



EVALUATION DU DEBIT SOLIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE HARREZA (ALGERIE)

MEGUENNI K.¹, REMINI B.²

¹Département de Tronc commun, Faculté des sciences exactes,
Université Saad Dahlab Blida, BP 270 Route de Soumaa, Ouled Yaich
Blida Algérie,

²Université de Blida, Département de Génie Rural, Faculté des sciences de
l'ingénieur, Université Saad Dahlab Blida, BP 270 Route de Soumaa, Ouled Yaich
Chercheur au Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface
LARHYSS, Université de Biskra,
reminib@yahoo.fr,

RESUME

Le transport solide en Algérie enregistre les valeurs les plus élevées de la planète. Le bassin versant du Cheliff, l'un des plus grands de l'Algérie du nord, est soumis à une forte érosion hydrique. Le sous bassin versant Harreza n'a pas échappé à ce phénomène et se dégrade d'une année à l'autre sous l'effet de l'érosion hydrique. Les sédiments arrachés sont transportés par l'oued Harreza pour se déposer à l'aval dans le barrage du même nom. Dans une région semi aride comme celle de Cheliff, l'envasement s'effectue surtout lors des crues. L'utilisation des données de la teneur en sédiment et le débit liquide de l'oued Harreza d'une durée de 20 années, a donné une relation puissance entre les deux paramètres pour une série globale de crues. Le taux d'abrasion du bassin de Harreza a été évalué à 470 t/km².an.

Mots clés : Erosion, Bassin versant, Transport solide, Harreza, Evaluation

ABSTRACT

Solid transport in Algeria reaches the highest values all over the world. The watershed of Chellif, one of the biggest in the northern part of Algeria, is subject to a strong water erosion. The Harreza sub watershed has not escaped this phenomenon and it subject to degradation from one year to another as a result of water erosion. A large quantities of sediments are carried out by the

Harreza Wadi to settle downstream of the dam of the same name. In a semi arid region such as Cheliff, siltation occurs especially during flood. Using data of the sediment content and flow discharge of Harreza Wadi with a duration of 20 years, a power relationship between these two parameters was obtained for a total series of risings. The rate of abrasion of Harreza watershed reaches per year 470 t/km².

Keywords: Erosion, Cheliff, sediment transport, siltation, Harreza, watershed.

INTRODUCTION

En 2007, l'Algérie dispose de 120 petits et grands barrages en exploitation, d'une capacité de 7 milliards de m³ d'eau, avec un volume régularisé de 3 milliards de m³ par année. Un cumul de vase d'environ un milliard de m³ s'est déposé au fond de ces barrages. Ces valeurs élevées ne sont que la conséquence de la dégradation de l'ensemble des bassins versants de l'Algérie du nord. En effet, en Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus importantes d'Afrique du Nord, dépassant les 2000 t/km².an et concerne la plupart des bassins versants de l'Atlas tellien (Rhiou, Sly, Fodda, Mazafran, Isser, Soummam,...), il atteint 4000 t/km².an sur la chaîne des côtières Dahra et 5000 t/km².an sur le bassin d'Ighi-Emda (*Demmak*, 1982).

Ces chiffres donnent une idée sur l'ampleur du phénomène et la gravité des conséquences. Le taux de sédimentation des barrages du bassin hydrographique de Cheliff est le plus élevé de toutes les régions de l'Algérie (*Remini*, 2006). Le bassin versant de Harreza, un sous bassin du Cheliff, est considéré comme étant le mieux boisé relativement aux autres sous bassins.

La présente étude s'intéresse à la quantification du transport solide à l'exutoire du bassin versant de Harreza et l'évaluation du taux d'abrasion.

DONNEES ET METHODES

Présentation de la région d'étude

Le bassin versant de l'oued Harreza fait partie du bassin de l'oued Cheliff (figure 1). Il se situe à 120 Km à l'Ouest d'Alger, entre 2° et 2°40' de longitude Est et entre 36° et 36°40' de l'altitude Nord. D'une altitude moyenne de 500 mètres, il draine une superficie de 142 Km². L'oued Harreza parcourt une distance de 40,5 Km suivant une orientation Nord-Ouest. Au sud du bassin, le relief atteint une altitude de 765 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. Le bassin versant est drainé par

l'oued Harreza et ses affluents. Du côté Est, l'oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zougzoug et vient se jeter dans l'oued Harreza. L'oued Slimane se joint à l'oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant. Le bassin versant de Harreza est situé dans la zone géologique comprise entre le massif schisteux de Boumaad et les premiers contreforts de l'Ouarsenis (Figure 2). Cette zone comprend les massifs montagneux des Zaccars, la partie orientale du Doui, la plaine de Cheliff et les collines occidentales des Beni-Menacer. Les reliefs, d'une altitude supérieure à 1.500 mètres, sont formés de calcaire, de schistes métamorphisés et de roches éruptives profondément entaillées par les ravins abrupts. Ils sont couverts de chênes verts et de quelques boisements et pins localisés. Les marnes offrent de plus larges collines qui constituent, avec la plaine du Cheliff, les régions cultivées. Dans la vallée, on trouve des limons argileux ainsi que des marnes et de l'argile.

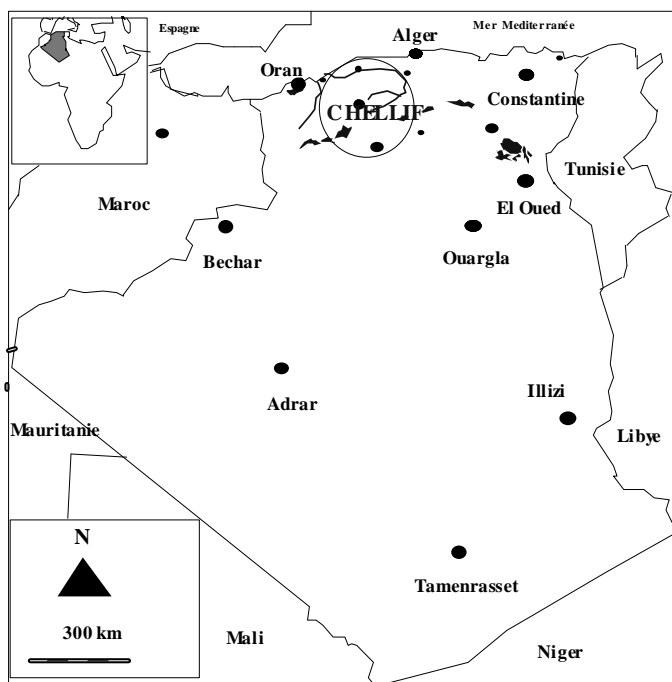


Figure 1 : Situation géographique du bassin de l'Oued Cheliff

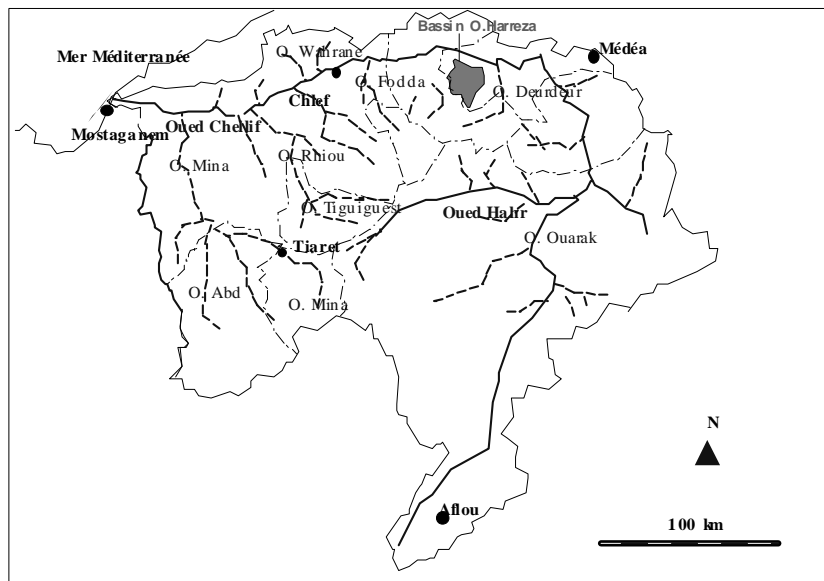


Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude

Données utilisées

Le bassin versant est équipé d'une seule station hydrométrique, gérée depuis le mois d'août 1972 par le service d'hydrologie de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). La station EL ABABSSA est équipée d'un limnigraphe sur l'oued HARREZA, à 5 Km en amont du barrage. Elle englobe une superficie de 142 Km² et ses coordonnées sont : X = 443.90 m; Y = 318.50 m et Z = 320 m.

La collecte des données brutes recueillies auprès des services de l'ANRH fut une phase laborieuse et délicate. Il s'agissait d'établir les fichiers :

- i. Des débits liquides instantanés (m³/s), à partir de la confrontation des hauteurs d'eau disponibles et des courbes des barèmes $Q=f(H)$.
- ii. De la concentration en matière en suspension (g/l), obtenue à partir des fichiers d'analyse des eaux.
- iii. Des débits moyens journaliers (m³/s), à partir des annuaires.

Nous disposons d'une série de 25 ans, allant de septembre 1973 à décembre 1997, comportant 3225 valeurs de hauteurs d'eau, de débit liquide instantané et de concentration en matière en suspension. En outre, il a été possible d'obtenir

une série de crues dépouillée, comportant 31.732 valeurs. Les données d'observations sont classées dans un fichier contenant le numéro d'observation, la date, l'heure, la hauteur d'eau, la concentration, le débit liquide, le débit solide en suspension qui représente le produit de la concentration par le débit liquide.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Hydrogramme des crues

Après un examen de toutes les crues observées et au vu du tracé des hydrogrammes, les crues ont été classées en deux types :

- i. Crue complexe, résultant d'une averse complexe à plusieurs pics.
- ii. Crue à pointe unique, provoquée en règle générale par une averse de courte durée et de forte intensité.

Dans un souci d'illustration, nous avons étudié deux crues sur une période de deux années. La première crue est celle qui a été observée au mois de Mars 1989, tandis que la seconde correspond à celle du mois de Septembre 1994 au début du cycle hydrologique. Les données observées de ces crues ont été graphiquement représentées sur les figures 3 et 4 respectivement. Nous y avons en fait représenté le débit liquide ainsi que l'intensité de l'averse en fonction du temps.

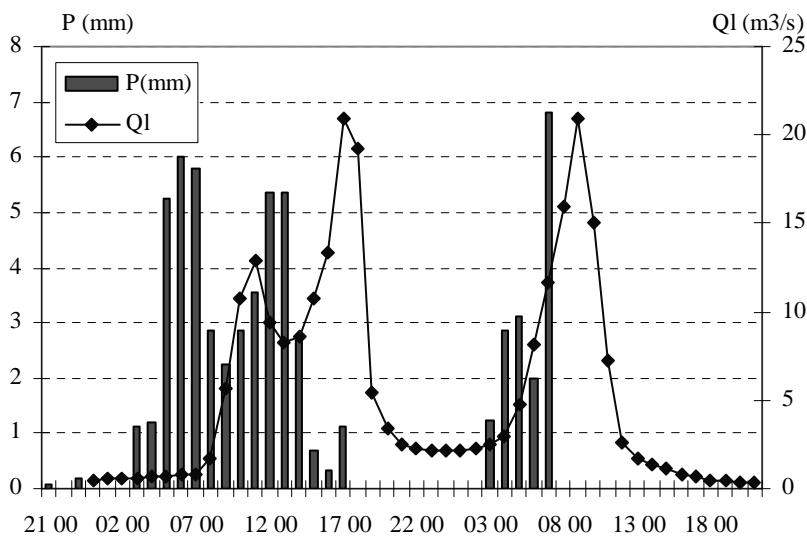


Figure 3 : Relation crue-averse du 20/21 Mars 1989

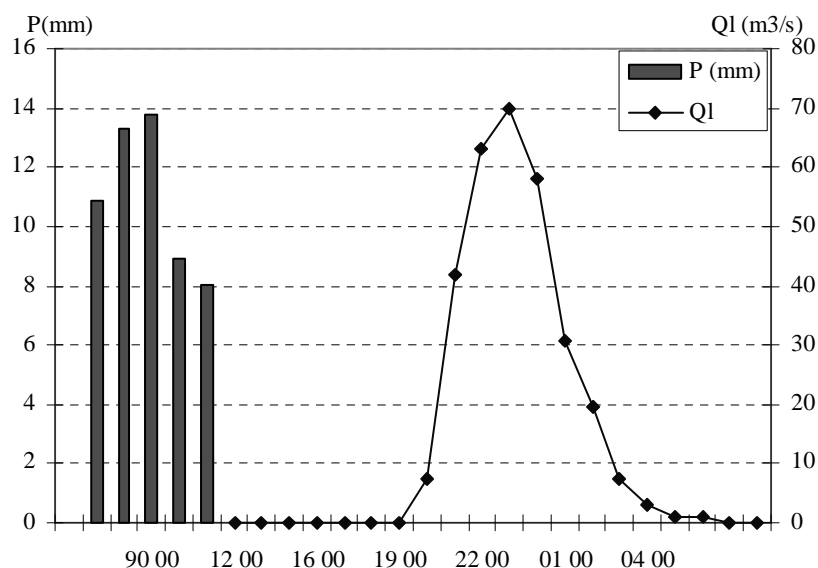


Figure 4 : Relation crue-averse du 28/29 Septembre 1994

Les crues complexes parviennent généralement en hivers et au printemps. Elles sont générées par des averses longues, régulières et continues, caractérisées par des intensités faibles ou moyennes. Elles sont en outre généralisées dans l'espace et se produisent sur des sols saturés et imperméables. Le temps de base est alors très long, dépassant les 24 heures.

Les crues à pointe unique, correspondant à des crues d'automne, sont provoquées par des averses de début de saison, de type orageux, de courte durée et de fortes intensités. Ces averses sont généralement localisées dans l'espace et se produisent sur les sols secs, impliquant un temps de réponse long et dépassant huit heures. Le temps de montée de l'hydrogramme est très court, tandis que le temps de décrue est plus prolongé.

Evaluation du transport solide en suspension

L'évaluation du débit solide en suspension se base sur la connaissance de la variation de la turbidité (concentration en matière en suspension) et les débits liquides en fonction du temps. Le débit solide Q_s est égal au produit de la concentration en matière en suspension C (g/l) par le débit liquide Q_L (m³/s).

Cette étape de l'étude a nécessité de relever d'une part toutes les crues existantes à partir de la série globale des crues et les accroissements de la hauteur d'eau par rapport au niveau d'eau initial d'autre part. Nous avons ainsi obtenu un nouveau

fichier de données, appelé "fichier des crues bien observées". Nous avons représenté sur la figure 5 la variation du débit liquide en fonction du débit solide.

Une étude statistique a pu montrer que les points obtenus pouvaient être raisonnablement ajustés par une loi de type puissance, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,77$. L'équation est telle que :

$$Q_s = 10Q_L^{1,2} \quad (1)$$

Nous avons quantifié le transport solide total Q_{ST} , au droit de la station El ABABSSA, qui représente la somme du transport solide en suspension annuel Q_s et du transport solide par charriage G_s , sur la période allant de 1976 à 1995. Le charriage a été pris égal à 34% du débit solide en suspension (Megueni, 2002).

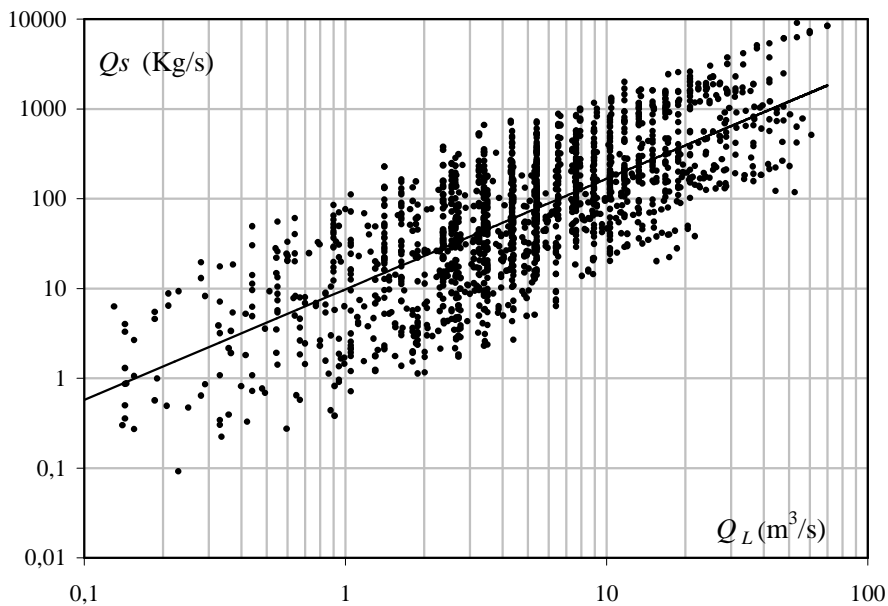


Figure 5 : Variation des débits solides en fonction des débits liquides

Evaluation du taux d'érosion

Le taux d'érosion spécifique E_s (tonne par km^2 et par an) est donné par le rapport entre le transport solide total et la superficie totale au droit du barrage. Celle-ci est égale à $142 km^2$.

La variation du taux de l'érosion spécifique en fonction du temps (figure 6) explique, à l'exception des années marquées par des crues importantes, que le rythme pluviométrique est suffisamment régulier pour permettre une telle répartition annuelle.

Les calculs ont pu montrer que l'érosion spécifique moyenne dans le bassin versant de Harreza est de l'ordre de 470 t/Km².an.

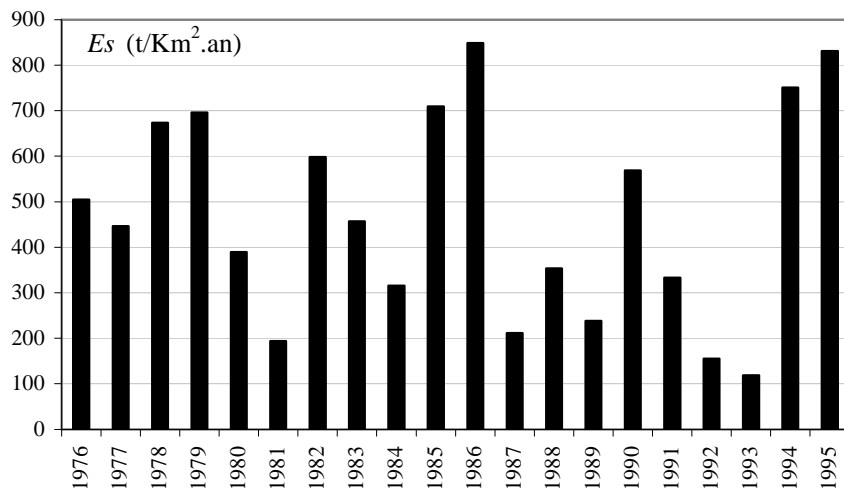


Figure 6 : Variation annuel de l'érosion spécifique

Relation entre le taux d'érosion et la pluviométrie

La pluie est l'agent principal de l'érosion. L'énergie des gouttes précipitées désagrège les fines particules du sol qui peuvent ensuite être entraînées par le ruissellement en fonction de sa capacité de transport. Dans le but de trouver une équation reliant la pluie annuelle (P_{ann}) à l'érosion spécifique (E_s), nous avons représenté sur la figure 7 la variation de ces paramètres.

Les points obtenus suggèrent une loi d'ajustement linéaire et une étude statistique nous a permis d'écrire, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,90$, que :

$$E_s = 3P_{ann} - 720 \tag{2}$$

où E_s s'exprime en t/Km².an et P_{ann} en millimètres.

Selon Tixeront (1960), dans une zone où la pluie annuelle est comprise entre 300 mm et 700 mm, l'érosion spécifique est très active ($E_s > 1200$ t/km².an).

En ce qui concerne le bassin versant faisant l'objet de notre étude, la pluviométrie moyenne est de 450 mm et l'érosion spécifique, de l'ordre de 470t/km².an, n'atteint guère la moitié de la valeur préconisée par *Tixeront*. Ceci pourrait être expliqué par la présence d'un couvert végétal, assurant une excellente protection des terrains.

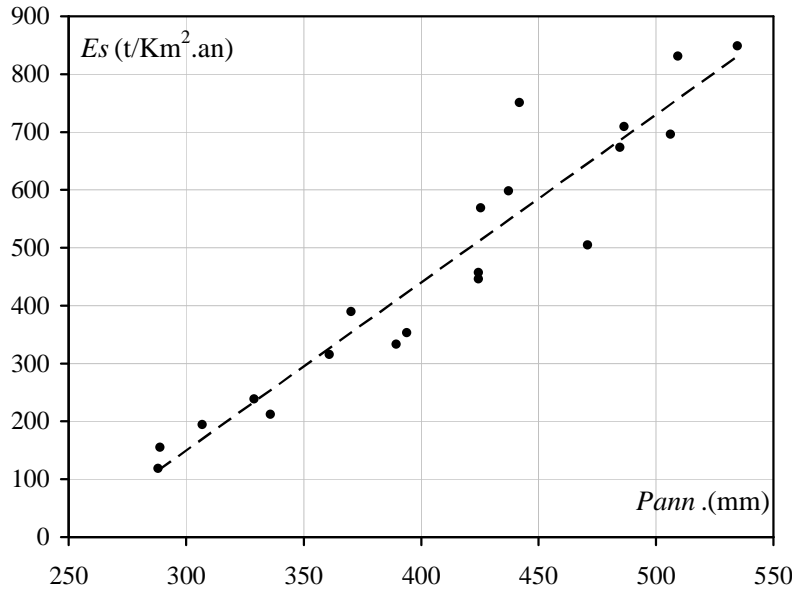


Figure 7 : Variation de l'érosion spécifique en fonction de la pluie annuelle

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

L'indice de *Fournier* I_F (*Cemagref*, 1982) est déterminé sur la base de données généralement disponible et traduit le contraste saisonnier des précipitations. Ce contraste, très marqué dans la partie septentrionale algérienne, contribue fortement à accroître le pouvoir érosif des précipitations.

L'indice climatique est le rapport du carré de la pluviométrie P (mm) du mois le plus arrosé à la pluviométrie moyenne annuelle P_0 (mm).

L'analyse graphique du taux d'érosion spécifique en fonction de l'indice climatique de *Fournier* (figure 8), nous a permis d'écrire, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,90$, la loi linéaire suivante :

$$E_S = 20I_F - 45 \quad (3)$$

où : $I_F = P^2 / P_0$.

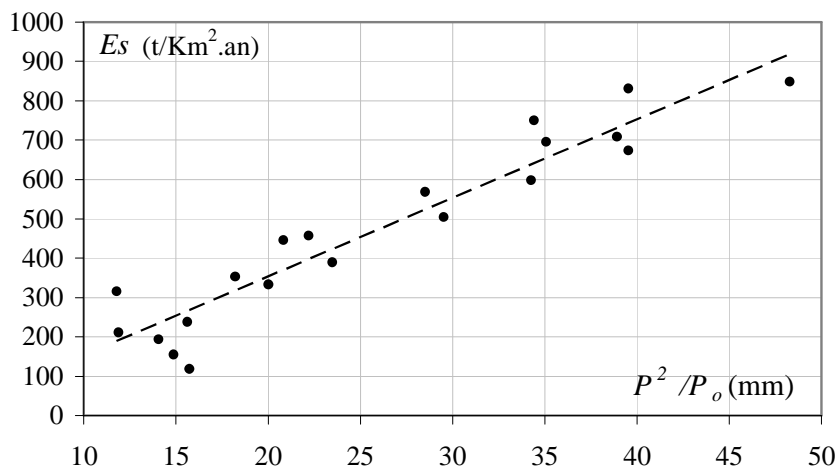


Figure 8 : Variation du taux d'érosion spécifique en fonction de l'indice climatique de *Fournier*

Relation entre l'érosion spécifique et l'indice d'Arnoldus

Arnoldus (1978) a modifié l'indice climatique de *Fournier* de manière à englober les précipitations mensuelles de tous les mois, sans se limiter au mois de la pluviométrie maximale. L'indice d'*Arnoldus* (I_A) se calcule par la relation suivante :

$$I_A = \sum_{i=1}^{i=12} \left(\frac{P_i}{P} \right) \tag{4}$$

où P_i est la pluviométrie moyenne mensuelle en millimètres et P est la pluviométrie moyenne annuelle en millimètres.

Les tests de corrélation, appliqués à l'érosion spécifique annuelle (figure 9), montrent une augmentation importante du coefficient de détermination qui passe de 0,90 pour l'indice de *Fournier* à 0,94 pour l'indice d'*Arnoldus*. L'analyse statistique des données de la figure 9 nous a permis d'écrire que :

$$E_s = 10I_A - 110 \tag{5}$$

où E_s s'exprime en t/Km².an et I_A en millimètres.

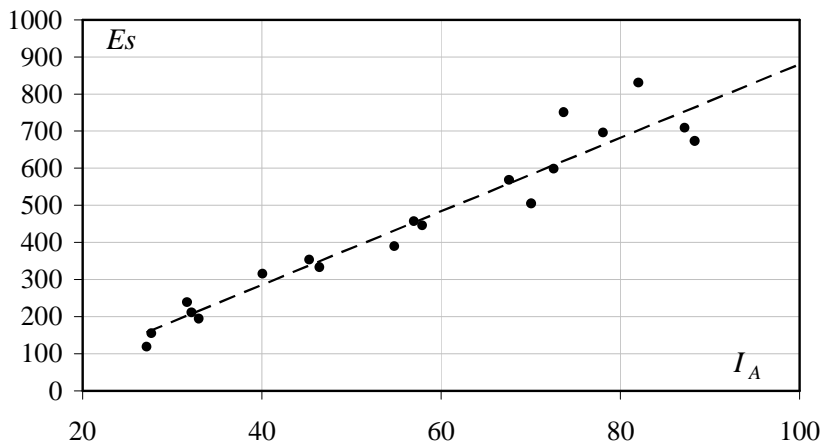


Figure 9 : Variation du taux d'érosion spécifique en fonction de l'indice d'*Arnoldus*

Corrélation entre l'érosion spécifique et la lame d'eau ruisselée

La majorité des évènements pluvieux sont entièrement absorbés par le sol et le ruissellement ne débute qu'après un seuil de pluie qui dépend des conditions d'humidité préalable. La lame ruisselée dépend de la pluviométrie et de la température moyenne annuelle du bassin versant. La représentation graphique de l'érosion spécifique E_s en fonction de la lame d'eau ruisselée L_r (figure 10), nous a permis de proposer, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,92$, la relation linéaire suivante :

$$E_s = 13,13L_r + 158,9 \quad (6)$$

où E_s s'exprime en t/Km².an et L_r en millimètres.

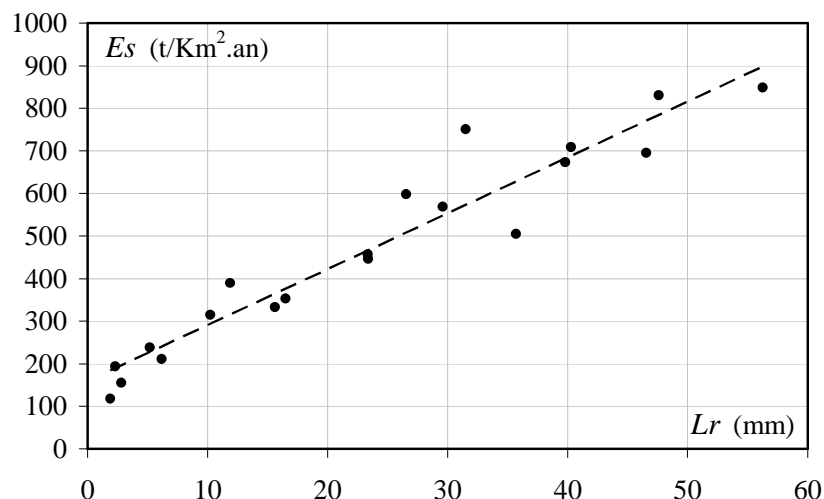


Figure 10 : Variation du taux d'érosion spécifique en fonction de la lame d'eau ruisselée

Taux d'envasement du barrage de Harreza

Le barrage Harreza, d'une capacité initiale de 75 millions de m³, a été mis en service en 1984 et assure l'irrigation de la haute plaine du Cheliff. L'estimation du taux des sédiments du barrage pour une érosion spécifique de 470 t/km².an et une surface du bassin versant au droit du barrage égale à 142 km² a permis de déduire que le volume de vase dans la retenue est de l'ordre de 0,85 millions de m³ en 2007. Ceci correspond à un taux de comblement de 1,15 % de la capacité initiale du barrage. De ce fait, le barrage de Harreza reste le barrage le moins envasé du bassin du Cheliff. Par contre, le barrage de l'Oued El Fodda est le plus envasé, avec un cumul de vase égale à 125 millions de m³ en 2005, soit un taux de comblement de 60% de sa capacité initiale (Remini et Hallouche, 2007).

CONCLUSION

Le présent travail a été consacré d'une part à la quantification des apports solides en suspension de l'Oued Harreza et de prévenir l'envasement du barrage Harreza d'autre part, destiné à l'irrigation d'une partie des terres du haut Cheliff. L'érosion spécifique annuelle ainsi déduite est de l'ordre de 470 t/km².an. Par ailleurs, le taux d'érosion spécifique, déduit à partir de la formule de *Tixeront*, est comparable à la valeur moyenne calculée. Parmi les indices climatiques étudiés, celui d'*Arnoldus* semble mieux expliquer l'érosion spécifique en présence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CEMAGREF. (1982). Apports solides annuels moyens des petits bassins versants, cahier 45, n° 6, mars, 02p.
- DEMMAK A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Pierre et Marie Curie, Paris, France, 323p.
- MEGUENNI K. (2002). Contribution à l'étude du charriage et son impact sur l'évaluation du taux d'abrasion du bassin versant de l'oued Harreza. Mémoire de magistère, Département de Génie Rural, université de Blida, juin, 96p.
- REMINI B., HALLOUCHE W. (2007). Evolution de l'envasement du barrage de Oued El Fodda (Algérie), Revue Wasser Energie Luft, Avril, 75-78.
- REMINI B. (2006). La problématique de l'eau en Algérie, Ed. O.P.U., 182p.
- TIXERONT J. (1960). Taux d'abrasion et teneur en suspension des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie, Secrétariat d'état à l'agriculture, Tunis, Tunisie.