

# APPROCHE DESCRIPTIVE ET THÉORIQUE DE L'ÉROSION DANS 03 BASSINS DU MOYEN CHELIF CAS DE (O. ALLALA, O. FODDA, O. SLY).

Mohamed REMAOUN\*, Abderrahmane ISSAADI\*\* et Djilali ACHOUR\*\*\*

## RÉSUMÉ

Dans cet article nous avons donné un aperçu quantitatif de l'érosion pluvial et les mécanismes de l'érosion externe par l'eau en mouvement, notre objectif est d'essayer de mettre plus de physique dans la définition des facteurs environnementaux contrôlant les processus d'érosion, érosion étant ici considéré comme l'ensemble triptyque arrachement/transport/sédimentation. En Algérie, l'ampleur de ce phénomène est considérable l'agressivité des pluies conjuguées à une absence de protection végétale, l'alternance des périodes sèches et humides, la fragilité des formations géologiques et l'action anthropique a entraîné l'envasement des premiers barrages construits durant la période coloniale. Nous avons trouvé que la production solide était supérieure à 1000T/Km<sup>2</sup>/an dans le bassin de ALLALA seulement valeur importante comparativement aux valeurs trouvées dans des études antérieures DEMMAK(1982) dans 15 bassins de la région du Chélif, d'où le constat suivant et que l'érosion est de plus en plus importante dans notre région.

**Mots clés** - Érosion - Anthropique - Triptyque - Processus.

????????????????????

???????????????

???????????????

## ABSTRACT

In this paper, we present a quantitative overview of rainfall erosion and its mechanisms due to the effect of water flow. The purpose of this research investigation is to elucidate the environmental factors controlling the erosion process which is considered here as triptych set of tearing/transport/sedimentation. In Algeria, the effect of the phenomenon is significantly considerable, rainfall severity combined with a lack of plant protection, the alternation of wet and dry seasons, the weakness of the geological deposits and human actions has led to siltation of the early dams built during the colonial period. The results obtained indicate that the solid production was greater than 1000/t/year in the Allala basin. The values are significantly important compared to those found in previous studies DEMMAK (1982) collected from 15 basins in the chlef region indicating that the erosion is increasingly important in our region.

**Keywords** - Erosion - Anthropogenic - Triptych - Process.

\* Université Hassiba-ben Bouali Chleff, département d'hydraulique.

E-mail : remaoun2000@yahoo.fr

\*\* FSTGAT/U.S.T.H.B.BP.32 El Alia -Babazzouar – Alger.

\*\*\* Université Hassiba-ben Bouali Chleff département génie des procédés

- Manuscrit déposé le ??????????????????, accepté après révision le ??????????????????

## I- INTRODUCTION

Pas loin des définitions classiques, l'érosion est un phénomène naturel qui obéit aux lois de la physique et de la chimie. «Au sens large, l'érosion est un phénomène géologique de tous temps et de tous lieux» (Rampon, 1987). Différents auteurs (Henin, 1950), (Wischmeier, 1960), (Hudson, 1971) se sont penchés sur les processus de ce fléau et les méthodes de sa quantification Gobulev(1983) et Morgane (1979) qui signale qu'une diminution de 30% de la forêt multiplie l'érosion par 5.

En Algérie, Tixeront (1960) a été l'un des premiers à s'intéresser à cette problématique, suivi plus récemment par Demmak (1982) et Gavrilovitch (1992) ainsi que d'autres chercheurs. Néanmoins les travaux réalisés n'ont pas trouvé

plus d'application en dehors du contexte régional où ils ont été élaborés. Les méthodes mises au point dans d'autres pays ne servent que de support théorique et ne peuvent, par conséquent, être appliquées rigoureusement à nos régions en raison de la diversité des facteurs qui interviennent. Le but de notre travail est donc de tenter d'expliquer les causes de l'érosion ainsi que les relations des différents facteurs qui interviennent dans le processus d'érosion dans nos bassins de la région du moyen Chelif qui sont représentés dans la figure 1.

### 1- Caractéristiques morphométriques des sous bassins versants

Sur le plan administratif, la wilaya de Chlef est située à l'Ouest centre du Nord de l'Algérie,

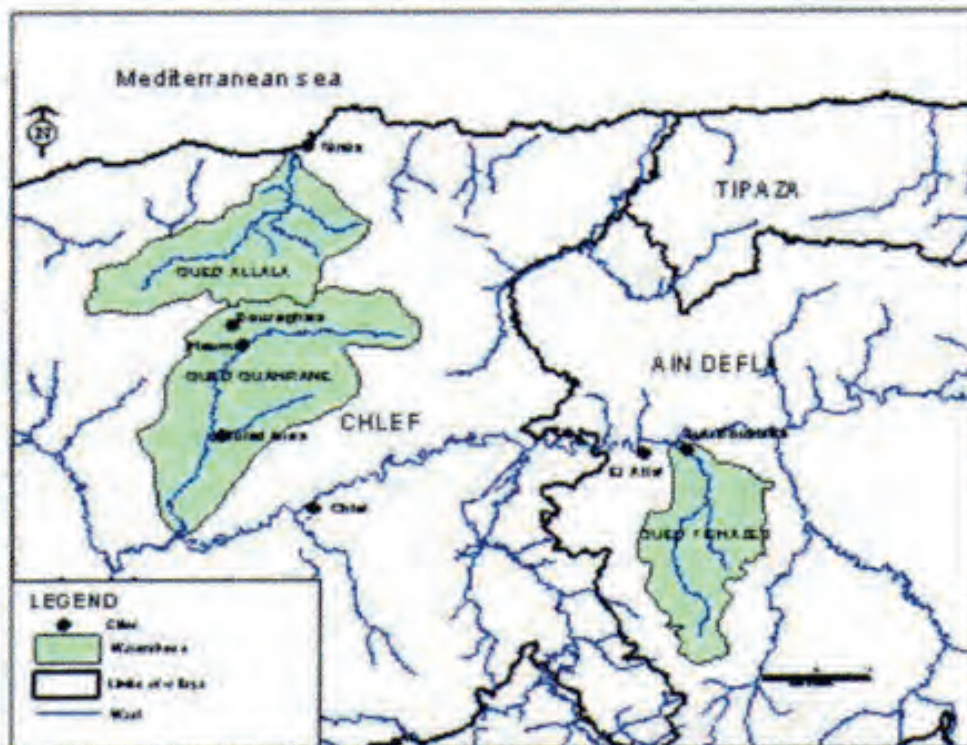


Fig. 1 - Localisation des bassins versants de O. Ouahrane, O. Allala, O. Tighazel (NW d'Algérie).

*Location of ponds Allala, and Ouahrantighazel (Chelif Basin, NW of Algeria).*

entre les latitudes 35° et 36°3' Nord et les longitudes 1° et 2°. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, au Sud par les monts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le bas Cheliff et à l'Est par le haut Cheliff.

Elle présente une superficie de 4791 km<sup>2</sup> incluse en partie dans la région dite du Moyen Cheliff et en partie dans le bassin côtier du Dahra

Elle est circonscrite dans quatre sous bassins du Moyen Cheliff dont deux en totalité (Oued Ouahrane et Oued Ras) et deux autres en partie (Oued Fodda et Oued Sly), le cinquième (Oued Allala) appartenant au côtier Dahra

#### *a - Bassin de Allala*

S'étend sur 287.15 km<sup>2</sup> au sud de la ville de Tenes. Le bassin de Allala appartient à l'ensemble des bassins côtiers Algérois, zone littorale relativement étroite qui s'étend sur une bande d'environ 200 km de long et 20 km de large, entre l'embouchure du Cheliff et le massif du Zaccar, formant ainsi une unité géographique relativement homogène. Cette chaîne de l'Atlas tellien littoral est constituée d'une succession de massifs du Crétacé et du Miocène. L'altitude est modérée ne dépassant que rarement 1000m, cette région est soumise à un climat de type méditerranéen tempéré

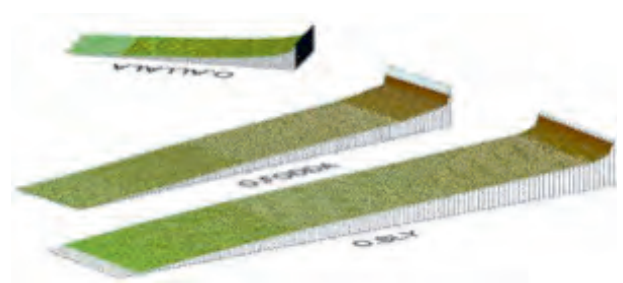
#### *b - Bassin d'Oued Fodda*

S'étendant sur 1161.32 km<sup>2</sup>, le bassin de oued fodda appartient à l'ensemble des bassins de la plaine du grand Cheliff relativement très large au sein de l'atlas Tellien méridional et qui s'étend jusqu'au massif de l'Ouarsenis qui représente un important massif montagneux. Au sein du bassin, les principaux reliefs sont constitués par une succession de massifs pliocènes, le climat est semi-aride et tempéré.

#### *c - Bassin d'Oued Sly*

S'étend sur 1405 km<sup>2</sup> la plus grande superficie de tous les bassins du moyen Cheliff mais le sous bassin le plus long (130km). Il présente les mêmes caractéristiques que le bassin de O.fodda, son altitude dépasse rarement 1600m, le climat est semi-aride et tempéré.

#### *d - Rectangle equivalent (voir fig. 02)*



**Fig. 2 - Rectangle equivalent de O. Allala.  
O. Fodda. O. Sly**

#### *Equivalent to the rectangle O. Allala O. Fodda. O. Sly*

Les valeurs de l'indice de compacité montrent que le bassin de Arib-abda est le plus compact, ceux de O.Sly et de oued Fodda sont les plus allongés. (tabl. I). Les S/Bassins étudiés présentent dans l'ensemble des formes plus ou moins allongées qui auront une influence sur le temps de concentration et les écoulements. Ces valeurs apportent donc des informations sur la concentration de l'écoulement qui déterminera dans une certaine mesure l'allure de l'hydrogramme de crue. Selon l'indice de pente globale (I<sub>g</sub>) les reliefs sont assez forts, sauf pour le bassin de Sly qui présente un relief fort comparé à leurs surfaces (1405 km<sup>2</sup> pour Sly) et à son altitude maximale qui est respectivement de 1600m. Ces valeurs montrent d'ailleurs l'importance du volume montagneux et la plus forte incision du relief dans ces secteurs.

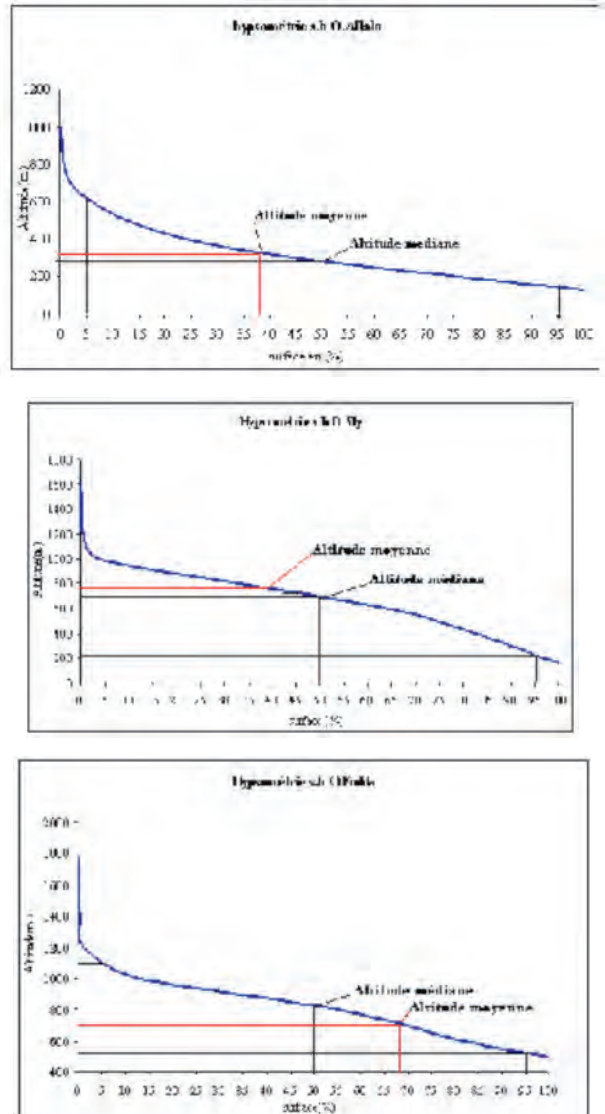
**Tableau I** - Synthèse des caractéristiques morphologiques des sous bassins.**Summary of morphological characteristics of the sub-basins**

Basins versants	symbole	Allala	Sly	Fodda
Superficies (Km <sup>2</sup> )	A	287.15	1405	1161.32
Périmètre (Km)	P	89	225	212.75
ind. de compacité	Kc	1.33	1.62	1.75
	B.Mazenc	3.24	2.64	2.99
Alt max. (m)	Hmax	954	1600	1778
Alt moy (m)	Hmoy	313.839	756.40	704.92
Alt min(m)	Hmin	118	160	500
Deniv spécifique	Ds	240.01	415	271.6
ind. pente globale	Ig	14.21	9.81	7.97
Id pte de ROCHE	Ip	0.84	0.48	0.37
Dte drainage tle	Ddt	5.57	4.2	0.93
Long rect. equiv	Lr	31.05	65.33	94.02
Coef de torrentialité	Cr	0595	4.52	0.41
Rapport de confluence	Rc	1.32	1.59	1.25
Rapport de longueurs	Rl	3.89	2.76	4.56
Classe de relief	R	Assez fort	fort	Assez fort

Pour les autres bassins et compte tenu de leurs superficies, les reliefs sont modérés. La densité de drainage temporaire est plus élevée que la densité de drainage permanente, ce qui caractérise plutôt des drains à sec qui ne débordent que lors des crues.

Le bassin de Allala est le mieux classé il draine sa surface avec une densité de drainage totale de 5.57, les autres bassins drainent aussi leurs surfaces avec des densités allant de 1 à 5.

Les profils en longs des cours d'eaux principaux (fig. 3) et de leurs affluents permettent d'apporter des éléments complémentaires à la densité

**Fig. 3** - courbes hypsométriques O.Allala O.Fodda. O.Sly***hypso metric curves O.Allala O.Fodda. O.Sly***

de drainage en raison du rôle déterminant des pentes des thalwegs sur le ruissellement superficiel et surtout sur les vitesses des écoulements, particulièrement importants lors des crues.

Les plus fortes pentes intéressent les affluents de L'oued Allala présente quant à lui des pentes faibles par rapport aux oueds des bassins versants étudiés.



APPROCHE DESCRIPTIVE ET THÉORIQUE DE L'ÉROSION DANS 03 BASSINS DU MOYEN CHELIF CAS DE  
(O.ALLALA, O.FODDA, O.Sly)

Ces conclusions auront une influence directe sur les écoulements et les infiltrations particulièrement en ce qui concerne la rapidité des crues qui sera d'autant plus élevée que le couvert végétal sera moins développé

Le tableau II met en évidence la valeur particulièrement élevée de la dégradation spécifique dans le bassin d'Oued Fodda (31 m<sup>3</sup>/ha/an).

Une étude publiée récemment par l'ABH nous renseigne sur l'état des six barrages en exploitation de la région du Haut et Moyen Chelif. (tabl. III)

Le taux d'envasement élevé des anciens barrages, et la conséquence du phénomène d'érosion au niveau des bassins et des berges des cours d'eau

**Tableau II** - Dépôts annuels et dégradation spécifique de quelques bassins (GRECO, 1966).

**Annual filing and specific dégradation of some bassins (GRECO, 1966)**

Bassins versants	Surfaces (ha)	Dépôts annuels (m <sup>3</sup> )	Degradspécif (m <sup>3</sup> /ha/an)
Port du Nemours	34000	100000	3
Cheurfa	100000	280000	2.80
Oued fodda	76600	2450000	31
Hamis	13900	200000	14
Isser à tablat	257000	5000000	20
Totaux	481500	8030000	16.60

**Tableau III** - bilan actuel du taux d'envasement des barrages du Haut et Moyen Chelif (source ABH).

**Review current rate of silling of dams from the top and middle Chelif**

Non du Barrage	Année mise en service	Capacité initiale (Hm <sup>3</sup> )	Capacité actuelle (Hm <sup>3</sup> )	Apport Moyen (Hm <sup>3</sup> /an)	Taux d'envasement %
Boughzoul	1934	55	35.6	-----	35
Ghrib	1939	280	145.2	86	48
Deurdeur	1985	115	110.2	28	4
Harreza	1984	70	69.2	23	1
OuedFodda	1932	228	125.5	34	50
SidiYacoub	1986	280	278.9	76	0.4

constituent une véritable menace pour l'avenir de l'économie de la région.

Avec une érosion spécifique annuelle moyenne qui varie entre 2000 T/km<sup>2</sup> et 4000 T/km<sup>2</sup>, l'Algérie se classe parmi les pays les plus vulnérables dans le monde (Demmak, 1982). Cette situation entraîne une durée d'exploitation des barrages limitée à 30 ans.

## 2 - Approche méthodologique

En premier lieu, il paraît nécessaire de mettre en évidence la relation existant entre l'érosion et l'écoulement. La recherche d'une régression pouvant expliquer la relation débit solide - débit liquide, semble être la meilleure approche dans notre cas. Plusieurs études dans ce sens ont montré une relation significative entre ces deux variables, elle serait de la forme :

$$Q_s = aQ_l^n \quad (01)$$

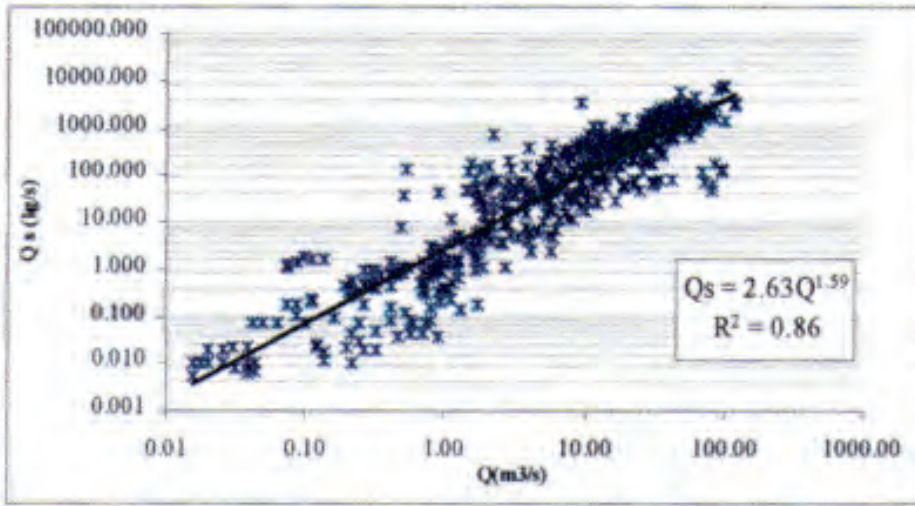
Ensuite il nous a été plus aisé de dégager les relations significatives en utilisant une relation linéaire du type :

$$Q_s = aQ_l + b$$

## 3 - Résultats et discussion

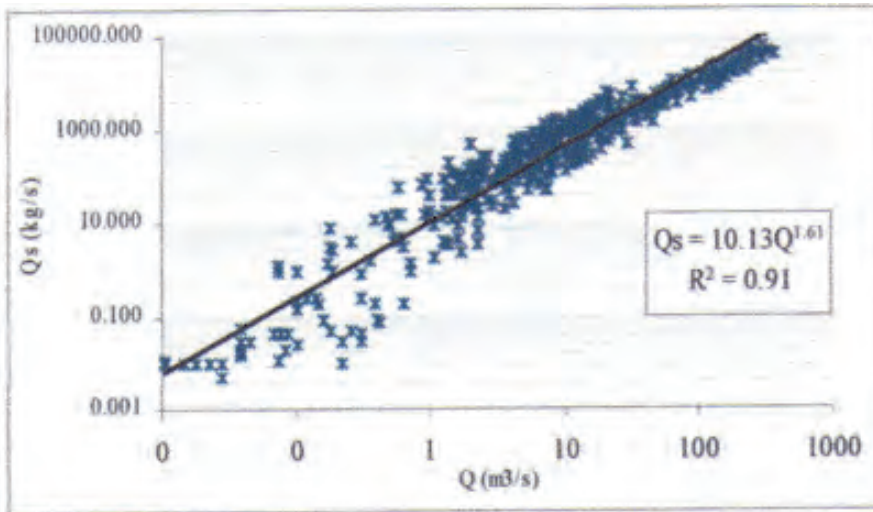
Les données de plusieurs couples de débit liquide instantané – concentration recueillies auprès des services de l'ANRH de Chlef pour trois stations (période 1983-2001), ont permis d'approcher les relations débit solide - débit liquide (figs. 4, 5 et 6).

Nous avons utilisé pour Oued Fodda 566 couples, pour Sidi Akkacha( Oued Allala ) 472 couples et pour LarabatOuled Farés (Oued Ouhrane) 317 couples. Dans un premier temps, nous avons utilisé dans le cas d'une représentation graphique manuelle une échelle log - log dans laquelle il est possible de tracer la courbe de régression et de faire ressortir le coefficient (a) et l'exposant (n) de la relation (01). (figs. 7, 8 et 9).



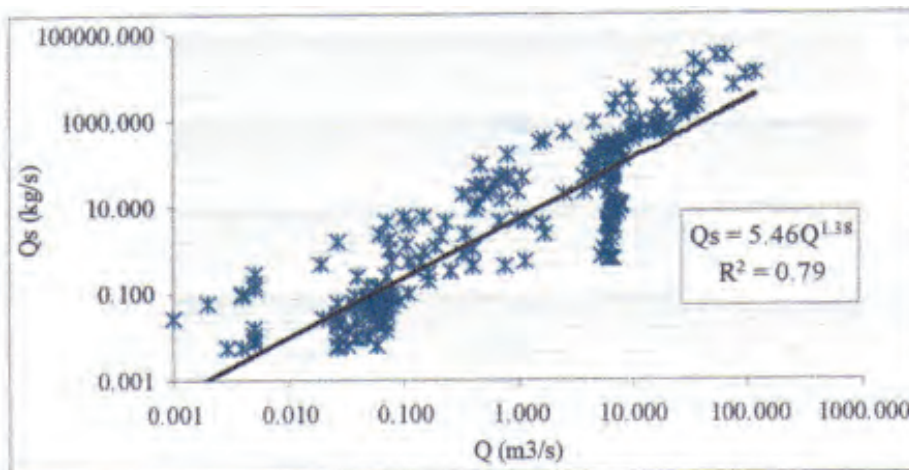
**Fig. 4** - Relation débit liquide-débit solide station O.Fodda.

*Liquid flow – solid flow relation Fodda station*



**Fig. 5** - Relation débit liquide-débit solide station S.Akkacha 'O.Allala

*Liquid flow – solid flow relation S.Akkacha station*



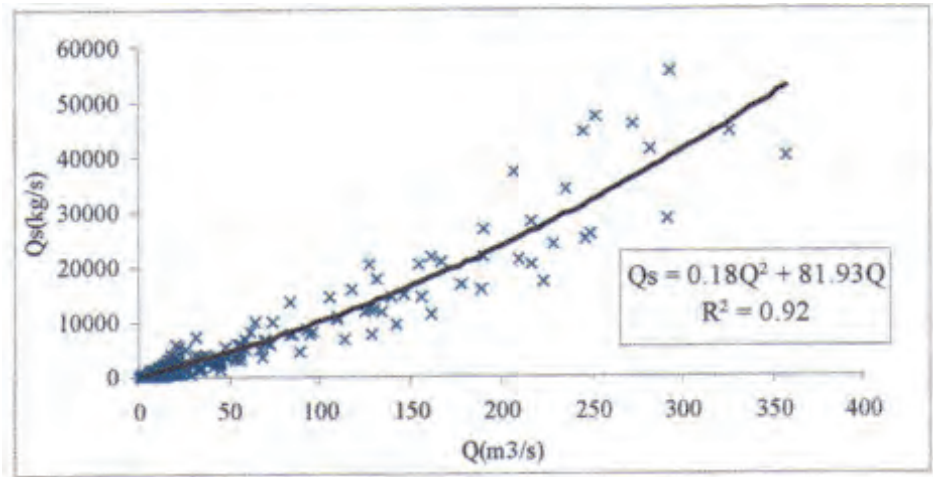
**Fig. 6** - Relation débit liquide-débit solide station L.O.Farés.(o.Sly)

*Liquid flow – solid flow relation L.O.Fares station*

APPROCHE DESCRIPTIVE ET THÉORIQUE DE L'ÉROSION DANS 03 BASSINS DU MOYEN CHELIF CAS DE  
(O.ALLALA, O.FODDA, O.Sly)

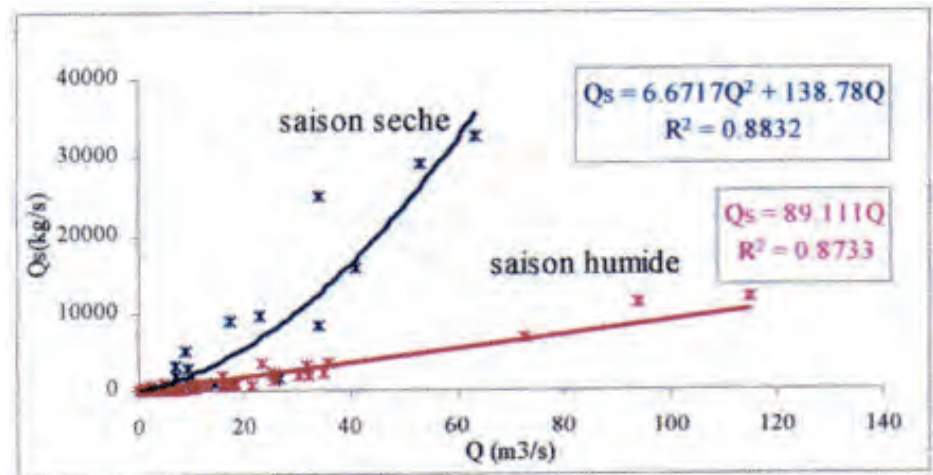
**Fig. 7** - Relation débit solide-débit liquide station S.Akkacha (1983/2001)

**Solid flow-liquid flow relation S.Akkacha station (1983/2001)**



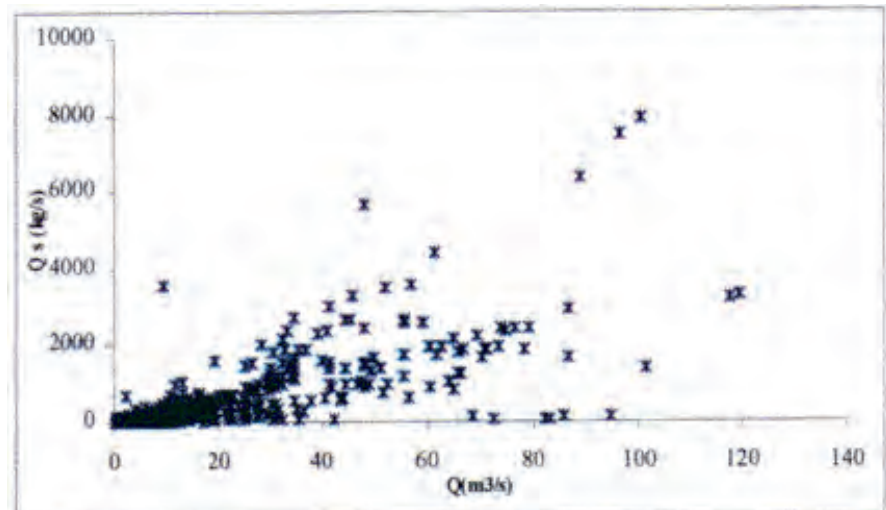
**Fig. 8** - Relation débit solide-débit liquide station L.O. Farés (1983/2001)

**Solid flow-liquid flow relation L.O. Fares station (1983/2001)**



**Fig. 9** - Relation débit solide -débit liquide station O.Fodda (1983/2001)

**Solid flow-liquid flow relation Fodda station (1983/2001)**



Il apparaît que la relation débit solide – débit liquide pour la station de Sidi Akkacha est régulièrement équilibrée durant toute l'année avec un coefficient de détermination de l'ordre 0.92. Pour les deux autres stations, et pour obtenir des résultats significatifs, il a fallu décomposer les couples d'observation en saisons pour la station L.O. farés et en mois pour la station O.Fodda les résultats (tableau IV).

**Tableau IV** - Relation débit solide-débit liquide à la StO.Fodda.

**Solid flow-liquid flow relation Fodda station**

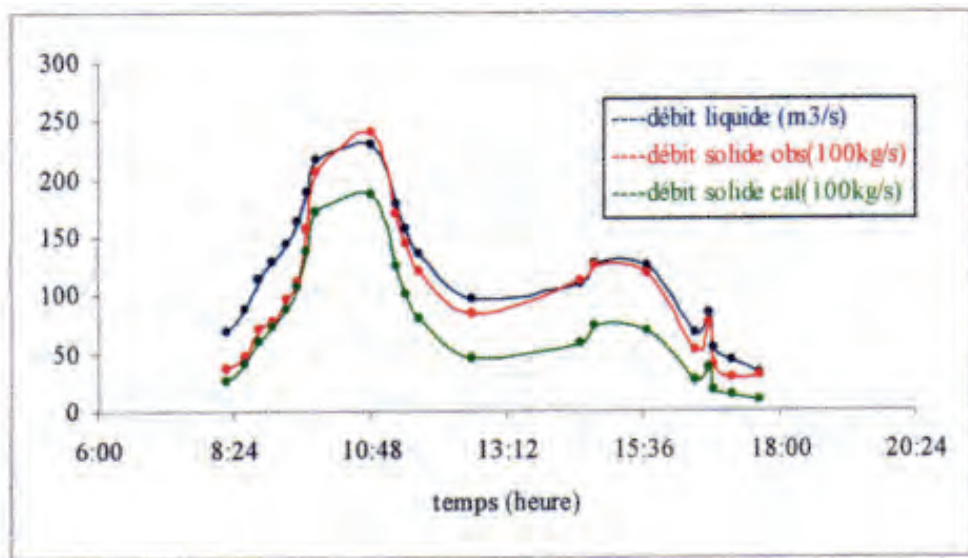
mois	$Q_s=f(Q)$	R2
sep-oct	$36.62 Q^2+24.57 Q$	0.97
nov	$0.0337 Q^2+33.85 Q$	0.81
déc	$0.707 Q^2+7.08 Q$	0.86
janv	$0.604 Q^2+7.92 Q$	0.80
Fèv	$0.106 Q^2+16.21 Q$	0.82
mars	$28.41 Q$	0.89
avril	$9.65 Q$	0.095
mai	$0.445 Q^2+5.144 Q$	0.83

En fait, l'estimation de l'érosion spécifique donne des résultats satisfaisants lorsque l'on utilise un pas de temps plus fin. La figure 10 ci-dessous illustre le débit solide observé et calculé à partir du débit liquide lors d'une crue à la station Sidi Akkacha(O.Ouahrane).

L'opération consiste à intégrer la courbe débit solide sur l'intervalle temps d'une année hydrologique pour obtenir le volume annuel de transport solide en suspension, il sera ensuite divisé par la superficie du bassin pour avoir l'érosion spécifique en (T/km<sup>2</sup>/an). Pour la période 1983/1984 à 2000/2001 nous avons obtenu pour le bassin Oued Allala la relation suivante :

$$Q_s = 10.13.Q^{1.61}$$

La distribution de l'érosion spécifique selon une loi log-normale (fig. 11) donne une moyenne inter-annuelle de 1548 T/km<sup>2</sup>/an. C'est une valeur plus ou moins importante comparativement aux valeurs trouvées pour l'envasement des barrages du Nord d'Algérie. Cette valeur va dans le même sens que les travaux de Demmak

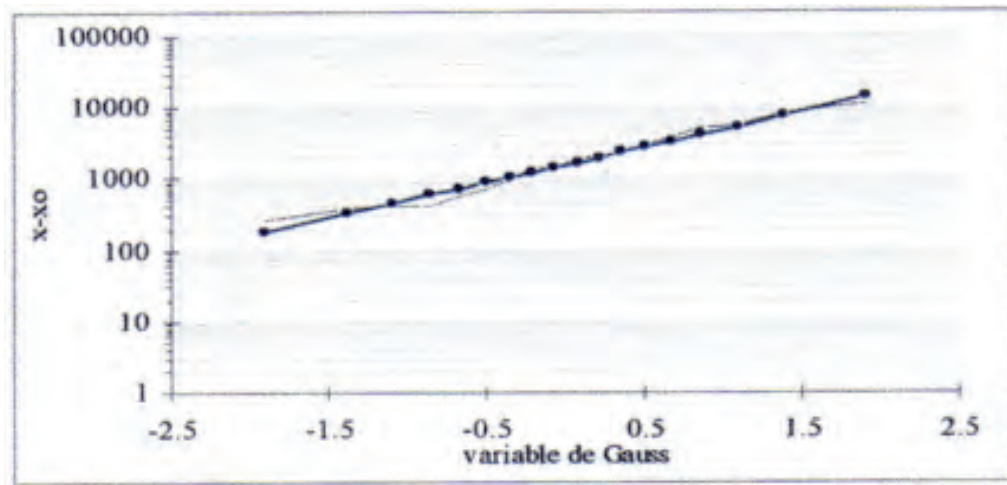


**Fig. 10** - Débit solide observé et calculé avec le débit liquide lors d'une crue à la station Sidi Akkacha.

**Observed and calculated solid flow with the liquid flow during a flood at the station Sidi Akkacha**



APPROCHE DESCRIPTIVE ET THÉORIQUE DE L'ÉROSION DANS 03 BASSINS DU MOYEN CHELIF CAS DE  
(O.ALLALA, O.FODDA, O.Sly)



**Fig. 11** - Distribution selon la loi log-normale de l'érosion spécifique (Oued Allala)

*Distribution with normal-log law of the specific erosion ( OuedAllala*

**Tableau V** - Erosion spécifique apport annuel- débit journalier max.

***Specific Erosion eport daily max flow***

année	Es T/km2/an	Apport 106 (m <sup>3</sup> /an)	Qjmax (m <sup>3</sup> /s)
83/84	422.26	5.60	11.52
84/85	719.40	10.06	13.79
85/86	4986.90	26.83	48.87
86/87	8194.00	40.10	60.45
87/88	545.99	7.53	9.23
88/89	1355.40	7.68	29.96
89/90	403.76	3.51	18.64
90/91	2057.06	17.31	26.80
91/92	921.60	8.39	18.44
92/93	254.85	3.96	5.29
93/94	377.84	9.06	8.35
94/95	2143.16	15.93	29.46
95/96	2917.26	23.91	24.91
96/97	3856.70	11.17	58.48
97/98	1938.00	13.29	29.70
98/99	5392.30	22.42	76.38
99/00	10741.40	26.04	145.34
00/01	1425.00	13.47	48.83

(1982) sur 15 bassins de la région du Cheliff et Côtier algérois (dont le bassin de Allala) qui concluait que la production en débit solide était supérieure à 100 T/Km2/an. (fig. 12).

L'effet des crues sur l'érosion apparaît directement dans la relation puissance entre le débit solide et le débit liquide des différents bassins (fig. 13). L'analyse de la variation de l'érosion spécifique avec l'apport annuel et le débit journalier maximal annuel (fig. 14) permet de mieux cerner la problématique.

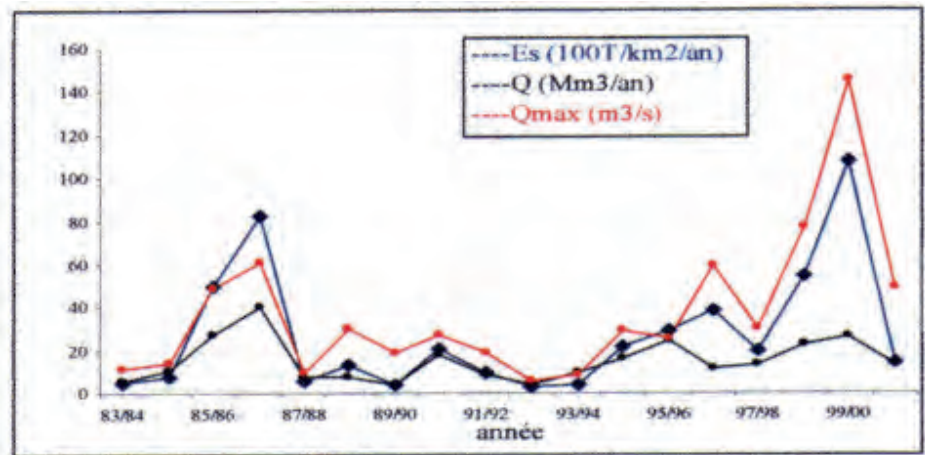
La relation puissance demeure aussi la loi qui qualifie la variation de l'érosion spécifique en fonction de l'apport annuel ou du débit maximal annuel. Cette relation donne la preuve de l'impact des crues sur l'ampleur que prend le phénomène de l'érosion aux niveaux des bassins. On constate que durant ces dernières années l'érosion est de plus en plus forte, il en est de même des débits maximaux annuels.

***Cette situation se traduit par***

La réduction de la capacité des barrages : Le barrage d'Oued fodda avec un taux d'envase-

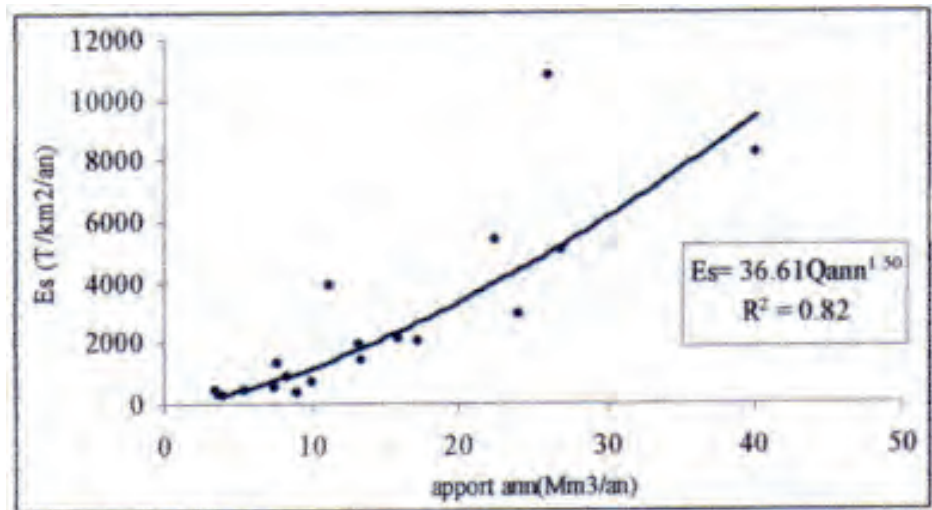
**Fig. 12** - Variation de l'érosion spécifique avec l'apport annuel et le débit journalier max.

*Specific variation of erosion with the annual input and the daily max flow*



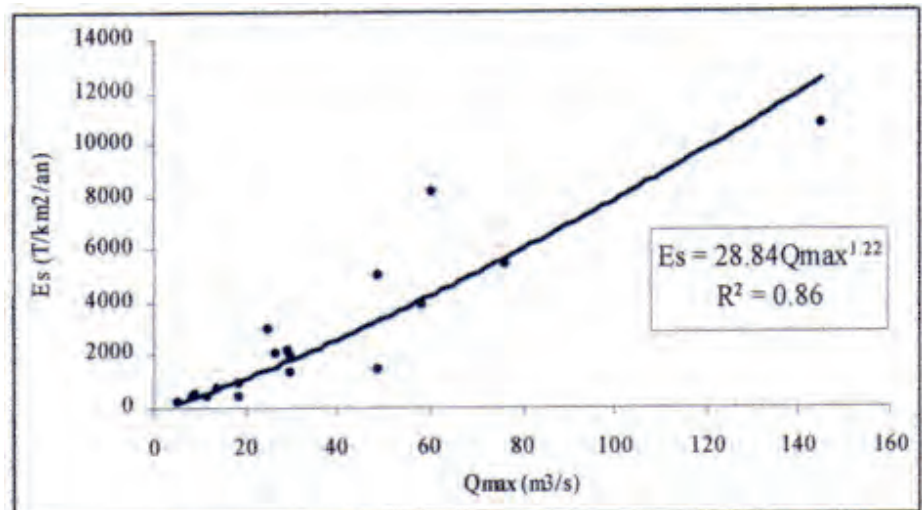
**Fig. 13** - Relation puissance entre l'érosion spécifique et l'apport annuel.

*Power relation between the specific erosion and the daily flow*



**Fig. 14** - Relation puissance entre l'érosion spécifique et le débit journalier max annuel.

*Power relation between the specific erosion and the maximum daily flow by year*



ment de 50% pour une durée de 60 ans était le principal réservoir de stockage qui alimentait en eau pour l'irrigation la majeure partie de la région. Celui de Sidi Yaakoub construit depuis 1986 et exploité depuis 2002 montre un taux d'envasement annuel de 0.17.

Obturation des organes de vidanges : Dans le barrage d'Oued Fodda la vase provoque l'obturation et le blocage de la vanne de vidange de fond; toute opération de vidange de la retenue devient impossible.

Comblement des lits des rivières : Arrivées dans les plaines, les eaux chargées de limons déposent les sédiments transportés, les lits se comblent et se rehaussent régulièrement. Au moment des pluies importantes les rivières débordent sur des crues brutales et fortes, elles coupent les passages et les routes et détruit souvent les petits et anciens ponts, en déposant des dépôts de sédiments devenant poussière en saison sèche.

## II - CONCLUSION

L'étude de La valeur moyenne de l'érosion spécifique calculée d'après l'envasement des barrages qui est de 16.6 m<sup>3</sup>/ha/an équivaut à l'enlèvement de 1.6 mm sur toute la superficie. Les barrages de l'Oued Fodda et Sidi Yacoub sur l'Oued Sly avec un envasement annuel respectif de 2.66 Hm<sup>3</sup>/an et 0.17 Hm<sup>3</sup>/an (annuaire ANB 2000) correspond à 32.3 m<sup>3</sup>/ha/an et 1.33 m<sup>3</sup>/ha/an. Ce qui donne une épaisseur moyenne de sol de 3.2 mm érodé chaque année sur le bassin d'Oued Fodda et de 0.13 mm sur le bassin d'Oued Sly.

Si l'on suppose qu'un sol arable a une épaisseur de 20 cm, on peut estimer une perte de terres cultivées de 1318 ha/an sur le bassin d'Oued Fodda et 85 ha/an sur le bassin d'Oued Sly. de la relation débit solide - débit liquide montre que le transport solide est fonction puissance du débit de ruissellement. La quantité de sédiments char-

riés par une seule onde de crues peut être supérieure à la moitié de la quantité annuelle. L'érosion hydraulique du sol constitue une véritable problématique pour la plupart des bassins versants et corrélativement pour les barrages. Ses conséquences sur l'économie et l'environnement d'une région en générale peuvent être désastreux.

Ces phénomènes persisteront et s'accroîtront de plus en plus si aucune solution technique n'est envisagé à l'avenir. Pour y remédier, il est nécessaire de capter tous les apports annuels de la région qui sont évalués à plus de 220 Mm<sup>3</sup> en construisant de petits barrages et des retenues sur les différents affluents.

Cela doit être évidemment accompagné d'une restauration des bassins versant en implantant des arbres forestiers afin de limiter l'érosion et d'atténuer les débits de crues.

## BIBLIOGRAPHIE

- A.B.H (AGENCE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES) 2004.** Cadastre hydraulique du bassin hydrographique Chelif-Zahraz *bulletin* 2004.
- BOURAS, F. 2010.** Estimation de l'envasement des barrages, une approche non paramétrique. *Journal International Network Environnemental Managementconflict, Santa Catarina-Brasil*, 1 (1) pp. 113-119, Dez 2010
- DEMMAK, A. 1982.** Contribution a l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. *Thèse de Docteur – Ingénieur présentée a l'université Pierre et Marie curie Paris VI* soutenue le 08/10/1981.
- GAVRILOVICS, S. 1976.** Bujicnitokoviierozija (torrents and erosion, in serbia. GradevinskiKalendar 1976. Beograd, Serbia, pp. 159-311.
- GOLUBEV, G.N. 1983.** Economicactivity, water resources and the environment : a challenge of hydrologie. *Hydrological sciences-journal des sciences hydrologiques*. 28, 1, 3.

- GRECO, J. 1966.** l'érosion la défense et la restauration des sols le reboisement en Algérie (Ministère de l'agriculture).
- HARKAT, S. 2011.** Impact des activités anthropiques sur l'érosion hydrique et la pollution de l'eau de surface dans le bassin du moyen Chelif –Algérie. *Revue Scientifique et Technique LJEE n°19.*
- HENNIN, S. 1950.** Mission pédologique en Guyane Française septembre-décembre 1950 ORSTOM, INRA , 1950.
- HUDSON, N.-X. 1971.** Soil conservation batsford, London, 320p.
- MORGANE, P.-P.-C. 1979.** Soilerosion, Longman, London , 119p.
- RAMPON, A. 1987.** Erosion et transport, les dépôts dans les barrages. *Mémoire du CEMAGREF, France, 1987.*
- REMAOUN, M. 2007.** Crues et sécheresses en Algérie cas du moyen Chelif . *Thèse de Doctorat d'état soutenue, USTHB-bab ezzouar Alger*
- TIXERON, J. 1960.** Les débits solides des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie, *Etude hydrologique, série II , secrétariat agricole.*
- WISCHMEIER, 1960.** Système de culture et érosion mission, *ORSTOM en Bolivie.*