

MODELISATION PLUIE –DEBIT PAR UNE APPROCHE GLOBALE : CAS DU BASSIN VERSANT D'OUED LOUZA (OUED EL HAMMAM-MACTAA-NW ALGERIEN)

DJELLOULI Fayçal^(*), BOUANANI Abderrazak^(*), et BABA-HAMED Kamila^(*)

^(*)Laboratoire n°25, Université Abou BekrBelkaïd, BP119, 13 000, Tlemcen.

E-Mail: fdjellouli@yahoo.com

RÉSUMÉ : Les modèles hydrologiques globaux permettent de simuler la transformation de la pluie en débit sur des bassins naturels, pour de nombreuses applications pratiques dans le domaine de la gestion de la ressource en eau. Cette étude de la relation pluie-débit à l'échelle annuelle et mensuelle concerne le bassin versant d'Oued Louza situé au Sud-ouest du grand bassin versant d'Oued El- Hammam, d'une superficie de 746km². Elle est réalisée en utilisant le modèle du Génie Rural (GR) élaboré par le CEMAGREF. Les données d'entrée sont représentées par les pluies mesurées à la station de Sidi Ahmed et l'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée par la Méthode d'Oudin (2004) alors que les débits mesurés à la station de Tenira constituent les sorties. Les paramètres du modèle GR (GR1A et GR2M) ont été évalués avec des critères d'ajustement convenables en tenant compte des conditions du bassin (l'état d'humidité du bassin, échange bassin-nappe et l'évolution de la ressource en eau). Ces facteurs pourront simuler le comportement hydrologique du bassin à une échelle de temps adéquate. Les résultats obtenus par la simulation de la transformation de la pluie en débit par l'utilisation du modèle du Génie Rural GR sont très intéressants et indiquent que le modèle prend en compte les différents échanges (atmosphère et souterrains) ainsi que la capacité des réservoirs. Ces modèles "à réservoirs" sont plus fiable et moins abstraits que les modèles 'boîte noire'.

MOTS CLÉS: Modélisation, Pluie – Débit, Mactaa, Oued El Hammam, modèle GR

I. INTRODUCTION

Les problèmes des inondations, la gestion particulière de la ressource, le dimensionnement et la gestion d'ouvrages de retenue ont devenu des sujets d'actualité. La gestion des systèmes aquatiques nécessite la connaissance de débit de cours d'eau du bassin versant. L'hydrologue ne dispose pas toujours des données d'une station de mesure des écoulements sur le point hydrographique auquel il s'intéresse. Le plus souvent, Il 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 nous pousse naturellement à nous intéresser aux modèles pluie-débit: ils nous permettent de reconstituer ou

de compléter des séries de débit à partir des séries de pluie. La modélisation pluie-débit a pu répondre à de nombreuses questions centrées sur l'eau, gestion des risques et de la ressource, telles que le dimensionnement et la gestion d'ouvrages, la prévision des crues ou des étiages, la détection d'impact [12]. Les modèles hydrologiques se classifient aux modèles 'boîte noire' ; modèles neuronaux ; modèles 'à réservoirs', conceptuels ou empiriques et Modèles fondés sur la physique. Dans cet article nous avons opté les modèles hydrologiques conceptuels globaux tels que les modèles à réservoir du Génie Rural (GR) développé par Cemagref avec ces différents pas de temps :

Annuel (GR1A) : été initié à la fin des années 1990, La principale version présentée ici, est celle proposée par [7] et [8]

Mensuelle (GR2M) : proposé par [3], [4], [5] et [6] [7] et [9], ont permis d'améliorer progressivement les performances du modèle. La version présentée ici est celle de [9].

Notre objectif principal est d'appliquer les modèles de simulation des débits, celui du Génie Rural (GR) sur le bassin versant d'Oued Louza et voir la simulation du comportement hydrologique réel du bassin en forçant le modèle hydrologique par les sorties des modèles climatiques.

II. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

Le bassin versant de l'Oued Louza est situé au Sud-ouest du bassin versant d'Oued El- Hammam (Fig.1), entre les parallèles 34.68° N et 35.03°N et les méridiens 0.70° W et 0.37°W. Il s'étend sur une superficie de 746km², limité au Nord-Est par bassin versant d'Oued Melrir, à l'Est par le bassin versant d'Oued Sefioun, au Sud par le bassin versant d'Oued Mezoua et à l'ouest par le bassin versant d'oued Mekarra. Son altitude moyenne est 855.80m. Le relief est modéré avec un indice de pente globale de Roche (I_g) de 0.0101. Le bassin versant de L'Oued Louza est mal drainé (D_d=0.5 km/km²).

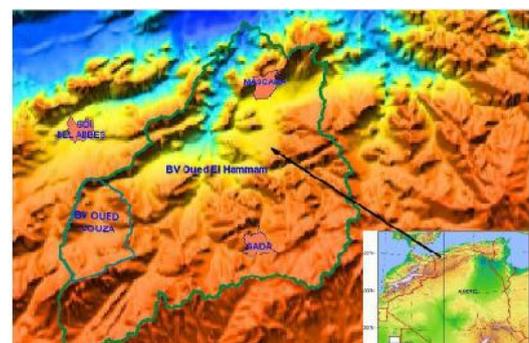


Fig. 1 : Localisation du bassin versant d'Oued Louza

Le cours d'eau principal du bassin versant d'Oued Louza prend naissance à une altitude de 1455m sur la retombée du Djebel Mezioud, forme l'oued Telzaa; change de nom et devient Oued Telagh; Oued Neksifia ; Oued Teghalimet puis Oued Louza.

III. RÉSEAU DES MESURES PLUVIOMETRIQUES

Les données pluviométriques utilisées nous ont été fournies par l'agence nationale des Ressources hydriques (ANRH). Neuf stations pluviométriques sont prises en compte dont cinq stations situées dans le bassin d'Oued Louza (Merine, Telagh, Tenira, Sidi Ahmed et A.Chaffia) et quatre hors bassin à 10 km environs des limites (Fig. 2)

IV. RÉSEAU DES MESURES HYDROMETRIQUES

Une seule station hydrométrique a été implantée sur le cours d'eau, en aval d'oued Louza (Fig. 2), sous le code 110506 et mise en service le 01/04/1973. Cette station contrôle la partie amont d'une superficie d'environ 746 Km²

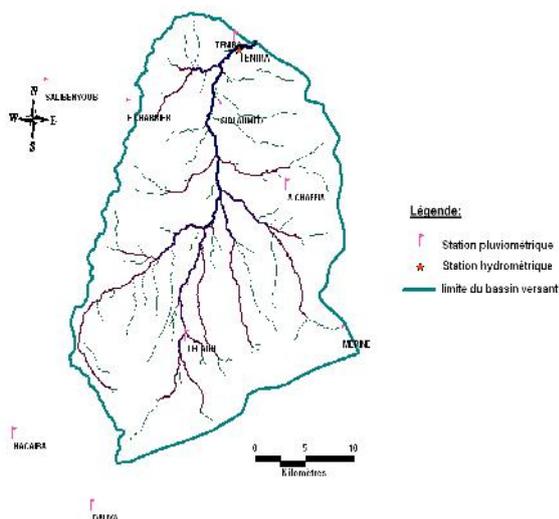


Fig. 2 : Localisation des stations pluviométriques et hydrométriques au niveau du bassin versant d'Oued Louza

V. MATERIEL ET METHODE

1. Structure et fonctionnement des modèles GR1A et GR2M.

Le modèle GR1A (modèle du Génie Rural à 1 paramètre Annuel) est un modèle pluie-débit global à un seul paramètre. 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 (mm). Le modèle GR2M est un modèle mensuel à deux paramètres optimisables : X_1 , capacité du réservoir de production (mm) ; X_2 , coefficient d'échange souterrains (mm). Le modèle est à pas de temps mensuel. Il fonctionne autour de deux réservoirs, un de production (ou réservoir sol) et un de routage sur lesquels les ajustements et interception se font différemment sur les entrées. Le modèle utilise en entrées du modèle est la pluie moyenne et l'ETP, et fourni en sortie le débit moyen.

Les structures des modèles sont données sur la fig.3

$$Q_k = P_k \left\{ 1 - \frac{1}{\left[\frac{0.7P_k + 0.3P_{k-1}}{X \cdot E} \right]} \right\}$$

GR1A

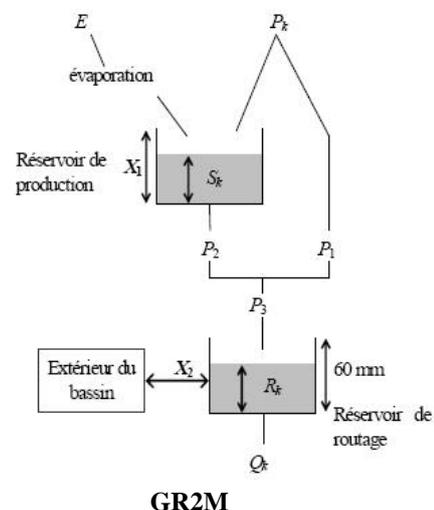


Fig.3 : Structures des modèles GR1A et GR2M

2. Critères d'évaluation de la modélisation

La mesure des performances d'un modèle se fait selon les objectifs qu'on se fixe, et par conséquent, le critère qu'on choisit. Un même modèle peut être évalué de plusieurs façons, l'unique contrainte étant l'objectif du jugement, le critère le plus connu et le plus utilisé pour les modèles

conceptuels est le critère de [10] qui s'exprime par l'équation ci-dessous.

$$Ns=1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{calc,i} - Q_{obs,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{calc,i} - Q_m)^2}$$

Q_m : débit moyen observé

Cette formule traduit un certain rendement du modèle comparable au coefficient de détermination d'une régression. On considère généralement qu'un modèle hydrologique donne des résultats acceptables si la valeur du critère de Nash est supérieure à 0.8. Pour tenir compte de certaines valeurs particulières des débits, ce critère a été calculé en utilisant la racine carré des débits pour atténuer l'importance des débits de pointe, ou le logarithme pour les débits d'étiage.

3. Calage et validation des modèles GR1A et GR2M.

La version actuelle des deux modèles GR conçus respectivement pour les pas de temps annuel et mensuel. Ces modèles permettent de réaliser des simulations en continu. Cette version est disponible dans le site de CEMAGREF. Les données utilisées sont celles de la station pluviométrique de Sidi Ahmed et de la station hydrométrique de Tenira. Les pluies mensuelles et débits mensuels pour GR2M, les pluies annuelles et débits annuels pour GR1A. L'évapotranspiration potentielle journalière (ETP) est calculé par la méthode [11].

La procédure de calage a consisté à déterminer les paramètres optimisés à partir des différents critères de qualité en appliquant le calage inversé pour GR1A, La technique d'optimisation employée pour GR2M est la méthode directe de recherche résumée par [2], encore appelée méthode "Pas à Pas".

La validation du modèle vise à vérifier si le modèle calé simule correctement des séries de données de référence, non utilisées lors du calage. La qualité du modèle se mesure autant à la valeur du critère d'ajustement, l'objectif est de chercher à améliorer les valeurs des critères d'ajustement, traduisant les performances des simulations.

VI. RESULTAT

Nous avons reporté dans les tableaux (1et2) les paramètres obtenus pour les différents modèles, pour les différents périodes de calage.

Pour faciliter la comparaison, nous avons présenté l'évolution des paramètres et des critères de qualité en fonction des longueurs des phases de calages et validation.

Pour le GR1A, le calage est acceptable avec des critères de qualité moyens. Nous constatons que l'évapotranspiration résultant de la formule d'Oudin donne de bonne résultats ((voir tableau 1) et (fig.4)). Nous pouvons conclure

l'existence d'un échange avec des nappes profondes (gains par présence des failles) ou avec des bassins adjacents (bassins Oued Mezoua, Oued sefioun et Oued Mekerra). Les résultats de validation nous donnent des valeurs de coefficient de corrélation > 0,70, indique que le modèle sur estime les débits élevés.

Pour le GR2M, Nous constatons qu'avec l'utilisation de la formule de l'évaporation d'Oudin, nous avons une valeur de Nash égale 98.3% ((voir tableau 2) et (fig.5)). Les résultats de la validation nous permettent de constater que le modèle mensuel pour notre bassin est bien calé, à une réaction similaire que le comportement hydrologique réel du bassin.

Tableau 1 : Calage et validation du GR1A au bassin versant d'Oued Louza

| ETP (OUDIN) | | | |
|---|---------------------------------------|--------|----------------------|
| Période de calage (1996-1997/2003-2004) | | | |
| Paramètre | Critères de qualité et d'optimisation | | |
| X | Nash(Q) | Bilan | Coeff de corrélation |
| 1.90 | 80.1% | 92.4% | 0.91 |
| Période de validation (1989-1990/1995-1996) | | | |
| Paramètre | Critères de qualité et d'optimisation | | |
| X | Nash(Q) | Bilan | Coeff de corrélation |
| 1.90 | 42.7% | 119.7% | 0.72 |

Tableau 2: Calage et validation du GR2M au bassin versant d'Oued Louza

| ETP (OUDIN) | | | | |
|--|------|---------------------------------------|--------|----------------------------|
| Période de calage (Novembre 1990 à Novembre 1992) | | | | |
| Paramètres | | Critères de qualité et d'optimisation | | |
| X1 | X2 | Nash(Q) | Bilan | Coefficient de corrélation |
| 265.07 | 0.24 | 98.3% | 109.1% | 0.97 |
| Période de validation (Décembre 1992 à Septembre 1994) | | | | |
| Paramètres | | Critères de qualité et d'optimisation | | |
| X1 | X2 | Nash(Q) | Bilan | Coefficient de corrélation |
| 265.07 | 0.23 | 97.4 | 93 | 0.97 |

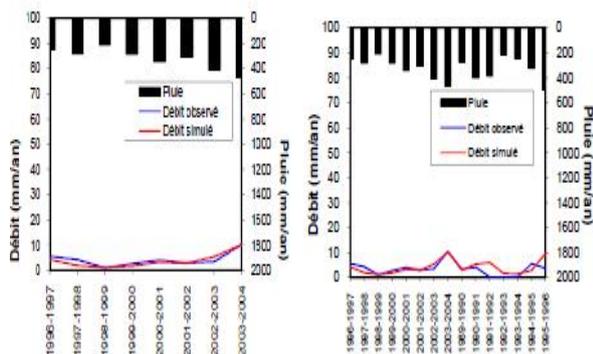


Fig.4: Visualisation de la qualité du calage et validation de modèle GR1A [1]

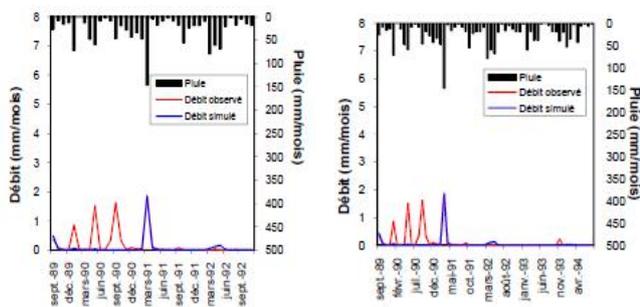


Fig.5: Visualisation de la qualité du calage et validation de modèle GR2M [1]

VII. CONCLUSION

L'application du modèle Génie Rural (GR) au bassin versant d'Oued Louza avec différents pas de temps : Annuel (GR1A), et mensuel (GR2M) en intégrant les différentes données d'entrée les précipitations et ETP calculé par la méthode d'Oudin et comme sorties lames d'eau écoulée. Les résultats indiquent que les modèles sont bien calés et permettent donc de bien simuler le comportement hydrologique réel du bassin. Il apparaît que le changement d'échelle de temps a ajouté un rôle moteur essentiel pour introduire des idées nouvelles. Des gains très importants, non seulement en cohérence de l'ensemble des modèles, mais surtout en performance.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

[1] Djellouli F. (2012) : «Modélisation Pluie –Débit : Application au bassin versant d' Oued El Louza (Oued EL Hammam-Mactaa-NW Algérien) » ; Thèse de magister, Université de Mascara (Algérie) : 183p.

[2] Edijatno, Nascimento, N.O., Yang, X., Makhoulf, Z. et Michel, C., (1999) : «GR3J: a daily watershed model with three free parameters». Hydrological Sciences Journal 44(2), 263-277.

[3] 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.

[4] 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(4), 569-587.

[5] Makhoulf, Z., 1994. Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres. Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, 426 p.

[6] Makhoulf, Z. et Michel, C., 1994. A two-parameter monthly water balance model for French watersheds. Journal of Hydrology 162, 299-318.

[7] 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 p.

[8] Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. et Andréassian, V., 2006a. Linking stream flow to rainfall at the annual time step: the Manabe bucket model revisited. Journal of Hydrology 328, 283-296, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.12.022.

[9] Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. et Andréassian, V., 2006b. Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. Journal of Hydrology 318(1-4), 200-214, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.06.014

[10] Nash, J.E. et Sutcliffe, J.V. (1970) : «River flow forecasting through conceptual models». Part I -A discussion of principles. Journal of Hydrology, 27(3), 282-290.

[11] Oudin L. (2004) : «Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global».Thèse de Doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts Centre de Paris, Cemagref (Antony), 495 p.

[12] Perrin C. (2002) : «Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative». Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble, Cemagref (Antony), 287 p