

# QUELS REMEDES POUR REDUIRE LES FUITES D'EAU DU BARRAGE DE FOUM EL GHERSA. BISKRA

**Toumi A.** Doctorant E.N.S.H, Blida, Algérie; courriel : [toumiouaheb@yahoo.fr](mailto:toumiouaheb@yahoo.fr)

**Remini B.** Professeur, Université de Blida, Algérie; courriel : [reminib@yahoo.fr](mailto:reminib@yahoo.fr)

**Résumé :** En plus de la période sèche qui a affecté le pays en général et les zones arides en particulier, depuis une vingtaine d'années, les barrages algériens se trouvent confrontés à trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau [1].

Les fuites d'eau au niveau des barrages représentent un problème épineux. En effet, une partie de la quantité d'eau stockée se trouve perdue soit à travers les rives ou à travers les fondations avant l'arrivée du temps opportun pour être utilisée, A ceci s'ajoute les menaces que présentent les fuites sur la stabilité de ces ouvrages, surtout lorsque ce problème atteint un certain stade d'évolution.

Ces différents facteurs, nous ont incités, à étudier d'une manière approfondie ce problème de fuites d'eau. En Algérie, la majorité des barrages sont exposés à cet épineux problème, surtout six d'entre eux, qui présentent un débit des fuites qui dépasse 5 millions m<sup>3</sup> par an chacun [1].

La zone orientale de Biskra est l'une des zones arides où le développement économique du point de vue agricole est étroitement lié à la quantité d'eau stockée dans le barrage de Foug-El-Gherza, nonobstant cet ouvrage est considéré comme l'un des barrages algériens fortement exposés au problème des fuites d'eau. En effet, le débit des fuites moyen interannuel de ce barrage a été estimé à 5 millions de m<sup>3</sup>. Donc l'étude de ce problème au niveau de ce barrage s'avère une condition sine qua non afin de porter des remèdes adéquats et moins coûteux pour assurer la stabilité de cet ouvrage hydrotechnique. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail dans cet article.

Les résultats obtenus ont montré l'existence d'écoulements verticaux et horizontaux au niveau des rives ainsi qu'une augmentation du débit des fuites au cours du temps pour la même cote du lac, sachant aussi que le barrage s'envase progressivement, en effet, le taux d'envasement actuel dépasse 60% de la capacité initiale du barrage.

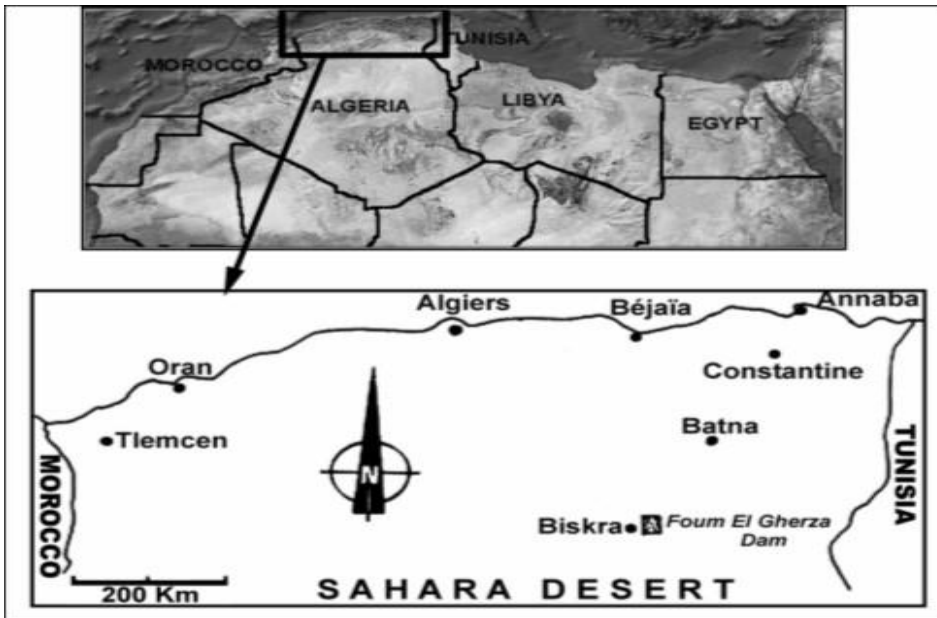
**Mots clés :** Barrages – Algérie – Fuites – Eau – Rives – Foug-El-Gherza

## INTRODUCTION

Le barrage de Foug El-Gherza est situé au sud de l'Atlas Saharien à 18 Km à l'est de la ville de Biskra (Algérie), la figure 1 représente la situation géographique de ce barrage. Il a été réalisé entre 1947 et 1950 et mis en

exploitation durant l'année 1950. C'est un barrage de type voûte de 126 m de longueur auquel se rattache en rive gauche un barrage poids de 60 m de longueur. Il a une hauteur de 73m et une capacité initiale de 47 Mm<sup>3</sup> [2], la photo n°1 représente une vue générale du barrage de Foum-El-Gherza. Cet ouvrage a une très grande importance économique dans la région, puisqu'il permet de régulariser le régime de l'oued El-Abiod dont les crues violentes allaient se perdre dans le Chott *Melghir* (protection des villes se trouvant en aval contre les inondations) et d'irriguer plus de 300000 palmiers dattiers des palmeraies de *Sidi-Okba*, *Seriana*, *Garta* et *Thouda* en Algérie [2].

Le barrage de Foum El-Gherza est implanté directement sur le calcaire cristallin du maestrichtien qui présente sur toute son épaisseur de nombreuses fissures ce qui le rend particulièrement perméable. En effet on ne rencontre une roche saine qu'à partir d'une profondeur de 80 à 100 m [3]. Sur la figure 2, nous représentons une coupe géologique au niveau du site d'implantation du barrage.



**Fig. 1 Situation géographique du barrage de Fom-El-Gherza, Biskra, Algérie [1]**

La réalisation de cette infrastructure dans un site défavorable au stockage de l'eau (le meilleur site dans la région), à accélérer les fuites d'eau surtout à travers les rives. Cette situation a conduit les services de l'Hydraulique à réaliser durant la période allant de 1952 à 1957 un voile d'étanchéité, mais malheureusement le problème des fuites d'eau persiste jusqu'à ce jour, et on assiste à un accroissement du débit des fuites au cours du temps et pour la même

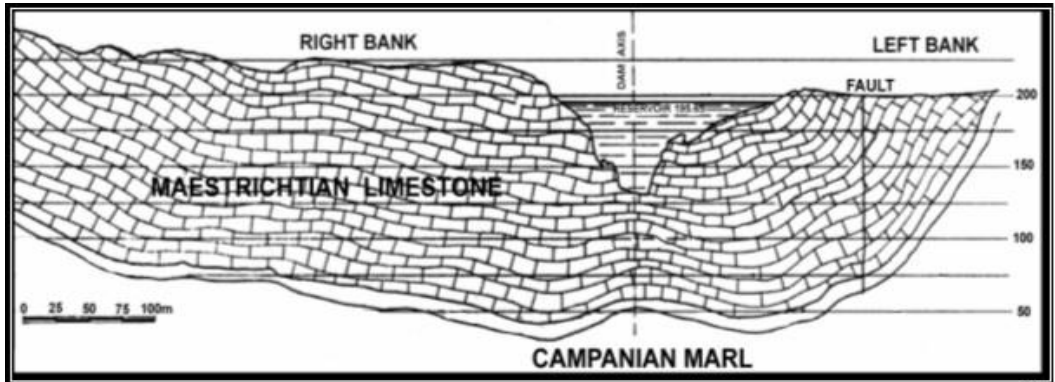
cote du lac à cause de la détérioration progressive de certaines zones du massif rocheux constituant les rives et même au niveau du voile d'étanchéité.

La forme uniligne du voile d'étanchéité réalisé est considérée comme inefficace par certains savants tels que Casagrande et Al. De plus et en raison de l'étendu de ce voile, les frais de réalisation au hasard de nouvelles injections pour minimiser au maximum les fuites d'eau et assurer la sécurité de l'ouvrage ne seront que très élevés.

Cet ouvrage d'art a permis à la région de Sidi Okba de garder sa vocation économique basée sur l'agriculture durant un demi-siècle, du fait qu'il a aidé à contrer la sécheresse qui a sévit dans la région tout ce temps. Donc la résolution du problème des fuites d'eau, au niveau de ce barrage, s'avère une nécessité absolue afin de porter des remèdes adéquats et moins coûteux.



**Photo1 : Vue générale du barrage de Foum-El-Gherza, Biskra, Algérie [1]**



**Fig. 2 Coupe géologique du site d'implantation du barrage de Fougues-El-Gherza, Biskra, Algérie [3]**

Devant la complexité du problème des fuites d'eau à cause du nombre important de disciplines qui peuvent entrer en jeu, nous essayons par le présent article de le mettre en exergue afin de trouver une méthodologie fiable à suivre pour le résoudre tout en tenant compte de nos moyens surtout du point de vue matériel.

Pour mettre en évidence le problème des fuites d'eau au niveau de ce barrage, les photos 2, 3, 4 et 5 sont quatre cas réels, où les fuites sortent à la surface du sol. Ces photos représentent successivement le canal d'amenée des débits de drains ancrés dans la rive droite, la résurgence n°14, la résurgence centrale et la résurgence principale de la rive gauche.



**Photo 2** Canal d'amenée des débits de fuites Équipé d'un seuil triangulaire  $Q_f=140$  l/s



**Photo 3** Fuites d'eau au niveau de la résurgence n°14 avec un  $Q_f=10$  l/s



**Photo 4** Résurgence centrale avec un  $Q_f=12l/s$

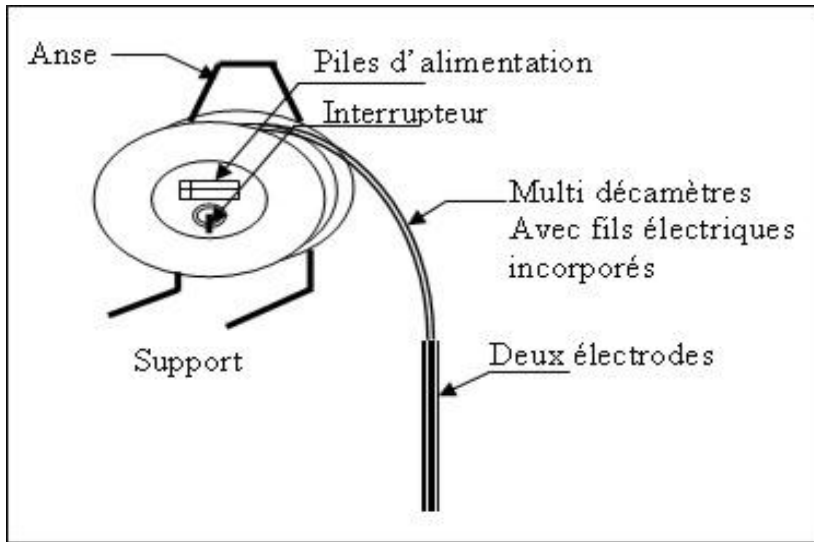


**Photo 5** Résurgence principale de la rive gauche avec un  $Q_f=15l/s$

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Nous avons mené durant les mois de Février et Mars 2003, des séries de mesures des paramètres physico-chimiques à savoir : le niveau d'eau dans les piézomètres, la température et la conductivité électrique au niveau du lac et des piézomètres selon des profils en fonction de la profondeur. Par contre au niveau des drains et des résurgences les mesures se font directement. À ceux-ci s'ajoute la mesure des hauteurs du seuil, le temps et le volume prélevé par empotement. A cet effet, nous avons utilisé le matériel suivant :

**Une sonde à signal sonore :** Cet appareil est utilisé pour la mesure du niveau d'eau dans les piézomètres. Il possède deux électrodes reliées à un multidécimètre. Lorsque ces électrodes touchent le niveau d'eau dans le piézomètre, le circuit électrique s'établit et l'appareil émet un signal sonore. Nous lisons sur le multidécimètre la valeur de la profondeur à laquelle se trouve le toit de la colonne d'eau [1]. La figure 3 donne un schéma approximatif de la sonde utilisée.



**Fig. 3 Schéma de la sonde utilisée [1]**

**Une échelle limnimétrique** : elle est installée sur la partie voûte du barrage, elle sert à lire la cote du lac [2].

**Une embarcation** : Pour effectuer les prélèvements en fonction de la profondeur du lac et à divers endroits, nous avons utilisé une embarcation [1].

**Un dispositif d'échantillonnage** : Les prélèvements des quantités d'eau au niveau du lac et des piézomètres se font par un dispositif d'échantillonnage que nous avons proposé et réalisé. Sur la figure 4, nous représentons le système d'échantillonnage réalisé, dont le principe de fonctionnement est le suivant :

Après avoir mesuré la profondeur du toit de la colonne d'eau au niveau du piézomètre, nous aborderons l'échantillonnage au sein du piézomètre, en commençant de la surface de la colonne d'eau jusqu'au fond, en variant le palier de la profondeur de 1m.

Pour ce faire, le dispositif d'échantillonnage est introduit délicatement dans le piézomètre, l'eau entre du bas du préleveur et sort du haut, lorsque, ce dernier atteint la profondeur désirée, on le remonte et à ce moment-là, la soupape se ferme et la quantité d'eau dans le préleveur se trouve piégée, après cela on le retire doucement jusqu'à la surface du sol. Cette procédure se répète à différentes profondeurs jusqu'au fond, la même procédure est effectuée au niveau du lac du barrage [1].

**Analyseur multiparamètre « universel »** : Spécialement conçu pour mesurer in-situ les six (6) paramètres les plus importants de l'eau à savoir : pH, Oxygène dissous, Conductivité électrique, Température, Turbidité et salinité.

Nous utilisons ce matériel pour mesurer ces paramètres au niveau du lac, des piézomètres, des résurgences et des drains.

**Une éprouvette graduée :** pour déterminer le volume d'eau prélevé.

**Un bécher :** il sert à recueillir la quantité d'eau échantillonnée.

**Un bassin équipé d'un seuil triangulaire :** pour mesurer la hauteur du seuil.

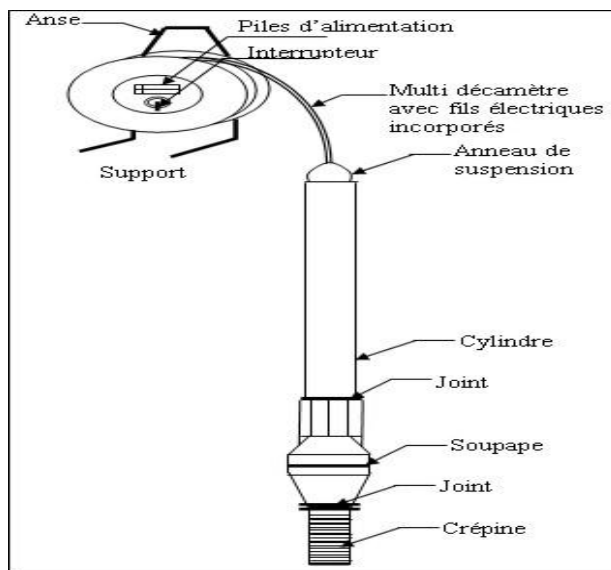
**Une règle graduée :** pour mesurer la hauteur du seuil.

**Un récipient de 10 litres :** pour mesurer les volumes par empotement.

**Un chronomètre :** pour mesurer le temps de remplissage du récipient.

**Appareil photographique :** On l'utilise pour prendre certaines photos représentatives et indicatrices sur des phénomènes réels dans la région en cours d'étude.

**Un topofil :** c'est un appareil qui transforme le mouvement linéaire en mouvement circulaire. Il sert à mesurer les distances entre les piézomètres, les résurgences les drains, la digue et le lac ainsi que la mesure des profondeurs de piézomètres [1].



**Fig. 4 Schéma du dispositif d'échantillonnage réalisé [1]**

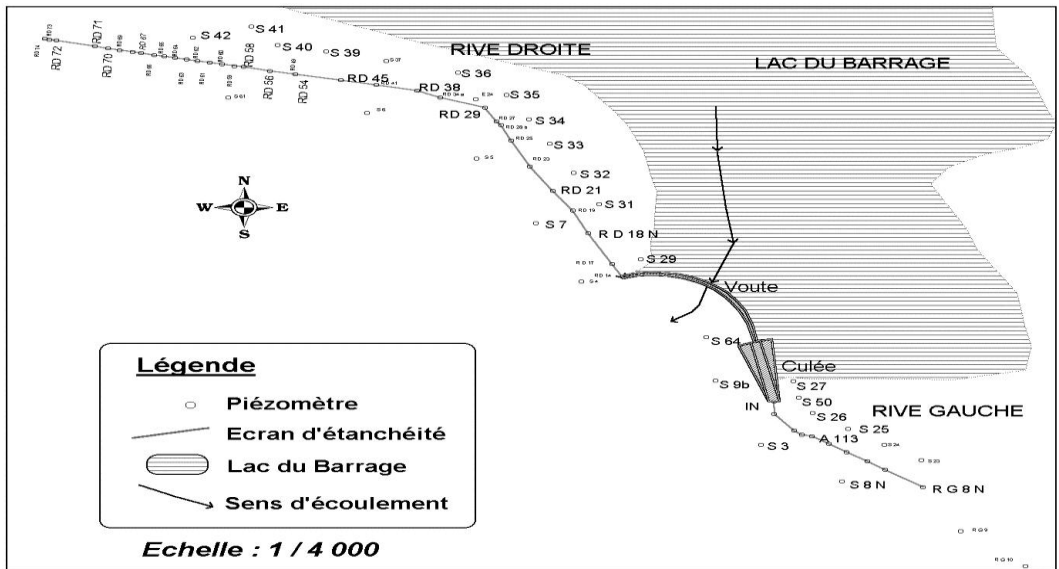
Les résultats obtenus par le biais de ce matériel et ces techniques seront transformés en graphes, afin de donner des interprétations judicieuses qui nous permettent de cerner ce problème, surtout au niveau de ce barrage qui représente la colonne vertébrale du développement économique de la région. Dans les contextes suivants nous essayons de donner quelques résultats.

## 2. TRAITEMENT DES INFORMATIONS ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le traitement des informations recueillies au cours de nos séries de mesures comprend trois volets à savoir l'application de la méthode piézométrique pour caractériser le comportement du massif rocheux constituant les rives, l'analyse des paramètres physico-chimiques des différentes masses d'eau prélevées au niveau des piézomètres, du lac et des résurgences, l'étude de la variation des débits de fuites. Donc l'étude du problème des fuites d'eau au niveau du barrage de Foum-El-Gherza s'avère une condition sine qua non, afin d'effectuer les travaux d'étanchéité là où il le faut pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

Sur la figure 5, nous représentons la disposition des différents piézomètres par rapport à l'écran d'étanchéité réalisé durant les années cinquante.

Ces différents piézomètres nous permettent de mesurer les sous-pressions au niveau des rives et de déterminer les différents types d'écoulements susceptibles d'être obtenus.



**Fig. 5 Disposition des différents piézomètres par rapport à l'écran d'étanchéité [1]**

## 3. LA DÉTERMINATION DES ZONES DÉFECTUEUSES AU NIVEAU DES RIVES

La méthode la plus appropriée pour déterminer l'état des rives est celle de la piézométrie. En effet, la fluctuation de l'eau au sein des piézomètres réalisés au



niveau des rives en fonction de la fluctuation du plan d'eau du lac nous renseigne sur leur état.

### Mesure des côtes du plan d'eau dans le lac

La mesure de la cote d'eau dans le lac s'effectue par lecture directe sur l'échelle limnimétrique installée sur la partie voûte du barrage, pour ce faire, nous avons suivi la variation du plan d'eau dans le lac durant une période de deux mois (allant du premier jour de Février au premier jour d'avril). Les valeurs de la cote obtenues sont mentionnées dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Valeurs de la cote du plan d'eau dans le lac lues sur l'échelle limnimétrique [1]

Date de mesure	Cote du plan d'eau (NGA)
01/02/2003	197,60
8/02/2003	197,55
15/02/2003	197,52
22/02/2003	197,47
01/03/2003	197,42
8/03/2003	197,66
15/03/2003	197,62
22/03/2003	197,53
29/03/2003	197,45
01/04/2003	197,42

### Fluctuation de la perte de charge

Dans ce contexte, notre objectif est de connaître le comportement des différents piézomètres. A cet effet, nous avons effectué des mesures de la profondeur d'eau dans les piézomètres pour les différentes cotes du plan d'eau dans le lac qui sont mentionnées dans le tableau1, puis nous avons calculé les pertes de charge entre le lac et les différents piézomètres pour chaque valeur de la cote du plan d'eau. Le calcul de la fluctuation de la perte de charge se fait pour deux valeurs successives du plan d'eau. Dans notre cas nous avons utilisé les cotes 197,53 et 197,45. Dans les tableaux 2 et 3, nous représentons les différentes pertes de charge obtenues entre les piézomètres situés dans les rives et le lac.

**Tableau 2.** Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche série de mesures au 22/03/2003 (cote du lac =197,53m)[4]

N° du piézomètre	Cote de l'orifice	Niveau d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)	Cote d'eau (m)	Perte de charge (m)
RG S27	200,51	4,96	65,04	195,55	1,98
RG S50	204,11	18,17	41,30	185,94	11,59
RG S26	206,91	15,03	39,97	191,88	5,65
RG S25	203,39	14,70	20,65	188,69	8,84
S9b	186,05	23,02	31,98	163,03	34,5
S64	157,83	4,10	25,9	153,73	43,8
S8N	204,25	32,76	47,24	171,49	26,04
IN	204,15	30,51	19,49	173,64	23,89

**Tableau 3.** Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite série de mesures au 22/03/2003 (cote du lac =197,53m)[4]

N° du piézomètre	Cote de l'orifice	Niveau d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)	Cote d'eau (m)	Perte de charge (m)
RD18	221,1	31,10	68,90	190	7,53
RD21	226,83	44,10	15,90	182,73	14,8
RD38	225,32	38,86	22,14	186,46	11,07
RD45	226,32	43,81	22,19	182,51	15,02
S31	224,09	28,69	61,31	195,4	2,13
S32	227,46	34,50	60,50	192,96	4,57
S33	227,66	34,09	60,91	193,57	3,96
S34	230,47	36,34	63,66	194,13	3,4
S35	233,56	39,60	60,40	193,96	3,57
S36	228,89	32,81	67,19	196,08	1,45
S39	248,07	52,22	67,78	195,85	1,68
S40	237,64	57,36	52,64	180,28	17,25
S41	253,08	58,27	61,73	194,81	2,72
S42	253,65	62,35	57,65	191,30	6,23
Puit	137,10	2,39	2,61	134,71	62,82

Dans les tableaux 4 et 5, nous représentons les différents résultats de la série de mesures au 29/03/2003.

**Tableau 4.** Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche série de mesures au 29/03/2003 (cote du lac =197,45m) [1,5]

N° du piézomètre	Cote de l'orifice	Niveau d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)	Cote d'eau (m)	Perte de charge (m)
RG S27	200,51	5,80	64,20	194,71	2,74
RG S50	204,11	18,36	41,64	185,75	11,7
RG S26	206,91	15,15	39,85	191,76	5,69
RG S25	203,39	14,80	20,55	188,59	8,86
S9b	186,05	23,29	31,71	162,76	34,69
S64	157,83	4,11	25,89	153,72	43,73
S8N	204,25	32,32	47,68	171,43	26,02
IN	204,15	30,60	19,4	173,55	23,9

Pour les piézomètres de la rive droite, les différents résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 4.

**Tableau 5.** Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite série de mesures au 29/03/2003 (cote du lac =197,45m) [1,5]

N° du piézomètre	Cote de l'orifice	Niveau d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)	Cote d'eau (m)	Perte de charge (m)
RD18	221,1	31,27	68,73	189,83	7,62
RD21	226,83	44,28	15,72	182,55	14,9
RD45	226,32	44,00	22,00	182,32	15,13
S31	224,09	28,91	61,09	195,18	2,27
S32	227,46	34,72	60,28	192,74	4,71
S33	227,66	34,33	60,67	193,33	4,12
S34	230,47	36,49	63,51	193,98	3,47
S35	233,56	39,75	60,25	193,81	3,64
S36	228,89	32,91	67,09	195,98	1,47
S39	248,07	52,29	67,71	195,78	1,67
S40	237,64	57,48	52,52	180,16	17,29
S41	253,08	58,25	61,75	194,83	2,62
S42	253,65	62,49	57,51	191,16	6,29
Puits	137,10	2,33	2,67	134,73	62,72

Ces deux tableaux montrent que les faibles pertes de charge indiquent qu'il y a une forte circulation d'eau dans la zone qui sépare les piézomètres concernés du lac. Toutefois, les grandes valeurs des pertes de charge indiquent que la zone traversée par ces piézomètres est plus saine c'est-à-dire moins perméable.

Dans le tableau 6, nous représentons la variation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la cote du lac pour les piézomètres de la rive gauche.

**Tableau 6.** Fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation du plan d'eau pour les piézomètres de la rive gauche

Cote du lac	197,53 m	197,45 m	Fluctuation de la cote du lac= 0,08m
N°du piézomètre	Pertes de charges (m)		Variation de la perte de charge (m)
RG S27	1,98	2,74	-0,76
RG S50	11,59	11,7	-0,11
RG S26	5,65	5,69	-0,04
RG S25	8,84	8,86	-0,02
S9b	34,5	34,69	-0,19
S64	43,8	43,73	0,07
S8N	26,04	26,02	0,02
IN	23,89	23,9	-0,01

Dans le tableau 7, nous représentons la variation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la cote du lac pour les piézomètres de la rive droite.

**Tableau 7.** Fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation du plan d'eau du lac pour les piézomètres de la rive droite

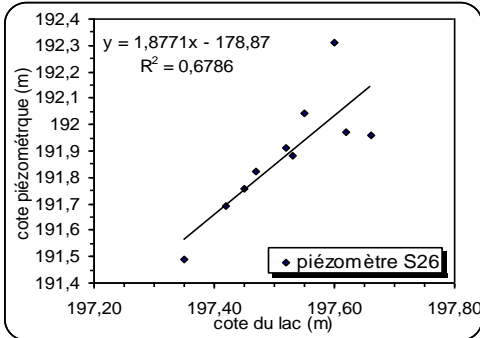
Cote du lac	197,53 m	197,45 m	Fluctuation de la cote du lac= 8cm
N°du piézomètre	Pertes de charges (m)		variation de la perte de charge (m)
RD18	7,53	7,62	-0,09
RD21	14,8	14,9	-0,10
RD45	15,02	15,13	-0,11
S31	2,13	2,27	-0,14
S32	4,57	4,71	-0,14
S33	3,96	4,12	-0,16
S34	3,4	3,47	-0,07
S35	3,57	3,64	-0,07
S36	1,45	1,47	-0,02
S39	1,68	1,67	+0,01
S40	17,25	17,29	-0,04
S41	2,72	2,62	+0,10
S42	6,23	6,29	-0,06
Puits	62,82	62,72	<b>+0,10</b>

Ces deux tableaux nous montrent les piézomètres fortement influencés par la fluctuation du lac. En effet, plus la variation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la cote du lac tend vers -0,08, plus les piézomètres ont un comportement normal c'est-à-dire répondent par la même amplitude que le lac.

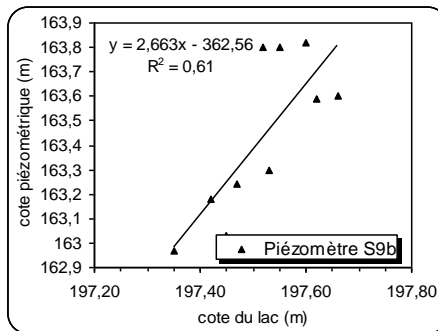
### Variation de la cote piézométrique en fonction de la côte du lac

A cet effet, nous traçons la variation de la cote piézométrique en fonction de celle du lac puisque les pentes des droites de régression obtenues ont une relation étroitement liée avec la perméabilité de la zone située entre le piézomètre et le lac.

Les figures 6 et 7 illustrent la variation de la cote piézométrique en fonction de la cote du lac, pour les piézomètres S26 et S9b qui se situent au niveau de la rive gauche.



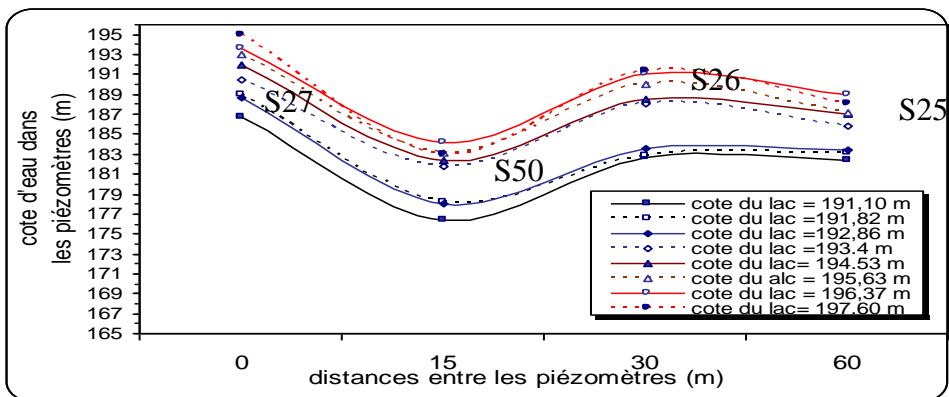
**Fig. 6** Piézomètre S26 [1]



**Fig. 7** Piézomètre S9b [1]

La bonne corrélation entre les deux côtes indique qu'il y a une forte circulation d'eau entre les différents piézomètres et le lac. Cependant, les pentes des droites obtenues indiquent l'état des zones situées entre les piézomètres et le lac.

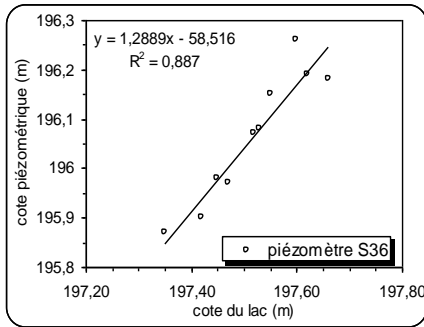
La figure 8 donne la variation de la ligne piézométrique des piézomètres situés en amont de l'écran d'étanchéité pour différentes côtes du lac.



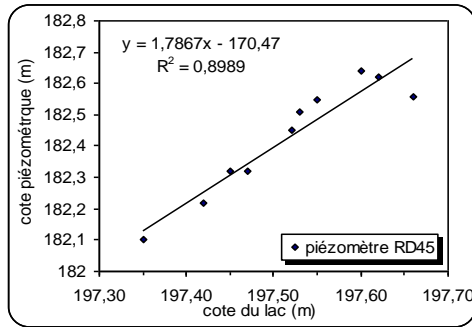
**Fig. 8** Lignes piézométriques reliant les piézomètres situés en amont du rideau d'étanchéité pour différentes côtes du lac [1].

Cette représentation graphique permet d'avoir la valeur des sous-pressions au niveau de la rive gauche pour différentes côtes du plan d'eau dans le lac, nous constatons aussi des points d'intersections de certaines lignes piézométriques qui veulent dire qu'au niveau de ces points les sous-pressions sont égales c'est-à-dire ces points ont le même type d'écoulement. Par contre au niveau du piézomètre S50 l'écoulement souterrain s'effectue à partir de la profondeur 185NGA pour les différentes côtes du lac.

Pour les piézomètres de la rive droite, nous illustrons sur les figures 9 et 10 le cas des piézomètres S36 et RD45, situés successivement en amont et sur l'écran d'étanchéité.



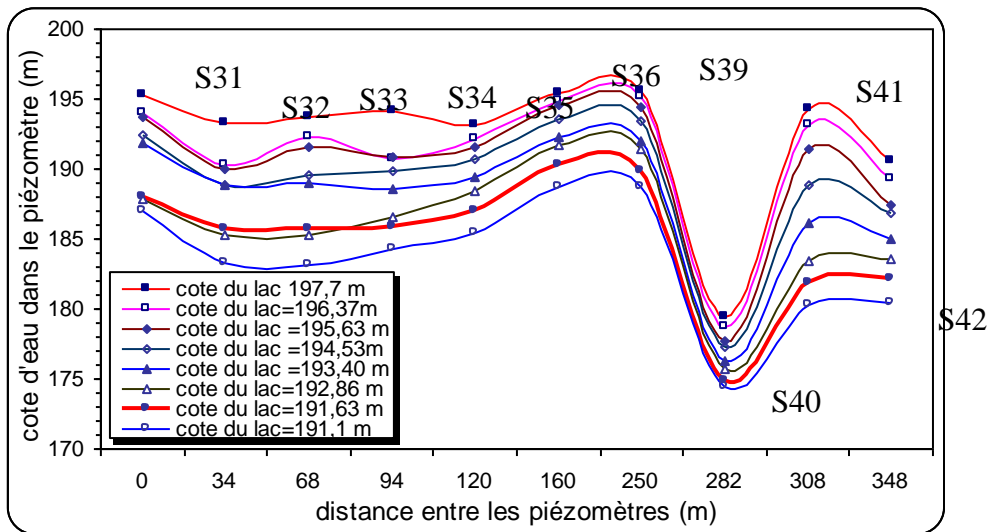
**Fig. 9** Piézomètre S36 [1]



**Fig. 10** Piézomètre RD45[1]

Malgré la bonne corrélation obtenue au niveau des piézomètres S36 et RD45 (50% de l'échantillon a été exprimé), les zones qui séparent les deux autres piézomètres du lac sont plus déficientes. Ceci est justifié par les grandes valeurs des pentes des droites de régression.

La figure 11 donne la variation de la ligne piézométrique à l'amont de l'écran d'étanchéité pour différentes côtes du lac.



**Fig. 11** Lignes piézométriques reliant les piézomètres situés en amont du rideau d'étanchéité pour différentes côtes du lac [1].

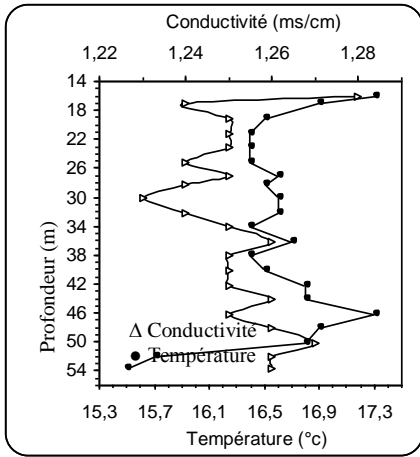
Ces lignes piézométriques donnent la variation des sous pressions au niveau de la rive droite pour différentes côtes du lac, ils nous permettent aussi de déterminer à quelle profondeur s'effectue l'écoulement souterrain pour différentes côtes du plan d'eau dans le lac, ce qui est le cas au niveau du piézomètre S40 où l'écoulement s'effectue au niveau des couches profondes au-delà de 180 NGA.

Ce premier volet nous permet de déterminer les endroits défectueux mais il reste imprécis sur le type d'écoulement, les niveaux et les terrains où l'écoulement s'effectue. La réponse sur ces mécanismes fera l'objet du second volet de notre travail.

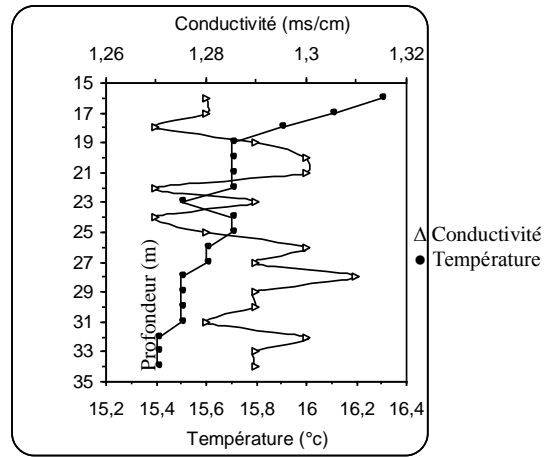
#### 4. ÉTUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES DIFFÉRENTES MASSES D'EAU EXISTANTES AU NIVEAU DU BARRAGE

Ces mesures nous permettent d'établir la relation entre les différentes masses d'eau. En effet, l'existence, par exemple, d'une stratification thermique au niveau du lac permet, après la mesure des températures de résurgences, de remonter au niveau du lac auquel s'effectue l'écoulement.

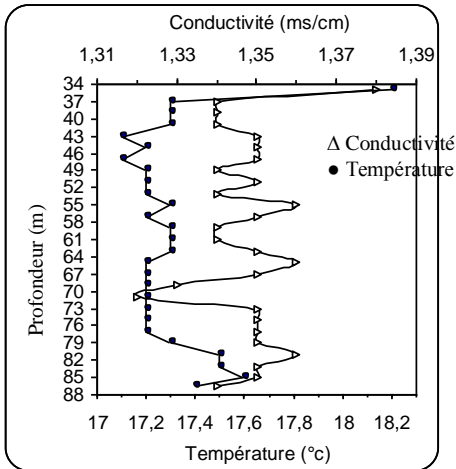
Les figures 12, 13, 14 et 15 montrent les profils de la conductivité combinés à ceux de la température au niveau des piézomètres S26, S25, S32 et S36.



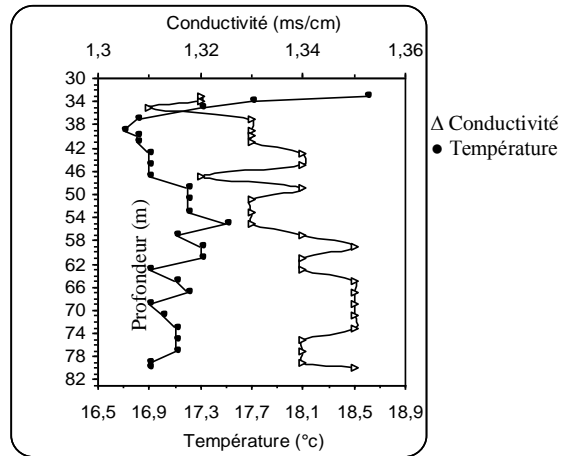
**Fig. 12** Piézomètre S26 [1]



**Fig. 13** Piézomètre S25 [1,5]



**Fig. 14** Piézomètre S32 [1,6]



**Fig. 25** Piézomètre S36 [1]

Les profils de la conductivité combinés à ceux de la température nous permettent de localiser les niveaux où un écoulement horizontal provenant de la retenue (fraction des profils de basses conductivité et de température homogène) s'effectue et où un écoulement vertical descendant (profils constants de la conductivité et de la température) fait circuler l'eau à travers des couches profondes.

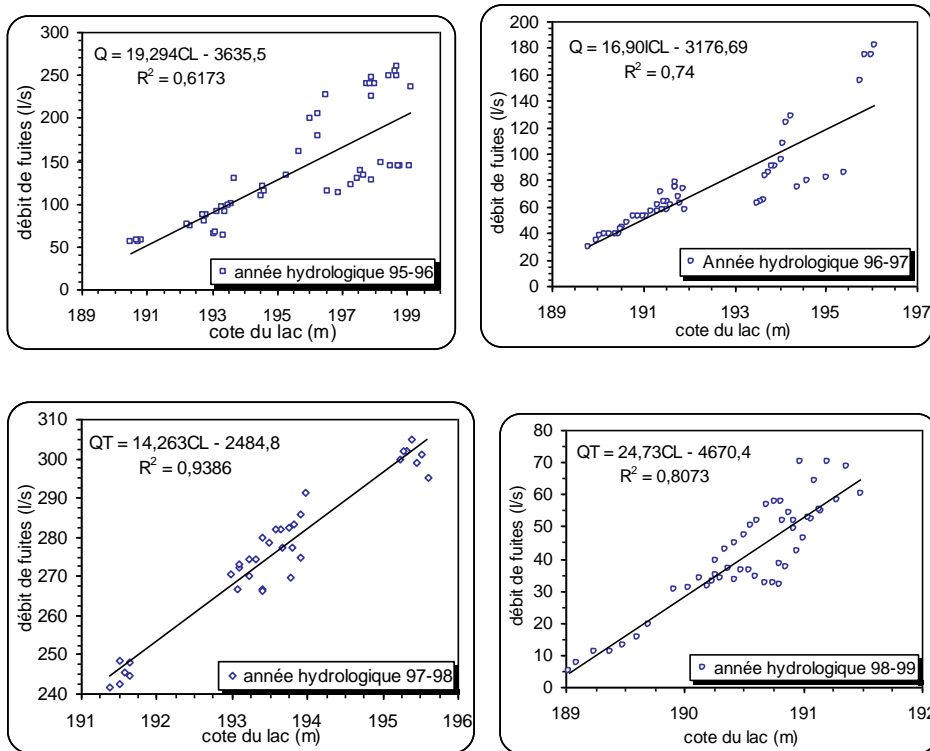
## 5. VARIATION DU DÉBIT DES FUTES EN FONCTION DE LA VARIATION DU PLAN D'EAU DANS LE LAC

Dans ce contexte, notre objectif est consacré à l'étude des débits des fuites d'eau et leur variation au cours du temps, pour ce faire, la mesure in-situ des



débites de fuites pour différentes cotes du lac et l'utilisation des données des mesures faites par les services concernés est plus que nécessaire afin de suivre la variation du phénomène au cours du temps.

Sur la figure 16, nous représentons la variation du débit de fuites totales en fonction de la cote du lac pour les années hydrologiques 1995-1996, 1996-97, 1997-1998 et 1998-1999.



**Fig. 16** Variation du débit de fuites totales en fonction de la cote du lac durant la période allant de 1995 à 1999 [1].

En nous basant sur ces représentations, nous pouvons constater que le débit des fuites augmente progressivement avec l'augmentation de la cote du lac jusqu'à la cote 195 où, au-delà de cette cote, on assiste à une croissance rapide du débit de fuites. Cet accroissement peut s'expliquer par les causes suivantes :

Lorsque la cote du lac est en deçà de 195m, le débit de fuites dépend de la perméabilité du massif rocheux et l'écoulement dans ce cas est régi par la loi de Darcy.

En revanche, quand la cote du lac est au-delà de 195m, l'écoulement souterrain ne suit pas la loi de Darcy. Ce cas indique l'entrée en lice de nouvelles couches

perméables ou même de failles. A ce stade, on ajoute l'écoulement à travers les cannelures, suite à la diminution des pertes de charges à partir de cette cote.

On constate aussi l'accroissement du débit de fuites au cours du temps. En effet, pour la même cote du lac (195 m), l'augmentation du débit de fuites est remarquable pour les années hydrologiques 1996-1997 et 1997-1998.

De fait, ce dernier nous confirme que le débit de fuites subit un accroissement progressif au cours du temps pour des cotes supérieures à 195m. Cet accroissement est dû à la diminution des pertes de charges à la suite de la détérioration du massif rocheux constituant les appuis et les fondations de l'ouvrage ainsi que l'agrandissement des ouvertures des fissures. Ce changement est dû à l'augmentation de la pression hydrostatique créée par le niveau de l'eau au niveau du lac.

## CONCLUSION

L'étude du problème des fuites d'eau au niveau des barrages relève d'une très grande importance, vu les risques engendrés sur la stabilité des barrages, mais aussi sur les pertes en eau, dont l'importance est primordiale pour les zones où cette ressource se fait rare, à l'instar des zones arides particulièrement en Algérie.

Dans le souci de décortiquer ce problème au niveau du barrage de Foum-El-Gherza trois volets ont été proposés à savoir une étude piézométrique, une étude des paramètres physico-chimiques et enfin une étude des débits de fuites. Le premier volet nous a permis de distinguer les zones défectueuses au niveau des rives, le second a permis de déterminer les différents écoulements au niveau des piézomètres et par conséquent au niveau des rives et le troisième a montré qu'au-delà de la cote 195NGA, d'autres couches perméables et même de failles entrent en lice sous l'effet de la pression grandissante créée par le réservoir.

La localisation des zones susceptibles d'être le théâtre des fuites d'eau et le mécanisme qui régit ce phénomène au niveau des barrages constitue une partie essentielle pour porter des solutions efficaces et adéquates à ce problème.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Toumi.A, (2004) *Contribution à l'étude des fuites d'eau dans les barrages" « cas du barrage de Foum-El-Gherza, Biskra, Algérie. Mémoire de Magister. Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (E.N.S.H), 120p.*
- [2] S.E.G.G.T.H *Monographie des Grands barrages « Barrage de Foum-el-Gherza ». Alger*
- [3] Gousskov N, 1952 *Eléments de technogéologie des Barrages Algériens et de Quelques ouvrages annexes. « Le barrage de Foum-el-Gherza .*
- [4] Toumi. A, Remini B. 2003 *Les fuites à travers les rives du barrage de Foum-El-Gherza, Biskra, Algérie. Revue vecteur environnement, la revue québécoise des sciences et techniques de l'environnement, volume 36, numéro 6, novembre 2003, PP 67-72.*

- [5] Toumi. A, Remini B. 2004 *Barrage de Foum-El-Gherza Face au problème des fuites d'eau*. Article accepté- apparaît dans le journal Larhyss » de Février à Mars, Biskra, 2004.
- [6] Toumi. A, Remini B. 2003 *Perte de capacité des barrages algériens par fuites*. Colloque international Oasis, Eau et Population, Biskra.
- [7] A.N.B, *Bilan annuel des ressources en eau des barrages en exploitation*". Alger
- [8] Remini. B 2001). *Les fuites d'eau dans le barrage de Foum-el-Gherza (Algérie)*. E.I.N international - l'eau, l'industrie, les nuisances n°6, 2001, PP 55-59.
- [9] Jean-Maurice Durand, Paul Royet et Patrice Mériaux, 1999. *Techniques des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale*. Editions Cemagref. Paris.
- [10] R. Théron. (1973) *Recherche sur l'étanchéité des lacs de barrages en pays karstique* Edition Eyrolles Paris.