

**UTILISATION D'UN MODELE GLOBAL POUR LA  
MODELISATION PLUIE-DEBIT : CAS DU BASSIN DE LA HAUTE  
TAFNA (NW ALGERIEN).  
USE A MODEL FOR THE RAIN-FLOW MODELING: CASE OF  
THE BASIN OF THE HAUTE TAFNA (NW ALGERIEN).**

**Abderrazak BOUANANI**, Laboratoire 25, Département d'Hydraulique,  
Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen [a\\_bouananidz@yahoo.fr](mailto:a_bouananidz@yahoo.fr)

**Kamila BABA-HAMED**, Laboratoire 25, Département des Sciences de la Terre.  
Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen [kambabahamed@yahoo.fr](mailto:kambabahamed@yahoo.fr)

**Rahima BOUANANI**, Laboratoire 25, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen  
[bouananir@yahoo.fr](mailto:bouananir@yahoo.fr)

**RESUME :** Les modèles hydrologiques sont aujourd'hui des outils indispensables à toutes les études et recherches dans le domaine de l'estimation, de la valorisation et de la gestion des ressources en eau. La simulation de la transformation de la pluie en débit à l'échelle du bassin versant par des modèles mathématiques a connu un fort essor depuis le début des années 60 grâce notamment à l'accroissement des capacités de calcul. Il existe aujourd'hui un grand nombre de modèles, parmi lesquels on trouve les modèles conceptuels ou empiriques globaux qui représentent le lien entre la pluie et le débit par des agencements variés de réservoirs. Dans la représentation de la transformation pluie-débit, l'évapotranspiration représente un terme climatique majeur et devrait donc jouer un rôle essentiel.

Ce travail de recherche s'inscrit dans le domaine de la modélisation de la transformation de la pluie en débit et de sa représentation à l'échelle annuelle et mensuelle du bassin versant de la Haute Tafna. Notre objectif principal est d'apprécier le fonctionnement d'un modèle de simulation des débits, celui du Génie Rural (GR1A, GR2M). Cette étude de la relation pluie – débit à l'échelle annuelle et mensuelle est basée sur une série de données hydropluviométriques, mesurées au niveau de la station du barrage de Béni Bahdel.

Les résultats obtenus par la simulation de la transformation de la pluie en débit par l'utilisation des modèles du Génie Rural GR1A et GR2M indiquent que les modèles « à réservoirs » sont plus satisfaisants qu'un modèle de type « boîte noire ». En effet le modèle GR prend en compte la succession chronologique des phénomènes d'une part et l'influence des paramètres aussi bien climatiques (évapotranspiration) que celle physico-hydrogéologiques du bassin versant (humidité du sol et échanges externes) d'autre part.

**Mots clés :** Modélisation, Pluie –Débit, Haute Tafna, Béni-Bahdel, Modèle, Génie rural, GR1A, GR2M.

**ABSTRACT:** Hydrologic models are today indispensable to all the studies and research tools in the field of the estimate, upgrading and management water resources. The simulation of the transformation of rain in flow across the watershed by mathematical models experienced a strong growth since the beginning of the 1960s including through increased computing capabilities. There are now a large number of models, which include conceptual or empirical models global which represent the link between the rain and the flow by arrangements of tanks. In the representation of the rain-flow transformation, evapotranspiration represents a major climate term and should therefore play an essential role.

This Research inscribed in the field of modeling of rain flow and processing of its representation across annual and monthly for the Haute Tafna watershed. Our main objective is to assess the functioning of a simulation model of the flow of the Rural Engineering (GR1A, GR2M). This study of the rain - flow across annual and monthly relationship is based on a series of hydropluviometric data, measured at the level of the dam of Beni Bahdel station. The results obtained by the simulation of the transformation of rain flow by use of rural GR1A and GR2M engineering models indicate that models "to tanks" are more satisfactory than a model of "black box" type. Indeed the GR model takes into account the chronological succession of phenomena and influence as well climate parameters (evapotranspiration) than physico-Hydrogeology of the basin (soil moisture and external exchanges).

**Key words:** modeling, rain, flow, Beni-Bahdel, Haute Tafna, Rural Engineering model, GR1A, GR2M.

## INTRODUCTION

La résolution des problèmes liée à la gestion des bassins versants notamment l'aménagement de ponts et de barrages, la prévision des conséquences des inondations nécessite une parfaite connaissance de leurs étiages et de leur crues. Les problèmes peuvent se poser en tout point d'un réseau hydrographique. Pour y répondre l'hydrologue doit disposer des données permettant la paramétrisation de modèles pertinents. Malheureusement, il ne dispose pas toujours des données d'une station de mesure des écoulements sur le point hydrographique auquel il s'intéresse. Le plus souvent, cependant, l'hydrologue dispose de données de pluie qui sont généralement beaucoup plus abondantes et mieux distribuées spatialement que les séries de débit. C'est la raison qui pousse naturellement à s'intéresser aux modèles pluie-débit qui ils permettent de reconstituer ou de compléter des séries de débit à partir des séries de pluie. L'objectif principal de ce travail est d'utiliser quelques mesures ponctuelles de débit d'un oued, pour estimer les paramètres d'un modèle pluie-débit. Une voie

nouvelle est proposée où sont combinées une information hydrologique régionale et une information locale issue de mesures ponctuelles. Pour ce faire, les modèles du Génie rural (GR) sont utilisés pour des données annuelles et mensuelles du bassin versant de la Haute Tafna.

## METHODE

Les modèles globaux offrent à l'utilisateur un choix très attractif, car il présente une structure très simplifiée, il ne demande pas trop de données, faciles à utiliser et à calibrer. La représentation du processus hydrologique est très simplifiée. Il peut souvent mener à des résultats satisfaisants, et spécialement si l'objectif majeur est la prévision d'une crue. Un exemple de ce type de modèle est le modèle **GR (génie rural) (CEMAGREF)**. C'est un modèle à réservoir, il fonctionne pour différents pas de temps annuel GR1A, mensuel GR2M et journalier GR4J. Bien que ces modèles soient parfois apparentés à des modèles conceptuels du fait de leur structure à réservoirs, ce sont en fait des modèles empiriques: leur construction s'est faite sur la base de grands jeux de données et en découvrant progressivement la structure permettant de reproduire au mieux le comportement hydrologique du bassin versant (c'est-à-dire sa réponse aux pluies).

### Description du modèle pluie-débit annuel GR1A

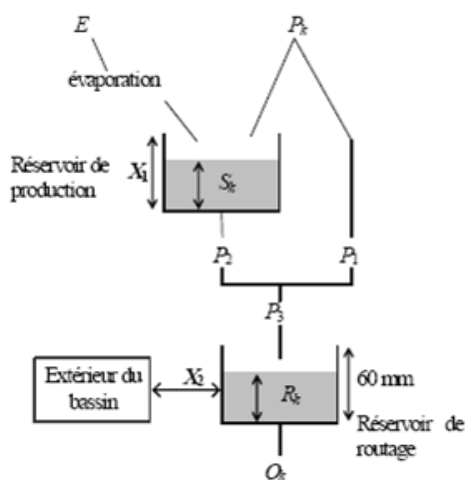
Le modèle GR1A est un modèle pluie-débit global à un seul paramètre. Son développement a été initié au Cemagref à la fin des années 1990. La principale version présentée ici, est celle proposée par Mouelhi (2003) et Mouelhi *et al.* (2006a). La structure du modèle est très simple puisqu'elle se résume à une simple équation, le débit  $Q_k$  de l'année  $k$  étant proportionnelle à la pluie  $P_k$  de la même année, avec un coefficient d'écoulement dépendant de  $P_k$ , de la pluie  $P_{k-1}$  de l'année  $k-1$  et de l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne  $E$ . Le modèle est formulé par l'équation 1.

$$Q_k = P_k \left\{ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{0.7P_k + 0.3P_{k-1}}{XE} \right)^2 \right]^{0.5}} \right\} \quad (1)$$

Le modèle ne comporte qu'un paramètre optimisable, le paramètre  $X$  adimensionnel, qui apparaît comme un coefficient modulateur de l'évapotranspiration potentielle. Sur un large échantillon de bassins versants, la médiane de  $X$  vaut 0.7 et un intervalle de confiance à 90% est donné par [0.13 ; 3.5].

### Description du modèle pluie-débit mensuel GR2M

Le modèle GR2M est un modèle pluie-débit global à deux paramètres. Son développement a été initié au Cemagref à la fin des années 1980. Ce modèle a connu plusieurs versions, proposées successivement par Kabouya (1990), Kabouya et Michel (1991), Makhoul (1994), Makhoul et Michel (1994), Mouelhi (2003) et Mouelhi *et al.* (2006b), qui a permis d'améliorer progressivement les performances du modèle. La version présentée ici est celle de Mouelhi *et al.* (2006b) qui paraît la plus performante. Sa structure, bien qu'empirique, l'apparente à des modèles conceptuels à réservoirs, avec une procédure de suivi de l'état d'humidité du bassin qui semble être le meilleur moyen de tenir compte des conditions antérieures et d'assurer un fonctionnement en continu du modèle. Sa structure associe un réservoir de production et un réservoir de routage ainsi qu'une ouverture sur l'extérieur autre que le milieu atmosphérique. Ces trois fonctions permettent de simuler le comportement hydrologique du bassin. Un schéma de la structure est donné en figure 1 où  $P_k$  est la pluie mensuelle du mois  $k$  et  $E$  l'évapotranspiration potentielle moyenne pour le même mois calendaire.



**Fig. 1** : Structure du modèle GR2M

Le modèle a deux paramètres optimisables ( $X_1$  : capacité du réservoir de production (mm) et  $X_2$  : coefficient d'échanges souterrains). Sur un large échantillon de bassins versants, (Perrin, Michel, Andréian, 2003), les valeurs obtenues sont données dans le Tableau 1.

**Tableau 1** : Valeurs des paramètres

Paramètres	X1	X2
Médiane	380	0.92
Ic à 90%	140-2640	0.21-1.31

### Présentation du bassin de la Haute Tafna (Oued Sebdu)

Situé au Nord Ouest algérien et faisant partie du bassin versant de la Tafna (Fig.2), le sous bassin de la Haute Tafna à Beni Bahdel a une forme plus ou moins allongée, d'une superficie de 1016 Km<sup>2</sup> et d'un périmètre de 165 km. L'altitude moyenne étant de 1058m et près de 49% de la surface présente des pentes supérieures à 25%. La dénivelée moyenne donnée par l'indice de pente de Roche est de 1.46. Ce bassin particulièrement faillé est bien drainé par l'oued Sebdu (Haute –Tafna), il prend naissance dans Ouled Ouriache et se dessine après un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains Jurassiques principalement carbonatées qui descendent de crêtes atteignant les 1465m. Ces ramifications se réunissent au niveau de la plaine de Sebdu à 900 m dans les alluvions plio-Quaternaires. L'oued suit ensuite son cours dans une vallée encaissée (le fossé de la Tafna) et se creuse dans les marno-calcaires, les calcaire et Dolomies du Jurassique jusqu'au barrage de Beni- Bahdel ou il rencontre l'oued Khemis en rive gauche.

Le bassin versant de la Haute- Tafna à l'instar du Nord algérien à climat semi-aride est caractérisé par un nombre de jours de pluies réduit et très inégalement réparties durant le cycle hydrologique. Deux à trois mois au plus totalise près de 70% de la hauteur pluviométrique annuelle. Aussi, ce bassin se caractérise, par une sécheresse estivale marquée (moins de 1mm en juillet et août),

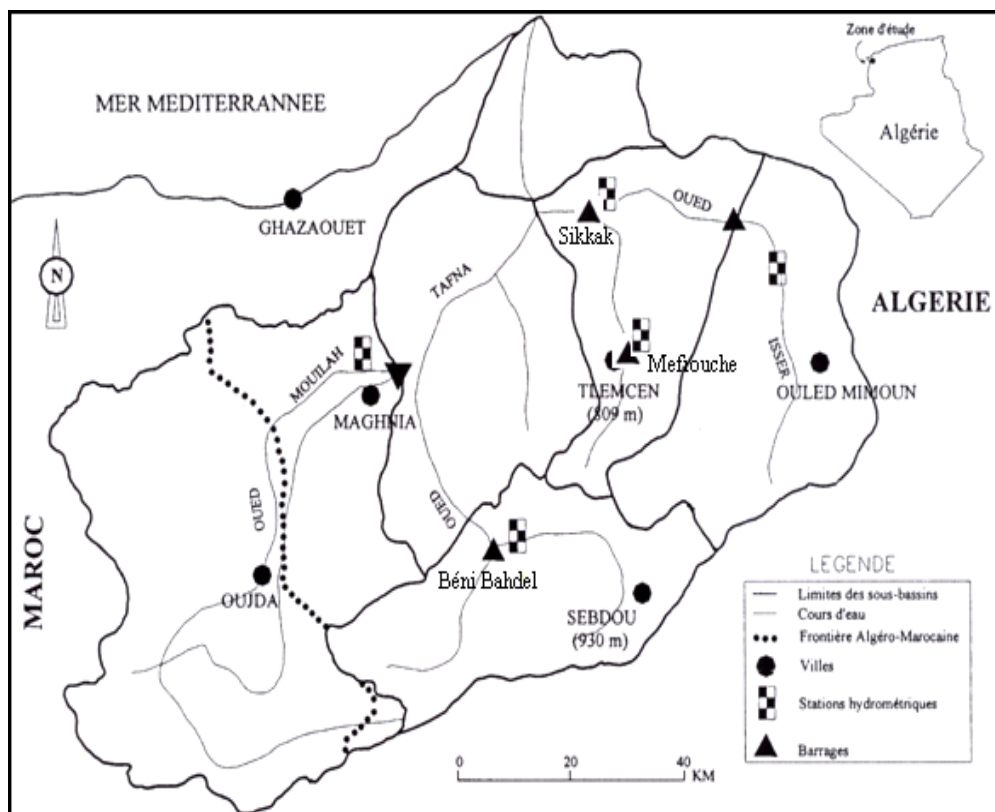


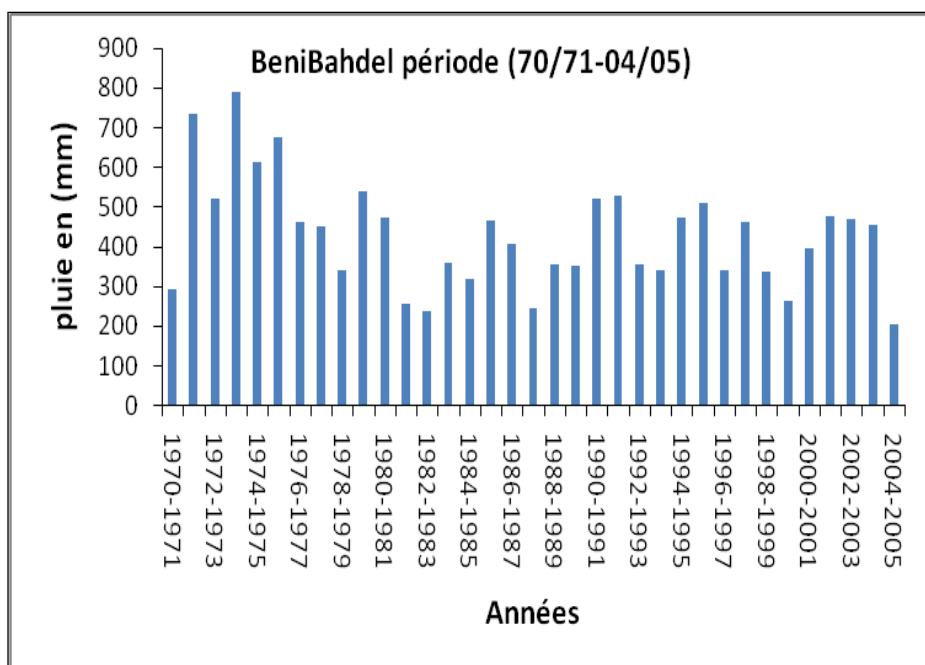
Fig. 2. Situation du sous bassin versant de l'oued Sebdou,

## PARAMETRES HYDROLOGIQUES

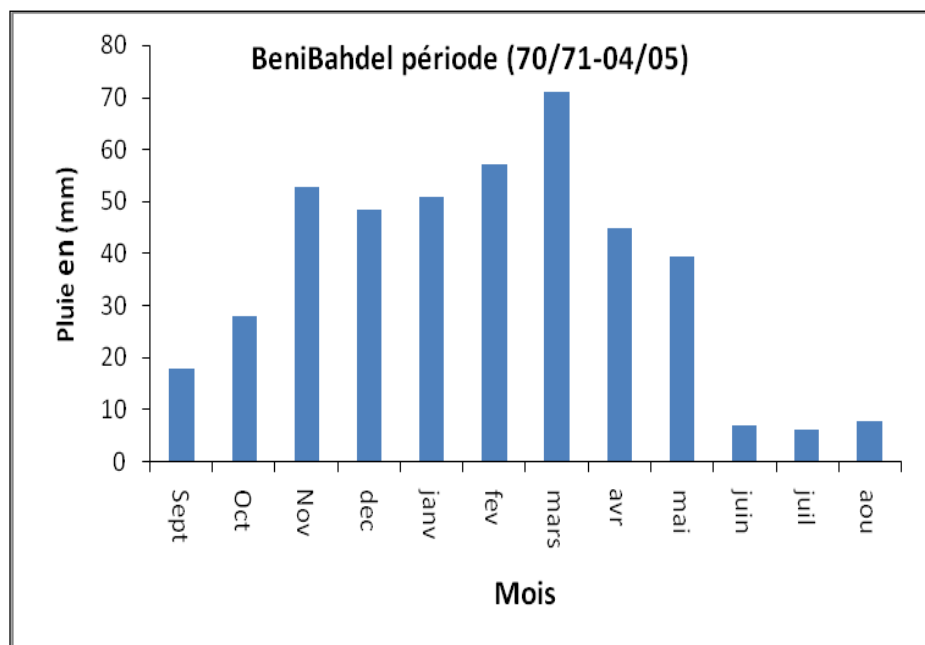
### Précipitations

Pour cette étude, les valeurs annuelles et mensuelles des précipitations à la station du Barrage de Beni Bahdel sont prises en considérations, dont les données sont disponibles entre 1970/71 et 2004/05. La moyenne interannuelle des précipitations est de 429.71mm. Le régime annuel est très irrégulier d'une année à l'autre ; la période 1970-1981 correspond à des années humides avec un maximum de 800mm en 1973-1974, l'année la plus sèche est celle de 2004 avec 206mm (Fig. 3).

Les variations des précipitations moyennes mensuelles (Fig. 4) montrent que les mois les plus pluvieux sont Mars et Avril. Les mois de Juin, Juillet et Août sont pratiquement secs.



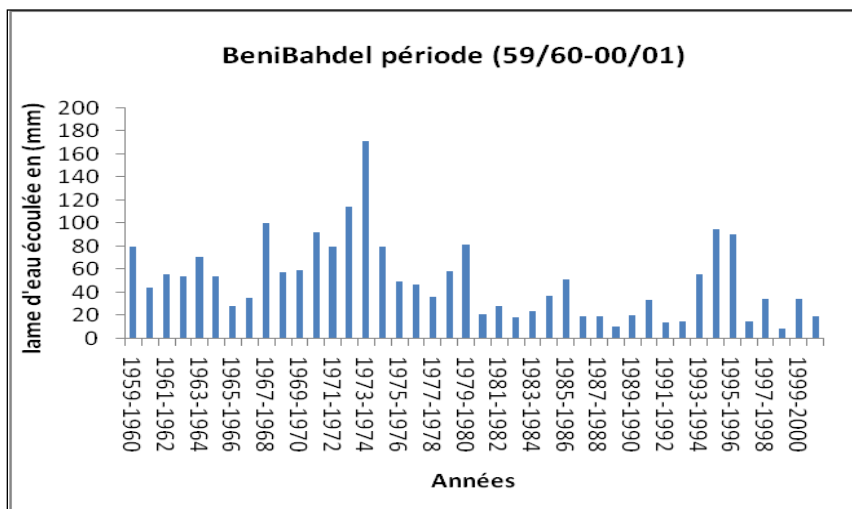
**Fig. 3.** Pluviométrie annuelle dans le bassin d'Oued Sebdu



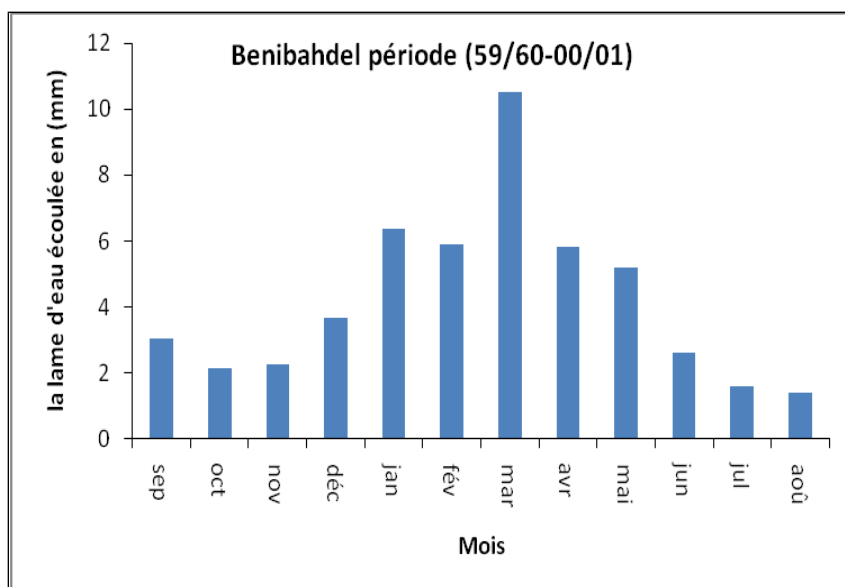
**Fig. 4.** Pluviométrie mensuelle dans le bassin d'Oued Sebdu

### Etude des débits (les lames d'eau écoulées)

La variation interannuelle des lames d'eau écoulées (Fig. 5), montre une diminution importante à partir de l'année 1973. La moyenne interannuelle des lames d'eau écoulées s'élève à 50.62 mm à la station de Beni Bahdel. Les débits mensuels (Fig. 6) montrent un régime très irrégulier au cours de l'année, le maximum est atteint au mois de Mars.



**Fig. 5.** Lames d'eau écoulées annuelles à la station de Béni-Bahdel



**Fig. 6.** Lames d'eau écoulées mensuelles à la station de Béni-Bahdel



## MODELISATION DE LA RELATION PLUIE-DEBIT

Dans cette étude, pour prédire le débit à une année donnée, on utilise à l'entrée du modèle des valeurs des pluies observées (mm), des ETP calculées par la méthode de Turc (mm) et des débits (exprimés en lames d'eau écoulées) observés. Pour cela les données de pluies (mm) et débits (mm) mesurées aux niveaux de la station de Beni Bahdel relatives aux périodes (1977-2005) sont utilisées. Pour l'évapotranspiration potentielle, c'est celle calculée par la méthode de Turc qui est prise.

### Modèle annuel GR1A

Le calage, du paramètre  $X_1$  du modèle, est réalisé en prenant comme point de départ, une valeur fixée à 0.13. Cette valeur est modifiée jusqu'à l'obtention d'un critère de Nash avec une valeur égale ou supérieure à 70% et un coefficient de corrélation proche de 1. D'après les résultats (Nash= 92 %,  $X_1=1,31$ , et coef de corrélation =0,93) (Fig. 7a), et la superposition des deux graphes, des débits simulés et calculés (Fig. 7b), le modèle est bien calé.

Pour la validation du modèle de nouvelles données des précipitations et d'évapotranspirations correspondant à la période (1997 / 2005) et qui n'ont pas été utilisées lors du calage sont introduites (Fig. 8).

Le coefficient de corrélation de 0,83 trouvé, confirme la validité du modèle.

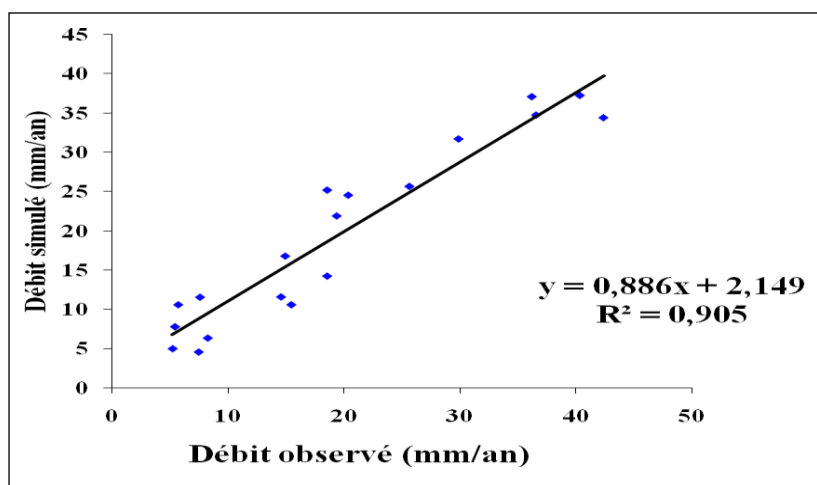


Fig. 7a

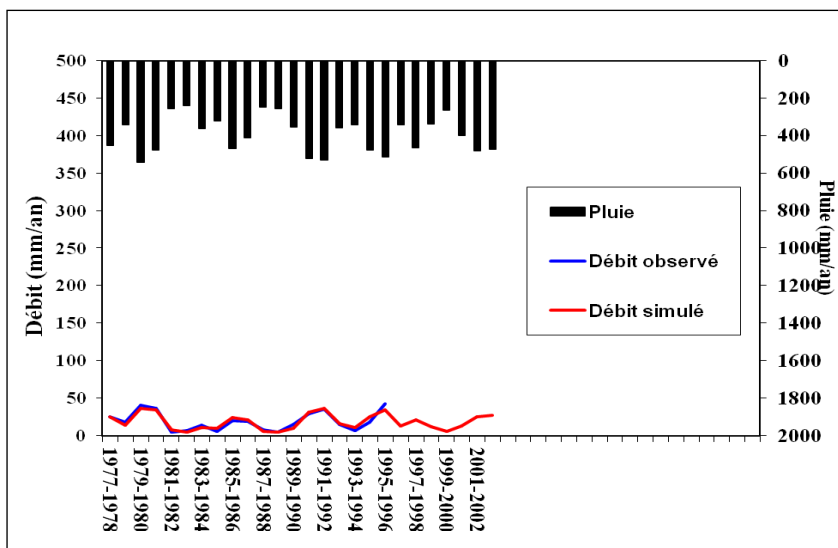


Fig. 7b

Fig. 7. Calage du modèle GR1A obtenus à la station de Beni-Bahdel

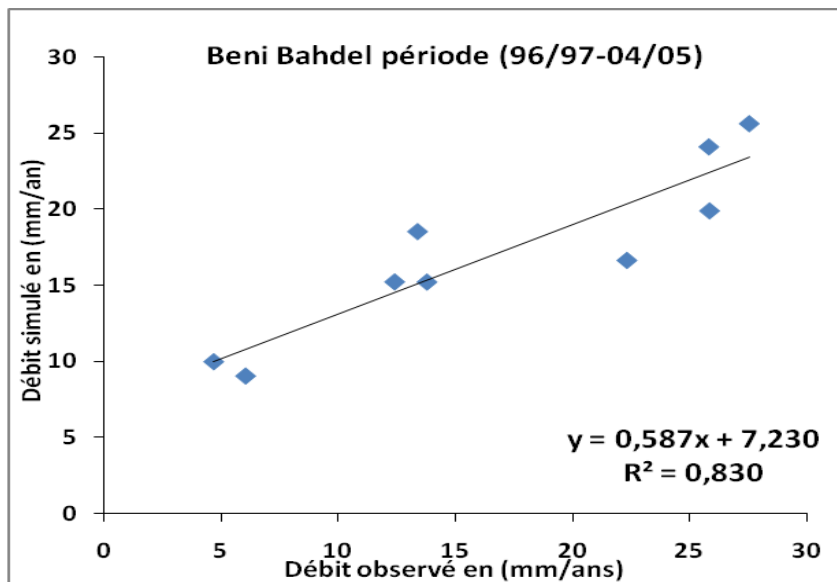
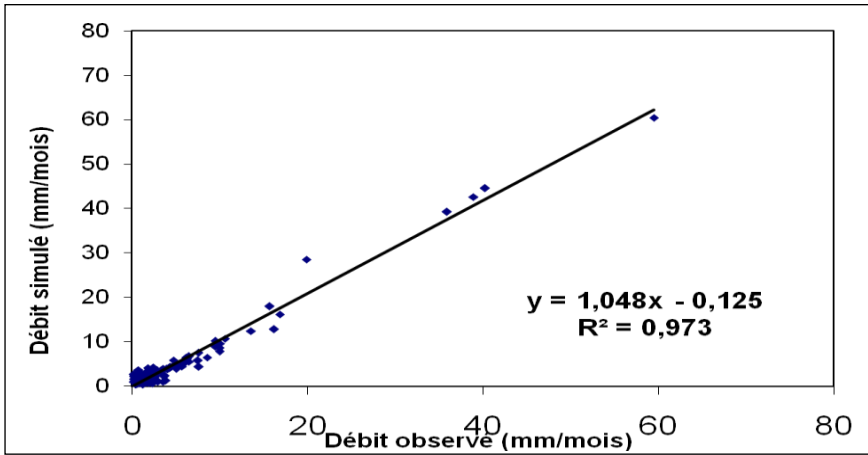


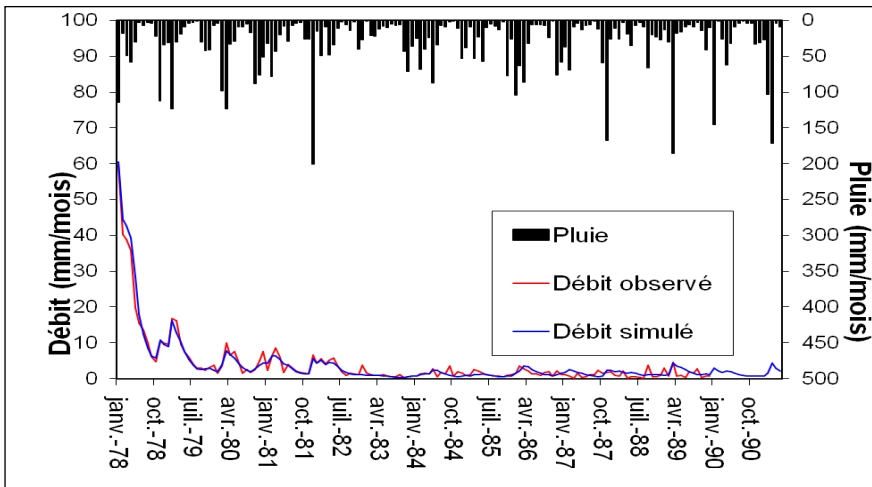
Fig. 8. Validation du modèle GR1A sur les données annuelles

**Le modèle mensuel GR2M**

Pour le calage du modèle, nous avons procédé aux changements des valeurs des paramètres  $X_1$  et  $X_2$  jusqu'à l'obtention des valeurs optimales des coefficients de détermination, et du critère de Nash. Les résultats ( $X_1=2440$ ,  $X_2=0.921$ , Nash=85,  $R=0.97$  (fig. 9a) et la bonne superposition des deux courbes, des débits simulés et calculés pour l'oued Sikkak (Fig. 9b), permettent de dire que le modèle est bien calé. Avec un coefficient de 0.91, le résultat de la validation (Fig. 10) confirme la bonne performance du modèle.



**Fig. 9a**



**Fig. 9b**

**Fig. 9.** Calage du modèle GR2M obtenus à la station de Beni-Bahdel

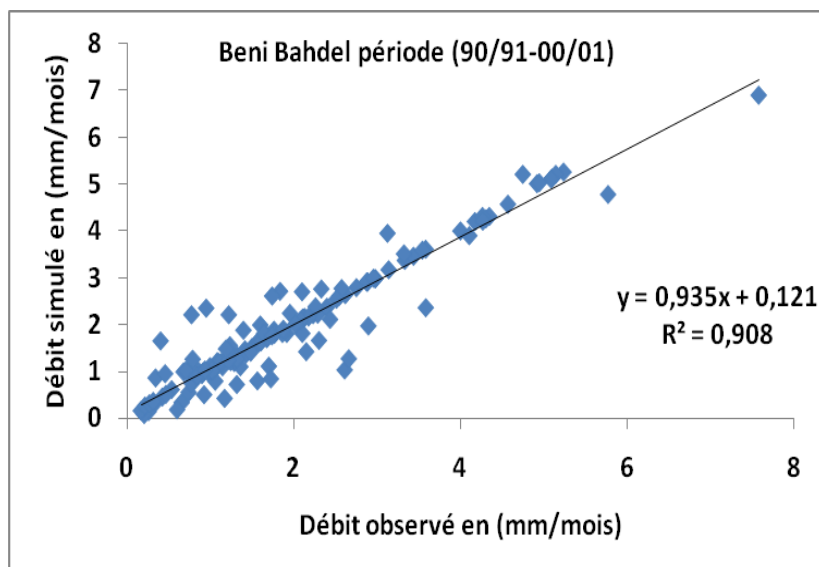


Fig. 10. Validation du modèle GR2M sur les données mensuelles

## CONCLUSION

Au terme de ce travail mené dont le but est l'application du modèle GR suivant deux pas de temps annuel et mensuel.

L'exploitation du modèle GR1A annuel et du modèle GR2M mensuel a permis d'évaluer les paramètres suivants:

- 1- Pour les données annuelles le coefficient de Nash  $> 0.92$  et le coefficient de corrélation  $R > 0.90$
- 2- Pour les données mensuelles le coefficient de Nash  $> 0.84$  et le coefficient de corrélation  $R > 0.96$

La phase de validation a donné de très bons résultats confirmant le bon calage de notre modèle sur le bassin et l'excellente performance quant à l'utilisation du modèle GR pour des bassins à climats semi-arides méditerranéens.

Il serait souhaitable de continuer l'application sur d'autres bassins de la Tafna avec l'utilisation du modèle GR3J à pas de temps journaliers et même le GR4J à pas de temps Horaire pour le traitement des événements.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Henine H., 2005. *Interfaçage entre un modèle hydrologique/ modèle dynamique au sein d'un système d'information intégré sous web incluent les SIG* ; mém. Magister; E NP Alger, 114p.
- Kabouya M., 1990. *Modélisation pluie-débit aux pas de temps mensuel et annuel en Algérie septentrionale*. Thèse de Doctorat, Université Paris Sud Orsay, 347 pp.
- Kabouya M. et Michel C., 1991. *Estimation des ressources en eau superficielle aux pas de temps mensuel et annuel, application à un pays semi-aride*. Revue des Sciences de l'Eau 4, 569-587.
- Makhlouf Z. et Michel C., 1994. *A two-parameter monthly water balance model for French watersheds*. Journal of Hydrology 162, 299-318.
- Michel C., 1983. *Que peut-on faire en hydrologie avec un modèle conceptuel à un seul paramètre ?* La Houille Blanche(1), 39-44.
- Mouelhi S., 2003. *Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier*. Thèse de Doctorat, ENGREF, Cemagref Antony, France, 323 pp.
- Mouelhi S., Michel C., Perrin C. & Andréassian V., 2006b. *Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model*. Journal of Hydrology 318(1-4), p.200-214,