

# **Modélisation du transport solide sur le bassin versant de Oued Bellah wilaya de Tipaza (Algérie)**

## **ELAHCENE Omar**

maître assistant au centre universitaire de Djelfa (Algérie)

**Adresse :** 05, rue tsouri Amar Ahmer El Ain (w) Tipaza 42220 Algérie

**Tél. :** 024 49 09 77

**Fax :** 024 49 03 44

**Mobile :** 074 25 46 01

**Email :** tigre\_royal@hotmail.com

## **Résumé**

L'étude du transport solide de sédiments, à l'échelle du bassin versant, fait intervenir un grand nombre de discipline et de compétences dans des domaines qui regroupent à la fois des hydrologues, les géomorphologues, les agronomes, les mécaniciens des fluides et les hydrauliciens.

La mesure du transport solide est restreinte uniquement à la suspension, le charriage étant estimé en pourcentage partir de cette dernière.

En Algérie, le transport solide est mesuré aux stations hydrométriques des bassins versants pour la quasi-totalité des épisodes d'écoulement. Généralement, on se limite au débit en suspension. La mesure du charriage représente toujours un problème dont la solution n'est pas complète.

L'étude sur le bassin versant de oued Bellah wilaya de Tipaza (Algérie) a pour objet de quantifier le transport solide (en suspension et par charriage) dans cet oued qui servira comme un outil de base pour la prévision de la quantité des sédiments posée dans les futurs retenues dans ce bassin ainsi pour l'aménagement des oueds.

**Mots clés :** érosion, transport solide, bassin versant, charriage, suspension, Algérie.

Les écoulements de surface transportent avec eux les produits de la désagrégations des roches des régions hautes vers les zones basses et en définitive vers la mer. Cette section est une introduction brève aux problématiques du transport solide dont l'étude est devenue essentielle dans de nombreux domaines, de l'étude des processus d'érosion et de sédimentation aux études sur la pollution des cours d'eau.

Pour tenter d'atténuer l'ampleur de ces phénomènes et essayer d'agir d'une façon efficace pour sauvegarder le milieu physique, il est nécessaire de connaître et de maîtriser les processus élémentaires. Une fois cette connaissance acquise, il est alors

possible de générer un modèle, qui quantifie la quantité de sédiments transportée dans les oueds et plus précisément dans notre oued qui est oued Bellah.

### **Région d'étude**

Le bassin versant de oued Bellah au niveau du pont RN 11 s'étend sur une superficie de 55 Km<sup>2</sup>. Bassin du côtiers algérois, il est situé à une centaine de kilomètres à l'ouest de la capitale Alger. Faisant partie de la wilaya de Tipaza.

Il existe dans le bassin versant de oued Bellah deux stations hydrométriques : la station de Sidi Ghiles et la station de Bellah. Elles sont installées dans le bassin pour l'estimation des débits dans les oueds.

On signale que le poste le plus proche de la station est le poste de Sidi Ghiles. La station de Sidi Ghiles, à elle seule, représente une superficie de 55 km<sup>2</sup> et elle est située à : X=458.65m; Y=367.50m et Z=25m.

### **Collecte et mise en forme des données et interprétation des résultats**

La station de Sidi Ghiles dispose de mesures hauteurs d'eau et les débits liquides à partir de 01/05/1972 jusqu'à ce jour. Des prélèvements quotidiens des hauteurs d'eau, dont la fréquence augmente en période de crue, sont effectués pour l'estimation du transport solide. Pour la collecte des différentes données, l'A.N.R.H. (agence nationale des ressources hydriques) a été amenée à faire l'inventaire de tous les fichiers ayant rapport avec le transport solide sur support informatique.

En se basant sur des données de l'A.N.R.H., nous disposons d'une série de 3014 valeurs de débits instantanés, de concentration en matière allant de 01 janvier 1974 à 10 janvier 1999. Les données obtenues ont été classées par année ou se retrouvent la date du prélèvement, son heure, sa hauteur en cm, son débit instantané en m<sup>3</sup>/s et sa concentration en élément en suspension en g/l. L'introduction de toutes ces données permet d'avoir le débit solide instantané en kg/s. Il est donné par la relation suivante :

$Q_s = C * Q_l$  d'ou :

$Q_s$ : le débit solide [kg/s];

C : la concentration en élément en suspension [g/l];

$Q_l$ : le débit liquide [m<sup>3</sup>/s].

A la station de Sidi Ghiles, nous disposons une série de mesure de 3014 valeurs de hauteurs d'eau (H en cm), de débits liquides ( $Q_l$  en m<sup>3</sup>/s) et de concentration en matières en suspension (C en g/l) ont sélectionnées pour l'établissement du rapport entre le débit liquide et le débit solide.

L'utilisation du programme A.N.R.H. «Concentre/Bashyd», nous a permis d'obtenir le débit solide en kg/s, pour chaque hauteur prélevée sur la base des matières en suspension observées, par la relation suivante :  $Q_s = C * Q_l$  ..... (1)

Pour ce travail, on a utilisé un fichier comportant la date, l'heure, la hauteur d'eau en cm, le débit liquide en m<sup>3</sup>/s, la concentration en matière en suspension en g/l et le débit solide en kg/s de chacun des prélèvements effectués.

Le rapport débit liquide-concentration ou débit liquide-débit solide a été soumis à des relations linéaire, logarithmique, polynomiale, puissance et exponentielle. On signale que les relations puissance et polynomiale semblent donner les meilleurs coefficients de corrélation. La bonne corrélation peut s'expliquer par l'effectivité de la relation c'est-à-dire que le débit solide est en fonction du débit liquide par la relation (1). Les relations débits liquide-débit solides sont respectées et elles permettent de quantifier et évaluer le transport solide en suspension dans l'oued.

Pour le calcul du transport solide journalier en suspension, on utilise les caractéristiques de la corrélation débit liquide-débit solide pour la saison du printemps. Le calcul se fait sur une période de 16 ans allant du 81/82 au 96/97.

Pour la saison du printemps, la relation puissance est de la forme :  $Q_s = 3.50 \cdot Q_l^{1.49}$  et avec  $R=0.92$ . Ces dernières étant le facteur principal du transport solide. L'échantillonnage a été effectué sur 03 sections. Ils ont été pris à la surface, sur le long de oued Bellah et plus précisément à l'aval de la station. Le tableau ci-dessous illustre les résultats de l'analyse granulométrique :

Section de prélèvement	1	2	3
D50 [mm]	9	4	14

Tab.01- Résultats de l'analyse granulométrique.

D'où :  $D_{50} = 8\text{mm}$  (en prenant la moyenne des 3 échantillons).

Pour le calcul du transport solide charrié dans oued Bellah, on a utilisé la formule de Shields dont les conditions d'applications sont compatibles avec le cours d'eau étudié. La formule s'écrit :  $g_s = 10 \cdot q \cdot J \cdot (\tau_o - \tau_{cr}) / [(\tau_s - \tau) \cdot D_{50}]$  Où :

- >  $g_s$  est le débit solide charrié par unité de largeur du lit de l'oued [kg/s.m] ;
- >  $q$  est le débit liquide journalier [m<sup>3</sup>/s] ;
- >  $J$  est la pente moyenne de l'oued ; elle est égale à 0.006 soit 0.6% ;
- >  $\tau_o = a \cdot \rho \cdot R_h \cdot I$  est la contrainte de cisaillement moyenne réelle (ou contrainte de frottement dépendant de l'écoulement) [kg/m<sup>2</sup>] ;
- >  $\tau_{cr} = 0.06 \cdot (\tau_s - \tau) \cdot D_{50}$  est la contrainte de cisaillement sur le lit [kg/m<sup>2</sup>] ;
- >  $\tau_s$  est la masse volumique de l'eau [t/m<sup>3</sup>] ;
- >  $\tau$  est la masse volumique de l'eau [t/m<sup>3</sup>] ;
- >  $D_{50}$  est le diamètre moyen des sédiments charriés [m] ;
- >  $\rho$  est le poids volumique de l'eau [t/m<sup>3</sup>] ;
- >  $\tau_s$  est le poids volumique des sédiments, pris égal à 2.7 t/m<sup>3</sup> ;
- >  $a = (K_s/K_r)^{3/2}$  est un facteur correctif prenant en compte la rugosité dans le lit de l'oued ;
- >  $R_h$  est le rayon hydraulique [m] ;

Dans le but de trouver une formulation mathématique expliquant le transport solide charrié en fonction du débit liquide observé, nous avons fait le calcul pour le cas :

$$o = *Rh*I \text{ c'est-à-dire } a=1 \text{ et } o = a* *Rh*I$$

Partant de l'hypothèse que la série du printemps est responsable des grandes quantités de sédiments charriés, nous retrouvons pour ce cas une relation liant le débit solide charrié au débit liquide de la forme :  $G_s = 0.88 * Q_l^{1.17}$  et avec :  $R = 0.94$ .

Sur la base de la relation  $G_s = 0.88 * Q_l^{1.17}$ , nous calculons le transport solide journalier charrié ( $G_s = g_s * B$  où  $B$  est la largeur de l'oued) pour la même période de référence du 81/82 au 96/97. La relation qui lie le débit solide charrié au débit liquide est une relation de puissance de la forme :  $G's = 0.54 * Q_l^{1.17}$  et avec :  $R = 0.90$

Sur la base de l'équation  $G's = 0.54 * Q_l^{1.17}$ , une autre valeur journalière du tonnage de matériaux charriés supposée réelle, a été retrouvée. Pour le calcul du transport total, on applique :  $W_t = Q_s + G_s$  et  $W't = Q_s + G's$

A partir des équations  $Q_s = f(Q_l)$ ,  $G_s = f(Q_l)$  et  $G's = f(Q_l)$ , nous avons quantifié le transport solide total annuel en tonne. En prenant en considération le transport solide total annuel réel  $W't$ , l'érosion spécifique moyenne sur une période de 16 ans, est donné par la formule suivante :  $E's = W't/S$  Avec :

$E's$  : le taux d'érosion spécifique [t/Km<sup>2</sup>.an] ;

$W't$  : le transport solide total [t] ;

$S$  : la superficie du bassin versant [Km].

Le taux d'abrasion est estimé à 361 t/Km<sup>2</sup>.an.

Au cours de cette étude, nous avons conclu que :

| Une relation, très significative, mettant en rapport le débit liquide et le débit solide en suspension. Elle est de la forme :  $Q_s = 3.5 * Q_l^{1.49}$  avec  $R = 0.92$ . Sur la base de cette relation, nous avons calculé le débit solide en suspension journalier pour une période de référence de 16 ans allant de 1981/1982 jusqu'à 1996/1997. Les résultats trouvés sont, alors, transformés en tonnage annuel de matériaux en suspension.

| Deux relations, mettant en rapport le débit liquide et le débit solide par charriage. Elles sont de la forme:

$$G_s = 0.88 * Q_l^{1.17} \text{ avec } R = 0.94, \text{ (le coefficient de rugosité n'étant pas pris en compte) ;}$$

et:

$$G's = 0.54 * Q_l^{1.17} \text{ avec } R = 0.90, \text{ (le coefficient de rugosité étant pris en compte).}$$

Respectivement à ces deux relations, nous calculons les débits solides charriés journaliers sur toute la période de référence allant de 1981/1982 au 1996/1997 que nous transformons par la suite en tonnage annuel de charriage de matériaux grossiers. Le volume total annuel de transport solide dans l'oued Bellah au droit de la station de Sidi Ghiles est estimé par la somme des volumes en suspension et par charriage. Elles sont de la forme :

$$W_t = Q_s + G_s \text{ (cas où la rugosité dans le lit de l'oued est négligeable) ;}$$

$W't = Qs + G's$  (cas où la rugosité dans le lit de l'oued n'est pas négligeable).

De l'analyse des résultats de transport solide dans l'oued Bellah, nous déduisons les constatations suivantes :

- > Les débits solides charriés journaliers calculés en période sèche sont supérieurs à celles des débits en suspension et en période humide, on voit le contraire ;
- > Les débits solides charriés annuels sont toujours inférieurs à des débits solides en suspension ;
- > Le charriage, dans le cas où l'on ne prendrait pas en compte le coefficient correctif de rugosité dans le lit de l'oued, est estimé à 28% en moyenne de la suspension ; dans le cas où l'on prendrait en compte la rugosité du lit de l'oued, ce dernier est estimé à 19% de la suspension. Et, à la fin de ce travail, on peut dire que : si on cherche à limiter les transports solides et les risques d'envasement, c'est dans les zones les plus dégradées et les plus proches du lit de la rivière (correction de rivières, des berges et des torrents) qu'il faut intervenir.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] **Bergaoui m. Henri Cumus et Jean François Nouvelot (1998)** – Essais de modélisation du transport solide sur les micro bassins versants de Tebaga (Tunisie centrale), article scientifique, cahier Sécheresse, volume 9, numéro 1, p. 51 à 57.
- [2] **B.N.E.D.E.R. (1992)** – Etude de développement rural – intègre de treize communes montagneuses, rapport n° 02, 211 p.
- [3] **B.N.E.D.E.R. (1993)** – Etude de développement rural : Phase III – schéma directeur, 65 p.
- [4] **Larfi B. (2001)** – Prévision du transport solide dans le bassin versant de l'oued Isser, application à l'envasement du barrage de Béni Amrane, Université de Blida, Institut de génie rural, thèse de magistère, 88 p.
- [5] **Walter H. et Altinakar M.S. (1996)** – Hydraulique fluviale, tome 2 : écoulement non permanent et phénomènes de transport, volume 16, 375 p.