

BASSIN DU HAUT-RHUMEL : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET FUITES D'EAU DU BARRAGE DE HAMMAM GROUZ.

Naouel MIHOUBI et Azzedine MEBARKI

Laboratoire des Sciences du Territoire, Ressources Naturelles et Environnement « LASTERNE »
Université des Frères Mentouri Constantine 1

Reçu le 25/01/2017 – Accepté le 07/05/2017

Résumé

Le bassin du barrage de Hammam Grouz est drainé par la haute vallée du Rhumel, sur une superficie de 1130 km². Il renferme trois principales formations hydrogéologiques : la nappe superficielle du Mio-plio-quadernaire et les aquifères karstiques contenus respectivement dans les formations de l'Eocène et du Crétacé, ces derniers ayant pour exutoire des sources, en partie thermales (sources du Hammam).

Les apports superficiels du bassin sont contrôlés par le barrage du Grouz, situé à Oued Athménia. Le fonctionnement de cet ouvrage est étudié à travers les données du bilan de régularisation des débits du Rhumel sur la période 1987 - 2008. Le caractère exceptionnel de l'année 2002/03 a été mis en évidence, se traduisant par des problèmes de fuites d'eau et par l'apparition d'importants gouffres (vortex) au sein de la retenue. Le problème d'étanchéité de cette dernière, lié au système karstique complexe du bassin, a conduit à préconiser des solutions de colmatage dont l'efficacité reste à vérifier.

Mots clés: Rhumel, hydrogéologie, bilan, barrage de Hammam Grouz, fuites d'eau.

Abstract

The Rhumel Upstream in the Constantinois, is drained by the high valley of the Rhumel, over an area of 1130 km². It is constituted by three main hydrogeological systems: the superficial mio-plio-quadernary aquifer, the Eocene aquifer and the Cretaceous one. constitute a karstic aquifer, which reveal a ground water outlets, partially thermal (spring of Hammam Grouz). The behavior of the Hammam Grouz dam, controlling the supply of the Haut Rhumel is studied by the data of the regularizing water balance of the 1987/08 period. It has shown the exceptional character of the 2002/03 year, leading to the problems of leakages towards the dam downstream and to an appearance of an important pits (vortex). This problem of water lightness is the relate to the functioning of the complex karstic system of the region.

Keywords: Rhumel, hydrogeology, water balance, Hammam Grouz dam, leakages.

ملخص

يتربع الحوض التجميعي حمام قروز على مساحة قدرها 1130 كم². يحوي هذا الأخير، ثلاث تكوينات هيدروجيولوجية مختلفة. السطحي الميوليبليوساني. إضافة إلى التكوين الكارستي يشمل السطابين الإيوساني والكريتاسي و تبرز من خلالهما منابع حارة نسبيا أهمها منابع حمام قروز.

فيما يتعلق بمناسيب وادي الرمال فيجمعها سد حمام قروز بواد العثمانية، وقد تم دراسة سير هذا السد استنادا لمعطيات الموازنة المائية خلال الفترة الممتدة من سنة 1987 إلى غاية سنة 2008، وسلط الضوء على السنة الهيدرولوجية الاستثنائية 03/2002 التي ظهرت من خلالها تسربات معتبرة وتزامنها مع ظهور هوتين (vortex) على مستوى البحيرة. إن مشكلة كتامة السد المرتبط بالنظام الكارستي المعقد للمنطقة أدى إلى اقتراح حلول تبقى فعاليتها في حيز المراقبة.

الكلمات المفتاحية: واد الرمال، هيدرولوجيولوجيا، الموازنة المائية، سد حمام قروز، التسرب.

Introduction :

Cet article s'intéresse à l'étude des ressources en eau souterraines et superficielles du bassin du Haut Rhumel à Hammam Grouz (Oued Athménia), dont la superficie s'élève à 1130 km² [1]. Il fait partie du Kébir Rhumel (8815 km²), l'un des grands bassins de l'Est algérien (fig. 1) [2]. Ce bassin est caractérisé par des reliefs abrupts et isolés, dont le plus important est celui de Djebel Grouz à l'extrême Est. Les plaines de Tadjenanet et Chelghoum Laid, d'une altitude moyenne de 850 - 900 m, sont souvent marécageuses au centre des dépressions (fig. 2).

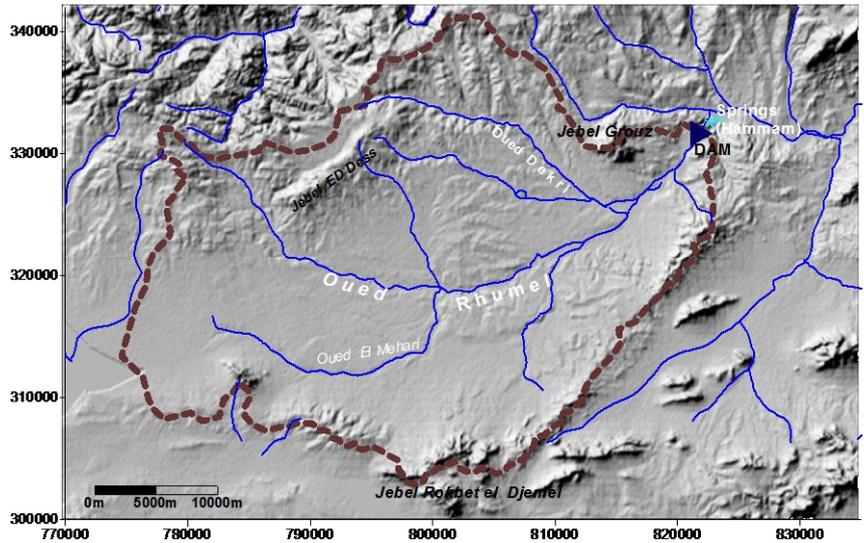


Figure 2 : Le bassin du Rhumel -amont, vu à travers le Modèle Numérique de Terrain

L'intérêt hydrogéologique du bassin est présenté par la présence de trois aquifères : mio-plio-quaternaire, éocène (calcaires à lits de silice), et karstique du Crétacé, ce dernier se caractérisant par des exutoires naturels (sources thermales).

Le fonctionnement hydrologique du barrage de Hammam Grouz, implanté dans une cluse calcaire karstique, est étudié à travers les données du bilan de régularisation mensuelle de la période 1987-2008, fournies par l'ANBT (Agence Nationale des Barrages et Transferts). En plus du modeste volume régularisé par le barrage au profit de l'AEP (Alimentation en Eau Potable) de la ville de Constantine, des débits de fuites d'eau considérables ont été mis en évidence, faisant suite à l'année pluvieuse exceptionnelle 2002/2003 [3, 1].

I. CONTEXTE HYDROGEOLOGIE

I.1. Géologie et formations hydrogéologiques

Du point de vue géologique, le sous bassin de l'oued Rhumel-amont correspond aux Monts de Constantine, mais fait déjà partie, à l'Ouest, des Hautes Plaines sétifiennes, appartenant à la chaîne alpine d'Algérie et plus précisément les zones externes, segment de la chaîne des Maghrébides qui représente la chaîne Alpine d'Afrique du Nord [4].

Du point de vue stratigraphique, les terrains superficiels rencontrés sont d'origine continentale, en majeure partie lacustre formée dans des bassins bien limités, ainsi que des massifs rocheux carbonatés d'âge Crétacé à Eocène [5, 6].

L'analyse litho-stratigraphique est basée essentiellement sur les terrains affleurants (fig. 3) alors que la répartition des zones de perméabilité se réfère à la classification hydrogéologique de l'ORSTOM [7]. Elles ont permis la mise en évidence de différents niveaux susceptibles de présenter un intérêt hydrogéologique et de montrer les possibilités des horizons aquifères suivants (fig. 4) :

- **horizon aquifère poreux** : aquifère à nappe libre plus ou moins continu et facilement exploitable, représenté par les matériaux perméables de la classe «S», assimilés aux formations du recouvrement quaternaire de vallée et de plaine dits « à aquifère drainé » ;
- **horizon aquifère de l'Eocène** : il montre une extension considérable d'un ensemble de

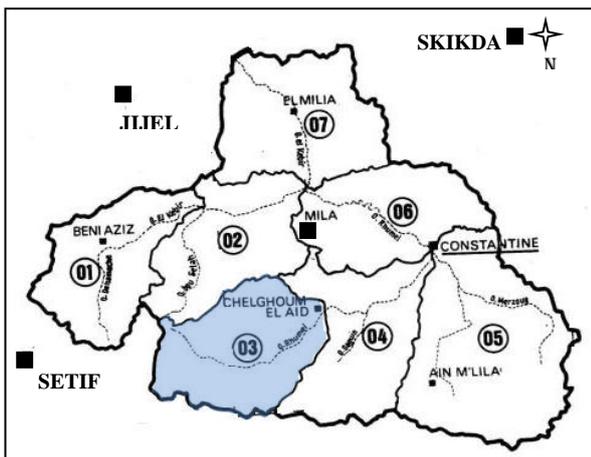


Figure 1 : Le bassin du Rhumel-amont : situation dans le Kébir-Rhumel

calcaire à lits de silex à perméabilité moyenne ou faible de la classe «P3» (capacité d'accumulation liée aux intercalations perméables) d'où un aspect hydrogéologique assez particulier, vu les niveaux travertineux (calcaires lacustres) qu'elles comportent et qui leur donnent une grande possibilité d'infiltration ;

qui leur attribue une perméabilité en grand élevée avec des possibilités d'accumulation en eau souterraine certaines.

Aux formations perméables citées ci-dessus, s'ajoutent également les formations de la classe «P5» (zone relativement imperméable) qui jouent pour les aquifères (réservoirs) le rôle d'une barrière étanche (substratum imperméable).

- **horizon aquifère du Crétacé** : il est représenté par un ensemble de terrains « à perméabilité en grand » de la classe «P4», au niveau des massifs (Dj Grouz, Dj Dess et Dj Tnoutit) avec des formations calcaires, calcaires marneux ou à intercalations marneuses. Ces formations sont le siège d'une importante évolution karstique, ce

Les aquifères cités précédemment peuvent être en liaison et communiquent les uns avec les autres, au moyen de fractures (formant des conduits pour l'eau souterraine) qui ne sont pas toujours limitées aux bordures des massifs calcaires, mais englobent aussi une partie des formations superficielles récentes.

Log	Age	Lithologie	Epaisseur (m)	Affleurement	Hydro-Géologie
	QUATERNAIRE	Cailloutis, graviers, limons		Au	Permeable
	TERTIAIRE	Néogène Continental	100 à 150	Niveau	Permeable
		Calcaires, conglomérats et marnes	100 à 180	De la	Impermeable
		Miocène inférieur	50 à 150	Plaine	
		Lutétien sup Priabonien	300	SE et NW du S.BV	Permeable
		Eocène inf et moyen	60 à 250	SE, NW et à l'W du S.BV	
	SECONDAIRE	Danien Montien	70	Au Nord de Dj Dess et au Sud de S.BV	Impermeable
		Maestrichtien	150 à 180		Permeable
		Campanien	100	Dj Dess et au SW de S.BV	Permeable
		Sénonien inf	50		Impermeable
		Cénomanién Turonien	300	Dj Grouz	Permeable
		Albien et Vraconien	180	Dj Grouz	Permeable
		Aptien inf et moyen	145	/	Permeable
		Barémien sup	40 à 60		Permeable
		Barémien inf	80 50 250	Dj Tnoutit et Dj Grouz	Permeable
		Néocomien	150	/	Permeable
	Jurassique supérieur	150	/	Permeable	
	Trias	Argile, gypse à cristaux de quartz		Djs Dess et Toukouïa	Impermeable

Figure 3 : Colonne litho-stratigraphique et hydrogéologique [1]

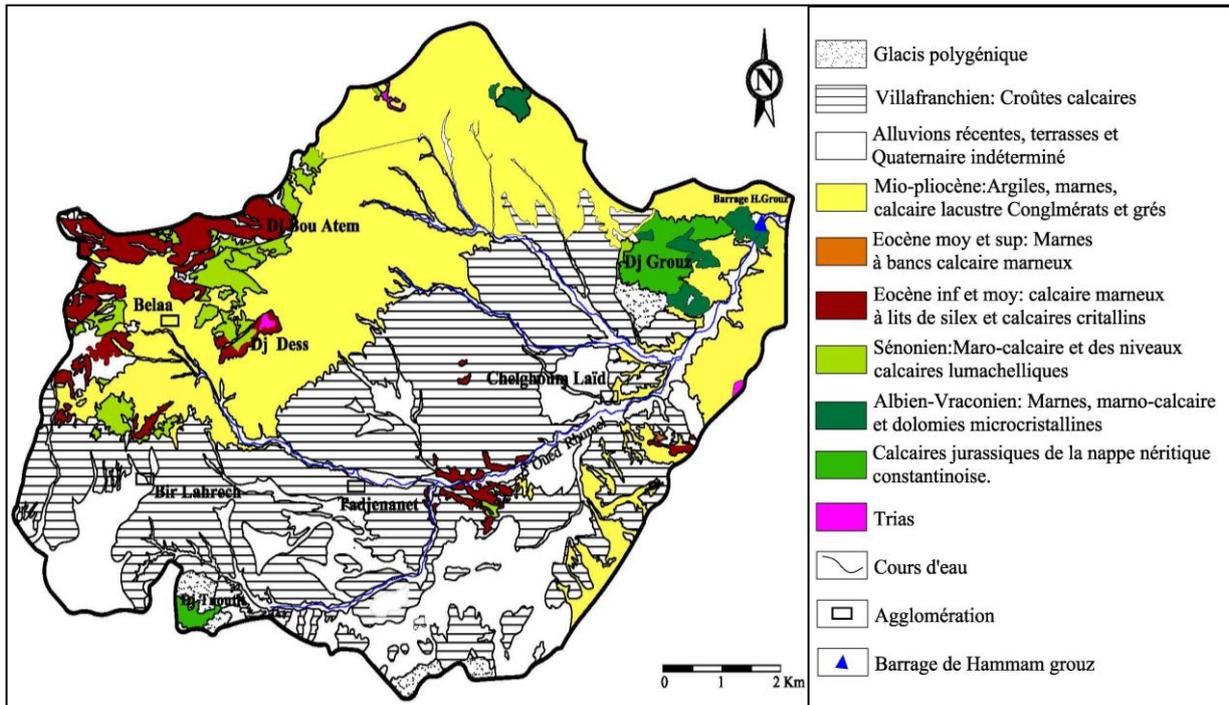


Figure 4 : Carte géologique du sous bassin versant Rhumel-amont, d'après Villa JM., 1977 [5,6]

1.2. Cas de la nappe superficielle (Piézométrie)

Les modalités d'alimentation très variées au niveau du bassin ainsi que les différents faciès chimiques, ont été étudiés à l'aide des données de deux campagnes de mesure (novembre 2007 et mai 2008) [1].

1.2.1. Piézométrie

La cartographie de l'aquifère mio-plio-quaternaire procède des données de mesures effectuées sur 29 points d'eau (puits). Elle fait ressortir un axe général de drainage vers l'oued Rhumel, avec des modalités

d'alimentation très variées (fig. 5). Dans l'espace, les niveaux piézométriques de la surface de la nappe tournent autour de 800 m au niveau de la plaine et 1000 m près des massifs. Entre hautes et basses eaux, la fluctuation de la surface piézométrique varie entre 0.9 et 2 m, soit une moyenne de l'ordre de 1.6 m. Les sources d'alimentation de la nappe correspondent aux eaux qui dévalent des flancs des massifs (Dj Dess, Dj Tnoutit et Dj Grouz), soumis à des précipitations relativement importantes, en plus des nombreux oueds permanents tels que : Oued Dekri, Oued Mehari et Oued Aouskourt....

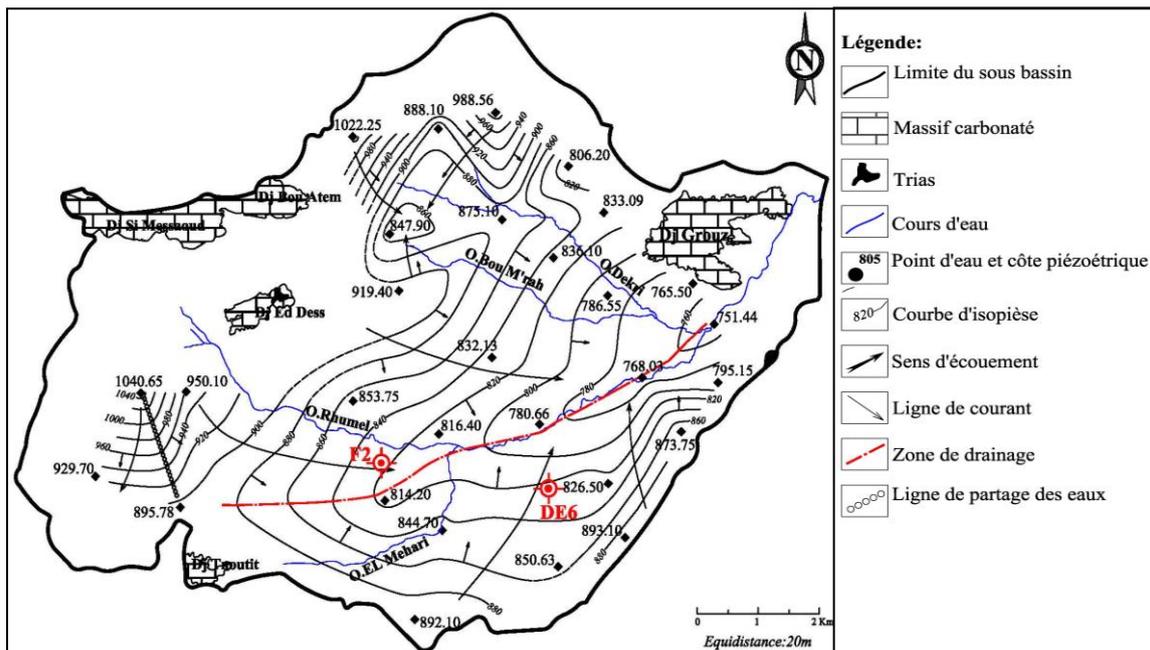


Figure 5: Carte piézométrique du bassin du Rhumel-amont (campagne de mesures de mai 2008)

1.2.2. Essai de pompage

Afin d'estimer les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères et définir qualitativement d'autres caractéristiques particulières (conditions aux limites, hétérogénéités, drainance), on dispose de deux essais de pompage, effectués en 2000 et 2004, au niveau de deux forages (au Sud de Tadjenanet), implantés

respectivement dans les formations mio-plio-quaternaires et éocènes (fig.5, tabl.1).

Les valeurs de la transmissivité restent faibles ($4.93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $5.23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) et l'exploitation des eaux souterraines de ces formations est très réduite, en raison d'une productivité insuffisante. Il serait donc intéressant d'exploiter les eaux souterraines contenues dans les séries néritiques qui présentent un intérêt hydrogéologique plus important.

Tableau 1 : Résultats des applications numériques du calcul de la Transmissivité(T)

Courbe	Durée (heures)	Débit (l/s)	Pente de la droite représentative C	Transmissivité (m^2/s)	Transmissivité moyenne (m^2/s)	
F2	Descente	24	50	C=2,40	$3,81 \times 10^{-3}$	$4,93 \times 10^{-3}$
	Remontée	24	50	$C_1=2,10$	$4,35 \times 10^{-3}$	
				$C_2=1,15$	$7,75 \times 10^{-3}$	
DE6	Descente	72	14,6	7	$3,80 \times 10^{-4}$	$5,23 \times 10^{-3}$
	Remontée	30	14,6	0,4	$6,67 \times 10^{-3}$	

1.2.3. Hydrochimie

A partir des prélèvements des échantillons sur le terrain (nappe mio-plio-quaternaire), effectués en basses eaux (novembre 2007) et en hautes eaux (mai 2008), un certain nombre de paramètres a fait l'objet de mesures in situ et d'analyse au laboratoire. Nous montrons à titre d'exemple la carte des faciès chimiques de mai 2008 (fig.6) :

- le faciès bicarbonaté calcique, influencé par les formations carbonatées environnantes (Dj Grouz), et celles de la croûte calcaire (calcaire lacustre) ;

- le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, probablement influencé par les rejets d'eau usée et surtout le lessivage des engrais utilisés sur les terres agricoles périphériques. Comme il peut être lié à la présence des formations argileuses et marneuses du Mio-pliocène. Les sulfates sont généralement liés à la présence des formations évaporitiques (Trias du Dj Toukouia).

- le faciès chloruré et bicarbonaté magnésien, indicateur de l'influence des formations dolomitiques du Crétacé inférieur de la nappe profonde sur les eaux de la nappe superficielle (intercommunication probable entre les deux nappes).

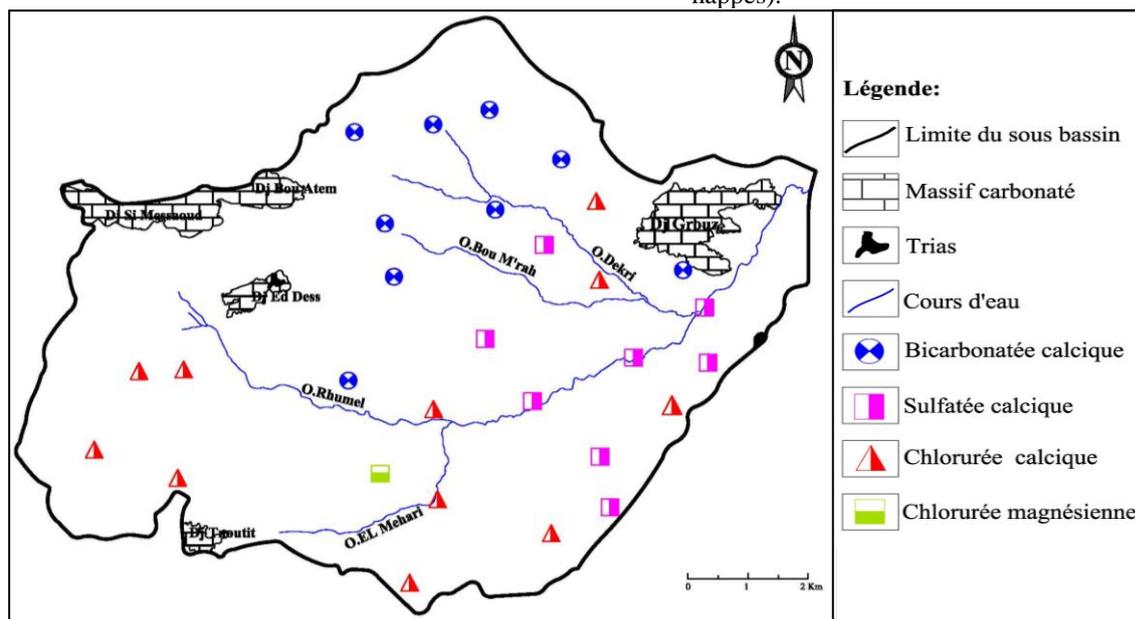


Figure 6 : faciès chimiques (campagne de mai 2008)

L'Analyse en Composante Principale effectuées sur neuf variables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- et la conductivité CND) et de 29 observations pour chaque campagne piézométrique, a permis de confirmer les interprétations émises ci-dessus et de mettre en évidence une forte probabilité de mélange des eaux et par conséquent une relation entre l'aquifère superficiel et l'aquifère profond (karstique).

Le premier axe, avec 44.04% de la variance pour la première campagne et 46.26% pour la seconde, est

déterminé positivement par la majorité des éléments de la minéralisation (fig. 7a et 7b). Les individus qui sont liés à cet axe sont les puits implantés au niveau des formations de la croûte calcaire, et à proximité des affleurements du Trias. Par ailleurs, la présence de la famille des éléments Ca^{2+} , Mg^{2+} et SO_4^{2-} en association est un indicateur soit du thermalisme des eaux sulfurées liées à H_2S d'origine minérale, soit d'un système karstique annexe en relation avec les eaux de la nappe superficielle (fig. 7b).

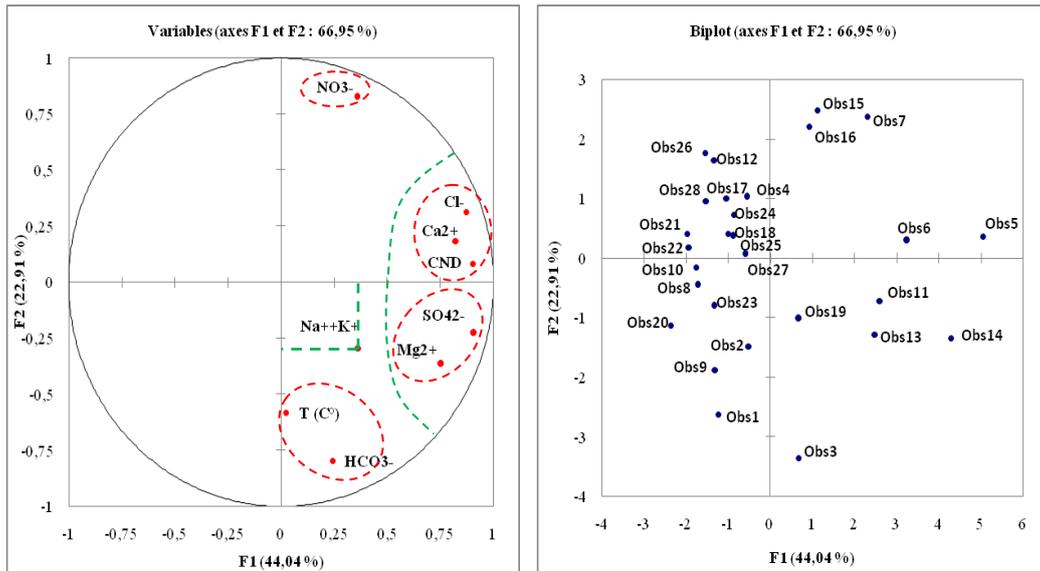


Figure 7a : Espaces des variables (éléments chimiques) et des individus (points d'observation) dans le plan F1-F2 (campagne de novembre 2007)

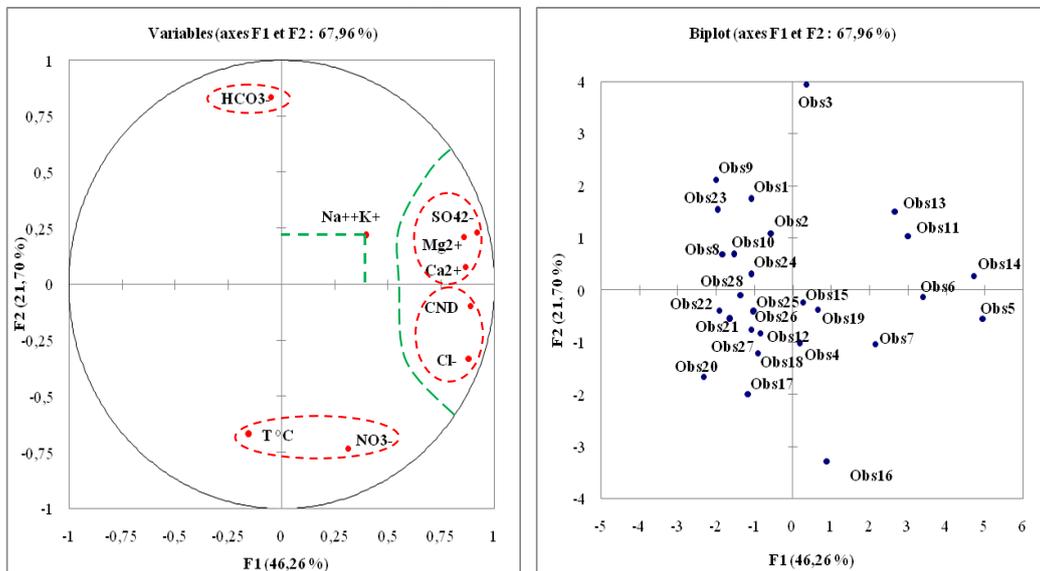


Figure 7b : Espaces des variables (éléments chimiques) et des individus (points d'observation) dans le plan F1-F2 (campagne de mai 2008)

I.3. Contexte karstique et exutoire naturel du Djebel Grouz :

Les aquifères du Crétacé supérieur et inférieur, peuvent être regroupés avec celui de l'Eocène, pour former un seul complexe aquifère karstique dit du Crétacé. Ils ont une capacité d'accumulation en eau plus ou moins élevée, avec des émergences karstiques issues de ces massifs calcaires. Il s'agit de séries exclusivement calcaires qui se rapportent en majorité à la nappe néritique constantinoise, ensemble lithologique plus ou moins homogène avec parfois une alternance calcaro-dolomitique et marno-calcaire.

Au niveau du bassin du Rhumel à Oued Athménia, le Djebel Grouz (4km²) constitue un dôme assez régulier très fracturé, ce dernier se soulève à l'W de grandes failles NW-SE, le flanc N étant d'autre part effondré en compartiments successifs entre failles E-W. a son extrémité orientale, un synclinal et un anticlinal NW-SE sont encadrés de failles [8]. Ces mouvements tectoniques donnent naissance à des fractures d'échelle centimétrique ou décimétrique. Ces dernières favorisent l'infiltration des précipitations efficaces au niveau des impluviums, donnant naissance à un karst superficiel très développé avec des nombreuses formes karstiques (dolines, siphons, cavités...), influençant les phénomènes de fuites d'eau évoqués plus loin dans l'étude du bilan de régularisation du barrage de Hammam Grouz.

Le massif du Djebel Grouz, exemple caractéristique de la karstification des massifs carbonatés dans la région, a pour exutoires les émergences, en partie thermales localisées à l'aval du barrage de Hammam Grouz. Leur débit est variable (60l/s en moyenne) et a connu une diminution notable (aux alentours de 10 l/s) après la construction des forages sur le site. En revanche, le débit global de ces sources a pu atteindre un total de 1.5m³/s en avril 2003, suite à la pluviométrie exceptionnelle de l'année 2002/03, engendrant des fuites d'eau considérables et inhabituelles depuis la retenue vers l'aval de la digue du barrage.

Les exutoires naturels du réseau karstique sont situés à Hammam Grouz. Ce réseau est caractérisé par des relais profonds et lointains, provoquant souvent un certain thermalisme. Ces relais seraient formés par des calcaires du Crétacé, dont on soupçonne la présence sous couverture marneuse plus récente, ou par un jurassique de faciès calcaire [9].

II. HYDROLOGIE : BILAN DE REGULARISATION ET FUITES D'EAU DU BARRAGE :

II.1. Caractéristiques principales du barrage de Hammam Grouz :

Le barrage est en béton poids, d'une hauteur au dessus de la fondation, de 49.5 m et d'une longueur en crête de 217 m (Photo.1 et 2). Il comporte un évacuateur de crue (dimensionné pour un débit de 4150 m³/s), une vidange de fond, deux galeries de drainage et trois prises d'eau localisées dans le corps du barrage. Une digue de col en remblai se trouve à l'Est du barrage principal.

La retenue qui s'étend sur une surface inondable de près de 500 ha, représente un volume total de 45 hm³ (dont une tranche morte de 4 hm³). Le débit régularisé prévu par les études est de 16 hm³ par an (BINNIE & PARTNERS, 1980) [10].

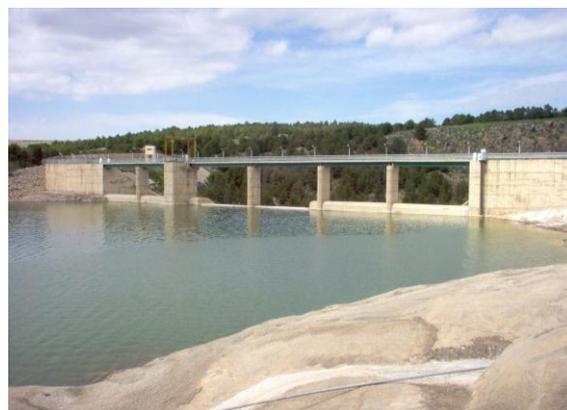


Photo 1 et 2 : Vue amont et aval du barrage du Hammam Grouz.

II.2. Bilans de régularisation : mise en évidence des débits de fuites :

II.2.1. Bilans de régularisation :

Le bilan de régularisation, étudié à l'échelle mensuelle voire journalière, est l'expression analytique de contrôle et de suivi de l'état de fonctionnement

hydrologique de la retenue, ce qui permet de gérer rationnellement la capacité de cette dernière. Les données de base sont les mesures établies par l'A.N.B.T., exploitées sur une série de vingt ans (1987/88-2007/08) (fig.8).

Depuis la mise en eau jusqu'à l'année 2001/02, le volume de remplissage du barrage n'a jamais atteint le volume normal de retenue (VNR) qui est de l'ordre de 45 millions m³. Un abaissement critique de la réserve (3.66 hm³) a été constaté durant l'année 1993/94, correspondant à l'usage d'une partie du volume mort [11].

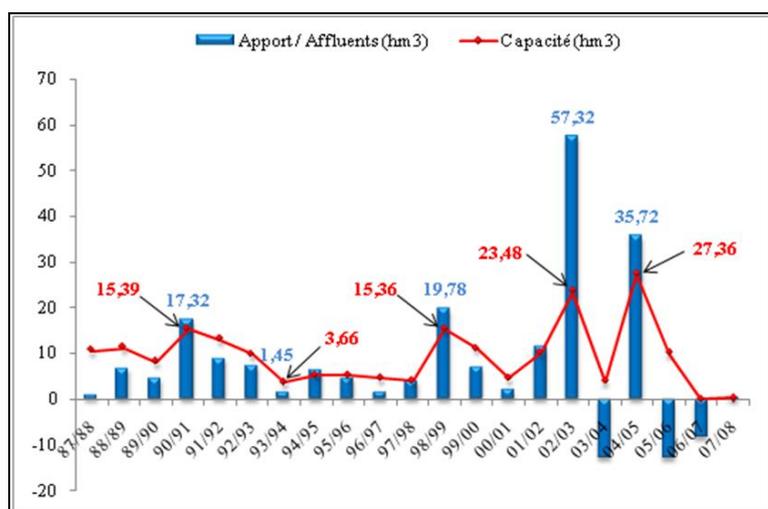


Figure 8: Variations annuelles de l'apport et de la capacité du barrage de H.Grouz (1987/88-2007/08)

En revanche, l'année hydrologique 2002/03 est une année exceptionnelle dans la vie du barrage qui a connu ses premiers déversements de crue ; le cumul annuel de

ces déversements a atteint les 10.2 hm³. Pour des raisons de sécurité, des vidanges de fond ont été également effectuées, atteignant un volume annuel de l'ordre de 17.67 hm³.

Cet évènement hydrologique exceptionnel s'est accompagné d'importants volumes de fuites d'eau, mesurés par l'A.N.R.H. (Agence Nationale de Ressources Hydrauliques) au niveau des sources de Hammam Grouz (à l'aval de la digue du barrage) dont le débit a augmenté de façon inhabituelle [1].

II.2.2. Débits des fuites d'eau :

Les « affluents négatifs » constatés au niveau du bilan hydraulique du barrage et l'apparition des émergences (avec un débit parfois très important) en aval de l'ouvrage, ne peuvent être expliqués que par des fuites d'eau à partir de la retenue. Les écarts entre apports hydrologiques mesurés à la station de jaugeage, située à l'amont de la cuvette du barrage, et les « affluents » (apports déduits du bilan du réservoir), ont mis en évidence des débits de fuites d'eau bien plus importants que ne les laissent apparaître les débits de fuites mesurés par l'A.N.R.H. : ces débits corrigés s'élèvent à 7.4 Hm³ en 2002/03, 32.3 Hm³ en 2003/04 et 26,2 Hm³ en 2004/05 (tabl. 3). En effet, les mesures journalières des débits des émergences effectuées par l'A.N.R.H sur des périodes discontinues, ne reflètent pas l'importance des « pertes » réelles du lac de retenue (fig. 9). Cela suppose que les fuites d'eau échappant de la cuvette du barrage, à travers des conduits karstiques, ne se limitaient pas aux seules sources du Hammam, émergeant au pied des massifs calcaires, à l'aval du barrage, et qu'elles ont d'autres destinations qui restent à explorer.

Tableau 3: Bilan hydraulique interannuel du barrage de Hammam Grouz (2002/03 – 2004/05)

Année	Début d'année	Durant l'année					Fin d'année		Apports station (Hm ³) (11)	Ecart apport station/ Affluent barrage (12) = (11-8) - 6		
	Capacité (Hm ³)	Lâchers			Pertes		Défluent (Hm ³) (7)	Affluent (Hm ³) (8)			Capacité (Hm ³) (9)	Gain / perte de capacité (Hm ³) (10)
		AEP (Hm ³) (2)	Déversement de crues (Hm ³) (3)	Vidange de fond (Hm ³) (4)	Évaporation (Hm ³) (5)	Fuites mesurées par ANRH (Hm ³) (6)						
2002/03	10.100	10.775	10.204	17.674	4.671	0.619	43.943	57.324	23.481	13.381	65.33	7.387
2003/04	23.481	2.967	0.000	0.000	1.828	1.931	6.726	-12.848	3.836	-13.384	21.38	32.297
2004/05	3.836	5.402	0.138	1.687	4.218	0.967	12.412	35.720	27.356	20.812	62.91	26.22

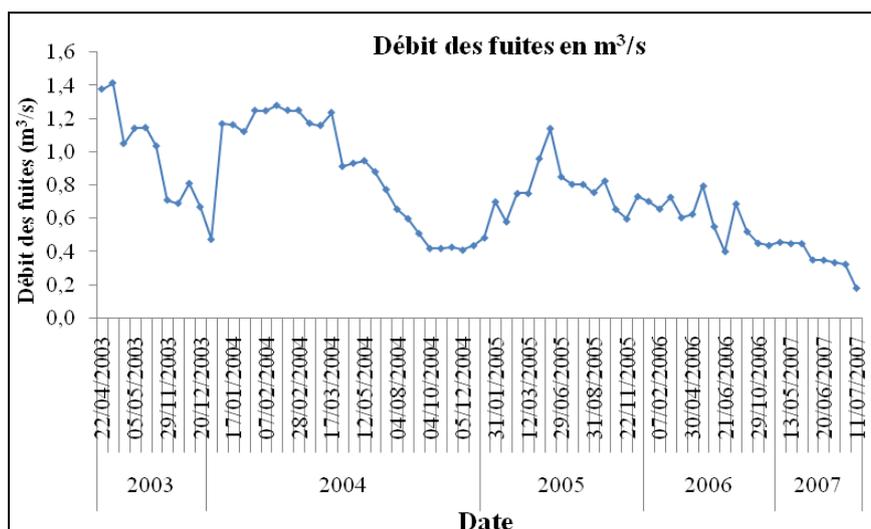


Figure 9: Evolution des débits de fuites mesurées par l'A.N.R.H (sources de H.Grouz)

II.3. Suivi des fuites d'eau et zones probables d'infiltration :

Plusieurs arguments sont réunis pour confirmer l'existence de fuites d'eau à partir de la retenue :

- Les écoulements constatés en janvier 2003 dans l'oued Rhumel, en aval du barrage, étaient chargés d'argile rougeâtre, attribuée au tapis argileux de protection de la cuvette (photo 3);
- L'apparition, en avril 2003, d'un vortex d'un diamètre d'environ 1,50 m, au niveau du talweg de la rive droite de la lac de retenue (photo 4);
- L'apparition, en novembre 2007, d'un deuxième vortex plus grand au niveau de la rive droite de la retenue de Hammam Grouz, formé de deux ouvertures très proches.

Ces arguments confirment la nécessité d'un suivi approfondi de ces fuites en vue de la compréhension du phénomène et la détermination des zones probables d'infiltration au niveau de la rive droite du lac de retenue. Le suivi a commencé par des traçages chimiques à l'aide de la Rhodamine qui ont mis en évidence l'hypothèse très probable que les fuites au niveau des émergences provenaient de la retenue et non des nappes de la région [12].

La deuxième phase du suivi est basée sur l'interprétation des profils de température et de conductivité (en nombre de quatre). Ils ont été réalisés afin de situer la zone d'infiltration suspectée, située, au niveau de la rive droite, entre les cotes 714 m et 715 m. L'affinement du profil de température au niveau du lac a permis de situer plus précisément la zone de fuites, entre les cotes 714, 6 m et 715 m. L'abaissement brutal de la température, avec un écart de l'ordre de 1.3 °C pour une

différence de profondeur de 0.5 m entre les cotes 715 et 714.5 m, est expliqué par un mélange d'eau dû à un apport supplémentaire, à partir d'un système annexe dont l'exutoire se situe à cette profondeur [13].



Photo 3: Les écoulements en aval du barrage accompagnés d'argile rougeâtre



Photo 4: Vortex n°1 au sein de la retenue de H. Grouz

II.4. Solutions adoptées :

Dans le cas du barrage de Hammam Grouz, les opérations suivantes ont été réalisées :

- la fermeture du premier vortex a été réalisée par l'injection et le remplissage du trou du vortex par un produit chimique expansif consistant (la Polyuréthane), suivant un cercle complet de telle façon à s'assurer que tous les conduits d'eau souterrains émanant du vortex et les cavités soient remplis et colmatés. Par la suite, il a fallu reconstruire le tapis argileux au-dessus du vortex fermé, protégé par des filtres de sables de 200 mm d'épaisseur en dessous et au dessus du tapis. Le suivi des débits de fuites après le colmatage a mis en évidence l'importance de la réalisation d'un voile d'injection avec un remplissage des cavités rencontrées dans les forages ;
- le traitement du deuxième vortex a consisté au rinçage des fissures existantes, le remplissage des trous par injection du béton, la construction d'une dalle en béton et enfin la mise en place d'un revêtement imperméable.

CONCLUSION :

Le bassin du Rhumel amont, fait partie des Hautes Plaines Sud-constantinoises, au climat semi aride continental. L'aquifère à nappe libre du Mio-Plio-Quaternaire est caractérisé par un axe général de drainage vers l'oued Rhumel, et une fluctuation de la surface piézométrique, entre hautes et basses eaux. Sa transmissivité traduit une productivité réduite, ce qui nous oriente vers l'exploitation des eaux souterraines contenues dans les séries néritiques, potentiellement importantes. Les faciès chimiques ont montré une dominance des chlorures due à une surexploitation de la nappe superficielle et aux rejets d'eaux usées. Par ailleurs, l'ACP a mis en évidence une forte probabilité de mélange des eaux et par conséquent une relation entre l'aquifère superficiel et l'aquifère profond (karstique).

Le bilan de régularisation des eaux du barrage de Hammam Grouz, a fait apparaître l'année 2002/03 comme une année hydrologique exceptionnelle, où l'ouvrage hydraulique a connu son premier déversement de crue, accompagné de fuites considérables vers l'aval de la digue. La comparaison des débits de fuites mesurés à l'aval du barrage (sources du Hammam) avec ceux estimés à l'aide du bilan a montré que les premiers étaient sous-estimés. Le problème de fuites d'eau est loin d'être maîtrisé malgré les différentes solutions de colmatage (voile d'injection, plombage des vortex) effectuées par l'organisme gestionnaire. Il nécessite une investigation approfondie (traçage chimique, étude morpho-structurale détaillée...) de l'ensemble du système karstique du bassin du haut Rhumel.

REFERENCES

- [1] MIHOUBI. N, 2009, Fonctionnement et gestion hydrogéologique et hydrologique des ressources en eau du bassin de Hammam Grouz, *mémoire de Magister* (Hydrogéologie), Faculté des Sciences de la terre, de Géographie et Aménagement du Territoire, Université Mentouri de Constantine, 239 p.
- [2] MEBARKI. A, 1982, Le bassin du Kebir Rhumel. Ressources en eaux et aménagement en Algérie, Thèse doctorat 3ème cycle, Université de Nancy II, 302 p.
- [3] MEBARKI A., 2005, Hydrologie des bassins de l'Est algérien: ressources en eau, aménagement et environnement, *thèse de doctorat d'Etat*, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et Aménagement du Territoire, Université Mentouri de Constantine, 360 p.
- [4] WILDI W., 1983, la chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène, *Revue de géologie dynamique et de géographie physique*, Paris, Masson, vol. 24, 3, pp. 201-297.
- [5] VILLA. J.M, 1977, Carte géologique de Sétif au 200 000^{ème}, avec notice explicative, Service de la carte géologique d'Algérie.
- [6] VILLA. J.M, 1977, Carte géologique de Constantine au 200 000^{ème}, avec notice explicative, Service de la carte géologique d'Algérie.
- [7] DUBREUIL P., GUISCAFRE J., 1971, Optimisation du réseau hydrométrique minimal, *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M., série Hydrologie*, vol VIII, n°2, pp. 3-37.
- [8] DUROZOY.G, 1960, Etude géologique de la région de Châteaudun du Rhumel, publ. Serv. Carte Géol. Algérie, Nlle sér., n°22, Alger.
- [9] VOUTE. C, 1967, Essai de synthèse de l'histoire des environs d'Aïn Fakroun, Aïn Babouche et des régions limitrophes, publ. Serv. Carte Géol. Algérie, Nlle sér., n°36, 2t., Alger, 390p.
- [10] BINNIE and Partners, 1980, *Barrage de Hammam Grouz, Monographie*, Ministère de l'Hydraulique, D.P.R.H., 49 p.
- [11] MEBARKI A., 1994, Le barrage d'Hammam Grouz (Haut-Rhumel, Constantinois). Bilan et perspectives d'un aménagement hydraulique en zone semi-aride, *Méditerranée*, n°3-4, Aix-Marseille, pp 15-22.
- [12] ANBT, 2003a, *Rapport de visite du site du barrage de Hammam Grouz (juin 2003)*, Direction de la maintenance et du contrôle, Ministère des Ressources en Eau, Alger.
- [13] ANBT, 2003b, *Rapport technique sur les fuites (juillet 2003)*, Direction de la maintenance et du contrôle, Ministère des Ressources en Eau, Alger.