

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar El oued



Faculté de Technologie

Département : Hydraulique et Génie Civil

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique

Option: Ouvrage Hydraulique

THEME

**Etude des infiltrations dans le barrage: cas du
barrage de Foug el –Gherza (w. Biskra)**

Dirigé par :

MEGUELLATI SOUMIA

présenté par :

* ABADI BRAHIM

* LABBI AHMED TALAL

Promotion:2019/2020

REMERCIEMENTS

*.Nous remercions en premier lieu Dieu tout puissant pour nous avoir donné la force et la volonté
d'accomplir ce modeste travail.*

Nous voudrions tout d'abord exprimer toute notre reconnaissance à notre encadreur

Dr. MEGUELLATI SOUMAIA , *Pour son soutien, ses conseils et sa grande bienveillance lors
du développement de ce projet.*

*Et pour tous ceux qui ont apporté leur aide de près ou de loin à la réalisation de ce document, nous
disons MERCI*

DEDICACE

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-nous de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

A nos très chers pères -A nos très chères mères -A nos frères et sœurs

-A tous nos cousins sans exception - A toute notre famille. -A tous nos ami(e) s sans exception

Atours; nous dédions ce to ouvrage, Questel sensdemesétudessupérieures, commeun Don du Cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur notre parcours professionnel.

Sommaire

<i>Remerciements</i>	<i>I</i>
<i>DEDICACE</i>	<i>II</i>
<i>Sommaire</i>	<i>III</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>VI</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>VIII</i>
<i>Introduction générale</i> :	1

Chapitre I : Recherche bibliographique

<i>Introduction</i> :	3
I-1- Ampleur des infiltrations d'eau au niveau des barrages:	3
I-2- PRESENTATION DU BARRAGE DE FOUM-EL-GHERZA	9
I-2-1- Généralités	10
I-2-2- Historique De Barrage Foum El Gherza :	11
I-2-3- Ecran d'étanchéité	13
I-2-4- GEOLOGIE du barrage Foum El Gherza:	15
I-2-4-1- Géologie Du Site Du Barrage :	17
I-2-4-1-2- Le Campanien supérieur:	17
I-2-4-1-3 Le Maestrichtien:	17
I-2-4-1-4 Le Miocène:	17
<i>Conclusion</i> :	19

Chapitre II: Les différentes types de piézomètre

<i>Introduction</i> :	21
II-1- Principe du piézomètre	21
II -2-Type d'appareils de piézomètres :	22

<i>II-3- Différents types des piézomètres:</i>	23
<i>II -3-1-Piézomètres multiples:</i>	23
<i>II -3-2-Piézomètres Casagrande :</i>	23
<i>II -3-2-Piézomètre électrique:</i>	24
<i>II -3-2-Autres piézomètres:</i>	24
<i>Conclusion :</i>	26

Chapitre III :Détection des infiltrations des eaux dans les retenues de barrage

<i>Introduction :</i>	28
<i>III-1 Périmètre des infiltrations des eaux</i>	28
<i>III -1-1 Infiltrations à travers le béton et la voûte:</i>	28
<i>III -1- 2 Infiltrations de la vanne de fond</i>	28
<i>III -1- 3 Infiltrations à Travers le massif calcaire:</i>	28
<i>III-1-4- Les drains</i>	28
<i>III-2- L'essai qui existe</i>	29
<i>Conclusion :</i>	32

Chapitre IV:Etudes et interprétation des résultat

<i>Introduction</i>	36
<i>IV-1-Etude piézométrique</i>	36
<i>IV-1-1 But de l'étude:</i>	36
<i>IV-1-2- Le dispositif de piézomètres:</i>	37
<i>IV-1-3- L'état actuel des piézomètres :</i>	38
<i>IV-1-4- Mesure de la Profondeur d'eau dans les piézomètres :</i>	39
<i>IV-1-5- Mesure des cotes d'eau dans le lac:</i>	40
<i>IV-1-6- Les pertes de charges entre le lac et les piézomètres :</i>	40
<i>IV-1-7-fluctuation de la perte de charge:</i>	43
<i>IV-1-8-Variations de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac :</i>	45
<i>IV-2- Étude des paramètres physico-chimiques :</i>	46

<i>IV-2-1- Mesure de la conductivité et de la températures:</i>	47
<i>IV-3- Mesures des débits de Fuites:</i>	48
<i>IV-3-1- Graphiques caractéristiques :</i>	52
<i>IV-3-2- Comparerions entre le débite de fuite a traverse les deux rives:</i>	53
<i>Conclusion générale :</i>	56
<i>Recommandation:</i>	57
<i>Référence bibliographique</i>	59

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des barrages Algériens. Source : Agence Nationale des Barrages et des Transferts –Alger (ANBT).....	5
Figure 2: Variation du volume des infiltrations en fonction du temps dans les barrages Algériens	7
Figure 3: Présentation du volume des infiltrations d'eau des barrages Algériens par secteurs	7
Figure 4: Variation du volume des infiltrations d'eau dans le temps-barrage de Foug el Gherza	8
Figure 5: Présentation du volume des infiltrations d'eau par secteurs - barrage de Foug el Gherza	8
Figure 6: situation géographique du barrage de Foug-el-Gherza Biskra, Algérie	9
Figure 7: Barrage de Foug-el-Gherza , Biskra, Algérie. Capacité initiale 47.106 m3.....	10
Figure 8: Ecran d'étanchéité du barrage Foug El Gherza.....	13
Figure 9: Les différentes phases de l'écran d'étanchéité	14
Figure 10: caté géologique du bassin versant de l'oued el Abiod (DHW Biskra).....	16
Figure 11: Coupe géologique (photo de plan).....	18
Figure 12: Coupe géologique (photo de l'archive AN T)	18
Figure 13: Principe du piézomètre	21
Figure 14: Coupe schématique d'un piézomètre (KRUSEMAN.G.P. 197)	22
Figure 15: Piézomètre multiple Source : SESGEO.com.....	24
Figure 16: piézomètre CASAGRANDE Source : https://slideplayer.fr	24
Figure 17: sonde piézométrique, La source :(seisgeo.com).....	25
Figure 18: Déversoir triangulaire pour la mesure du débit du canal rive droite	29
Figure 19: Mesure des infiltrations au niveau de la galerie d'irrigation	30
Figure 20: mesure la profondeur de piézomètre	30
Figure 21: carte de positions des piézomètres (Source ANBT).....	31
Figure 22: Carte de répartition des piézomètres (ANBT)	37
Figure 23: Echelle limnométrique du barrage Foug El- herza.....	40
Figure 24: Variation de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac S25.....	45
Figure 25: Variation de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac S41.....	46
Figure 26: Profil de conductivité combiné à celui de la température dans le piézomètre S25 . (Δ) Conductivité, (•) Température.....	47

Figure 27: Profil de conductivité combiné à celui de la température dans le piézomètre S41 . (Δ) Conductivité, (•) Température.....	47
Figure 28: Variation du volume de infiltrations en fonction du temps	51
Figure 29: Une fuite d'eau bien visible bien que le lac est au niveau le plus bas.....	52
Figure 30: Une vue des infiltrations par la digue de la rive gauche du barrage de Foum El Gherza	53
Figure 31: Variation de la cote de lac (rive droite)	54
Figure 32: Variation de la cote de lac (rive gauche)	54

Liste des tableaux

Tableau 1: Liste des barrages en Algérie.	4
Tableau 2: Les barrages Algériens confrontés sérieusement au problème des infiltrations d'eau (ANBT, 2003 ; Benfetta 2009).	6
Tableau 3: Les mesures des piézomètres	31
Tableau 4: L'état et récapitulation des équipements et matériels d'auscultation	38
Tableau 5: Profondeur et les cote d'orifice des quelque piézomètres.....	39
Tableau 6: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche. Série de mesures du 01/02/2003 (côte du lac =197,60 m)	41
Tableau 7.1: pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite. Série de mesures du 01/02/2003 (côte du lac =197,60 m)	41
Tableau 8: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche. Série de mesures du 29/03/2003 (côte du lac =197,45m)	42
Tableau 9: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite. Série de mesures du 29/03/2003 (côte du lac =197,45 m)	43
Tableau 10: fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive gauche.....	43
Tableau 11: Fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive droite.....	44
Tableau 12: Les températures mensuelles pour les stations de Batna et Foum El Gherza	48
Tableau 13: Mesures des Infiltrations en Hm3 au niveau du barrage Foum El Gherza	49

Résumé :

La fonction principale d'un barrage est de constituer une réserve d'eau, il est donc évident que ces ouvrages doivent être et demeurer étanches. Le barrage de Foug El Gherza est implanté sur l'oued Abiod depuis mille neuf cent cinquante, sur un site faillé et fissuré favorisant les infiltrations alors que leur apparition dans un barrage peut avoir des conséquences néfastes à plusieurs titres : augmentation des pressions interstitielles et détérioration des conditions de stabilité, érosion interne pouvant aboutir à la rupture et perte de capacité d'emmagasinement. Dans ce contexte, notre modeste travail porte sur la détection des infiltrations à travers le barrage de Foug El Gherza, sa fondation, ses rives et à son aval en utilisant les résultats de l'auscultation et de la surveillance de notre ouvrage. On s'est intéressé aussi à l'origine des infiltrations et à leur quantification pour proposer à la fin des recommandations basées sur les observations et les mesures.

Mots clés : ouvrages hydrauliques, fuites, barrage, Foug El Gherza, piézomètre, auscultation

الملخص :

تتمثل المهمة الرئيسية للسد في تكوين احتياطي مائي ، لذلك فمن الواضح أن هذه الهياكل يجب أن تظل مانعة لتسرب المياه. تم إنشاء سد فم الغرزة على وادي الأبيض منذ حوالي سبعين عاما ، في موقع معيب ومشقق مساعد على التسريبات ، في حين أن ظهور التسريبات في السد يمكن أن يكون لها عواقب وخيمة لعدة أسباب: زيادة الضغوط المائية، تدهور ظروف الاستقرار و تآكل داخلي يمكن أن يؤدي إلى الانهيار وفقدان سعة التخزين. و ضفافها و جهته السفلية باستخدام نتائج المتابعة والمراقبة. لقد بحثنا أيضا في أصل التسريبات وتحديد الكمي لاقتراح التوصيات النهائية بناء على الملاحظات والقياسات.

الكلمات المفتاحية : الهياكل الهيدروليكية ، التسميع ، التسريبات ، السد ، فوم الغرزة ، مقياس الضغط .

Introduction générale

Introduction générale :

Le contrôle des ouvrages hydrauliques tels que les barrages constituent une préoccupation majeure, en raison de leur intérêt et le risque sur la sécurité publique. Si on délaisse ces deux facteurs généralement, les dispositifs d'auscultation et surveillance sont :

- Les piézomètres
- L'étude des infiltrations

Le phénomène des infiltrations d'eau au niveau du barrage Foum El Gherza se traduit non seulement par des pertes considérables en eau précieuse et rare mais menace aussi sérieusement la stabilité des ouvrages hydrauliques, De plus, rappelons que la perte de capacité est due essentiellement aux infiltrations d'eau mais et également, à l'envasement des retenues et à l'évaporation intense lorsque les barrages sont implantés dans des régions arides et semi-aride.

L'objectif de notre étude concerne la surveillance et l'auscultation. Le suivi du comportement du barrage dans le temps a pour objectif principal de maintenir son fonctionnement et d'assurer la sécurité de l'ouvrage et par conséquent celles des agglomérations à l'aval.

La surveillance et l'auscultation permettent de déterminer la consistance des travaux d'entretien, mais elles peuvent dépasser ce cadre en permettant d'une part de prendre des mesures de sécurité éventuelle et d'autre part de confronter le résultat des calculs à celui d'auscultation. Cette comparaison permet l'amélioration des connaissances théoriques.

A cet effet, notre étude est basée sur l'analyse de toutes les données des infiltrations à partir de la mise en eau du barrage. En premier temps, on va suivre les changements des volumes des infiltrations et en second temps, on présente le risque de infiltrations par rapport au barrage.

Dans le 1^{er} chapitre, nous montrons le contexte général de la zone d'étude avec les caractéristiques géographique et hydrologique.

Dans le 2^{ème} chapitre, nous présentons le barrage de Foum El Gherza, les moyens d'auscultation et les dispositifs existant au niveau du barrage.

En fin, dans le 3^{ème} chapitre nous utilisons les données d'exploitation et analysons les données pour comprendre le phénomène des infiltrations et d'estimer l'importance des quantités d'eau perdues depuis la mise en eau du barrage.

Ainsi que, La comparaison des mesures aux prévisions permet l'amélioration des projets futurs et l'interprétation périodique des résultats de mesure.

Chapitre I
Recherche bibliographique

Introduction:

Le phénomène des infiltrations d'eau au niveau des barrages se traduit par des pertes considérables en eau précieuse et rare et menace sérieusement la stabilité des ouvrages hydrauliques; De plus, la plupart des barrages sont sujets à une perte de capacité due essentiellement aux infiltrations d'eau, à l'envasement des retenues et à l'évaporation intense lorsqu'ils sont implantés dans des régions chaudes.

Le problème des infiltrations d'eau est très complexe car il menace les quantités d'eau accumulées dans la plupart des barrages à travers le monde et engendre une inquiétude sur la stabilité de ces ouvrages surtout si ce problème persiste.

Jusqu'à la fin du 19^{ème} Siècle, et en raison notamment de l'insécurité qui y régnait, les zones cultivées le long de l'Oued El Abiod, en amont de Foum El Gherza, n'étaient pas importantes. Aussi, les oasis du Zab, de Sidi Okba (Seriana, Thouda, Garta, Sidi Khellil) disposaient elles d'un débit suffisant pour irriguer leurs palmeraies. Sidi Okba comptait à elle seule plus de cent mille palmiers.

Depuis cette période, les Eurasiens se sont installés le long de l'Oued et ont créé de nombreux jardins qui absorbent la presque totalité du débit au point de mettre en péril l'existence de ces palmerais.

De plus, aucune nappe aquifère souterraine exploitable n'existe dans la région pour remédier à cette situation.

La seule solution consistait à construire un barrage-réservoir destiné à emmagasiner les eaux des crues de l'oued El Abiod et à les restituer pour les irrigants.

I -1- Ampleur des infiltrations d'eau au niveau des barrages:

Les infiltrations d'eau au niveau des barrages présentent un problème très sérieux surtout pour les pays à climat sec puisqu'ils menacent les volumes d'eau stockés dans les barrages à travers le monde et peuvent engendrer une déstabilisation de ces ouvrages, si ce problème atteint un certain stade d'évolution (risque de rupture des barrages).

Suite à une étude approfondie et l'examen des dossiers techniques et de la documentation au niveau de l'agence nationale des barrages-Algérie, nous avons remarqué que plusieurs barrages sont concernés par le problème des infiltrations d'eau dont quinze d'entre eux sont menacés sérieusement du fait que le débit perdu à travers leurs rives et leurs

fondations est considérable dépassant un million de m³ par an. Parmi ces barrages, on a constaté aussi que six présentent un débit de perte supérieur à cinq millions de m³ par an chacun. Le tableau 3 présente les barrages Algériens fortement menacés par ce phénomène (Figure 1) (ANBT, 2003).

Tableau 1: Liste des barrages en Algérie.

N ⁰	Barrage	Date de la mise en eau	Capacité initiale (Mm ³)	Barrage	Date de la mise en eau	Capacité initiale (Mm ³)
1	Souani	2005	47	Keddara	1985	145
2	Boughrara	1999	175	Béni Amrane	1988	16
3	Béni Bahdels	1952	63	Lekhal	1985	30
4	Mefrouch	1963	15	Ksob	1977	30
5	Sidi Abdeli	1988	110	Tisedit	2205	167
6	Sarno	1954	22	Taksebt	2001	175
7	Ouzert	1986	100	Ain Zada	1986	125
8	Bouhanifia	1948	73	Ighil Emda	1953	155
9	Fergoug	1970	18	Erraguene	1961	200
10	Cheurfas II	1992	82	El Agrem	2002	34
11	SM Benaouda	1978	235	Béni Hroun	2004	960
12	Bakhada	1963	56	H.Grouz	1987	45
13	Dahmouni	1987	41	Béni Zid	1993	40
14	Merdja	1984	55	Guenitra	1984	125
15	Gargar	1988	450	Zardezas	1977	27
16	Sidi Yakoub	1985	280	Zit Emba	2001	117
17	Bouguera	1989	13	H. Dzbagh	1987	200
18	Kouidat Rasfa	2004	75	Oued Cherf	1995	157
19	Oued Fodda	1932	228	Ain Dalia	1987	82

20	Oued Mellouk	2004	127	Chafia	1965	171
21	Harreza	1984	70	Mexa	1998	47
22	Deurdeur	1984	115	K. Medaouar	2004	69
23	Ghrb	1939	280	F. El Gueiss	1939	3
24	Boughezoul	1934	55	Babar	1995	41
25	Boukourdane	1992	97	Foum Gherza	1950	47
26	Meurad	1860	1	F. Gazelles	2000	55
27	Bouroumi	1985	188	Brezena	2000	122
28	Ladrat	1989	10	Djorf Torba	1969	350
29	Hamiz	1935	21			

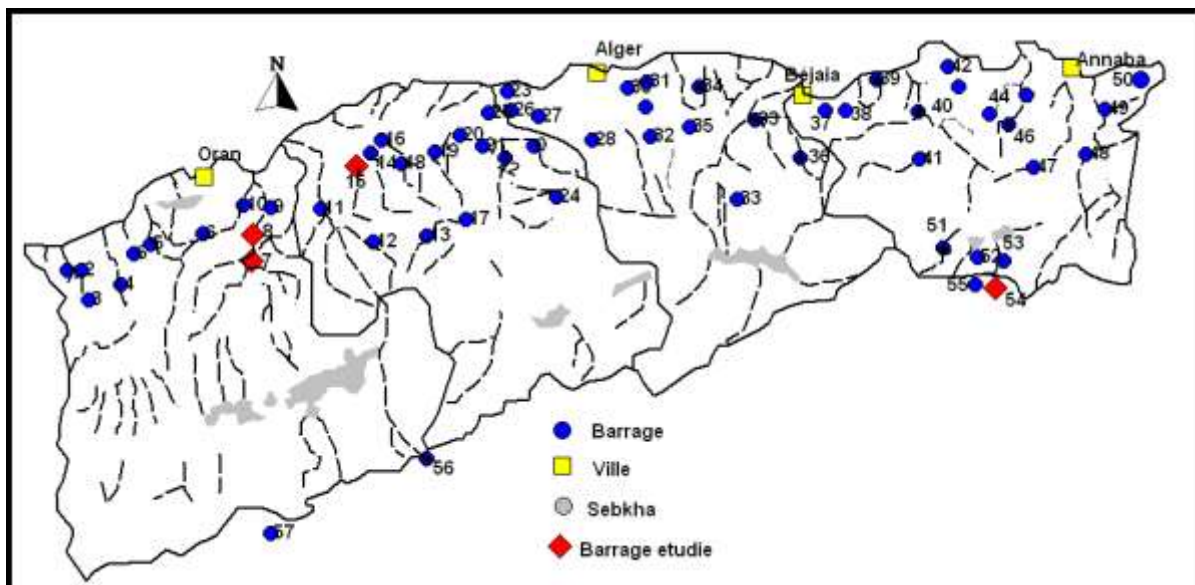


Figure 1 : Localisation des barrages Algériens. Source : Agence Nationale des Barrages et des Transferts –Alger (ANBT).

Tableau 2: Les barrages Algériens confrontés sérieusement au problème des infiltrations d'eau (ANBT, 2003 ; Bennett 2009).

N°	ANNEE	NOM DU BARRAGE	VOLUME PERDU (10 ⁶ m ³)	Cite de barrage
1	1980/1981	Foum elGherza	20.7	Biskra
2	1990/1991	Ain Dalia	7.00	Souk-ahras
3	1990/1991	Djorf-Torba	20.891	Bechar
4	1993/1994	Sidi Abdelli	1.09	Tlemcen
5	1993/1994	Ghrib	3.69	Ain defla
6	1994/1995	Ksob	3.237	M'sila
7	1995/1996	Mardja sidi Abed	1.219	Relizane
8	1995/1996	Beni bahdal	1.289	Tlemcen
9	1995/1996	Ouzert	23.34	Mascara
10	1996/1997	Bou-hanifia	1.098	Mascara
11	1997/1998	Cheurfas II	3.237	Sidi bel abbes
12	1997/1998	Gargar	31.705	Relizane
13	2001/2002	Hammam Debagh	1.126	Guelma
14	2001/2002	Zerdezas	1.546	Skikda
15	2001/2002	Cheffia	5.250	El-tarf

D'après le tableau 3, on remarque que le volume des infiltrations d'eau varie d'un barrage à un autre selon les conditions naturelles et la situation géographique de chaque site (Figure 2, Figure 3) (ANBT, 2003 ; Roye 2002).

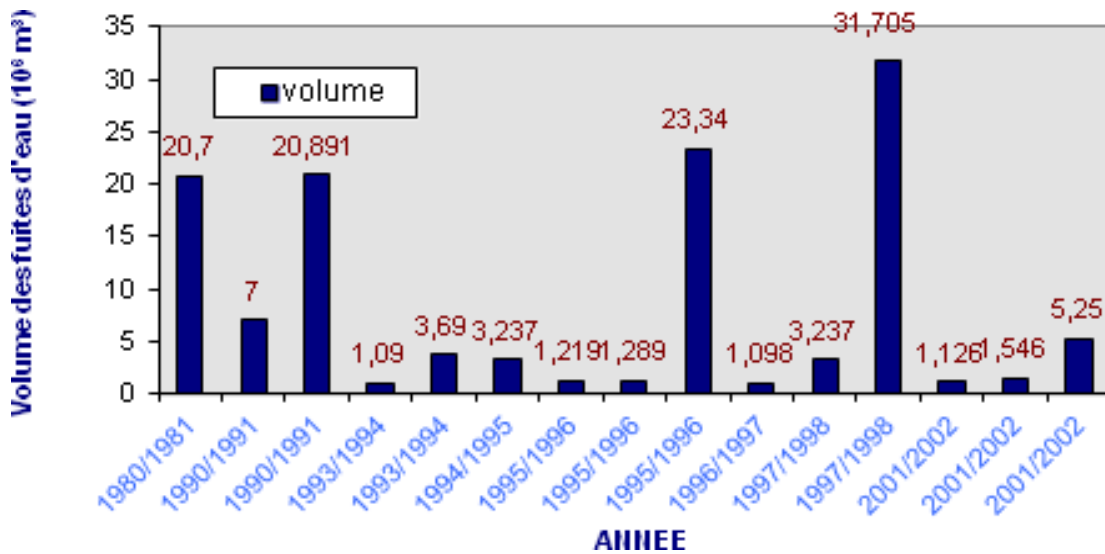


Figure 2: Variation du volume des infiltrations en fonction du temps dans les barrages Algériens

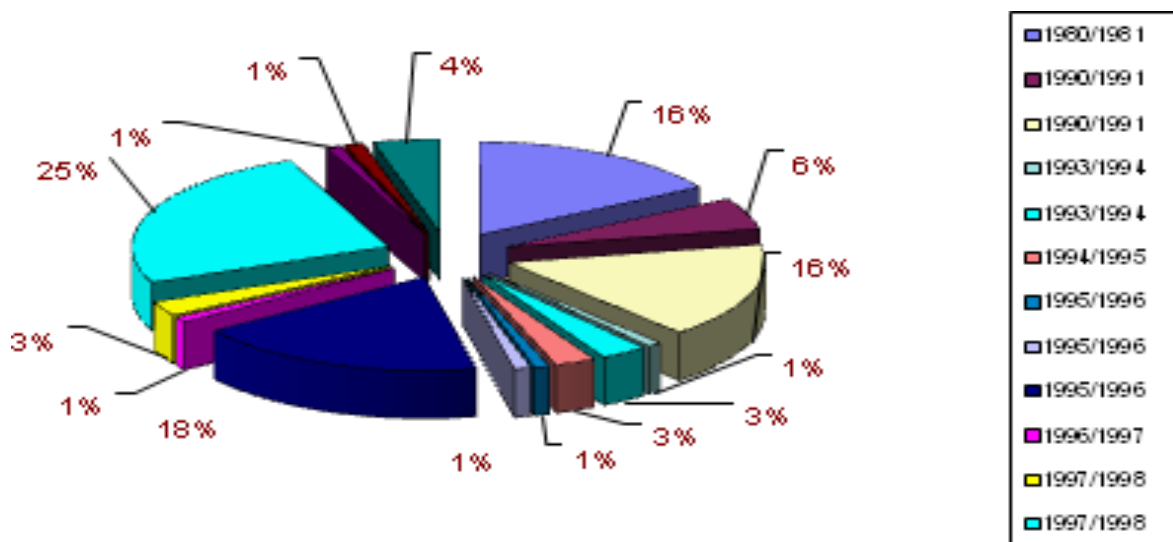


Figure 3: Présentation du volume des infiltrations d'eau des barrages Algériens par secteurs

La représentation graphique par les figures (2 et 3) illustre bien la variation des volumes des infiltrations pour les barrages concernés par ce phénomène durant la dernière décennie.

D'une manière générale, nous constatons que le volume d'eau perdu par infiltrations dans les barrages Algériens est important surtout pour les barrages de Gargarus, Guibert, Floume el Gherza et Djorf Torba dont les pertes d'eau sont très considérables et présentent des menaces très sérieuses pour la stabilité de ces ouvrages hydrauliques

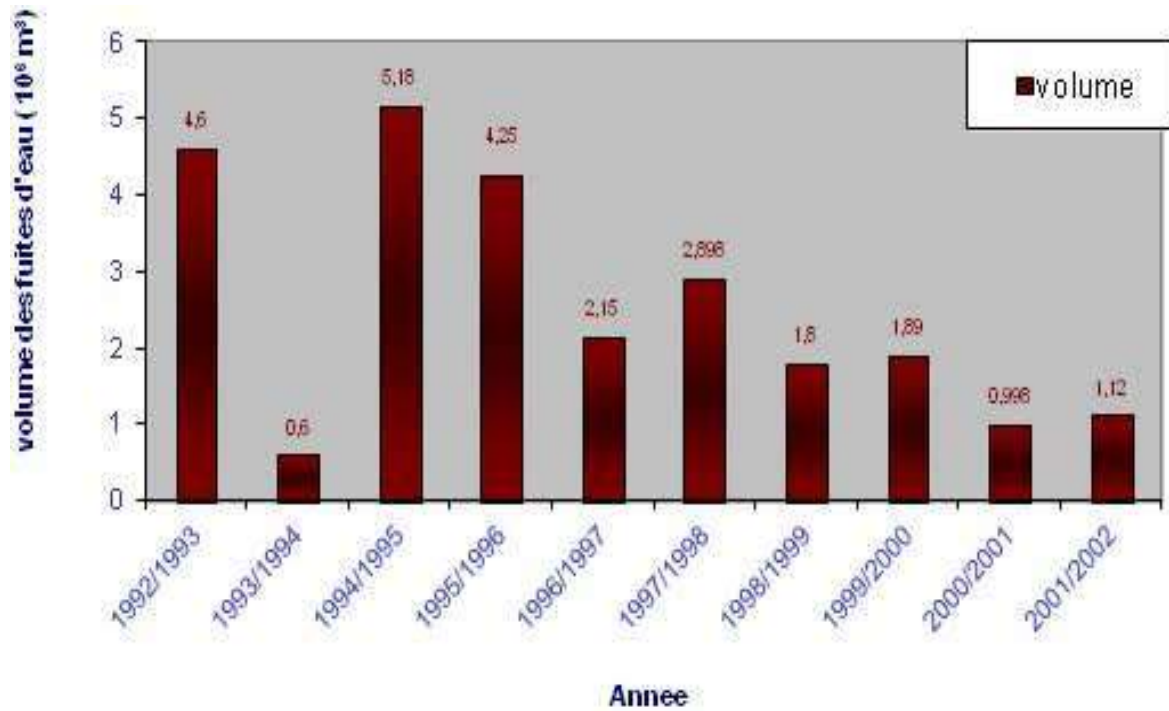


Figure 4: Variation du volume des infiltrations d'eau dans le temps-barrage de Foum el Gherza

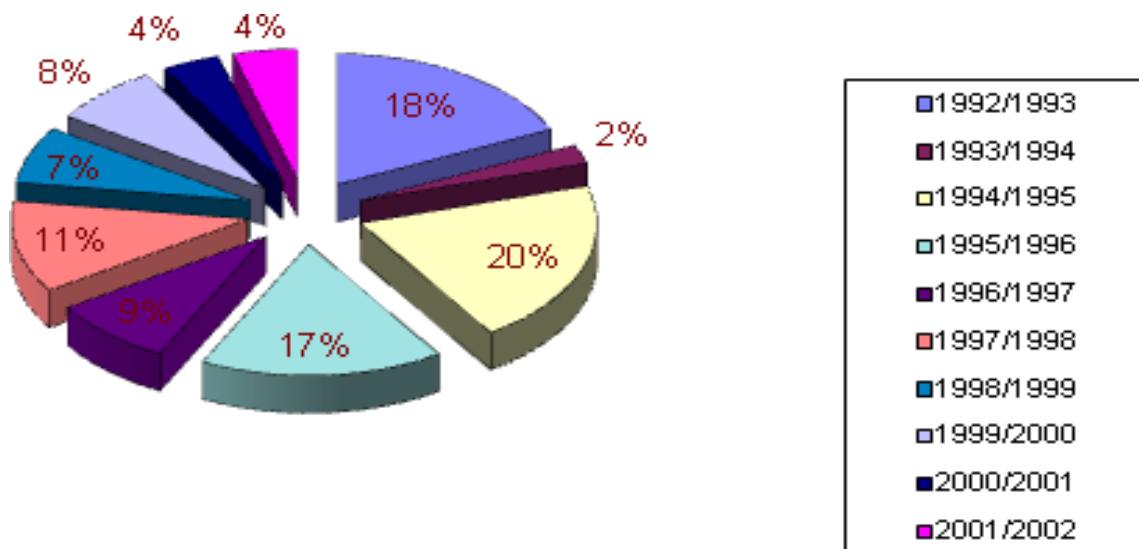


Figure 5: Présentation du volume des infiltrations d'eau par secteurs - barrage de Foum el Gherza

I-2- PRESENTATION DU BARRAGE DE FOUM-EL-GHERZA

Le barrage de Foug-el-Gherza est un joyau hydrotechnique situé à 20 km à l'est de la ville de Biskra (figure 6). Il a été réalisé durant la période 1948 -1950 sur le site le plus approprié dans la région (S.E.G.G.T.H, 2001). (Service d'études générales et de grands travaux hydrauliques).

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 sévit dans la région depuis une vingtaine d'années. Ce barrage a permis en outre l'extension des palmeraies.

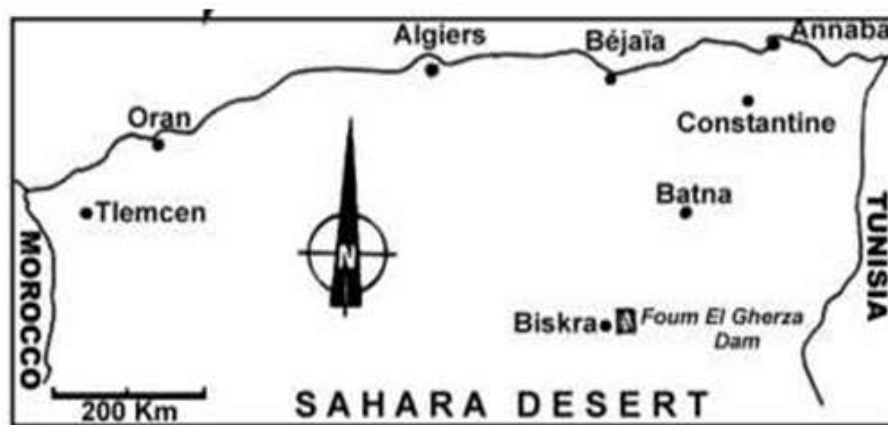


Figure 6: situation géographique du barrage de Foug-el-Gherza Biskra, Algérie

Cette infrastructure traduit l'intelligence de l'être humain étant donné qu'elle se compose de deux parties qui sont une voûte de 126m et une culée de 60m de longueur chacune. Sa hauteur maximale atteint 73m et sa capacité initiale est de l'ordre de 47 millions de mètres cubes (S.E.G.G.T.H., 2001). La photo1 représente une vue de la partie voûte du barrage.



Figure 7: Barrage de Foug-el-Gherza , Biskra, Algérie. Capacité initiale 47.106 m³

Cet ouvrage a un très grand intérêt économique dans la région puisque il permet d'irriguer plus de 300.000 palmiers dattiers des palmeraies de Sidi Okba, Garta, Seriana et Thouda (S.E.G.G.T.H, 2001; REMINI, 2001). Cependant, il se trouve amputé chaque année d'un volume important estimé en moyenne à 5 millions de m³. Ces pertes sont dues au site d'implantation de cet ouvrage qui est composé de calcaires cristallins du maëstrichtien fissurés jusqu'à une profondeur de 80m (GOUSKOV, 1952).

I-2-1- Généralités

En plus de la faible quantité d'eau reçu par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touché le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les infiltrations d'eau surtout à travers les appuis (TOUMI et REMINI, 2002). Le problème des infiltrations revêt une grande importance, surtout pour les pays comme l'Algérie où le développement économique est lié aux quantités d'eau emmagasinées au sein des retenues de barrages.

Le barrage de Foug-el-Gherza est un cas concret où le problème des infiltrations à travers les appuis est devenu dangereux et épineux, puisque d'une part on assiste chaque année à un accroissement du débit des infiltrations pour la même côte du lac (TOUMI et REMINI, 2003). D'autre part à la méconnaissance avec précision des endroits de circulation d'eau.

nous traitons le problème des infiltrations à travers cette infrastructure hydraulique, afin d'arriver à un stade où ce phénomène sera maîtrisé

I-2-2- Historique De Barrage Foum El Gherza :

Les étapes de la construction du barrage de Foum El Gherza peuvent être résumées par ce qui suit.

1847:

Premier barrage de dérivation à cette époque avec un petit ouvrage qui avait été construit en amont des gorges de Foum El Gherza. Les eaux étaient dérivées par une galerie souterraine creusée dans les calcaires de la rive droite. Cet ouvrage rudimentaire fut emporté par les crues et il ne reste rien de cet ouvrage.

L'entrée amont de la galerie de dérivation, complètement obstruée, a été découverte par hasard au cours de la construction du batardeau du barrage actuel.

1902 :

Des travaux de dérivation de l'oued ont été entrepris, mais dans la nuit du 15 au 16 sept 1902 une crue d'une violence exceptionnelle ravage le chantier.

1912-1918 :

Un barrage de 3 m de hauteur fut édifié au milieu de la gorge. Une galerie longue de 400m environ fut creusée en rive droite prolongée par un canal d'amenée cimenté de 3km. En plusieurs endroits ce canal traversait en aqueduc franchissant l'Oued El Biraz (nom de l'oued El Abiod à l'aval des gorges) et alimente l'oasis de Sidi Okba

1927 :

L'administration commence à établir un projet de grand barrage-réservoir.

1941 :

R. LAFFITE, ingénieur du service de la carte géologique de l'Algérie fait une étude géologique détaillée de l'emplacement du barrage.

1944 :

Une série de sondage a été exécutée dans le thalweg de l'oued El Abiod à l'extrémité amont de la future retenue pour reconnaître la nature du beda-rock.

1950 :

La voûte et la culée, ainsi que les ponts sur les déversoirs sont terminées.

1951 :

Le montage de la conduite forcée, la mise en place des déchargeurs et l'installation de la centrale hydroélectrique sont effectués

1952-1954 :

Renforcement du rideau d'étanchéité.

1954-1957 :

L'exécution d'un masque plaqué contre l'écran d'étanchéité et à l'amont de celui-ci ; Ces travaux sont terminés en septembre 1957.

Le barrage de Foug El Gherza est inscrit au registre mondial des grands barrages avec les caractéristiques suivantes :

- TYPE : voûte mince avec culée rive gauche.
- Altitude de la retenue maxima : 195,65
- Surface de la retenue au niveau maximum : 3,09 km
- Capacité totale et utilisable du réservoir : 47 hm
- Cote de plus hautes eaux : 200.00 m
- Hauteur maximale du barrage au-dessus du talweg : 65 m
- Hauteur de la crête du barrage au-dessus de la crête déversoir : 4.35 m.
- Pente des parements amont et aval par rapport à la verticale : variable
- Largeur maxima au niveau des fondations : 11,48 m
- Largeur au couronnement : 3 m
- Longueur au couronnement : voûte : 126 m, culée : 60 m
- Volume du corps du barrage : 40,000 m³
- Rayon de courbure : 80 m

En 1926 la Société Française de stéréo-topographie avait dressé un plan de la cuvette au 15.000 €. Ce plan qui a servi de base à tous les travaux et études jusqu'en 1952 avait été restitué dans un système d'altitude fictif inférieur de 3.25 m aux altitudes du plan stéréo 1952 rattaché au N.G.A. De ce fait, toutes les cotes des plans d'exécution du barrage sont inférieures de 3.25 m aux cotes N.G.A. (national geospatial –intelligence agency)

I-2-3- Ecran d'étanchéité

Le programme d'étanchement correspond à la fermeture totale du compartiment calcaire intéressé par les circulations. L'écran d'étanchéité a été poussé jusqu'au substratum marneux et décomposé en :

- Un voile sous le barrage et la culée,
- Un voile à la large rive gauche,
- Un voile à la large rive droite.

L'espacement des sondages d'injection fut fixé de 8 à 10 mètres dans la partie centrale et à 1 mètres sur les rives (figure 8).

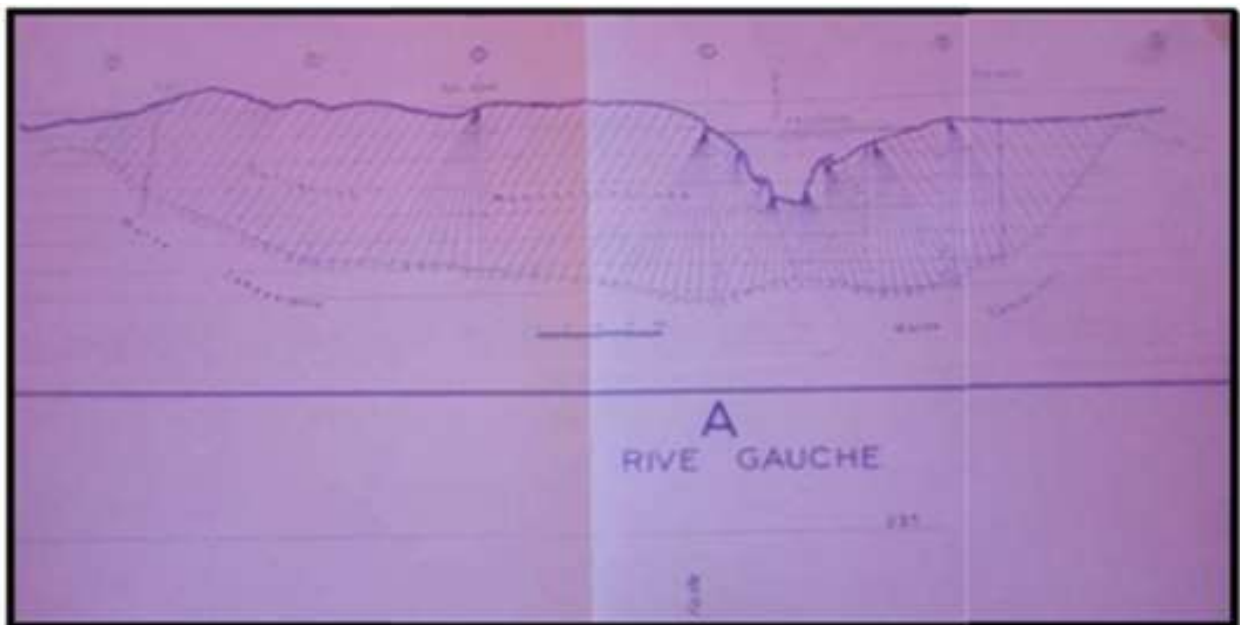


Figure 8: Ecran d'étanchéité du barrage Foum El Gherza

Les travaux d'étanchéité ont été effectués en trois phases :

PHASE 1 (1950-1951) et Comprend le renforcement des ailes de l'écran primitif (panneaux AB,BC,EF) par sondages intercalaires inclinés à 30° et arrêtés en profondeur à la cote 120.

Sur la rive droite, des sondages inclinés espacés de 8 mètres avec un sondage sur deux étant poussé jusqu'au substratum marneux

PHASE 2 (1952-1953): Renforcement de la rive gauche par sondages verticaux espacés de 8 mètres et arrêtés à la cote 110 et de la rive droite par sondages inclinés de 30° espacés de 8 mètres et poussés jusqu'au substratum marneux (figure 9)

PHASE 3 (1954-1957): Les résultats obtenus à la suite des premières phases ayant été insuffisants, un traitement complémentaire a été nécessaire. Le traitement a été effectué au moyen d'une ligne de sondages parallèles à l'axe de l'écran principal et situé à 203 l'amont de cet axe. Les injections n'ont été faites que sous chacune des ailes rive gauche et rive droite

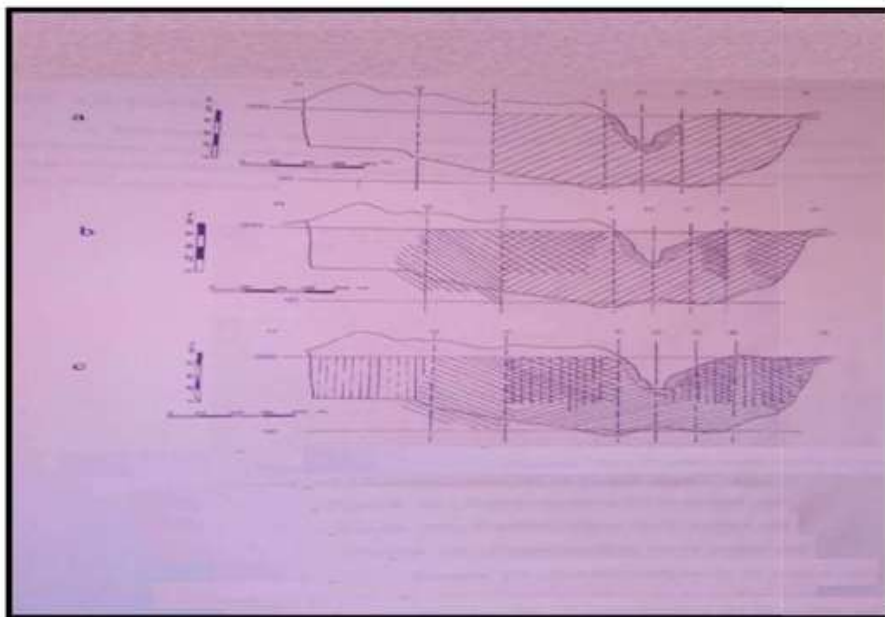


Figure 9: Les différentes phases de l'écran d'étanchéité

I-2-4- GEOLOGIE du barrage Foum El Gherza:

Les terrains les plus anciens constituent entre les vallées de l'Oued Abdi et l'Oued El Abiod, le cœur de l'anticlinal de djebel El Azreg. Nous pouvons reconnaître du centre vers la périphérie des couches géologiques d'âge allant du Jurassique supérieur (Kimméridgien et Portlandien- Berriasien) jusqu'au Moi-Pliocène (figure 10).

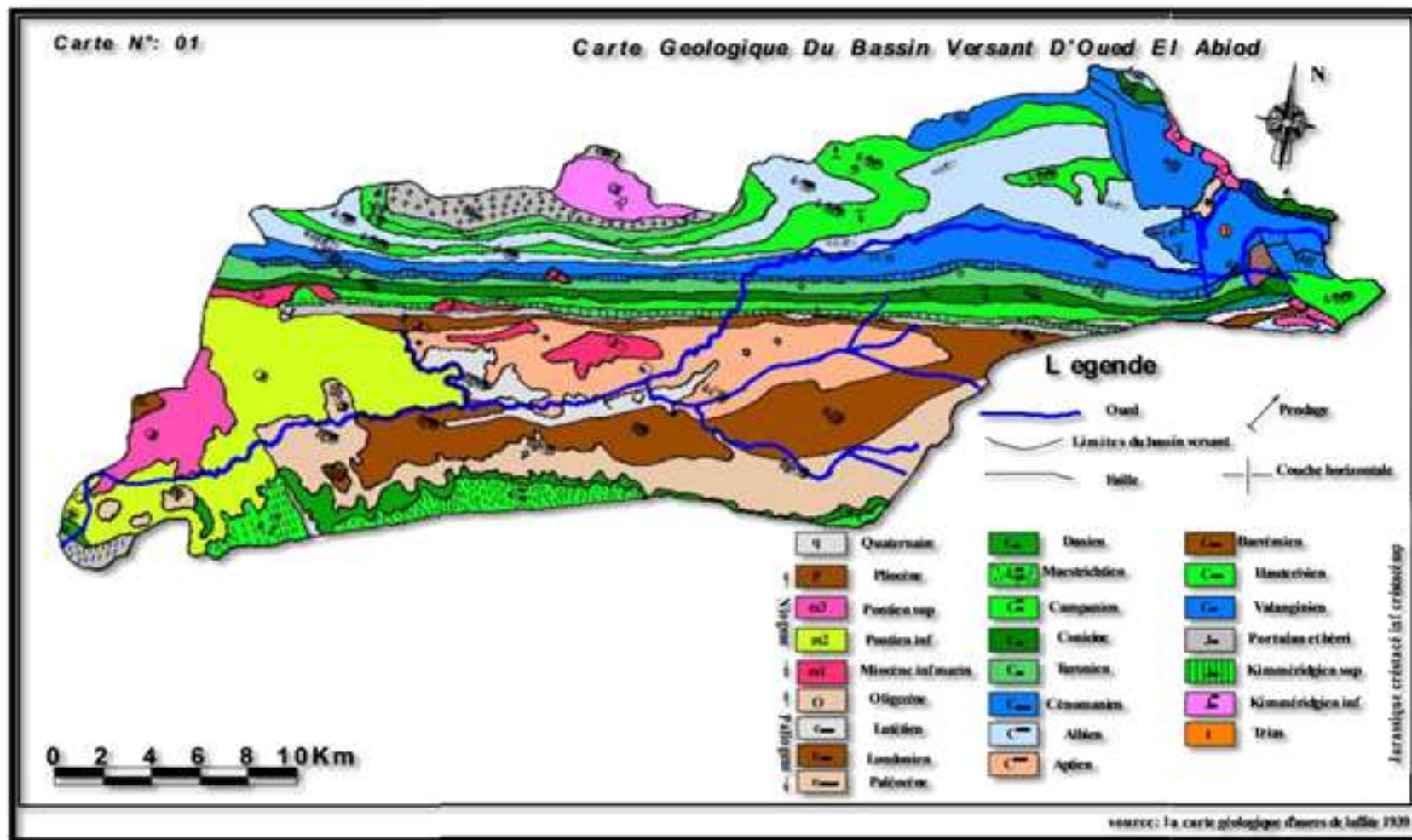


Figure 10: caté géologique du bassin versant de l'oued el Abiod (DHW Biskra)

I-2-4-1- Géologie Du Site Du Barrage :

Les différents étages et faciès rencontrés sont les suivants :

I-2-4-1-1- Le Campanien inférieur:

Alternance de grosses dalles calcaires et de marnes sous forme d'un dôme allongé E.NE-W.S- W au centre de la retenue du barrage.

I-2-4-1-2- Le Campanien supérieur:

Schistes et marnes schisteuses bleues en profondeurs et jaunes verdâtres aux affleurements (niveau imperméable).

I-2-4-1-3 Le Maestrichtien:

Calcaires cristallins, peu argileux et fissurés. Ces calcaires alimentent les sources de Drach, Birr Bou Soudaine à l'Ouest et de Garta au Sud Est.

I-2-4-1-4 Le Miocène:

Les formations miocènes reposent en discordance sur le Crétacé. Ce sont, d'une part, les poudingues rouges et plus au Nord des alternances de marnes rouges, de grès de marnes gypseuses et de calcaire à silex.

Les calcaires du Maestrichtien, immédiatement situés sous les alluvions de l'oued, servent d'assises au barrage. Leurs strates, très épaisses, offrent un pendage vers le sud de 20% environ. Très résistant, ils constituent d'excellentes assises tant sous le lit de l'oued qu'aux ancrages. Leur ensemble, très rigide, d'une centaine de mètres de puissance, repose sur les marnes campaniennes (figure 11) et (figure 12).

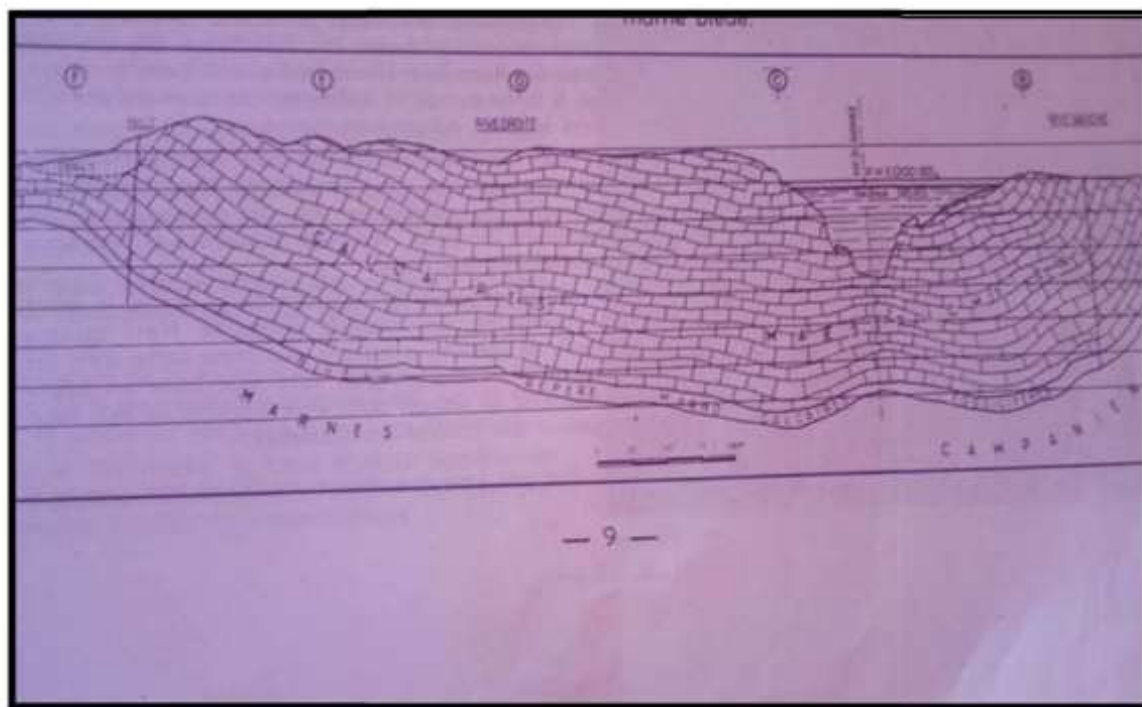


Figure 11: Coupe géologique (photo de plan)

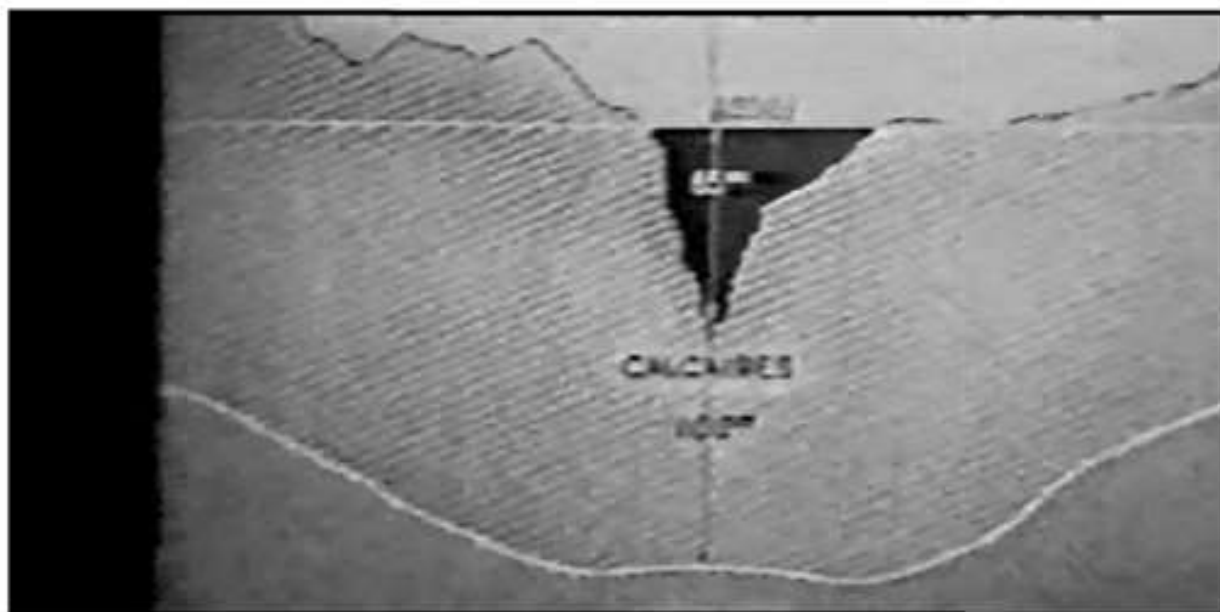


Figure 12: Coupe géologique (photo de l'archive AN T)

Conclusion :

Nous avons présentant l'historique de construction du barrage Foum El Gherza et de la part la fiche technique du notre barrage.

Nous avons remarquons qui plusieurs piézomètres à été bouché et en suite les travaux de réhabilitation des piézomètres ouverts par l'Agence Nationale des Barrages et transferts. La géologie de site de barrage et nous avons présentant les différents étages et faciès.

Dans ce chapitre nous avons présentant les dispositifs d'auscultation et de l'exploitation au niveau du barrage Foum El Gherza.

Chapitre II
Les différents types de
piézomètre

Introduction :

Dans l'hydraulique chaque ouvrage est un cas particulier. En effet, la géologie, la topographie, le type d'ouvrage, les conditions de réalisation et le mode d'exploitation rendent particulier chaque ouvrage. Le choix du dispositif d'auscultation sur l'ouvrage est alors primordial pour garantir une observation représentative du comportement de l'ouvrage et de sa fondation.

II-1- Principe du piézomètre

La mesure consiste à déterminer le niveau d'eau dans le sol grâce à un tube piézométrique posé spécifiquement à cette fin, et mis à la pression atmosphérique Figure (13).

L'opération consiste :

- à placer dans un forage un tube crépiné dans un horizon saturé.
- à mesurer, après stabilisation, la distance entre le toit de l'eau dans le tube et la surface du sol.
- à mesurer la pression hydrostatique en un point du tube.

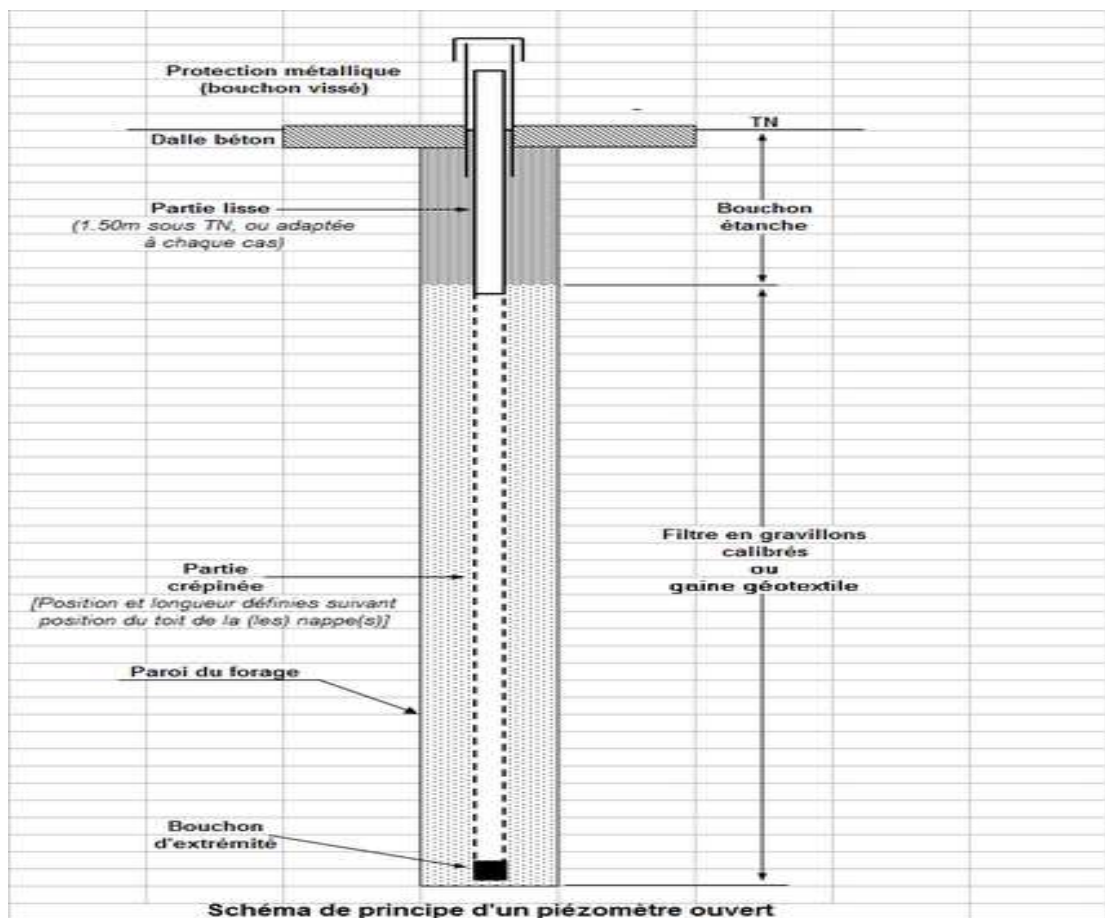


Figure 13: Principe du piézomètre

II -2-Type d'appareils de piézomètres :

Les appareils d'auscultation par le piézomètre il existe deux types d'appareils suivants :

:Le tube crépine

Le tube crépine est un tube percé de trous à son extrémité, il est descendu dans un sondage la partie crépinée étant du fond du sondage et l'on place juste au-dessus de cette partie un bouchon d'argile destiné à assurer l'étanchéité.

Dans le cas où l'on cherche seulement à déterminer le niveau de la nappe phréatique, il n'est pas nécessaire de placer de bouchon d'argile (figure 14)

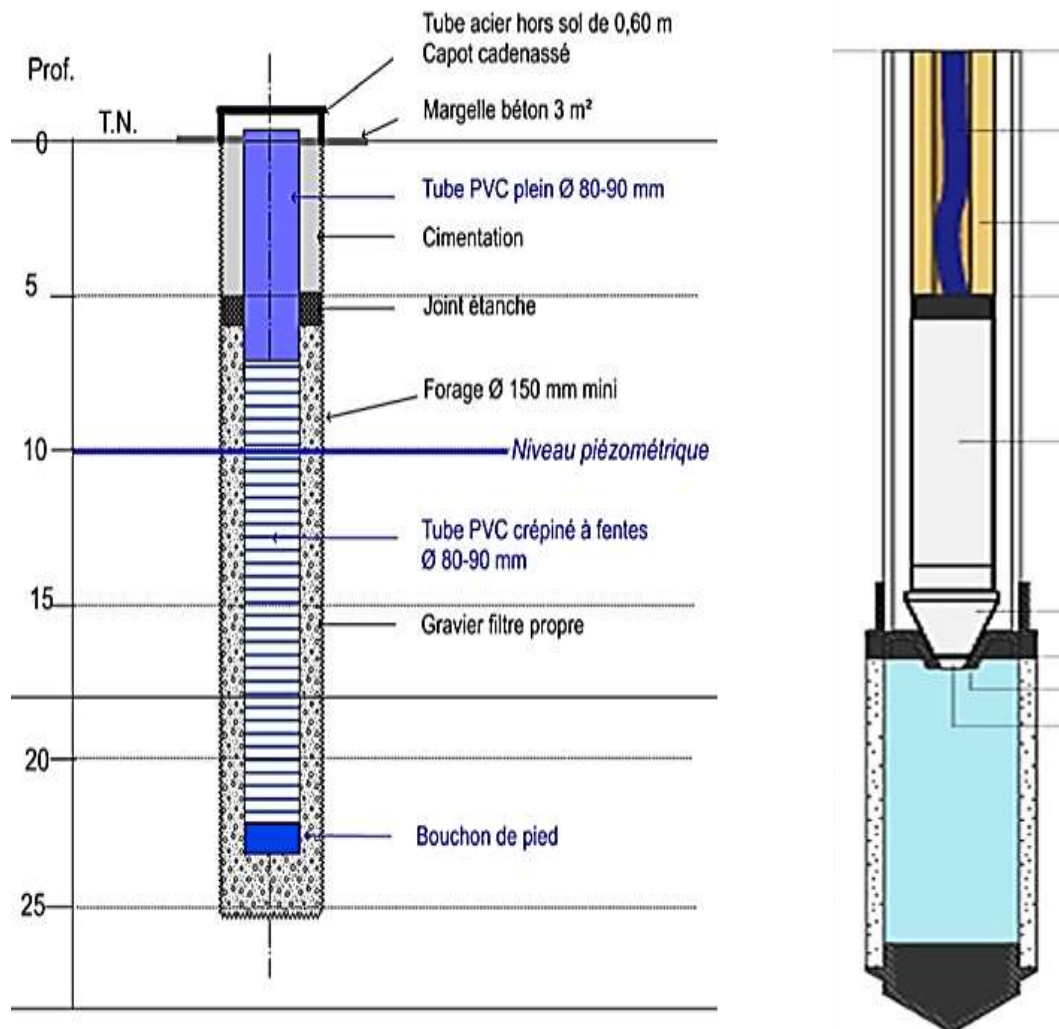


Figure 14: Coupe schématique d'un piézomètre (KRUSEMAN.G.P. 1977)

La pression interstitielle ou pression de l'eau en un point donné d'un sol ou d'une roche correspond au poids de l'eau mesuré en ce point. Dans un milieu au repos, cette pression "u" s'exprime ainsi :

$$u = \gamma_w \times z_w$$

Avec :

- * u la pression interstitielle au repos (kPa)
- * γ_w le poids volumique de l'eau souvent pris comme étant égal à 10 kN / m³
- * z_w la hauteur d'eau mesurée en ce point (m) ($z_w = h$).

L'inconvénient de cet appareil est que dans les sols peu perméables, il faut beaucoup de temps pour que l'équilibre soit rétabli et que l'eau ait atteint sa cote définitive. Ce temps est appelé temps de réponse du piézomètre.

➤ **Le piézomètre à volume constant:**

Les piézomètres à volume constant dans lequel la crépine est remplacée par une partie poreuse (bronze fritté ou céramique), et qui sont munis d'un manomètre à leur extrémité supérieur.

Le tube est rempli d'eau, une fois le piézomètre mis en place soit dans un sondage avec bouchon d'argile, soit par battage ou fonçage.

Le temps de réponse est très court, puisque l'eau est pratiquement incompressible.

La pression mesurée au manomètre est:

$$u = \gamma_w \times z_w$$

Avec :

- * u la pression interstitielle au repos (kPa)
- * γ_w le poids volumique de l'eau souvent pris comme étant égal à 10 kN / m³
- * z_w la hauteur d'eau mesurée en ce point (m) ($z_w = h$).

II-3- Différents types des piézomètres:

II -3-1-Piézomètres multiples:

La réalisation est très délicate surtout en ce qui concerne l'efficacité des bouchons d'étanchéité, il est préférable de remplacer un piézomètre multiple par plusieurs piézomètres simples très voisins

II -3-2-Piézomètres Casa grande :

Cet appareil, constitué d'un tube terminé par un embout en matière poreuse qui repose à l'intérieur d'un lit de sable au fond d'un puits. Il est relié à un tube de plastique de diamètre voisin de 1 cm (figure 15)

II -3-2-Piézomètre électrique:

Cet appareil a été mis au point pour réduire le temps de réponse et éviter les inconvénients rencontrés avec les piézomètres hydrauliques (purge des circuits, prise en compte de la dénivellation cellule- manomètre etc. ...)

II -3-2-Autres piézomètres:

Il convient de signaler les Piézomètres pneumatiques et surtout les Piézomètres à contre pression. Le piézomètre à contre-pression hydraulique, le type L.P.C est très répandu l'étude des remblais. (Figure 16)



Figure 15: Piézomètre multiple Source : SESGEO.com

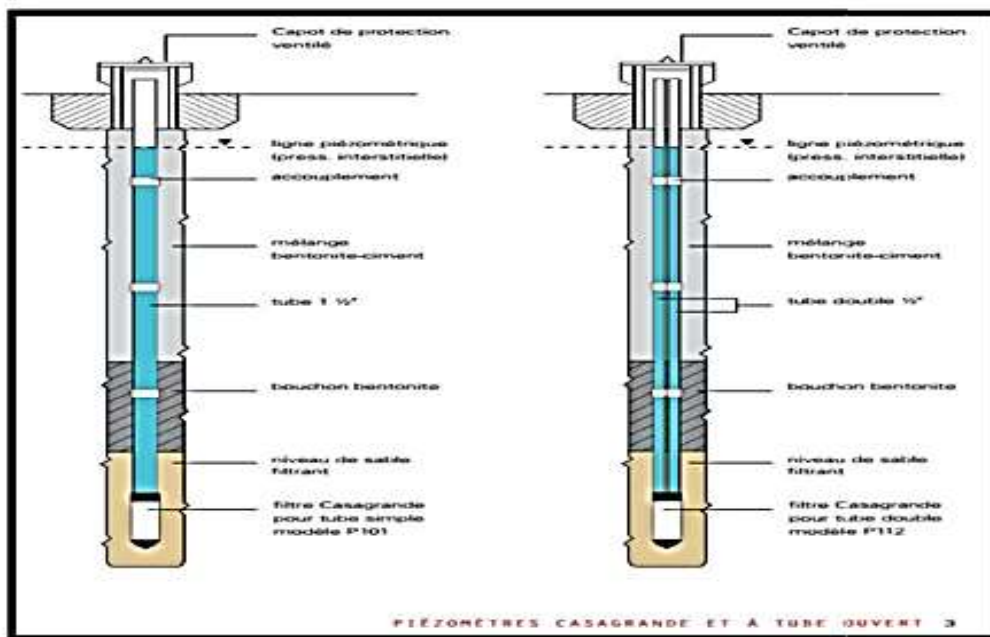


Figure 16: piézomètre CASAGRANDE Source : <https://slideplayer.fr>



Figure 17: sonde piézométrique, La source :(seisgeo.com)

Elle a pour objectif de mesurer la hauteur de l'eau à l'aide d'un capteur de pression différentielle. Le niveau de l'eau est calculé à partir de la pression hydrostatique. Un capteur en céramique mesure la hauteur du liquide qui se trouve au-dessus du capteur et transforme cette donnée en signal électrique.

Conclusion :

L'analyse des fluctuations des niveaux piézométriques permet de déterminer des cycles de recharge et de vidange de la nappe, hautes eaux et basses eaux, à des échelles de temps annuelles ou pluriannuelles.

La piézométrie est indispensable à la compréhension du comportement d'un aquifère, à sa caractérisation, à l'évaluation de ses capacités... Elle permet également de déceler des interactions entre exploitation de différents ouvrages. Des piézométries peuvent être mesurées à différentes échelles : d'un ouvrage à plusieurs nappes, suivant les objectifs poursuivis.

***Chapitre III Détection de
l'infiltration des eaux dans les
retenues de barrage***

Introduction :

L'auscultation est une méthode quantitative basée sur la mesure d'instruments, choisis et soigneusement positionnés. Le dispositif d'auscultation doit être conçu en fonction du type, des dimensions et des particularités techniques du barrage.

Ce dispositif, très simple pour les petits barrages, sera plus dense pour les barrages de moyenne et grande dimension. Il peut évoluer pendant la durée de vie de l'ouvrage par abondant d'instruments défectueux et par ajouts d'autres instruments en cas d'anomalies ou d'inquiétudes sur le comportement du barrage.

Les barrages peuvent être affectés par des déplacements superficiels, des déplacements internes, des déformations locales et des phénomènes hydrauliques.

Quel que soit le type de barrage, les paramètres suivants peuvent être mesurés :

- Déplacement externe;
- Déplacement interne;
- Pression;
- Débit;
- Contrainte.

III-1 Périmètre des infiltrations des eaux**III -1-1 Infiltrations à travers le béton et la voûte:**

Ce sont des infiltrations qui se produisent au niveau de certaines reprises de bétonnage et de certains joints de construction. Ces infiltrations ne posent aucun problème quant à la sécurité de l'ouvrage.

III -1- 2 Infiltrations de la vanne de fond

Après chaque utilisation des vannes de fond, il se produit des infiltrations d'importance variable mais jamais particulières. Ces infiltrations finissent par se colmater au bout de quelques jours, soit naturellement par envasement, soit après l'intervention de l'équipe chargée de l'exploitation du barrage.

III -1- 3 Infiltrations à Travers le massif calcaire:

Le barrage étant construit sur des formations carbonatées fissurées, donc perméables, on s'est efforcé dès le début à traiter par injection les niveaux les plus perméables (voir écran d'étanchéité). Les eaux de la retenue et après passage dans le massif, réapparaissent dans l'oued par une multitude de sources d'importance variable.

III-1-4- Les drains

Il n'a pas été prévu de dispositif important de drainage à l'aval du rideau d'étanchéité:

- En rive gauche : trois drains de l'appui rive gauche débouchent dans la galerie de visite;

• Sur la rive droite la galerie de départ des irrigations court parallèlement à l'oued à une cote voisine de celui-ci jusqu'à la sortie des gorges. Des résurgences apparaissent tout au long de cette galerie qui constitue le drain principal de l'écoulement rive droite.

D'autres drains de moindre importance existent sur les deux rives et au niveau de l'oued.

III-2- L'essai qui existe

Les mesures de infiltrations long de la galerie d'irrigation aval du barrage rive droite, se font à la sortie avec un déversoir calibré.

Des résurgences apparaissent tout au long de cette galerie qui constitue le drain principal de l'écoulement rive droite. Accès difficile aux seuils situés dans le lit de l'oued qui mesurent les débits de infiltrations et de résurgences de la rive droite et de la rive gauche. (Figure 18 figure 19 et Figure 20).



Figure 18: Déversoir triangulaire pour la mesure du débit du canal rive droite



Figure 19: Mesure des infiltrations au niveau de la galerie d'irrigation



Figure 20: mesure la profondeur de piézomètre

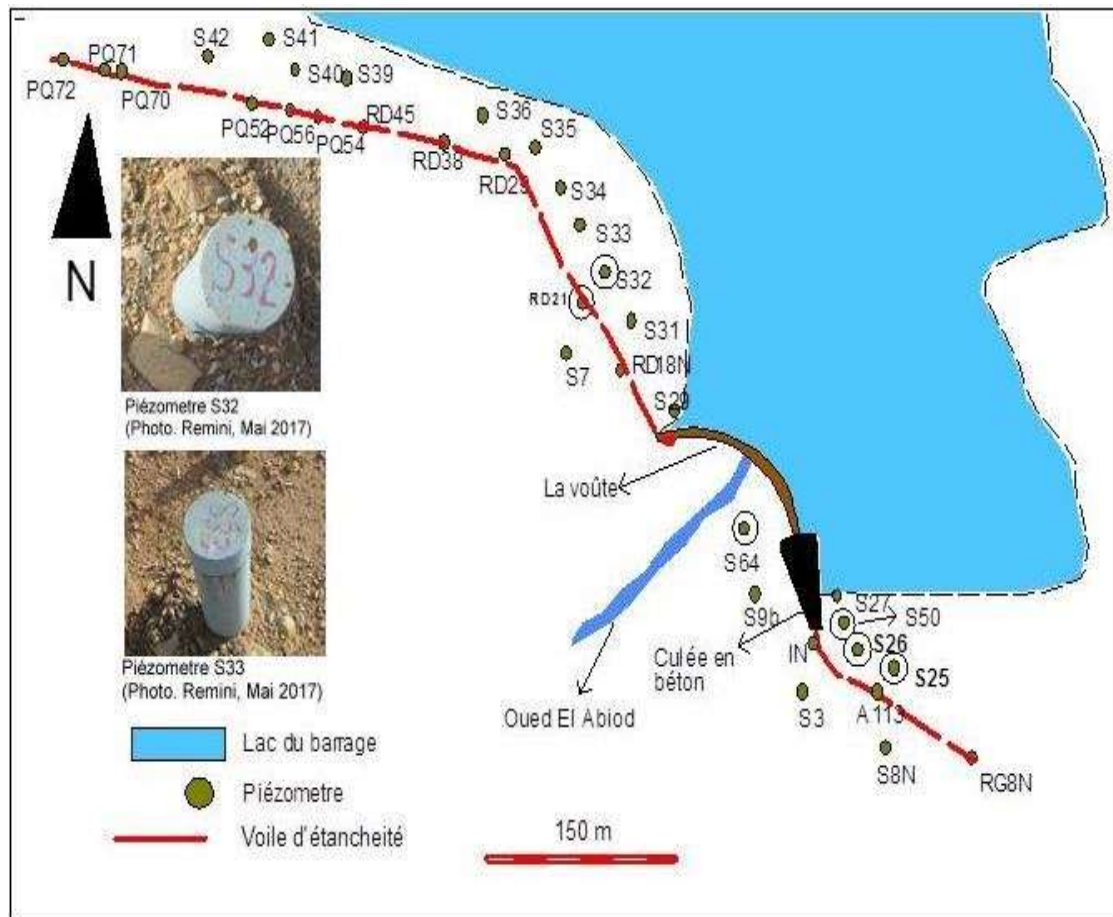


Figure 21: La carte de positions des piézomètres (Source ANBT)

Tableau 3: Les mesures des piézomètres

Date de Mesures		13/02/19	22/02/19	09/03/19	24/03/19	11/04/19	29/04/19	
Cote du lac		197,08	196,90	196,60	196,38	198,80	198,82	
N° PIEZ	C.D	Prof						
S 25	203,39	60.00	190,64	190,46	190,33	189,57	193,66	192,99
S 26	206,91	55.00	190,96	190,67	190,35	189,81	195,43	194,99
S 50	204,11	60.00	187,12	186,11	184,29	182,69	196,34	195,61
S 27	200,51	70.00	184,13	183,67	183,30	182,82	186,93	186,42
Dig A3	204,15	50.00	172,50	172,31	185,79	171,71	186,33	174,16
IN	204,15	45.00	185,80	185,82	172,04	185,66	174,38	186,24
S 8 N	204,25	45.00	171,60	171,51	171,29	170,77	171,97	172,01
RG 8 N	205,82	45.00	176,47	176,47	176,47	176,47	176,47	176,47
S 9 bis	186,32	30.50	161,70	161,70	161,70	161,70	161,70	161,70
S 64	157,83	5.50	153,81	153,81	153,81	153,81	153,81	153,81
S 31	224,09	70.00	192,06	191,85	191,63	191,37	196,84	196,20
S 32	227,67	95.00	197,47	197,47	197,47	197,47	197,47	197,47
S 33	227,80	95.00	194,70	194,70	194,70	194,70	195,56	195,00
S 34	230,80	100.00	189,44	188,98	188,03	187,65	196,26	195,79
S 35	233,60	100.00	192,98	192,80	192,41	192,11	195,09	195,17
S 36	228,89	100.00	194,79	194,61	194,32	193,98	197,19	197,17
S 39	248,52	120.00	194,56	194,40	194,07	193,81	196,59	196,71
S 40	237,64	120.00	179,41	179,34	179,13	178,73	181,34	181,28
S 41	253,08	120.00	189,08	189,08	189,08	189,08	195,92	195,98
S 42	253,65	120.00	235,65	235,65	235,65	235,65	235,65	235,65

Pour interpréter et analyser les mesures piézométriques il est important d'avoir recours aux données piézométriques prises en années hydrologiques : 1994-1995-1995-1996 et 1996-1997 concernant les piézomètres de la rive droite (Objet de notre étude): RD18, S31, RD21, RD38, RD38, RD45, S32, S33, S34, s35, S36. (tableau.3). Il ressort d'une première étude de ces données que certaines années sont entachées de lacunes et que la courte longueur de la sonde électrique rend toute information sur le niveau des basses eaux complètement impossible. Tout ceci nous a obligés à prendre en considération un nombre limité de mesures piézométriques (Mensuellement), qui vient s'ajouter à la restriction du champ d'observation

Conclusion :

L'étude avait pour objectif immédiat de détecter l'origine et le cheminement des fuites enregistrées au niveau de la retenue de Foum El-Gherza afin de trouver les solutions adéquates et de les appliquer pour freiner et endiguer ce phénomène. Ceci s'est fait par le biais de techniques isotopiques adaptées au type de problème dans tous ses aspects, en complémentarité avec les méthodes classiques.

Chapitre IV

Etudes et interprétation du résultat

Introduction

La surveillance d'un ouvrage a pour but essentiel de connaître et si possible de prévenir toute dégradation afin de le maintenir en bon état de sécurité et ainsi apte à remplir ses fonctions. On cherche principalement à détecter les évolutions. Celles-ci sont généralement très lentes mais le risque d'une évolution rapide n'est pas totalement exclu, notamment pour les barrages en terre, en particulier dans les premières années après la mise en eau. La méthodologie de suivi doit fournir les moyens de détecter les anomalies, d'apprécier les vitesses d'évolution et leur aboutissement probable, en séparant les phénomènes réversibles des phénomènes irréversibles. Ceci afin de permettre de décider de la nature et de l'urgence des interventions.

IV-1-Etude piézométrique

Le réseau des piézomètres doit-être réalisé après la construction du barrage et avant le remplissage total de la retenue ; les piézomètres sont réparties dans les points caractéristiques de la ligne piézométrique et se situant aux niveaux théoriques déjà calculés.

Alors, l'objectif assigné à cette opération descriptive a été en partie atteint. Un inventaire critique a été établi sur le terrain en tenant compte de la carte de position des piézomètres par rapport au voile d'étanchéité (Amont, Aval et sur le voile) car ces cartes piézométriques sont des documents de base de l'analyse et de la schématisation des fonctions capacitatives et conductrices du barrage c'est à dire le comportement hydrodynamique de l'ouvrage

Alors, c'est la synthèse la plus importante d'une étude hydrogéologique, et leur établissement se repose sur la mesure des niveaux piézométriques, leur report sur des cartes topographiques en courbes de niveau et leur interprétation par des courbes Iso pièze, Isobathes etc.

D'ou l'opération réhabilitation du réseau de piézomètres entamée en 1988 par la société V.F.S.I, a été bien menée pour les piézomètres refaits

IV-1-1 But de l'étude:

Dans ce volet, nous examinerons l'état des appuis du barrage de Foum-El-Gherza. A cet effet, nous réaliserons des séries de mesures des paramètres piézométriques (cotes d'eau dans les piézomètres et le lac) d'une part et d'autre part le traitement des mesures faites par les services concernés, dont le but final est de déterminer les zones défectueuses au niveau des Appuis et leur variation au cours du temps.

IV-1-2- Le dispositif de piézomètres:

Un dispositif de piézomètres a été mis en place dans le but de contrôler les circulations et l'état du rideau d'étanchéité. Le réseau de piézomètres comprend

- Une ligne de piézomètres amont parallèle à l'écran d'étanchéité et située à 20m à l'amont de son axe.
- Une ligne de piézomètres aval à peu près symétrique à la précédente par rapport à l'axe du rideau.
- Une série de piézomètres à l'aval dispersés assez régulièrement sur chaque rive dans la zone comprise entre le voile et les résurgences. (figure 21)
- et sur chaque rive un piézomètre amont situé à quelques mètres de la cuvette

Les piézomètres ont un diamètre qui varie de 40 à 75 mm et une profondeur de 20 à 110m. Certains forés à la verticale d'autres avec un angle d'inclinaison jusqu'à 30°.

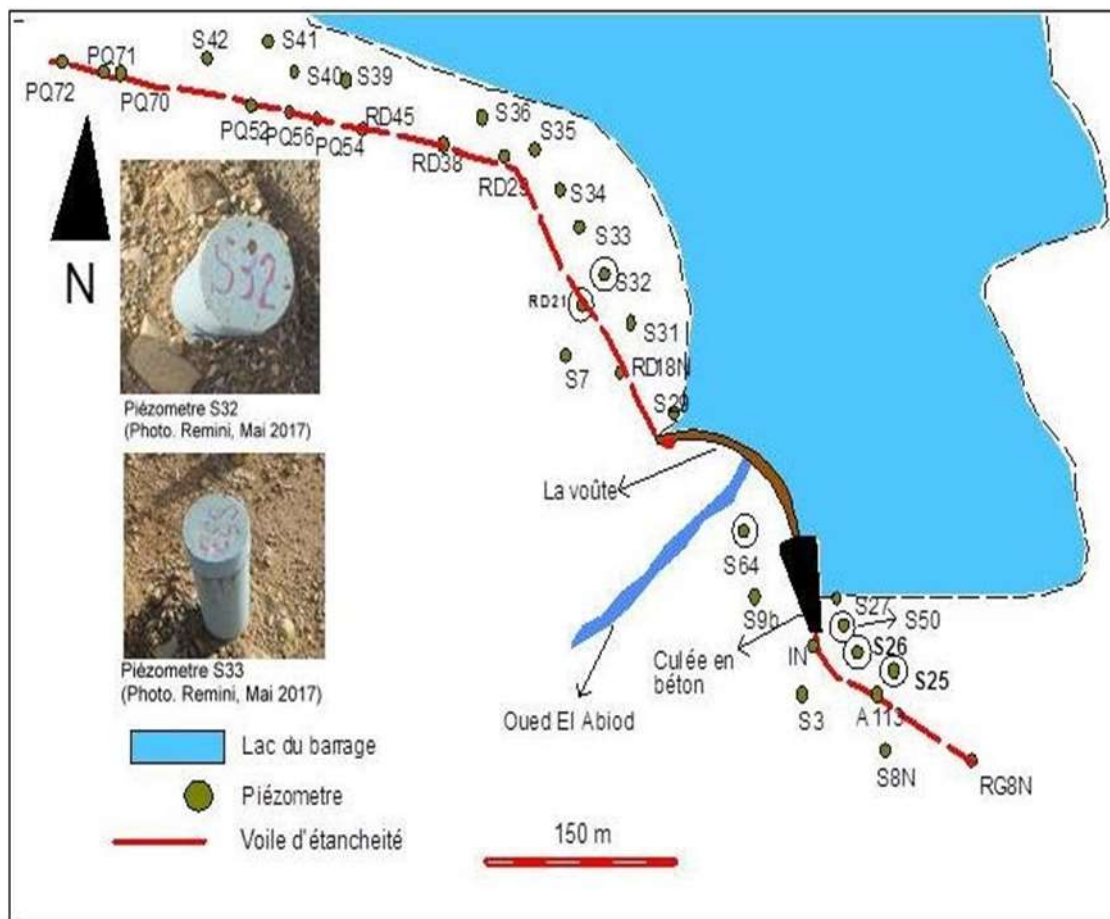


Figure 22: Carte de répartition des piézomètres (ANBT)

Dans le but de contrôler les circulations de l'eau et l'état du rideau d'étanchéité un dispositif de réseau piézométrique a été établi sur le terrain et qui comprend:

Un réseau de piézomètres: décrits comme suit:

Une ligne de piézomètres amont parallèle à l'écran d'étanchéité et située à 20 m à l'amont son axe.

Elle a pour fonction d'indiquer le niveau des eaux souterraines dans le massif rocheux adjacent au barrage.

Une ligne de piézomètres à l'aval à peu près symétriques à la précédente par rapport à l'axe du rideau

-Une série de piézomètres à l'Aval dispersées assez régulièrement, sur chaque rive dans la zone compris entre le voile et les résurgences.

Sur chaque rive, un piézomètre amont situé à quelques mètres de la cuvette.

Le réseau piézométrique de notre étude est constitué par une série de piézomètre dont en positionnement est étagé (Amont, Ecran, Aval) Rive Droite

Pour mieux expliquer, nous avons dressé le tableau qui inventorie l'état de fonctionnement et qu'on peut prendre en charge immédiatement jusqu'à la dernière mesure faite le : 01/01/2019

IV-1-3- L'état actuel des piézomètres :

Tableau 4:L'état et récapitulation des équipements et matériels d'auscultation

Type d'Equipment d'auscultation	Quantity	Etat	Etat des équipements de mesure	Obs.
Piézomètre ouverts	199	20 exploitations 179 inexploitable	Moyen	A curer et équiper
Piézomètre avec manometer	02	Inexploitable	Mauvais	A reformer à équiper
Cellule de pression interstitielle	Néant	-	-	-
Cellule de pression total	Néant	-	-	-
Drains	235	29 exploitable 204 inexploitable	Mauvais	A curer à reformer
Extensomètre	2	-	-	-
Inclino-tassomètre	Néant	-	-	-
Inclinomètre	Néant	-	-	-
Pendule direct ou inverse	1	Inexploitable	Mauvais non fonctionnel	A changer
Joint-mètre ou borne vinchon	Néant	-	-	-
Echelle limnimétrique	1	Exploitable	Moyen	Etat dégradé

Canevas géodésique : tout le réseau de surveillance est en bon état		
Piliers de triangulaire	11	
Repères d'intersection X ,Y ,Z	26	
Repère de involvement Crete	21	
Repère de reference	8	

IV-1-4- Mesure de la Profondeur d'eau dans les piézomètres :

Tableau 5: Profondeur et les cote d'orifice des quelque piézomètres

Profound (m)	Piézo.	Cote d'orifice (m)	Inclination	Matière	Situation
60.00	S 25	203,39	/	Acier	R G
55.00	S 26	206,91	/	Acier	R G
60.00	S 50	204,11	/	Acier	R G
70.00	S 27	200,51	/	Acier	R G
50.00	Dig A3	204,15	/	/	Sur voile
45.00	IN	204,15	60/150	/	Sur voile
45.00	S 8 N	204,25	/	Acier	Sur voile
45.00	RG 8N	205,82	/	/	Sur voile
30.50	S 9bis	186,32	Vertical	/	Aval voile
5.50	S 64	157,83	/	/	Aval voile
70.00	S 31	224,09	/	Acier	R D
95.00	S 32	227,67	/	Acier	R D
95.00	S 33	227,80	/	Acier	R D
100.00	S 34	230,80	/	Acier	R D
100.00	S 35	233,60	/	Acier	R D
100.00	S 36	228,89	/	Acier	R D
120.00	S 39	248,52	/	Acier	R D

IV-1-5- Mesure des cotes 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.



Figure 23: Echelle limnométrique du barrage Foum El-Gherza

IV-1-6- Les pertes de charges entre le lac et les piézomètres :

Afin de voir l'influence de la fluctuation du lac sur les pertes de charges entre les piézomètres des deux rives et le lac, effectué deux séries de mesures des niveaux d'eau dans les piézomètres et le lac (TOUMI et REMINI, 2003). La première série de mesures s'effectue quand le niveau d'eau dans le lac permet à la plupart des piézomètres de donner des indications. Puis au moment où la côte du lac diminue de nouveau d'une valeur qui influe sur les niveaux d'eau dans les piézomètres on effectue une deuxième série de mesure. Dans les tableaux n° 6 et n°7, nous représentons les différentes pertes de charge obtenus entre les piézomètres des deux rives et le lac

Tableau 6: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche. Série de mesures du 01/02/2003 (côte du lac =197,60 m)

N° du piézomètre	Côte de l'orifice	Niveau d'eau(m)	Profondeur d'eau (m)	Côte d'eau(m)	Perte de charge(m)
RG S27	200,51	4,60	65,40	195,91	1,69
RG S50	204,11	20,08	39,92	186,03	11,57
RG S26	206,91	14,60	40,40	192,31	5,29
RG S25	203,39	14,40	20,95	188,99	8,61
S9b	186,05	22,23	32,77	163,82	33,78
S64	157,83	3,35	26,65	154,48	43,12
S8N	204,25	32,50	47,50	171,75	25,85

Pour les piézomètres de la rive droite, les différents résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau n7

Tableau 7.1: pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite. Série de mesures du 01/02/2003 (côte du lac =197,60 m)

N° du pyrometer	Côte de l'orifice	Novae dead (m)	Profounder d'eau (m)	Côte dead (m)	Porte de charge (m)
RD18	221,1	30,03	69,97	191,07	6,53
RD21	226,83	43,26	16,74	183,57	14,03
RD38	225,32	38,40	22,26	186,92	10,68
RD45	226,32	43,40	22,60	182,64	14,96
S31	224,09	28,24	61,76	195,85	1,75

Tableau 7.2 (Suite et fin) : pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite. Série de mesures du 01/02/2003 (côte du lac =197,60 m)

S32	227,46	33,64	61,36	193,82	3,78
S33	227,66	33,27	61,73	194,39	3,21
S34	230,47	35,57	64,43	194,90	2,7
S35	233,56	39,39	60,61	194,17	3,43
S36	228,89	32,63	67,37	196,26	1,34
S39	248,07	51,61	68,39	196,46	1,14
S40	237,64	57,17	52,83	180,47	17,13
S41	253,08	58,04	61,96	195,04	2,56
S42	253,65	62,10	57,90	191,55	6,05
Puits	137,10	2,35	2,65	134,75	62,85

Dans les tableaux 8 et 9, nous représentons les différents résultats de la série de mesures du 29/03/2003.

Tableau 8: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive gauche. Série de mesures du 29/03/2003 (côte du lac =197,45m)

N° du piézomètre	Côte de l'orifice	Niveau d'eau (m)	Profondeur d'eau (m)	Côte 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 n°9.

Ces deux tableaux montrent que les faibles pertes de charges 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 charges indiquent que la zone traversée par ces piézomètres est plus saine.

Dans le tableau n°10 nous représentons la variation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive gauche.

Tableau 9: Pertes de charge entre le lac et les piézomètres de la rive droite. Série de mesures du 29/03/2003 (côte du lac =197,45 m)

N° du piézomètre	Côte de l'orifice	(m) Niveau	Profondeur d'eau (m)	Côte d'eau(m)	Pert 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

IV-1-7-fluctuation de la perte de charge:

Tableau 10: fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive gauche Série de mesures du 29/03/2003

Côte du lac	197,60 m	197,45 m	Fluctuation de la côte du lac = 0,15m
N°du piézomètre	Perte de charges (m)		Variation de la perte de charge (m)
RG S27	1,69	2,74	-1,05
RG S50	11,57	11,7	-0,13
RG S26	5,29	5,69	-0,4
RG S25	8,61	8,86	-0,25
S9b	33,78	34,69	-0,91
S64	43,12	43,73	-0,61
S8N	25,85	26,02	-0,17
IN	23,57	23,9	-0,33

Dans le tableau n°10 nous représentons la variation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive droite. 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 côte du lac tend vers zéro, plus les piézomètres ont un comportement normal c'est-à-dire répondent par la même amplitude que le lac. Les fluctuations de la perte de charge obtenues montrent que la diminution de la côte du lac entraîne une augmentation de la perte de charge, par contre, au niveau du puits on constate à une diminution de la perte de charge, ceci est dû à la faible fluctuation du niveau d'eau dans le puits à cause de son diamètre qui atteint 100 cm.

Tableau 11: Fluctuation de la perte de charge en fonction de la fluctuation de la côte du lac pour les piézomètres de la rive droite Série de mesures du 29/03/2003

Côte du lac	197,60 m	197,45 m	Fluctuation de la côte du lac = 0,15m
N°du piézomètre	Perte de charges (m)		variation de la perte de charge (m)
RD18	6,53	7,62	-1,09
RD21	14,03	14,9	-0,87
RD45	14,96	15,13	-0,17
S31	1,75	2,27	-0,52
S32	3,78	4,71	-0,93
S33	3,21	4,12	-0,91
S34	2,7	3,47	-0,77
S35	3,43	3,64	-0,21
S36	1,34	1,47	-0,13
S39	1,14	1,67	-0,53
S40	17,13	17,29	-0,16
S41	2,56	2,62	-0,06
S42	6,05	6,29	-0,24
Puits	62,85	62,72	+0,13

IV-1-8-Variations de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac :

Afin de montrer l'influence de la côte du lac sur le niveau d'eau dans les piézomètres nous traçons la côte piézométrique en fonction de la côte du lac pour les piézomètres S25 et S41 (TOUMI et REMINI, 2003). Les figures 23 et 24.

La bonne corrélation indique qu'il y a une forte circulation d'eau entre les piézomètres représentés et le lac. Par contre, la forte pente de la droite de régression indique la perméabilité de la zone qui sépare le lac du piézomètre

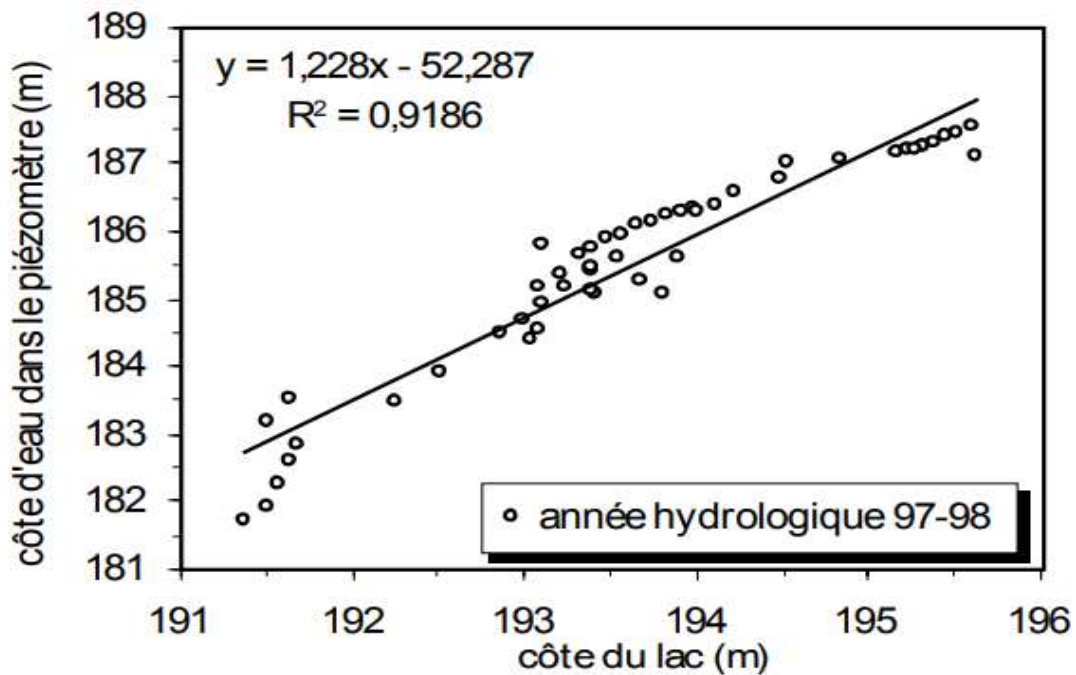


Figure 24: Variation de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac S25

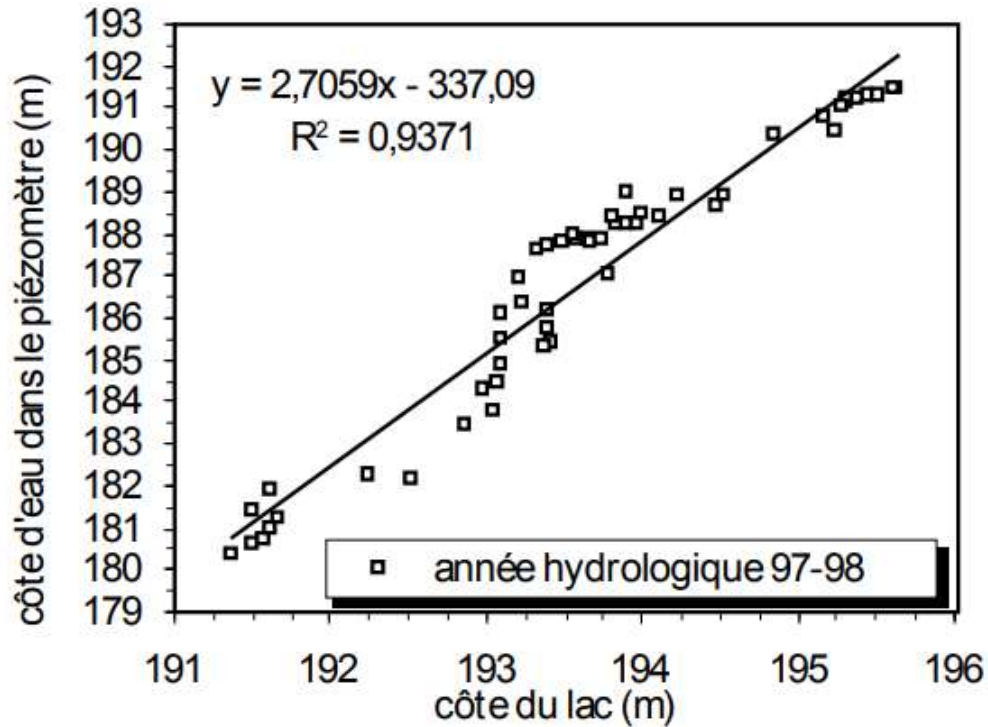


Figure 25: Variation de la côte piézométrique en fonction de la côte du lac S41

IV-2- Étude des paramètres physico-chimiques :

Dans le but de connaître le type d'écoulement au sein du piézomètre et par conséquent au niveau du massif rocheux, nous avons effectué une série de mesures de la conductivité et de la température selon des profils en fonction de la profondeur pour chaque piézomètre (A.N.B., 2002)

Les figures 25 et 26 représentent les profils obtenus au niveau des piézomètres S25 et S41. Ces profils montrent qu'il y a deux types d'écoulements dans ces piézomètres qui sont des écoulements horizontaux provenant de la retenue et des écoulements verticaux descendant.

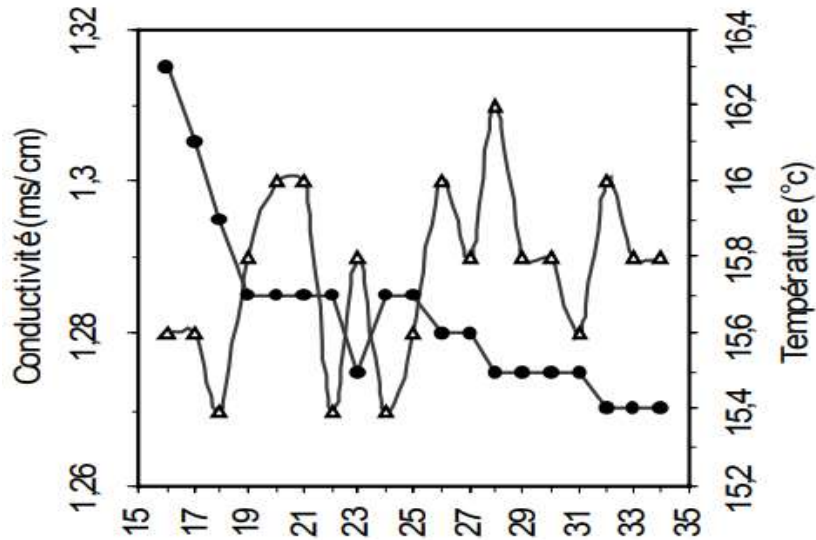


Figure 26: Profil de conductivité combiné à celui de la température dans le piézomètre S25.

(Δ) Conductivité, (\bullet) Température

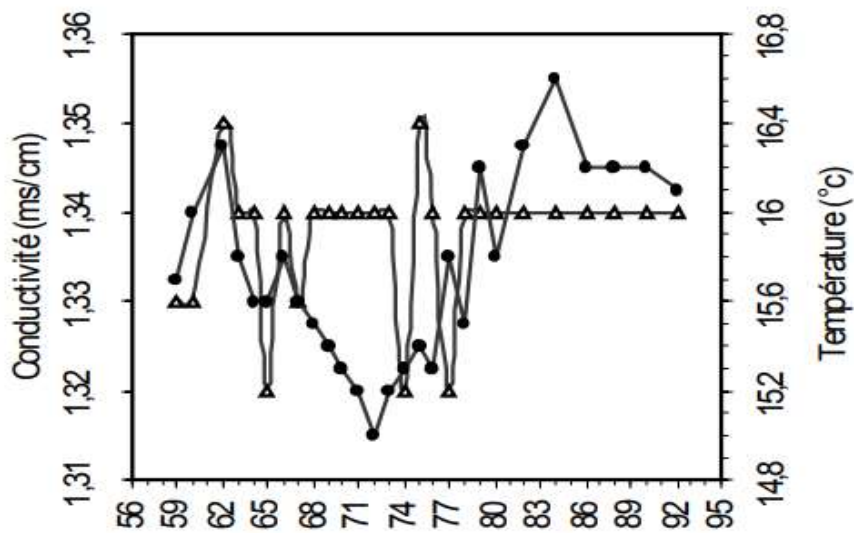


Figure 27: Profil de conductivité combiné à celui de la température dans le piézomètre S41.

(Δ) Conductivité, (\bullet) Température

IV-2-1- Mesure de la conductivité et des températures:

La température moyenne annuelle dans un climat aride celui des Ziban n'a pas une grande signification. L'analyse des températures sera faite à partir d'une série d'observation de 1980 à 2004 pour la station de Foum El Gherza (Aidoudi, 2008), et à partir des cartes de l'agence nationale des ressources hydraulique "ANRH" nous avons obtenu les températures mensuelle de la station de Batna (ANRH, 2002). La température moyenne annuelle dans le bassin d'Oued Abiodh au droit du barrage de Foum El Gherza est de 21,98°C et il est plus élevé que la température moyenne annuelle à Batna qui est 13,98°C. Le tableau suivant

définie bien la variation mensuelle des températures entre deux stations, station de Batna et la station du barrage de Foug El Gherza

Tableau 12: Les températures mensuelles pour les stations de Batna et Foug El Gherza

<i>Batna</i>		<i>Barrage Foug El Gherza</i>		
<i>Mois</i>	<i>Température moy°C</i>	<i>Température min°C</i>	<i>Température moy°C</i>	<i>Température max°C</i>
<i>Janvier</i>	04.9	00,5	06,3	13,2
<i>Février</i>	06.1	03,9	12,8	21
<i>Mars</i>	08.5	07	16,9	23,5
<i>Avril</i>	11.9	10,4	20,1	29,5
<i>Mai</i>	15.9	11,5	24,2	32,5
<i>Juin</i>	21.0	18	33,6	40,5
<i>Juillet</i>	24.7	23	36,4	47
<i>Août</i>	24.0	28	35,1	46
<i>Septembre</i>	20.4	17	27,2	39,2
<i>Octobre</i>	14.9	09,4	22,3	33,5
<i>November</i>	09.6	06,5	18,8	30,5
<i>December</i>	05.9	04,1	10,1	15,9
<i>Moyenne annuelle</i>	13.98	11,6	21,98	31,03

IV-3- Mesures des débits de Fuites:

Tableau 13: Mesures des Infiltrations en Hm³ au niveau du barrage Fom El Gherza

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1950/51	0,142	0,370	0,414	0,399	0,418	0,482	0,681	0,602	0,715	0,626	0,536	0,460	5,845
1951/52	0,410	0,596	0,754	0,726	0,382	0,354	0,294	0,139	0,055	0,131	0,030	0,003	3,875
1952/53	0,060	0,109	0,086	0,040	0,039	0,030	0,084	0,284	0,283	0,310	0,221	0,122	1,668
1953/54	0,258	0,265	0,209	0,119	0,082	0,085	0,123	0,147	0,272	0,190	0,121	0,105	1,977
1954/55	0,069	0,057	0,055	0,046	0,026	0,046	0,027	0,019	0,453	0,494	0,407	0,337	2,038
1955/56	0,324	0,586	0,607	0,485	0,367	0,296	0,340	0,425	0,417	0,437	0,403	0,332	5,019
1956/57	0,264	0,209	0,210	0,200	0,188	0,121	0,136	0,125	0,130	0,119	0,091	0,060	1,853
1957/58	0,043	0,137	0,222	0,310	0,495	0,570	0,708	0,791	0,679	0,702	0,618	0,608	5,883
1958/59	0,583	0,624	0,669	0,629	0,874	0,573	0,659	0,682	0,870	1,008	0,954	0,991	9,115
1959/60	0,842	1,037	0,954	0,723	0,824	0,689	0,725	0,775	0,710	0,902	1,113	1,147	10,441
1960/61	0,889	0,718	0,594	0,508	0,557	0,474	0,495	0,477	0,516	0,597	0,439	0,397	6,660
1961/62	0,389	0,388	0,332	0,277	0,291	0,246	0,259	0,231	0,247	0,203	0,209	0,208	3,281
1962/63	0,170	0,144	0,143	0,142	0,143	0,151	0,192	0,207	0,214	0,225	0,231	0,227	2,189
1963/64	0,248	0,252	0,233	0,270	0,508	0,648	0,795	0,645	0,623	0,596	0,606	0,576	6,000
1964/65	0,542	0,548	0,499	0,524	0,619	0,625	0,688	0,644	0,424	0,207	0,214	0,214	5,748
1965/66	0,207	0,214	0,207	0,214	0,214	0,194	0,214	0,207	0,214	0,207	0,214	0,214	2,523
1966/67	0,254	0,716	0,746	0,713	0,713	0,611	0,501	0,480	0,394	0,222	0,145	0,113	5,608
1967/68	0,182	0,221	0,219	0,235	0,248	0,240	0,243	0,291	0,310	0,261	0,279	0,292	3,021
1968/69	0,195	0,196	0,180	0,133	0,124	0,112	0,146	0,143	0,201	0,123	0,070	0,031	1,654
1969/70	0,075	0,605	0,960	0,827	0,706	0,655	0,588	0,491	0,551	0,487	0,422	0,528	6,895
1970/71	0,385	0,326	0,330	0,312	0,310	0,280	0,302	0,199	0,203	0,185	0,168	0,156	3,156
1971/72	0,112	0,149	0,150	0,144	0,217	0,277	0,253	0,340	0,405	0,334	0,302	0,311	2,994
1972/73	0,476	0,404	0,510	0,420	0,497	0,482	0,414	0,653	0,576	0,581	0,495	0,460	5,968
1973/74	0,398	0,398	0,252	0,222	0,314	0,354	0,279	0,224	0,256	0,200	0,154	0,169	3,220
1974/75	0,115	0,109	0,090	0,060	0,031	0,039	0,067	0,081	0,118	0,072	0,046	0,031	0,859
1975/76	0,060	0,186	0,116	0,060	0,062	0,078	0,143	0,217	0,222	0,154	0,294	0,280	1,872
1976/77	0,281	0,374	0,370	0,303	0,577	0,644	0,540	0,573	0,584	0,622	0,555	0,572	5,995
1977/78	0,479	0,491	0,462	0,356	0,361	0,308	0,236	0,229	0,196	0,128	0,114	0,104	3,464
1978/79	0,180	0,145	0,210	0,204	0,112	0,088	0,107	0,074	0,119	0,052	0,007	0	1,298
1979/80	0,119	0,215	0,233	0,199	0,126	0,145	0,179	0,099	0,124	0,095	0,077	0,032	1,643
1980/81	0,062	0,140	0,198	0,232	0,187	0,227	0,269	0,226	0,199	0,164	0,250	0,209	2,363

Chapitre IV Etudes et interprétation du résultat

1981/82	0,194	0,238	0,300	0,248	0,195	0,145	0,122	0,094	0,127	0,112	0,100	0,077	1,952
1982/83	0,077	0,117	0,664	0,889	0,719	0,635	0,817	0,472	0,740	0,540	0,486	0,440	6,596
1983/84	0,600	0,387	0,528	0,380	0,434	0,451	0,495	0,346	0,337	0,273	0,177	0,112	4,520
1984/85	0,147	0,148	0,284	0,259	0,231	0,275	0,423	0,350	0,596	0,588	0,470	0,297	4,068
1985/86	0,272	0,210	0,224	0,177	0,100	0,045	0,157	0,354	0,375	0,252	0,214	0,093	2,473
1986/87	0,095	0,248	0,420	0,376	0,380	0,392	0,344	0,301	0,295	0,115	0,124	0,100	3,190
1987/88	0,090	0,093	0,090	0,093	0,093	0,087	0,093	0,090	0,079	0,090	0,093	0,098	1,089
1988/89	0,162	0,186	0,168	0,199	0,181	0,147	0,207	0,121	0,168	0,171	0,283	0,214	2,207
1989/90	0,860	1,054	0,548	0,793	0,571	0,637	0,578	0,695	1,007	0,505	0,606	0,864	8,718
1990/91	0,716	0,805	0,508	0,868	0,647	0,536	0,555	0,788	0,794	0,395	0,379	0,360	7,351

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1991/92	0,546	0,456	0,677	0,635	0,421	0,522	0,612	0,411	0,416	0,327	0,315	0,367	5,705
1992/93	0,298	0,403	0,394	0,269	0,279	0,297	0,411	0,323	0,442	0,108	0,143	0,137	3,504
1993/94	0,120	0,106	0,046	0,062	0,062	0,053	0,076	0,106	0,075	0,033	0,008	0	0,747
1995/96	0,154	0,254	0,228	0,209	0,266	0,393	0,572	0,525	0,639	0,491	0,595	0,381	4,707
1996/97	0,442	0,252	0,278	0,219	0,130	0,154	0,183	0,169	0,157	0,130	0,100	0,094	2,308
1997/98	0,218	0,223	0,297	0,379	0,240	0,271	0,314	0,286	0,222	0,286	0,205	0,179	3,120
1998/99	0,154	0,115	0,090	0,093	0,102	0,135	0,136	0,099	0,161	0,146	0,054	0,037	1,322
1999/2000	0,043	0,062	0,060	0,139	0,233	0,198	0,128	0,103	0,148	0,227	0,201	0,136	1,678
2000/01	0,167	0,087	0,105	0,093	0,098	0,055	0,053	0,060	0,081	0,040	0,048	0,031	0,918
2001/02	0,043	0,137	0,114	0,217	0,190	0,168	0,071	0,146	0,110	0,072	0,026	0,024	1,318
2002/03	0,162	0,192	0,042	0,217	0,243	0,308	0,385	0,134	0,404	0,237	0,205	0,279	2,808
2003/04	0,294	0,115	0,480	0,496	0,286	0,261	0,437	0,030	0,031	0,030	0,031	0,031	2,522
2004/05	0,030	0,031	0,465	0,503	0,496	0,448	0,496	0,480	0,496	0,467	0,171	0,193	4,276
2005/06	0,166	0,155	0,150	0,053	0,103	0,123	0,155	0,118	0,087	0,240	0,127	0,113	1,590
2006/07	0,097	0,111	0,191	0,171	0,099	0,076	0,124	0,120	0,049	0,120	0,073	0,031	1,262
2007/08	0,039	0,107	0,090	0,083	0,089	0,087	0,063	0,060	0,062	0,050	0,071	0,057	0,858
2008/09	0,101	0,131	0,150	0,167	0,142	0,028	0,031	0,030	0,061	0,072	0,181	0,106	1,200
2009/10	0,189	0,230	0,232	0,205	0,071	0,196	0,122	0,110	0,217	0,078	0,187	0,084	1,921
2010/11	0,120	0,124	0,099	0,052	0,124	0,112	0,157	0,054	0,121	0,030	0,109	0,073	1,175
2011/12	0,120	0,052	0,090	0,151	0,217	0,125	0,196	0,300	0,130	0,150	0,054	0,093	1,678
2012/13	0,090	0,093	0,090	0,093	0,083	0,056	0,062	0,093	0,238	0,144	0,110	0,031	1,183
2013/14	0,091	0,062	0,158	0,181	0,155	0,138	0,124	0,120	0,124	0,096	0,062	0,062	1,373
2014/15	0,060	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,163	0,216	0,180	0,186	0,186	1,079

2015/16	0,210	0,265	0,100	0,185	0,248	0,232	0,248	0,288	0,310	0,100	0,288	0,237	2,711
2016/17	0,190	0,129	0,098	0,093	0,093	0,084	0,080	0,080	0,037	0,036	0,085	0,057	1,062
2017/18	0,087	0,124	0,120	0,109	0,074	0,056	0,060	0,061	0,102	0,147	0,016	0,019	0,975

Max	0,889	1,054	0,960	0,889	0,874	0,689	0,817	0,791	1,007	1,008	1,113	1,147	10,441
Min	0,030	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,019	0,031	0,030	0,007	0,000	0,747
Moy	0,241	0,278	0,299	0,290	0,281	0,271	0,297	0,282	0,312	0,266	0,244	0,224	3,285
Total	16,41	18,90	20,31	19,71	19,11	18,39	20,22	19,16	21,23	18,10	16,62	15,19	223,41

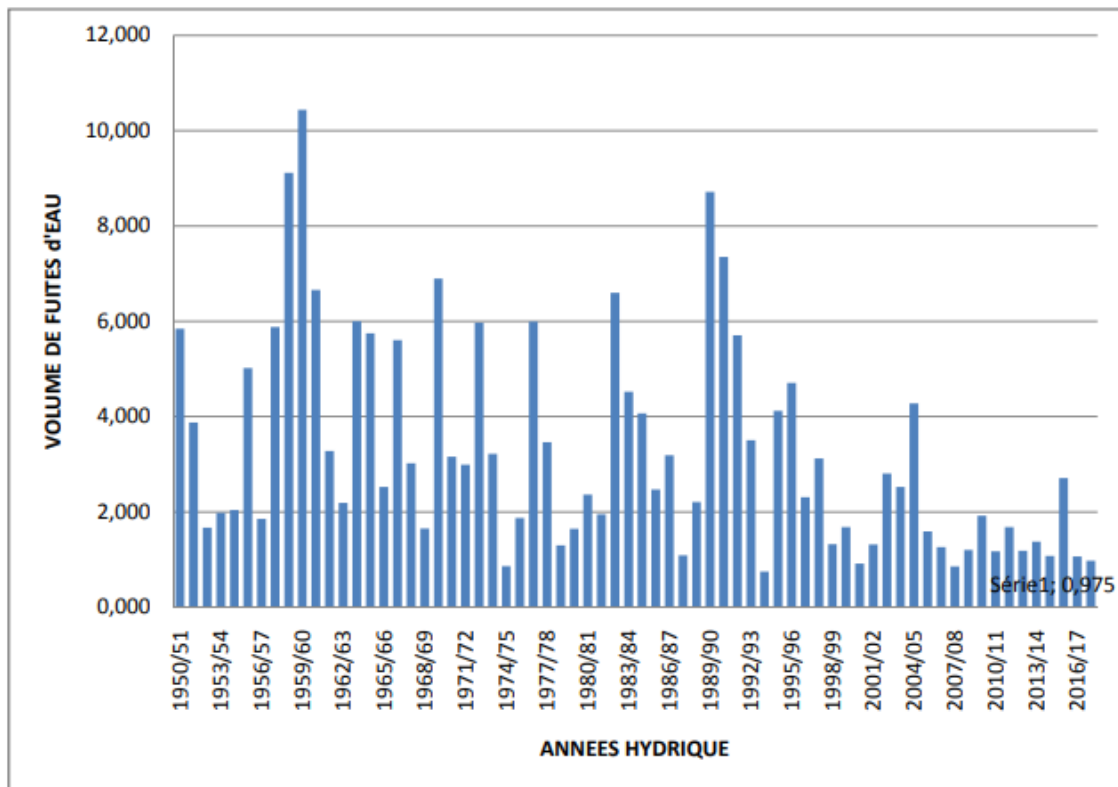


Figure 28: Variation du volume de infiltrations en fonction du temps

Les quantités de infiltrations sont très importantes. D’après le diagramme de variation du volume de infiltrations en fonction du temps, le volume totale de infiltrations est égale à 4.707 Hm³ ,pour les années 1995/1996 et 1989/1990, dépasse sept 7 million m³ et pour l’année hydrologique1963/1964, ce volume atteint 6.000Hm³. Pour les années 1974/1975 et 1993/1994 correspondant à une période de sécheresse, les volumes de infiltrations sont estimés respectivement à 0.747 et 0.859 hm³.

En même temps, les débits de infiltrations sont proportionnels à l'apport d'eau et atteignent des valeurs extrêmes à la cote maximale du niveau d'eau de la retenue. Ce qui montre que l'origine des infiltrations est bien le barrage.

IV-3-1- Graphiques caractéristiques :



Figure 29 Une fuite d'eau bien visible bien que le lac est au niveau le plus bas



Figure 30: Une vue des infiltrations par la digue de la rive gauche du barrage de Foum El Gherza

IV-3-2- Comparerions entre le débit de fuite a traverse les deux rives:

Profitons de quelques données de débit de infiltrations disponibles au niveau du barrage, nous avons représenté sur les figures (30 et 31), l'évolution de débit de infiltrations en fonction de plan d'eau pour les deux rives. Une nette relation linéaire se dégage entre les deux paramètres. Cependant, la pente de la droite de la rive droite est beaucoup plus grande que celle de la rive gauche. Ceci confirme les constatations faites sur le terrain par les techniciens du barrage durant plus de 50 ans de service.

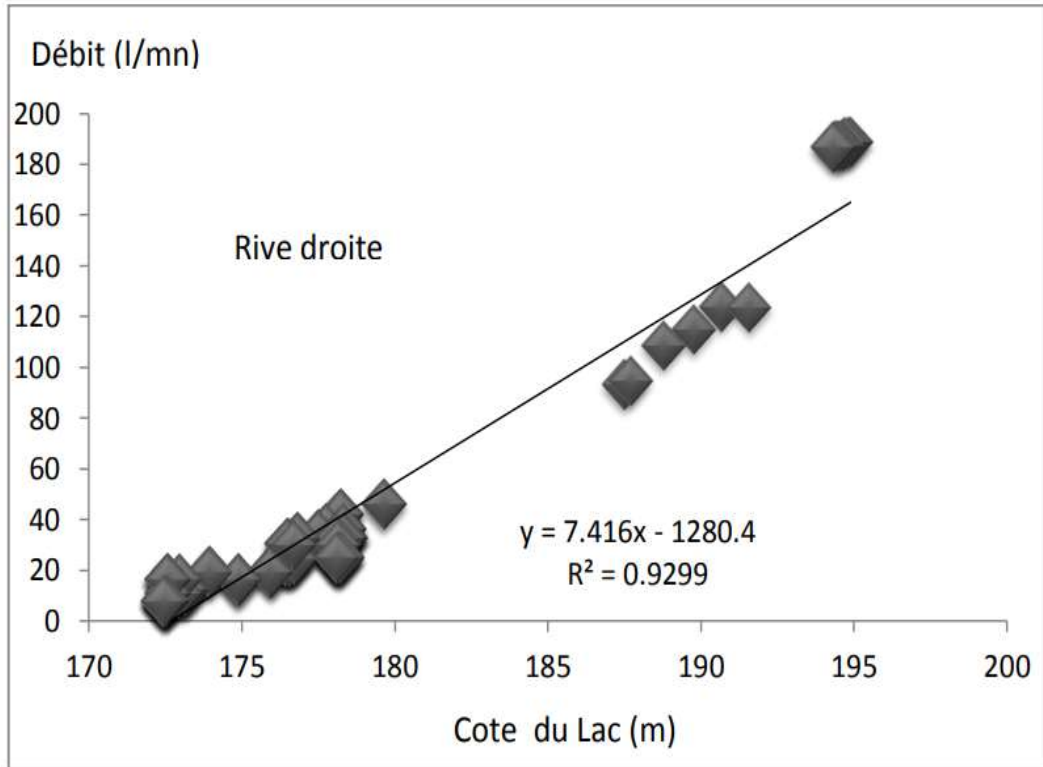


Figure 31: Variation de la cote de lac (rive droite)

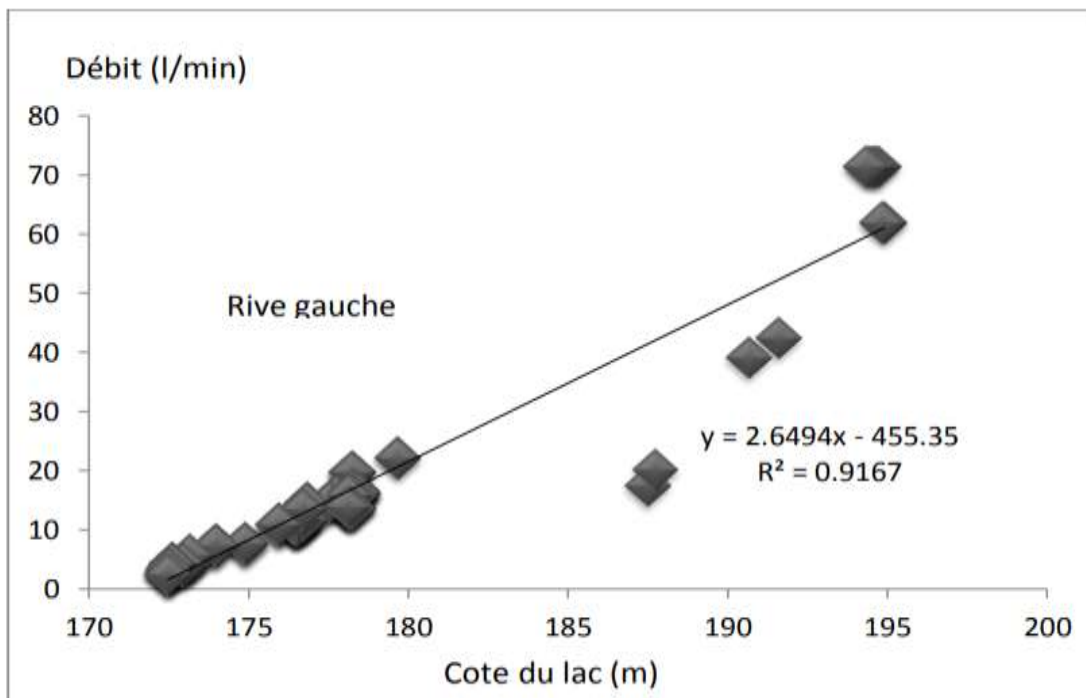


Figure 32: Variation de la cote de lac (rive gauche)

Conclusion générale

Conclusion générale :

Comme nous l'avons montré au début de cette étude que le phénomène des infiltrations touche l'ensemble de barrages réservoirs Algériens, mais avec des volumes qui varient d'un site à l'autre. Un débit total égal 117.5229 millions de m³a été perdu durant uniquement l'année2012. 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 Tourba 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 infiltrations 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 infiltrations 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 le réutiliser pour l'irrigation des palmeraies de Garta, Sidi Okba, Thouda qui renferme une forêt de 370000 palmiers dattiers. Cependant, nous avons enregistré une dégradation du système des surveillances (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 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.

Recommandation:

- Récupérer les infiltrations et utiliser des chemins dans le l'oued et profiter de la quantité d'eau de infiltrations pour l'utiliser dans l'irrigation.
- Faire un pompage pour le retour d'eau au barrage malgré la consommation de l'énergie.
- Le béton des ouvrages présente un bon état en général, mais toujours les travaux d'entretien, de nettoyage et de réparation sont nécessaires.
- Des travaux de réhabilitation des dispositifs d'auscultation sont indispensables. Concernent les entrées des galeries, les escaliers doivent être équipés de gardes de corps pour assurer le déplacement des personnels du barrage en toute sécurité.
- Le dispositif d'auscultation est fortement réduit par rapport à l'état initial et ne permet pas de suivre de manière efficace le comportement du barrage. Il est alors indispensable de remplacer les appareils endommagés.
- Sécuriser l'accès au pied de la culée rive gauche.
- Prévoir un étanchement de la rive gauche pour minimiser le débit de fuites

***Référence
bibliographique***

Référence bibliographique

1. Pierre CUNAT, 2012, Détection et évaluation des fuites à travers les ouvrages hydraulique en remblai
2. Rimini b. 2005 problématique d'eau en Algérie : office des publications
3. Reviens : Sécheresse N°19 juillet, Aout et septembre 2008.
4. LARHYSS journal, 31 (2017)
5. Monographie des grands Barrages 1967 page 3.4.5.6 et 22
6. Les archives de la direction hydraulique Biskra
7. ANBT : Données d'Exploitation du barrage Foug El Gherza.

Mémoires d'ingénierie

1. Mémoire anonyme, page (41,42).
2. MERARHEMI Salah, 1995, contrôle et Auscultation des Barrages (Cas du Barrage Foug El Gherza).
3. ANBT : Données d'Exploitation du barrage Foug El Gherza.
4. DJEGHLAF SALAH, 2005, Surveillance et auscultation du barrage Foug El Gherza page (3.4.5.6.7.8et9).

Les sites d'internet

1. www.researchgate.net/profile/Boualem_Remini
2. www.sisgeo.com
3. Google.Earth.com
4. www.Wikhydro.com
5. [G. Degoutte - Istra -G2DR.com](http://G.Degoutte-Istra-G2DR.com)
6. CFMS_Briancon.com