



## **LE TRANSPORT SOLIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED ISSER IMPACT SUR L'ENVASEMENT DU BARRAGE DE BENI AMRANE (ALGERIE)**

***B. LARFI*<sup>1</sup>, *B. REMINI*<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Maître assistante, Département de Génie Rural- Institut national  
d'Agronomie, Algérie.

<sup>2</sup> Professeur, Département de Génie Rural, Université Saad Dahlab  
de Blida, Chercheur au laboratoire LARHYSS, Biskra, Algérie  
E-mail : [reminib@yahoo.fr](mailto:reminib@yahoo.fr)

### **INTRODUCTION**

Le transport solide en Algérie est évalué au niveau des 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 est en effet un problème dont la solution n'est pas complète. A partir de l'évaluation du transport solide en suspension, le charriage est estimé entre 15% et 25% de la suspension, selon plusieurs auteurs.

Le cas de l'Oued Isser est à signaler, au regard de l'importance du transport solide qui transite à travers l'exutoire de son bassin versant. Ces volumes importants de sédiments provoquent le comblement de la retenue du barrage de Béni Amrane situé sur l'Oued Isser à l'aval de la station de Lakhdaria. Des études granulométriques, effectuées sur le produit de la vase dans la cuvette de Béni Amrane, ont révélé que cette dernière contenait des particules grossières en pourcentage tellement élevé qu'il n'est pas possible d'estimer le charriage à partir de la suspension. Néanmoins, devant la difficulté d'exécution de cette tâche, nous utiliserons la formule adaptée de Meyer-Peter pour le calcul du charriage.

### **DONNEES ET METHODES**

#### **Présentation de la zone d'étude**

Le bassin versant de l'Oued Isser, occupe une superficie de 3615 km<sup>2</sup> (figure 1). Il se situe à l'amont du barrage de Béni Amrane et présente une forme allongée sur l'axe sud-ouest (Ain Boucif/Beni Slimane) à nord-est (mer Méditerranée).

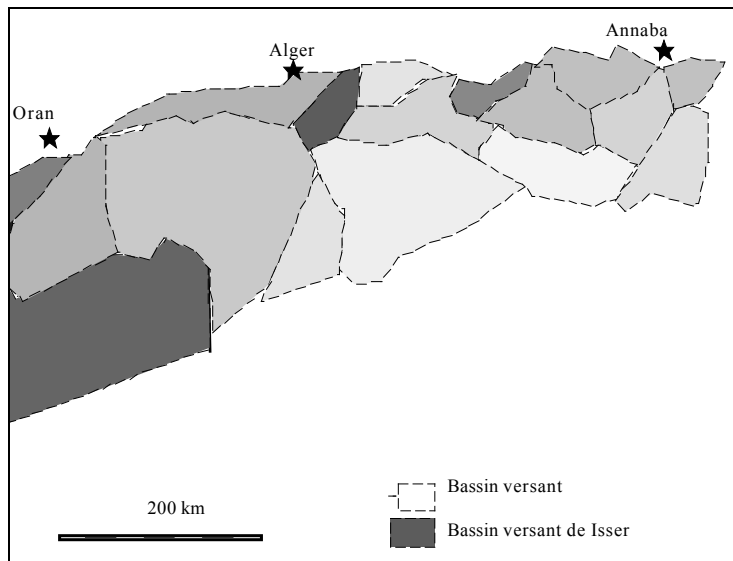


Figure 1: Bassin versant de l'Oued Isser

Le bassin versant, de type montagneux, se trouve à une altitude moyenne de 750m. L'altitude à l'exutoire, où se situe la station de Lakhdaria, est de 90m. Du nord vers le sud, le relief prend de l'ampleur où l'on note une côte maximale de 1810m. Le bassin versant de l'Isser est formé en majeure partie de roches tendres : marnes et argiles (figure 2). Ces formations tendres, situées en pente, sont facilement érodables. Au regard des valeurs importantes des coefficients de territorialité ainsi que les fortes densités de drainage obtenues au niveau des stations (Pont de Latraille, Lakhdaria et à l'embouchure), le bassin versant est vulnérable aux fortes crues et à l'érosion. Il se caractérise par un couvert végétal peu dense localisé au centre et représente 20% de la superficie totale. Le reste de la surface, soit 80% , est occupé par des cultures essentiellement céréalières et fourragères. Au bas Isser, on rencontre essentiellement les cultures annuelles, et sur des superficies réduites, les cultures et l'arboriculture (PNUD., 1987) (figure 3). La nature tendre des matériaux (marnes et argiles) et le régime hydrique irrégulier ont contribué à la formation d'un réseau hydrographique dense de type arborescent. Les Oueds sont en crue durant la période des pluies, mais deviennent inactifs dès que s'annonce la saison sèche. L'Oued Isser est principalement contrôlé par deux stations hydrométriques : pont de Latraille à l'amont et la station de Lakhdaria vers l'aval. Le couvert végétal (bois et broussaille) étant peu répandu et souvent dégradé, l'érosion est particulièrement active en présence de matériaux lithologiques tendres et un régime hydrique défavorable (pluies irrégulières, ruissellement). Les formes et les intensités diffèrent selon la pente, la nature lithologique des sols et l'action anthropique (déboisement, pâturage excessif, agriculture dégradante), (Rais et Abid, 1989).

*Le transport solide dans le bassin versant de l'Oued Isser –  
Impact sur l'envasement du barrage de Beni Amrane (Algérie)*

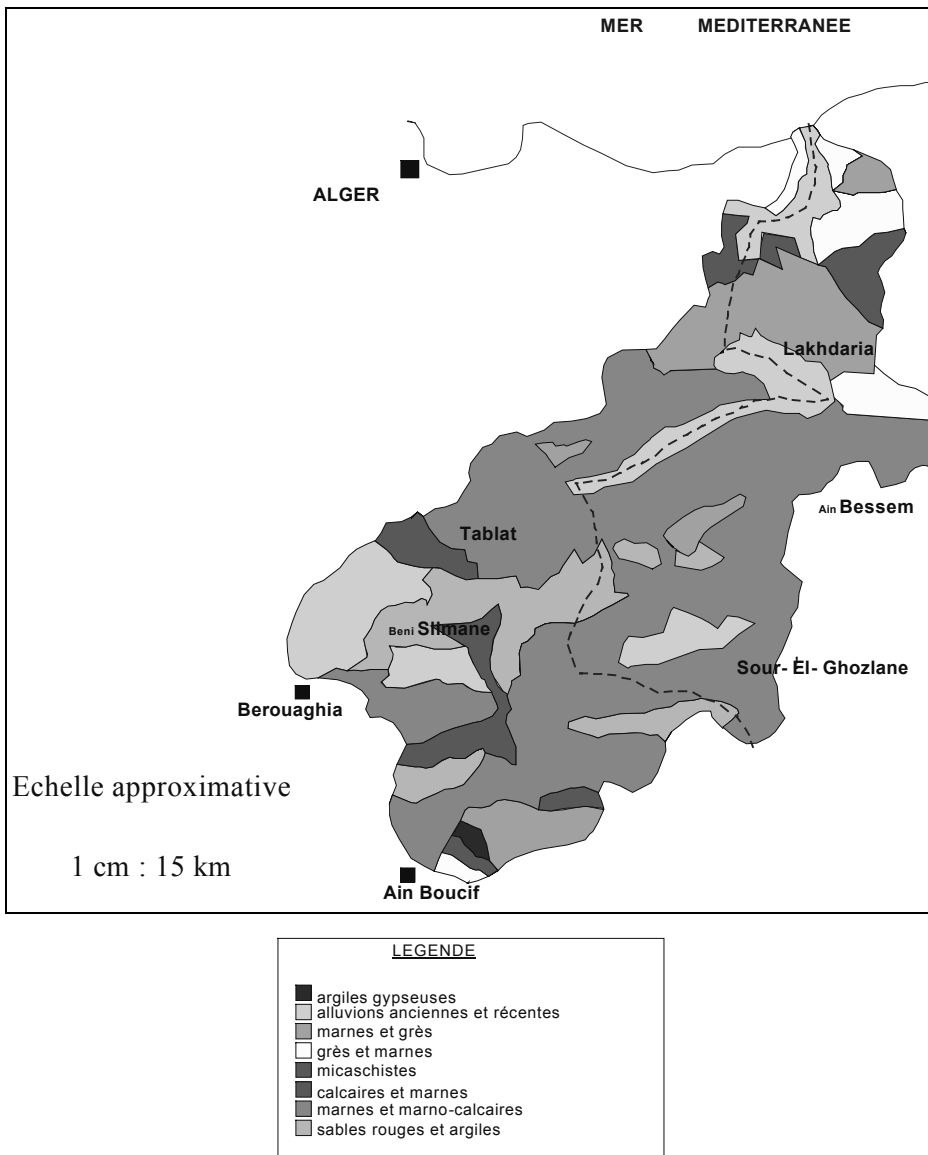


Figure2 : Carte schématique des formations lithologiques  
du bassin versant de l'Oued Isser

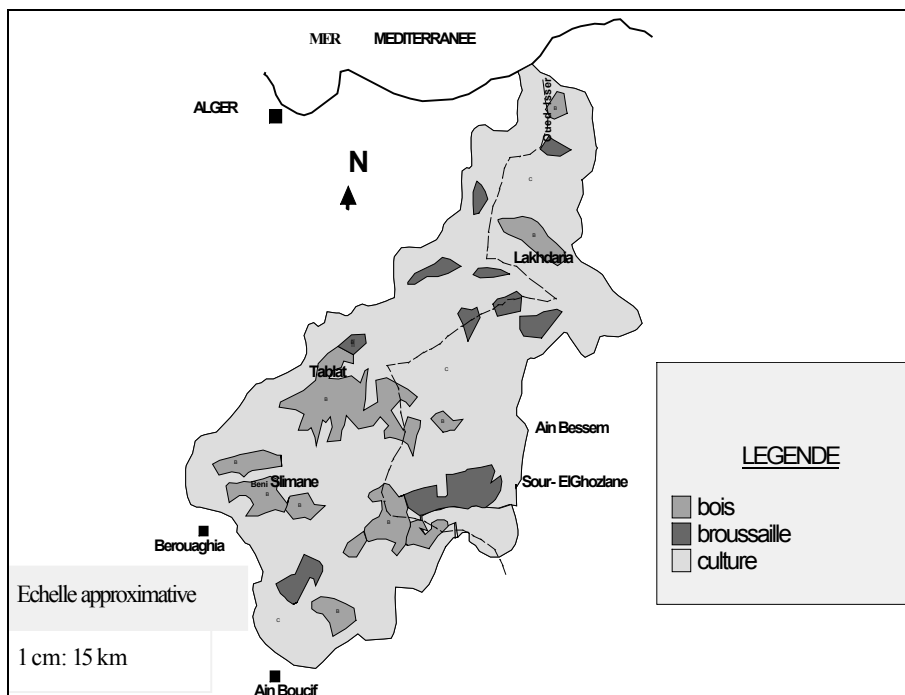


Figure 3 : Carte schématique de végétation du bassin versant de l’Oued Isser

### Données et méthodes de quantification

A la station de Lakhdaria, nous disposons d’une grande série de mesure. Environ 7510 valeurs de hauteurs d’eau (H en m), de débits liquides (Ql en m<sup>3</sup>/s) et de concentrations en matières en suspension (C en g/l) ont été sélectionnées pour l’établissement de la relation entre le débit liquide et le débit solide. Etant donnée l’absence totale de mesure du sédiment charrié dans l’Oued Isser, nous avons établi des mesures conventionnelles du matériau de fond en faisant des prélèvements de matériaux sur le long de l’Oued en amont immédiat du barrage de Béni Amrane. L’échantillonnage a été effectué sur des sections distantes de 5km environ (figure 4). L’analyse granulométrique effectuée au laboratoire pour la détermination du diamètre moyen charrié a révélé que le granulat de diamètre  $d_{50}$  est matérialisé par des graviers moyens à fins ( $d_{50} = 8\text{mm}$ ).

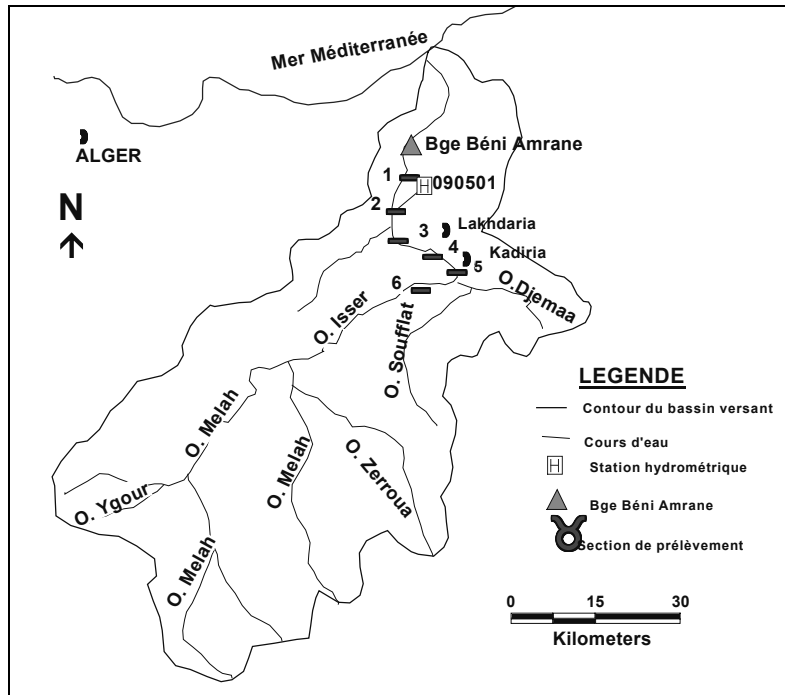


Figure 4 : Situation des prélèvements de matériaux solides dans l’Oued Isser

Pour l’évaluation du débit solide par charriage, nous nous sommes basés sur la formule de Meyer-Peter (Rais et Abid, 1989) :

$$g_s = K(\tau - \tau_c)^{3/2} \tag{1}$$

où  $g_s$  est le débit solide charrié par unité de largeur du lit de l’Oued, exprimé en kg/s.m,  $\tau$  est la contrainte de cisaillement moyenne réelle ou contrainte de frottement, dépendant de l’écoulement et exprimée en kg/m<sup>2</sup>,  $\tau_c$  est la contrainte de cisaillement sur le lit ou force tractrice critique de début de charriage exprimée en kg/m<sup>2</sup>, dépendant uniquement du matériau charrié notamment de ses caractéristiques dimensionnelles et de son poids spécifique  $\rho$ . Les paramètres  $K$ ,  $\tau_c$  et  $\tau$  s'expriment respectivement par :

$$K = 8\sqrt{\rho} \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} \tag{2}$$

$$\tau_c = 0,047(\gamma_s - \gamma)d_{50} \tag{3}$$

$$\tau = aR_h I \tag{4}$$

Dans les relations (2), (3) et (4), les variables  $\gamma$ ,  $\gamma_s$ ,  $d_{50}$ ,  $a$ ,  $R_h$  et  $I$  désignent respectivement le poids volumique des sédiments, exprimé en kg/m<sup>3</sup>, le poids volumique des sédiments, exprimé en kg/m<sup>3</sup>, le diamètre moyen des sédiments charriés, exprimé en mètre, un facteur correctif prenant en compte la rugosité

moyenne du lit de l'Oued, le rayon hydraulique, exprimé en mètre et la pente moyenne de l'Oued. Pour le cas de l'Oued Isser, nous avons pu estimer le coefficient  $a$  égal à 0,80.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Relation entre le débit solide en suspension et le débit liquide

A l'échelle de la crue, la loi puissance semble donner de meilleurs coefficients de corrélation puisqu'ils varient entre 0,72 et 0,91. Ainsi, nous avons été amené à corréler le débit liquide et le débit solide pour la série des grandes crues bien observées et qui constituent le facteur principal du transport solide (figure 5). Avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,643$ , la loi puissance testée est de la forme :

$$Q_s = 53Q_l^{0,85} \quad (5)$$

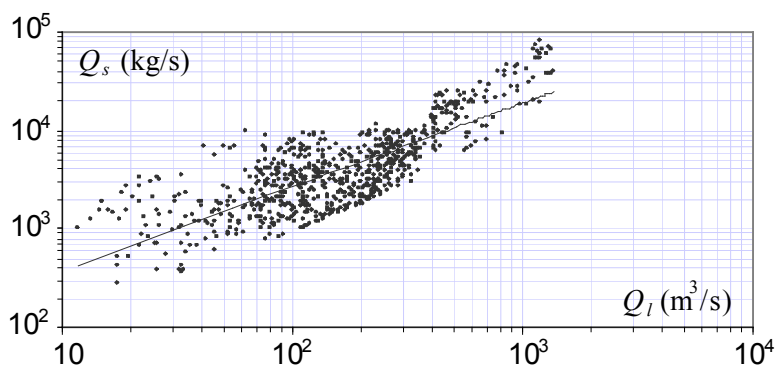


Figure 5 : Relation en entre le débit solide en suspension en fonction du débit liquide.

La relation (5) a permis de calculer le transport solide journalier en suspension sur une période de 13 ans 1984/85 à 1996/97. En règle générale, nous pouvons constater que les volumes les plus importants en transport solide se manifestent durant la période s'étalant de Décembre à Mars.

Les crues d'automne sont aussi nombreuses mais se caractérisent par de fortes concentrations (de l'ordre de 300 à 350 g/l) et de faibles débits. La turbulence étant faible, le transport solide en suspension n'est pas favorisé. Les crues d'hiver et de printemps, caractérisées par une forte turbulence due aux débits extrêmes, favorisent les plus grands volumes en transport solide. Le charriage, dans le cas où l'on prendrait en compte le coefficient correctif de rugosité dans le lit de l'Oued, est estimé à 30 % en moyenne de la suspension (figure 6).

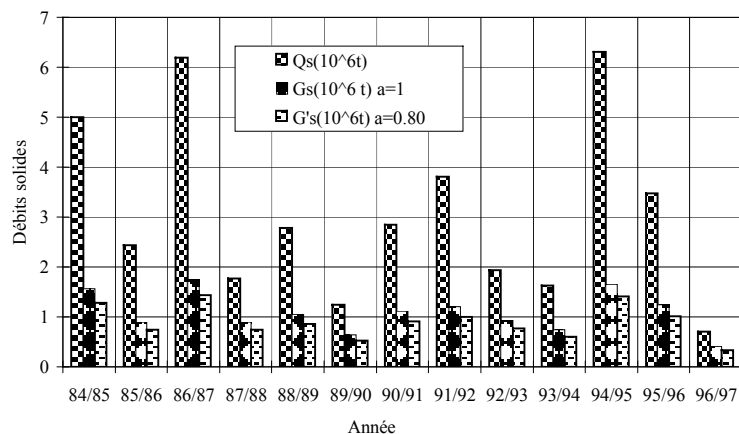


Figure 6 : Evolution du charriage en fonction de la suspension, selon le temps

### Taux d'érosion spécifique

En prenant en considération le transport solide total annuel réel  $W'_T$ , l'érosion spécifique moyenne sur une période de 13 ans, est de l'ordre de  $1100 \text{ tonnes/km}^2 \cdot \text{an}$  (figure 7).

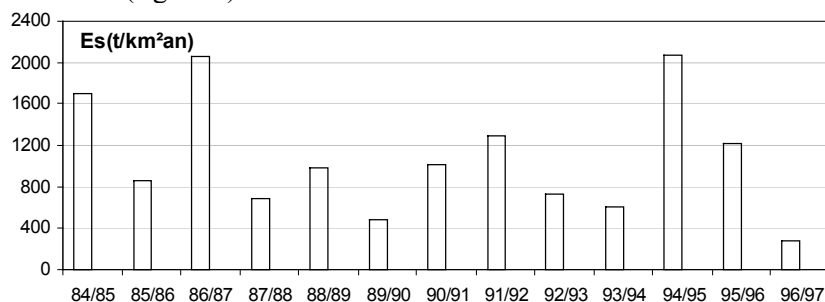


Figure 7 : Variation annuelle de l'érosion spécifique

L'érosion maximum a été atteinte durant l'année 1994/1995, puisqu'elle a dépassé les  $2000 \text{ t/km}^2 \cdot \text{an}$ . Elle est due à la forte pluviométrie enregistrée durant la même année (800mm).

### Relation entre le taux d'érosion spécifique annuel et la pluie annuelle

Pour observer l'effet de la pluviométrie sur la quantité des terres érodées au niveau du bassin versant de l'Oued Isser, nous avons représenté sur la figure 8 la dégradation spécifique en fonction de la pluie annuelle. Il est intéressant de constater qu'il existe une très bonne corrélation de type polynomiale entre les deux paramètres et dont l'équation est :

$$E_s = 0,0067P_{ann}^2 - 5,38P_{ann} + 1499 \quad (6)$$

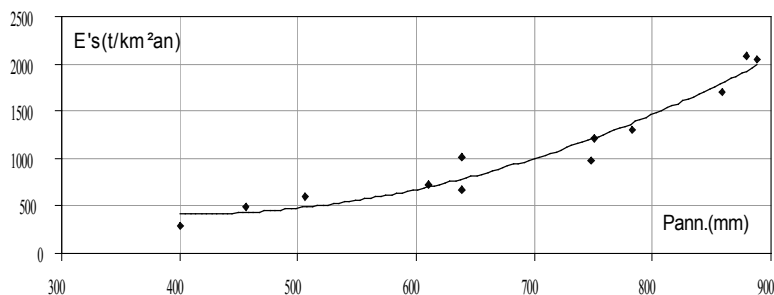


Figure 8 : Corrélation entre le taux d'érosion spécifique et la pluie annuelle

**Relation entre le taux d'érosion spécifique et l'indice climatique de Fournier**

En essayant de traduire d'une part l'abondance pluviale et l'inégalité de la répartition des pluies dans l'année d'autre part, nous avons mis en évidence une relation entre l'érosion spécifique annuelle et le coefficient climatique  $P^2/P$  défini comme étant le rapport du carré de la pluviométrie du mois le plus humide et la pluviométrie moyenne annuelle (figure 9). La relation est de type linéaire est s'écrit :

$$E_s = 30,95 \frac{P^2}{P} - 278 \tag{7}$$

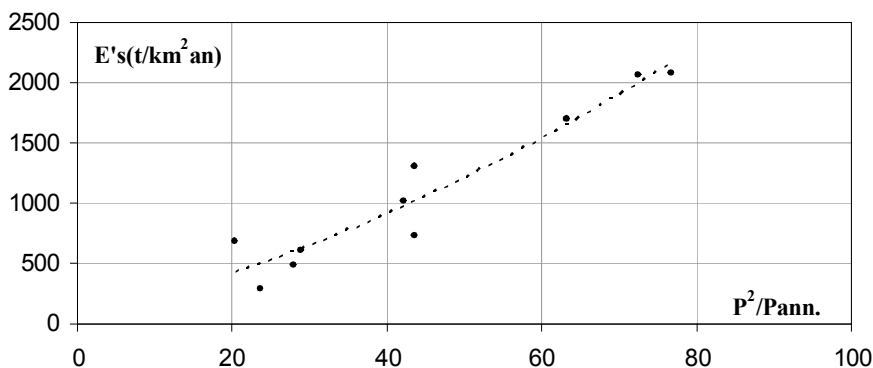


Figure 9 : Corrélation entre le taux d'érosion spécifique et l'indice climatique de Fournier

**Relation entre la dégradation spécifique et le débit maximum annuel**

Le graphique de l'érosion spécifique et du débit maximum annuel mesuré au droit de la station de Lakhdaria, donne une bonne corrélation caractérisée par un coefficient  $R^2 = 0,796$ . L'équation obtenue est de type linéaire (figure 10) et s'écrit :

$$E_s = 2,02Q_{max} + 102,81 \tag{8}$$



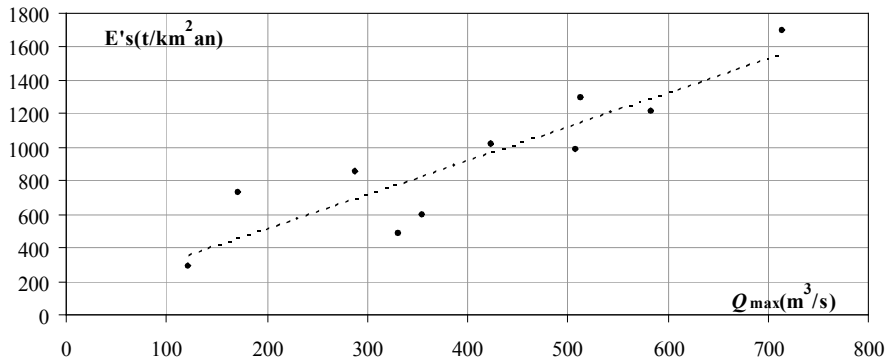


Figure 10 : Corrélation entre le taux spécifique et le débit maximum annuel

***Relation entre la dégradation spécifique et la lame d'eau ruisselée***

Une analyse graphique de l'érosion spécifique en fonction de la lame d'eau ruisselée calculée au droit de la station de Lakhdaria (figure 11) met en évidence une très bonne corrélation entre ces deux paramètres. Le coefficient de détermination est de l'ordre de 0.98. L'érosion spécifique a été exprimée selon une loi linéaire d'équation :

$$E_s \cong 17,3L_r + 209 \quad (9)$$

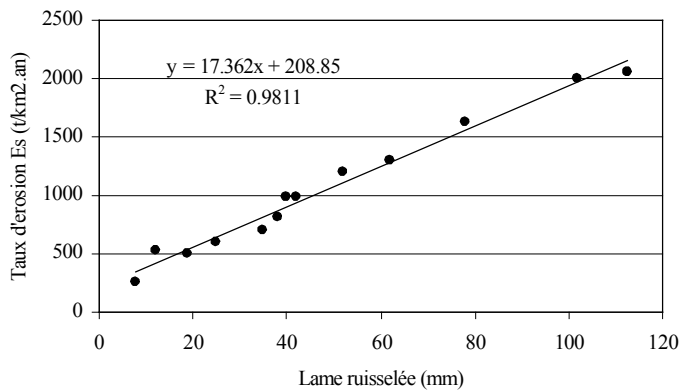


Figure 11 : Variation entre le taux d'érosion spécifique et la lame d'eau ruisselée

***Etude comparative entre le taux d'érosion calculé et celui donné par la relation de Tixeront***

Pour mieux juger nos résultats, nous les avons comparés à ceux obtenus par la relation de Tixeront qui demeure la plus utilisée pour l'estimation de la dégradation spécifique dans les bassins du Maghreb. Il est intéressant de constater sur figure 12 que les valeurs obtenues par la relation de Tixeront sont légèrement inférieures à nos propres valeurs, mais il est admissible de dire que

les résultats sont du même ordre de grandeur. Cette légère différence peut s'expliquer par l'introduction de la quantité des sédiments charriés dans la détermination du taux d'érosion spécifique du bassin versant.

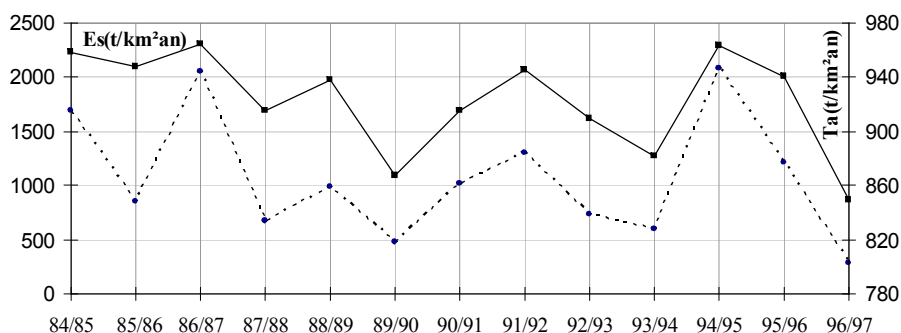


Figure 12 : Comparaison entre le taux d'érosion spécifique calculé (- - ● - -) et le taux d'abrasion de Tixeront (—■—)

### Conséquences du transport solide sur l'envasement du barrage de Beni Amrane

Le barrage de Béni Amrane, qui se trouve à 20km de la côte, fait partie du système Isser – Keddara – Boudouaou - Alger. Cet aménagement est destiné à satisfaire les besoins en eau potable, non seulement du grand Alger, mais aussi des villes se trouvant dans la zone Est de la Mitidja, entre Alger et l'Oued Boudouaou ( A.N.B., 1997).

Le barrage prise de Béni Amrane est un ouvrage situé sur l'Oued Isser dont la fréquence et l'intensité des crues font que les apports moyens annuels d'eau (414.0 hm<sup>3</sup>) sont d'une grande importance. Depuis la mise en eau du barrage en 1988 jusqu'au février 1995, date des premiers levés bathymétriques, le barrage de Béni Amrane, après 07 ans d'exploitation, était déjà à moitié envasé. Environ 54% de la capacité initiale se trouve remplacée par les dépôts de sédiments (8.5 millions de m<sup>3</sup>). Dès levés bathymétriques de l'année 2000 indiquent que la cuvette est envasée à 70%, ce qui donnerait un volume vase 11 millions de m<sup>3</sup>. L'érosion spécifique dans le bassin de l'Oued Isser, au droit de la station de Lakhdaria, et estimée à partir de modèles régressifs, permet d'évaluer le volume de vase. Ainsi, pour une érosion spécifique réelle de 1100 tonnes/km<sup>2</sup>.an, une durée de vie du barrage T de 12 ans (1988-2000), une densité sèche des matériaux  $\gamma_s = 2.7$  tonnes/m<sup>3</sup> et une surface du bassin versant au droit du barrage S de 3710 km<sup>2</sup>, l'apport en matériaux solides aboutissant dans la cuvette serait de 16.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

En soustrayant le volume des lâchés du barrage pendant cette même période, estimé à 4 millions de m<sup>3</sup>, le volume de vase au niveau de la retenue se trouve égal à 12 millions de m<sup>3</sup> et se rapproche de celui mesuré par les levés bathymétriques (11 millions de m<sup>3</sup>).

## **CONCLUSION**

Les volumes les plus importants en transport solide se concentrent durant la période allant de Décembre à Mars (parfois même jusqu'à avril). Le charriage, dans le cas où l'on prendrait en compte le coefficient correctif de rugosité dans le lit de l'Oued, est estimé à 32 % en moyenne de la suspension. La détermination de l'érosion spécifique annuelle, sur toute la période d'étude, a fait sortir les années qui ont contribué d'une manière potentielle au comblement de la retenue de Béni Amrane à l'aval de la station de Lakhdaria. Ce même facteur a été déduit à partir de la formule de *Tixeront*. Les résultats obtenus se rapprochent assez bien de ceux que nous avons calculés.

La recherche d'une corrélation entre le taux d'érosion spécifique calculé et quelques paramètres hydro climatiques tels que la pluie annuelle, l'indice climatique de Fournier, le débit maximum annuel et la lame ruisselée a permis de trouver des relations hautement significatives. Les résultats de la quantification du transport solide semblent très cohérents avec les mesures directes de l'envasement dans la retenue de Béni Amrane.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ANB. (1997). Monographie du barrage de Beni Amrane, Direction de la maintenance et du contrôle des barrages, 14 p.
- PNUD (1987). Projet érosion et transport solide en zones semi-arides. Projet RAB/80/011.
- RAIS S., ABID M. (1989). Prévision du transport solide sur un bassin versant. Application à l'envasement d'une retenue, *Revue la Houille Blanche*, n°3/4, pp.296-300.