

ETUDE COMPARATIVE D'UN MODELE CONCEPTUEL GLOBAL (GR4J) ET D'UN MODELE SEMI-DISTRIBUE (GEOSFM) SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUEME A SAVE (BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST)

COMPARATIVE SURVEY OF A CONCEPTUAL MODEL (GR4J) AND A SEMI-DISTRIBUTED MODEL (GEOSFM) ON THE OUEME WATERSHED IN SAVE. (BENIN, WEST AFRICA)

Alain Ibikunlé AGUE, *Faculté des Sciences Techniques (FAST) Univ. D'Abomey-Calavi, ibikalain@yahoo.fr*

Abel AFOUDA, *Faculté des Sciences Techniques (FAST) Univ. D'Abomey-Calavi, aafouda@yahoo.fr*

Flavien LANHOUSSE, *Direction Générale de l'Eau du Bénin, flavienlanhoussi@yahoo.fr*

RESUME : Ce travail a pour objectif principal de comparer un modèle conceptuel GR4J et un modèle semi-distribué GéoSFM sur le bassin versant de l'Ouémé à Savè au Bénin. Pour atteindre cet objectif, cette étude s'est appuyée sur trois types de données : météorologiques (pluie, évapotranspiration potentielle), hydrométriques (débit) et planimétriques (carte). En Simulation, les résultats montrent que le modèle GR4J surclasse le modèle GéoSFM sur le bassin de l'Ouémé à Savè. En effet, les coefficients de corrélation entre les débits observés et simulés, donnés par le modèle GR4J sont supérieurs à 50% et sont nettement au-dessus de ceux fournis par le modèle GéoSFM qui sont généralement inférieurs à 50%. La plupart des petits bassins du Bénin sont non jaugés ; le modèle GéoSFM subdivise le bassin d'étude en des sous-bassins et simule le débit à l'exutoire de chacun d'eux. Nous envisageons donc retoucher ces équations de routage afin de l'adapter aux bassins béninois et garantir ainsi la sécurité des infrastructures hydrauliques.

Mots clés : Simulation, pluie, évapotranspiration potentielle, débit, GR4J, GéoSFM.

ABSTRACT: The main objective of this work is to compare a conceptual model GR4J and a semi-distributed model GéoSFM on the Oueme watershed in Save in Benin. To achieve this goal, this study was based on three types of data: meteorological (rain, potential evapotranspiration),

hydrometric (flow) and planimetric (map). In simulation, the results showed that the GR4J model outperforms the GéoSFM model on the Oueme Basin in Save. In fact, the correlation coefficients between observed and simulated flows, provided by the GR4J model were greater than 50% and were far above those provided by the GéoSFM model which were generally lower than 50%. Most of small basins in Benin are ungauged; the GéoSFM model subdivides the basin of study in sub-basins and simulates the flow at the outlet of each of them. Thus, we envision making some adjustments on its routing equations in order to adapt it to beninese basins and guarantee the security of water infrastructure.

Keywords: Simulation, rain, potential evapotranspiration, flow, GR4J, GeoSFM.

INTRODUCTION

Depuis les années 1970, l'Afrique de l'Ouest connaît une baisse des précipitations. Cette baisse a eu des répercussions sur les ressources en eaux superficielles et souterraines et les productions qui en dépendent (Olivry, 1993). Caractériser et prévoir la disponibilité de ces ressources dans l'espace et dans le temps deviennent alors indispensables pour la proposition des solutions adaptées aux projets de développement (Sighomnou, 2004).

Parmi les outils disponibles pour tenter d'utiliser au mieux cette ressource et suivre son évolution dans le temps et l'espace, on a les modèles pluie-débit qui ont pour objectif de reproduire à l'échelle du bassin versant, les débits des fleuves et rivières à partir de la mesure ou de la simulation des pluies. La quantité et la qualité des ressources en eau disponibles posent des problèmes de plus en plus complexes et difficiles à résoudre vis-à-vis d'une forte demande qui résulte de la croissance démographique, du développement des différentes industries, de l'extension de l'irrigation et du changement climatique.

Selon Mounirou et al., (2006), cité par Akognongbé (2008), un modèle pluie-débit est particulièrement intéressant dans les pays en développements 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.

Vu l'importance de la modélisation hydrologique et face à la multiplicité des modèles pluie-débit, il se pose aussi le problème de choix du modèle idéal pour simuler efficacement les écoulements d'un bassin spécifique.

Les modèles GR4J et GéoSFM sont deux modèles au pas de temps journalier ; le présent thème intitulé « Etude comparative d'un modèle conceptuel global GR4J et d'un modèle Semi-distribué GéoSFM sur le bassin versant de l'Ouémé à Savè », est choisi pour connaître le modèle qui simule plus efficacement les écoulements journaliers du bassin de l'Ouémé à Savè en période sèche comme en période humide.

L'objectif du présent travail est d'évaluer l'efficacité des modèles GéoSFM et GR4J à simuler les écoulements sur le bassin de l'Ouémé à Savè afin d'identifier le modèle le plus efficace selon la période (sèche ou humide).

METHODOLOGIE

Le modèle GR4J (modèle du **G**énie **R**ural à **4** paramètres **J**ournalier) est un modèle pluie-débit global à réservoirs développé par le Cemagref sur la base de GR. La version chargée sur le site du Cemagref et utilisée par la suite est celle développée par Perrin, 2002 et Perrin et al., 2003.

Le modèle GéoSFM (Géospatial Stream Flow Modèle) a été mis au point en novembre 2003, par USGS, dans le cadre du système FEWS. C'est un modèle semi-distribué, fonctionnant sur l'environnement Arcview 3.2, qui tente de reproduire le phénomène naturel de l'écoulement sur les bassins versants. Le cheminement des eaux s'effectue progressivement par sous bassin depuis l'amont du bassin jusqu'à son exutoire. L'hydrogramme d'un sous bassin donné, tient compte non seulement de l'hydrogramme issu de ce sous bassin, mais aussi des hydrogrammes des sous bassins en amont. La figure ci-dessous illustre le cheminement des eaux entre différents sous bassins (Artan et al., 2003).

Périodes de calage/validation des modèles

Afin de mieux apprécier l'efficacité de nos modèles, nous avons considéré une période humide et une période sèche. Selon Akognongbé , 2008, la période de 1965 à 1970 est une période humide et celle de 1972 à 1977 est une période sèche. Ainsi, il a été retenu les sous-périodes de calage et de validation comme le montre le tableau 1.

Tableau 1. Sous périodes de calage/validation pour les modèles

Calage	Validation
1965-1967	1968-1970
1972-1974	1975-1977

Les données de pluie journalière utilisées sont celles des 13 stations (Djougou, Parakou, Bassila, Bantè, Savè, Bembèrèkè, Ina, Kouandé, Savalou, Tchaourou, Bétérou, Birni et Toui) qui influencent notre zone d'étude.

Les données d'évapotranspiration potentielles sont celles des stations synoptiques de Parakou et Savè.

Les données planimétriques utilisées sont : carte du sous bassin au pont de Savè, carte du sol et carte de la végétation.

RESULTATS

Les tableaux 2 et 3 comparent les coefficients de corrélation entre les débits observés et ceux simulés par chacun des modèles GR4J et GéoSFM sur les différentes sous-périodes de calage et de validation. De l'analyse de ces tableaux, il ressort que, quelque soient les sous-périodes de calage ou de validation, les coefficients de corrélations donnés par le modèle GR4J sont supérieurs à 50% et sont nettement au-dessus de ceux fournis par le modèle GéoSFM qui sont généralement inférieurs à 50%. Le modèle GR4J a donc plus de facilité à simuler les écoulements sur ce bassin versant. Cela est confirmée par les figures 1 et 2, qui montrent que, quelque soient les sous périodes que les débits simulés par le modèle GR4J sont beaucoup plus proches des observations que ceux simulés par le modèle GéoSFM.

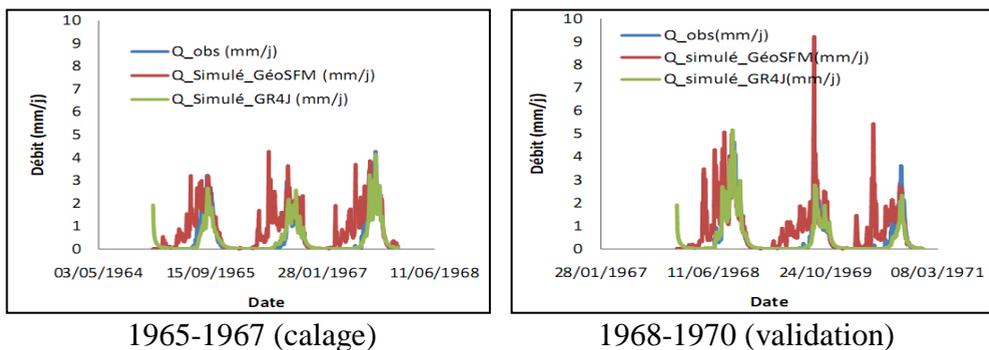


Fig 1 : Variabilité des débits observés et simulés par les modèles GR4J et GéoSFM sur la période de 1965 – 1970 (période humide)

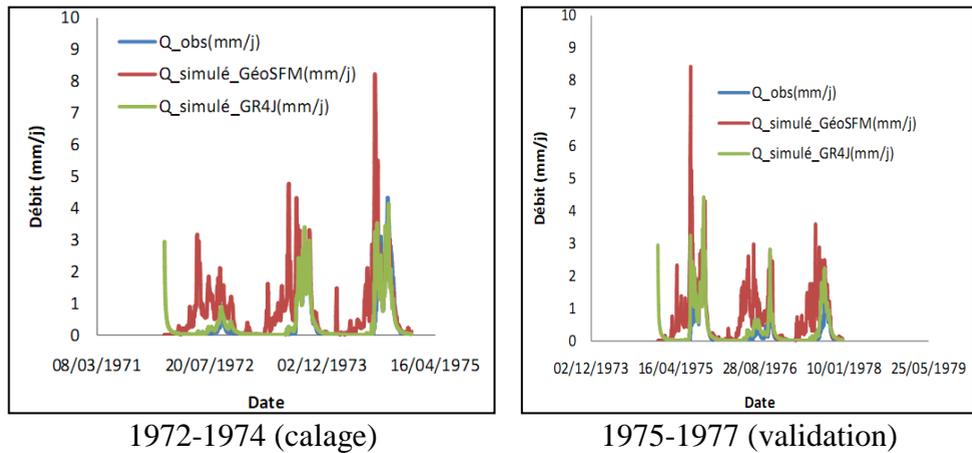


Fig. 2. Variabilité des débits observés et simulés par les modèles GR4J et GéoSFM sur la période de 1972–1977 (période sèche)

Tableau 2. Récapitulatif des coefficients de déterminations (R^2) entre les débits observés et simulés par les modèles GéoSFM et GR4J sur la période de 1965 – 1970

R^2	Sous période de calage 1965 – 1967	Sous période de validation 1968 – 1970
GR4J	87%	84,2%
GéoSFM	52,5%	49,7%

Tableau 3. Récapitulatif des coefficients de détermination (R^2) entre les débits observés et simulés par les modèles GéoSFM et GR4J sur période de 1972 – 1977

R^2	Sous période de calage 1972 – 1974	Sous période de validation 1975 – 1977
GR4J	81%	71%
GéoSFM	35,6%	35,9%

DISCUSSIONS

Les résultats fournis par le modèle GR4J sur le bassin versant de l'Ouémé à Savè dans notre étude confirment ceux obtenus par Akognongbé, (2008) et témoignent une fois encore de la robustesse du modèle sur ce bassin versant. Par contre, GéoSFM est moins performante sur ce bassin. Cette mauvaise performance pourrait non seulement être due au choix du type de sol monocouche mais aussi à la faiblesse de la densité des stations pluviométriques puis leur répartition sur le bassin car l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) recommande un pluviomètre pour une superficie de 572 km² (Abou Amani, 2005 cité par Ouédraogo, 2004). Il fallait donc un réseau de quarante stations pluviométriques sur le bassin (23354,044 km² à Savè) selon cette norme.

Les travaux de Plantier (2003) montrent que les petits bassins bénéficient moins de la semi-distribution. Cela pourrait justifier cette supériorité du modèle conceptuel global GR4J sur le modèle GéoSFM qui est un modèle semi-distribué, dans le bassin versant de l'Ouémé à Savè.

Point n'est à oublier que la structure du modèle GR4J a évolué au fil du temps avec les différentes versions proposées par Edijatno et Michel, 1989, Edijatno, 1991, Nascimento, 1995, Edijatno et al., 1999, Perrin, 2000 et Perrin et al., 2003. En effet, nous avons constaté qu'au nombre des trois méthodes de routage utilisées par le modèle GéoSFM, la méthode de Muskingum est celle qui donne les meilleurs résultats. Agir sur les équations de routage pourrait donc permettre d'améliorer les résultats de ce modèle au Bénin où la plupart des petits bassins sont non jaugés et donc l'utilisation garantirait une certaine sécurité aux ouvrages hydrauliques.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre étude confirme une fois encore la robustesse du modèle GR4J sur le bassin versant de l'Ouémé à Savè. Par contre les résultats obtenus à l'aide du modèle semi-distribué GéoSFM, sur ce bassin, restent insatisfaisants et pourraient être dus à la taille du bassin ou au nombre de stations pluviométriques.

Notons que le modèle GéoSFM présente trois méthodes pour le routage et les meilleurs résultats sont obtenus avec la méthode de Muskingum Cunge. Aussi, le modèle GéoSFM subdivise le bassin d'étude en des sous-bassins et simule le débit à l'exutoire de chacun de ces sous-bassins.

La plupart des petits bassins béninois étant non jaugés, adapté ce modèle aux bassins béninois serait un atout.

A cet effet, nous suggérons :

- ✓ que le modèle soit testé sur des bassins versant de taille plus grande, par exemple le bassin versant de l'Ouémé ;
- ✓ que les équations de routage soient retouchées afin d'améliorer les performances du modèle GéoSFM ;
- ✓ que l'ASECNA renforce le réseau des stations pluviométriques sur ce bassin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Artan G, Asante K, Verdin J, Bandaragoda C. (2003) *Users Manual for the Geospatial Stream Flow Model (GeoSFM) version 1.0*, USGS FEWS NET. 54p.
- Akognongbé A. (2008) *Contribution à l'étude de la caractérisation hydropluviométrique avec le modèle GR4J sur le bassin de l'Ouémé à Savè et Atchérigbé*. Mémoire de maîtrise en géographie. UAC: 79p.
- Edijatno C. (1991) *Mise au point d'un modèle élémentaire pluie- débit au pas de temps journalier*. Strasbourg, Université Louis Pasteur/ ENGEES. 242p.
- Edijatno C, Michel C. (1989) *Recherche sur la mise au point d'un modèle journalier pluie- débit pour les petits bassins non jaugés*, Cemagref.
- Edijatno C, Nascimento NO, Yang X, Makhlof Z, Michel C. (1999) GR3J. A daily watershed model with three free parameters. *Hydrological Sciences journal*, 44(2), pp 277-363.
- Nascimento NO. (1995) *Appréciation à l'aide d'un modèle empirique des effets d'actions anthropiques sur la relation pluie- débit à l'échelle du bassin versant*. Thèse de Doctorat, CERGRENE/ ENPC, Paris, France, 550p.
- Olivry JC. (1993) *Evolution récente des régimes hydrologiques en Afrique intertropicale*. In *l'eau, la terre et les hommes, hommage à René Frécaut*. Ed. Presses Universitaires de Nancy, pp 181-190.
- Ouédraogo CLV. (2004) *Modélisation hydrologique du bassin de Bani par le modèle GéoSFM pour la prévision et l'évaluation des impacts du changement climatique*. Mémoire d'Ingénieur de conception en Génie Civil. ENI. 85p.

- Pérrin C. (2000) *Vers une amélioration d'un modèle global pluie- débit au travers d'une approche comparative*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, Cemagref (Antony). 530p.
- Pérrin C. (2002) *Vers une amélioration d'un modèle global pluie- débit au travers d'une approche comparative*. La Houille blanche, n°6/7 : pp. 84-91.
- Pérrin C, Michel C, Andreassian V. (2003) *Improvement of a parsimonious model for stream flow simulation*. Journal of Hydrology 279 (14), 275-289.
- Plantier M. (2003) *Prise en compte de caractéristiques physiques du bassin versant pour la comparaison des approches globale et semi-distribuée en modélisation pluie-débit*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES et du DEA Mécanique et Ingénierie. 93p.
- Sighomnou D. (2004) *Analyse et redéfinition des régimes climatiques et hydrologiques du Cameroun : Perspectives d'évolution des ressources en eaux*. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Univ. Yaoundé 1, Cameroun, 291p.

&&&&&