

De la diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale

Regarding the reduction of flow in Western and Central Africa

Éric SERVAT¹, Jean Emmanuel PATUREL¹, Hélène LUBES-NIEL², Brou KOUAME¹, Michel TRAVAGLIO¹
et Bertrand MARIEU²

¹ ORSTOM, Programme FRIEND AOC, 06 BP 1203, Cidex 1, Abidjan 06, Côte d'Ivoire ;

² ORSTOM, Programme FRIEND AOC, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

RÉSUMÉ

Les régions d'Afrique de l'Ouest et centrale subissent depuis 25 ans environ une importante fluctuation climatique. Celle-ci se traduit par une baisse notable de la pluviométrie annuelle, depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970. Cette diminution de la pluviométrie a de sérieuses conséquences sur les régimes d'écoulement des cours d'eau de cette région. Cette étude a permis de caractériser ces modifications et d'apporter une dimension régionale à leur interprétation, tout en soulignant la diminution importante des volumes écoulés, ce qui n'est pas sans conséquences, tant au niveau économique qu'environnemental.

Mots clés : Afrique de l'Ouest et centrale, Afrique non sahélienne, Régimes hydrologiques, Variabilité climatique, Séries chronologiques, Ruptures

ABSTRACT

An important climatic fluctuation has now been observed for 25 years all over Western and Central Africa. This fluctuation is translated by a notable decrease in annual rainfall since the end of 1960s and the beginning of 1970s. This reduction of rainfall has serious consequences on flow regimes within this region. This study has allowed the characterization of these changes and has interpreted them on a regional level. It has also emphasized the very important decrease of the volume of flow in the rivers, which has economical and environmental results.

Keywords: West and Central Africa, Non-Sahelian Africa, Flow regimes, Climatic variability, Time series, Breaks

Introduction

Plusieurs études récentes ont montré que les régions d'Afrique de l'Ouest et centrale subissaient depuis un peu plus de 25 ans une importante fluctuation climatique (Mahé et Olivry, 1991 ; Servat et al., 1996 ; Paturel et al., 1997), qui se traduit par une baisse notable de la pluviométrie annuelle. Cette diminution des précipitations correspond à des ruptures (c'est-à-dire, ici, un changement significatif de la valeur de la moyenne) dans les séries chronologiques de hauteurs annuelles précipitées, qui ont pu être localisées à la fin des années 1960 et au début des

années 1970, par l'utilisation d'un ensemble de méthodes statistiques (Lubès et al., 1994). Depuis cette date, et sur l'ensemble des régions dites « humides » d'Afrique de l'Ouest et centrale, on constate des déficits pluviométriques annuels pouvant atteindre 20 à 25 %.

Cette baisse de la pluviométrie a de sérieuses conséquences sur les régimes d'écoulement des cours d'eaux d'Afrique de l'Ouest et centrale. Les premiers résultats de cette étude (programme ICCARE de l'ORSTOM), menée dans le cadre du projet FRIEND AOC du PHI de l'UNESCO, permettent déjà de tirer certains enseignements à valeur régionale, quant aux modifications subies par les régimes hydrologiques.

Note présentée par Georges Pédro

Note remise le 7 avril 1997, acceptée après révision le 28 juillet 1997



Données et méthodes

Données

Sur l'ensemble de la région étudiée, qui couvre 16 pays d'Afrique de l'Ouest et centrale (compris entre 2°N et 14°N de latitude et 16°W et 23°E de longitude), 103 bassins versants ont été sélectionnés pour la qualité et la continuité de leurs données, dont les plus anciennes remontent généralement au début des années 1950. Les séries chronologiques disponibles ont été traitées sur la base de regroupements effectués, non par pays, mais par grands bassins hydrographiques. Ils constituent, de fait, quatre grands ensembles : a) un premier groupe de bassins versants centré sur le bassin du Sénégal, à l'ouest de la zone étudiée ; b) un second groupe comprenant les Volta, les bassins versants des fleuves ivoiriens, togolais et béninois, donc plus proche des côtes du Golfe de Guinée ; c) un groupe situé en Afrique centrale et comprenant les bassins du Chari-Logone, de l'Oubangui et de plusieurs cours d'eau camerounais, et d) un dernier groupe que constitue le bassin du Niger.

A partir des données de débits journaliers, des variables concernant les débits moyens annuels et certaines caractéristiques des hautes eaux et des basses eaux ont pu être élaborées.

Méthodes

Les séries chronologiques de ces différentes variables ont été analysées à l'aide de deux méthodes préalablement sélectionnées (Lubès-Niel et al., 1997) : le test de corrélation sur le rang et le test de Pettitt (Pettitt, 1979).

L'utilisation du test de corrélation sur le rang avait pour objectif de mettre en évidence l'existence d'une tendance et donc d'un caractère non aléatoire au sein des séries chronologiques. Celles-ci ont également été analysées à l'aide du test de Pettitt, qui a pour objet de détecter une éventuelle rupture en moyenne dans les séries chronologiques.

Modification des régimes des cours d'eau

Débits moyens annuels

Le tableau I (colonne 5) présente les résultats obtenus pour certains bassins et montre, à l'évidence, le caractère non aléatoire de l'immense majorité des séries de modules annuels (75 %, ramené à l'ensemble des bassins), traduisant en cela l'existence d'une tendance. Seuls certains bassins d'Afrique centrale, principalement au Cameroun, et de l'ensemble Togo-Bénin présentent un caractère aléatoire.

Tableau I. Valeurs de déficits des débits moyens annuels, calculés à certaines stations hydrométriques de part et d'autre de la date de rupture.

Deficits of mean annual discharges computed for various gauging stations on both sides of the date where a significant change occurs.

Nom Poste	Bassin principal	Bassin	Rivière	A/NA	Rupture	Déficit
Mbasso	Comoe	Comoe	Comoe	NA	1971	-50 %
Aniassue Pont	Comoe	Comoe	Comoe	NA	1971	-56 %
Ndjamena	Lac Tchad	Chari	Chari	NA	1971	-51 %
Lai	Lac Tchad	Logone	Logone	NA	1970	-39 %
Malanville	Niger	Niger	Niger	NA	1970	-43 %
Niamey	Niger	Niger	Niger	NA	1970	-34 %
Douna	Niger	Niger	Bani	NA	1971	-70 %
Kankan	Niger	Niger	Milo	NA	1979	-36 %
Eseka	Nyong	Nyong	Nyong	A	1971	-18 %
M'Balmayo	Nyong	Nyong	Nyong	A	Rien	Rien
Sagon	Oueme	Oueme	Oueme	NA	1967	-42 %
Logozohe-Pont	Oueme	Oueme	Klou	A	Rien	Rien
Semien	Sassandra	Sassandra	Sassandra	NA	1970	-36 %
Bakel	Sénégal	Sénégal	Sénégal	NA	1967	-50 %
Oualia	Sénégal	Sénégal	Bakoye	NA	1971	-66 %
Dapola	Volta	Volta	Volta Noire	NA	1971	-41 %
Boromo	Volta	Volta	Volta Noire	NA	1971	-46 %
Bangui	Zaïre	Oubangui	Oubangui	NA	1970	-30 %
Salo	Zaïre	Sangha	Sangha	NA	1975	-22 %
Doume	Zaïre	Sangha	Doume	NA	Rien	Rien

L'utilisation du test de Pettitt montre que 76 bassins sur les 103 étudiés, soit près de 74 %, présentent une rupture dans les séries chronologiques de modules annuels. Ce résultat, qui correspond à une diminution des débits moyens annuels, souligne l'importance du phénomène dans toute la sous-région. Il est intéressant de noter la très faible dispersion des dates d'occurrence de cette rupture (tableau I, colonne 6). Sur les 76 bassins concernés, 10,5 % présentent une rupture entre 1965 et 1968, 75 % entre 1969 et 1971, 5 % entre 1972 et 1975 et 8 % après 1975. D'un point de vue spatial, on constate que l'essentiel des ruptures enregistrées avant 1969 le sont sur le bassin versant du Sénégal, soit dans les régions les plus occidentales et les plus septentrionales de la zone étudiée. Cela est parfaitement conforme aux résultats de l'étude pluviométrique menée précédemment (Servat et al., 1996) et qui avait révélé que les régions touchées le plus tôt par cette réduction des précipitations annuelles se situait au nord-ouest de la zone étudiée. Les autres groupes de bassins versants ont généralement subi cette modification entre 1969 et 1971.

Les régions à faible variabilité, et donc à déficit pluviométrique réduit, ne présentent généralement pas de rupture. C'est, en particulier, le cas des bassins du Mono et de l'Oueme au Togo et au Bénin. On se trouve cependant dans la zone de limite de validité des tests utilisés (Lubès-Niel et al., 1997), ce qui ne permet pas d'en tirer pour autant des conclusions définitives quant à la relation pluie-débit.

On constate donc que les ruptures dans les séries de débits moyens annuels sont moins dispersées dans le temps qu'elles ne le sont pour les précipitations annuelles. Les différences qui apparaissent au niveau des cours d'eau, intégrateurs de nombreux paramètres influencés par la variabilité climatique (développement de la végéta-

tion, ruissellement, infiltration, recharge des nappes, évaporation, etc.), sont donc plus sensibles et détectables plus rapidement.

La figure présente les déficits calculés pour les débits moyens annuels depuis la date de rupture estimée par le test de Pettitt. Ces déficits sont souvent extrêmement importants puisque sur les 75 bassins concernés, 62 (soit 84 %) présentent un déficit supérieur ou égal à 30 %, et 28 (soit 37 %) un déficit supérieur ou égal 50 %. Ces chiffres soulignent combien les effets de la variabilité climatique mesurée sur la pluviométrie sont amplifiés au niveau des cours d'eau dont on a rappelé ci-dessus le rôle intégrateur. Du point de vue spatial, on notera que les déficits les plus importants sont enregistrés sur le bassin du Sénégal, sur les bassins des fleuves ivoiriens et sur le bassin du Chari-Logone en Afrique centrale.

Le tableau I (colonne 7) présente également quelques résultats parmi les plus significatifs en matière de déficits des débits moyens annuels. Il fait, encore une fois, ressortir l'importance des déficits d'écoulements enregistrés dans ces cours d'eau des régions de l'Afrique tropicale. Ces résultats renforcent les conclusions tirées des études sur la pluviométrie et confirment la réduction significative des précipitations et plus encore des écoulements annuels, subie par l'Afrique de l'Ouest et centrale.

Autres variables caractéristiques des débits

Des variables caractérisant les débits moyens maximum de n jours consécutifs (VCX n , avec $n = 1, 5, 10, 20, 30, 60, 90$) et les débits moyens minimum de n jours consécutifs (VCN n , avec $n = 1, 5, 10, 20, 30, 60$ voire 90) ont également été étudiées (tableau II).

D'une manière générale, on notera que les différentes séries de VCX n présentent, comme les débits moyen san-

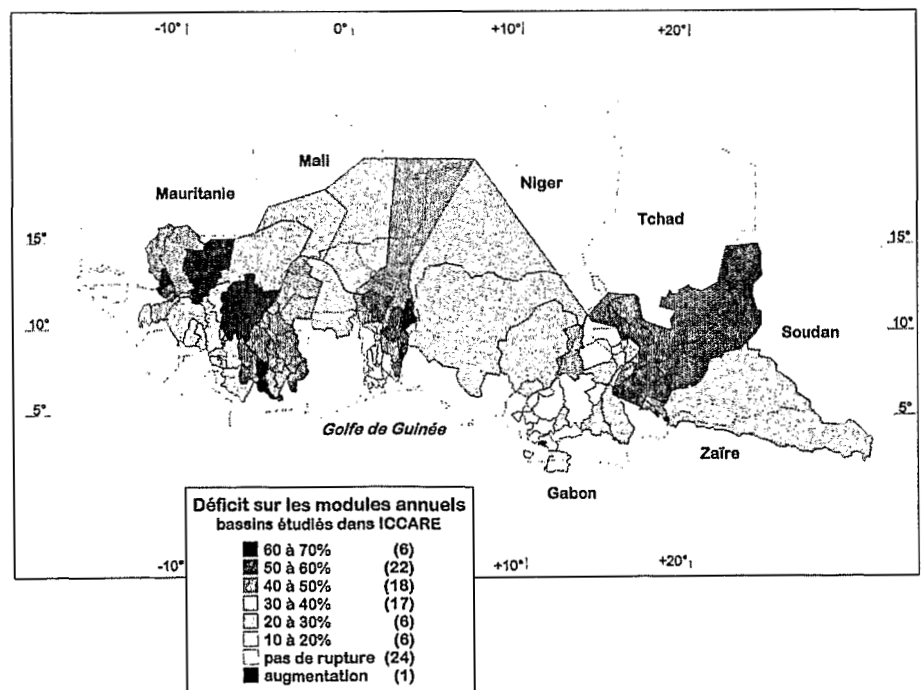


Figure. Représentation cartographique des valeurs de déficits calculées de part et d'autre des dates de rupture dans les séries chronologiques de débits moyens annuels.

Map of the deficits of mean annual discharges computed on both sides of the date where a significant change occurs.

Tableau II. Présence et dates des ruptures détectées dans certaines des séries chronologiques de VCX.

Existence and dates of break in some of the VCX time series.

Nom Poste	Bassin principal	Bassin	Rivière	VCX1	VCX30	VCX90
Mbasso	Comoe	Comoe	Comoe	1971	1971	1971
Aniassue Pont	Comoe	Comoe	Comoe	1971	1971	1971
Ndjamena	Lac Tchad	Chari	Chari	1971	1971	1971
Lai	Lac Tchad	Logone	Logone	1971	1971	1970
Makurdi	Niger	Niger	Benoue	1971	1971	1971
Douna	Niger	Niger	Bani	1971	1971	1971
Kankan	Niger	Niger	Milo	1979	1979	1979
Eseka	Nyong	Nyong	Nyong	Rien	Rien	Rien
M'Balmayo	Nyong	Nyong	Nyong	Rien	Rien	Rien
Sagon	Oueme	Oueme	Oueme	1965	1967	Rien
Logozohe-Pont	Oueme	Oueme	Klou	Rien	Rien	Rien
Semien	Sassandra	Sassandra	Sassandra	1971	1971	1969
Bakel	Sénégal	Sénégal	Sénégal	1968	1972	1972
Oualia	Sénégal	Sénégal	Bakoye	1971	1971	1971
Dapola	Volta	Volta	Volta Noire	Rien	1971	1971
Bangui	Zaire	Oubangui	Oubangui	1975	1970	1970
Salo	Zaire	Sangha	Sangha	1971	1975	1971
Doume	Zaire	Sangha	Doume	Rien	Rien	Rien

nuels, un caractère non aléatoire et que leurs dates de rupture sont également les plus fréquentes durant la période 1969–1971. L'importante corrélation existant d'ordinaire entre débits moyens annuels et débits maximums permet d'expliquer cette forte similarité.

L'exploitation des résultats obtenus pour les VCNn est plus complexe dans la mesure où, désormais, nombre de cours d'eau se trouvent chaque année à sec sur des périodes relativement longues. On notera, cependant, que les débits de basses eaux semblent également avoir subi d'importantes modifications à la baisse durant la période 1969–1971. Une analyse plus approfondie de ces séries chronologiques de basses eaux est actuellement en cours.

Conclusion

Cette étude montre que le déficit pluviométrique observé en Afrique de l'Ouest et centrale depuis plus de

25 ans a de sérieuses conséquences sur l'hydraulicité des cours d'eau de cette région. Ces derniers présentent, en effet, des déficits d'écoulement communément supérieurs à 30 % et souvent situés au-delà de 50 %.

Hautes eaux et basses eaux ont également subi d'importantes modifications à la baisse. Des analyses complémentaires actuellement en cours viendront prochainement compléter ces premières conclusions et prendront également en compte des caractéristiques de forme des hydrogrammes et les tarissements.

Cependant, les conséquences de cette diminution des volumes écoulés sont d'ores et déjà évidentes au regard de l'exploitation des ressources en eau et de l'environnement. Gestion des aménagements existants et conception des projets doivent donc désormais tenir compte de cette hydraulicité déficitaire dans toute cette région.

RÉFÉRENCES

- Lubès H., Masson J.M., Servat E., Paturel J.E., Kouamé B. et Boyer F. 1994. Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par applications de tests statistiques. Étude bibliographique, ORSTOM Montpellier, programme lccare, rapport 3, 21 p.
- Lubès-Niel H., Masson J.M., Paturel J.E. et Servat E. 1997. Variabilité climatique et statistiques. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. Soumis pour publication à *Revue des Sciences de l'Eau*

- Mahé G. et Olivry, J.C. 1991. Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel. *IAHS Publ.*, 201, 163-172

- Paturel J.E., Servat E., Kouamé B., Lubès H., Ouedraogo M. et Masson J.M. 1996. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two: an integrated regional approach, *J. Hydrol.* 191, 16-36

- Pettitt, A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem, *Applied stat.*, 28, 2, 126-135

- Servat E., Paturel, J.E. et Lubès H. 1996. La sécheresse gagne l'Afrique tropicale, *La Recherche*, 290, septembre, 24-25