

# CARACTERISATION GEOCHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DU SYSTEME HYDROTHERMAL DE HAMMAM RIGHA (Centre Nord Algérie)

<sup>(a)</sup>M. BELAID-ABDELOUAHAB, <sup>(a)</sup>R. ABDELOUAHAB, <sup>(a)</sup>A.S. MOULLA, <sup>(b)</sup>R. SAID, & <sup>(a)</sup>M. E-H. CHERCHALI.

<sup>(a)</sup> Centre de Recherche Nucléaire d'Alger, 02, Boulevard Frantz Fanon, B.P.399, Alger RP, Alger

<sup>(b)</sup> Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, Rue de Theniet el-Had, Khemis-Miliana, Ain defla

belaidmessa@gmail.com

## RESUME

Dans le but de caractériser les eaux thermales de Hammam Righa, l'une des eaux les plus chaudes de l'Algérie (65°C), l'aspect géochimique et isotopique a été abordé dans cette étude. L'exploitation des données recueillies a permis de mettre en évidence un faciès chloruré et sulfaté, calcique, ainsi que les différentes interactions qui ont lieu au cours du cheminement de l'eau, à partir de l'infiltration des eaux de pluie au niveau l'affleurement karstique pour atteindre le réservoir profond et la remontée par le biais d'un réseau de faille qui a été mise en évidence par l'étude structurale.

Les isotopes ont confirmé l'origine météorique, ainsi qu'un circuit hydrothermal avec un temps de séjour relativement long comme l'atteste leur enrichissement en <sup>3</sup>H.

**Mots-clés** : eaux thermales, géochimique, isotopique.

## INTRODUCTION

Les eaux thermales de Hammam Righa sont parmi les eaux les plus chaudes de l'Algérie et dans le but de caractériser le système hydrothermal, une attention particulière sera accordée dans ce travail à l'aspect hydrogéologique, géochimique et isotopique de ces eaux.

Le site étudié s'étend sur la partie méridionale du massif montagneux de l'Atlas littoral, à 100 km au SW d'Alger,

il appartient au bassin versant d'Oued Djer-Bouroumi.

La zone d'émergence est caractérisée par un réseau de failles très développé, plusieurs griffons sont répertoriés dont le plus chaud est à 68°C.

Le climat de la région de Hammam Righa est de type méditerranéen, ou la saison estivale est chaude et sec alors que la saison hivernale est douce et pluvieuse.

## 1) CADRE GEOLOGIQUE

Cette synthèse géologique a été établie sur la base des études et travaux antérieurs des géologues (Pomel, 1871; Glangeaud, 1951; Mataeur, 1958 ...). Elle a pour objectif de circonscrire les conditions lithostratigraphiques et structurale de la région de Hammam Righa.

### 1.1 Cadre géologique local

La zone de résurgence des griffons thermaux est localisée à l'est de Hammam Righa au piedmont et juste à quelques kilomètres à l'ouest du massif montagneux du Zaccar Chergui. Cette configuration permet de partager la zone en deux unités bien distinctes :

### La Région de Hammam Righa :

Constituée essentiellement par une série complexe et relativement puissante de terrains Crétacé et Miocène. Les principaux griffons d'eau thermale se sont établis dans le Sénonien et le Carténien, la plupart des affleurements sont masqués par des

recouvrements importants de dépôts de travertins d'origine hydrothermale.

### Le Massif du Zaccar Chergui :

Ce Massif culmine à 1535m Les terrains qui affleurent dans le Zaccar Chergui sont d'âge Primaire et Secondaire. La série primaire est localisée au cœur du massif, alors que les terrains secondaires forment sa périphérie.

### 1.2 Analyse structurale et fracturation

Le synclinale de Hammam Righa à subit plusieurs phase de plissement, et il est affecté par plusieurs réseaux de failles. Le système de fractures profondes de direction Nord 60-75 serait à l'origine des eaux chaudes qui remonteraient vers la surface au niveau des croisements de ces grandes fractures (Haouchine.2010).

## 2) CONTEXTE

### HYDROGEOLOGIQUE

D'un point de vue hydrogéologique, plusieurs formations sont susceptibles d'être aquifères dont les plus importants sont :

Les calcaires fissurés du Jurassique, intensément karstifiés (Pomel, 1871). Ces derniers reposent sur les schistes-quartzitiques primaires imperméables. Dans le voisinage de Hammam Righa, cette formation est inexistante à l'affleurement, par ailleurs elle constitue de vastes étendues dans le Zaccar à environ 8 Km au sud-ouest des griffons de Hammam Righa.

## 3) METHODOLOGIE

Durant le travail de terrain, des mesures in situ [température, pH, conductivité, salinité, O<sub>2</sub> dissous, l'alcalinité (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), silice (SiO<sub>2</sub>)] et prélèvements de six points d'eaux différents (02 forage HR1, HR2 ; 03 sources HR3, HR4, HR5 ; et un puits HR6) ont été réalisés.

Les analyses ont été effectuées aux différents laboratoires du centre de recherche nucléaire d'Alger (CRNA).

Tels que les éléments majeurs (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) les éléments en traces (Li<sup>+</sup>, Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>).

## 4) CLASSIFICATION ET FACIES DES EAUX

L'étude des résultats des analyses chimiques d'après le diagramme de Piper (Fig.01) montre que le facies de La quasi-totalité des eaux est chlorurée et sulfatée, calcique et magnésienne.

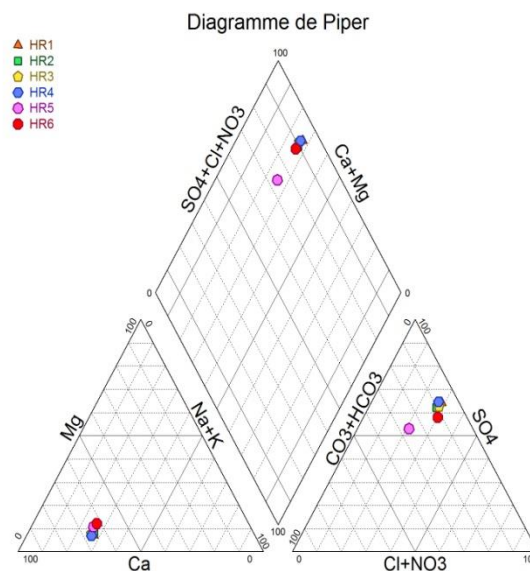
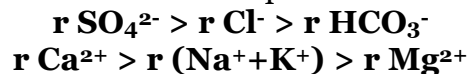
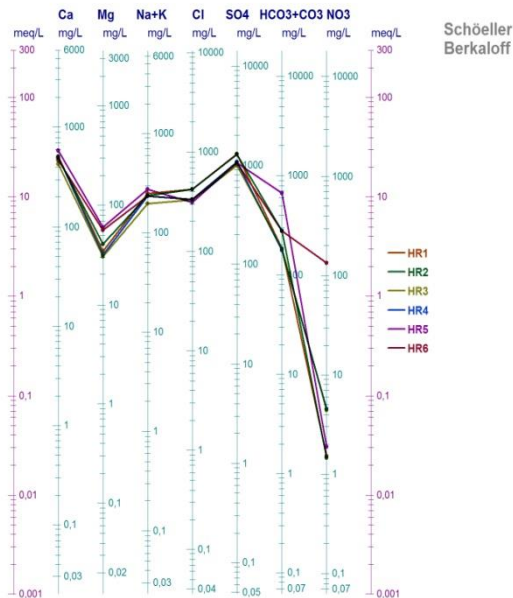


Figure 1: Représentation des eaux sur le diagramme de Piper.

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme semi-logarithmique de Schöeller -Berkaloff (Fig. 2), confirme le facies sulfaté calcique et permet de préciser la prédominance des sulfates qui représentent plus de 50% de la minéralisation totale des eaux.

La formule caractéristique :





**Figure 2 : Représentation des eaux sur diagramme de Schöeller-Berkaloff.**

Les eaux de Hammam Righa montrent des réponses hydrochimiques différenciées.

Les eaux thermales (HR1 à HR4) présentent un faciès sulfaté calcique avec des teneurs en  $\text{SO}_4^{2-}$  qui dépassent le gramme par litre. Les chlorures et le sodium constituent le deuxième pôle dans la formule caractéristique du faciès hydrochimique.

Les eaux froides, circulant dans les niveaux superficiels, sont moins chargées (conductivités  $< 2.6$  mmhos/cm) que les eaux thermales avec des conductivités oscillant entre 2.8 et 3.9 mmhos/cm.

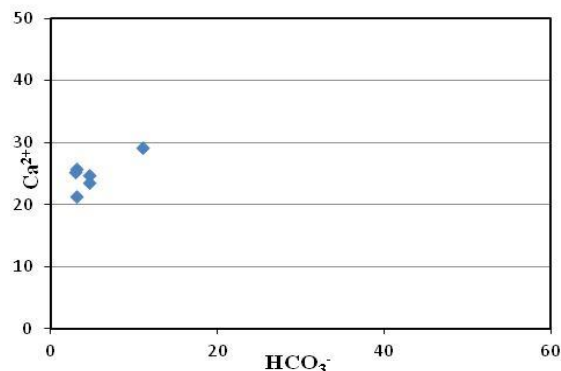
Le dosage des éléments en traces ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ) donnent un aperçu sur le temps de séjour assez long dans le réservoir. Ces minéraux n'ont été détectés que dans les eaux chaudes.

La source HR5 présente des eaux froides ( $19^\circ\text{C}$ ), mais les fortes teneurs en éléments (sulfates, chlorures et bicarbonates) ainsi que le taux du  $\text{CO}_2$

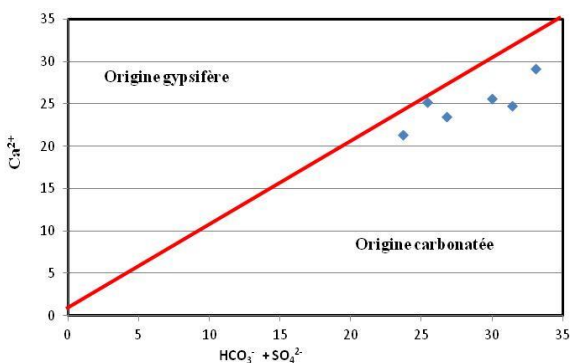
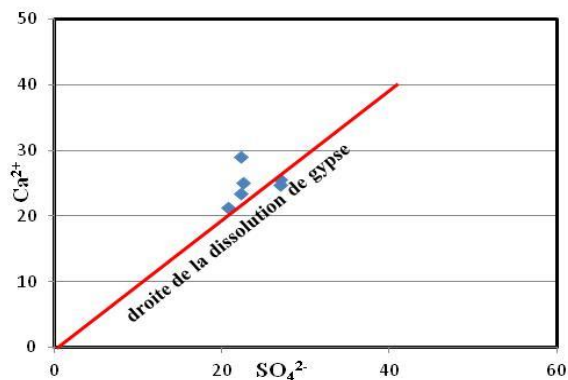
libre et leur pauvreté en  $\text{O}_2$  dissout constituent autant d'arguments plausibles pour un milieu réducteur et un cheminement différent des autres eaux avec une remontée moins rapide. Et aussi la possibilité de présence d'une semelle triasique à quelques mètres de profondeurs dans les environs de la résurgence de cette source.

#### 4.1 Les éléments $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ :

Le calcium tire son origine des carbonates et du gypse. Pour déterminer l'origine des éléments  $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  nous avons établi les corrélations.



**Figure 3 : Détermination de l'origine de  $\text{Ca}^{2+}$ .**



Il a été déduit que l'augmentation des teneurs en ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en fonction du ( $\text{HCO}_3^-$ ) indique qu'il y a un excès du ( $\text{Ca}^{2+}$ ), ce qui démontre que l'origine du ( $\text{Ca}^{2+}$ ) n'est pas juste la dissolution des roches carbonatées (calcaire du Jurassique). L'évolution du ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en fonction du ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) est linéaire indiquant l'autre origine évaporitique du ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

L'analyse des graphes montre que les eaux ont acquis leur minéralisation en sulfates par lessivage des évaporites contenues dans les formations triasiques et probablement par oxydation de la pyrite contenue dans les calcaires du réservoir.

#### 5) TRACEURS ISOTOPIQUES

Les résultats des analyses en isotopes stables, varient entre  $-7.84 \text{ ‰}$  et  $-5.85 \text{ ‰ V-SMOW}_2$  pour le  $\delta^{18}\text{O}$  et entre  $-47.41 \text{ ‰}$  et  $-36.29 \text{ ‰ V-SMOW}_2$  pour le  $\delta^2\text{H}$ .

La première constatation que l'on peut faire est que les eaux chaudes se sont les mêmes eaux qui alimentent les forages et les griffons sont appauvris par rapport aux eaux froides qui sont plus enrichies en  $^{18}\text{O}$  et en  $^2\text{H}$ . La valeur maximale se trouve dans les eaux du puits et sont ainsi marquées par un caractère évaporé.

La quasi-totalité des points d'eau sont situés (Fig.4) au-dessus de la droite des eaux météoriques mondiales ( $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ ) (Craig, 1961), à l'exception du puits (HR6) qui a un caractère évaporé.

Pour ce qui est du tritium (isotope instable de la molécule de l'eau) sa teneur varie entre 0 UT et 2.62 UT. Les eaux thermales ont une teneur inférieur à 2 UT.

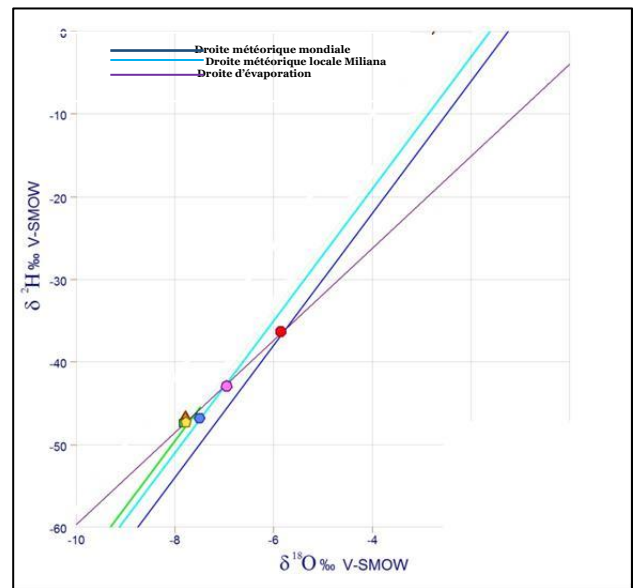


Figure 4 : Relation entre  $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^2\text{H}$ .

#### 6) CONCLUSION

Les eaux de Hammam Righa circulent dans un réservoir de type carbonaté où elles acquièrent leur minéralisation, et se minéralisent d'avantage en sulfates au contact avec des roches évaporitiques riches en halite et gypse.

Les résultats isotopiques ont permis de préciser l'origine météorique des eaux thermales de Hammam Righa. Les activités du tritium détectable et inférieur à 2 U.T, indiquent qu'une recharge ancienne (post-1952). Cette étude, montre que les eaux emprunteraient un circuit hydrothermal avec un temps de séjour très long.

La synthèse de cette étude nous a permis de caractériser le circuit hydrothermal où on considère les calcaires jurassiques comme réservoir thermal et le mont de Zaccar comme zone principale de recharge.

## Références bibliographiques

**A.I.E.A:** (Agence Internationale de l'Energie Atomique) 2008 «isotopes de l'environnement dans le cycle hydrologique », VIENNE.

**BOUCHAREB-HAOUCHINE F.Z,**  
**BOUDOUKHA.A, HAOUCHINE.A:**  
«Hydrogéochimie et Géothermométrie : Apports à l'identification du réservoir thermal des sources de hammam Righa, Algérie » Laboratoire de Géo-Environnement USTHB.

**ISSADI ABDERRAHMANE 1992** « le thermalisme dans son cadre géostructural, apports à la connaissance de la structure profonde de l'Algérie et des ressources géothermales » *Thèse de doctorat. Univ U.S.T.H.B.*

**NEJAI RACHID 1987.** « Étude hydrogéologique et hydrochimique des source thermominérales du centre Algérien (Nord) ». *Thèse de doctorat, Univ de Grenoble.*

**Pomel A., 1871 :** Description et carte géologique au 200.000e du massif de Miliana. Bull. Soc. Climat. Alg., 184 p., carte