



CARACTERISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN D'OUED LOUZA A L'AIDE D'UN MODELE PLUIE-DEBIT GLOBAL

DJELLOULI F., BOUANANI A., BABA-HAMED K.

Laboratoire n°25, Université de Tlemcen, BP119, Tlemcen 13000, Algerie.

fdjellouli@yahoo.com

RESUME

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 (notamment pour la prévision de débits, la gestion d'ouvrages de retenue, le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques, etc.). De nombreuses recherches se sont donc attachées, depuis plus d'un siècle, à essayer de comprendre les processus de génération des débits et le fonctionnement du bassin versant, entité hydrologique de production et de concentration des écoulements.

Ce travail est basé sur la modélisation pluie –débit à l'échelle mensuelle et journalier appliqué sur le bassin versant d'Oued Louza de superficie de 746km², par l'utilisation de modèle du Génie Rural GR (GR2M et GR4J) dont les paramètres d'entrées sont les précipitations et l'ETP calculée par la méthode d'Oudin et les paramètres de sortie est constitué par les lames d'eau écoulées.

Les résultats obtenus indiquent que le modèle prend en compte les différents échanges (atmosphère et souterrains) ainsi les capacités des réservoirs. Il est apparu que le passage de l'échelle mensuelle à la journalière a ajouté des gains très importants surtout en performance.

Mots clés: Modélisation, Oudin, GR2M, GR4J, Oued Louza.

ABSTRACT

The global hydrological models simulate the transformation of rainfall - runoff on natural basins, for many practical applications in the domain of water

resource management (including the forecast flows, management of retaining structures the dimensioning of hydraulic structures, etc.). Many researches have therefore attached, for over a century, trying to understand the generation process of flow and functioning of watershed hydrology production entity and concentration of flows.

This work is based on modeling the transformation of rain to flow and its representation on monthly and daily scale on watershed of Oued Louza whose area is of 746km² by using the model Rural Engineering GR (GR2M and GR4J) whose input parameters the rainfall and ETP calculated by the method of Oudin and output parameters is formed dept of runoff.

The results indicate that the model takes into account of the different exchanges (atmosphere and underground) and tank capacity. It appeared that the transition from monthly to daily scale has added important gains especially in performance.

Keywords: Modeling, Oudin, GR2M, GR4J, Oued Louza.

INTRODUCTION

Le cours d'eau constitue, un objet d'intérêt privilégié, en raison de l'accès aisé qu'il offre à la ressource. La connaissance de son débit est aujourd'hui un instrument indispensable à la gestion des systèmes aquatiques (notamment pour la prévision de débits, la gestion d'ouvrages de retenue, le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques, etc.). 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.

Une modélisation pluie-débit proche des phénomènes physiques, le mode de son fonctionnement idéal devrait correspondre au pas de temps le plus fin possible; d'où l'intérêt de la construction de modèles pluie-débit qui fonctionnent aux différents pas de temps du jour, mois ou de l'année.

Notre travail s'inscrit dans le domaine de la modélisation de la pluie en débit et de sa représentation à l'échelle du bassin versant. Notre objectif principal est d'appliquer le modèle de simulation des débits, celui du Génie Rural (GR) sur le bassin versant d'Oued Louza. Pour cela, nous avons voulu appliquer les différents pas de temps de ce modèle: mensuelle (GR2M) et journalier (GR4J).

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

Cadre physique

Le bassin versant de l'Oued Louza est situé au Sud-ouest du bassin versant d'Oued El-Hammam (Figure 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 par les bassins d'Oued Melrir au Nord-Est, d'Oued Sefioun à l'Est, d'Oued Mezoua au Sud et d'Oued Mekarra à l'Ouest. Son altitude moyenne est de 855.80m. Le relief est modéré avec un indice de pente globale de Roche (Ig) de 0,01. Le bassin versant de l'Oued Louza est mal drainé (Dd=0,5 km/km²).

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

Géologiquement, les principales unités lithologiques rencontrées au niveau du bassin de l'oued Louza sont représentées par (Bneder, 2008):

- alluvions et sable du Tensifien (quaternaire) qui occupent 20% de la superficie totale. Ils sont localisés dans la partie centrale et nord du bassin.
- croûte calcaire du Pliocène recouvre 19% du bassin et localisée dans les communes Mezaourou et Telagh;
- marnes grises à bancs de grés et à lentilles de galets plus ou moins cimentés de Miocène qui constituent 1% de la superficie totale. C'est le substrat le moins représenté dans notre région d'étude Elles sont rencontrées surtout dans la partie Nord du bassin près de Tenira;
- calcaire et dolomies dures de l'Eocène occupent 58% de la superficie totale. Ils se trouvent dans la partie Est et Ouest du bassin avec un affleurement au centre du bassin au niveau de la commune de Teghalimet;
- calcaire friable du Crétacé supérieur occupant 3% du bassin; ce substrat est localisé au sud du bassin versant au niveau du Djebel Mezioud qui forme un anticlinal à cœur jurassique.

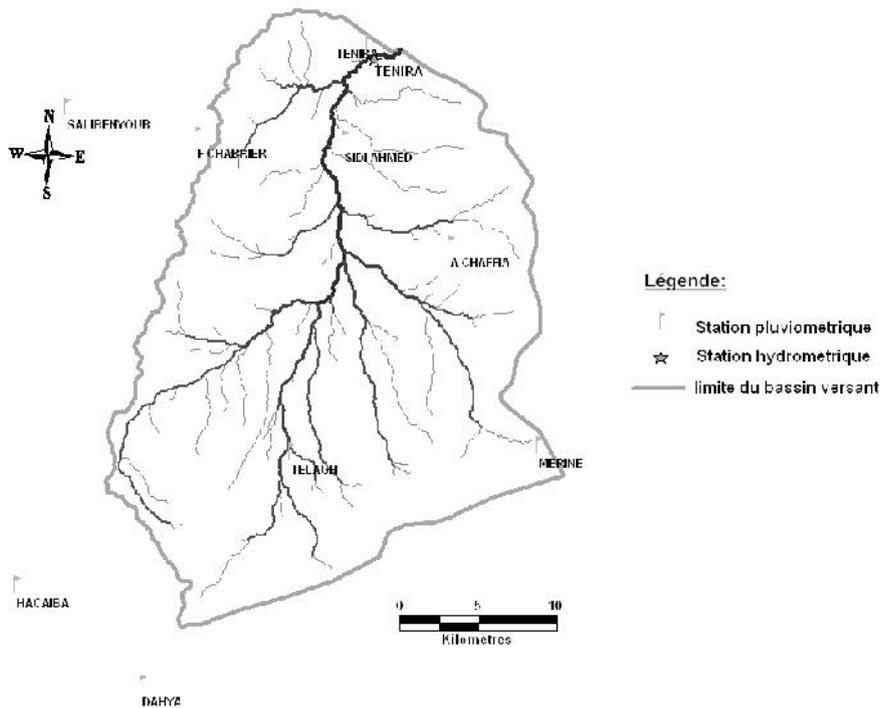


Figure 2: Localisation des stations pluviométriques et hydrométriques au niveau du bassin versant d'Oued Louza

Structure et fonctionnement des modèles GR2M et GR4J

Le modèle GR2M proposé successivement par (Kabouya,1990; Kabouya et Michel, 1991; Makhoulf, 1994; Makhoulf et Michel, 1994; Mouelhi, 2003 ; Mouelhi et al., 2006b) qui ont permis d'améliorer progressivement les performances du modèle. Ce modèle est à deux paramètres optimisables : X1, capacité du réservoir de production (mm) ; X2, coefficient d'échange souterrains (mm). Le modèle est à pas de temps mensuel. Il fonctionne autours de deux réservoirs, un de production (ou réservoir sol) et un de routage sur les quels 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

Le modèle GR4J amendé successivement par (Edijatno et Michel, 1989; Edijatno, 1991; Nascimento, 1995; Perrin, 2000; Perrin, 2002 ; Perrin et al., 2003). C'est la version de Perrin et al. (2003) qui est présentée dans cet article. Le GR4J est un modèle journalier à quatre paramètres optimisables : X1, capacité du réservoir de production (mm), X2 : coefficient d'échange souterrains (mm), X3 : capacité à un jour du réservoir de routage (mm), X4 : temps de base de l'hydrogramme unitaire HU1 (j). le modèle utilise en entrée la

hauteur de pluie sur le bassin versant P(mm) et l'évapotranspiration. Potentielle E (mm). Les structures des modèles sont données sur la figure 3. Ces modèles ne nécessitent pas une description fine du bassin versant. Les variables d'entrée sont limitées aux séries de pluies, de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et des débits pour le calage.

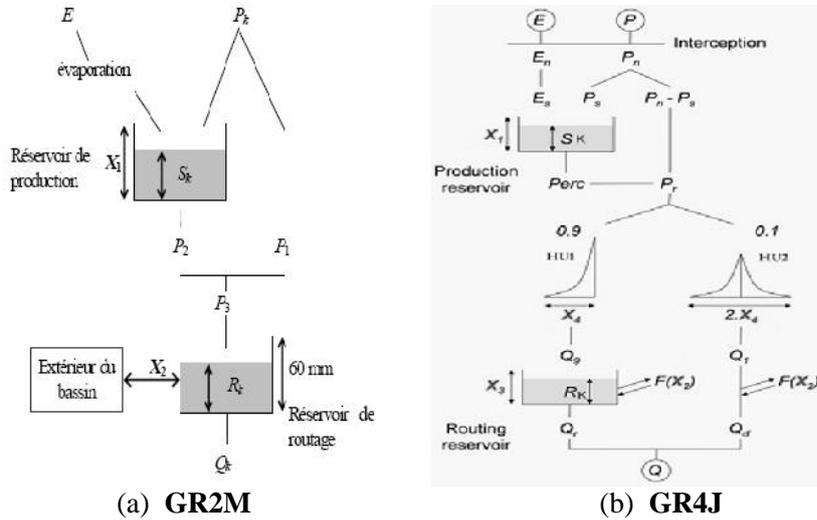


Figure 3: Structures des modèles (a) GR2M, (b) GR4J

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 Nash et Sutcliffe (1970) qui s'exprime par l'équation (1) ci-dessous :

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

Q_{calc} : débits calculés, Q_{obs} : débits observés, 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.

Calage et validation des modèles GR2M et GR4J

La version actuelle des trois modèles GR conçus respectivement pour les pas de temps mensuel et journalier. Ces modèles permettent de réaliser des simulations en continu. Cette version est disponible dans le site de CEMAGREF (Perrin et al., 2007). Les données utilisées sont celles de la station pluviométrique de Sidi Ahmed et de la station hydrométrique de Tenira. Les pluies moyennes journalières et les débits moyens journaliers pour le modèle GR4J et les pluies mensuelles et débits mensuels pour GR2M. L'évapotranspiration potentielle journalière (ETP) est calculée par la Méthode d'Oudin (2004).

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 et GR4J est la méthode directe de recherche résumée par Edijatno et al., (1999), 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.

RESULTATS

Nous avons reporté dans les tableaux 1 et 2 les paramètres obtenus pour les différents modèles, pour les différentes périodes de calage, en utilisant l'ETP de d'Oudin.

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 ainsi les deux méthodes de calcul de l'ETP. Pour le GR2M (Figures 4 et 5) et pour le GR4J (Figures 6 et 7).

Pour le GR2M, Nous constatons que par l'utilisation de la formule de l'évaporation d'Oudin, nous avons une bonne qualité de calage (valeur de Nash égale 98,3%) (Tableau 1) et (Figure 4)). Les résultats de la validation nous permet de constater que le modèle mensuel pour notre bassin est bien calé (Tableau 1) et (Figure 5), à une réaction similaire que le comportement hydrologique réel du bassin.

Pour le GR4J, les résultats obtenus reflètent la faculté du modèle à représenter les débits observés dans des conditions « idéales » avec une valeur de Nash égale 97% (Tableau 2) et (Figure 6), ceci peut être expliqué par l'absence des aménagements hydrauliques (barrage, retenue collinaire..etc) et au

rapprochement de la station pluviométrique de la station hydrométrique. Quand on passe à la phase de validation, les résultats se dégradent de façon assez importante, valeur de Nash égale 92,5% (Tableau 2) et (Figure 7). Cette dégradation est classiquement constatée dans ce type de test. En effet, les résultats pourraient également être dégradés du fait des confluences et de la superposition des perturbations (affleurement des sources, drainage nappe-Oued, pertes ou gains, présence de faille, nappe profonde).

Tableau 1: Calage et validation du GR2M au bassin versant d’Oued Louza

Période de calage (Novembre 1990 à Novembre 1992)				
ETP (OUDIN)				
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)				
ETP (OUDIN)				
Paramètres		Critères de qualité et d’optimisation		
X1	X2	Nash(Q)	Bilan	Coefficient de corrélation
265,07	0,23	97,4	93	0,97

Tableau 2 : Calage et validation du GR4J au bassin versant d’Oued Louza

Période de mise en route (du 01/01/1990 au 01/01/1991)						
Période de calage (01/01/1991 au 01/01/1992)						
Paramètres				Critères de qualité et d’optimisation		
X1	X2	X3	X4	Nash(Q)	Bilan	Coeff de corrélation
177,92	-4,99	20,09	1,38	97%	130,40%	0,72
Période de validation (01/01/1992 au 02/01/1994)						
Paramètres				Critères de qualité et d’optimisation		
X1	X2	X3	X4	Nash(Q)	Bilan	Coeff de corrélation
177,92	-4,99	20,09	1,38	92,5%	152,2%	0,71

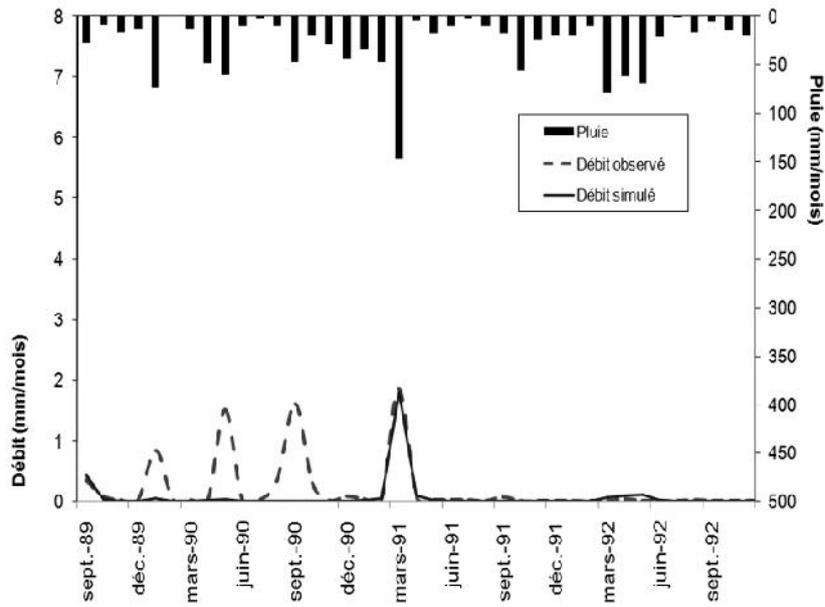


Figure 4: Visualisation de la qualité du calage GR2M.

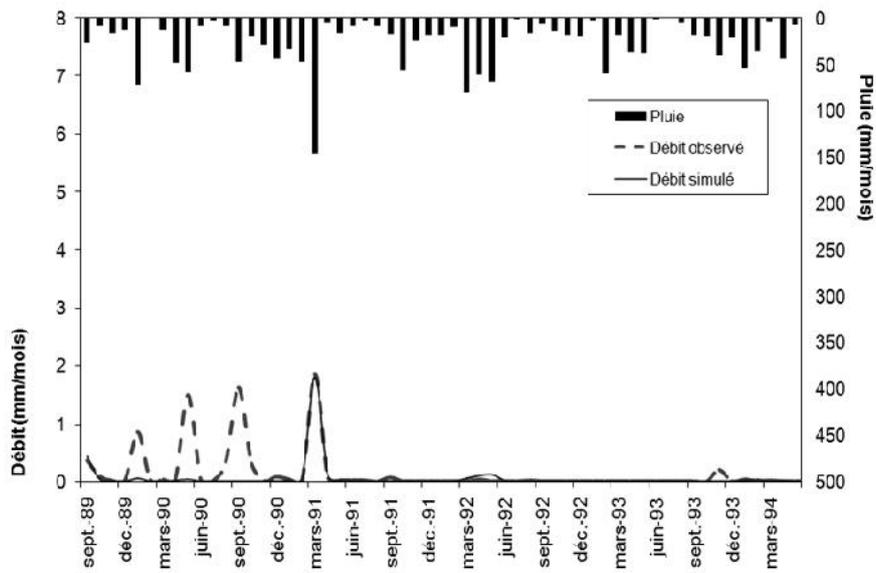


Figure 5: Validation de modèle GR2M.

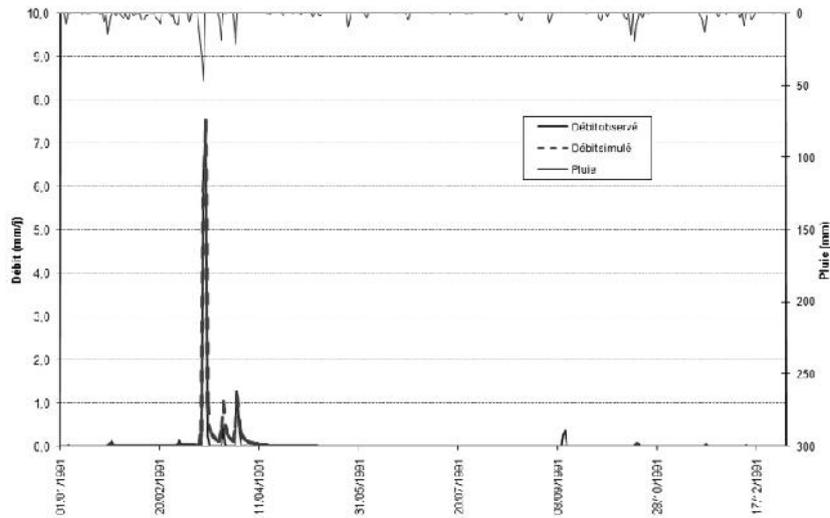


Figure 6: Visualisation de la qualité du calage GR4J .

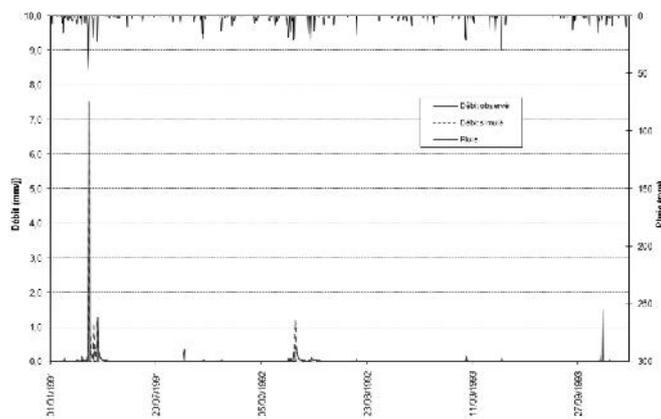


Figure 7: Validation de modèle GR4J.

CONCLUSION

L'exploitation des modèles de Génie Rural (GR) du CEMAGREF à pas de temps mensuel (GR2M) et journalier (GR4J), sur le bassin versant de l'Oued Louza a permis de déterminer les paramètres caractéristiques de ce bassin. Les résultats indiquent :

- 1- Pour les données mensuelles le coefficient de Nash est supérieur à 0,97 avec un coefficient de corrélation $R > 0,96$.
- 2- Pour les données journalières le coefficient de Nash est supérieur à 0,92 pour un coefficient de corrélation $R > 0,71$.

La phase de validation a donné des résultats satisfaisants pour les modèles GR2M et GR4J, confirmant le bon calage des modèles sur le bassin de l'oued Louza et leur excellente performance pour des bassins à climat semi-aride méditerranéen. En effet, cette simulation semble être plus efficace lors de l'utilisation d'un modèle au pas de temps plus fin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BNEDER (2008). Etude d'inventaire forestier national, wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie, 84p.
- EDIJATNO E., MICHEL C. (1989). Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres, Houille Blanche, N°2, 113-122.
- EDIJATNO E. (1991). Mise au point d'un modèle élémentaire pluie-débit au pas de temps journalier. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur/ENGEES, Strasbourg, France, 242 p.
- EDIJATNO E., NASCIMENTO N.O., Yang X., MAKHLOUF Z., MICHEL C. (1999). GR3J. A daily watershed model with three free parameters, Hydrol. Sci. J., Vol.44, Issue 2, 263-277.
- KABOUYA M. (1990). Modélisation pluie-débit aux pas de temps mensuel et annuel en Algérie septentrionale, Thèse de Doctorat, Université. Paris Sud Orsay, France, 347p.
- KABOUYA M., MICHEL C. (1991). Estimation des ressources en eau superficielle aux pas de temps mensuel et annuel, application à un pays semi-aride, Rev. Sci. Eau, Vol.4, N°4, 569-587.
- MAKHLOUF Z.(1994). Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres, Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, France, 426p.
- MAKHLOUF Z., MICHEL C. (1994). A two-parameter monthly water balance model for French watersheds, J. Hydrol., Vol.162, Issues 3-4, 299-318.
- 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, 323p.
- MOUELHI S., MICHEL C., PERRIN C., ANDREASSIAN V. (2006b). Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model, J. Hydrol., Vol.318, Issues 1-4, 200-214.
- NASCIMENTO N.O. (1995). Appréciation à l'aide d'un modèle empirique des effets d'action anthropiques sur la relation pluie-débit à l'échelle du bassin versant, Thèse de Doctorat, CERGRENE/ENPC, Paris, France, 550p.
- NASH, J.E. et SUTCLIFFE J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part I -A discussion of principles, J. Hydrol., Vol.10, Issue 3, 282-290.
- LOUDIN L. (2004). Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global, Thèse de Doctorat, ENGREF, Cemagref Antony, France, 495 p.

- PERRIN C. (2000). Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative, Thèse de Doctorat, INP/Cemagref Antony, Grenoble, France, 530p.
- PERRIN C. (2002). Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative, Thèse de Doctorat, INP/Cemagref Antony, Grenoble, France, 287p.
- PERRIN C., MICHEL C., ANDREASSIAN V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation, *J. Hydrol.*, 279, Issues 1-4, 275-289.
- PERRIN C., MICHEL C., ANDREASSIAN V. (2007). Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR), Rap. CEMAGREF, France, 16p.