

EVOLUTION DE LA SEDIMENTATION DANS LES RETENUES DE BARRAGE ET LE SOUTIRAGE DES PARTICULES FINES

REMINI BOUALEM

Maître de conférences, Université de BLIDA -Algérie

RESUME

L'utilisation périodique des vannes de fond et des vannettes de dévasement comme moyen de soutirage des sédiments drainés par les courants de densité peut réduire le taux d'envasement et croître ainsi la durée de vie des barrages. Cette technique influe sur l'évolution du toit de la vase dans la retenue. Ainsi la loi d'évolution est linéaire en fonction du temps et de la hauteur d'eau au début de l'exploitation, puis elle devient polynomiale dès que le toit de la vase atteint les seuils des vannes. La partie centrale (zone II) de la retenue qui est loin de toute perturbation liée aux manoeuvres des vannes et des variations du plan d'eau dues aux crues, la sédimentation s'effectue de façon uniforme avec un toit de la vase qui évolue parallèlement au fond de la retenue. Par contre l'évolution de la vase dans la partie basse (zone I) reste tributaire du type de soutirage («bon» et «mauvais» soutirage).

ABSTRACT

Utilization of this method influe at the evolution of mud's roof in a reservoir. In first of the exploitation, the evolution's law is linear in function of time and height of water but when mud reach gates it became polynome.the central part (zone II) of reservoir is far to all perturbation bound at gates and variations of water's stretch caused by risings.

he sedimentation is done uniformly with a mud's roof who evolve parallel to reservoir's bottom but in bas part (zone I) the mud's evolution remain tributary to a type of a drawing off («good» or «bad» drawing off).

1. PROBLEMATIQUE

Un cumul de sédiments, évalué à environ 650.10^6 m³, se trouvait en 1999 dans les retenues de 110 barrages algériens. Les services d'hydraulique ont déployé plusieurs moyens de lutte contre l'envasement. Le moyen le plus simple et le moins coûteux reste, à notre avis, l'évacuation des sédiments qui, par courant de densité, tendent à s'accumuler au droit des barrages. Cette méthode, que nous avons appelé, " technique de soutirage" peut contribuer à augmenter d'une manière très sensible la durée de vie d'un barrage et doit être une règle dans les pays arides et semi-arides. Elle peut être améliorée et sa pratique, pouvant induire un rendement élevé de soutirage, doit être étendue à l'ensemble des barrages algériens.

L'évolution des dépôts de sédiments (drainés par les courants de densité) dans les retenues de barrages, pour lesquels est pratiquée cette technique, est abordée à partir de quatre situations touchant les faibles ou les forts taux de comblement. D'une part, les sédiments déposés dans la partie basse de la retenue sont remaniés par les manoeuvres des vannes, et ceux de la partie haute sont

saisonnièrement modifiés par l'arrivée de nouveaux apports d'autre part. Il semble par contre que les sédiments de la partie centrale soient à l'abri de cette double perturbation. Ainsi, le volume de la vase augmente de manière uniforme au cours du temps et les sédiments se décantent progressivement.

2. LA «TECHNIQUE DU SOUTIRAGE», «ZONE OPTIMALE DE SOUTIRAGE», «BON SOUTIRAGE» ET «MAUVAIS SOUTIRAGE».

Nous avons défini la «technique du soutirage» comme étant une méthode pratique qui consiste à évacuer les sédiments drainés par les courants de densité sur le fond de la retenue en utilisant les puits de vidange (vannettes de dévasement et vannes de fond) du barrage [1][2].

Dans le cas où le soutirage est exécuté pour des densités inférieures à la densité du flux maximum, une quantité importante de matière solide sera évacuée avec une proportion d'eau claire beaucoup plus élevée. Par contre, si le soutirage est exécuté pour des densités supérieures à celle du point d'inflexion du flux solide, c'est à dire que les vases

sont restées accumulées pendant un temps assez long sous l'eau, leurs densités augmentent très sensiblement. La suspension n'est plus un liquide Newtonien mais plutôt plastique. Dans ce cas, une faible quantité de vase sera évacuée mais également un faible volume d'eau.

La zone optimale du soutirage a été définie comme étant la zone comprise entre la valeur de la densité du flux solide maximum et celle du point d'inflexion du flux solide (fig.1). En effet pour avoir un bon rendement au niveau du soutirage, en évacuant le maximum de vase et un minimum d'eau claire, nous avons montré qu'il existe une zone optimale du soutirage, c'est à dire que l'évacuation des sédiments doit se faire avec des densités comprises dans cette zone [3].

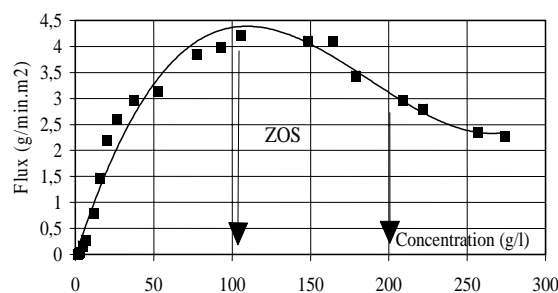


Figure 1: Variation du flux solide en fonction de la concentration en particules solides (exemple de la vase du barrage de Hamiz)

Nous avons défini le «bon soutirage». comme étant un soutirage qui se pratique avec une densité de la mixture comprise dans la «zone optimale du soutirage» et qui sera maintenue constante (avec de faibles variations) pendant la durée de l'opération (fig.2) [4].

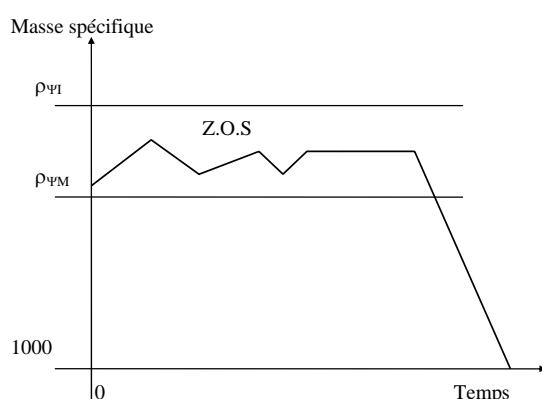


Figure 2: Cas d'un «bon» soutirage: Variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage [4]

Nous avons défini le «Mauvais soutirage» comme étant un soutirage qui se pratique soit :

- avec des densités de mixture qui n'appartiennent pas à la «zone optimale du

soutirage» (fig. 3 a et b).

- avec des variations importantes de la densité de la mixture, même si elle appartient à la zone optimale du soutirage (fig. 3 c) [4].

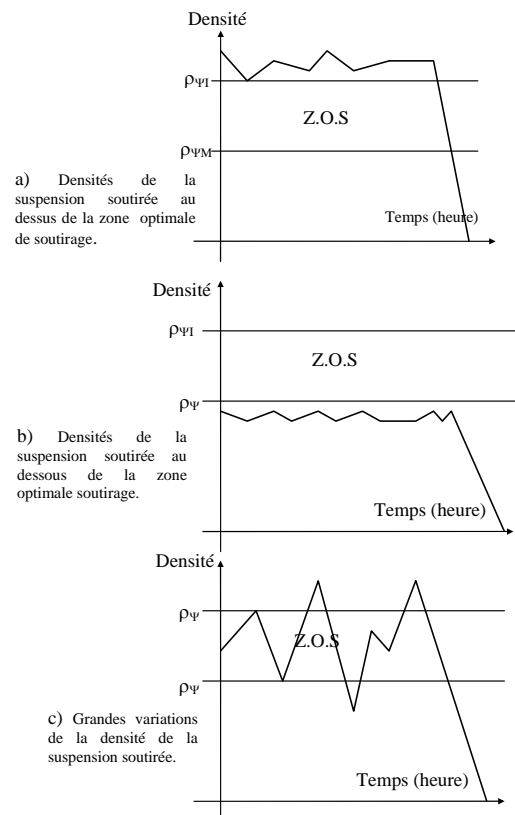


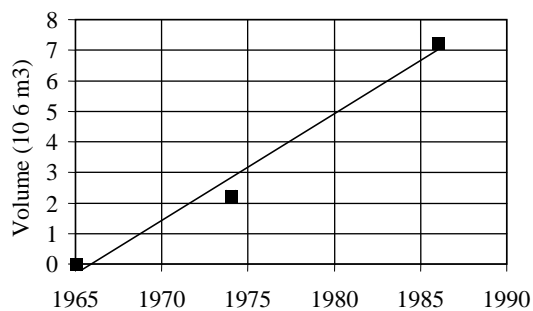
Figure 3 : Cas d'un «mauvais» soutirage : Variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage [4]

3. RESULTATS ET DISCUSSION

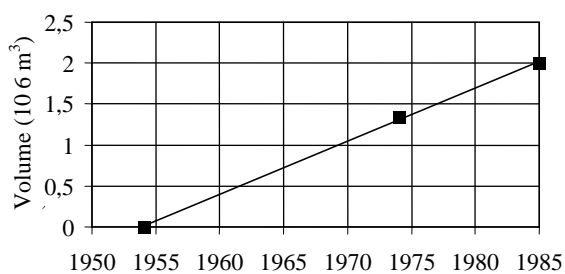
3.1 Evolution de l'envasement dans le temps

La pratique de la technique du soutirage influe directement sur l'évolution du toit de la vase dans la cuvette. En effet quatre situations ainsi être retenues, et qui vont déterminer l'évolution dans le temps de l'envasement dans une retenue : faible ou fort taux de comblement, vanne de fond obturée, surélévation de la digue.

Les résultats de l'étude des barrages de Cheffia et Sarno dont les taux de comblement sont faibles, représentés sur la figure 4 (a et b) indiquent clairement que l'évolution dans le temps de l'envasement est linéaire. Mais dès que le toit de la vase atteint le seuil des vannes, la loi devient polynomiale du deuxième degré. C'est effectivement ce que montre l'étude des barrages de Ghrif et Oued El Fodda qui ont enregistré un taux de comblement élevé. Les résultats obtenus, représentés sur la figure 5 (a et b), montrent que la fonction est polynomiale du deuxième degré, et est liée à une nette régression de la vitesse de sédimentation.

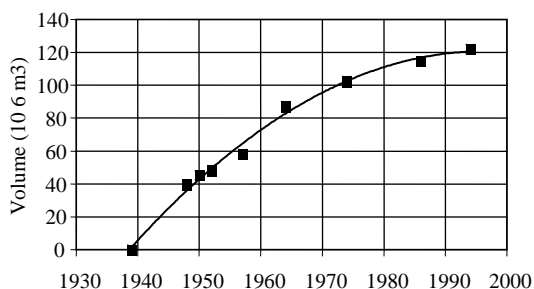


a) Barrage de Cheffia

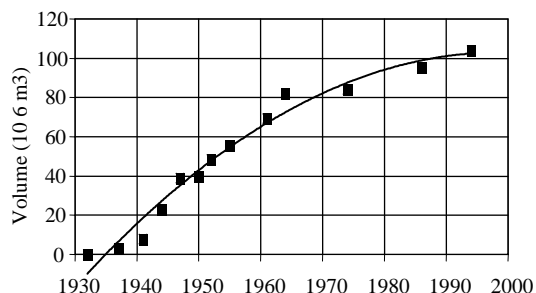


b) Barrage de Sarno

Figure 4 : Evolution de l'envasement dans un barrage de faible taux de comblement



a) Barrage de Ghrib



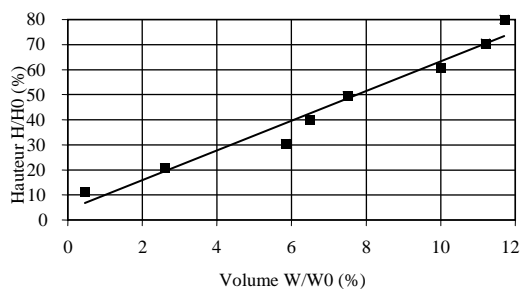
b) Barrage Oued el Fodda

Figure 5 : Evolution de l'envasement dans un barrage à fort taux de comblement

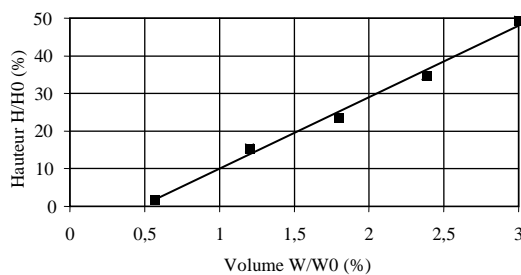
3.2 Evolution de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue.

Nous avons étudié l'évolution des dépôts de sédiments suivant la hauteur d'eau dans les retenues des barrages de Cheffia et Djorf El Torba dont les taux de comblement sont faibles. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 6 (a et b) : on constate qu'il existe une relation linéaire entre les dépôts successifs des sédiments et la hauteur de l'eau dans la retenue, ce qui signifie que les sédiments se répartissent uniformément sur la totalité de la surface du fond de la retenue et que le toit de la vase reste parallèle au fond du réservoir. Le même type de situation peut être observé dès les premières années de l'exploitation du barrage.

Dés que le toit de la vase atteint le seuil des vannes de fond, les opérations de soutirage influent directement sur l'évolution des sédiments dans la retenue, et la loi de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau n'est plus linéaire : d'une part les sédiments déposés dans la partie basse de la retenue sont remaniés par les manoeuvres des vannes et d'autre part ceux de la partie haute sont saisonnièrement modifiés par l'arrivée de nouveaux apports.



a) Barrage de Cheffia



b) Barrage de Djorf El Torba

Figure 6 : Evolution de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau dans une retenue de faible taux de comblement

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons représenté sur la figure 7 (a et b), l'évolution de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau dans les retenues des barrages de Ghrib et Oued El Fodda dans lesquels est pratiquée la technique du soutirage et qui ont enregistré un taux de comblement élevé: il est possible de constater que la fonction n'est plus linéaire mais polynomiale du 3^{ème} degré .

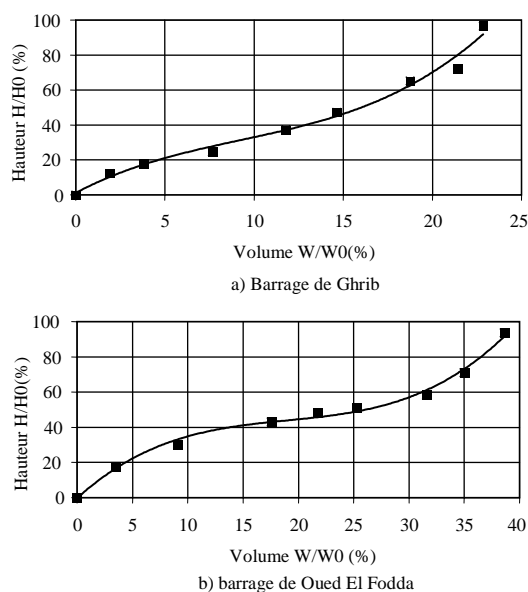


Figure 7: Evolution de l'envasement en fonction de la hauteur d'eau dans une retenue à fort taux de comblement

Enfin nous avons dressé un tableau des valeurs du taux de comblement et des types de fonctions d'évolution de l'envasement dans certains barrages Algériens (tableau 1) :

Tableau 1 : Fonction de l'évolution des dépôts de sédiments dans certaines retenues des barrages Algériens.

Barrages	Période d'exploitation	Taux de comblement (%)	Type de la fonction de l'évolution de l'envasement
BOUHANIFIA	1945-1986	40 %	Polynomiale
CHEFFIA	1965-1986	4 %	Linéaire
FERGOUG I	1885-1926	54 %	Polynomiale
FERGOUG III	1970-1973	27 %	Polynomiale
DJORF EL TORBA	1968-1986	9,6 %	Linéaire
ERRAGUENE	1962-1974	4 %	Linéaire
FOUM EL GHERZA	1950-1986	33,7 %	Polynomiale
MEFROUCH	1964-1974	7,5 %	Linéaire
OUED EL FODDA	1932-1974	37 %	Polynomiale
S.M.B.A	1978-1986	3,9 %	Linéaire
SARNO	1954-1986	2,3 %	Linéaire
IGHIL EMDA	1953-1954 1953-1992	2 % 33 %	Linéaire Polynomiale
HAMIZ	1964-1972* 1964-1986	27 % 20 %	Polynomiale Polynomiale
CHEURFAS I	1885-1955	98 %	Polynomiale

On peut constater que le seuil du taux de comblement permettant de caractériser le type de la fonction de évolution (linéaire ou polynomiale) est situé dans la fourchette [9,6 % , 20 %] qui représente le volume mort d'un barrage.

Au regard de ce qui précède, il semble possible de dire qu'au début de l'exploitation d'un barrage, l'évolution des dépôts de la vase dans la retenue suit une loi linéaire en fonction de la hauteur d'eau dans le réservoir, et que dès que le toit de la vase atteint le seuil des vannes, la loi devient polynomiale (du 3ème degré) dont la forme dépend du taux de comblement.

3.3 Evolution de l'envasement dans la partie centrale (zone II).

Les études effectuées sur l'évolution de l'envasement dans une dizaine de retenues de barrages en Algérie ont permis de montrer qu'une retenue peut être divisée en trois zones : basse (zone I), centrale (zone II) et haute (zone III) (fig. 8). La partie centrale est soumise à un envasement beaucoup plus intense que les deux autres parties (zone I et II). Il en résulte que d'une part, les sédiments déposés dans la partie basse de la retenue sont remaniés par les manoeuvres des vannes, et que d'autre part ceux de la partie haute sont saisonnièrement modifiés par l'arrivée de nouveaux apports. Il semble par contre que ceux de la partie centrale soient à l'abri de cette double perturbation et que le volume de la vase augmente ainsi de manière uniforme en fonction de la hauteur de la retenue, avec un toit de vase qui évolue parallèlement au fond de la retenue.

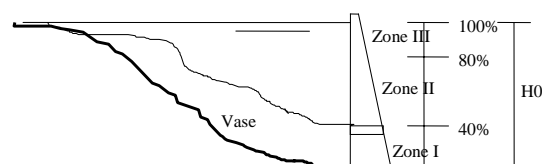


Figure 8.: Division de la retenue en trois zones

Pour confirmer l'impression visuelle d'une évolution du sommet de la vase parallèlement au fond de la retenue, nous avons effectué une étude sur les relevés de l'envasement pour des durées variables dans la zone II des retenues des barrages de Fergoug et Foum El Gherza [6]. Le choix de ces barrages est justifié par leurs taux élevés d'envasement et la pratique de la technique du soutirage. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 9 (a et b). Il apparaît très nettement que l'envasement suit une progression linéaire pour les différentes périodes d'exploitation. Le toit de vase évolue parallèlement au fond de la retenue.

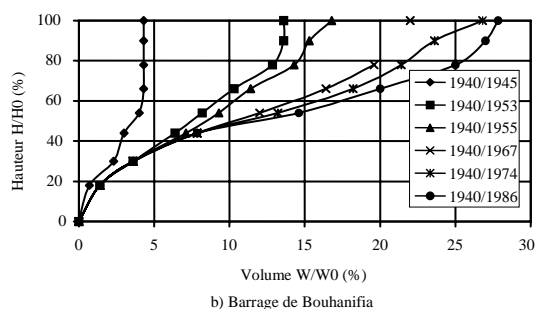
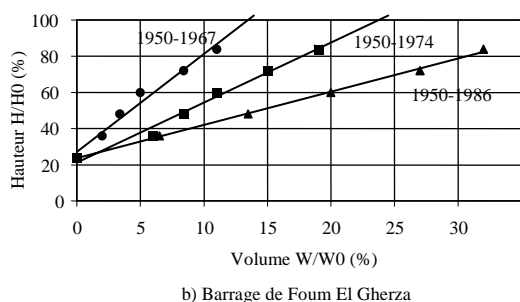
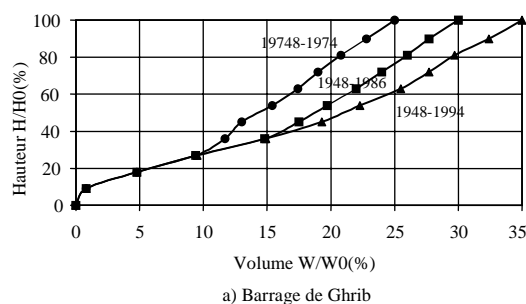
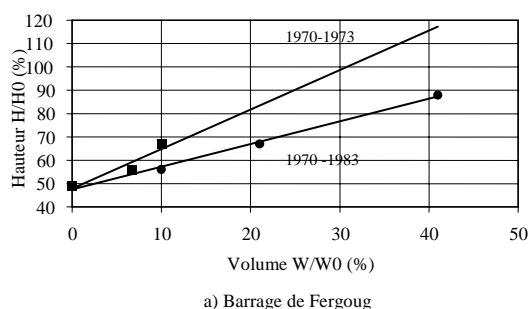


Figure 9: Evolution de l'envasement dans la partie centrale d'une retenue de barrage

Figure 11: Evolution de l'envasement dans la partie basse d'un barrage dans lequel est pratiqué de mauvais soutirage

3.4 Evolution des dépôts de sédiments dans la partie basse (zone I).

Quelque soit le type de soutirage («Bon» ou «Mauvais») pratiqué dans un barrage, il y aura toujours une quantité de sédiments qui sera piégée dans la retenue et plus particulièrement dans les zones II et III, la question qui se pose est de savoir s'il y a effectivement évolution des dépôts dans la zone I.

Pour répondre à cette hypothèse, nous proposons les graphes des figures 10 et 11 qui représentent la variation dans le temps du point d'intersection (I) des courbes de répartition des sédiments dans une retenue pour différentes périodes d'exploitation. Dans le cas où le point I reste fixe dans le temps, ce qui signifie qu'il n'y a pratiquement pas évolution du toit de la vase dans la zone I, on parle du «bon soutirage» (fig. 10). Dans le cas contraire, c'est à dire, le point I évolue dans le temps, on parle de «mauvais soutirage» (fig. 11 a et b).

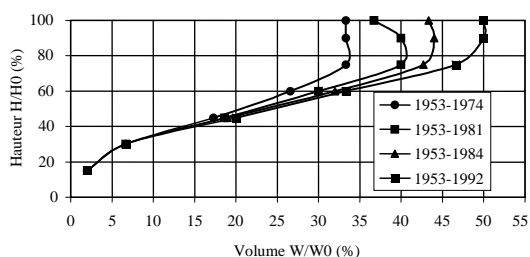


Figure 10: Evolution de l'envasement dans la partie basse d'un barrage dans lequel est pratiqué de bons soutirages -Cas d'Ighil Emda

3.4.1 Cas d'un barrage dans lequel est pratiqué de «Bon soutirage».

Nous avons étudié l'évolution des dépôts de sédiments dans la zone I de la retenue du barrage d'Ighil Emda [6][7][8]. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 10 et il est possible de constater que le point d'intersection des courbes de répartition des sédiments durant les périodes 1953-1974, 1953-1984 et 1953-1992 est resté fixe ces coordonnées sont $V=10.10^6 m^3$ et $H/H_0 = 38 \%$, ce qui signifie que le dépôt de la vase n'a pas évolué durant une période de 18 ans (1974-1992), et que tous les sédiments drainés par les courants jusqu'à la partie basse de la retenue ont été évacués.

3.4.2 Cas d'un barrage dans lequel est pratiqué de «mauvais soutirage».

Pour donner encore plus de poids à cette hypothèse, nous avons effectué une étude sur l'évolution du sommet de la vase dans la zone I des retenues de barrages de Ghrif et Bouhanifia. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 11 (a et b). Il apparaît très nettement que le point d'intersection (I) des courbes des différentes périodes d'exploitation progresse dans le temps, ce qui signifie que les soutirages n'ont pas été bien exécutés.

Barrage de Ghrif

Comme le montre la figure 11 a, le point (I) a varié d'une hauteur relative de 8 % durant 20 ans (1974-1994) à la suite d'un dépôt des sédiments de $27.10^6 m^3$ dans la zone I. La sédimentation a été plus importante dans les zones II et III puisque le taux de

complément a atteint respectivement 12 % (soit un volume de 34.10^6 m^3) et 6 % (un volume de 17.10^6 m^3) en 1994

Barrage de Bouhanifia

La figure 11 b représente six périodes d'envasement 1940-1945, 1940-1953, 1940-1955, 1940-1967, 1940-1974 et 1940-1986. Il apparaît que le point (I) varie dans le temps, c'est ainsi que durant la période 1940-1945 qu'une quantité de 5 % du volume initial s'est déposée dans la zone I de la retenue. Cette dernière a été comblée en 1967, soit un volume de sédiments de $6,2.10^6 \text{ m}^3$.

4. CONCLUSION

De la présente étude, il résulte que l'utilisation courante de la technique du soutirage influe directement sur 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, et dès que le toit de la vase atteint le seuil des vannes, 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. Ainsi, nous proposons une division de la retenue en trois zones, chacune d'entre elles montrant des différences dans la granulométrie et le volume des sédiments.

La partie centrale (zone II) 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 (zone I), le toit de vase stagne dans le temps pour le cas d'un barrage dans lequel est pratiqué un «bon» soutirage contrairement à celui dans lequel est pratiqué un «mauvais» soutirage ou l'évolution de la vase est très significative.

NOTATIONS

Z.O.S	zone optimale du soutirage
$\rho_{\Psi I}$	densité de la suspension qui correspond au point d'inflexion de la fonction flux solide
$\rho_{\Psi M}$	densité de la suspension qui correspond au flux solide maximum
Ψ	flux solide
H_0	Hauteur d'eau de la retenue au niveau normal
W_0	Capacité de la retenue au niveau normal
W	volume de la vase à la hauteur H

BIBLIOGRAPHIE

- [1] REMINI B., AVENARD J-M. et KETTAB A., 1997. La technique du soutirage: un moyen de lutte contre l'envasement, Revue Techniques Sciences et Méthodes (Paris) n° 3, Mars, pp. 69-76.
- [2] REMINI B., AVENARD J-M. et KETTAB A., 1997. Evolution dans le temps de l'envasement dans une retenue de barrage dans laquelle est pratiquée la technique du soutirage, Revue Internationale de l'eau : La Houille Blanche n° 6, pp. 4-8.
- [3] REMINI B., AVENARD J-M., 1998. Zone optimale de soutirage. Revue La Houille Blanche, n° 5/6.
- [4] REMINI B., 2000. «Bon» ou «mauvais» soutirage: L'exemple de quelques barrages Algériens. Revue internationale La Houille Blanche n°3/4, Mai.
- [5] REMINI B., et AVENARD J-M., 1998. Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foum El Gherza. Bulletin du Réseau Erosion, n° 18, pp. 98-105.
- [6] REMINI B., AVENARD J-M. et KETTAB A., 1996. Le barrage d'IGHIL EMDA (Algérie) I- Les courants de densité dans la retenue. Les Annales Maghrébines de l'Ingénieur, Tunis, avril, Vol. 10., 9 fig., 7 photos, pp.53-67.
- [7] REMINI B., KETTAB A. et HIHAT H., 1995. Envasement du barrage d'IGHIL EMDA (Algérie). Revue Internationale de l'eau: La Houille Blanche n° 2/3, pp.23-28
- [8] REMINI B., AVENARD J-M. et KETTAB A., 1996. Le barrage d'IGHIL EMDA (Algérie) II- Soutirage des sédiments par l'utilisation des courants de densité. Revue Vecteur Environnement (Canada), Vol. 29, n°4, aout, pp.27-32.