جيولوجيا
04

تقييم التّكلس المحتمل في شبكة توزيع المياه الجوفيّة السّاخنة في منطقة وادي ريغ، شمال شرق الصّحراء الجزائريّة

Assessment of potential scale formation in the distribution network of geothermal water from Oued Righ, in Northeastern Algerian Sahara

شايب وردة، سالم كور نورة، بتيش فريدة، بوزيد خديجة، بوشحم نورة
مركز البحث العلمي والتّقني للمناطق الجافّة –بسكرة–

Doi 10.5281/zenodo.7990946

تاريخ الوصول: 23 جانفي 2023 تاريخ القبول: 12 مارس 2023

الملخّص (Abstract):

تتميّز منطقة وادي ريغ بمناخ حارّ وجافّ، يتميّز بجفاف شديد مع رطوبة منخفضة وتبخّر مرتفع للغايّة خلال أغلب أشهر السّنة. تؤثّر هذه الخصائص المناخيّة القاسيّة على هيدروغرافيا منطقة الدّراسة من حيث ندرة المياه السّطحيّة. تعتبر مستويات المياه الجوفيّة الموجودة في طبقات صخور الحجر الرّملي المسمى continental intercalaire "القاري المتداخل" أهم طبقة مياه جوفيّة في منطقة وادي ريغ، وتتكون صخورها في الأساس من طبقات من الحجر الرّملي وطبقات سميكة من الطّين مما يجعلها طبقة مياه جوفيّة كتيمة . يوجد هذا الخزان في تكوينات الدّور الطّباشيري السّفلي (عصر ألبيان وعصر الباريميان).

درجة حرارة مياه الآبار المعروفة بالألبيان مرتفعة تصل حوالي 55 درجة مئويّة عند الإستخراج بسبب عمق خزان المياه الجوفيّة، درجة الحرارة هذه تزيد من سرعة التّفاعلات الكيميائيّة؛ خاصّة تكون الكلس وهو ما يُظهره مؤشّر (Langelier و Ryznar).

تظهر تحاليل عيّنات المياه تركيزات عاليّة من الأيونات السّالبة الرّئيسيّة مثل SO_4^{-2} و Cl^- و الأيونات الموجبة الرّئيسيّة مثل Na^+ و Mg^{2+}. تم استخدام العديد من الطّرق لحساب ظاهرة التّكلس. تتراوح قيم LSI من– 0.14 إلى 0.82 بينما تتراوح قيم RSI من 5.75 إلى 7.32 وقيم(CCPP) تراوحت ما بين –8.4 إلى 42.1. النّتائج بينت إمكانات تشكل الطّبقة الكلسيّة في معظم عينات المياه الجوفيّة الألبيانيّة–الباريميّة في منطقة الدّراسة. علاوة على ذلك، تم تطبيق الطّريقة التي طورها (D' amore وآخرين، 1983) للحصول على معلومات عن الطّبيعيّة الصّخريّة للخزان الذّي يحتوي على المياه الحارّة.

الكلمات المفتاحيّة: المياه الجوفيّة، الالبيانيّة–الباريميّة، درجة الحرارة، مؤشّر التّشبع، مؤشّرالاستقرا، الكلس، وادي ريغ.

Abstract

The Oued Righ area features a hot and dry climate, characterized by extreme dryness with low humidity and very high evaporation during most months of the year. These harsh climatic characteristics affect the hydrography of the study area in terms of surface water scarcity.

The groundwater levels found in the layers of sandstone rocks called continental intercalary are considered the most important aquifer in Oued Righ area, and its rocks consist mainly of layers of sandstone and thick layers of clay, which makes it an impermeable aquifer. This reservoir is found in the Lower Cretaceous (Albian and Barremian) formations. The water temperature of wells known as Albian is high, reaching about 55 degrees Celsius when extracted, due to the depth of the aquifer. This temperature increases the speed of chemical reactions, especially the formation of lime, which is shown by a Langelier and Ryznar index. Analyzes of water samples show high concentrations of major negative ions such as SO4-2 and Cl- and major positive ions such as Na+ and Mg2+.

Several methods have been used to calculate the scale phenomenon. LSI values range from - 0.14 to 0.82 while the RSI values range from 5.75 to 7.32 and the CCPP values ranged from - 8.4 to 42.1.

The results indicated a potential for scale formation in most of the continental intercalary groundwater samples in the study area. Furthermore, the method developed by (D'Amore et al, 1983) was applied for information on the natural lithology of the reservoir containing thermal waters.

Key words: Groundwater, Albian- Barremian, temperature, saturation index, stability index, scale, Oued Righ.

1-المدخل (Introduction): تشكّل طبقة المياه الجوفيّة الموجودة في طبقات صخور الحجر الرّملي المسمّى (continental intercalaire)"القاري المتداخل" والتي تسمّى بشكل عامّ الخزان الجوفي الألبياني المورد الرّئيسي للمياه السّاخنة في جنوب الجزائر. تُستخدم طبقة المياه الجوفيّة الألبيانة منذ قرون خاصّة في المناطق التي تكون فيها مستويات المياه سطحيّة مثل تيديكلات، توات وغورارة في ولايّة أدرار. لكن في المناطق الأخرى التي تكون فيها طبقة المياه الجوفيّة الموجودة في الخزّان المائي المسمّى continental intercalaire "القاري

المتداخل" عميقة ومياهها ساخنة يكون استغلال طبقة المياه الجوفيّة فيها أمرا صعبا إلى حدّ ما (Ouali S.et al, 2010).

في غضون عشر سنوات من استخدام شبكة توزيع المياه الخاصّة بتوصيل المياه الصّالحة للشّرب والرّي الزّراعي، تم تصغير أقطار الأنابيب إلى 50٪ (من 400 إلى 200 ملم). بالنّسبة للاستهلاك السّنوي للمياه فانه قدر بـ 14,2 مليون متر مكعب / سنة ما نتج عنه 2243 طنا من الكلس سنويا بمعدل 61.5 قنطار يوميا (Messaitfa A.,2010).

يتمّ تعريف التّكلس على أنه إنتاج مادة بلوريّة صلبة من محلول سائل (Chevolet H.,1996).

يعتمد تكوين الكلس القلوي CaCo3 و 2 Mg(OH) بشدّة على درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني ومعدّل امتصاص ثاني أكسيد الكربون و كذلك على تركيزات HCO^-_3 و CO^-_3 و Ca^{+2} و أيوناتMg^{+2} –Al) Rawajfeh A.E et al, 2005)

تترسّب كربونات الكالسّيوم بعدة أشكال (Al–Rawajfeh A.E, Al–Shamaileh, 2007):

الأراغونيت (على شكل إبرة) ، الكالسّيت والفاتيريت (على شكل كروي) لها خصائص مختلفة للذّوبان (Al– Rawajfeh A.E, Al–Shamaileh, 2007).

تترسّب كربونات الكالسّيوم $CaCO_3$ تلقائيًا عندما ترتفع درجة الحرارة، ممّا يقلّل من زيادة الأس الهيدروجيني وبالتّالي يتسبّب في تدرج التّركيز

(Al–Rawajfeh A.E et al, 2005).

يشمل تكوين الكلس ثلاث مراحل أساسيّة (Darton E.G., 1997):

1. تبدأ الأيونات في التّجمع كنوى أوليّة تصل إلى 1000 ذرّة مع زيادة تركيز الأيونات؛
2. تنمو النّوى الأوليّة مع زيادة التّركيز وتبدأ الأيونات في ترتيب نفسها في شكل منتظم؛
3. أخيرًا، تتشكّل البلّورات من النّوى. بمجرّد تشكيلها، تستمرّ البلّورات في النّمو إلى أجل غير مسمّى طالما تم تجاوز حدّ قابليّة الذّوبان في الملح.

يُستخدم مؤشّر التّشبّع LANGELIER (LSI) ومؤشّر استقرار RYZNAR (RSI) بشكل شائع كمؤشّرات لإمكانيّة تشكيل الكلس عن طريق المياه.

إمكانات ترسيب كربونات الكالسّيوم (CCPP)

(Rossum J.R., Merrill D.T., 1983) هو معامل يتنبّأ بالترسّب أو إذابة CaCO3 بالإضافة إلى كميته أيضاً.

تهدف هذه الدّراسة الى تحديد امكانيّة حدوث ظاهرة التّكلس في شبكة توزيع المياه النّاتجة عن استعمال المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة السّاخنة في وادي ريغ.

علاوة على ذلك، تم تطبيق الطّريقة التي طورها (D'Amore F.et al 1983) لمعرفة الطّبيعة الصّخريّة للخزان الذّي يحتوي على المياه الحارّة.

تستند هذه الطّريقة على استخدام علاقات وتركيزات العناصر الرّئيسيّة ومجموع الأيونات السّالبة والموجبة المعبّر عنها بالميللي مكافئ/ لتر. ومن ثم فإن ستة معايير (A، B، C، D، E، F) بدون وحدة، يتم تحديدها وتوحيدها بين −100 و +100 التي تتيح قيمها إنشاء رسوم بيانيّة ومقارنتها بالرّسوم البيانيّة المرجعيّة (α β γ و δ).

وصف موقع الدّراسة

1. جغرافيّة وادي ريغ: تقع منطقة الدّراسة في الجزء الجنوبي الشّرقي من الجزائر تقريبا بين خطوط الطّول°5 '30 −° 6 '20 E وخطوط العرض °32 '54 − °34 '9 N.

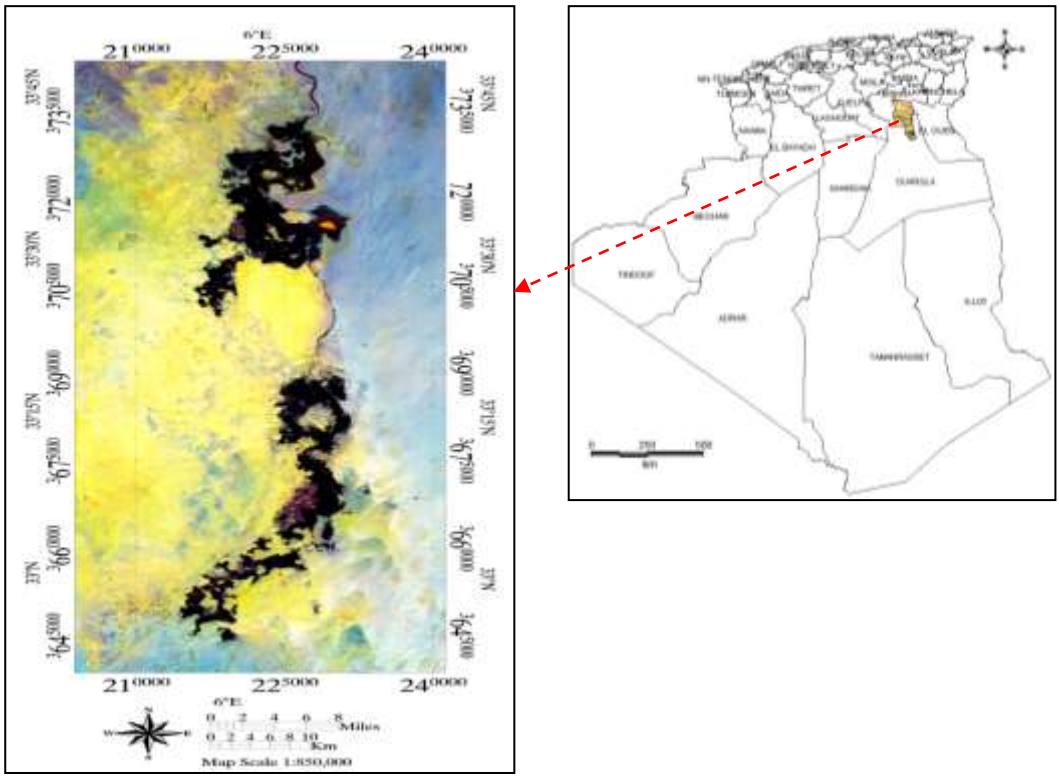
أمّا جغرافيا فيحد إقليم وادي ريغ شمالا شط ملغيغ وجنوبا ورقلة وأما شرقا فيحده العرق الشّرقي الكبير وغربا منحدر حصوي وهضبة وادي ميزا. يبتدئ الإقليم من منطقة عين الصّفراء قرب بلدة أم الطّيور شمالا وينتهي ببلدة القوق جنوبا (Nesson C., 1965) يبلغ طول الإقليم حوالي 160 كلم أما عرضه فيتراوح بين 40 إلى 30كلم (Gouskov N.، 1952) (الشّكل 1).

يسود منطقة وادي ريغ مناخ صحراويّ وهو مناخ قاري جاف بارد في الشّتاء و حار صيفا خاصّة عندما تهب رياح السّموم (الشّهيلي) و قد يبلغ متوسط الحرارة °32 و°42 ليلا بالإضافة إلى الزّوابع الرّمليّة التي تهب على الإقليم في الرّبيع و الخريف (قادري عبد الحميد، 2014).

اتسم وادي ريغ من النّاحيّة التّضاريسيّة بالبساطة والاستواء حيث يوجد انحدار خفيف من جنوب قريّة القوق حتى منطقة الشّطوط بالقرب من المغير شمالا في منطقة شط مروان التي تنخفض عن سطح البحر ب 44 م (قادري عبد الحميد، 2014) .

وقد تميّزت المنطقة بـ :

الشّطوط تتمثّل في البحيرات عديمة التّصريف التي تنتشر في المناطق الجافّة و شبه الجافّة تقوم على مياه الأمطار القليلة مثل بحيرة مرجاجة (قادري عبد الحميد، 2014) .



الشّكل1: خريطة جغرافيّة لمنطقة وادي ريغ

2-الموادّ والطّرائق (Materials and Methods):

تمّ الحصول على عشرين عيّنة من المناقب المائيّة الحارّة في منطقة وادي ريغ وتم تحليلها في مخبر التّحاليل لمركز البحث العلمي والتّقني للمناطق الجافّة ببسكرة. نتائج التّحاليل موجزة في الجدول 1.

الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا

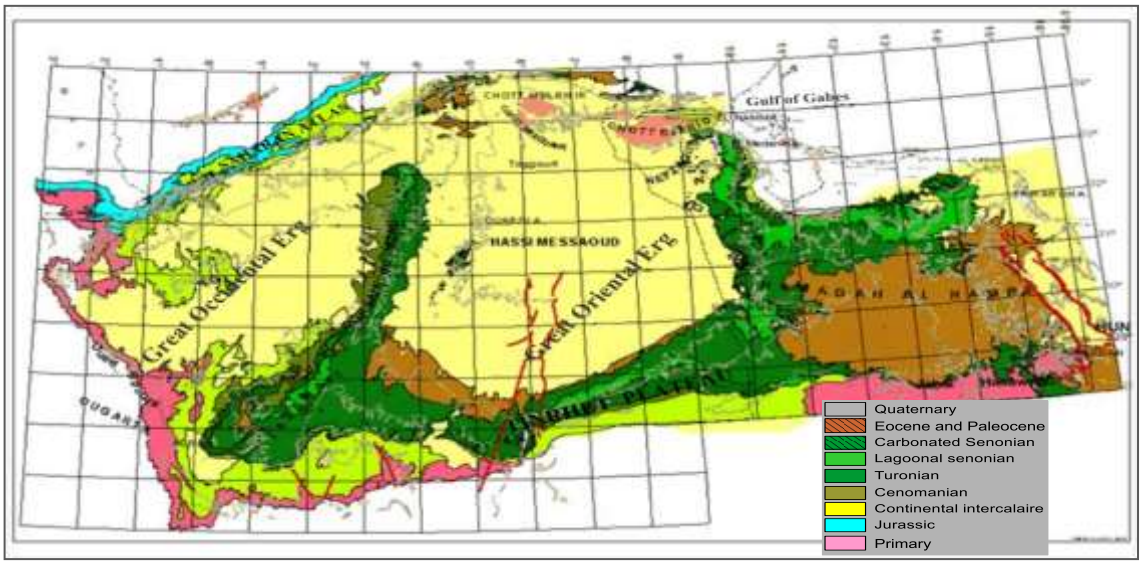
معظم المواقع المدروسة تقع في مستوى المياه الجوفيّة الموجودة في طبقات الحجر الرّملي والمعروفة باسم التّوضعات القاريّة المتداخلة العميقة الموجودة في التّكوينات الطّباشيريّة السّفليّة (الالبيان- الباريميان).

تعدّ المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة في شمال أفريقيا واحدة من أكبر طبقات المياه الجوفيّة في العالم، ويمكن مقارنتها من حيث الحجم بالحوض الارتوازي الكبير في أستراليا وتغطّي حوالي 600000 كيلومتر مربع من الأراضي الجزائريّة والتّونسيّة فقط بسمك خزّان يتراوح بين 120 و 1000 متر (Castany G., 1982).

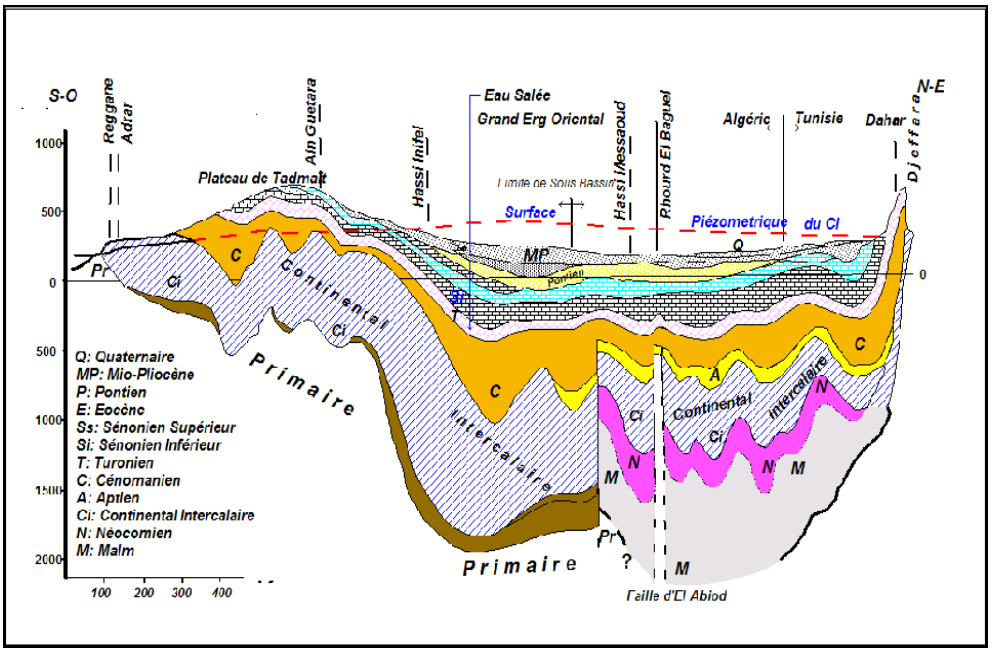
طبقة المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة (CI) موجودة في التّكوينات الطّباشيريّة السّفليّة (الألبيان والبارميان). وهي تقع ضمن تسلسل معقّد من الرّواسب الفتاتيّة من العصر الوسيط، والتي يُظهر سمكها وصخورها تباينًا جانبيًا مهمًا (UNESCO، 1972).

طبقة المياه الجوفيّة متّصلة من الشّمال إلى الجنوب من الأطلس الصّحراوي إلى جبال الهقار (الجزائر) ومن الغرب إلى الشّرق من غرب الجزائر إلى الصّحراء الليبيّة عبر جنوب تونس (Edmunds W.et al , 2003).

المناطق الرّئيسيّة للتغذيّة الحاليّة أو السّابقة لطبقة المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة العميقة تقع جنوب جبال الأطلس وهضبة تينهرت في الجزائر، وجبال الظهرة في تونس (الشّكل 2). إن المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة العميقة بشكل أساسي و عمليّة تفريغها تكون في شطوط تونس وخليج قابس (البحر الأبيض المتوسط) (Cornet A., 1964)



الشّكل 2: خريطة جيولوجيّة الشّمال الشّرقي للصحراء الجزائريّة (Observatoire du sahara et du sahel (OSS), 2003)



الشّكل 3 : مقطع هيدروجيولوجي للشمال الشّرقي للصحراء الجزائريّة (UNESCO، 1972)

2.2. **طرق تحليليّة:** تم جمع عشرين عينة من المياه الجوفيّة الحارّة من الآبار العميقة في وادي ريغ حيث والأس الهيدروجيني ميدانيا بواسطة جهاز متعدد (.Cond) والنّاقليّة الكهربائيّة (T) تم قياس درجة الحرارة HCO_3، Cl^-، Mg^-، Ca^{2+}المعايير. تم تحليل عينات المياه للمكونات الكيميائيّة الذّائبة الرّئيسيّة والثانويّة: $^{2+}$ باستخدام K و Na^+ تم تحديدها باستخدام طرق القياس الطّيفي. تم تحليل SO_4^+تم تحديدها بطرق المعايرة، $^{2-}$ المقياس الضوئي للهب.

تم تحديد مؤشّر تشبع لانجيلييه من خلال العلاقة التّاليّة:

$$LSI = pH - pHs$$

حيث أن الأس الهيدروجيني يمثل قيمة الأس الهيدروجيني الفعليّة وPHs يمثل قيمة الأس الهيدروجيني لتشبع كربونات الكالسّيوم المعطى بواسطة العلاقة التّاليّة:

$$pH_S = pK_2 - pK_{Sp} + pTA + p[Ca^{+2}]$$

حيث أن pK2 هو ثابت التّفكك الثاني لحمض الكربونيك، و pKSp هو منتج قابليّة الذّوبان لكربونات الكالسّيوم، و TA هو القلويّة الكليّة، و $[Ca^{+2}]$ هو تركيز أيونات الكالسّيوم. تعيّن الدّالة p− اللوغاريتم السّالب لهذا المتغير.

إذا كان الماء له قيمة LSI سالبة (pH < pHS)، فإنه يكون غير مشبع فيما يتعلق بكربونات الكالسّيوم ويحتمل أن يكون مسببا للتآكل. على العكس من ذلك، بالنّسبة للمياه ذات LSI الإيجابي (pH > pHS)، فإن الماء مشبع للغايّة بـ CaCO3 والماء لديه القدرة على تكوين الكلس. الماء المشبع لديه LSI صفر (pH = pHS).

في حين أن مؤشّر تشبع (Langelier، 1936) (LSI) Langelier هو مؤشّر نوعي يشير فقط إلى ما إذا كان المحلول أقل تشبعًا أو مفرط التّشبع بـ CaCO3.

لذلك، اقترح (Ryznar) فهرسًا يحاول تحديد حجم العلاقة بين حالة تشبع كربونات الكالسّيوم (CaCO3) وتشكيل الكلس. يتم تعريف مؤشّر استقرار (Ryznar)على أنه:

$$\mathbf{RSI = 2pH_S - pH}$$

تحدد إمكانات ترسيب كربونات الكالسّيوم (ccpp) كميّة كربونات الكالسّيوم التي قد تتحلل (D.T. Merrill و J.R. Rossum ، 1983).

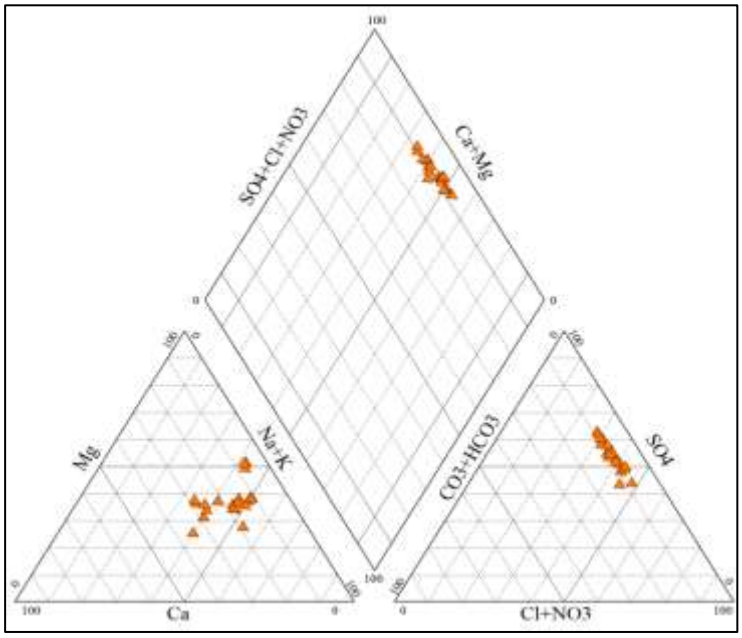
3-النّتائج والمناقشة (Discussion and results):

الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة

تم سرد نتائج التّحليلات الكيميائيّة للمياه الجوفيّة الحارّة لمنطقة الدّراسة في الجدول 1. تراوح الأس الهيدروجيني للعينات من 6.84 إلى 7.59 ونطاق النّاقليّة الكهربائيّة تراوح ما بين 2140 و 3070 ميكروسيمونس / سم وتتميز العينات التي تم جمعها من طبقة المياه الجوفيّة القاريّة بدرجات حرارة تتراوح بين 49.3 و 60.3 درجة مئويّة. يتراوح إجمالي قيم المواد الصّلبة المذابة (TDS) في طبقة المياه الجوفيّة Cl من 1.12 إلى 1.9 غرام/لتر.

الأيونات الموجبة السّائدة هي الصّوديوم والمغنيزيوم وتتراوح على التّوالي من 180.58 إلى 413.59 ملغ/لتر ومن 98.88 إلى 149.76 ملغ/لتر. الأيونات السّالبة السّائدة هي الكبريتات (605.56 – 1077.78 ملغ/لتر) والكلوريد (305.30 – 717.10 ملغ/لتر) الجدول1. يوضح الرّسم التّخطيطي الثلاثي بايبر (الشّكل 4) أن جميع المياه السّاخنة الجوفيّة تتميز بهيمنة

SO_4^{-2} و Cl^- على HCO_3^-، Na^+ و K^+ على Mg^{+2} و Ca^{+2} ناتجة عن الاختلاط بالماء البارد والتّفاعل بين المياه والصّخور.



شكل 4: توزيع المياه الحارّة من منطقة الدّراسة في مخطط بيبر(piper).

تقييم ظاهرة التّكلس

وفقًا لقيم LSI و RSI و CCPP، تم عرض تكوين الكلس وإمكانيّة التّآكل لعينات المياه الجوفيّة الحارّة في الجدول 2. قيم LSI الموجبة تتراوح ما بين (0.10 إلى 0.87) (إمكانيّة وجود كلس طفيف) وثلاثة مناقب مائيّة فقط لديها إمكانيّة وجود تآكل (– 0.10 إلى – 0.14). تراوحت قيم مؤشّر RSI من (5.67 إلى 5.97) (تكلس خفيف)، (6.06 إلى 6.76) (تكلس قليل أو تآكل) و (7.19 إلى 7.32) (تآكل كبير).

تراوحت قيم CCPP من (6.1 إلى 42.1) (كلس وقائي) و (– 8.4 إلى – 4.9) (تآكل خفيف).

الجدول 1: التّركيب الكيميائي للمياه الجوفيّة الحارّة في وادي ريغ

Parameter	T (°C)	pH	*EC* (µS · cm^{-1})	*TDS (g/l)*	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	CO_3^{-}
					(mg/l)							
Max.	60,3	7,59	3070	1,9	230,4	149,76	413,59	42,38	717,1	1077,78	219,6	4,8
Min.	49,3	6,84	2140	1,12	30,4	98,88	180,58	30,73	305,3	605,56	165,92	0
Mean	54,3	7,12	2507	1,37	105,52	124,032	261,65	39,36	478,895	922,777	194,84	0,36

جميع التّركيزات ملغم / لتر؛ النّاقليّة الكهربائيّة (ميكروسيمونس/ سم) ؛ مجموع المواد الصّلبة الذّائبة (غرام / لتر).

الجدول 2: LSI و RSI و CCPP لعينات المياه

Well	pH	pHs	LSI(*)	RSI (**)	CCPP (***) (mg/l)	Obs.
Sidi Mahdi 2	7.33	6.69	0.64	6.06	31.6	
Sidi Mahdi 3	7.06	6.71	0.35	6.37	21.4	
Ain Sahra 2	6.85	6.71	0.14	6.57	10	
Ain Sahra	6.99	6.86	0.13	6.74	7.9	
Megarine	7.56	6.74	0.82	5.91	30.5	
Temacine	7.59	7.02	0.57	6.46	17.7	
Bledet Omor	7.09	6.92	0.17	6.76	9.1	
CI1ST22 Sidi Slimane	7.17	6.61	0.56	6.05	33.2	
CI1ST10 Sidi Mahdi	7.02	6.56	0.46	6.10	31.4	**scale-forming water**
CI2SM3Tarfayat salah	7	6.37	0.63	5.75	42.1	
CI3SM3Dendouga	6.84	6.46	0.38	6.09	27.1	
CI1SM5 Seballa2	7.09	6.53	0.56	5.97	31.2	
CI2SM4Ain Abane	7.02	6.63	0.39	6.24	22.3	
CI1SM4Ain Khadra	7.41	6.54	0.87	5.67	37.1	
CI1SM1Sidi Khelil	6.99	6.45	0.54	5.90	40.4	
SD14Tindela	6.93	6.83	0.10	6.74	6.1	
SD10Mazer	7.4	6.96	0.44	6.52	18.2	
SD1Ain Choucha	7.03	7.17	- 0.14	7.32	-8.4 dissolvable	
SD5Sidi Amrane	6.96	7.19	- 0.23	7.42	-13.4 dissolvable	**Aggressive water**
SD7 Tigdidine	7.07	7.17	- 0.10	7.27	-4.9 dissolvable	

(*) LSI = pH–pHs, where $pH_S = pK_2 - pK_{Sp} + pTA + p[Ca^{+2}]$

(**) RSI = 2 pHS – pH.

(***) إمكانيّة ترسيب كربونات الكالسّيوم ، مصمم باستخدام رمز الكمبيوتر++ C .

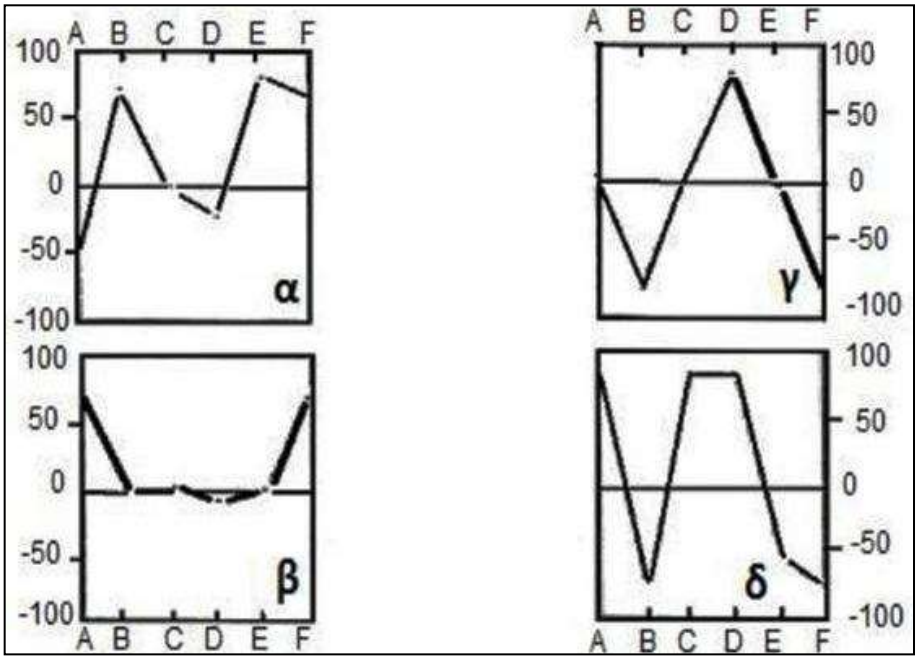
منشأ المياه الجوفيّة الحارّة في منطقة وادي ريغ: يمكن لتطبيق طريقة الرّسم البياني I.I.R.G. (المعهد الدّولي لبحوث الحرارة الأرضيّة) (الشّكل 5) أن يعطي فكرة على الطّبيعة الصّخريّة لخزان المياه الجوفيّة (D' amore وآخرين، 1983). تم تطبيق هذه الطّريقة على طبقة المياه الجوفيّة القاريّة المتداخلة لمنطقة وادي ريغ (الشّكل 6).

في هذه الدّراسة، تقريبًا جميع العينات تتوافق مع تكوين مستطيل وسيط بين المعيار α الذّي يشير لدوران الماء من خلال متواليات التّبخر والمعيار γ الذّي يشير إلى دوران عميق من خلال قبو بلوري.

ينحصر خزان المياه الجوفيّة هذا في الطّبقة الطّباشيريّة السّفليّة (الألبيان والباريميان) المكونة من الطّين الرّملي والحجر الرّملي.

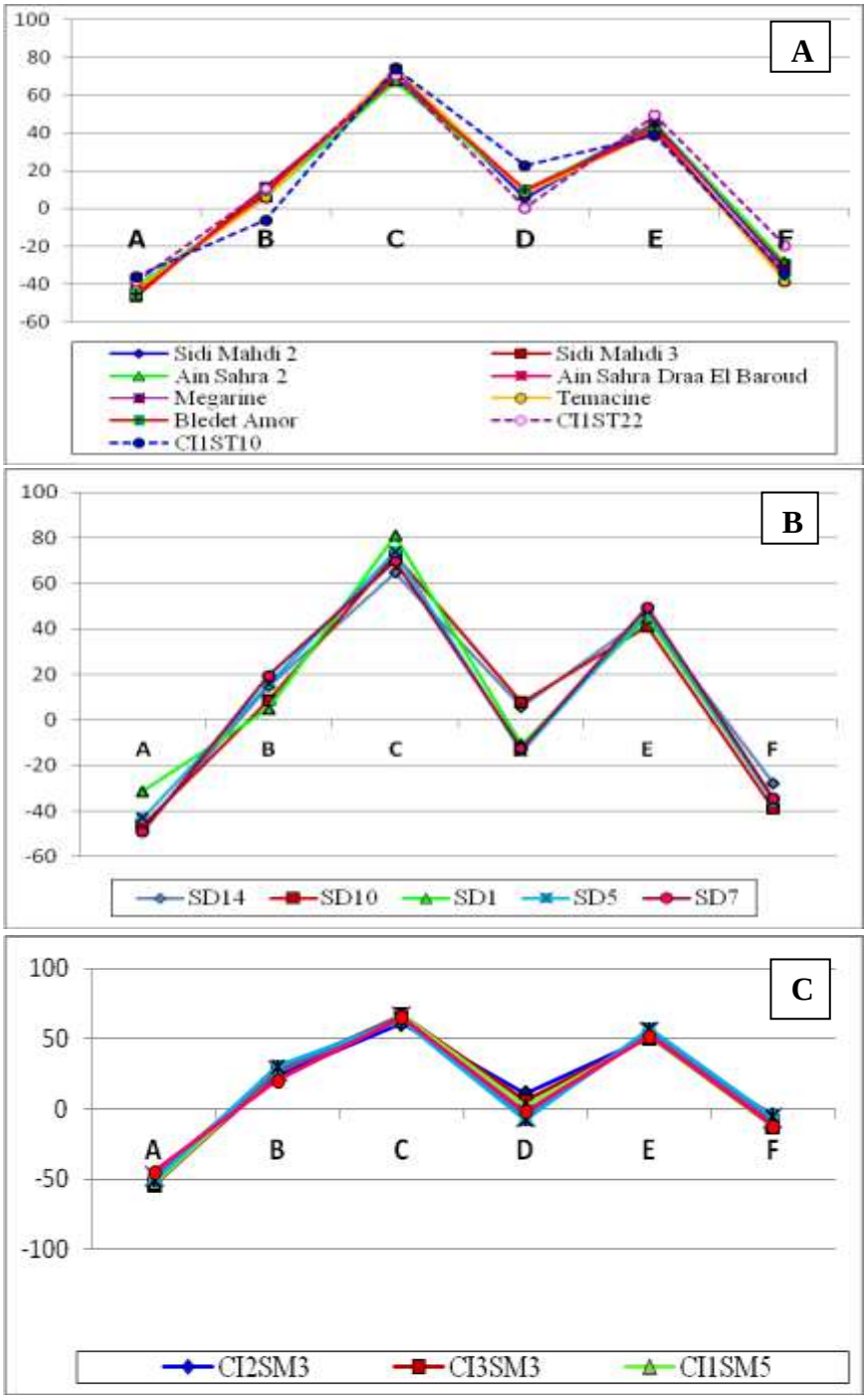
تصنف غالبيّة مياه مستوى الجوفيّة القاريّة المتداخلة (Cl) على أنها مياه كبريتات الصّوديوم (Na–SO4) ، قد ينتج هذا النّوع من المياه عن انحلال المعادن البخاريّة الموجودة في الرّواسب.

تتكون صخور المكمن أساسًا من الحجر الرّملي مع الجبس، وتعتبر تداخلات الأنهيدريت والمعادن هي المصدر المحتمل لثاني أكسيد الكبريت (Kamel S., 2012).



الشّكل 5: مخطط مرجعي للمعهد الدّولي لبحوث الطّاقة الحراريّة الأرضيّة –

α: التّسلسل التّبخيري. β: التّداول في الحجر الجيري. γ: دوران عميق من خلال قبو بلوري ؛ δ: تشكيل طيني.



الشّكل 6: مخطط IIRG المطبق على المياه الحارّة لوادي ريغ (A: تقرت، B: جامعة، C: المغير)

4-الخلاصة (Conclusion):

تتميز منطقة الدّراسة (وادي ريغ) بالمياه الأحفوريّة القاريّة الألبيانيّة الموجودة في التّشكيلات الطّباشيريّة السّفليّة (الألبيان والبرميان) المكونة من الرّمال الطّينيّة والحجر الرّملي.

تم تحليل مياه عشرين بئرًا للمياه الجوفيّة الحارّة لمعرفة إمكانيّة تكون الكلس والتّآكل.

تتميز العينات التي تم جمعها من مستوى المياه الجوفيّة المدروسة بدرجات حرارة تتراوح من 49.3 إلى 60.3 درجة مئويّة، ويتراوح إجمالي قيم المواد الصّلبة المذابة (TDS) ما بين 1.12 و1.9 غرام/لتر.

الأيونات الموجبة السّائدة هي الصّوديوم والمغنيزيوم وتتراوح على التّوالي من 180.58 إلى 413.59 ملغ/لتر ومن 98.88 إلى 149.76 ملغ/لتر. الأيونات السّالبة السّائدة هي الكبريتات (605.56 – 1077.78 ملغ/لتر) والكلوريد (305.30 – 717.10 ملغ/لتر).

تصنف غالبيّة مياه Cl على أنها Na–SO4 ؛ قد ينتج هذا النّوع من المياه عن انحلال المعادن المتبخرة الموجودة في الرّواسب.

يؤكد مؤشّر التّشبع LANGELIER (LSI) ومؤشّر استقرار RYZNAR (RSI) وقيم إمكانات ترسيب كربونات الكالسّيوم (CCPP) على وجود تكلسًا طفيفًا وثلاثة آبار لديها إمكانيّة ضئيلة للتآكل.

المياه الطّبيعيّة خاصّة في جنوب الجزائر مشبعة بشكل كبير ولديها صلابة عاليّة للغايّة، فهي تظهر ترسّبا كبيرًا من كربونات الكالسّيوم التي تعزز إمكانيّة توسيع الأنابيب وتتطلب معالجات محددة واستبدالًا دوريًا ونفقات إضافيّة.

5-المراجع (References):

Al-Rawajfeh A.E, Al-Shamaileh. (2007). Assessment of tap water resources quality and its potential of scale formation and corrosivity in tafila province, South Jordan. *Desalination, 206*, 322-332.

Al-Rawajfeh A.E, Glade H., Ulrich J. (2005). scaling in multiple effect distillers: the role of CO2 release. *desalination, 182*, 209-219.

Al-Rawajfeh, A. (2005). scaling in multiple-effect distillers: the role of CO2 release. *Desalination, 182*, 209-219.

Castany G. (1982). Basin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie -Tunisi)-Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal. *Bulletin Bureau Recherches Géologiques Minières (BRGM)*(2-3), 127-147.

Chevolet H. (1996). *processus unitaires de traitement de l'eau potable. Adoucissement et minéralization.* Paris: CEBEDOC.

Cornet A. (1964). Introduction à l'hydrogéologie saharienne (Introduction to saharan hydrogeology). *Géogr Phys Géol Dyn, 61*, 5-72.

D'Amore F., Scandifio G., Panichi C. (1983). Some observations on the chemical classification of groundwaters. *Geothermics, 12*, 141-148.

Darton E.G. (1997). Scale inhibition techniques used in membrane systems. *Desalination, 113*, 227-229.

Edmunds W., Guendouz A., Mamou A., Moulla A., Shand P., Zouari K. (2003). Groundwater evolution in the continental intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: trace element isotopic indicators. *Appl Geochem, 18*, 805-822.

Gouskov N. (1952). *La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie.* Paris.

Kamel S. (2012). Application of selected geothermometers to continental intercalaire thermal water in Southern tunisia. *Geothermics, 41*, 63-73.

Langelier W.F. (1936). The analytical control of anticorrosion water treatment. *J.AWWA, 28*, 1500-1521.

Messaitfa A. (2010). Les eaux géothermales du Sahara Algérien: un atout de développement , quel avenir? . *séminaire national sur l'eau dans l'agriculture saharienne (SNEAS).* El Oued.

Nesson C. (1965). *structure Agraire et évolution sociale dans les Oasis de l'Oued Righ.* Alger: institut de recherches Sahariennes.

Observatoire du sahara et du sahel (OSS). (2003). *Système aquifère du sahara septentrional, gestion commune d'un basin transfrontière.* Rapport de synthèse.

Ouali S., khellaf A., baddari K. (2010). Exploitation of Albian geothermal water in South Algeria. *International symposium on environment friendly energies in electrical applications.* Ghardaia, Algeria.

Rossum J.R., Merrill D.T. (1983). An evaluation of the calcium carbonate saturation indexes. *J.AWWA, 75*, 95-100.

Ryznar J.W. (1944). A new index for determining the amount of calcium carbonate scale formed by water. *J.Amer.Water.Works Ass., 36*, 472-486.

UNESCO. (1972). Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional.

قادري عبد الحميد. (2014). *وادي ريغ تاريخ و أمجاد جزائريّة*. الجزائر: دار الأوطان.