

Caractérisation hydrogéochimique et isotopique de la nappe calcaire du Zaccar

ABDELOUAHAB R¹., BELAID M¹., CHERCHALI M-H¹., MOULLA A.S¹., SAID R²., CHORFI H¹.

¹ Centre de Recherche Nucléaire d'Alger

² Université de Khemis Miliana

Abdelouahab-r@hotmail.fr belaidmessa@gmail.com m.cherchali@crna.dz asmoulla@hotmail.com
ramsaid@gmail.com hadjer_ch@hotmail.fr

Résumé

L'objectif de cette investigation est l'application des techniques géochimiques et isotopiques à la compréhension du système hydrogéologique d'un karst en milieu semi-aride.

Les systèmes karstiques du nord algérien sont caractérisés par une réserve en eaux souterraine importante. Pour cas d'étude, le Zaccar, qui est un système karstique d'âge primaire et secondaire, est affecté par un réseau de failles très denses, ce qui favorise l'infiltration d'eau au détriment du ruissellement.

Le mont du Zaccar avec ces 1554 mètres d'altitude, est le point culminant du Dahra en Algérie. Il est situé au nord de Miliana, qui est bâtie sur ses flancs. Il représente une entité géographique d'une superficie qui avoisine les 90km². La région de Miliana et les villes voisines ont toujours fait appel pour l'alimentation en eau potable (AEP) de la population, aux réserves issues de la nappe des Calcaires.

La série stratigraphique du Djebel Zaccar est assez complète, avec à la base, un socle d'âge Paléozoïque surmonté par une couverture d'âge Secondaire à Quaternaire.

La région d'étude est caractérisé par une pluviométrie avoisinant les 700 mm, et la densité de fissuration favorisant une bonne infiltration, sont deux éléments-clés qui font que la réserve mobilisable soit importante mais reste très vulnérable à différents types de pollutions.

A travers ce travail de recherche, une contribution a été apportée à l'étude hydrogéologique des eaux minérales du système karstique du Zaccar, en mettant en

évidence les caractéristiques hydrochimiques, et isotopiques. Pour ce faire, il à été procédé à l'échantillonnage de plus de 30 points d'eau répartis entre forages et sources (Fig 01).

Les eaux présentent un facies chimique dominant de type bicarbonaté calcique et magnésien, à l'image du réservoir carbonaté, les rapports caractéristiques ont permis de mettre en évidence la relation qui existe entre l'encaissant et les eaux infiltrées. Certaines sources sont marquées par une pollution aux nitrates dépassant les normes de potabilité, ceci confirme l'aspect vulnérable du karst surtout dans les zones urbaines où le réseau d'assainissement est mal fait.

Ces eaux ont une signature isotopique qui varie entre -6 ‰ et -8.95 ‰ pour le $\delta^{18}\text{O}$ et entre -37 ‰ et -54.1‰ pour le $\delta^2\text{H}$. Ces valeurs attestent d'une influence des masses d'air de la méditerranée occidentale et reflète l'altitude des zones de recharges.

Mots clé hydrogéologie, géochimie, isotopes, karst, Miliana, Zaccar.

Introduction

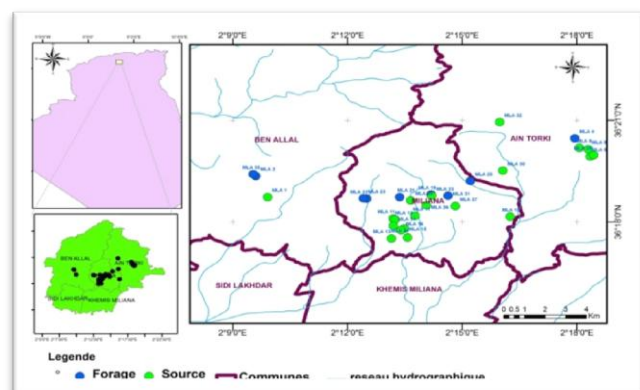


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

La formation carbonatée du Djebel Zaccar représente une réserve importante pour les villes avoisinantes. La gestion et la protection de cette ressource nécessitent, la compréhension de son fonctionnement, de son mode d'alimentation et les conditions de recharge et la détermination des relations éventuelles entre ce système et les hydrosystèmes environnants. Ce travail apparaît d'autant plus important car la zone d'étude se situe dans une zone subissant un climat méditerranéen, relativement sec et aux précipitations mal réparties dans le temps avec notamment l'évolution rapide de la population, qui font que les ressources en eau sont devenues de plus en plus limitées.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

L'inventaire de la série stratigraphique de la région d'étude s'étend du Primaire au Quaternaire (Fig 02).

Le Primaire : Constitué d'alternances de schistes noirs, graphiteux et des bancs de quartzites (complexe éruptif).

Le Secondaire : comprend la série suivante :

- **Trias :** complexe rocheux gypso-salin.
- **Le Jurassique :** Essentiellement calcaire avec des niveaux calcaire-gréseux, il représente la formation la plus importante en terme d'affleurement dans la région. Il est caractérisé par deux niveaux, le premier il est calcaire affleurent sur une grande étendue (Tout le Zaccar Chergui est calcaire). Avec une épaisseur de 1000m environ. Le second niveau est schisteux avec des épaisseurs de l'ordre de plusieurs centaines de mètres.
- **Le Crétacé :** Il comprend de bas en haut 800 à 1000m d'argiles schisteuses du Néocomien suivis par des schistes argileux de L'Albien et des marno-calcaires du Cénomanién, le toit du crétacé est

principalement former des marnes feuilletées, très dures, fracturées et très plissées du Sénonien.

Le Tertiaire

- **Le Miocène :** on peut distinguer :

Grès, poudingues et marnes du Carténien, Conglomérats et sables marneux de l'Helvétien

Les calcaires à Lithothamnium, dont le seul affleurement se situe à l'Est de Djebel Zaccar avec des alternances de grès.

- **Le Pliocène** des argiles rouges sableux intercalées de lits caillouteux.
- **Le Quaternaire :** Des éboulis de pente, limons et travertins

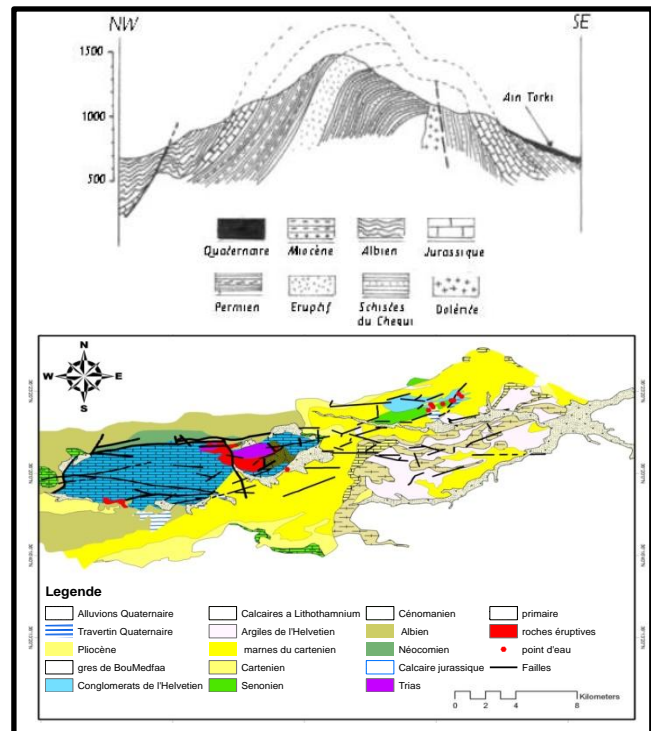


Figure 2 : carte géologique du Zaccar Digitalisé

La région d'étude est caractérisé par une pluviométrie avoisinant les 700 mm, et la densité de fissuration favorisant une bonne infiltration, sont deux éléments clés qui font que la réserve mobilisable soit importante



Séminaire International sur L'Hydrogéologie et l'Environnement

15 - 17 Octobre 2019, Ouargla (Algérie)



mais reste très vulnérable à différents types de pollutions. La région est montagneuse, entaillée par une fracturation dense.

Ainsi le devenir des populations qui ne cessent de croître nécessite une bonne connaissance des caractéristiques de l'aquifère afin de mieux exploiter la ressource et la préserver de toutes contaminations.

INTERET HYDROGEOLOGIQUE

L'étude géologique révèle grâce à l'analyse lithologique et structurale l'existence des niveaux aquifères potentiels suivant :

- Les calcaires fissurés du Jurassique, intensément karstifiés (Pomel, 1871). Ces calcaires reposent sur les séries schisto-quartzitiques primaires imperméables et constituent un réservoir important. Cet aquifère alimenté par infiltration des précipitations à raison de 7 L/s/km², a un débit de 200 L/s pour une surface d'affleurement des calcaires de 30 km² (note interne A.N.R.H, 1976).

- Les calcaires compacts et très durs alternant avec des marnes du Crétacé signalées au niveau du Cénomaniens et au Sénonien, ce dernier repose sur les schistes de l'Albien, ce qui peut représenter un substratum imperméable.

- Les grès Miocène, les niveaux calcaires du Sénonien et les conglomérats Helvétique peuvent constituer des systèmes aquifères mais la présence de niveau marneux en alternance réduit considérablement leurs productivités.

Plusieurs forages sont réalisés au contrebas du Zaccar. Allant de la ville de Ain Torki jusqu'à Ben Allal en passant par Miliana, ou cette

dernière comptabilise une dizaine de forages a elle seule, quant à la ville de Ben Allal trois forages sont utilisés pour l'alimentation de la population en eau potable.

On note aussi la présence de plusieurs sources qui présentent un débit variable et émergent dans le massif (plus d'une vingtaine) dans le secteur mentionné ci-dessus.

MESURES ET PRELEVEMENTS :

A travers cette étude, une contribution a été apportée à l'étude hydrogéologique des eaux minérales du système karstique du Zaccar, en mettant en évidence les caractéristiques hydrochimiques, et isotopiques. Pour ce faire, durant deux campagnes de terrain, des mesures in situ [température, pH, conductivité, salinité, O₂ dissous, l'alcalinité (HCO₃⁻), silice (SiO₂)] et prélèvements d'une trentaine de points d'eaux répartie entre forages et sources ont été réalisés,

RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'analyse hydrochimique génère une large gamme de données différentes obtenues sur le terrain et au laboratoire.

La classification des eaux selon le diagramme de PIPER (Fig.03) donne un faciès chimique de type bicarbonaté calcique et magnésien.

Les bicarbonates constituent plus de 60% de la minéralisation anionique. Le calcium quant à lui prédomine sur les éléments cationiques. Ce faciès est en conformité avec la nature géologique des terrains aquifères parcourus. En effet, les formations carbonatées du Zaccar sont à l'origine de cet enrichissement.

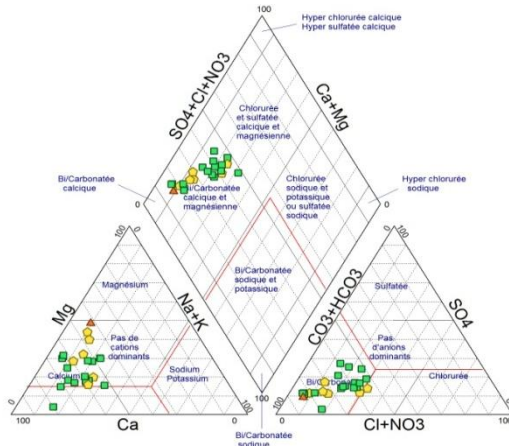


Figure 3 : Diagramme de Piper

Les sulfates sont aussi présents de façon remarquable. Il trouve leur origine par le lessivage des formations évaporitiques et gypsifères du Trias et probablement par oxydation de la pyrite contenue dans les calcaires du réservoir qui en contient.

La concentration des éléments de pollutions telles que les nitrates ne dépasse pas les normes admissibles de potabilité dans les forages, tandis que certaines sources présentes des valeurs attestant d'une pollution anthropique principalement due aux rejets domestiques.

L'analyse des éléments en trace, tel que le lithium, qui est souvent considéré comme un indicateur de lithofaciès (Edmunds, 1981), indique le degré d'interaction eau-roche, et le temps de résidence des eaux souterraines (Fontes et al, 1991 ; Fontes et Matray, 1993). Le lithium peut être présent dans une évaporite en se substituant au sodium dans la halite ou au potassium dans la sylvite (Fontes et Matray, 1993), comme il peut être lié aussi aux minéraux carbonatés (Edmunds et al, 1987 ; Moulin, 1990) en se substituant au calcium.

Les concentrations en lithium varient entre 0.3 et 0.4 mg/l. La plus grande teneur

correspond à un forage artésien d'une température de 26°C, probablement due à un contact eau-roche dans le réservoir carbonaté (calcaires du Jurassique). La teneur en lithium est due à la présence de ce dernier dans la halite, la sylvite et les carbonates.

Le fluor II est également lithophile et n'est donc pas apporté par les pluies. Il est comme le Lithium acquis par contact de l'eau avec le milieu encaissant. Son origine est liée à la dissolution de l'apatite et de la biotite.

Les eaux du Zaccar ont des concentrations en fluor varient 0.33 et 0.61 mg/l.

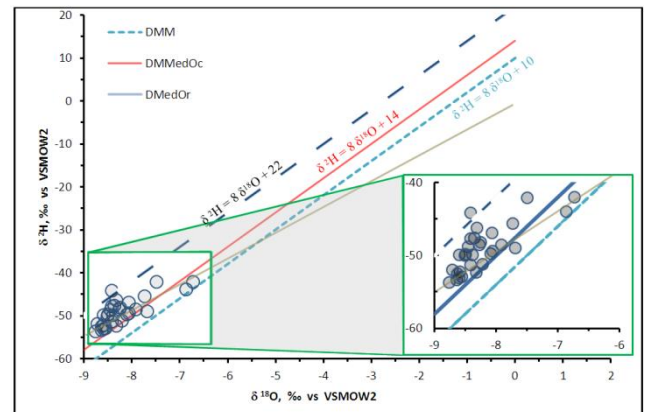


Figure 4 : relation $^{18}\text{O}/^2\text{H}$

D'un point de vue isotopique, dans un diagramme $\delta^2\text{H}-\delta^{18}\text{O}$ (Fig.04), la quasi-totalité des points sont au-dessus de la droite météorique mondiale et s'organisent entre la droite météorique occidentale et la droite de la méditerranée orientale.

L'excès en deutérium des droites météoriques reflète les caractéristiques hydro climatologiques de la région de formation des masses d'air.

On notera également que les points s'orientent dans la majorité entre la droite des précipitations de la Méditerranée Occidentale (Celle.H, 2001) et celle de la droite météorique de la méditerranée orientale (Gat,1995) impliquant donc que les eaux de

Miliana sont plus influencées par les pluies du bassin méditerranéen.

Dans le système karstique de Miliana, la recharge est assurée par les précipitations. La structure topographique de cette zone (montagne) reçoit une large portion des précipitations et génère en conséquence une grande portion de recharge. Les forages sont marqués par une recharge ancienne avec un temps de transit important et un contact eau/atmosphère faible. Les sources sont plus exposées au contact atmosphérique, par conséquent subissent une évaporation selon la profondeur de circulation.

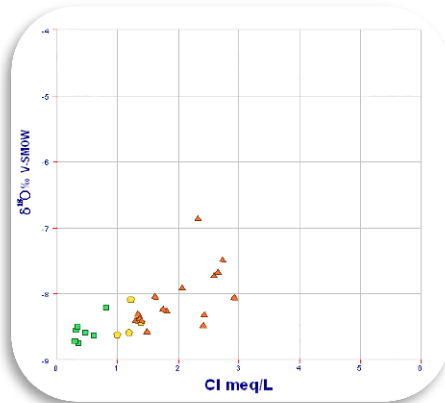


Figure 5 : relation ^{18}O et Cl

Pour ce qui est de l'origine de l'enrichissement en Oxygène-18 (Fig 05), la majorité des eaux, sont marquées par une augmentation de la concentration des chlorures, qui est due principalement à la dissolution des minéraux (halite) plutôt qu'à l'évaporation. D'après la relation $\delta^{18}\text{O}$ -Cl (Fig.05), on remarque que les eaux des forages sont plus anciennes et ne sont pas entrées en contact avec les formations contenant la Halite contrairement aux sources ou le cheminement de leurs eaux entre en contact avec toutes les formations traversées au cours de leur trajet dont celles riches en Halite

CONCLUSION

Les eaux présentent un faciès chimique dominant de type bicarbonaté calcique et magnésien, à l'image du réservoir carbonaté, les rapports caractéristiques et l'analyse des éléments en trace ont permis de maitre en évidence la relation qui existe entre l'encaissant et l'eaux infiltrées. Certaines sources sont marquées par une pollution aux nitrates dépassant les normes de potabilité, ceci confirme l'aspect vulnérable du karst surtout dans les zones urbaines ou le réseau d'assainissement est mal fait

Ces eaux ont une signature isotopique qui varie entre -6 ‰ et -8.95 ‰ VSMOW2 pour le $\delta^{18}\text{O}$ et entre -37 ‰ et -54.1 ‰ VSMOW2 pour le $\delta^2\text{H}$. Ces valeurs attestent d'une influence des masses d'air de la méditerranée et reflète l'altitude des zones de recharges.

BIBLIOGRAPHIE

Abdelouahab.R, Belaid. M (2013) : « Contribution à l'étude hydrogéologique des eaux thermo-minérales de Hammam Righa (Ain Defla) ». Mémoire de Master.

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 (2011): «Hydrogéochimie et Géothermométrie : Apports à l'identification du réservoir thermal des sources de hammam Righa, Algérie ». Laboratoire de Géo-Environnement USTHB.

Stephenson D., E.M.Shemang & T.R.Chaoka, (2004). WATER RESOURCES OF ARID AREAS. Book, 755 pages.