

Incidences éventuelles sur la relation pluie-débit d'un contexte régional de diminution des ressources en eau en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne

M. OUEDRAOGO, E. SERVAT, J. E. PATUREL, B. KOUAME, M. TRAVAGLIO

06 BP 1203 Cidex 1, Abidjan 06, Côte d'Ivoire
e-mail: eric.servat@mpl.ird.fr

H. LUBES-NIEL

Centre IRD, BP 5045, F-34032 Montpellier Cedex, France
e-mail: helene.lubes-niel@mpl.ird.fr

J. M. MASSON

Laboratoire Géofluides-Bassins-Eau, URA-CNRS 1767, Université Montpellier II, Place Eugène Bataillon, F-34095 Montpellier Cedex 5, France

Résumé L'Afrique de l'Ouest et Centrale connaît, depuis 1970 environ, des conditions exceptionnelles, en intensité et en durée, de déficits pluviométrique et hydrométrique. Les pays de la zone non sahélienne (appelée zone "humide") ressentent également ces aléas climatiques et présentent des diminutions sensibles de la pluviométrie annuelle (20–25%) et des écoulements (modules en baisse de plus de 35–40% en général). Il apparaît, alors, légitime de s'interroger sur les liens éventuels entre un tel phénomène et la relation pluie-débit elle-même. Pour mener cette étude, on a eu recours à la modélisation de la relation pluie-débit. Le principe a consisté, essentiellement, à ajuster les mêmes modèles sur les deux périodes "humide" et "sèche", puis à tester si les paramètres obtenus sur les deux périodes variaient significativement.

INTRODUCTION

Des conditions prolongées de déficits pluviométrique et hydrométrique constituent une réalité observée en Afrique de l'Ouest et Centrale depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970 (Servat *et al.*, 1996; Paturel *et al.*, 1997). Parmi les interrogations que suscite cette importante variation, l'une d'elles concerne l'éventuelle modification de la relation pluie-débit. C'est à cette interrogation qu'on cherchera à apporter des éléments de réponse en ayant recours à la modélisation de la relation pluie-débit sur des bassins versants de la Côte d'Ivoire de superficie inférieure à 6000 km².

LES DONNEES ET LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Cette étude concerne cinq bassins versants de la Côte d'Ivoire (Fig. 1) pour lesquels les données hydrométriques sont suffisamment longues, et sur lesquels la répartition des

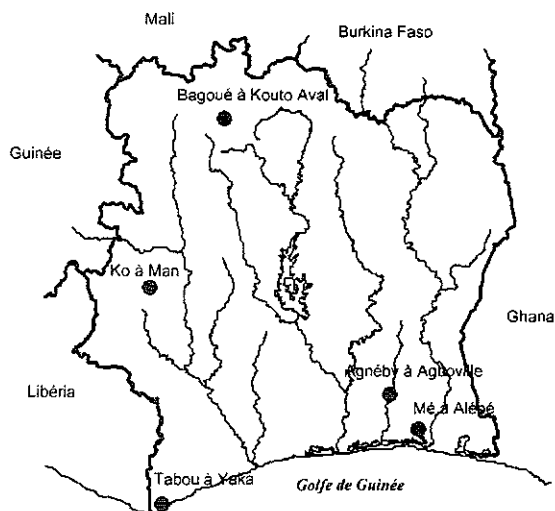


Fig. 1 Carte de situation de la Côte d'Ivoire et des bassins versants de l'étude (●: station hydrométrique).

postes pluviométriques permet une estimation acceptable de la pluie moyenne. Nous disposons aussi de valeurs moyennes interannuelles d'évapotranspiration potentielle extraites de l'étude d'Avenard *et al.* (1971). Soulignons que ces valeurs d'ETP utilisées comme données d'entrée des modèles, ont été estimées à partir de mesures climatologiques sur la période précédant 1970.

Une des manières de répondre à la problématique énoncée ci-dessus est d'étudier la représentation de la relation pluie-débit à l'aide des modèles conceptuels.

Nous avons sélectionné deux modèles globaux à réservoirs que nous allons adapter aux bassins versants retenus ici. Il s'agit des modèles GR2M (Makhlouf, 1994) et VUB (Vandewiele *et al.*, 1991). On ne présentera pas dans les détails les deux modèles qui ont été utilisés, renvoyant le lecteur à la bibliographie correspondante.

Pour les bassins sélectionnés, le principe a consisté à caler et valider les mêmes modèles conceptuels de part et d'autre de la "rupture" mise en évidence par des tests statistiques appliqués à des séries chronologiques de pluie et de débit; puis de tester statistiquement si les variations enregistrées sur les paramètres des modèles obtenus sur chacune des deux périodes étaient significatives.

Indépendamment des calages-validations précédents, on a procédé à un calage sur des périodes glissantes de cinq ans afin de mettre en évidence une éventuelle tendance dans l'évolution des paramètres calés.

LES RESULTATS

Sur les quatre bassins de l'Agnéby à Agboville, du Bagoué à Kouto aval, du Ko à Man et du Mé à Alépé, l'application des tests de détection révèle une rupture, ou au moins une tendance, dans les séries annuelles de pluie et de débit. Les années de ruptures se situent à la fin des années 1960 et au début des années 1970.

Tableau 1 Intervalle de confiance des paramètres au seuil de 95% sur les périodes antérieure et postérieure à la rupture.

Bassin	Période	Paramètres		
		a1	a2	a3
Modèle VUB:				
Bagoué à Kouto aval	avant 1969	[0,404 0,484]	[1,737 10 ⁻⁴ 3,046 10 ⁻⁴]	[2,382 10 ⁻⁶ 3,536 10 ⁻⁶]
	après 1969	[0,343 0,452]	[0,333 10 ⁻⁴ 0,763 10 ⁻⁴]	[1,644 10 ⁻⁶ 2,655 10 ⁻⁶]
Ko-Man	avant 1970	[0,681 0,747]	[0,973 10 ⁻⁴ 2,056 10 ⁻⁴]	[1,330 10 ⁻⁶ 2,447 10 ⁻⁶]
	après 1970	[0,607 0,695]	[0,547 10 ⁻⁴ 2,015 10 ⁻⁴]	[1,764 10 ⁻⁶ 3,765 10 ⁻⁶]
Modèle GR2M:				
		A1		A2
Ko-Man	avant 1970	[-0,168 -0,023]		[-0,462 -0,164]
	après 1970	[-0,319 -0,122]		[-0,113 0,285]
Mé-Alépé	avant 1968	[-0,745 -0,541]		[0,782 1,702]
	après 1968	[-0,565 -0,347]		[-1,158 -0,236]
Tabou-Yaka	avant 1975	[-0,142 0,043]		[-0,805 -0,298]
	après 1975	[-0,155 0,066]		[-0,854 -0,194]

Sur ces quatre bassins, lorsqu'on applique les modèles tels qu'ils ont été ajustés sur la période antérieure à la date de rupture, aux données de la période postérieure, on note une mauvaise reconstitution des hydrogrammes observés sur cette dernière période.

En procédant à l'identification des paramètres des modèles par calage sur les deux périodes, antérieure et postérieure aux points de rupture, puis en comparant les intervalles de confiance au seuil de 95% des paramètres ajustés dans les deux cas (Tableau 1), il s'avère que les différences significatives portent sur les paramètres de l'écoulement lent (A2 pour le modèle GR2M et a2 pour le modèle VUB) des deux modèles sélectionnés.

Sur le bassin de Tabou à Yaka, aucune rupture n'a été identifiée. On observe une bonne reconstitution des débits sur la période postérieure à 1975 à part quelques débits de pointe qui sont sous-estimés.

On s'est également intéressé à suivre l'évolution des paramètres calés en procédant à des calages "glissants" sur des périodes de cinq ans.

La Fig. 2 illustre l'évolution du paramètre a2 du modèle VUB sur le bassin du Bagoué à Kouto aval.

D'une manière générale, le recours à ce recouvrement partiel des périodes de calage met en évidence une fluctuation de la série des paramètres calés sur la période

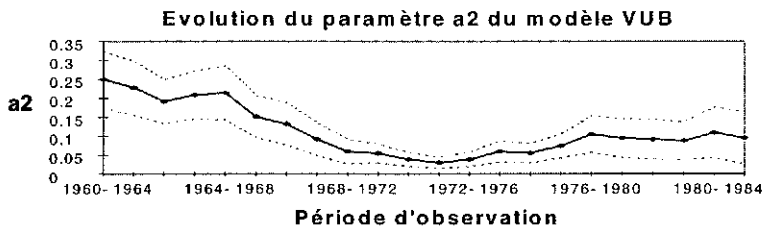


Fig. 2 Evolution des paramètres du modèle VUB ajustés sur des périodes glissantes de cinq ans sur le bassin de Bagoué à Kouto Aval (pointillé: intervalles de confiance au seuil de 95%).

d'observation. Cependant, on peut remarquer que des variations importantes s'observent, notamment, sur le paramètre a2 pour le modèle VUB sur le bassin de Bagoué à Kouto et sur le paramètre A2 du modèle GR2M sur les bassins de Ko à Man et de Mé à Alépé. Ces paramètres sont ceux relatifs à l'écoulement lent pour chacun des deux modèles.

CONCLUSION

Dans un premier temps, et en accord avec ce qui a été observé ailleurs, cette étude a souligné que, pour les bassins versants étudiés, une rupture s'est produite tant au sein des séries pluviométriques qu'hydrométriques aux alentours de 1970. Sur ces bassins, la suite de l'étude a d'abord montré que les modèles ajustés avant 1970 environ reconstituent mal les débits observés sur la période postérieure. En s'intéressant aux paramètres qui ont pu subir une modification, on a montré, en ajustant les paramètres des modèles sur les deux périodes antérieure et postérieure à la rupture observée, que des différences importantes, significatives en terme de modification de la relation pluie-débit, portent sur les paramètres de l'écoulement lent des modèles retenus pour cette étude. Ce résultat est corroboré par le calage des algorithmes sur des périodes de recouvrement partiel de 5 ans, qui met en évidence une fluctuation importante de ces paramètres de l'écoulement lent au sein des modèles utilisés. Cet ensemble de résultats montre qu'une modification de la relation pluie-débit semble avoir accompagné la variabilité climatique subie par l'Afrique de l'Ouest depuis plus de 25 ans. D'autres études, actuellement en cours, permettront de confirmer ou non ces premiers résultats en les étendant à d'autres bassins de la région.

REFERENCES

- Avenard, J. M., Eldin, M., Girard, G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet, J. L., Adjahoun, E. & Perraud, A. (1971) *Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire*. Éditions de l'ORSTOM.
- Makhlouf, Z. (1994) Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud.
- Paturel, J. E., Servat, E., Kouamé, B., Lubès, H., Ouédraogo, M. & Masson, J. M. (1997) Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part II: An integrated regional approach. *J. Hydrol.* **191**, 16–36.
- Servat, E., Paturel, J. E. & Lubès, H. (1996) La sécheresse gagne l'Afrique tropicale. *La Recherche*, **290**, 24–25.
- Vandewiele, G. L., Xu, C. Y. & Win, N. L. (1991) Methodology for constructing monthly water balance on basin scale. *Vrije Universiteit Brussel (VUB), Laboratory of Hydrology and Inter-University Postgraduate Program in Hydrology*.