Perte de capacité de stockage au barrage des Zardezas, Algérie

TOUMI Abdelouaheb*, REMINI Boualem**

* Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique (L.G.C.H), Université 08 Mai 1945 Guelma ; Algérie, Email : toumiouaheb@yahoo.fr

**Laboratoire de Recherche d'Hydraulique Souterraine et de Surface LA.R.HY.S.S université Mohamed Khieder, Biskra. Tel/Fax : 213 25 43 39 40, Email : reminib@yahoo.fr

Résumé

Les barrages algériens se trouvent exposés à certains problèmes hydrauliques entre autres l'évaporation intense, les fuites d'eau et l'envasement.

L'envasement est le problème le plus dramatique de tous les problèmes que rencontrent les réservoirs de barrages. Cependant, la non maîtrise du phénomène, aux échelles du bassin versant et de la digue, aggrave rapidement l'état initial de la cuvette de l'ouvrage et, dans certains circonstances, peut renverser les volumes initiaux de la retenue où le volume mort devient utile est inversement.

Les barrages algériens sont également exposés au problème d'envasement. en effet, les cent (74) barrages disséminés à travers le pays reçoivent annuellement plus de 50 millions de m ^{3}de vase (ANBT). Le barrage des Zardezas situé à 350 Km à l'Est d'Alger est l'un des barrages algériens fortement menacés par ce problème.

L'envasement accéléré de la cuvette de ce barrage en combinaison avec la demande croissante en eau, de tous les secteurs consommateurs de la région, a conduit les services concernés de l'an 1971 à l'an 1974 a effectué une surélévation de sa digue pour augmenter sa capacité de stockage et par conséquent subvenir la demande en eau.

Cette nouvelle capacité n'a résisté, au taux élevé de vase, que certaines années et le recours au dragage de la cuvette a était choisi comme solution.

Les deux solutions choisies (la surélévation et le dragage) ont donné des résultats encourageants, mais au cours du temps ces résultats ont perdu de leurs efficacités à cause d'énormes quantités de vase entrantes à la cuvette du barrage des Zardezas et l'apparition des crues répétitives, mesurées à chaque fois à l'évacuateur de crues situé à la digue, quand la pluie atteint, à chaque fois, un seuil donné.

Le suivi au cours du temps des quantités d'eau perdues, par les phénomènes d'évaporation et de fuites, permet de dire que la surélévation de la digue effectuée augmenterait la surface immergée et par conséquent la quantité d'eau perdue par évaporation alors que la fluctuation des fuites d'eau est minimale à cause des sérieux travaux d'étanchéité effectués, au niveau des appuis et à la fondation de la digue, lors de la surélévation.

Mots clés: Barrage - Algérie - **Zardezas** - Envasement- surélévation- dévasement-Évaporation – Fuites d'eau

1- Présentation de la zone d'étude

Le barrage des Zardezas est situé sur l'Oued Saf-Saf à 350 km à l'Est d'Alger et à 30 km au sud de la ville côtière de Skikda. Il assure l'irrigation de 1000 hectares du périmètre de la plaine du Saf-Saf et l'alimentation en eau potable de la ville chef lieu et des communes de Zerdaza, El-Harrouch, Aïn Bouziane et Mzedj Edchich ainsi que la zone industrielle (Raffinerie pétrolière) de Skikda. Le barrage des Zardezas assure également la régularisation du débit d'oued Saf-Saf contre les crues violentes qui se produisent surtout durant les moments pluvieux de l'automne, du printemps et de l'hiver.

L'ancien barrage, d'une capacité initiale de 15 millions de m^3, construit de 1926-1945, suite à son envasement, a été surélevé durant la période allant de 1971 à 1974 (ANBT) pour augmenter sa capacité de stockage à environ 32 Hm^3.

Ce barrage, qui date de 1926, dispose d'une capacité instable au cours du temps à cause des quantités élevées des sédiments arrivant à sa cuvette. En effet, le dernier levé bathymétrique indique que sa capacité de stockage n'excède pas 18.6 millions de m^3**.**

Le barrage des Zardezas est de 74,2 m de hauteur à partir de la fondation, sa largeur à la base est de 44 m alors qu'à la crête est de 6,50 m, il a une longueur à la crête de 242 m. Le niveau normal de la retenue (NNR) se trouve à 197,30 NGA et celui des plus hautes eaux (NPHE) à 199,00 NGA.

Au niveau de la digue du barrage des Zardezas quatre (4) vannettes de dévasement, de 300 mm de diamètre, sont installées à la cote 178 m.

La figure 1 donne une vue générale de la digue du barrage des Zardezas.

Figure 2 : Photo du barrage des Zardezas, Algérie (TOUMI, 04/05/2016)

Le lac créé par la digue est de type étendu, après la surélévation elle s'étend sur une surface de 193,4787 hectares au niveau normal de la retenue (NNR=197,30 m) et atteindre 205,700 hectares à la cote des plus hautes eaux (NPHE = 199 m).

2- Méthodes de mesure et données utilisées

2-1 mesures effectuées et matériels

a) Levés bathymétriques

Depuis la fin des travaux de surélévation de la digue en 1974 à nos jours, trois levés bathymétriques ont été effectués, le premier en 1986, le second 2003 et le dernier en 2006.

b) Levés topographiques

Les levés topographiques, qui nous intéressent lors de l'étude de l'envasement, sont beaucoup plus ceux réalisés en parallèle avec les levés bathymétriques car ils permettent de faire les levés topographiques du niveau normal de la retenue jusqu'à la cote des plus hautes eaux.

c) Mesure de l'évaporation

Un bac de type Colorado est installé à la rive gauche du barrage et ce à un niveau égale au NNR. Il permet de mesure l'évaporation durant 24 heures à l'échelle du bac et par la

suite faire la transformation sur la surface du lac du barrage en donnant ainsi le volume d'eau évaporé.

d) Pluviomètre

Il est utilisé pour suivre, au cours du temps, la quantité de précipitation tombée dans la région. Les mesures, au niveau de ce barrage, s'effectuent chaque 24 heures à huit heures du matin.

e) Échelle limnimétrique

Elle a comme objet la lecture du niveau d'eau dans le lac du barrage et par conséquent permet de déduire la surface immergée et le volume d'eau total stocké dans la cuvette du barrage.

2-2 Données utilisées

Dans cette optique, nous avons utilisé toutes les données climatologiques fournies par la station pluviométrique, installée à la rive gauche du barrage des Zardezas, à savoir : précipitations, température, vent, humidité, évaporation d'une part et d'autre part celles concernant l'ouvrage, le bassin versant, la géologie du site de la digue et du bassin versant, le phénomène de sédimentation de la cuvette du barrage, la surélévation, le dragage, les crues répétitives mesurées au niveau de la digue et les courbes des volumes et des surfaces en fonction du niveau d'eau dans la cuvette et leurs variations au cours du temps.

3- Résultats et interprétations

Des travaux de dévasement on été menus de 1992 à 2006 par le procédé de dragage et de 2006 à 2010 par celui du soutirage des sédiments par les vannes de dévasement.

Selon l'ANBT, la première phase des travaux de dévasement, entamée en 1992/1993, avait permis d'extraire 10 millions de m^3 de vase, avant l'arrêt des travaux qui devaient donner lieu, au titre d'une seconde phase, à l'enlèvement de 7 millions de m^3. Malheureusement, celle-ci s'est limitée au dégagement de 300.000 m^3 à cause d'un problème purement technique de l'entreprise qui fait l'opération.

Il est à noter que l'enlèvement de 10300.000 m^3 de vase par la technique de dragage de la cuvette a un peu augmenté la durée de vie de cet ouvrage si non il est presque péri et sa capacité de stockage serait d'environ 3.000000 m^3.

Les services chargés de l'exploitation du barrage des Zardezas recommandaient d'exploiter le barrage à la cote de 193 m au lieu de 197,30 m pour des mesures de sécurité à cause d'une diminution de la stabilité de la digue (disfonctionnement de 32 % des têtes des tirants de précontrainte). Cette nouvelle cote porte le volume d'eau stockable à environ 11 millions de m^3 ce qui est nettement inférieur à 17,421 Hm^3 qui correspond à la cote normale de la retenue 197,30 m.

3.1 Perte de capacité par envasement

Nous avons synthétisé les principaux résultats, des trois levés topo-bathymétriques, pour les niveaux normale de la retenue et des plus hautes eaux dans le tableau 3.

Tableau 3 : Volumes et surfaces aux niveaux normal et des plus hautes eaux pour les 3 levés topo-bathymétriques

Paramètres	Levé 1986	Levé 2003	Levé 2006
Surface au NNR (Hectares)	193.4787	189.963091	187.738
Volume stocké au NNR en (m^3)	20.802.476	18.67885503	17.421000
Surface au NPHE (Hectares)	205.7000	202.58	202.058
Volume au NPHE en (m^3)	24.194.464	20.010000	20.744000

Des trois levés bathymétriques réalisés, on peut constater une diminution de la capacité de stockage à la cote normale de la retenue, l'explication qui peut être donnée est que, malgré les travaux de dévasement qui se sont déroulés dans cette cuvette, la vitesse de sédimentation est supérieure à celle de dévasement.

Pour mettre en exergue la variation de la capacité de stockage au cours du temps, nous avons représenté dans la figure 2 la variation des volumes d'eau dans la retenue en fonction des cotes pour les trois levés bathymétriques réalisés.

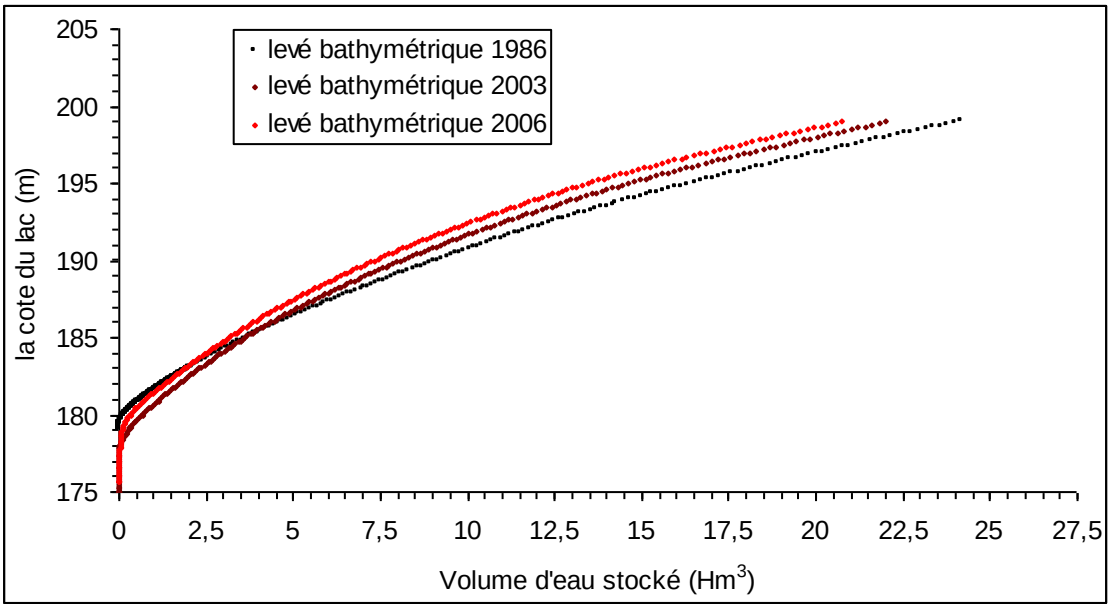

Figure 2 : Variation des volumes d'eau stockés en fonction des cotes du lac dans le barrage des Zardezas, Algérie (Source de données, ANBT)

La différence enregistrée entre les trois courbes témoigne de la modification qu'a subi la forme initiale de la cuvette du barrage des ZRDZS. Ce changement de forme est dû aux matériaux transportés par l'eau et déposés dans sa cuvette.

Le volume se trouvant entre les trois courbes est considéré comme perdu, car la vase a pris la place de l'eau. Après 20 ans du premier levé bathymétrique et pour la même cote du lac, on enregistre une diminution à chaque levé bathymétrique, du volume d'eau stocké dans la retenue du barrage des Zardezas, cette perte est due sans aucun doute à la quantité de vase déposée dans cette retenue.

En effet, une vitesse faible de sédimentation de 0,1247 Hm^3/an est enregistrée entre 1986 et 2003 du fait que le cuvette a subi un très fort dévasement durant cette période, alors que la forte vitesse d'envasement, 0,42 Hm^3/an, constatée entre l'an 2003 et l'an 2006 est due aux quantités faibles de sédiments extraites par dévasement de la retenue d'une part et d'autre, ce qui est possible, à la grandeur de quantité de vase arrivée à la cuvette du barrage.

Sous le niveau de 184 m, on assiste a une augmentation du volume stocké par rapport à celui en 1986, cette augmentation est due au dragage stationnaire et aux vases extraites par les six vannes de dévasement.

L'analyse des plans topo-bathymétriques de l'an 2006 montre que la zone située entre la digue et 1200 m en amont du barrage est draguées jusqu'à la cote moyenne 180 m. Au de la des 1200 m le talus abrupte montre la limite entre la zone draguée et la zone non draguée avec une pente de 24% (ANBT, 2006).

Près du talus, des fosses qui atteignent la cote 176 m sont dues au dragage stationnaire.

Pour mettre en évidence l'influence des actions curatives et préventives sur la capacité de stockage actuelle et future de cette cuvette et les quantités de sédiments entrantes dans laquelle, nous avons tracé la courbe représentons la variation dans le temps de la capacité de stockage de la cuvette du barrage.

L'action curative, par dragage, effectuée dans la cuvette du barrage des Zardezas n'arrivaient pas encore à mettre sa capacité de stockage même pas au-dessus de la moitie de son volume de stockage initial. En effet, malgré ces travaux, le phénomène de sédimentation persiste et on assiste chaque année à des pertes d'eau difficilement récupérables à cause de la complexité du phénomène et du coût élevé du dévasement.

La forte diminution de la capacité de stockage d'eau de la retenue du barrage des Zardezas d'un côté et d'un autre côté l'importance de cet ouvrage vis-à-vis la région où il était inauguré, a poussé l'Agence Nationale des Barrages et Transferts, au mois de septembre 1992, a entamé des opérations de dévasement par dragage de sa cuvette.

La figure 3 donne la variation au cours du temps de la quantité de sédiments déposées dans la cuvette du barrage des Zardezas en tenant compte des quantités arrachées au dévasement par dragage.

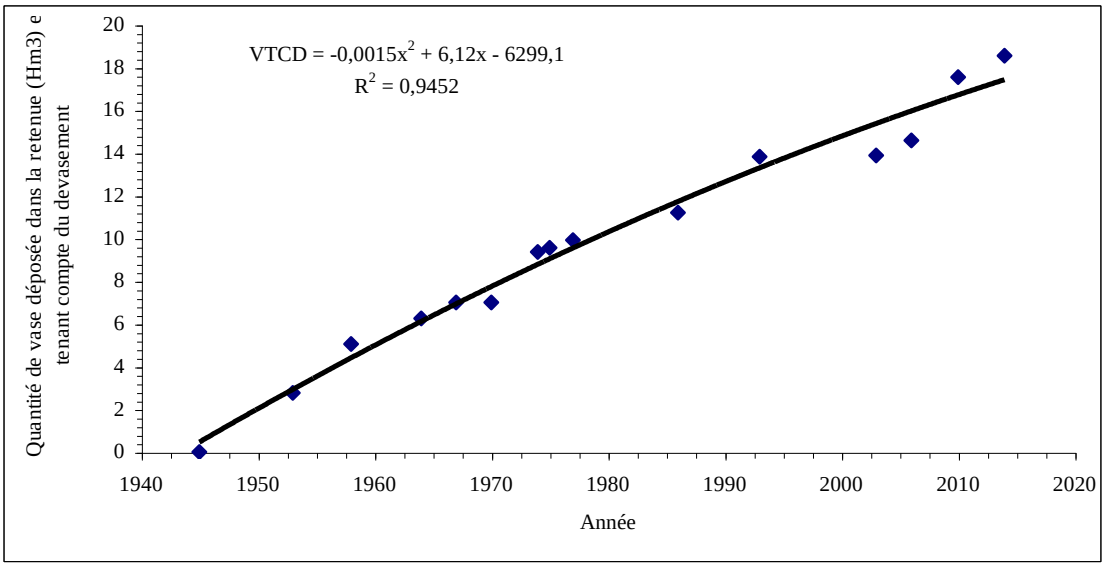

Figure 3 : Quantités de sédiment déposées au cours du temps, en tenant compte du dévasement, dans la cuvette du barrage des Zardezas, Algérie (Source de données, ANBT & REMINI.B)

La courbe représentant la quantité de sédiments déposée dans la cuvette de ce barrage est devenue plongeante à cause des quantités de vase enlevées par dragage. Donc le dévasement effectué à cette cuvette à prolonger la durée de vie de cette infrastructure mais il est insuffisant du fait que sa capacité de stockage persiste à diminuer.

De ces représentations, nous pouvons jugé que le dévasement, par dragage, effectué au barrage des Zardezas a prolongé sa durée de vie, il a permis également à cet ouvrage de continuer à jouer une grande part de ses rôles dans la région où il est inauguré. Sans parler du coût du dévasement par dragage au barrage des Zardezas et sans cette action curative sa capacité de stockage serait de 3 Hm^3 au lieu de 32 Hm^3.

3-2 Perte d'eau par évaporation au barrage des Zardezas

Malgré que la réserve en eau du barrage des Zardezas, en 1974, était de l'ordre de 32 Hm^3. Cependant, les quantités d'eau évaporées du lac sont importantes surtout durant la période allant du débit du mois de Mai jusqu'à la fin du mois de Septembre. La figure 4 donne la variation au cours du temps de l'évaporation au lac du barrage des Zardezas.

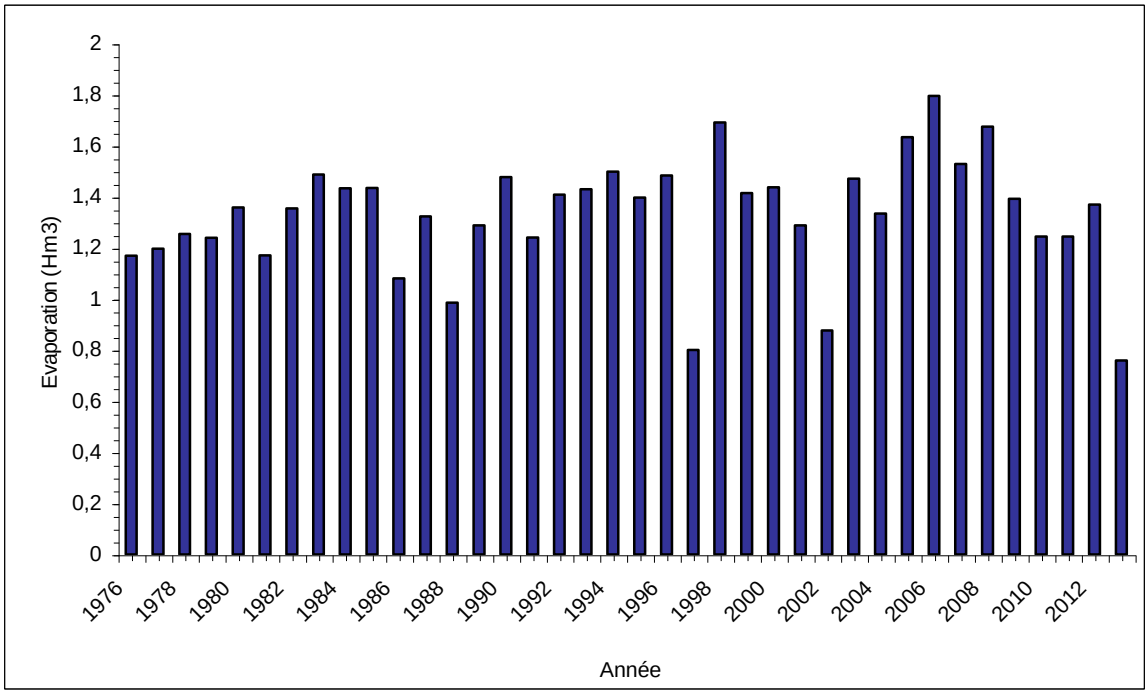

Figure 4 : Variation au cours du temps de l'évaporation au barrage des Zardezas, Algérie

La quantité d'eau moyenne évaporée durant cette période (1976-2015) est estimée à 1,33 Hm^3, le plus faible volume évaporé annuellement est enregistré durant l'an 1998 à cause de la sécheresse qui a touché la région à cette époque-là.

La figure 5 indique la variation de l'évaporation moyenne mensuelle au lac du barrage des Zardezas.

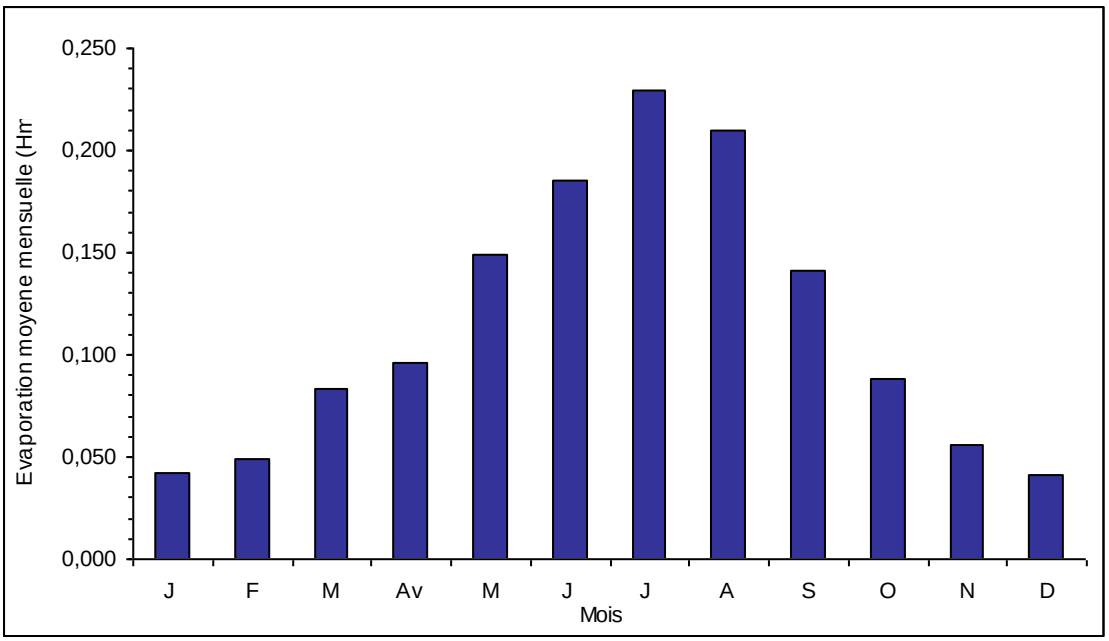

Figure 5: Variation de l'évaporation moyenne mensuelle au barrage des Zardezas, Algérie

Ce pyramide, qui prend son sommet au mois de Juillet, montre que la période de forte évaporation commence du mois de Mai et prend fin au mois d'Octobre. Il montre clairement que durant la saison d'été l'évaporation est maximale, suivi des saisons du printemps, de l'automne et enfin la saison d'hiver.

L'établissement d'une carte de prévision de l'évaporation et l'obtention de relations entre l'évaporation et la superficie des lacs permet d'estimer le volume d'eau évaporée pour tout barrage en projet ou en exploitation (REMINI.B, 2005).

Enfin, existent-ils des moyens pour minimiser les grandes quantités d'eau perdues par évaporation dans les retenues de barrage ?

3-3 Perte d'eau par fuites au barrage des Zardezas

Les fuites d'eau au barrage des Zardezas sont mesurées au niveau de la galerie soit par empotement soit par des déversoirs. Elles sont dues aux drains qui minimisent les sous pressions et aux étanchéités surtout à travers la surface de raccordement lors la surélévation de la digue et à la vidange de fond. La figure 6 illustre la variation au cours du temps des volumes perdus par fuites.

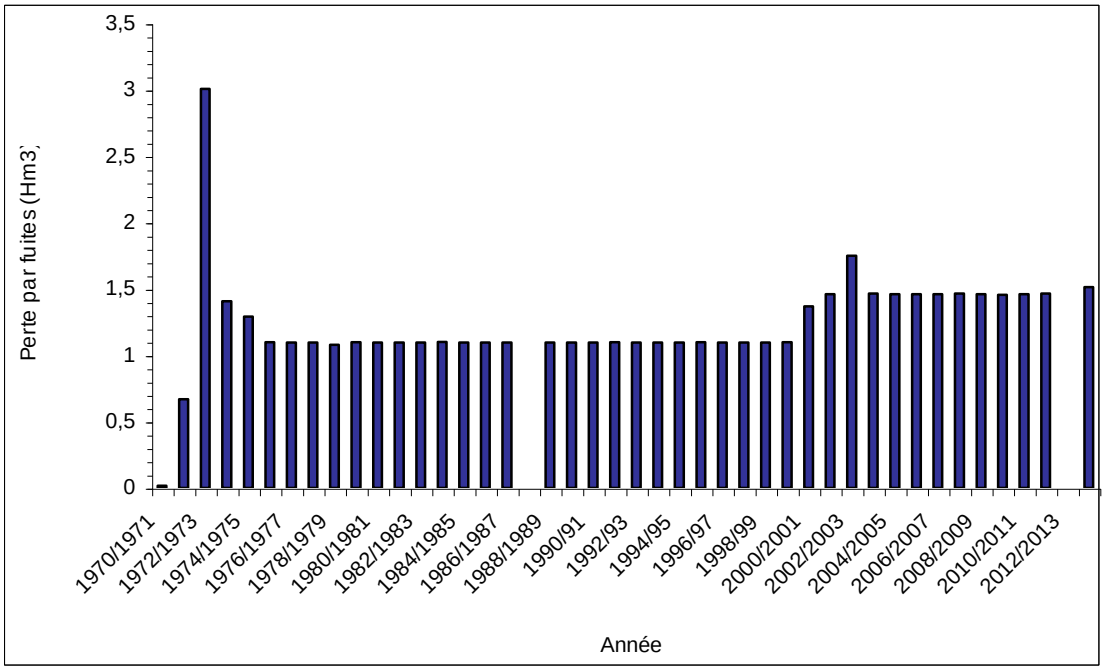

Figure 6 : Variation annuelle des pertes d'eau par fuites au barrage des Zardezas, Algérie

Cette configuration montre qu'à l'exception des années hydrologiques 1972/1973 et 2002/2003, les quantités d'eau perdues par fuites sont presque constantes ce qui n'engendre pas des risques sur la stabilité. Une légère augmentation du volume perdu par fuites d'eau durant l'an 2000 au 2002 est également remarqué, puis il se stabilise à une valeur supérieure, cela peut être justifié par l'apparition des endroits idéaux de fuites d'eau suite à l'enlèvement de la vase qui l'a colmaté.

La quantité d'eau moyenne inter-annuelle perdue par les fuites au barrage des ZRDZS est égale à 1,24 Hm^3.

Chercher à minimiser la quantité d'eau perdue par fuites en assurant l'étanchéité de la digue, de la fondation et des installations hydromécanique devra être une cible.

4- Conclusion

Le barrage des Zardezas est un ancien barrage et à cause du taux de comblement élevé de sa cuvette par la vase provient de son bassin versant il a subi, durant la période allant de 1971 à 1974 (ANBT), une surélévation de la digue pour augmenter sa capacité de stockage.

La résolution du problème ne devrait pas être limitée à la surélévation des digues, elle doit prolonger ses tentacules vers d'autres moyens de lutte contre l'envasement, parce que l'exemple du barrage de Zardezas, qu'a subi une surélévation, montre qu'au cours du temps le phénomène d'envasement s'accélère et la perte de capacité de stockage persiste. En effet, la surélévation ne réduise pas le phénomène parce qu'un bassin versant non ou mal aménagé reste toujours fortement vulnérable à l'érosion.

Pour minimiser au maximum le taux d'envasement, les bassins versants des barrages doivent impérativement être plantés d'arbres suivant une méthode méticuleuse et raffinée qui tient compte de toutes les possibilités de stabilisation des sols. Ces travaux nécessitent beaucoup plus de moyens humains et financiers. Toutefois, devant le dévasement et les risques, sur la stabilité, la quantité et la qualité que peut générer la vase ils deviennent insignifiants.

Avoir une eau limpide, en périodes pluvieuses, à l'entrée de la cuvette du barrage doit être le souci et le cible de tout le monde.

Le barrage des Zardezas reste le seul protecteur contre les conséquences lourdes des inondations répétitives créés par Oued Saf-Saf, malgré qu'il a perdu de son efficacité.

Redonner les rôles principaux du barrage des Zardezas par des actions préventives et curatives, quelque soit le coût, est devenu une démarche nécessaire voire même obligatoire.

L'application des moyens anti-érosifs les plus sérieux et les plus adaptés pour chaque lieu, à l'échelle du bassin versant, est une action à ne pas négliger afin de limiter au maximum l'érosion intensive et par conséquent prolonger la durée de vie de ce barrage.

Les pertes d'eau par évaporation et par fuites, malgré que le second présente des risques sur la stabilité, sont récupérables alors que le volume occupé par la vase est irrécupérable sans perdre sauf si on dépense un coût élevé.

Références bibliographiques

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage des Zardezas (B.Zrdzs), Historique d'évaporation au barrage des Zardezas, 2015.

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage des Zardezas (B.Zrdzs), Jours des crues importantes au barrage des Zardezas, 2015.

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage des Zardezas (B.Zrdzs), données météorologiques au barrage des Zardezas, 2015.

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage des Zardezas (B.Zrdzs) ; Résultats du levé bathymétrique, 1986.

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage des Zardezas (B.Zrdzs) ; Résultats du levé bathymétrique, 2003.

Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), service d'exploitation du barrage de Zardezas (B.Zrdzs) ; Résultats du levé bathymétrique, 2006.

MENSER Amor, Erosion et envasement des barrages – réservoirs, Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T), 2012.

REMINI .B (2005), Envasement des barrages.

REMINI .B (2005), l' évaporation des lacs des barrages dans les régions arides et semi arides exemples algériens, Larhyss Journal n°4, P 81 à 89 Juin 2005.