sécheresse, se traduit, localement, par de nets décrochages des séries chronologiques d'indices pluviométriques. L'analyse régionale du phénomène montre,

Résumé

La sécheresse qui sévit depuis une vingtaine d'années dans les régions sahéliennes d'Afrique de l'Ouest semble avoir des manifestations également plus au sud dans les pays riverains du golfe de Guinée. Une double analyse, ponctuelle et spatialisée, concernant les précipitations annuelles de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin permet de mettre ce fait en évidence. Les séries chronologiques d'indices pluviométriques confirment la chute brutale de la pluviométrie à la fin des années 60. La représentation cartographique des résultats montre le net glissement des courbes isohyètes vers le sud et permet de prendre en compte la dimension régionale du phénomène.

d'une manière générale et durant la décennie 70, l'important glissement vers le sud et le sud-ouest des courbes isohyètes et l'apparition de zones extrêmement déficitaires. Ces observations sont confirmées et amplifiées par le fait que la décennie 80 au sein de laquelle les années 1983 et 1984 ont constitué une sorte de paroxysme de sécheresse. Ces différents éléments doivent, d'ores et déjà dans ces régions non sahéliennes, attirer l'attention des aménageurs et des gestionnaires quant aux risques de défaillances visibles pour des équipements installés ou conçus dans un contexte climatique plus favorable.

Summary

The drought affecting the Sahel regions of west Africa over the past twenty years seems to have hit other areas further south as well, i.e. countries around the Gulf of Guinea. Evidence of this has come from temporal and spatial analyses of annual rainfall in Ivory Coast, Togo and Benin. Chronological series of pluviometric indexes confirm a sudden drop in rainfall in the late sixties. Mapped out, the results show a distinct shift in isohyet curves towards the south, amply illustrating the regional extent to the phenomenon.