



LE BARRAGE RESERVOIR DE GARGAR EST- IL MENACE PAR L'ENVASEMENT ?

REMINI B.¹, BENFETTA H.²

¹Département des Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté de Technologie,
Université de Blida1, Blida 9000, Algérie,

²Faculté des sciences de la nature et de la vie , Université de Mascara, Mascara 29000,
Algérie

reminib@yahoo.fr

RESUME

Le barrage réservoir de Gargar est un ouvrage hydraulique de grande envergure mis en service dès 1989 avec une capacité initiale de 450 millions de m³. Il est destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable. Sur la base de son premier levé bathymétrique effectué en 2004 par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts, le barrage se trouve amputé d'un volume de 92 millions de m³ en 15 ans d'exploitation suite à un envasement accéléré. Soit une vitesse de comblement annuelle égale à 1,4%/an, une valeur nettement supérieure à celle que nous avons estimée en l'an 2000. Estimé à 27% le taux de comblement du reservoir en 2014, le barrage de Gargar serait abandonné en 2060 si des dispositions de dévasement n'étaient pas prises à court et à moyen terme.

Mots clés : Barrage, Envasement, Gargar, Courants de densité, Eau.

ABSTRACT

The dam reservoir Gargar is a large-scale hydraulic works commissioned in 1989 with an initial capacity of 450 million m³. It is intended for irrigation and drinking water supply. Based on its first bathymetric survey conducted in 2004 by the National Agency of Dams and Transfers, the dam is cut with a volume of 92 million m³ in 15 years of operation following an accelerated siltation. An annual filling speed equal to 1.4% / year, a significantly superior value than we estimated in 2000. Estimated at 27% filling rate of the reservoir in 2014, the dam Gargar will be abandoned in 2060 if desilting provisions will not be taken in the short and medium term.

Keywords: Dam, Siltation, Gargar, Density currents, Water.

INTRODUCTION

Dans les régions arides, le phénomène de l'envasement est un problème hydraulique qui menace sérieusement la capacité des barrages. C'est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique. Environ 180 millions de tonnes de terre atteignent le littoral, dont une partie se dépose dans les barrages réservoirs (Demmak, 1982). Une quantité de 45 millions de m³ de vase se dépose chaque année dans les barrages Algériens (Remini, 2009). Cependant, dans certains cours d'eau on enregistre des concentrations en particules fines dépassant les 100 g/l (Remini, 1997). Ceci provoque la formation des courants de densité à l'entrée des réservoirs de barrages qui se propagent sur le fond de la retenue sous forme d'un faisceau d'eau bien individualisé jusqu'au pied du barrage (Duquennois, 1956 ; Duquennois, 1957 ; Remini, 1997). C'est exactement le type d'envasement des barrages en régions aride et semi aride. Le barrage de Gargar situé dans le bassin hydrographique de Chelif Zahrez, laquelle est considérée comme la région la plus érodée du nord Algérien. D'une capacité de 450 millions de m³, le barrage réservoir de Gargar est considéré parmi les trois plus grand barrages d'Algérie. Cependant, la présente étude examine l'état de l'envasement du barrage après 15 années d'exploitation en se basant sur le levé bathymétrique de 2004. C'est une mesure indispensable, puisqu'elle permet de classer le barrage selon le degré d'envasement ; une étape

Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement ?

décisive pour entamer des opérations de dévasement à court, à moyen ou à long terme.

MATERIELS ET METHODES

Situation et caractéristiques du barrage

Fort d'une capacité de 450 millions de m³, le barrage de Gargar est classé troisième après ceux de Beni Haroun (998 millions de m³) et Koudiat Acerdoune (650 million de m³). Il est situé à 350 km à l'ouest d'Alger (fig. 1, 2, 3). Il appartient au bassin hydrographique de Chellif Zahrez, dont les barrages sont les plus exposés au phénomène de l'envasement (Remini, 2009).

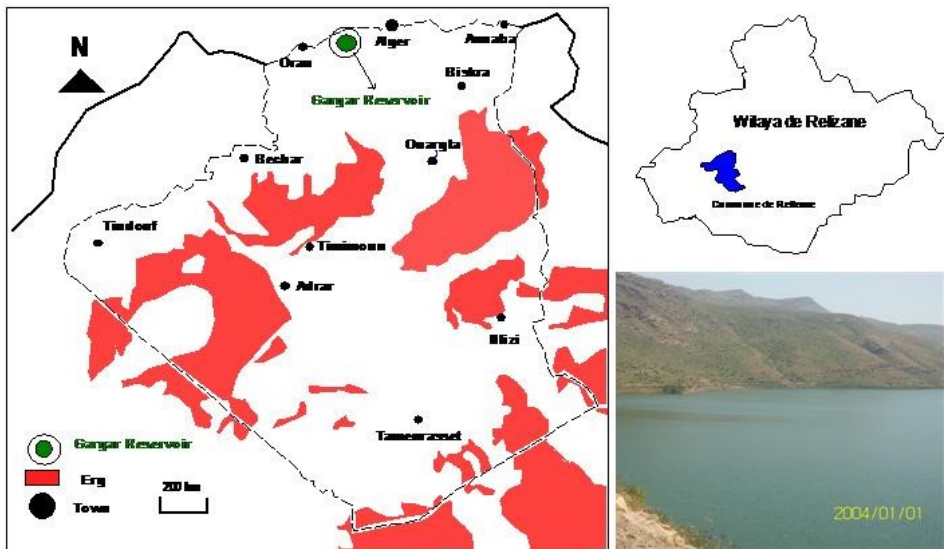


Figure 1 : Localisation du barrage de Gargar



Figure 2 : Vue de la digue du barrage de Gargar (Benfetta, 2004)



Figure 3 : Une vue du lac du barrage de Gargar (Benfetta, 2004)

Données utilisées

L'étude a été basée sur les données des apports, les lâchers et le levé bathymétrique réalisé en 2004 par le laboratoire d'étude maritime au profit de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts. Le levé bathymétrique de 2004 a été d'un grand apport pour cette étude. Pour compléter le manque de données, nous avons utilisé la méthode de prévision de l'envasement des barrages dans la région du Maghreb (Hallouche, 2007, Remini et Hallouche, 2005).

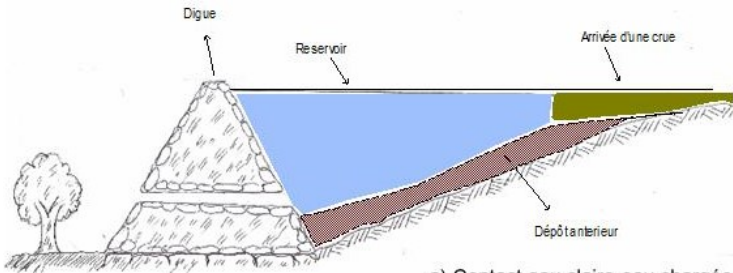
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Classement du barrage de Gargar vis-à-vis de l'envasement

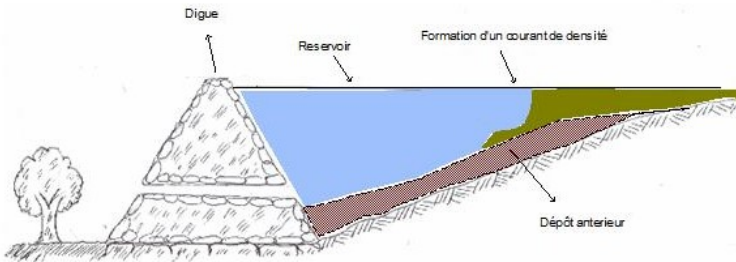
Un seul levé bathymétrique peut nous informer sur le degré de l'envasement d'un barrage. Sur la base du levé bathymétrique effectué par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts en 2004 sur le barrage de Gargar, nous avons évalué la vitesse de comblement annuel à 1,4 %/an. Le lac a atteint en 2004 un comblement de 20% de la capacité totale du barrage de Gargar. Donc, nous pouvons affirmer que le barrage de Gargar est menacé par l'envasement à court et à moyen terme.

Mécanisme des courants de densité dans le barrage de Gargar

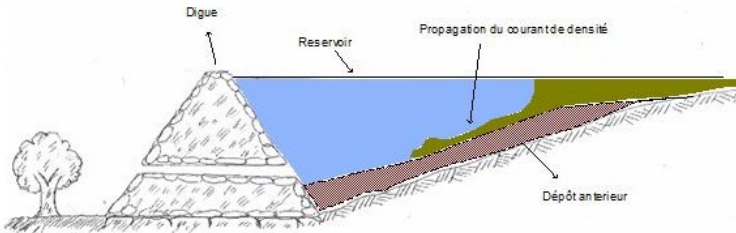
Selon le levé bathymétrique de 2004, un volume de 6,2 millions de m³ de boue rentre dans le lac et se tasse au fond du barrage. Une quantité jugée très élevée qui ne peut être drainée que par les courants de densité. C'est en période de crues que les courants de densité se manifestent dans le lac. En effet, à l'arrivée de la crue à l'entrée du réservoir, les eaux de pluie de couleur jaunâtre ou noirâtre chargées en éléments fins entrent en contact avec les eaux claires du lac (fig. 4a). La différence des masses volumiques des deux liquides provoque un déséquilibre de forces hydrostatiques qui se traduit par la plongée du fluide dense sous le fluide le moins dense (fig. 4b). Sous l'effet d'une vitesse produite par la différence de masses volumiques, le courant de densité se propage sur le fond du lac (fig. 4c). Favorisé par la gravité, le courant de densité peut parcourir une dizaine de kilomètres jusqu'à la rencontre d'un obstacle (pied du barrage). Le soutirage des courants de densité au moment de leur arrivée près des pertuis de vidange, peut être une bonne solution pour réduire le taux d'envasement du barrage (fig. 4d). Par contre, la non ouverture des vannes de fond, provoque une onde de retour, puis la stabilité du fluide dense et enfin la décantation des particules fines (fig. 4e et f). Les manœuvres tardives des vannes de fond engendrent seulement l'évacuation d'un cône de boue (fig. 4g).



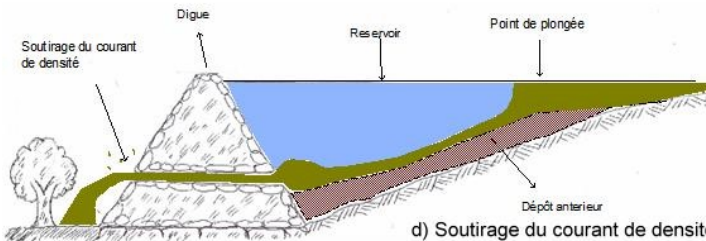
a) Contact eau claire-eau chargée



b) Formation d'un courant de densité



c) Propagation du courant de densité



d) Soutirage du courant de densité

Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement ?

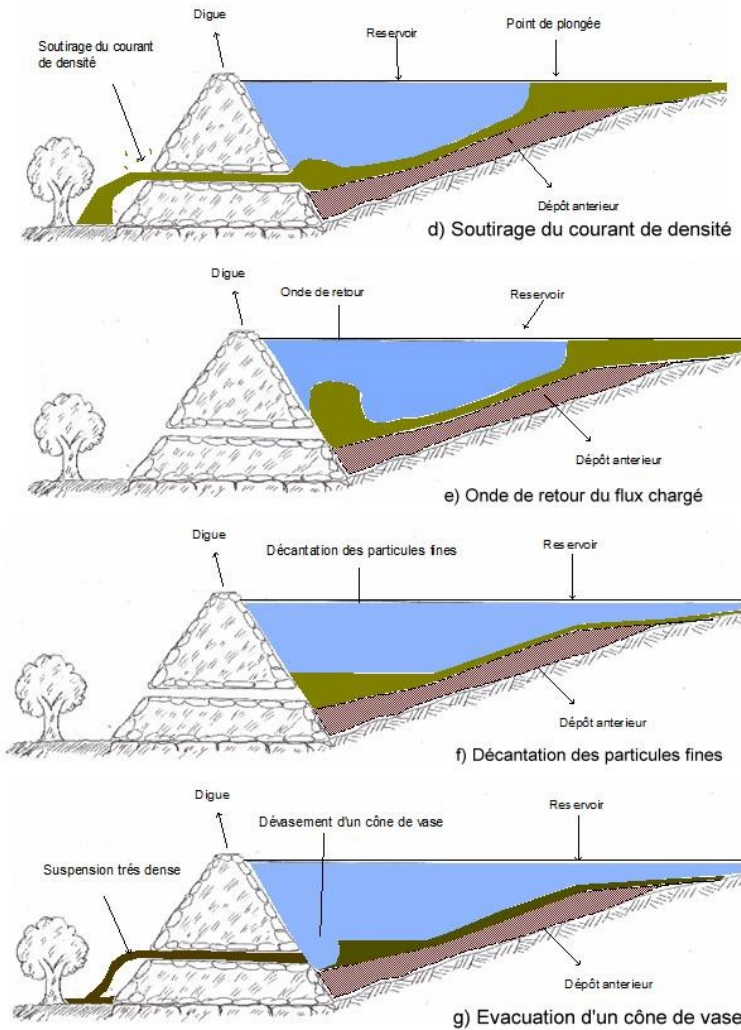


Figure 4 : Mécanisme des courants de densité dans un barrage (Schéma exécuté par Remini, 2015)

Propagation des courants de densité dans le lac de Gargar

Le réservoir de Gargar possède toutes les conditions naturelles (hydrauliques et géométriques) du développement des courants de turbidité. En effet, les crues

d'oued Rhiou sont des crues éclaires et dévastatrices et plus particulièrement celles d'Automnes et de Printemps. Ces crues de couleur jaunâtre et quelques fois noirâtre, synonyme d'une eau très chargée en particules fines. D'ailleurs, ces crues ramènent au barrage un apport solide annuel de 6,2 millions de m^3 ; une valeur jugée très élevée qui ne peut être transportée que par les courants de turbidité. Cet apport solide provient de l'érosion du sol au niveau du bassin versant et le sapement des berges de l'oued Rhiou. A l'entrée de la retenue, le contact entre les deux fluides de masses volumiques différentes engendre l'immersion d'un courant de turbidité (au point de plongée) qui s'écoule sur le fond du réservoir jusqu'au pied de la digue. La géométrie du lac présente une forme idéale pour la propagation des courants de turbidité. Le réservoir a une forme de canal de 12 km de longueur avec une largeur moyenne de 2 km et une longueur de 4 km avec une largeur de 1 km. Au total, les courants de densité parcourent une distance de 16 km du point de plongée jusqu'au pied du barrage (fig. 5). Sur les 4 derniers kilomètres du canal, les courants de densité doublent la vitesse, puisque le canal a la forme d'un convergent naturel (fig. 5).

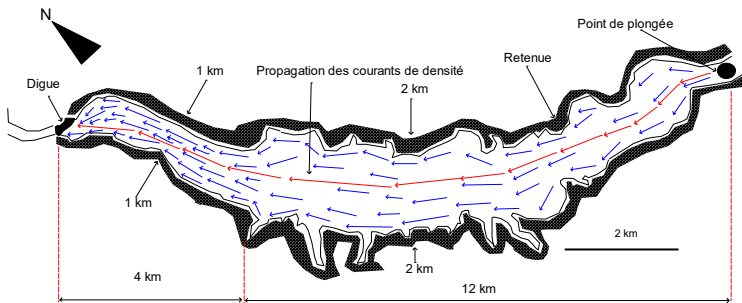


Figure 5 : Propagation des courants de densité dans le lac de Gargar

Evolution temporelle de l'envasement dans le barrage de Gargar

Les mesures périodiques par les levés bathymétriques est le moyen le plus sûr pour contrôler l'évolution du toit de vase dans une retenue d'un barrage. Cependant, le premier levé bathymétrique réalisé après la première ou la deuxième année d'exploitation est un levé décisif. C'est un indicateur qui permet aux barragistes de connaître le degré d'envasement et de choisir les moyens techniques pour réduire les dépôts sédimentaire. Le premier levé effectué sur le barrage de Gargar en 2004, soit 15 années après la date de sa mise en exploitation, nous a donné un volume de dépôt vaseux égal à 92 millions de m^3 et un volume d'eau égal à 358 millions de m^3 . Soit un taux

d'envasement moyen annuel de 6,2 millions de m³. Dans ce cas le taux de comblement du barrage en 2004 est de 20% et la vitesse de comblement est de 1.4%/an. Ces valeurs permettent de classer le barrage de Garagr comme un barrage à fort taux d'envasement. Sur la base du levier bathymétrique de 2004 et la relation prévisionnelle de l'envasement : $W_v/W_0=1.62 t^{0.87}$ établit pour les barrages à fort taux d'envasement situés dans la région du Maghreb (Remini et Hallouche, 2007 ; Hallouche, 2005), nous avons tracé l'évolution temporelle de l'envasement du barrage de Gargar (fig. 6). Il est intéressant de constater qu'au début de l'exploitation du barrage, le remplissage du réservoir par les particules fines s'effectue linéairement en fonction du temps. A partir de l'an 2000, on assiste à une diminution de l'envasement due principalement au mode de l'exploitation du barrage (soutirage des particules fines par les pertuis de vidange d'une façon périodique). La tendance à retrouver la pente d'équilibre par les dépôts de plus en plus à l'amont du barrage.

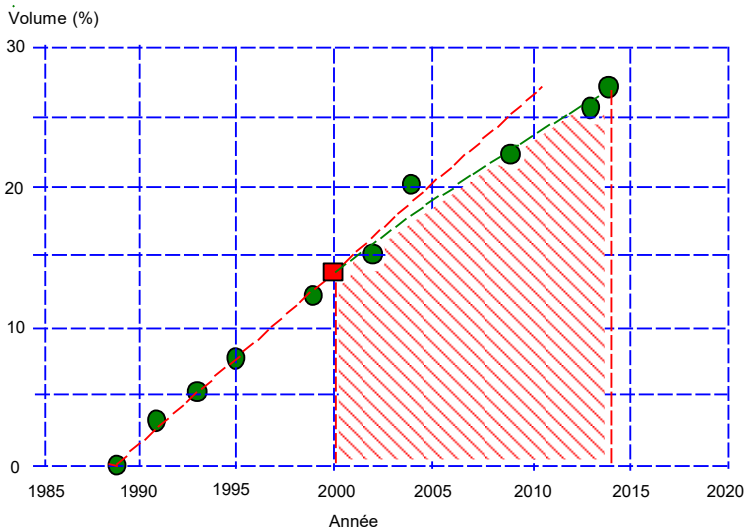
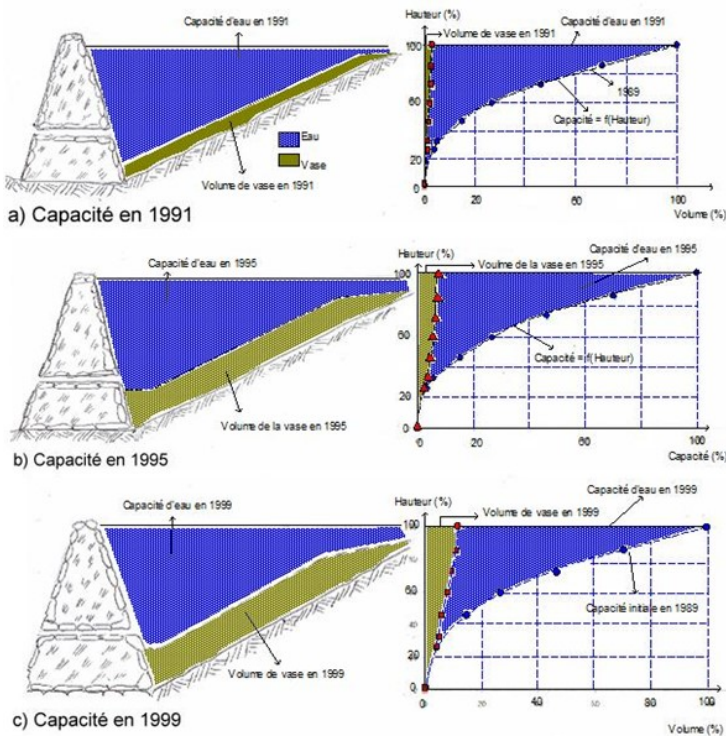


Figure 6 : Evolution de l'envasement dans le barrage de Gargar

Diagramme de l'évolution de la capacité du barrage de Gargar

La conséquence la plus dramatique de l'envasement est sans aucun doute la réduction de la capacité des barrages. Selon Remini (1997), le diagramme de l'évolution de la capacité d'un barrage est le meilleur outil pour avoir une idée sur les volumes d'eau et de vase dans un barrage à n'importe quelle année et à

la hauteur voulue. Nous avons représenté sur la figure 7, le diagramme de l'évolution de la capacité de Gargar durant les périodes : 1989-1991, 1989-1995, 1989-1999, 1989-2004 et 1989-2014. Il est intéressant de constater graphiquement et schématiquement, la régression de la capacité du barrage durant les cinq périodes. Au niveau de la côte normale, la capacité d'eau du barrage est passée de 450 millions de m³ en 1989 jusqu'à 330 millions de m³ en 2014. Toute l'eau du barrage sera chassée et remplacée par la boue d'ici l'an 2060. Une durée très courte pour un barrage aussi important dans tout le bassin hydrographique du Chellif Zahrez. Il est temps que les services concernés se mobilisent pour augmenter la durée de vie du barrage. Des aménagements doivent être opérés au niveau du bassin versant à l'amont du barrage. Des consignes strictes seront données aux barragistes pour mener des opérations de soutirages des courants de densité à l'arrivée des crues. Le suivi de l'envasement du barrage doit s'effectuer par les mesures des levées bathymétriques chaque deux année.



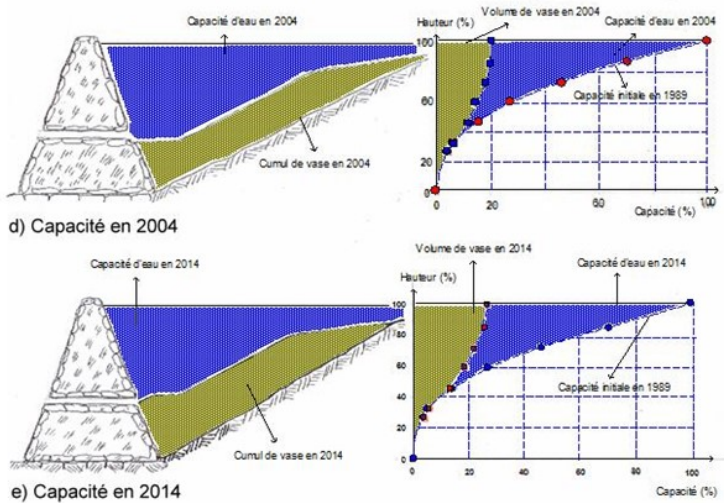


Figure 7 : Diagramme de l'évolution de la capacité du barrage de Gargar (Schéma exécuté par Remini, 2015)

Délimitation du lac en 3 parties

L'évolution de la boue dans un barrage est un problème complexe. C'est ainsi que la répartition des sédiments varie d'un endroit à un autre. Remini (1997) a proposé la délimitation du lac d'un barrage en 3 parties (fig. 8): La basse désignée par la zone 1, la centrale par la zone 2 et la partie haute par la zone 3. Chacune des parties a ses propres caractéristiques. C'est ainsi, que la zone 1 est souvent perturbée par les manœuvres de vannes : les particules fines sont drainées par les courants de densité sont soutirées par les pertuis de vidange. Dans ce cas, l'évolution du toit de vase devient compliquée et qu'elle ne suit aucune loi. Mêmes constatations peuvent être tirées de la zone 3 sauf que les perturbations du toit de vase sont provoquées par les variations du plan d'eau à l'arrivée des crues. Cette zone est le lieu de la plongée des courants de densité avec les dépôts de particules fines qui découlent de la formation des courants de densité.

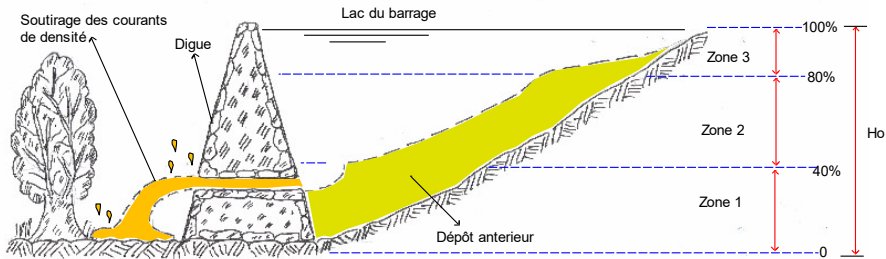


Figure 8 : Délimitation de la retenue en trois parties

Evolution de l'envasement dans la zone 1

C'est la partie la plus complexe d'un barrage. Il serait impossible d'étudier l'évolution du toit de vase, puisqu'elle est liée directement à la gestion des pertuis de vidange. Les dépôts vaseux restent constants dans le temps pour un soutirage correct. Par contre pour un mauvais soutirage, les dépôts évoluent dans le temps. Alors pour suivre l'évolution des dépôts de boue dans la zone 1, on suit dans le temps le point d'intersection (I) des courbes d'envasement. A cet effet, nous avons représenté sur la figure 9, l'évolution dans le temps du cumul de vase. Il est intéressant de constater que le point (I) d'intersection a évolué de la profondeur égal à 12% pour atteindre 40% de profondeur durant la période : 1995-2014. Cette évolution explique bien que la boue drainée par les courants de densité durant toute cette période n'a pas été soutirée totalement. Pour justifier cette hypothèse, nous avons représenté sur les figures 10 et 11, les apports annuels au barrage et les soutirages annuels effectués par les pertuis de vidange durant la période : 2001- 2012. Il est intéressant de constater par exemple que durant l'année 2004/2005, les soutirages ont été exécutés en retard par rapport à l'arrivée des crues. Le tableau 1 représente le rapport entre la mixture soutirée et l'apport liquide annuel. Nous constatons que ce rapport varie entre 0.5 et 5%, ceci provoque souvent des ondes de retours des courants de densité et par conséquent une proportion des sédiments se décante. Les schémas des figures 12 et 13, montrent approximativement le fonctionnement des soutirages durant les années 2008/2009 et 2004/2005.

Tableau 1 : Rapport : suspension soutirée/apports liquides

Année	Soutirages/apports (%)
2001/2002	0,6
2002/2003	0,6
2003/2004	0,5
2004/2005	5,3
2005/2006	0,75
2006/2007	0,8
2007/2008	1,35
2008/2009	1,35
2009/2010	1
2010/2011	0,8
2011/2012	3

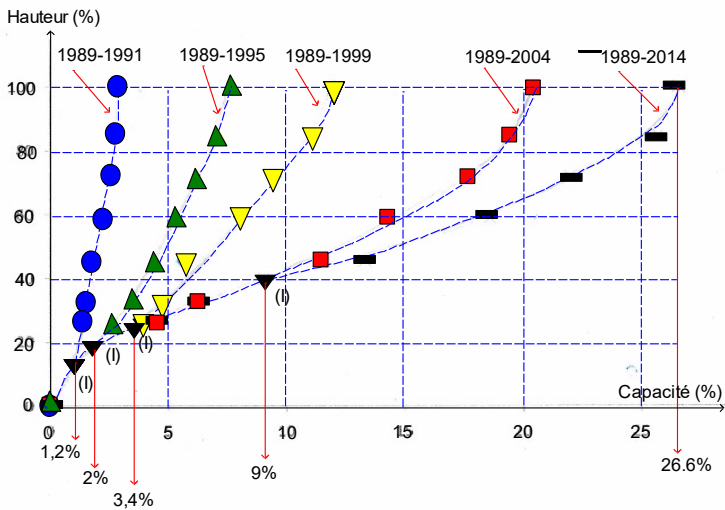


Figure 9 : Evolution de l'envasement dans la partie basse du barrage

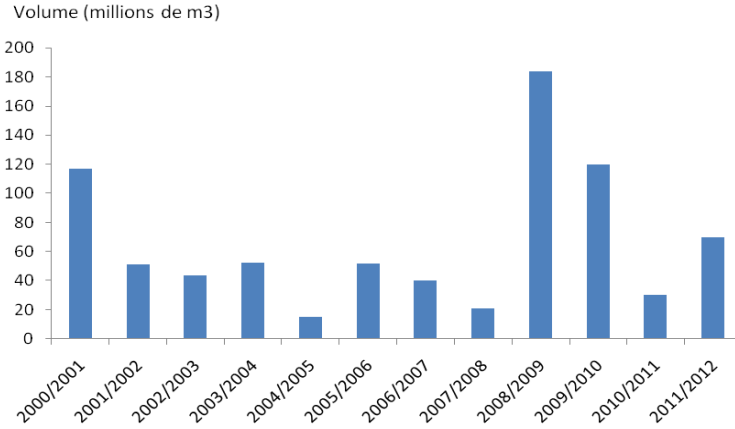


Figure 10 : Les apports liquides au barrage durant la période : 2000-2012

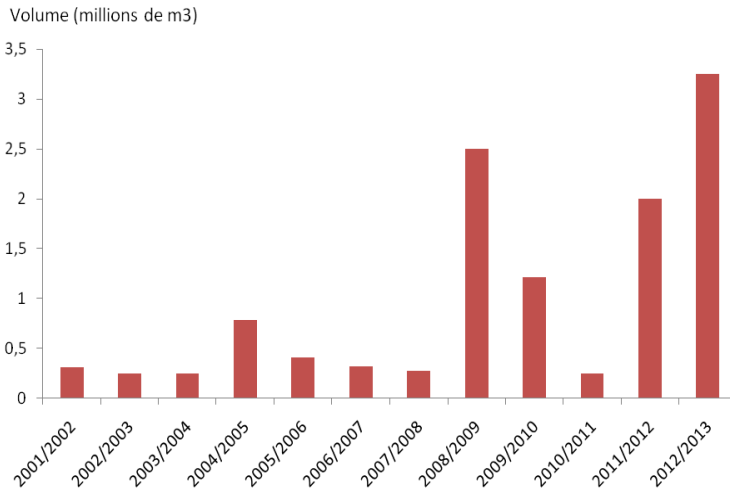


Figure 11 : Les quantités de suspension soutirées du barrage durant la période 2000-2012

Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement ?

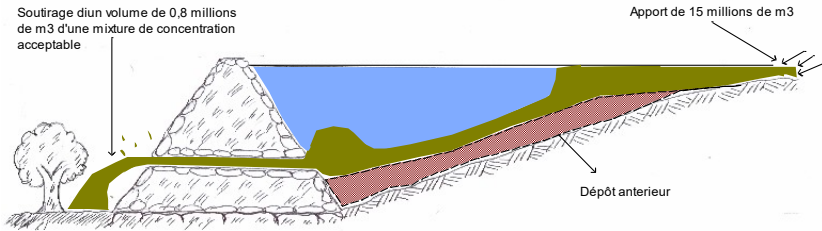


Figure 12 : Quantités de suspension soutirées durant l'année 2004-2005

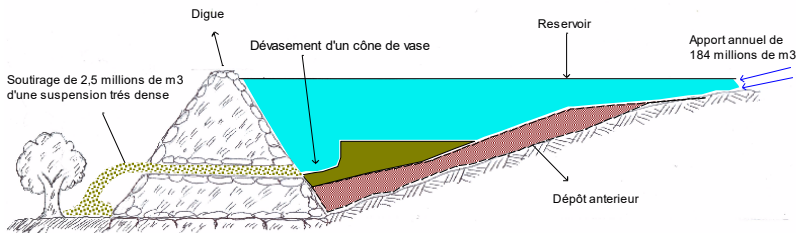


Figure 13 : Quantités de suspensions soutirées durant l'année 2008-2009.

Evolution de l'envasement dans la zone 2

La partie centrale est loin des parties haute et basse. Donc, les dépôts vaseux sont épargnés par les perturbations du plan d'eau à l'arrivée des crues et les manœuvres des pertuis de vidange. C'est une zone des dépôts de fines particules à cause de l'évanouissement des courants de densité de faibles concentrations. La figure 14 représente l'évolution de l'envasement dans la partie centrale pour les périodes : 1989-1991, 1989- 1995, 1989-1999, 1989-2004, 1989-2014. Il est intéressant de constater que pour ces cinq périodes, la relation est linéaire. Ce qui veut dire que le toit de vase évolue parallèlement au fond du lac.

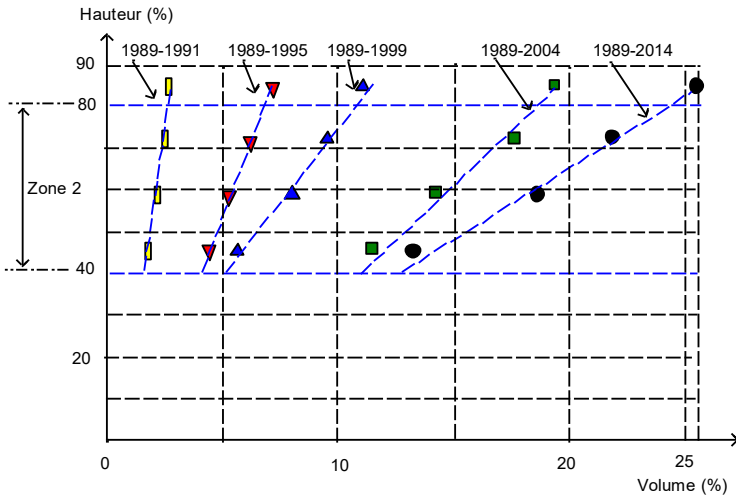


Figure 14 : Evolution de l'envasement dans la partie centrale du barrage de Gargar

Evolution de l'envasement dans la zone 3

C'est très difficile de suivre l'évolution du toit de vase dans la partie haute du barrage à cause des variations du plan d'eau provoquées par les apports des crues. Il est à noter que la zone 3 est le lieu de dépôts de particules fines engendrées par la plongée des courants de densité. Cette zone délimitée entre les cotes 80 et 100% est la première zone qui se comble dans le processus de l'envasement d'un barrage. En plus le comblement de la zone centrale s'étend vers la zone 3. Nous avons représenté sur la figure 15, l'évolution de l'envasement dans la partie haute du barrage de Gargar. Il est intéressant de constater que durant les deux périodes : 1989-1991, 1989- 1995, les dépôts évoluent linéairement avec la même pente entre les deux parties ; centrale et la haute. Ceci peut être expliqué par le faible dépôt des sédiments sur tout le lac. Par Contre, durant les périodes : 1989-1999, 1989-2004 et 1989-2014, les dépôts sont beaucoup plus importants sur toute la retenue. L'évolution des dépôts vaseux dans la zone 3 se caractérisent par une évolution linéaire mais avec une pente beaucoup plus accentuée que celle de la droite de la zone 2. La boue donc occupe l'eau et la surface du lac se rétrécit petit à petit.

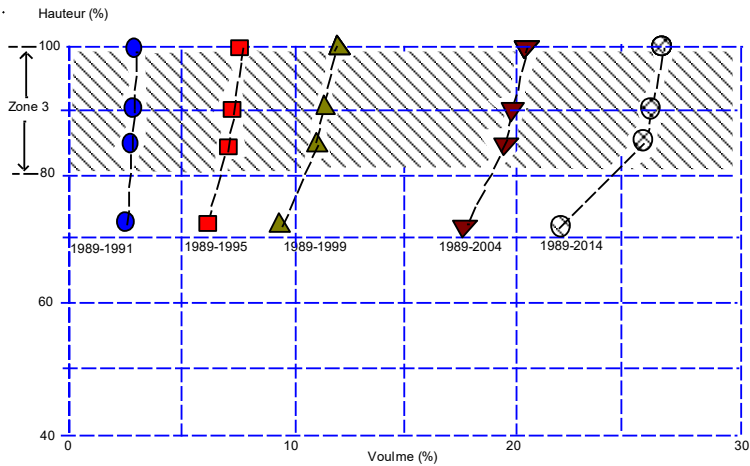


Figure 15 : Evolution de l'envasement dans la partie haute du barrage de Gargar

CONCLUSION

Classé comme 3^{ème} grand barrage en Algérie avec une capacité initiale qui avoisine 450 millions de m³, après ceux de Beni Haroun Koudiat Acerdoune, le barrage de Gargar est menacé aujourd'hui après uniquement 15 années d'exploitation. Réalisé dans un bassin hydrographique très érodée, le taux de comblement en 2014 avoisine la valeur de 27% de la capacité totale. Le taux de comblement annuel est de 1,4%/an, ce qui veut dire que le barrage est sérieusement menacé par les dépôts successifs de boue. Avec une telle vitesse de comblement, l'exploitation du barrage de Gargar ne pourra pas dépasser 2060. Il est temps de procéder à l'aménagement du bassin versant par des corrections torrentielles et le suivi des consignes de soutirage afin d'accroître la durée de vie du barrage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DEMMAK A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale, Thèse de Docteur Ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- DUQUENNOIS H. (1956). Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs - barrage d'Ighil Emda. Electricité et Gaz d'Algérie, Compte rendu N° 3 Année 1955 - 1956, 17 p.
- DUQUENNOIS H. (1957). Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs - barrage d'Ighil Emda. Electricité et gaz d'Algérie, Compte rendu N° 4, Année 1956-1957, 22 p.
- HALLOUCHE O. (2007). Prévission du transport solide et sédimentation dans les barrages, Thèse de Doctorat Sciences, Département d'Hydraulique, Université de Biskra, 105 p.
- REMINE B., LEDUC C., HALLOUCHE W. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens, Revue Sécheresse, 2009, Vol.1, N°20, 1-8.
- REMINE B. (1997). Envasement des retenues de barrages en Algérie: importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique de soutirage, Thèse de Doctorat d'Etat en Hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Juin, 342 p.
- REMINE B., BENSALFIA D., MISSOUM M. (2015). Silting of Foum El Gherza Reservoir, GeoScience Engineering, Vol. LXI, N°1, 1-9.
- REMINE B., BENSALFIA D., NASROUN T. (2015). Impact of sediment transport of the Chellif River on silting of the Boughezoul reservoir (Algeria), J. Water Land Develop., N°24, 35-40.
- REMINE B., HALLOUCHE O. (2005). Prévission de l'envasement dans les barrages du maghreb, Larhyss Journal, N° 4, Juin, 69-80
- REMINE B. (2011). Une nouvelle approche de lutte contre l'envasement des barrages : la technique des obstacles émergés, Larhyss Journal, N°9, Décembre, 43-53.
- REMINE B., HALLOUCHE W. (2007). Studying Sediment, Rev. Int. Water Power Dam Construct., Octobre, 42-45.