



LE BARRAGE DE FOU M EL GHERZA (ALGERIE) : QUAND L'EAU COULE DANS LE MASSIF KARSTIQUE !

FOU M EL GHERZA'S DAM (ALGERIA): WHEN THE WATER FLOWS IN THE KARSTIC MASSIVE!

REMINI B., MERZOUG H., RAIS M.A.

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

reminib@yahoo.fr

RESUME

La présente étude examine le phénomène des infiltrations des eaux du lac dans la roche des deux rives du barrage de Foum El Gherza situé dans la région des Zibans à 400 km au sud-ouest d'Alger. Plusieurs campagnes de mesures et d'investigations ont été effectuées sur le site du barrage depuis 1998. Des archives et des données de plus d'un demi-siècle (1950-2017) concernant le problème des infiltrations ont été mis à notre disposition par l'agence nationale des barrages et transferts (ANBT). Les résultats obtenus ont montré que le barrage a été réalisé sur un site karstique fissuré donc perméable. En plus, la stratification des couches de calcaire sont déposées avec une pente de 30° dans le sens de l'écoulement. Malgré la réalisation d'un voile d'étanchéité au début de la mise en service du barrage n'a pas résolu le problème, puisque les fuites n'ont pas diminué dans le temps. Durant la période : 1950-2017, un volume de 220 millions de m³ d'eau a fuité par les rives du barrage. Même si cette quantité d'eau a été récupérée et a été utilisée pour l'irrigation des palmiers, la stabilité de l'ouvrage reste un souci pour les services d'hydraulique.

Mots clés : Barrage, Foum Gherza, Fuites d'eau, Karstique, Voile d'étanchéité -

ABSTRACT

This study examines the phenomenon of infiltration of lake water into the rock of the banks of the Foum El Gherza dam. Several companions of measurements and investigations have been carried out on the site of the dam since 1998. Archives and data of more than half-century concerning the problem of the infiltrations were put at our disposal by the national agency of the dams and transfers (NADT). The results obtained showed that the dam was carried out on a cracked karstic site which is therefore permeable. In addition, the stratification of the layers of limestone is deposited with a slope of 30° in the direction of flow. Despite the realization of a sealing web at the beginning of the commissioning of the dam did not solve the problem, since the leaks did not decrease in time. During the period: 1950-2017, a volume of 220 million m^3 was lost in the stream downstream of the dam. Even if this quantity of water has been recovered and has been used in irrigation the stability of the structure remains a concern for the hydraulic services.

Keywords: Foum Gherza dam, Water leaks, Karstic, Waterproofing.

INTRODUCTION

La construction d'un barrage réservoir sur un cours d'eau provoque un changement de l'écosystème. C'est ainsi que les sédiments transitaient régulièrement dans le cours d'eau avant le barrage, se retrouvent au fond de la retenue formée par le barrage. La montée du niveau d'eau du lac provoquée par la réalisation de la digue induit une augmentation rapide de la force hydrostatique sur les parties (les rives et le fond) de la cuvette. Cette nouvelle situation engendre l'apparition des écoulements à travers les fissures existants dans la roche. Le barrage d'Ouizert (Algérie) situé sur un site constitué par un complexe rocheux assez fissuré et faillé qui présente des fuites à travers l'une de ses rives. Le débit de fuite a été estimé à $1\ m^3/s$, ce qui correspond à un volume considérable d'eau perdue (Benfetta et Remini, 2008). Dans le barrage de Hammam Grouz situé dans l'Est Algerien, le débit de fuites moyen a été estimé à $50000\ m^3/j$ (Toumi et Remini, 2006). Le barrage de Djorf Torba situé dans le sud-ouest à $1000\ km$ a été mis en service en 1963 pour stocker 350 millions de m^3 . Cependant, dans ce barrage qui fuit, la variation du niveau d'eau du lac provoquée par les apports des crues et les manœuvres des pertuis de vidange engendrent l'agrandissement des couloirs de circulation de l'eau dans la roche. Ceci peut avoir des effets néfastes sur la stabilité de l'ouvrage lui-même.

Sans parler des quantités énormes en eau qui s'infiltrent et s'écoulent à l'aval du barrage. Il est à noter quel que soit la nature et le lieu de réalisation d'un barrage, celui-ci est soumis à des pertes en eau par infiltration. Cependant, il existe des barrages qui enregistrent des fuites d'eau très élevés. Ceci nécessite un suivi et des études approfondies pour remédier à ce phénomène. Notre étude examine le phénomène de pertes d'eau par infiltration à travers les berges du barrage de Foum el Gherza.

REGION D'ETUDE ET DONNEES UTILISEES

Situation et caractéristiques de barrage de Foum el Gherza

Considéré comme le premier barrage réalisé à la porte du désert, le barrage de Foum El Gherza est situé à 407 km au sud-est d'Alger et à 18 km à l'Est de la ville de Biskra (fig. 1). L'infrastructure hydraulique est réalisée sur l'oued Labiod qui prend naissance dans les massifs des Aurès. Des ramifications en provenance des monts de Chelia (2328 m) et d'Ichmoul (2071 m) alimentent le cours d'eau de Labiod. De type voute, le barrage a été bâti entre 1947 et 1950 à l'exutoire d'un bassin versant de 1300 km² pour remplir ainsi une capacité initiale de 47 millions de m³ d'eau (Fig. 2). Le barrage de Foum El Gherza est destiné à l'irrigation de plus de 300000 palmiers dattiers des oasis de d'irriguer les périmètres de Sidi Okba, Seriana, Thouda et Garta. Le barrage a été équipé d'une station hydro électrique pour produire de l'électricité pour toute la région de Biskra (fig. 3). A l'arrêt, aujourd'hui, le barrage est destiné uniquement à l'irrigation.

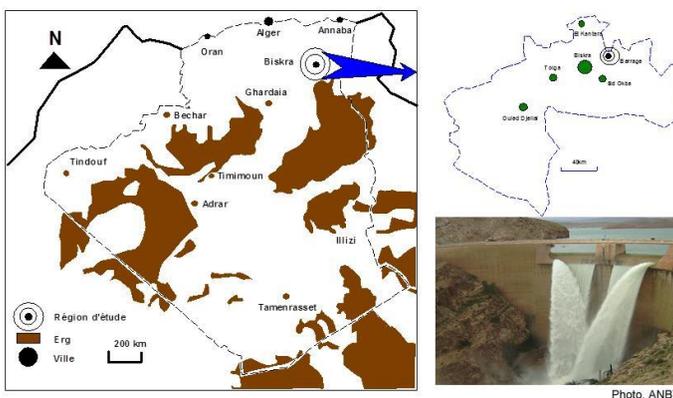


Figure 1 : Situation géographique du barrage de Foum El Gherza (Remini, 2017)



Figure 2 : La voute du barrage de Fom El Gherza (Photo. Remini, 2017)



Figure 3 : Usine d'électricité du barrage de Fom El Gherza (Photo. Remini, 2014)

Investigation, enquêtes et données utilisées

Durant la période : 1998-2018, nous avons effectué plusieurs missions sur le site du barrage. Nous avons été impressionnés par l'ampleur des fuites d'eau au niveau des deux rives du barrage. Ceci nous a encouragés à mener des investigations approfondis au niveau des deux rives du barrage. Le suivi régulier de ce phénomène de fuites durant 20 ans nous a permis de mieux comprendre les mécanismes des infiltrations. Des données historiques sur les infiltrations nous ont été fournies par l'Agence National des Barrage et Transfert.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Typologie de fuites

Un barrage de stockage des eaux n'est jamais à l'abri des fuites d'eau. Plus la hauteur du lac d'eau est grande, plus la pression est grande sur toutes les parties qui forme le réservoir : le fond, les rives, la digue et les vannes de fond. On distingue 4 types de fuites :

Les fuites à travers le massif

Les fuites à travers les berges du barrage Foum el Gherza sont visibles à l'œil nu. En période humide le phénomène est beaucoup plus visible puisqu'on peut observer les ruissellements au niveau des deux rives (fig. 4 et 5). Ces eaux en provenance du lac du barrage s'écoulent à travers les fissures de la roche. En période sèche, seulement des résurgences apparaissent sur le bas de la rive gauche, à cause de l'abaissement du niveau du lac. Une forêt d'herbe et de roseaux s'est formée à l'aval du barrage par les écoulements continus durant toute l'année (fig. 6).



Figure 4 : Résurgences dans la rive gauche du barrage de Foum El Gherza
(Photo. Remini, 2017)



Figure 5 : Ruissèlement des eaux de fuites sur le massif de la rive droite du barrage de Foum El Gherza (Photo. Remini, 2005)



Figure 6 : Une aire verte s'est formée à l'aval du barrage suite aux écoulements des eaux de fuites (Remini, 2016)

Fuites à travers la digue

Généralement, ils peuvent apparaître des petites fissures dans certains endroits d'une digue en béton et à certains joints de construction et qui peuvent se colmater avec le temps. Ce type de fuite est visible à l'œil nu, mais son débit reste assez faible. Cependant, ces fuites peuvent nuire à la sécurité de l'ouvrage. Le suivi de l'évolution de ce type de fuites doit être suivi d'une façon continue. Les fuites sont visibles sur le barrage de Foum El Gherza (fig.7).



Figure 7 : Une fuite d'eau bien visible bien que le lac est au niveau le plus bas (Mai, 2017)

Fuites à travers les vannes de fond

C'est un type un peu particulier. Après quelques années d'exploitation du barrage et les manœuvres périodiques des pertuis de vidange, des quantités d'eau de faible importance peuvent fuir à travers les joints (fig.8). Cependant des cas particuliers peuvent avoir lieu comme le blocage de la vanne par un objet extérieur. A titre d'exemple, lors d'une opération de vidange, la vanne n'arrivait pas à se fermer. Elle se trouve coincé par un tronc de palmier. Elle est restée ouverte durant plus de 6 heures.



Figure 8 : Vanne de fond du barrage de Foug El Gherza Souvent bloquée Par les palmiers arrachés par les crues (Photo. Remini, Mai 2016)

Observations et quantifications du phénomène de fuites à travers les rives

La première remarque que nous pouvons tirer concerne le site du barrage qui est constitué par une stratification de la roche de type calcaire fissuré incliné dans le sens de l'écoulement de l'oued Al Abiod (inclinaison de 30°) (fig. 9). En plus, il existe des fissures et des ouvertures qui peuvent atteindre 10 cm dans certains endroits (fig. 10). Le réservoir formé par la digue en voûte possède toutes les caractéristiques pour favoriser les écoulements à l'intérieur des roches et par conséquent, le barrage se vide dans le temps. C'était le seul lieu favorable à la réalisation d'un barrage d'une capacité de 47 millions de m^3 pour irriguer les palmeraies avoisinantes. La mise en service du barrage en 1950 a permis au niveau d'eau de dépasser une hauteur de 30 m, ce qui a engendré une pression de 300000 N/m^2 qui permet à l'eau de s'introduire et de s'écouler à travers les fissures de la roche. Des quantités d'eau énormes fuient le barrage. Diverses résurgences et sources d'eau ont fait une apparition dans les deux rives à l'aval du barrage. Une telle situation a poussé les services d'hydrauliques de procéder à la réalisation entre 1950 et 1957 d'un rideau d'étanchéité pour minimiser les pertes d'eau. Un voile d'étanchéité d'une longueur de 2 km et équipé de 103 piézomètres a été réalisé à partir des années 50 sur les deux rives. A partir de 1970, un réseau de jaugeage des eaux de fuites a été réalisé.

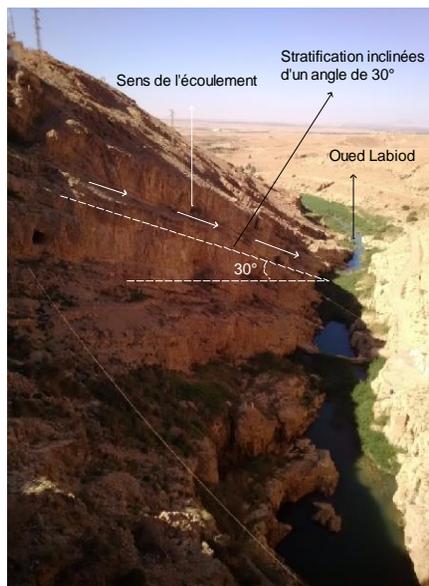


Figure 9 : Une vue générale sur la stratification de la roche-Inclinaison dans le sens de l'écoulement (photo. 2016)



Figure 10 : Grande ouverture au niveau de la roche de la rive droite (photo. 2017)

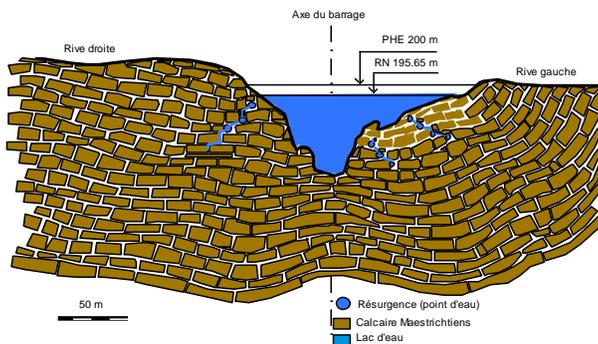
Le rôle du voile d'étanchéité

Unique solution pour réduire les infiltrations dans la roche est la réalisation d'un voile d'étanchéité. Le cas du barrage de Beni Haroun situé dans l'Est Algérien a été mis en service en 2003, mais son exploitation réelle a été retardée faute des fuites d'eau à travers la rive droite. Le voile d'étanchéité réalisé dans la roche a beaucoup réduit ces écoulements (Toumi et Remini, 2018). Le barrage de Foum El Gherza est réalisé sur le calcaire cristallin du Maestrichtien qui présente sur toute son épaisseur une multitude de trous et de fissures. Pour minimiser les pertes d'eau dans ce milieu perméable, juste après la mise en eau du barrage, un voile d'étanchéité a été construit durant la période : 1950-1957 (fig. 11 et 12). Pour des raisons techniques, le voile d'étanchéité a rencontré des problèmes de fonctionnement. C'est ainsi que des essais de renforcement et de raccordement du voile d'étanchéité ont été effectués durant la période ; 1954-1957. D'une longueur totale de 2 km (1.5 km de la rive droite et 0,5 km de la rive gauche), l'écran d'étanchéité a été renforcé par un dispositif de piézomètres afin de contrôler la circulation des eaux et de l'état du rideau (fig. 13). Au début des années soixante-dix, un réseau de canalisation des eaux de fuites a été réalisé dans le but de jauger et de récupérer ces eaux pour l'irrigation des palmeraies de Sid Okba, Thouda, Garta. En 1996, des travaux de réhabilitation du rideau d'étanchéité du réseau des piézomètres et des drains ont été effectués. Cependant, en 2017, le problème des infiltrations aux appuis latérales persiste

toujours, ce qui démontre que cet ouvrage d'étanchéité certes a réduit les fuites, mais n'a pas solutionné totalement le problème. Il est à noter que depuis un demi-siècle, le dispositif piézométrique n'a cessé de se dégrader d'une année à l'autre. Plusieurs piézomètres sont devenus inutilisables par suite de l'obturation par le sable et la boue. C'est ainsi que le nombre de piézomètres fonctionnels qui était égal à 103 en 1958, a diminué pour se retrouver en 2017 égal uniquement à 17. Les 90 autres piézomètres ont été abandonnés (fig. 14).

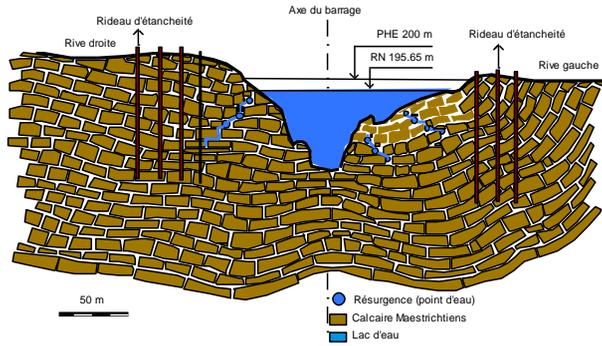


Figure 11 : Traces du rideau d'étanchéité sur la rive droite du barrage (photo. Mai 2017)



A. Sans le rideau d'étanchéité

Le barrage de Foug el Gherza (Algérie) : quand l'eau coule dans le massif karstique !



B. avec le rideau d'étanchéité

Figure 12 : Un schéma probable de la circulation d'eau à travers la roche (Source ANBT, Schéma amélioré par Remini, 2018)



Figure 13 : Piézomètre fonctionnel de la rive gauche RG 8N (photo. REMINI Mai 2017)

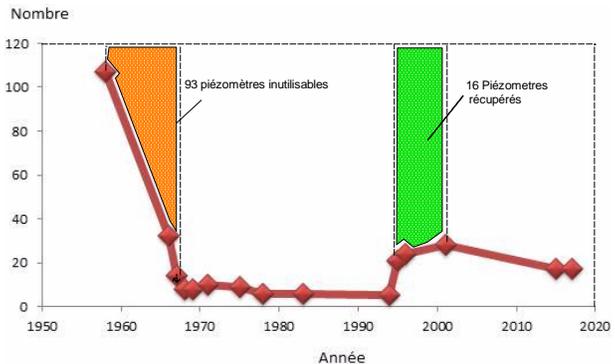


Figure 14 : Evolution du nombre des piézomètres le long du voile (Données ANBT)

La nature de la roche, les crues et les fuites

Le barrage de Foug El Gherza est bâti sur un massif formé par des roches de calcaires karstique maestrichtiens rigide et fissuré. Par contre la fondation est composée de calcaire de bonne qualité. Donc c'est à travers les deux rives que les écoulements s'effectuent au vu de la forte perméabilité. Les crues rapides et éclairées qui se manifestent occasionnellement dans l'oued El Abiod drainent des apports d'eau appréciables comme le montre les exemples du tableau 1. Ces débits d'eau provoquent une montée rapide du niveau du lac. Une telle variation brusque engendre souvent l'accroissement des infiltrations à travers les ouvertures et les fissures (fig. 15 (a et b)). Après le passage dans le massif rocheux, l'eau s'écoule dans les couloirs de circulations, rejoint le cours d'eau à l'aval du barrage à travers une multitude de sources et de résurgences localisées dans les rochers des deux rives. Il est à noter que le volume de fuites de la rive droite est supérieur à celui de la rive gauche (Toumi et Remini, 2003 ; Remini et al, 2001). Sur la base des observations et des investigations opérés sur le site, nous avons exécuté un schéma probable des écoulements des fuites à l'intérieur de la roche (fig. 16).

Tableau 1 : Quelques valeurs du débit des crues drainées par l'oued El Abiod (Données ANBT)

Date	Débit (m ³ /s)
Crue du 01/10/1959	243.15
Crue du 12/09/1963	308.43
Crue du 28/09/1986	344.54
Crue du 16/03/2011	83.81

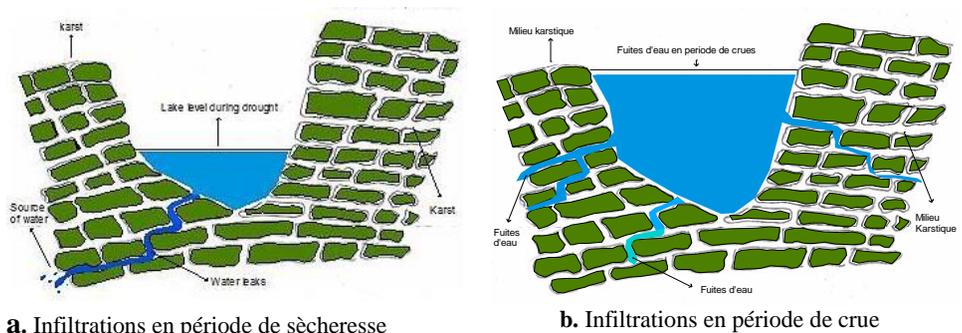


Figure 15 : Schéma synoptique du mécanisme des infiltrations dans Un milieu karstique (Schéma Remini, 2018)

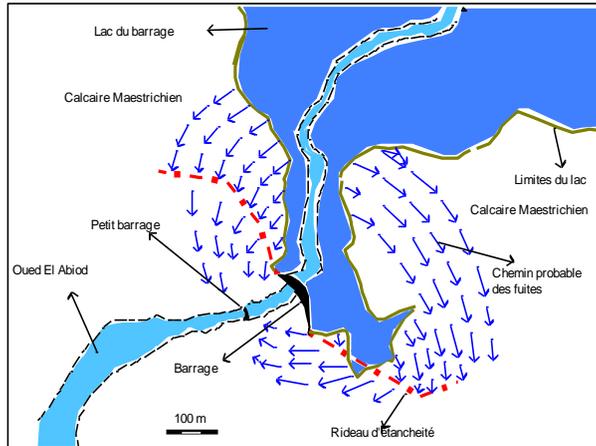


Figure 16 : Schéma probable du cheminement des eaux de fuites à l'intérieur de la roche (Schéma Remini, 2018)

Relation entre le lac et le piézomètre

Pour illustrer cette relation, nous avons représenté sur les figures 17 et 18, les apports et les volumes d'eau de fuites. Il est intéressant de constater que durant la période 1950-2017, un volume d'eau égale à 2,1 milliards de m^3 a été apporté au barrage par les différentes crues. Cependant, pendant la même durée, un volume d'eau égale à 220 millions de m^3 a été perdu par les infiltrations à travers les fissures des roches des deux rives. Soit une perte de 10% des apports totaux. Un volume exceptionnel d'eau évalué à 227 millions m^3 a été apporté par la crue durant l'année 2011/2012. Cependant, une quantité d'eau égale à 1.7 millions m^3 s'est infiltrée dans les deux rives pour la même année. Durant l'histoire du barrage, nous avons enregistré un volume de fuites de 10.5 millions m^3 en 1960, malgré le faible apport au barrage durant la même année qui est égale à 37.5 millions m^3 . Il est intéressant de constater sur la figure 18, qu'après l'achèvement du voile d'étanchéité (1957), les fuites ont augmenté. Mais après un renforcement du voile, les fuites ont diminué un peu.

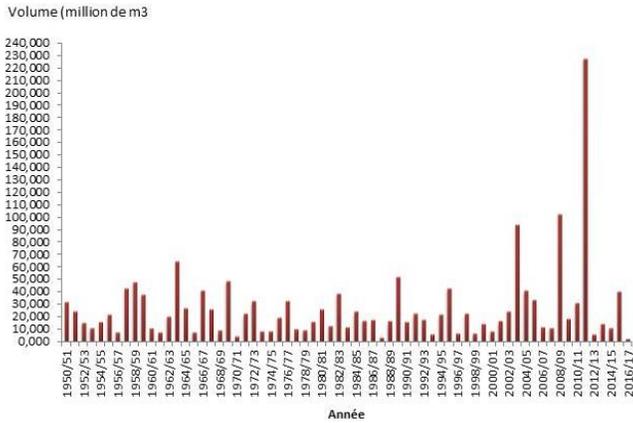


Figure 17 : Apports interannuels au niveau du barrage de Fom El Gherza (Données ANBT)

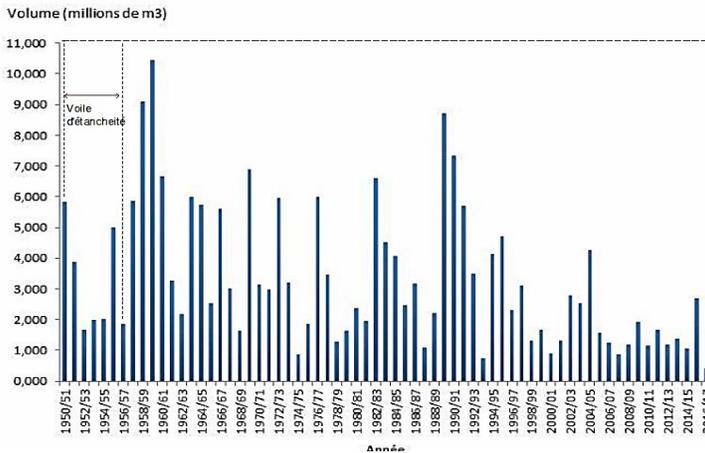


Figure 18 : Variation interannuel des Fuites d'eau au niveau du barrage de Fom El Gherza (Données ANBT)

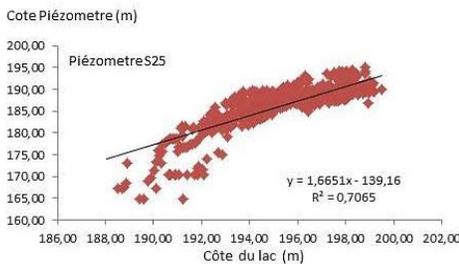
Le système des piézomètres installé le long du voile d'étanchéité est un indicateur de l'efficacité du rideau (fig. 19). Le suivi périodique de la variation de la côte d'eau dans les piézomètres nous donne des informations sur la perméabilité et les couloirs de circulation de l'eau dans le massif karstique. Nous avons représenté sur la figure 20(a à f) les variations d'eau du lac et de quelques piézomètres. Une nette corrélation se dégage pour les piézomètres S_{25} , S_{26} , S_{50} , S_{32} , RD_{21N} , et S_{64} , ce qui montre qu'il existe bien une relation linéaire entre les deux côtes (piézomètre et le lac d'eau). Cependant pour le piézomètre

Le barrage de Foum el Gherza (Algérie) : quand l'eau coule dans le massif karstique !

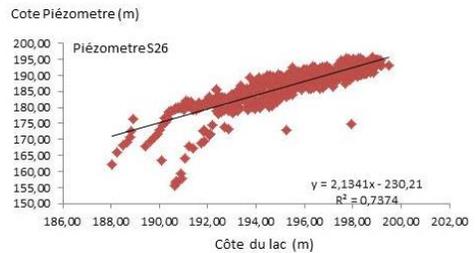
S₃₂, la côte du lac croît linéairement avec celle du piézomètre jusqu'à la côte 175 m (seuil). Puis elle continue à augmenter mais avec une faible pente, ceci peut s'expliquer par la diminution des fissures dans la roche d'une manière croissante avec l'altitude. Par contre la corrélation pour les piézomètres : S₂₅, S₂₆, S₅₀, RD_{21N} montre une linéarité avec une seule pente. Cette situation peut être interpréter par l'homogénéité des fissures dans le massif. Quant au piézomètre S₆₄, l'absence d'une corrélation entre les deux niveaux d'eau est à signaler. Cette situation peut être interpréter par l'homogénéité des fissures dans le massif. Ceci ne peut être expliqué que par l'hétérogénéité du massif.



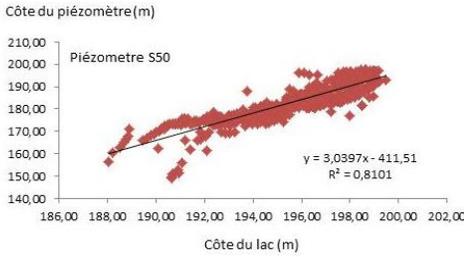
Figure 19 : Réseau des piézomètres opérationnels (Source ANBT. Schéma amélioré par Remini, 2018)



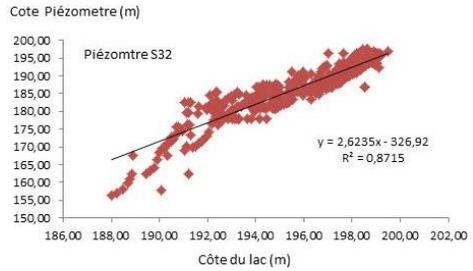
a) Piézomètre S₂₅ (Rive gauche amont voile)



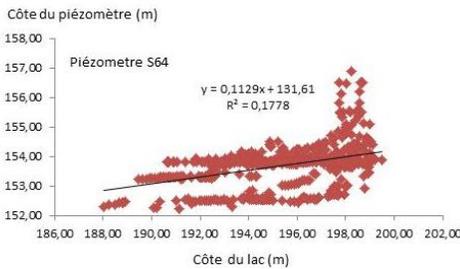
b) Piézomètre S₂₆ (Rive gauche amont voile)



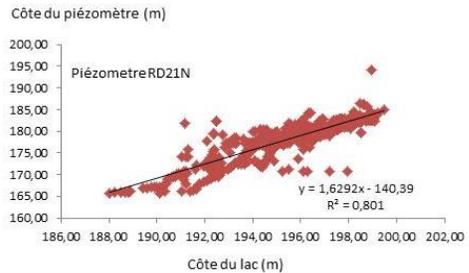
c) Piézomètre S50 (Rive gauche amont voile)



d) Piézomètre S32 (Rive droite amont voile)



e) Piézomètre S64 (Rive gauche avale voile)



f) Piézomètre RD21N (Rive droite sur voile)

Figure 20 : Variation des niveaux d'eau du lac et dans les piézomètres (Données ANBT)

Relation entre le volume d'eau de la retenue et le volume des fuites d'eau du barrage de Fom El Gherza

Pour avoir une idée sur le mécanisme des écoulements à l'intérieur de la roche et vu l'absence des données concernant le débit des fuites, nous avons représenté sur les figures 21 et 22 (a,b et c), le volume des fuites en fonction du volume de la retenue. Nous constatons pour la durée : 1950-2017 qu'il existe une bonne corrélation linéaire entre les paramètres hydrauliques (w_f et w_R) avec un coefficient de détermination égal à 0.67. Ceci ne peut être expliqué que par la montée du plan du lac, qui influe directement sur l'accroissement des infiltrations. Cependant, le coefficient de détermination n'a pas atteint une valeur appréciable et peut être expliqué que durant les ces dernières années, l'envasement a atteint un seuil critique dans le lac du barrage. La vase a colmaté certaines fissures, ce qui a un peu faussé la corrélation.

Le barrage de Foum el Gherza (Algérie) : quand l'eau coule dans le massif karstique !

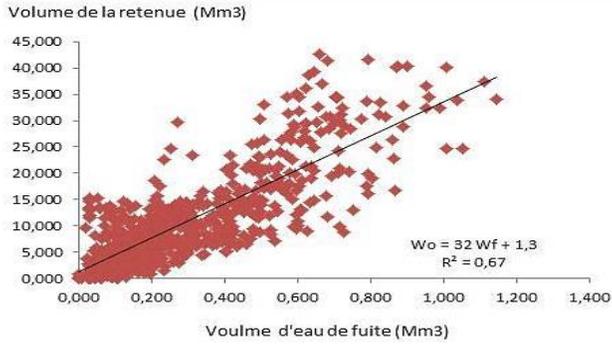


Figure 21 : Corrélation volume des fuites d'eau en fonction du volume de la retenue (Données ANBT)



a) Ecoulement en mois de Mars 2016 (Photo. Remini, 2016)



b) Ecoulement en mois de Novembre 2017 (Photo. Remini, 2017)



c) Ecoulement en mois de Mai 2017 (Photo. Remini, 2017)

Figure 22 : Evolution du débit des fuites au niveau d'une résurgence de la rive gauche

Les eaux de fuites pour une irrigation complémentaire

Les eaux des fuites sont récupérées par un réseau de canaux et sont mesurées avant d'être utilisées pour l'irrigation des palmiers. Un volume appréciable de 220 millions de m³ des eaux des fuites à travers la roche des deux rives malgré le voile d'étanchéité a été récupéré durant la période : 1950-2017 et orienter vers l'irrigation (fig. 23). Seulement, durant 67 ans d'exploitation, le barrage continu à jouer son rôle dans l'irrigation de plus de 300000 palmiers dattiers. Finalement, ces quantités d'eau de fuites n'ont pas été perdues dans la nature mais elles ont été récupérées.



Figure 23 : Les eaux de fuites récupérées et utilisées pour l'irrigation des palmiers dattiers (Photo. Remini, 2014)

CONCLUSION

Comme nous l'avons montré au début de cette étude que le phénomène des fuites touche l'ensemble de barrages réservoirs Algériens, mais avec des volumes qui varient d'un site à l'autre. Un débit total égal 117 millions de m³ a été perdu durant uniquement l'année 2012. Une quantité assez importante qui montre la complexité de certaines régions comme le montre les sites des barrages d'Ouizert, Foum El Gherza, Bouhanifia et Djorf Torba qui sont les plus vulnérables aux infiltrations à travers les fissures existantes à l'intérieur des massifs rocheux. Cependant, le choix du barrage de Foum El Gherza pour notre étude est justifié par son importance économique régionale et surtout la richesse en informations et en données dont dispose cet ouvrage. Le barrage réservoir de Foum El Gherza a été bâti sur un massif karstique fissuré donc perméable. Une fois la mise en eau du barrage a eu lieu au début des années cinquante, des résurgences et des sources d'eau ont fait leur apparition sur les deux rives du

barrage. Malgré la conception d'un rideau d'étanchéité d'une longueur de deux kilomètres (dont 0.5 km réalisé sur la rive gauche et 1.5 km réalisé sur la rive droite), les écoulements des eaux de fuites persistent toujours. La preuve est que juste après l'achèvement du mur d'étanchéité (en 1959), un débit de fuite égal à 10 millions de m³ (la valeur la plus importante durant la période de l'exploitation du barrage) a été jaugé à l'aval du barrage. Cette valeur représente le ¼ de la capacité du barrage égal à 47 millions de m³. Durant plus de 65 ans de service (période : 1950-2017), le barrage enregistre un volume de fuites d'eau égal à 220 millions de m³. Cependant cette quantité d'eau aussi importante ne se perd pas dans la nature puisqu'elle est récupérée par un réseau de canalisations pour la réutiliser pour l'irrigation des palmeraies de Garta, Sidi Okba, Thouda et Seriana qui renferme une forêt de 370000 palmiers dattiers. Cependant, nous avons enregistré une dégradation du système de surveillance (dispositif de piézomètres) du voile d'étanchéité. Composé de 107 piézomètres en 1958, aujourd'hui il reste uniquement 17 piézomètres fonctionnels. Cependant même si on a enregistré un débit de fuite assez important, la stabilité de l'ouvrage n'est pas menacée pour le moment. D'ailleurs, depuis l'année 1989, on enregistre une tendance décroissante des infiltrations aux deux rives.

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENFETTA H., REMINI B. (2008). Les fuites d'eau à travers le barrage algérien d'Ouzert. *Revue Sécheresse*, Vol 19, n°3, pp. 185-192.
- REMINI B., HOUCINI N. MOULLA A. (2001). Water leaks in Foum El Gherza dam (Algeria). *Revue Eau -Industrie - Nuisances International (France), Mediterranean et African countries* n° 6, Décembre, pp. 55 -59.
- REMINI B., LEDUC C., HALLOUCHE O. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. *Revue Sécheresse*, Vol. 20, n°1, pp. 185-192
- TOUMI A., REMINI B. (2006). La problématique des fuites d'eau du barrage Hammam Grouz (Algérie). *Larhyss Journal*, n°5, Juin, pp.41-48
- TOUMI A., REMINI B. (2018). The Problem of Water Leakage in Beni Haroun Reservoir (Algeria). *Jordan Journal of Civil Engineering*, Vol. 12, n° 3, pp. 96-103.
- TOUMI A., REMINI B. (2003). Les fuites à travers les rives du barrage de Foum El Gherza. *Vecteur Environnement*, Vol. 36, n°6, pp. 67-71.