

**ESTIMATION DU BIAIS DU MODELE REGRESSIF PUISSANCE  
«CONCENTRATION-DEBIT» : CAS DU BASSIN VERSANT DU  
K'SOB  
ESTIMATION OF THE BIAS OF THE REGRESSION POWER  
MODEL « CONCENTRATION-DISCHARGE » IN K'SOB BASIN**

**Imane TOUAIBIA.** Département d'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen. B.P. 230 Tlemcen 13000 Algérie. [touaibia\\_imane@yahoo.fr](mailto:touaibia_imane@yahoo.fr)

**Abderrahmane Nekkache GHENIM.** Département d'Hydraulique, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen. B.P. 230. Tlemcen 13000 Algérie [anghenim@yahoo.fr](mailto:anghenim@yahoo.fr)

**RESUME :** Pour remédier aux insuffisances des mesures du transport solide et pour pouvoir faire l'extrapolation de modèles pour des bassins versants non jaugés, on est amené à rechercher des modèles régressifs par différentes méthodes statistiques. Ces modèles présentent généralement un biais, souvent une sous-estimation, surtout lorsque le modèle est du type puissance. L'objectif de ce travail réside dans la recherche d'une procédure qui minimise ce biais. Parmi 9 subdivisions temporelles de la période entre 1973/74 à 1993/94 relatifs aux mesures effectuées à l'amont du barrage de l'Oued K'sob, les modèles mensuels et ceux relatifs aux périodes de crue sont les plus intéressants.

**Mots-clés :** Modèle régressif en puissance, apport solide en suspension, biais, sous-estimation, surestimation, Oued K'sob

**ABSTRACT :** To overcome the shortcomings of sediment transport data and extrapolation models for ungaged catchments, it is necessary to search for regressive models by different statistical methods. These models generally have a bias, often an underestimation especially when the model is transformed to the logarithmic scale at the output. The objective of this work lies in searching for a procedure that minimizes this bias. Among nine subdivisions of the temporal series for the K'sob Wadi between 1973/74 and 1993/94, the models for the months and floods are the most interesting.

**Key-words:** power function model, suspended sediment supply, bias, underestimation, overestimation, K'sob Wadi.

## **INTRODUCTION**

A chaque fois qu'il est proposé d'estimer l'érosion spécifique d'un bassin versant et d'identifier la saison productive de sédiments, on se heurte à une difficulté méthodologique liée à l'échantillonnage en relation avec l'irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements liquides et solides. Cette difficulté est accrue quand

les données d'observation au droit des stations hydrométriques présentent des lacunes. Plusieurs approches temporelles de mise en forme et de traitement des données sont proposées dans la littérature. Ces méthodes visent à identifier des modèles statistiques significatifs reliant les concentrations solides aux débits liquides, en vue de compléter les séries de débits solides afin de quantifier l'érosion spécifique et de dégager la saison productive en sédiments (Touaibia, 2000).

## REGION D'ETUDE

Le bassin versant de l'Oued K'sob au barrage K'sob a une superficie de 1480 km<sup>2</sup>. Il est situé au nord est de l'Algérie. Il appartient au grand bassin versant du Chott Hodna dont il occupe 41% de la surface (Fig.1 et 2). L'Oued K'sob parcourt 73 km pour se jeter dans la cuvette du barrage, mis en eau en 1940 avec une capacité initiale de 29.5 Mm<sup>3</sup>. Au dernier levé bathymétrique, effectué en 2010 par les services de l'ANBT (Agence Nationale des Barrages et des Transferts), le taux d'alluvionnement est estimé à 67.6%. La station hydrométrique de Medjez, mise en service en 1973, est située en amont du barrage. Elle contrôle une superficie de 1317 km<sup>2</sup>, soit 89% du bassin versant de l'Oued K'Sob. Les caractéristiques morphométriques du bassin versant au site du barrage sont données en tableau 1.

Le bassin versant est caractérisé par un climat semi-aride. La précipitation moyenne interannuelle enregistrée entre 1973/74 et 1993/94 est estimée à 225 mm et la température moyenne est de 17°C avec des écarts de 11°C à 47°C.

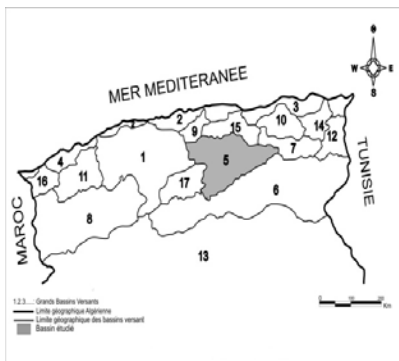


Fig. 1. Bassin versant Chott Hodna

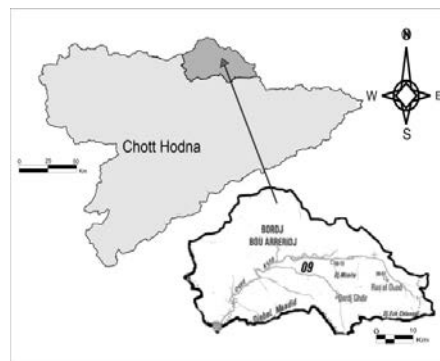


Fig. 2. Sous bassin Oued K'sob

## DONNEES ET METHODES

L'étude se base sur les données de mesures instantanées de débits liquides et de concentrations des sédiments en suspension enregistrées au cours de la période allant de septembre 1973 à août 1994 relevées à la station de Medjez de coordonnées (X= 04°13'18'' ; Y= 35°53'49'' ; Z= 636 m). Ces données sont mesurées et fournies par l'Agence Nationale des Ressources

Hydriques (ANRH, 2010). Les débits liquides sont estimés à partir de la courbe de tarage de la station.

**Tableau 1.** Principales caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued K'sob.

| Caractéristiques                  | Unité           | Valeurs |
|-----------------------------------|-----------------|---------|
| Superficie                        | km <sup>2</sup> | 1480    |
| Périmètre                         | km              | 165     |
| Indice de Compacité               | /               | 1.27    |
| Longueur du rectangle équivalent  | km              | 60.50   |
| Altitude maximale                 | m               | 1875    |
| Altitude minimale                 | m               | 637     |
| Altitude moyenne                  | m               | 1080    |
| Indice de pente                   | m/km            | 0.12    |
| Densité de drainage               | km/km           | 4       |
| Longueur du cours d'eau principal | km              | 73      |
| Temps de concentration            | Heure           | 16      |

Les hauteurs d'eau lues sur une échelle limnimétrique et par limnigraphe sont transformées en débits à l'aide de courbes de tarage régulièrement actualisées. Les prélèvements de transport solide en suspension sont effectués en bordure de l'Oued selon un protocole de mesure et de détermination de la charge solide établi sur le territoire national (Ghenim et al, 2007 ; Khanchoul & Jansson, 2008 ; Achite & Ouillon, 2007). Les données de 21 années d'observations (1973/74 – 1992/93) concomitantes (débit liquide- concentration de sédiments en suspension) au droit d'une station hydrométrique sont examinées.

L'étude des crues permet d'identifier les crues les plus importantes en termes de débit moyen instantané. Les crues dont le débit maximum dépasse le module interannuel ( $26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) sont retenues. Sur la période d'étude, 79 crues sont ainsi identifiées. Dans les régions semi-arides, les crues sont responsables de la majeure partie du transport solide annuel. Or, pendant ces périodes de crue à caractère bref dans la plupart des cas, le peu de mesures prises ne permettent pas d'obtenir une relation représentative des conditions dans lesquelles la majorité du flux de sédiments est transporté (Walling, 1977 ; Jansson, 1985 ; Asselman, 2000 ; Syvitski *et al.*, 2000 ; Cherif *et al.*, 2009). Pour une meilleure représentation de la dynamique érosive du cours d'eau étudié et pour tenir compte de la saisonnalité, il est proposé de subdiviser la série en sous-échantillons. Des modèles statistiques de régression du type  $C = a \cdot Q^b$  sont ajustés pour ces sous-échantillons. Le coefficient de détermination

$R^2$  (Dagnellie, 1992) pour un risque  $\alpha = 5\%$  est adopté comme critère de choix du modèle (Touaibia, 2001).

Le flux des matières solides en suspension exporté par l'oued étudié sur un horizon donné (annuel, saisonnier, ...) est calculé en sommant les flux massiques instantanés répartis uniformément entre deux instants de mesures.

$$A_s = \sum_1^N (t_{j+1} - t_j) Q_{1j} C_j \quad (1)$$

où :

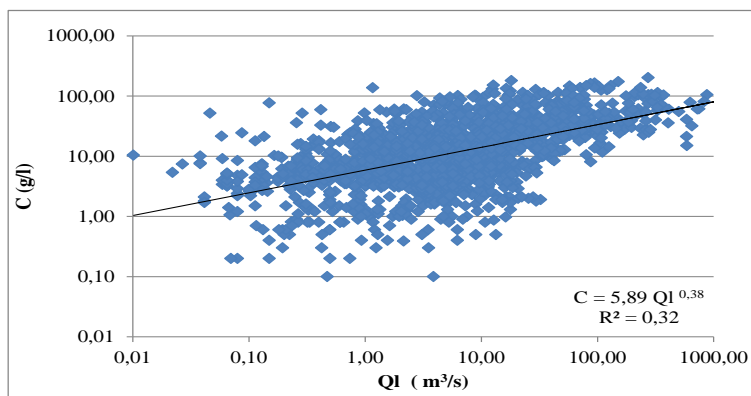
$C_j$  : concentration mesurée à l'instant  $t_j$  en  $g.l^{-1}$ ;

$Q_{1j}$  : débit liquide à l'instant  $t_j$  en  $m^3.s^{-1}$ ;

$N$  : nombre de prélèvements effectués sur l'horizon considéré (année, saison, ...);

$t_{j+1} - t_j$  : temps séparant deux prélèvements consécutifs en secondes.

L'apport moyen des sédiments est quantifié aux échelles interannuelle, mensuelle et saisonnière. De plus, les mois où les apports sont importants par rapport aux autres mois sont identifiés. D'autres subdivisions ont été basées sur le rapport du débit instantané au débit moyen, sur la position du débit dans l'hydrogramme en distinguant les débits en montée (ascendants) des débits en décrue (descendants). De plus, une subdivision en crues annuelles et saisonnières, en périodes sèches et périodes humides, a été considérée. Enfin, la méthode adoptée est celle de Glysson qui consiste à subdiviser les débits en classes et à calculer pour chaque classe le débit et la concentration moyenne (Glysson, 1987).



**Fig.3.** Relation entre la concentration des sédiments en suspension et le débit à l'échelle interannuelle à Oued K'sob (1973/74-1992/93)

Les modèles statistiques retenus (Fig.3) pour chaque échantillon sont formulés en dernière colonne dans les tableaux 2 à 12 dans lesquels :

$r$  : coefficient de corrélation entre le débit et la concentration.

$r_{\text{critique}}$  : Coefficient de corrélation critique (lu de la Table de Fisher pour une erreur de 0.05 et un nombre de degré de liberté «  $\gamma$  »)

Si  $r$  est supérieur à  $r_{\text{critique}}$ , pour un nombre de degré de liberté donné, le modèle est accepté, autrement il est rejeté.

**Tableau 2.** Modèle ajusté à l'échelle interannuelle  $C=f(Q_1)$

| Année             | N    | r    | $r_{\text{critique}}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$       |
|-------------------|------|------|-----------------------|--------------|-------------------|
| 1973/74 à 1993/94 | 1747 | 0.56 | 0.19                  | Significatif | $5.89 Q_1^{0.38}$ |

**Tableau 3.** Modèle ajusté à l'échelle annuelle  $C=f(Q_1)$

| Année   | N   | r    | $r_{\text{critique}}$ | Etat             | $C=a.Q^b$         |
|---------|-----|------|-----------------------|------------------|-------------------|
| 1973/74 | 85  | 0.40 | 0.21                  | Significatif     | $1.12 Q_1^{0.51}$ |
| 1974/75 | 33  | 0.60 | 0.34                  | Significatif     | $9.24 Q_1^{0.35}$ |
| 1975/76 | 59  | 0.68 | 0.25                  | Significatif     | $4.32 Q_1^{0.49}$ |
| 1976/77 | 34  | 0.66 | 0.32                  | Significatif     | $6.22 Q_1^{0.49}$ |
| 1977/78 | 14  | 0.30 | 0.51                  | Non significatif | /                 |
| 1978/79 | 41  | 0.76 | 0.30                  | Significatif     | $1.53 Q_1^{0.86}$ |
| 1979/80 | 85  | 0.75 | 0.22                  | Significatif     | $2.90 Q_1^{0.71}$ |
| 1980/81 | 141 | 0.63 | 0.19                  | Significatif     | $3.51 Q_1^{0.66}$ |
| 1981/82 | 150 | 0.64 | 0.19                  | Significatif     | $5.22 Q_1^{0.41}$ |
| 1982/83 | 92  | 0.48 | 0.21                  | Significatif     | $8.02 Q_1^{0.37}$ |
| 1983/84 | 23  | 0.66 | 0.40                  | Significatif     | $3.19 Q_1^{0.63}$ |
| 1984/85 | 72  | 0.37 | 0.23                  | Significatif     | $4.00 Q_1^{0.36}$ |
| 1985/86 | 142 | 0.53 | 0.19                  | Significatif     | $4.50 Q_1^{0.46}$ |
| 1986/87 | 146 | 0.59 | 0.19                  | Significatif     | $5.67 Q_1^{0.38}$ |
| 1987/88 | 117 | 0.52 | 0.19                  | Significatif     | $6.02 Q_1^{0.29}$ |
| 1988/89 | 123 | 0.69 | 0.19                  | Significatif     | $9.05 Q_1^{0.36}$ |
| 1989/90 | 152 | 0.73 | 0.19                  | Significatif     | $9.37 Q_1^{0.30}$ |
| 1990/91 | 79  | 0.62 | 0.21                  | Significatif     | $5.86 Q_1^{0.32}$ |
| 1991/92 | 104 | 0.56 | 0.19                  | Significatif     | $13.3 Q_1^{0.18}$ |
| 1992/93 | 50  | 0.46 | 0.27                  | Significatif     | $14.7 Q_1^{0.12}$ |
| 1993/94 | 5   | 0.94 | 0.74                  | Significatif     | $26.6 Q_1^{0.28}$ |

**Tableau 4.** Modèles ajustés à l'échelle mensuelle  $C=f(Q_1)$

| Mois      | N   | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$        |
|-----------|-----|------|----------------|--------------|--------------------|
| Septembre | 302 | 0.66 | 0.19           | Significatif | $9.38 Q_1^{0.42}$  |
| Octobre   | 198 | 0.71 | 0.19           | Significatif | $8.53 Q_1^{0.34}$  |
| Novembre  | 127 | 0.75 | 0.19           | Significatif | $6.02 Q_1^{0.49}$  |
| Décembre  | 157 | 0.40 | 0.19           | Significatif | $4.60 Q_1^{0.26}$  |
| Janvier   | 79  | 0.59 | 0.22           | Significatif | $3.87 Q_1^{0.26}$  |
| Février   | 112 | 0.51 | 0.19           | Significatif | $3.53 Q_1^{0.41}$  |
| Mars      | 176 | 0.41 | 0.19           | Significatif | $3.13 Q_1^{0.32}$  |
| Avril     | 148 | 0.36 | 0.19           | Significatif | $3.04 Q_1^{0.40}$  |
| Mai       | 186 | 0.62 | 0.19           | Significatif | $6.67 Q_1^{0.34}$  |
| Juin      | 128 | 0.52 | 0.19           | Significatif | $9.58 Q_1^{0.30}$  |
| Juillet   | 36  | 0.80 | 0.32           | Significatif | $9.24 Q_1^{0.36}$  |
| Août      | 99  | 0.75 | 0.19           | Significatif | $10.25 Q_1^{0.50}$ |

**Tableau 5.** Modèles ajustés à l'échelle saisonnière  $C=f(Q_1)$

| Saison           | N   | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C= a Q_1^b$      |
|------------------|-----|------|----------------|--------------|-------------------|
| Automne(S-O-N)   | 627 | 0.73 | 0.19           | Significatif | $8.01 Q_1^{0.42}$ |
| Hiver (D-J-F)    | 348 | 0.54 | 0.19           | Significatif | $3.98 Q_1^{0.34}$ |
| Printemps(M-A-M) | 509 | 0.45 | 0.19           | Significatif | $4.16 Q_1^{0.34}$ |
| Eté (J-J-A)      | 238 | 0.63 | 0.19           | Significatif | $9.59 Q_1^{0.39}$ |

**Tableau 6.** Modèles relatifs aux mois à fort apport solide  $C=f(Q)$

| Mois                  | N   | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$       |
|-----------------------|-----|------|----------------|--------------|-------------------|
| Sep, Oct, Mai et Juin | 814 | 0.64 | 0.19           | Significatif | $8.44 Q_1^{0.37}$ |
| Mois restants         | 933 | 0.45 | 0.19           | Significatif | $4.74 Q_1^{0.32}$ |

**Tableau 7.** Modèles ajustés en considérant le débit moyen  $Q_m : C=f(Q_1)$

|                   | N    | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$       |
|-------------------|------|------|----------------|--------------|-------------------|
| Inférieur à $Q_m$ | 1428 | 0.37 | 0.19           | Significatif | $6.11 Q_1^{0.29}$ |
| Supérieur à $Q_m$ | 319  | 0.37 | 0.19           | Significatif | $8.52 Q_1^{0.35}$ |

**Tableau 8.** Modèle ajusté en considérant la montée et la décrue  $C=f(Q_1)$

|             | N    | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a. Q_1^b$      |
|-------------|------|------|----------------|--------------|-------------------|
| Q en montée | 608  | 0.61 | 0.19           | Significatif | $3.87 Q_1^{0.50}$ |
| Q en décrue | 1139 | 0.53 | 0.19           | Significatif | $6.30 Q_1^{0.36}$ |

**Tableau 9.** Modèles ajustés relatifs aux crues ( $Q_{MAX} > 26m^3/s$ )

|                    | N   | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a.Q^b$      |
|--------------------|-----|------|----------------|--------------|----------------|
| Ensemble des crues | 510 | 0.44 | <0.19          | Significatif | $7.2 Q^{0.35}$ |

**Tableau 10.** Modèles ajustés en fonction de la saison d'occurrence des crues :

$$C=f(Q)$$

| Saison    | N   | r    | $r_{critique}$ | Etat             | $C=a Q_1^b$        |
|-----------|-----|------|----------------|------------------|--------------------|
| Automne   | 217 | 0.41 | <0.19          | Significatif     | $21.50 Q_1^{0.20}$ |
| Hiver     | 52  | 0.79 | 0.27           | Significatif     | $1.54 Q_1^{0.63}$  |
| Printemps | 171 | 0.32 | <0.19          | Significatif     | $5.37 Q_1^{0.32}$  |
| Été       | 70  | 0.18 | 0.23           | Non Significatif | /                  |

**Tableau 11.** Modèles ajustés en périodes humide et sèche :  $C=f(Q_1)$ 

|                | N    | r    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$       |
|----------------|------|------|----------------|--------------|-------------------|
| Période humide | 1079 | 0.61 | 0.19           | Significatif | $6.26 Q_1^{0.39}$ |
| Période sèche  | 668  | 0.49 | 0.19           | Significatif | $5.40 Q_1^{0.35}$ |

**Tableau 12.** Modèle ajusté selon la méthode de Glysson

| N  | R    | $r_{critique}$ | Etat         | $C=a Q_1^b$      |
|----|------|----------------|--------------|------------------|
| 19 | 0.87 | 0.49           | Significatif | $12.57 Q^{0.23}$ |

## INTERPRETATION DES RESULTATS

Les données de mesure relatives à la saison d'été ne sont généralement pas représentatives de la dynamique érosive durant cette saison. Le modèle obtenu est rejeté du fait qu'il est non significatif.

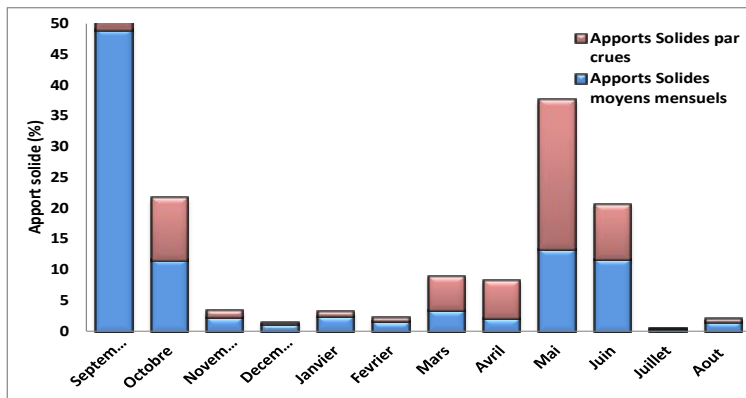
Le calcul des apports solides de la série d'étude (Fig. 4), a montré qu'il y a un apport important de transport solide durant les mois de septembre, octobre, mai et juin. La contribution de ces 4 mois atteint 85.5% du flux annuel. Plus de 60% du flux annuel est exporté en automne (Fig. 5). Cela signifie que l'automne et surtout le mois de septembre est une période de lessivage. Les premières pluies se traduisent par des crues qui emportent l'essentiel des sédiments déposés et préparés pendant l'été dans le lit et les berges du cours d'eau. Par contre, pour le printemps et surtout le mois de mai, le transport solide est modeste. Il s'agit de la période où l'écoulement est important avec des sols saturés et la présence de végétation. L'érosion y

est beaucoup plus liée au ravinement et au sapement des berges du réseau d'écoulement qu'au bassin d'alimentation proprement dit.

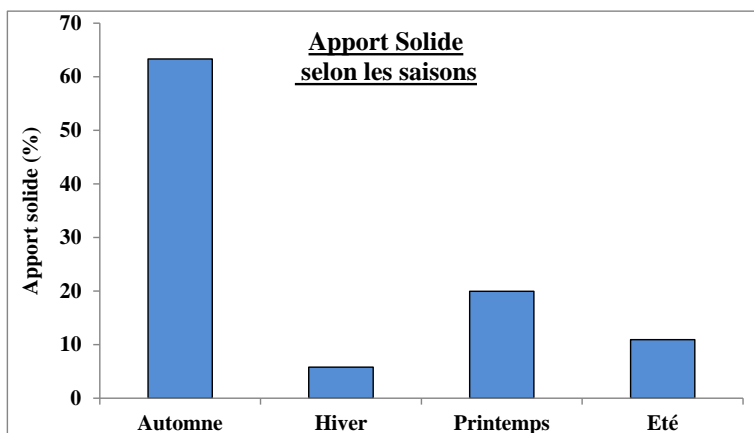
L'évaluation de la représentativité des modèles élaborées est faite en considérant l'erreur commise dans l'estimation de l'apport solide en suspension. Cette erreur est donnée par l'équation 2.

$$\text{Erreur (\%)} = \left( \frac{\text{Apport solide estimé}}{\text{Apport solide mesuré}} - 1 \right) \times 100 \quad (2)$$

Où : l'apport estimé est calculé en utilisant les modèles obtenus à différentes échelles temporelles et l'apport mesuré est celui calculé en utilisant les données de mesure.



**Fig. 4.** Apports solides moyens mensuels et part des crues (%) (Période 1973/74 à 1993/94)



**Fig. 5.** Apports solides saisonniers (%) (Période 1973/74 à 1993/94)



Le tableau 13 récapitule les erreurs commises dans l'estimation du flux sédimentaire par l'utilisation des différents modèles.

L'approche mensuelle et celle par crue présentent les pourcentages d'erreur les moins importants. Ils sont respectivement de 53% et 23 %. Par contre, le modèle de Glysson, connu pour minimiser le biais (Ghenim, 2008 ; Ghenim et Megnounif, 2011), surestime le flux sédimentaire de 115 %. Les lacunes observées dans les données pourraient en être la cause. En effet, pendant la période estivale, le cours d'eau est soit à sec soit à faible débit, d'où une cadence faible et désordonnée des prise des mesures.

**Tableau 13.** Erreurs relatives des différentes procédures adoptées

| Approches                        | Apport solide mesuré (T) | Apport solide estimé (T) | Sous-Estimation (%) | Sur-Estimation % |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|
| Interannuelle                    | 461545                   | 139285                   | -70                 | -                |
| Mensuelle                        | 461545                   | 216666                   | -53                 | -                |
| Saisonnaire                      | 461545                   | 158341                   | -66                 | -                |
| Mois les plus élevés             | 461545                   | 141770                   | -69                 | -                |
| Saisons sèche et humide          | 461545                   | 143852                   | -69                 | -                |
| Débit moyen                      | 461545                   | 123466                   | -73                 | -                |
| Débits ascendants et descendants | 461545                   | 1260634                  | -                   | 173              |
| Débits de crue                   | 461545                   | 357689                   | -23                 | -                |
| Modèle de Glysson                | 461545                   | 995446                   | -                   | 115              |

## CONCLUSION

Cette étude examine 9 approches de quantification statistique de l'érosion pour adopter celle qui estime l'apport solide avec un minimum d'erreur relative. Les deux modèles les plus adaptés considèrent un découpage par crue ou un découpage mensuel. La méthode qui tient compte uniquement des crues donne le meilleur résultat avec une erreur relative de 23%. Pour valider ces résultats, il faudra dans une étape ultérieure comparer les apports simulés depuis la mise en eau du barrage aux estimations effectuées par levés bathymétriques.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ANRH (2010) *Données pluviométriques et hydrométriques du bassin K'Sob. Documents internes*. Ministère des ressources en eau. Alger.
- Achite, M. & Ouillon, S. (2007) Suspended sediment transport in a semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973–1995). *Journal of Hydrology*, 343, pp. 187–202.
- Asselman, N.E.M. (2000) Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, 234, pp. 228-248.
- Dagnellie, P. (1992) *Théorie et méthodes statistiques*. Volume 2. Presses universitaires Agronomiques de Gembloux (5<sup>ème</sup> impression). Belgique.
- Demmak, A. (1982) Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. *Thèse de Doct. Ing.* Univ, Paris VI, France.
- Cherif, A., Errih, M. & Madani Cherif, H. (2009) Modélisation statistique du transport solide du bassin versant de l'Oued Mekerra (Algérie) en zone semi-aride méditerranéenne. *HSJ*. Vol 54 (2), pp. 338 -348.
- Ghenim, A., Seddini, A. & Terfous, A. (2007) Étude du transport solide en suspension dans les régions semi-arides méditerranéennes : Cas du bassin-versant de l'Oued Sebdou (Nord-Ouest algérien). *Sécheresse*, 18 (1), pp 39-44.
- Ghenim, A., Seddini, A. & Terfous, A. (2007) Production et exportation des sédiments en suspension lors des événements de crue. Cas du bassin versant de Oued Mouilah. *Larhyss Journal*, 6, 33-42.
- Ghenim, A. (2008) Etude des écoulements et des transports solides dans les régions semi arides méditerranéennes. *Thèse de doctorat*, Univ.Tlemcen.
- Ghenim, A. & Megnounif, A. (2011) Précision des relations reliant la concentration en suspension au débit liquide. Etude comparative. *Revue Communication Science & Technologie*, COST 9, 17-23.
- Khanchoul, K. & Jansson, M.B. (2008) Sediment rating curves developed on stage and seasonal means in discharge classes for the Mellah Wadi, Algeria. *Journal compilation, Swedish society for anthropology and geography*, pp. 227-236.
- Syvitski, J.P., Morhead, M.D., Bahr, D.B. & Mulder T. (2000) Estimating fluvial sediment transport: The rating parameters. *Water Resources Research*, 36 (9), pp. 2747-2760.
- Touaibia, B., Dautrebande, S., Dieter G. & Aidaoui, A. (1999) Approche quantitative de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales : bassin versant de l'Oued Mina. *HSJ*, 44 (6), pp. 973-990.
- Touaibia, B., 2000. *Erosion - Transport solide - Envasement de barrage. Cas du Bassin Versant de la Mina dans la Wilaya de Relizane*. Thèse de

Doctorat d'Etat en Aménagement Hydraulique. Institut National Agronomique. Alger

Touaibia, B., Gomer, D., Aïdaoui, A., Achite, M., (2001) Quantification et variabilité temporelles de l'écoulement solide en zone semi-aride, de l'Algérie du Nord. *HSJ*. Vol 46 (1), pp. 41-56.

Glysson, G.D (1987) Sediment transport curves. *U.S. Geol. Surv., Open file report 87-218*, 47 p.

Walling, D.E. (1977) Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for a small basin. *Water Resources Research*, 13 (3), pp. 531-538.

&&&