

## **Quantification des transports solides et de l'envasement du barrage de Foum El Gherza (Biskra)**

**Benaïcha Amar Cherif<sup>1</sup>, Pr Fourar Ali<sup>1</sup>, Saidani Amir<sup>2</sup>**

*1, 2 Department of Hydraulics – Institute of Civil Engineering,  
Hydraulics and Architecture, Batna University.*

*Street of Chahid Boukhlouf Med El Hadi, CP 05000 - Batna - Algeria*

**E-Mail :** [benaïcha\\_amar@yahoo.fr](mailto:benaïcha_amar@yahoo.fr) [fourarali05@hotmail.fr](mailto:fourarali05@hotmail.fr) [emirsaidani@gmail.com](mailto:emirsaidani@gmail.com)

### **RESUME :**

Le phénomène d'envasement est la conséquence directe des processus d'érosion et des transports solides qui se manifestent à la fois à l'amont de la retenue et au niveau du bassin versant qui s'étend sur une superficie de 1300km<sup>2</sup>, de relief montagneux. Le climat dominant dans cette zone est semi aride. L'estimation de la perte des sols par érosion est obtenue par l'application des modèles d'érosion utilisant à la fois les paramètres du bassin et l'énergie cinétique de la pluie. Ce travail a pour objet la quantification matériel de l'envasement par la méthode de Orth dont les résultats sont confrontés et validés par ceux issus des levés bathymétriques du fond du barrage de Foum El Gherza.

### **INTRODUCTION:**

Les barrages de stockage sont exposés à une perte de capacité due fondamentalement au phénomène d'envasement. Ce phénomène qui peut s'exprimer par d'autres termes tels que, l'engravement, l'alluvionnement des retenues et la sédimentation des particules transportées par les cours d'eau que ce soit le transport de matériaux grossiers ou de particules fines. Il est la conséquence naturelle de la dégradation des bassins versants.

Présentement ce phénomène constitue une réelle préoccupation pour les exploitants et les responsables de la mobilisation des ressources hydrauliques. Devant les difficultés rencontrées pour la maîtrise de l'alluvionnement des barrages en Algérie du nord, l'analyse d'état d'envasement est obligatoirement demandée pour définir le degré de gravité au niveau des barrages. Les différentes approches de quantification visent à fournir aux exploitants et aux projeteurs la situation présente et future de nos retenues. Eventuellement toute analyse d'état s'appuie sur l'analyse des levés bathymétriques, ou sur les prélèvements d'échantillons d'apports solides sur site. L'analyse statistique des données du barrage de

Foum El-Gheza faisant l'objet de cette étude, est considérée comme une des méthodes les plus efficaces permettant d'aboutir à des résultats fiables et pratiques.

Les objectifs assignés au présent travail sont le traitement et l'analyse des données hydrométriques (débits liquide et solide), nous permettant, après leurs corrections, d'établir des relations univoques entre les débits liquides et solides à différentes échelles du temps.

L'étude peut enfin nous conduire à penser à des remèdes par la projection des mesures préventives de réduction, autant que faire se peut des phénomènes de dépôt de vase dans les barrages, car nul barrage ne peut être à l'abri de l'envasement.

Ce travail porte surtout sur l'ampleur de l'envasement des retenues de barrages, les facteurs qui sont à l'origine de l'envasement et les processus du transport solide.

### **Ampleur de l'envasement des retenues de barrages**

Les infrastructures hydrauliques de l'Algérie sont amputées annuellement d'une grande proportion de leur capacité qui est de l'ordre de 2% à 5% de la capacité utile globale, par le fait de l'envasement des retenues qui est classé parmi l'un des facteurs les plus importants de la perte en capacité. La réduction de la réserve de stockage des ouvrages hydrauliques se voit croître sans cesse au fil de ces derniers temps et ce pour les deux raisons essentielles suivantes: la première qui est d'origine naturelle, est favorisée par l'agressivité du climat, l'alternance des périodes sèches et humides, la fragilité des formations géologiques, l'absence d'un couvert végétale dense, sans omettre tout autant le facteur anthropique ; la seconde, due d'une part aux mauvaises études et évaluations du problème avant l'implantation du barrage permettant de prévoir des solutions avant que le phénomène ait fait ses effets, et d'autre part à une mauvaise exploitation des ouvrages annexes, tels que les vannes de vidange et les ouvrages de soutirage.

Les chiffres indiqués dans le tableau ci dessous sont une illustration éloquente de la réduction des potentialités hydrauliques de l'Algérie par suite de l'envasement qui est estimée à près de 20 millions de m<sup>3</sup>/an.

Barrages	Capacité initiale (Hm3)	Volume de la vase en 2010 (Hm3)
Fergoug	18	31
Zardezas	31	37
Oued el fodda	228	82
Ghrib	280	227
K'sob	11,60	11,10
Foum el gherza	47	39,50

(Source: article Remini Boualem)

Tableau (1) : Etat d'envasement des barrages algériens

Le phénomène de l'envasement en Algérie change considérablement d'une région à une autre. Ceci est du à la variation des facteurs conditionnant l'érosion et le transport solide. Le tableau (I.2) expose l'état de l'envasement de quelques barrages algériens.

Barrage	Wilaya	Oued	Année de mise en eau	Capacité initiale (Hm <sup>3</sup> )	Perte de volume utile (%)	Volume du dépôt annuel (Hm <sup>3</sup> )
F,Gherza	Biskra	Al Biod	1950	47,0	63	1,0
Fergoug	Mascara	El Hamam	1970	18,0	61	2,0
B.Amrane	Boumerdes	Isser	1988	16,0	56	5,5
O.Fodda	Chlef	Fodda	1932	228,0	55	0,8
F. Gueiss	Khenchela	Gueiss	1939	3,0	47	1,0
Zardezas	Skikda	Saf Saf	1947	31,0	44	0,8
Bouhanifia	Mascara	El Hamam	1948	73,0	42	0,8
Boughzoul	Médéa	Nahroussal	1934	55,0	35	0,5

(Source : ANBT)

Tableau (2) : Etat des lieux de quelques barrages algériens

### Facteurs induisant l'envasement des barrages :

#### Processus naturels

L'envasement des retenues est le résultat d'un processus complexe qui se caractérise par trois étapes successives : érosion, transport et sédimentation.

#### Erosion des sols :

L'érosion des sols est l'enlèvement des particules solides de ces sols par le fait des précipitations. Ce phénomène est le premier processus conduisant vers l'envasement des retenues. Ce phénomène touche particulièrement l'Algérie dont il menace gravement les potentialités en eau et en sol.

Le calcul du transport solide et la prévision du volume d'envasement nécessitent une bonne compréhension de la genèse de ces phénomènes, et plus particulièrement celui de l'érosion des sols.

#### Transports solides:

Ce phénomène est le principal élément moteur après l'érosion, conduisant au processus d'envasement des barrages. Ce processus fait le lien entre les sols du bassin versant et la retenue du barrage. Il est défini par un écoulement biphasique: liquide (eau) - solide (granulats, sol).

Dans les cours d'eau naturels, les particules solides sont transportées en suspension ou en charriage.

Dans le transport en suspension les particules solides élémentaires se déplacent en suspension au sein de l'écoulement avec une vitesse de même ordre de grandeur que celle du fluide, où la turbulence maintient des éléments fins en suspension.

Dans le transport par charriage une partie de gros granulats se déplace sur le fond des lits des cours d'eau, soit par glissement (ou roulement), soit par saltation.

#### Sédimentation et envasement :

C'est l'étape finale de l'envasement des retenues. A l'état naturel les oueds transportent progressivement des quantités importantes de sédiments, soit par charriage soit par suspension. Les eaux chargées de matériaux fins forment un courant de densité qui s'écoule sur le long de la retenue et transportent ainsi la vase jusqu'au pied du barrage. Dans ce trajet, les sédiments se déposent, des plus grandes particules aux plus petites, de l'amont vers l'aval de la retenue. Les différents mécanismes de l'envasement dépendent du type de retenues (morphologie) et les conditions de sédimentation existant à l'amont de la retenue (érosion et transport solide).

Parfois l'envasement des barrages est lié à des erreurs commises par les organismes responsables de l'étude du projet et/ou de sa réalisation et/ou enfin de la gestion de l'ouvrage au cours d'exploitation. Ces erreurs techniques peuvent être énumérées comme suit :

a)- Mauvaise évaluation du problème de l'envasement avant la construction du barrage, pouvant être le résultat de plusieurs facteurs.

b)- Mauvaise exploitation et implantation des ouvrages annexes à cause de l'ignorance du mécanisme des courants de densité.

### **Objectifs**

A la lumière des problématiques et des conditions multiformes du processus complexe : érosion – transport solide – envasement, il convient de souligner l'importance dans la quantification de l'envasement des retenues de barrage, des études de modélisation de l'envasement tenant compte des mécanismes et du mode de déposition des vases. Cette approche présente un intérêt économique important permettant de prévoir les mesures nécessaires au cours de l'exploitation dans le but d'augmenter la durée de vie des ouvrages hydrauliques concernés. On procède dans ce travail à une étude de transport solides et leur impact sur l'alluvionnement des barrages et ce pour les objectifs essentiels suivants :

- l'estimation de la durée de vie du barrage en tant qu'ouvrage de régularisation des apports;
- l'estimation de l'envasement après une durée d'exploitation donnée.

Le présent travail a pour but de mettre en évidence l'impact des débits solides et liquides et leur influence sur l'envasement des barrages.

### **Modélisation mathématique.**

#### **Le modèle mathématique**

Grâce à l'outil informatique et malgré les possibilités de calcul disponibles, l'utilisation de la modélisation mathématique pour le calcul de l'érosion de sol et les transports solides reste limitée à cause de la complexité de quelques solutions numériques des équations mathématiques décrivant le phénomène.

#### **Modélisation du transport solide**

Les modèles mathématiques de transport solide existants sont basés sur l'écoulement de deux phases en interaction, et non une phase de mélange.

### **Mécanisme de formation des dépôts dans le réservoir :**

Les observations ont montré que dès l'entrée d'un cours d'eau à débit solide important  $Q_s$  dans le remous d'un barrage, dont la cote de retenue est maintenue constante s'amorce une sorte de plateau sous lacustre faiblement incliné dans le sens du courant, le front aval de ce plateau, qui présente un talus assez raide (analogue à celui d'un remblai exécuté par décharge à l'avancement) progresse peu à peu dans la retenue et en l'absence de toute manœuvre de chasse atteint le barrage au bout d'un temps plus au moins long (**Michel Hug**).

Le delta qui comporte peu d'éléments fins est formé en majeure partie par le matériau charrié sur le fond de la rivière (galets, graviers, sables grossiers).

Les vases et limons en suspension dans l'eau se déposent généralement en aval du delta. Suivant leur granulométrie et la topographie des lieux, la répartition des dépôts correspondants est alors plus au moins uniforme dans l'ensemble de la retenue. Exceptionnellement les limons peuvent créer des courants de densité ou (underflow) constitués par un écoulement d'eau turbide au sein des eaux relativement claires de la retenue, ces eaux troubles peuvent cheminer sur le fond du réservoir et venir s'accumuler dans sa partie aval en formant un petit lac de boue surmonté par l'eau claire de tranche supérieure, qui se consolide peu à peu, ainsi pourraient s'expliquer les nappes de vase à surface presque horizontale atteignant des dizaines de mètres d'épaisseur au droit du barrage. Dans d'autres cas le courant de densité semble cheminer entre deux eaux et peut au voisinage du barrage, se relever pour atteindre les ouvrages de prise d'eau ou d'évacuation des crues.

#### **Dépôts formés par les matériaux charriés :**

L'évolution du delta à l'amont peut être schématisée ainsi : lors des crues le front du plateau avance vers le barrage ; sa pente diminue, son extrémité aval forme un talus d'éboulement lorsque le débit conserve sa valeur moyenne on observe un alluvionnement régressif; la pente du plateau augmente après un certain temps mais assez lentement. L'abaissement du plan d'eau entraîne l'avancée du plateau vers le barrage tandis que son élévation augmente l'alluvionnement vers l'amont. Le remblaiement acquiert son intensité maximum dans les zones à fortes vitesses mais celles-ci se déplacent du fait de ce remblaiement lui-même, ce qui tend à égaliser les dépôts.

La divagation des courants limite l'efficacité des chasses dans les retenues de grande largeur car le débit au lieu de se répartir également sur toute celle-ci (la largeur) se concentre en quelques bras à fort débit par mètre qui creusent dans les dépôts de véritables canyons dont les berges s'éboulent plus ou moins il faut rattacher à ce phénomène, la formation d'îles que l'on n'observe parfois vers la limite du remous des barrages spécialement dans les parties en courbe du cours d'eau

#### **Dépôts formés par les matériaux transportés en suspension :**

Les matériaux fins en suspension dans l'eau se déposent suivant leur grosseur dans la région de la retenue ou la vitesse et la turbulence sont suffisamment amorties. Dans la zone du plateau sous-lacustre on ne rencontre jamais

de vases et de limons que sur la berge à faible pente, le plus souvent elles se rassemblent au fond de la cuvette à l'aval du front des matériaux charriés et tendent à se concentrer au pied du barrage.

Dans les retenues de faibles importances par rapport au débit d'alimentation surtout si elles sont étroites et de faible longueur les matières en suspension dans l'eau n'ont pas le temps de se déposer complètement et sont partiellement transportées à l'aval à travers les ouvrages de prise et d'évacuation des crues.

Il arrive parfois que les matières en suspension, au lieu de se déposer plus ou moins complètement dans toute la masse du réservoir, se concentrent en un courant de densité ou (underflow) qui peut couler soit superficiellement, soit entre deux eaux suivant sa densité par rapport à l'eau qui l'entoure.

L'intérêt pratique de l'étude systématique des courants de densité réside dans la possibilité de les utiliser pour évacuer à l'aval du barrage les matières en suspension qu'ils transitent sans dépôts à travers la retenue.

A cet effet, il conviendrait de prévoir plusieurs vannes (réparties sur toute la largeur de la partie inférieure du barrage) de hauteur relativement faible vis à vis de l'épaisseur du courant de densité ; celles-ci seraient ouvertes particulièrement pendant et après les crues pour soutirer les eaux à fortes concentrations apportées par l'underflow à la rigueur dans les barrages existants on pourrait utiliser dans ce but les vannes de vidange bien que leurs nombres, leurs dimensions et leurs emplacements soient rarement adaptés à ce rôle.

## Méthodes de calcul :

### Sédimentation dans la retenue :

La sédimentation est due au débit solide des cours d'eau amont, qui résulte lui-même de l'érosion générale du sol et de l'attaque des berges et du lit des cours d'eau. Bien qu'il existe différentes méthodes pour réduire la production de sédiments dans le bassin versant et le cours d'eau, l'apport de matières solides par les affluents ne peut être influencé de manière significative sur le long terme.

L'importance et la nature du débit solide sont liées d'une part à l'intensité de l'érosion hydrique et d'autre part à la capacité de transport de l'écoulement. Dans des conditions bien déterminées, le débit solide peut être évalué par l'application de formules d'origine expérimentale dont le domaine de validité est souvent très étroit et qui ne tiennent que rarement compte de l'histoire et de la disponibilité des matériaux à transporter.

Faute de pouvoir calculer de manière exacte le débit solide en fonction du temps et de l'histoire du transport solide, il est souvent fait recours aux mesures in situ.

Celles-ci portent essentiellement sur la suspension, et le transport de fond, ce dernier type de mesure restant toutefois peu utilisé. Cet inconvénient n'a que peu d'influence sur la détermination des courants de densité, étant donné que les matériaux transportés par charriage et saltation se déposent dans la zone du delta du bassin et n'ont dès lors plus d'incidence sur la densité des courants de fond.

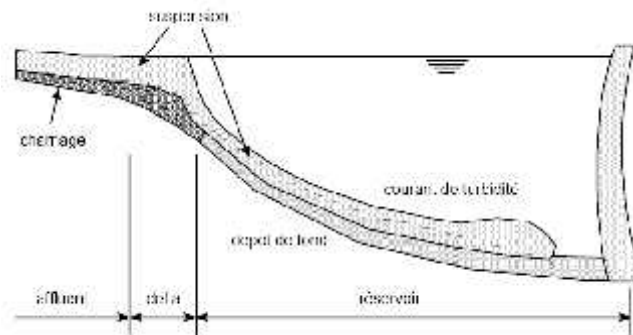


Figure (1) : Mode d'envasement par le courant de turbidité

Les dépôts de sédiments dans un réservoir sont ainsi composés de :

- La matière solide transportée par charriage, qui se dépose en forme de delta à l'entrée du réservoir selon son degré de remplissage.
- La matière en suspension transportée par des courants de turbidité qui se dépose d'une manière encore à préciser dans le reste du réservoir, voir figure (IV.2)

Ce sont donc essentiellement les mesures de la charge en suspension des affluents qui permettent d'évaluer la charge d'un courant de densité dans le réservoir.

Les observations faites vont de 0.7 à 36.4 g/l [0.026 à 1.374 %] pour des bassins versants en Algérie et de 0.3 à 27.8 g/l [0.011 à 1.049%] aux Etats-Unis, selon Thévenin (1960). Marzouki (1992) mentionne des observations faites sur 17 barrages en Maroc allant jusqu'à 144 g/l [5.434 %], avec des moyennes de 3 à 21 g/l [0.113 à 0.792 %]. Des concentrations de sédiments jusqu'à 400 g/l [15.094 %] ont été mesurées dans la rivière jaune en Chine, valeur donnée par Hu (1995).

## Calcul du volume de la vase :

### Formule de F.Orth:

Le premier à avoir écrit ce processus fut F.Orth (1934). Il suppose que la capacité résiduelle varie dans le temps en fonction d'une loi à décroissance exponentielle, c'est-à-dire qu'après tant d'années d'exploitation, elle est égale à :

$$C_t = C_{Rn} (a^t) \quad (IV-13)$$

Ou :  $C_t$  : Capacité résiduelle après t années de service.

$C_{Rn}$  : Capacité a retenue normale.

a : Paramètre propre à chaque retenue.

Toute la difficulté réside dans la détermination du paramètre "a". A cet effet on se propose de résoudre le problème de la façon suivante :

si  $V_{st}$  est le volume envasé après t années d'exploitation du barrage.

$$C_t = C_{Rn} - V_{st} = C_{Rn} (a^t) \quad (IV-14)$$

$$V_{st} = C_{Rn} (1 - a^t) \quad (IV-15)$$

Si on suppose que durant la première année d'exploitation  $t = 1$  le volume de sédiment accumulé  $V_{s1}$  est égal à l'apport solide moyen annuel  $Q_s$  on aura alors :

$$Q_{st} = C_{Rn} (1 - a) \quad (IV-16)$$

Par conséquent:

$$a = 1 - \left( \frac{Q_{st}}{C_{Rn}} \right) \quad (IV-17)$$

La formule de prévision devient :

$$C_t = C_{Rn} \left( 1 - \frac{Q_{st}}{C_{Rn}} \right)^t \quad (IV-18)$$

Graphé :

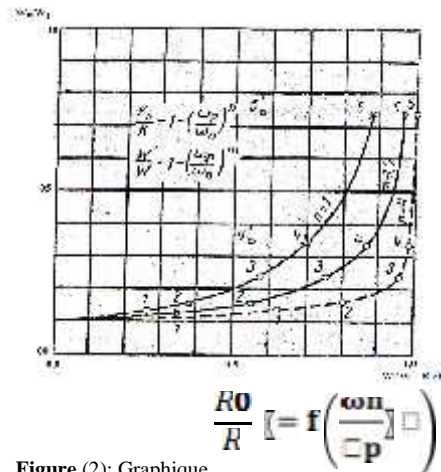


Figure (2): Graphique

### Calcul de l'envasement du barrage de Foum El Gherza

#### Présentation du bassin versant l'Oued El Abiod :

##### Situation géographique :

Le bassin versant Oued El Abiod est situé dans le massif des Aurès. Il fait partie du grand bassin hydrologique de Chott Melghir qui se compose de trois principaux oueds : oued El Abiod ; oued Chenawra et oued Tkout formant par leur confluence oued Ghassira. Oued El Abiod est formé par la réunion des torrents descendants des raides pentes de Chelia 2326m et Ichemoul 2100m. Après avoir traversé Tighanimine, il s'encaisse dans les canyons de Ghoufi et les gorges de Mchouneche, puis s'ouvre une voie vers la plaine Saharienne jusqu'aux gorges de Foum el Gherza. Le bassin versant est caractérisé par sa dissymétrie, une partie montagneuse au nord à plus de 2000 m Chelia, et une autre basse au Sud 295m El Habel. Il s'étale sur une superficie de 1300 km<sup>2</sup> circonscrite par un périmètre de 200 km.



Figure (3) Carte situation géographique du barrage de Foum el gherza

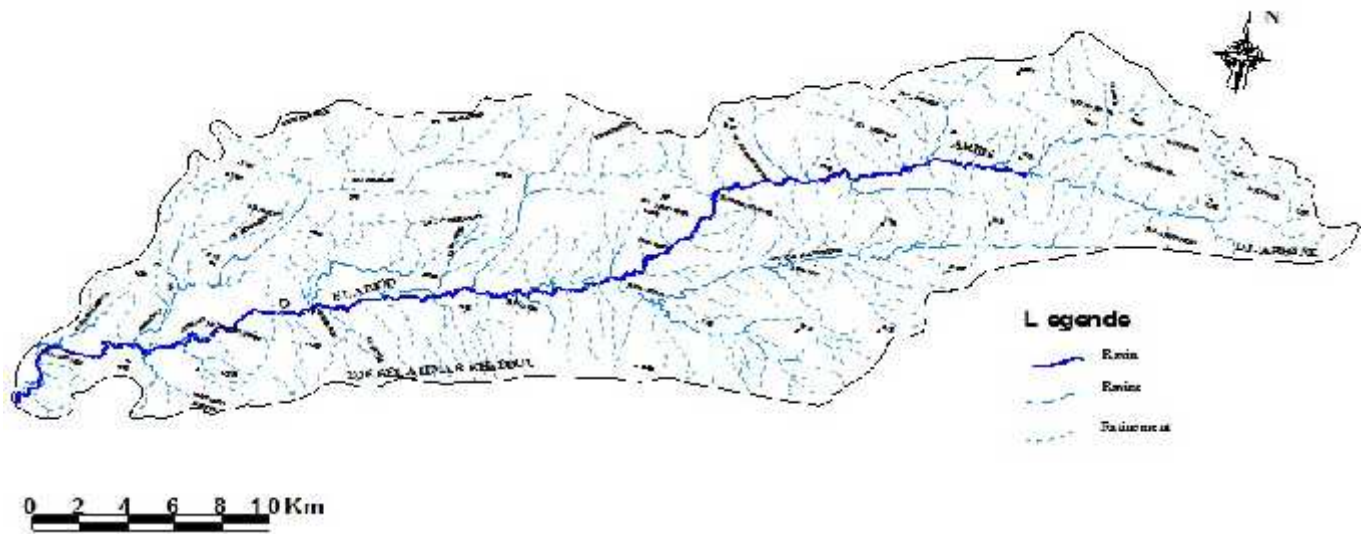


Figure (4) Carte du réseau hydrographique du bassin d'oued El abiod

Paramètres	unités	symboles	valeurs
Longueur du thalweg principal	Km	Lp	106
Superficie du BV	Km <sup>2</sup>	S	1300
Périmètre du BV	Km	P	200
Altitude maximale	m	H <sub>max</sub>	2326
Altitude moyenne	m	H <sub>moy</sub>	1170
Altitude minimale	m	H <sub>min</sub>	295
Altitude 5%	m	H <sub>5%</sub>	2096
Altitude 95%	m	H <sub>95%</sub>	556
Indice de compacité de Gravelius	--	K <sub>c</sub>	1.56
Rectangle équivalent			
Longueur	Km	L	83.524
Largeur	Km	l	15.56
Indice de pente global	m/Km	L <sub>g</sub>	18,44
Dénivelée spécifique	m	D <sub>s</sub>	664,86
Classe de relief suivant la classification de l'OSTROM	--	R7(relief très fort) D <sub>s</sub> >500	
Densité de drainage	Km/Km <sup>2</sup>	D <sub>d</sub>	3.80
Temps de concentration	h	T <sub>c</sub>	16





<b>Station M'chouneche</b>	0,574	0,301	0,199	0,151	0,141	0,196	0,321	0,320	0,316	0,219	0,056	0,108	0,233
<b>Coef. Mensuel K</b>	2,46	1,29	0,85	0,65	0,6	0,84	1,38	1,37	0,93	0,94	0,24	0,46	

**Tableau (7) – Débit moyen inter mensuel (m3/s)**

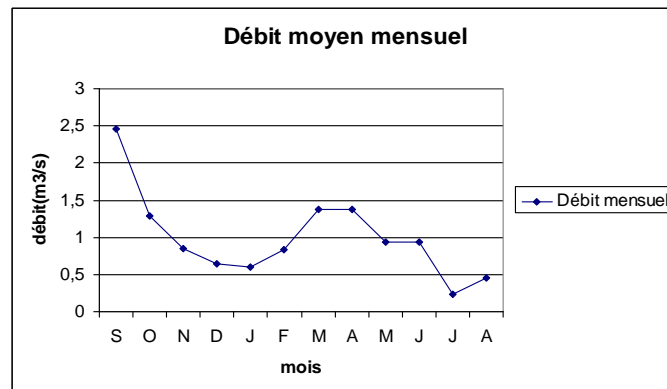
La représentation graphique (figure (IV-16) permet de visualiser les mois des hautes eaux et les mois des basses eaux, le maximum de débit mensuel correspond au mois de septembre, et le mois de mars, les mois des basses eaux correspondons au mois de juillet et août.

La variabilité des débits inter mensuel indique les saisons les plus humides et les saisons les plus sèches. Les pluies d'automne provoquent de fortes crues dues aux pluies orageuses.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>Débit mensuel</b>	2,46	1,29	0,85	0,65	0,6	0,84	1,38	1,37	0,93	0,94	0,24	0,46

**Tableau (8) les variabilités inter mensuelles des débits**

La figure ci dessous illustre cette variabilité inter mensuelle des débits.



**Figure (7) Variation des débits moyens mensuels**

L'hydrogramme des crues qui est le portrait physique des écoulements de surface tracé pour les différents fréquences montre aussi que les valeurs des débits augmentent et arrivent au temps de concentration en atteignant un maximum et toutes les courbes des débits ont la même allure quelque soit la fréquence. L'intérêt économique de la prédétermination des débits probables des crues d'un cours d'eaux, en un point données sont évidents en raison des effets destructifs bien connus, des écarts des fonctionnements hydrologique, leur détermination aussi nécessaire au calcul de certain ouvrage, les résultats obtenus pour les débits sont calculés par la formule de Turraza pour différentes périodes:

- ✓ Pour une période de 100 ans avec un débit de 2753,23 m3/s peut servir pour dimensionner les petits barrages.
- ✓ Pour une période de 10 ans avec un débit de 1689,46 m3/s peut servir pour dimensionner les évacuations des crues.
- ✓ Pour une période de 5 ans avec un débit de 1305,39 m3/s peut servir pour dimensionner les dérivations provisoires.

### Etude Des apports solides :

Les sédiments qui pénètrent dans une retenue, sont transportés jusqu'à la retenue par les lits mineurs des réseaux hydrographiques. Ces apports solides sont d'une granulométrie extrêmement variée, allant des graviers et des cailloux jusqu'aux particules de limons et d'argile.

### Détermination des débits solides :

$$Q_s = Q_1 C \quad (V-22)$$

$Q_s$  : débit solide en suspension (Kg/m<sup>3</sup>/s) ;  $Q_1$  : débit liquide (m3/s) ;  $C$  : concentration des suspensions (Kg/m<sup>3</sup>)



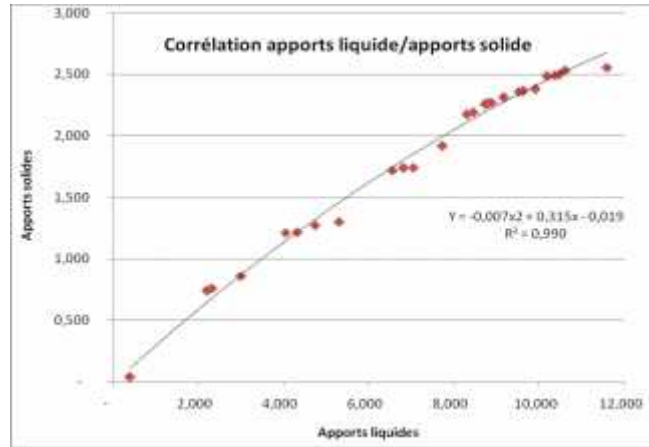


Figure (8) Corrélation apports liquide/ apports solide

Le tableau ci dessous représente les concentrations en fonction des débits liquides.

Année	Débit liquide (m3/s)	Concentration Kg/m <sup>3</sup>	Année	Débit liquide (m3/s)	Concentration Kg/m <sup>3</sup>
68 – 69	0,400	240	89 – 90	0,2799	990
69 – 70	1,808	1010,5	90 – 91	0,1745	110
70 – 71	0,117	401,5	91 – 92	0,1125	92,7
71 – 72	0,686	387,25	92 – 93	0,1365	637,5
72 – 73	1,037	877,5	93 – 94	0,978	61,84
73 – 74	0,280	52,5	94 – 95	0,67	913,28
74 – 75	0,420	345,8	95 – 96	1,35	347,67
75 – 76	0,57	135,09	96 – 97	0,19	319,57
76 – 77	1,25	868,272	97 – 98	0,69	303,56
77 – 78	0,25	195,68	98 – 99	0,19	287,63
78 – 79	0,23	39,370	99 – 00	0,44	267,16
79 – 80	0,69	669,36	00 – 01	0,25	263,59
80 – 81	0,57	1170,24	01 – 02	0,51	249,80
81 – 82	0,15	304,49	02 – 03	0,76	226,60
82 – 83	0,27	638,98	03 – 04	2,96	158,89
83 – 84	0,08	158,27	04 – 05	1,29	81,71
84 – 85	0,08	272,94	05 – 06	1,04	39,30
85 – 86	0,2900	359,14	06 – 07	0,35	13,90
86 – 87	0,3476	356,36	07 – 08	0,33	1,44
87 – 88	0,1119	60,01	08 – 09	3,23	63,44
88 – 89	0,2799	175,4	---	---	---

Tableau (9) concentrations en fonction des débits liquides

En première phase, on remarque que la quantité de transport solide augmente en parallèle avec l'apport liquide et on peut interpréter ce phénomène par l'érosion agressive qui résulte de la pluie torrentielle surtout après une longue période de sécheresse (1010,5 x 103 t/Hm<sup>3</sup> en 1970 avec taux de reboisement faible et les manques relatifs des aménagements anti-érosifs).

En deuxième partie ; à partir de 1982 on observe que la régression du régime fluvial de oued l'Abiod (sauf certaines crues) est causée par la dégradation climatique dans d'autres zones (voir tableau de P<sub>jmax</sub> des stations pluviométriques). Avec la diminution des sédiments transportés par l'oued.

Le mode et les méthodes de calculs du transport solide seront présentés dans le chapitre III

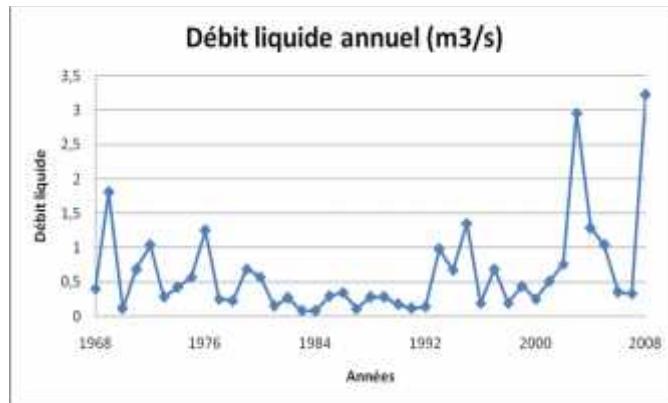
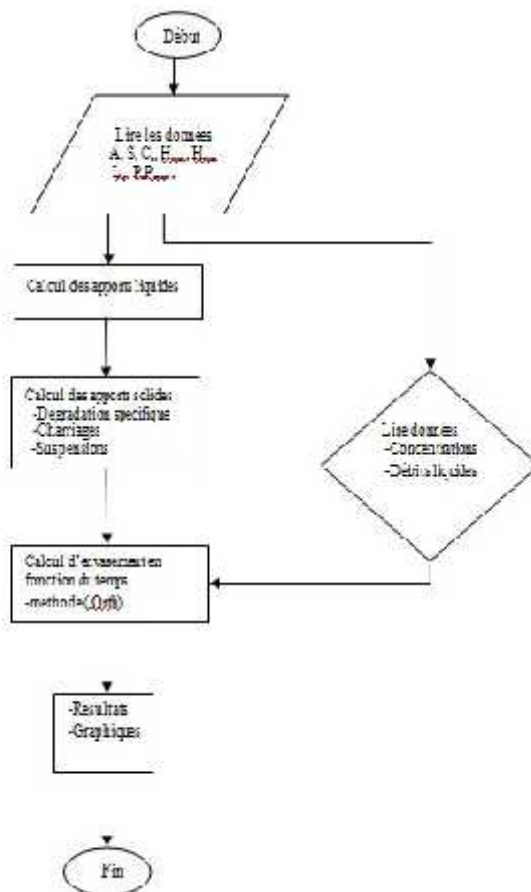


Figure (9) Débit liquide annuel (m<sup>3</sup>/s)

L'organigramme de calcul :



Les calculs ont été réalisés à l'aide d'un programme en Delphi dénommé (C.E.B) que nous avons nous même élaboré.

### Résultats des calculs

Année	Temps (ans)	C <sub>observe</sub> (Mm <sup>3</sup> )	C <sub>Vase</sub> (Mm <sup>3</sup> )	Ecart t	a	Vase observée	Vase calculée
1950	0	47.00	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1967	18	35.07	37.34	2.27	0.98	11.93	9.66
1975	26	31.93	33.71	1.78	0.98	15.07	13.29
1986	37	26.52	29.29	2.77	0.98	20.48	17.71
1993	44	24.32	26.78	2.46	0.98	22.68	20.21
2001	52	16.90	24.18	7.28	0.98	30.10	22.82
2009	60	14.74	21.83	7.09	0.98	32.26	25.17

Tableau (10) Augmentation de la vase par rapport au temps

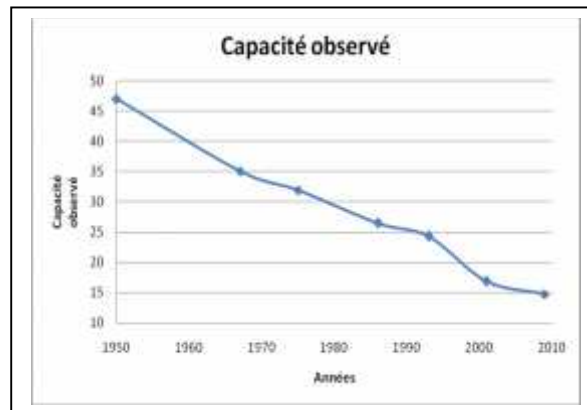


Figure (10) Variation de capacité observée en fonction du temps.

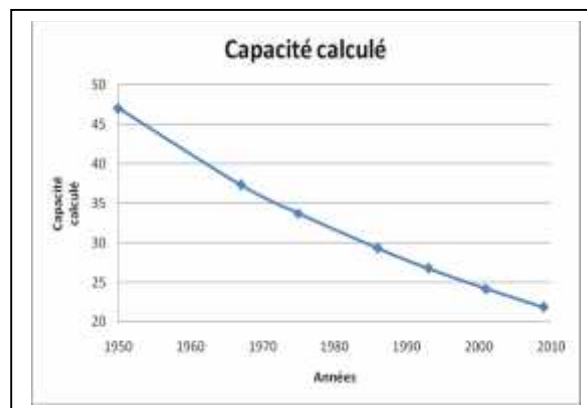


Figure (11) Variation de capacité calculée en fonction du temps.



Figure (12) Variation de la vase observée en fonction du temps.

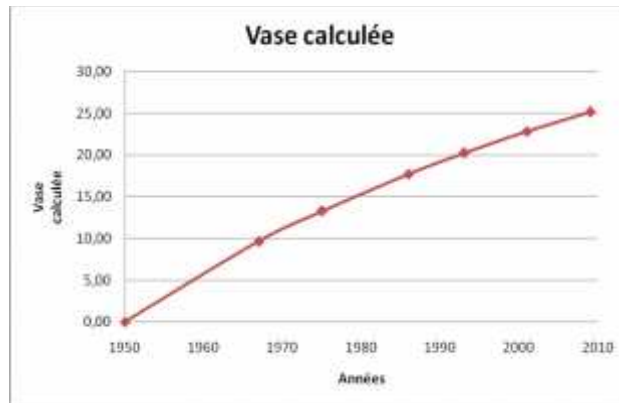


Figure (13) Variation de la vase calculée en fonction du temps.

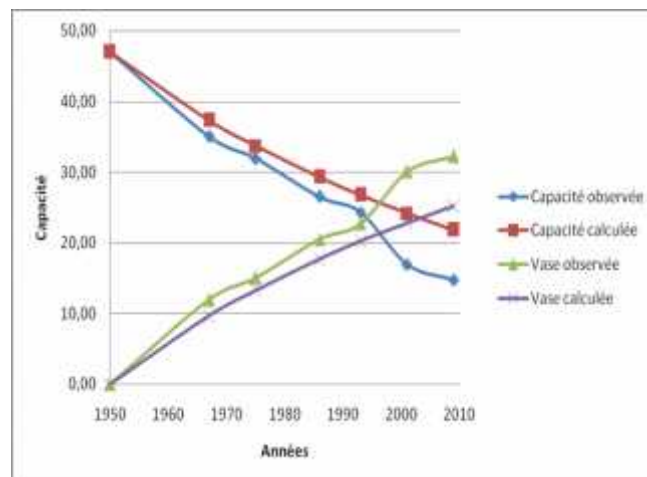


Figure (14)

## CONCLUSION

L'importance du transport solide en Algérie se traduit par un comblement rapide des retenues diminuant considérablement leur durée de vie et leur capacité de stockage.

Il importe donc, non seulement de prévoir le rythme de comblement de la retenue de façon aussi précise que possible de manière à prendre les dispositions économiques et sociales qui s'imposent mais aussi et surtout de développer certaines techniques d'études pour améliorer les méthodes de lutte contre l'alluvionnement. De la présente étude, il résulte l'évolution du profil des dépôts de vase dans la cuvette. En effet, au début de l'exploitation d'un barrage, le remplissage de la retenue par les sédiments suit une loi linéaire en fonction du temps et de la hauteur d'eau dans la retenue, la loi devient polynomiale du deuxième degré en fonction du temps et du troisième degré en fonction de la hauteur d'eau.

L'évolution des dépôts sédimentaires dans une partie de la retenue d'un barrage est un phénomène complexe qui ne peut être étudié de la même façon dans l'ensemble du réservoir.

La partie centrale est soumise à un envasement beaucoup plus intense que les deux autres parties (amont et aval), et la répartition des particules solides est uniforme avec un toit de la vase qui évolue parallèlement au fond de la retenue.

Par contre dans la partie basse de la retenue, le toit de vase stagne dans le temps pour le cas d'un barrage dans lequel est pratiqué un bon soutirage.