

Application du modèle GR2M sur les bassins tropicaux : Recherche de l'information hydrométrique minimale pour une estimation raisonnable de ses paramètres.

L. A. MOUNIROU¹ ; C. LAROCHE¹ ; A. L. MAR¹ ; J. E. PATUREL² ; G. MAHE² A. DEZETTER² ; E. SERVAT²

¹ Groupe EIER-ETSHER, 01 BP 594, Ouagadougou 01, Burkina Faso

² UMII, Hydrosiences Montpellier, case MSE, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier

Correspondant : mounlaw@yahoo.fr

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Dans les pays en développement qui sont largement tributaires des ressources en eau, un modèle pluie-débit est particulièrement intéressant puisqu'il peut permettre d'estimer la ressource disponible en vue d'un aménagement mais aussi prévoir l'évolution de cette ressource dans les années ou décennies à venir en le combinant avec des scénarii climatiques.

Cependant, le calage d'un modèle requiert l'existence de séries de débits observés auxquelles on compare les simulations des modèles pour ajuster les valeurs des paramètres et obtenir la meilleure restitution possible du comportement hydrologique du bassin. Il existe cependant de nombreux cas où les données nécessaires pour le calage des modèles peuvent être inexistantes. L'opération devient alors problématique et des méthodes alternatives d'estimation des paramètres ont été recherchées. Cependant, les degrés de succès obtenus dans ces divers travaux ont été souvent trop peu satisfaisants pour pouvoir envisager une application fiable des modèles sur des bassins non jaugés.

CARACTÉRISATION DU RÉGIME TROPICAL ET CHOIX DES BASSINS VERSANTS

Les régimes des cours d'eau d'Afrique Noire présentent un certain nombre de traits communs qui contribuent à leur donner une réelle unité. Ils doivent ces ressemblances à l'ensemble des phénomènes que l'on désigne communément par «la mousson» et, à un moindre degré, aux caractères physiques du bassin. C'est en premier lieu une succession de périodes de hautes eaux et de basses eaux bien marquées se répétant toujours aux mêmes époques, à quinze jours près au maximum. (Rodier, 1964).

Mais il nous faut cependant tempérer cette classification car il faut noter que les grands cours d'eau, dont la totalité du bassin se situe entre les isohyètes 750 et 1200 mm, sont rares. Certains débordent sur la zone guinéenne, d'autres sur la zone sahélienne, d'où des valeurs trop fortes ou trop faibles des facteurs caractéristiques. De même, il est rare qu'un bassin soit également situé en entier dans le régime tropical de transition. Les modules seront donc souvent plus faibles par suite de l'influence tropicale pure ou plus forts par suite d'influence équatoriale.

<i>Régime hydrologique</i>	<i>Limites des isohyètes annuelles</i>	<i>Période des hautes eaux</i>	<i>Période des basses eaux</i>	<i>Principaux bassins hydrologiques</i>
<i>Tropical pur</i>	750 à 1200 ou 1300 mm	Juillet à début Octobre	Novembre à début juin	Les branches mères de la Volta (Mouhoun, Volta rouge), Comoé supérieure, et affluents secondaires du Niger (Majeure partie du Bani)

Tropical de transition	1300 à 1500 voire 2 000 mm	Juillet à fin Novembre	début décembre à début juin	Branches mères du Niger, les fleuves côtiers de la Guinée, la partie amont des fleuves côtiers de la Côte d'Ivoire, bassins du Bandama, du Sassandra.
<i>Tropical de transition variante dahoméenne</i>	<i>Localisé entre les isohyètes 1300 et 1500 mm, il ressemble beaucoup au régime tropical pur. La différence essentielle est une période de hautes eaux plus longue, mais pas plus abondante au total.</i>			Bassin moyen de la Comoé, du Couffo, du Mono, de l'Ouémé, et de tous les petits fleuves du centre du Bénin et du Togo.

JUSTIFICATION DU CHOIX ET PRÉSENTATION DU MODELE UTILISE

Le modèle retenu pour cette étude est le modèle GR2M (Makhlouf, 1994) développé au CEMAGREF, comportant deux paramètres X_1 et X_2 et fonctionnant au pas de temps mensuel. Gleick (1986) montre que pour une étude à l'échelle régionale, un modèle fonctionnant au pas de temps mensuel est suffisant. C'est également l'échelle de travail des gestionnaires de projet. Ce modèle peut être classé dans la catégorie des modèles empiriques (Edijatno *et al.*, 1999), car son architecture n'a pas toujours de lien direct avec le concept de cycle hydrologique, ce qui rend l'interprétation des variables internes du modèle souvent délicate. Il a été choisi car son application a montré de bons résultats sur les bassins d'Afrique de l'Ouest et Centrale (Servat *et al.*, 1998 ; Ouédraogo, 2001).

MÉTHODOLOGIE ADOPTEE

La démarche adoptée est de dégrader la chronique des débits observés sur chaque bassin, pour ne retenir que les données qui permettent de bien reproduire l'hydrogramme de crue : nous avons découpé la série complète des données hydrométriques en cinq (05) classes de débits, en fonction du module interannuel :

- 1^{ère} classe de débits : $Q_{obs} \leq 0.10 \times \text{Module}$
- 2^{ème} classe de débits : $0.10 \times \text{Module} < Q_{obs} \leq 0.50 \times \text{Module}$
- 3^{ème} classe de débits : $0.50 \times \text{Module} < Q_{obs} \leq 1.50 \times \text{Module}$
- 4^{ème} classe de débits : $1.50 \times \text{Module} < Q_{obs} \leq 3.00 \times \text{Module}$
- 5^{ème} classe de débits : $Q_{obs} > 3.00 \times \text{Module}$

Nous avons dans un premier temps effectué les opérations suivantes :

1. un calage avec l'ensemble des données disponibles ; le Nash et les valeurs de paramètres obtenus seront appelés « **référence** » par la suite,
2. les différents calages possibles du modèle en ne tenant pas compte des débits d'une classe donnée ; soit 5 opérations de calage possible,
3. recalculer une valeur de Nash avec les paramètres obtenus lors de l'opération précédente en tenant compte, cette fois, de l'ensemble des classes de débit disponibles ; soient 5 « **recalculs** » de Nash.
4. comparer les valeurs de paramètres calés (opération 2) et le Nash correspondant (opération 3) aux valeurs de référence (opération 1). Ces comparaisons doivent permettre d'identifier le poids et l'importance de la classe des débits retirés dans la détermination des valeurs des paramètres du modèle.

Dans un second temps, la méthodologie pour trouver les « meilleures » classes de débits « s'est adaptée » en fonction des résultats obtenus selon les types de régime des cours d'eau.

RÉSULTATS OBTENUS

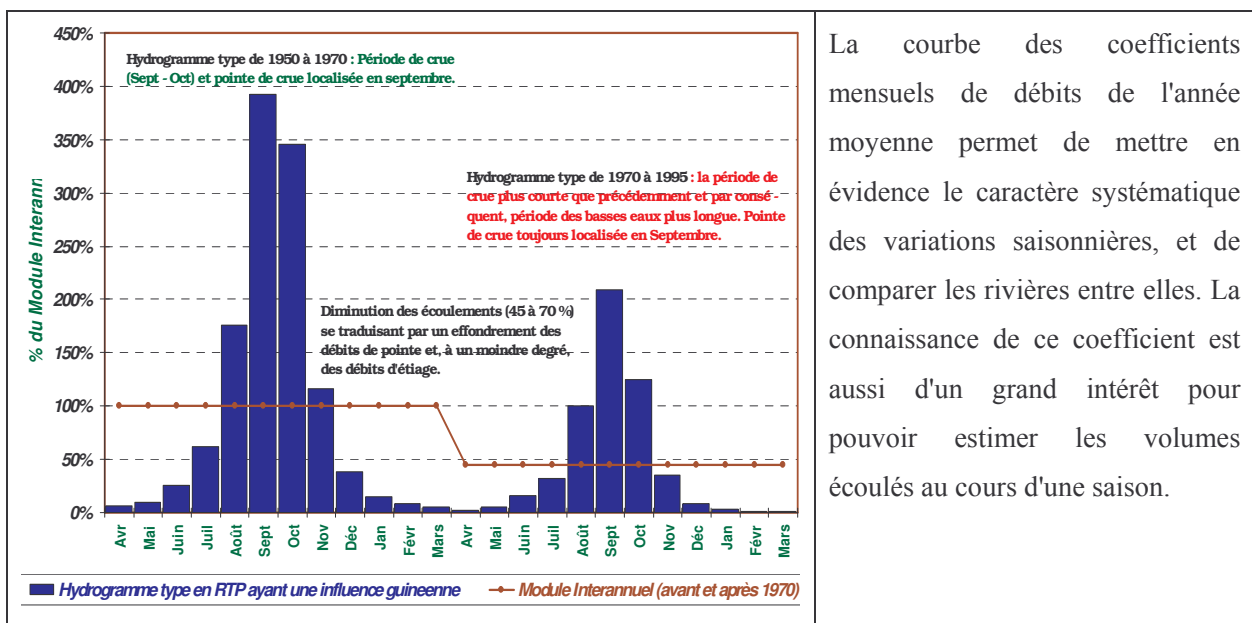
☑ CAS DES BASSINS TROPICAUX PURS

Résultats des calages effectués avec quatre (04) classes de débits

Les résultats obtenus montrent que, quelle que soit la période de calage du modèle, les valeurs du Nash et de X_1 chutent en absence de la classe 5 (forts débits de crue). Celle de X_2 chute également en absence des classes 1 ou 2 et 5. Le volume total annuel calculé par le modèle est sous-estimé. La classe 5 étant celle des débits de pointe et le volume écoulé correspondant avoisine les **35 %** du volume total annuellement écoulé, on comprend aisément la chute des valeurs du Nash et des paramètres sans cette classe de débits. Ces résultats montrent que les débits de pointe et d'étiage sont **nécessaires** et ont un poids non négligeable dans la détermination des valeurs raisonnables des paramètres du modèle. Ces deux catégories de débits sont-elles **suffisantes** ?

Résultats des calages effectués avec les classes (5 et 1) et (5 et 2)

Les paramètres du modèle issus des calages effectués uniquement avec les classes (5 et 1) sont significativement différents des paramètres de référence. On peut donc déduire que les deux classes de débits ne sont pas suffisantes pour une meilleure estimation des paramètres du modèle. Par contre, le calage du modèle avec les débits des classes (5 et 2) a donné des résultats très intéressants et méritent d'être approfondis. La chute de la valeur du Nash n'est en moyenne que de 2% et les paramètres estimés sont proches des valeurs de référence. A ce stade, on peut conclure que les classes 5 et 2 permettent d'approcher **au mieux** les paramètres du modèle. Pour savoir à quels mois correspondent ces débits, nous avons fait recours aux hydrogrammes types des cours d'eau de ce régime. Les hydrogrammes types ont été tracés à partir des coefficients mensuels de débits de l'année moyenne, qui sont définis comme le rapport du débit mensuel moyen au module interannuel. Ceux-ci permettent de représenter la répartition, en pourcentage, des débits mensuels au cours de l'année $C_m(\%) = \frac{\text{Débit} \cdot \text{mensuel} \cdot \text{moyen}}{\text{Module} \cdot \text{Interannuel}} \times 100$.

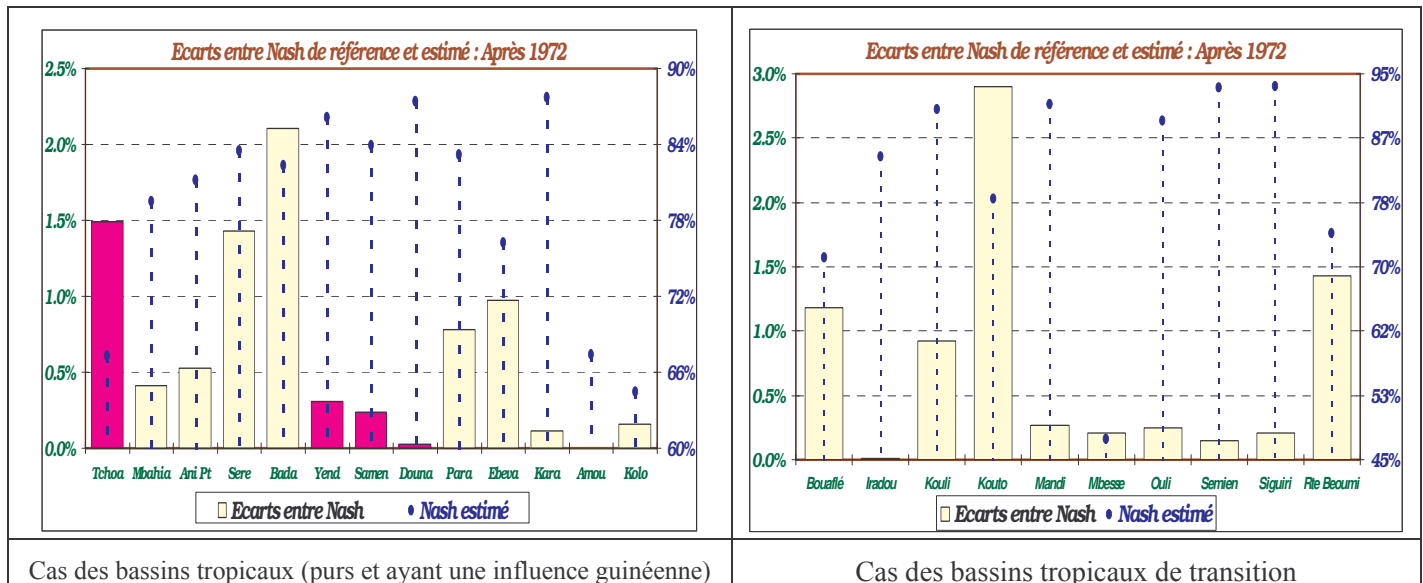


La courbe des coefficients mensuels de débits de l'année moyenne permet de mettre en évidence le caractère systématique des variations saisonnières, et de comparer les rivières entre elles. La connaissance de ce coefficient est aussi d'un grand intérêt pour pouvoir estimer les volumes écoulés au cours d'une saison.

Le tableau ci-dessous présente les débits correspondant aux classes 2 et 5.

Régime Hydrologique	Débits mensuels correspondant à la classe 2	Débits mensuels correspondant à la classe 5	Débits mensuels nécessaires et suffisants
Bassins Tropicaux Purs	Juin-Juillet-Décembre	Septembre	<i>Juin-Juil-Sept-Déc.</i>
Bassins tropicaux ayant une influence guinéenne	Mai-Juin-Décembre	Septembre	<i>Mai-Juin-Sept-Déc.</i>
Bassins tropicaux de transition	Juin-Décembre-Janvier	Septembre	<i>Mai-Juin-Sept-Déc.</i>
Bassins tropicaux de transition ayant une influence équatoriale	Mai-Juin-Décembre-Janvier	Septembre	<i>Juin-Sept-Déc.</i>

Les calages précédents ont été repris dans chaque régime climatique en utilisant cette fois-ci les débits mensuels retenus. Sur tous ces bassins, le débit de pointe est localisé en mois de septembre. Mais les débits de la classe 2 varient selon le régime et la taille du bassin. Quelques résultats obtenus sont illustrés par les graphes ci-dessous.



CONCLUSION

Les résultats présentés ici sont fortement liés au modèle GR2M lui-même et à la version de Makhlouf. Ils ne doivent pas être généralisés à un autre modèle et/ou autre version du modèle. Il faut noter que le fait de prendre deux ou trois débits d'étiage (montée de crue et décrue) de chaque régime climatique permet à priori de limiter les valeurs susceptibles que peuvent prendre les paramètres du modèle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

J. Rodier (1964) Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest du Congo, 211P.

M. Ouedraogo (2001) Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale. Thèse, Université de Montpellier II, 257 P.

Z. Makhlouf (1994). Compléments sur le modèle pluie – débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres. Thèse de doctorat, Université Paris - Sud, 413 P.