

## Formation Properties of the Chemical Composition of Groundwater in the Plain Section of the Qandil Valley Basin – Lattakia

Dr. Ahmad Mohammad\*

Dr. Kinan Jamal Raii\*\*

Sundus Salloum\*\*\*

(Received 4 / 11 / 2022. Accepted 8 / 12 /2022)

### □ ABSTRACT □

This research is concerned with a hydrogeochemical study of water from a selected group of wells in the Qandil Valley area. The study aims to determine the origin of this water for the optimal future planning of the uses of water resources in the area.

During three distinct periods of the year 2020-2021, several samples were collected from nine different water wells that were chosen carefully to cover the whole area. Later on, the different samples were tested and chemical analyses were conducted for each one of them. After examining these results, it was found that the water samples are of atmospheric (continental) origin, in addition to the presence of some salts in it, the proportion of these salts have been then calculated which after has confirmed the main role of the infiltrative cycle in the formation of the chemical composition of groundwater in the area, the hydrogeochemical types prevailing in the subterranean slope of the area were also determined, and it was found that the types were magnesian and sometimes calcareous, and the marine influence on the origin of the chemical composition of this water was very small, and this could be evident in some areas near the sea, especially in the periods of excessive extraction of groundwater. Eventually, the groundwater of the research area could be characterized as bicarbonate-magnesium, and sometimes as calcareous, according to the "Piper" and "stiff" diagram.

**Keywords:** Origin of Groundwater, Piper Diagram, Stiff Diagram, Qandil Valley.

---

\* Professor- Department of Geology- Faculty of Science-Tishreen University- Latakia- Syria.

\*\* Assistant Professor- Department of Geology- Faculty of Science-Tishreen University- Latakia- Syria.

\*\*\* Postgraduate Student- Department of Geology- Faculty of Science-Tishreen University- Latakia- Syria.

## خصائص تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في القسم السهلي من حوض وادي قنديل – اللاذقية

د. أحمد محمد\*

د. كنان جمال راعي\*\*

سندس سلوم\*\*\*

(تاريخ الإيداع 4 / 11 / 2022. قُبل للنشر في 8 / 12 / 2022)

### □ ملخص □

يتناول هذا البحث دراسة هيدروجيوكيميائية لمياه بعض الآبار المُختارة في منطقة وادي قنديل، بهدف تحديد منشأ هذه المياه من أجل التخطيط المستقبلي الأمثل لاستعمالات الموارد المائية في المنطقة. تمّ جمع 9 عينات مائية من آبار المنطقة، خلال ثلاث فترات مميزة من العام 2020-2021، وإجراء بعض التحاليل الكيميائية لها، وتبيّن بعد تقييم نتائج التحاليل أنّ المياه ذات منشأ جوي (قاري)، إضافةً إلى وجود عدد من الأملاح فيها، وأكّدت الدور الرئيس للدورة الرشحية في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في المنطقة، كما جرى تحديد السحنات الهيدروجيوكيميائية في المياه الجوفية للمنطقة، وتبيّن أنّ السحنة السائدة هيديروكربوناتية مغنيزية وأحياناً كلسية، وأظهرت النسب الجيوكيميائية أيضاً أنّ المياه الجوفية في المنطقة هي مياه عذبة تعكس النسب الطبيعية للدورة الهيدروجيوكيميائية، وأنّ التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي لتلك المياه قليل جداً، ويمكن أن يتجلى ذلك في بعض المناطق القريبة من البحر وخاصةً في فترات الاستمرار الزائد للمياه الجوفية، وصُنّفت المياه الجوفية في منطقة البحث بيكربوناتية – مغنيزية وأحياناً كلسية وفقاً لمخططي "Piper" و "Stiff".

**الكلمات المفتاحية:** منشأ المياه الجوفية، مخطط "باير"، مخطط "ستيف"، وادي قنديل.

\* أستاذ - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* مدرس - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالبة ماجستير - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## مقدمة:

تُعدّ الدراسات الهيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية القاعدة الأساس لتفسير خصائصها، فهي تقدم المعلومات الضرورية لفهم ومعرفة منشأ المياه الجوفية ونوعها، بالإضافة لتفسير الظروف الطبيعية والهيدروجيولوجية لتشكل التركيب الكيميائي لتلك المياه. فالتركيب الكيميائي للمياه الجوفية يتشكل تحت تأثير العديد من العوامل الطبيعية والاصطناعية وعبر عمليات متعددة من أهمها التحولات الفيزيا - كيميائية في المحلول المائي، التأثيرات المتبادلة بين المياه والصخور والعمليات الميكروبيولوجية، وهذا يرتبط بالدورة المنشئية لهذه المياه، حيث نميز بين دورتين أساسيتين للمياه الجوفية هما: الدورة القارية (الرشحية) والدورة البحرية (الترسيبية) [1].

إنّ التركيب الكيميائي المعقد للمياه الجوفية، لا يعود إلى وجود عدد كبير من العناصر الكيميائية فيها فقط، وإنما إلى اختلاف تراكيز هذه العناصر التي تتغير حسب اختلاف أنماط المياه الجوفية، وأيضاً إلى تنوع الأشكال المنحلة لكل هذه العناصر، وكذلك حركة المياه الجوفية التي تؤدي إلى مزج مختلف أنماط المياه الجوفية المختلفة المنشأ [2, 3, 4]. تُعدّ القانونية الهيدروجيوكيميائية أساساً لمناقشة مصادر المادة في المياه وعوامل وعمليات تشكلها، حيث يتم وقبل أي شيء توضيح عوامل تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وذلك من خلال وضع سلسلة من الخرائط والمخططات الهيدروجيوكيميائية، واستخدام الطرائق الرياضية والإحصائية على نطاق واسع.

جرت حول ذلك العديد من الدراسات والبحوث العلمية التي تناولت أهمية معرفة منشأ المياه الجوفية، جرت في البعض منها دراسات هيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية وأعطت معلومات حول اتجاهات حركة المياه وتأثيراتها على خصائصها الهيدروجيوكيميائية، وبعضها الآخر تمّ فيه إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه واستخدام مخططي "Piper" و "Stiff" بهدف تحديد طبيعة المياه حسب الشاردة المسيطرة، إضافةً إلى أبحاث قيّمت جودة المياه للشرب والري [5, 6]. أيضاً نُفّدت دراسات محلية هيدروجيولوجية وهيدروجيوكيميائية وإحصائية بهدف معرفة نوعية المياه وتقييم صلاحيتها لأغراض الشرب وللأغراض الزراعية إضافةً لفهم الوضع الهيدروجيولوجي السائد ومعرفة المتغيرات الأساسية التي تشير إلى الظروف والعوامل الطبيعية المؤثرة في هذا التركيب [7, 8].

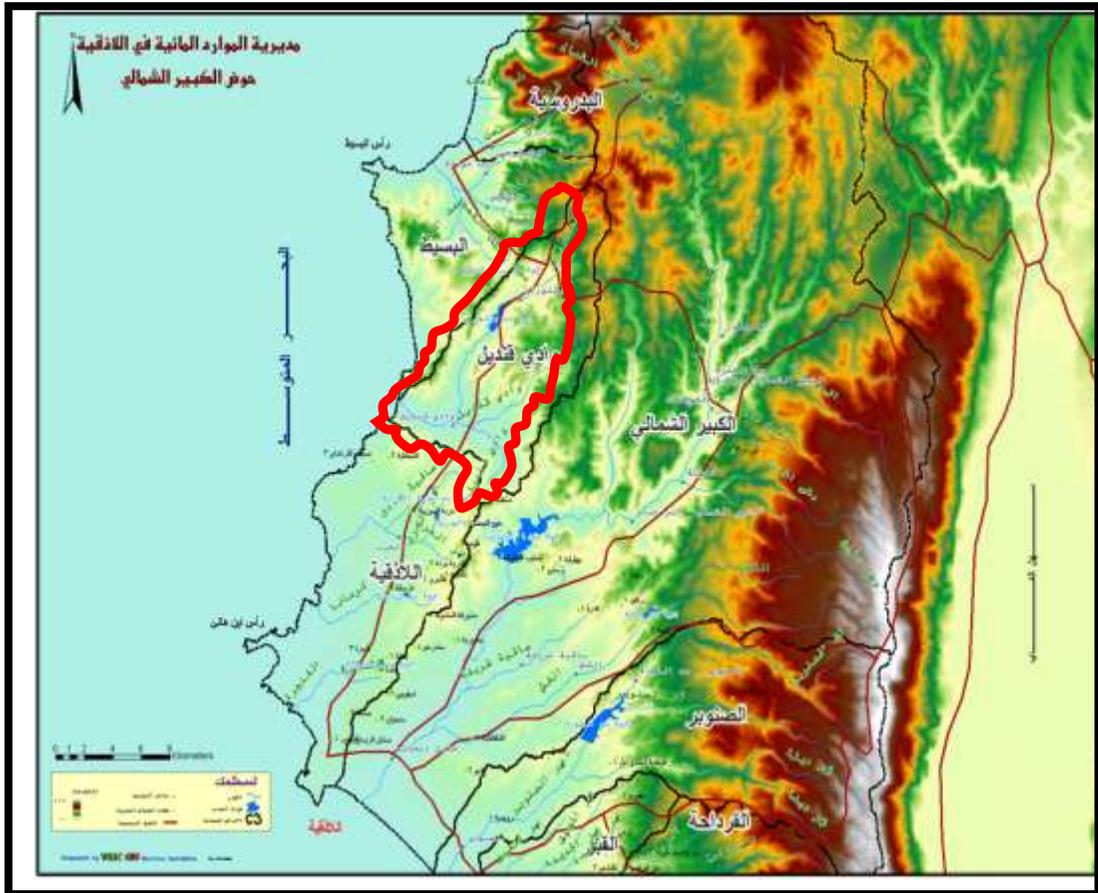
## الموقع والميزات العامة لمنطقة البحث

يقع حوض وادي قنديل في الزاوية الشمالية الغربية من الجمهورية العربية السورية في الجزء الشمالي من حوض الساحل، ممثلاً الحد الجنوبي لجبل البسيط. ويمتد بين خطي طول شرق خط غرينتش "35° 50' 00" و "E: 36° 00' 00" ، وبين خطي عرض "35° 40' 00" و "N: 35° 56' 00" شمال خط الاستواء.

ينبع نهر وادي قنديل من شمال بلدة القنطرة بنحو (3) كم، ليصب في البحر المتوسط بين رأس البسيط شمالاً ورأس ابن هانئ جنوباً، وذلك على بعد (18) كم من مدينة اللاذقية. يحد منطقة البحث من الشمال حوضا البدرسية والبسيط، ومن الشرق حوض نهر الكبير الشمالي الذي يشترك مع حوض اللاذقية في رسم الحدود الجنوبية للحوض، أما غرباً فيحدها البحر المتوسط، (الشكل 1)، يتخذ الحوض محوراً شمالي شرقي - جنوبي غربي، بمساحة تبلغ نحو  $155 \text{ Km}^2$ ، بميل يقدر بـ (0.19)، وطول الحوض (20) Km، بميل يقدر بـ (0.055)، وبلغ مجموع أطوال المجاري المائية في كامل الحوض نحو (675) Km، وأعدادها (2066) مجرى، شكلت نسبة المجاري المائية التي تنتمي للرتبة الأولى منها نحو

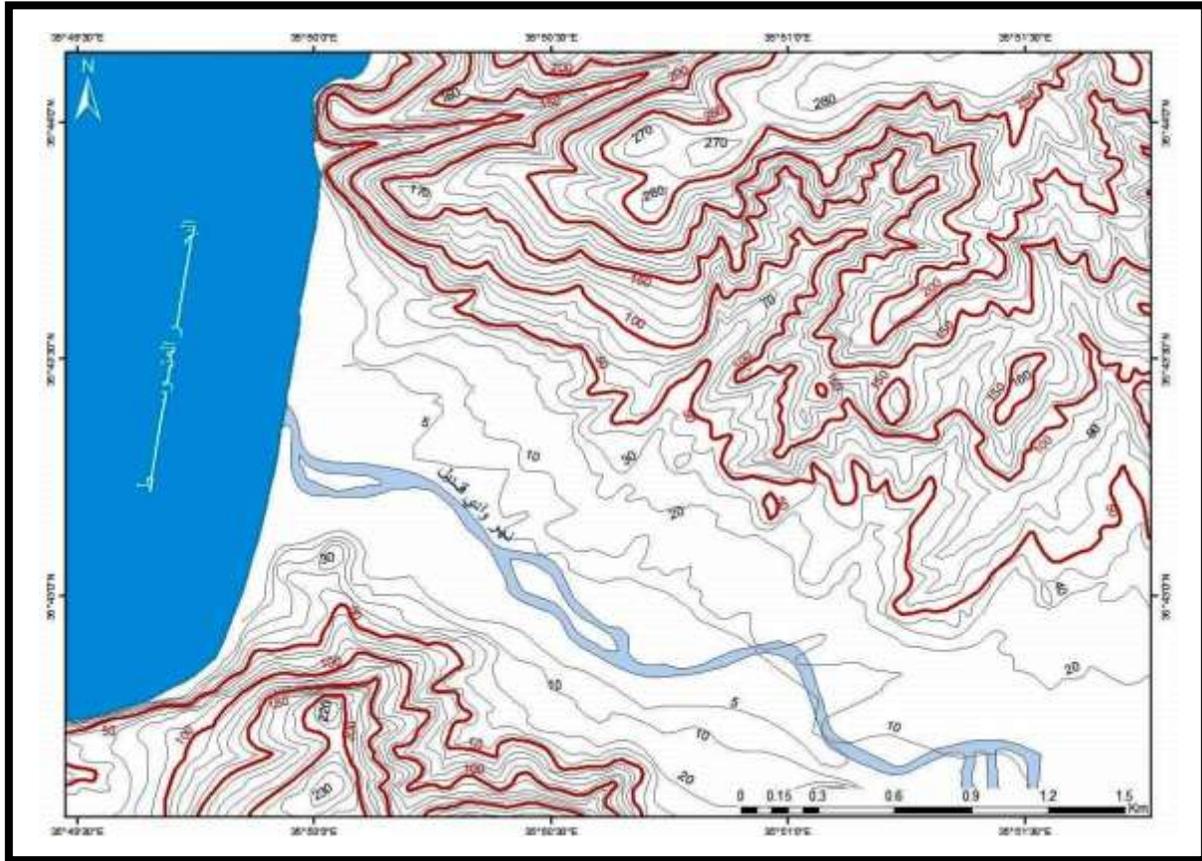
(75%)، وبلغت رتبة المجرى الرئيس الرتبة السابعة، أما كثافة أطوال المجاري المائية وكثافة أعدادها العامة، فبلغتا على التوالي  $5 \text{ Km/Km}^2$ ، و  $15 \text{ Km}^2/\text{مجرى}$ ، بينما في منطقة البحث فقد بلغ مجموع أطوال المجاري المائية (7.2) كم، وكانت الأطوال كالاتي:

ساقية الزيرة (2.8) كم ، وادي الداوق (2) كم ، ووادي زهرة (2.4) كم [9].



الشكل (1) حدود منطقة حوض وادي قنديل

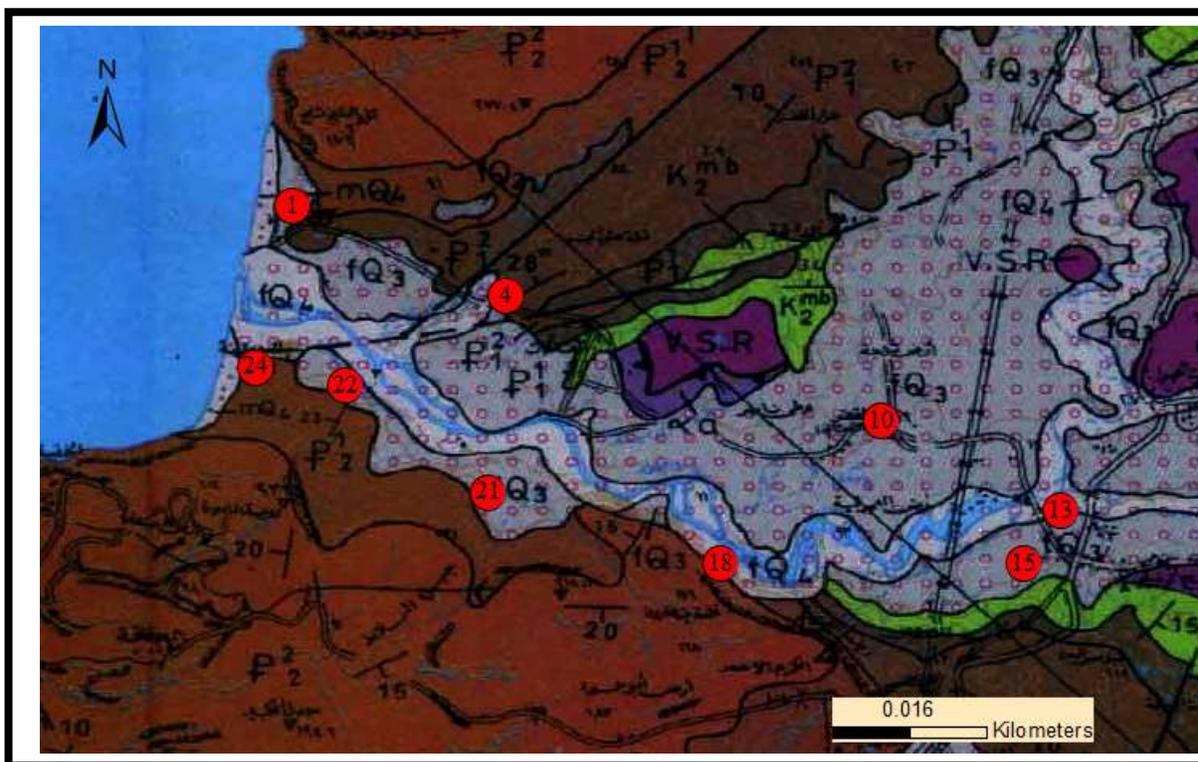
تبيّن من الخريطة الطبوغرافية التي تمّ إعدادها لمنطقة البحث (الجزء السهلي من الحوض) (الشكل 2)، أنّ خطوط تساوي الارتفاعات تأخذ اتجاهين: الأول من جهة الضفة اليمنى حيث تأخذ الخطوط اتجاه غرب - شرق، وغرب - شمال شرق، والثاني من جهة الضفة اليسرى وتأخذ الخطوط هنا اتجاه شرق - جنوب غرب. كما تبين لنا أنّ ارتفاعات المنطقة تتراوح بين (0 - 280) م . وحسب المفاهيم والعلاقات الهيدرولوجية فإنّ المنطقة التي تتميز بارتفاعات مطلقة تصل حتى (300) م تُعدّ مناطق تغذية للمياه الجوفية، بينما المناطق التي لا تتجاوز الـ (30) م فتُعدّ مناطق صرف للمياه الجوفية. وهذا ما ستؤكدّه لاحقاً خريطة مناسيب المياه الجوفية التي قمنا بإعدادها لمنطقة البحث.



الشكل (2) خريطة طبوغرافية لمنطقة البحث

يسود المنطقة مناخ البحر المتوسط (المناخ المتوسطي)، يتميز بفصلين متمايزين: شتاء ماطر ومعتدل إلى بارد، وصيف حار وجاف نسبياً. تتراوح كميات الأمطار السنوية في الحوض بين (547 – 1450) ملم سنوياً خلال فترة الرصد من 2011/ وحتى 2020/ [9, 10]. كما أن المجموع السنوي للتبخر من السطوح المائية في محطة اللاذقية لعام 2021/ بلغ (1312.98) ملم [10].

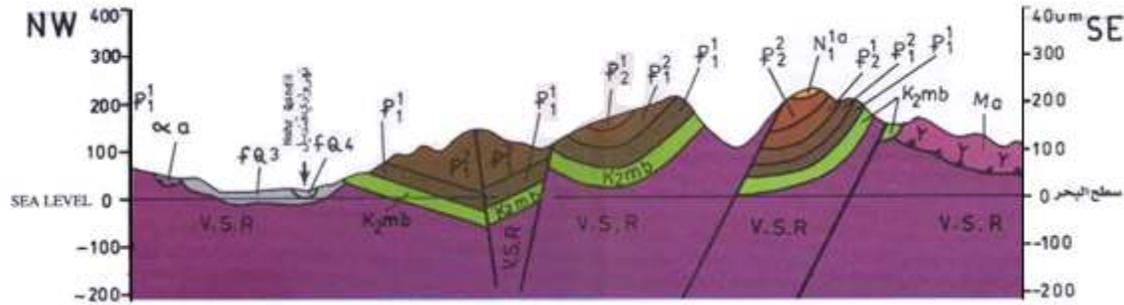
تتصف منطقة البحث ببنية جيولوجية معقدة، تتكشف فيها تشكيلات تعود في أعمارها إلى أزمنة جيولوجية متعددة: الكريتاسي، الباليوجين، النيوجين، والرباعي. وتُفسّر هذه الحالة بالموقع الجغرافي الخاص للمنطقة، بوصفها منطقة انتقالية بين الصفيحة العربية المندسة تحت نطاق الطي الألبني، مشكلة بذلك سلاسل جبال طوروس وزاغروس والأمانوس وتوابعها. تغلب على بنية الحوض في القسم الشمالي الشرقي توضعات الأفيوليت (K2 – T3)، بينما تسود توضعات الباليوجين (حجر كلسي غضاري إلى حواري، حجر كلسي مسيلس، مارل، صوان) والرباعي (حصى، رمال، حجر رملي، حجر كلسي شيلي، غضار، جلاميد، كونغولوميرا، لوم رملي) في القسم السهلي من الحوض (منطقة البحث)، (الشكل 3).



الشكل (3) خارطة جيولوجية لمنطقة البحث تتضمن مواقع الآبار التي أخذت منها العينات لإجراء التحاليل الكيميائية

يتميز الوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة بانتشار واسع للطبقات الحاملة للمياه الجوفية العائدة إلى أعمار مختلفة، حيث تتأمن ظروف ملائمة لتشكل طبقات حاملة للمياه الجوفية شملت: توضعات الجوراسي - الكريتاسي الحاملة للمياه، توضعات الباليوجين، توضعات الرباعي (الأسفل - الأوسط) البحرية غير المقسمة، توضعات الرباعي الأعلى، والتوضعات اللحقية الحديثة، وتراوحت الناقلية الكهربائية للمياه في التوضعات الحاملة للمياه بين (300 وحتى 9400) ميكروموس/سم. وقد ساعدت التشوهات البنيوية التي تعرضت لها المنطقة في سياق تاريخ تطورها الجيولوجي إلى ارتباط طبقاتها المائية مع بعضها البعض بعلاقة هيدروليكية وبالتالي اعتبارها بأنها تشكل جرياناً مائياً واحداً ذا بنية معقدة جداً.

يبين (الشكل 4) بروفيل جيولوجي يخترق منطقة البحث من الشمال الغربي باتجاه الجنوب الشرقي، وتتضح من خلاله شدة التخلع الذي تعرض له الحوض، نتيجة للحركات البنائية التي أنهضت أجزاءً من أرضه وهبطت أخرى، مولدةً ومحرضةً عمليات حت وتعرية أسهمت بتدرج في تكشف الصخور، حيث تكشفت الصخور الأقدم في الأجزاء المرتفعة، في حين تكشفت الصخور الأحدث في الأجزاء المنخفضة منها [11].



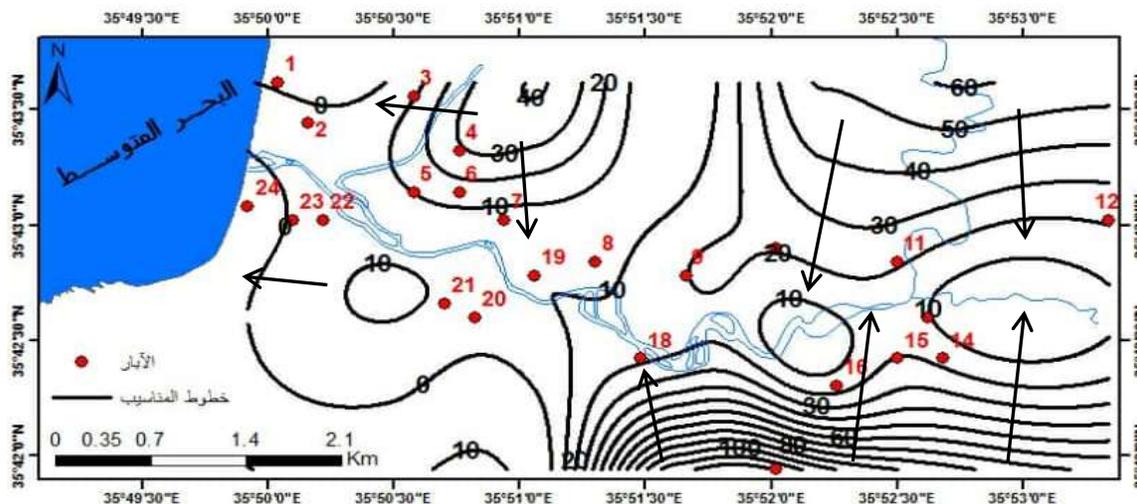
الشكل (4) بروفيل جيولوجي ضمن منطقة البحث [11]

وقد أوضحت الخريطة الهيدروديناميكية التي رسمتها لمنطقة البحث باستخدام برنامج (ARCGIS<sup>9.3</sup>) (الشكل 5) بأن حركة المياه الجوفية تتوافق مع الانحدار الطبوغرافي، وهي تأخذ مسارات واتجاهات متعددة وبما يتوافق مع الوضع الطبوغرافي السائد في المنطقة، ويميل هيدروليكي يتراوح بين (0.01 - 0.10)، كما أظهرت أن الصفات الرشحية جيدة في الجزء الشمالي من المنطقة (الضفة اليمنى) وبالقرب من البحر أيضاً، بينما تتردى تلك الخواص في الجزء الجنوبي الشرقي (الضفة اليسرى) منها.

الجدول (1) نتائج قياس أعماق توضع ومناسب المياه الجوفية في منطقة البحث

رقم البئر	الطبقة الحاملة للمياه	ارتفاع فوهة البئر	عمق توضع المياه	متوسط منسوب المياه خلال فترة المراقبة
1	FQ3	8	8.71	-0.71
2	FQ3	7	5.47	1.53
3	P21	15	5.5	9.5
4	FQ3	44	15.6	28.4
5	FQ3	24	13.92	10.08
6	FQ3	29	14.49	14.51
7	FQ3	17	10.02	6.98
8	FQ3	10	2.59	7.41
9	FQ3	22	2.3	19.7
10	FQ3	28	7.35	20.65
11	FQ3	24	2.71	21.29
12	FQ3	27	6	21
13	FQ4	14	3.5	10.5
14	FQ3	18	1.98	16.02
15	FQ3	24	3.54	20.46
16	FQ3	27	10.62	16.38
17	P21	130	10.1	119.9
18	FQ4	20	1.62	18.38

9.29	2.71	12	FQ4	19
5.07	1.93	7	FQ3	20
8.35	3.65	12	FQ3	21
4.04	13.96	18	FQ3	22
0.82	16.18	17	FQ3	23
-3.04	8.04	5	P21	24



الشكل (5) الشبكة الهيدروديناميكية لمنطقة البحث للعام (2020 - 2021)

### أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة ظروف تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، لمعرفة منشأ (أصل) تلك المياه في منطقة البحث، كما يساهم في تقييم الوضع الهيدروجيوكيميائي لها، بالإضافة إلى معرفة الظروف والمتغيرات التي تشير إلى العوامل الأساسية المؤثرة على الخواص الكيميائية للمياه الجوفية في المنطقة، بهدف التخطيط الأمثل للاستعمالات المختلفة للموارد المائية فيها.

### طرائق البحث ومواده:

أُجريت الدراسة على 9 عينات مائية تمّ قطفها من الآبار خلال فترات مميزة من العام الهيدرولوجي (2020-2021)، الفترة الأولى: بداية العام المائي (يفترض أن يكون المنسوب فيها في أدنى حدوده) وهي فترة الخريف (تشرين الأول)، الفترة الثانية: أواخر فصل الشتاء (نهاية شباط)، أما الفترة الثالثة: فهي خلال موسم الري (حزيران).

تمّ تحليل العينات المائية في مخابر مديرية الموارد المائية باللاذقية، ضمن أفضل الظروف المتاحة، حيث تمت مراعاة عدّة أمور منها: أن يكون حجم العينة كافياً لإتمام الإجراءات المخبرية، وأن تُحفظ العينة بحالتها أثناء الجمع، مع الأخذ بعين الاعتبار عدم تعرضها لأية ملوثات تؤدي إلى تغيير خصائصها خلال الفترة منذ جمعها وحتى إجراء الاختبارات عليها. حُدّد في تلك التحاليل تراكيز الشوارد الرئيسية (الكاتيونات والأنيونات) التي تشكل الجزء الرئيس من التركيب الكيميائي للمياه الطبيعية وتصل نسبتها لحوالي (95%) وتتمثل بـ : (البيرونات، السلفات، الكلور، الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم)، وقمنا بمعالجة نتائج التحاليل الكيميائية، بإعادة حساب تلك النتائج من الشكل الوزني الأيوني (ppm) إلى الشكل المكافئ (epm)، والمكافئ النسبي (%epm)، (الجدول 2)، ثم وبحساب بعض النسب الجيوكيميائية (الجدول 3)، والأملاح المفترضة (الجدول 4)، حُدّد أصل (منشأ) المياه الجوفية في منطقة البحث، وطبيعة علاقات الارتباط بين المتغيرات الكيميائية الأساسية باستخدام برنامج "SPSS<sup>20</sup>" (الجدول 5)، إضافةً إلى ذلك حُدّدت الأنماط الجيوكيميائية الأساسية وفقاً لمخططي "Piper" و "Stiff" الشكلان (6 و 7).

### النتائج والمناقشة:

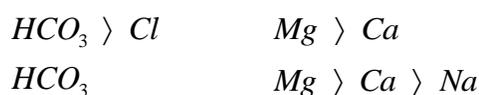
يتشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بشكل عام نتيجة تأثير مختلف العوامل الطبيعية والاصطناعية التي تحدد وبدقة مصادر هذا التركيب والعمليات الفيزيا - كيميائية التي يتم بموجبها انتقال المواد وإعادة توزيعها في النظام الهيدروجيولوجي، وعموماً تتدرج هذه العوامل في ثلاث مجموعات [2, 12] :

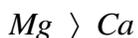
1. مجموعة العوامل الجيومورفولوجية والمناخية.
2. مجموعة العوامل الجيولوجية - الهيدروجيولوجية (وخصوصاً البنية الجيولوجية وتركيب الصخور ونفوذيتها).
3. مجموعة العوامل الهيدروديناميكية وتحديد اتجاه حركة المياه الجوفية ضمن الحوض المائي، وسرعة هذه الحركة، والعلاقة الهيدروليكية بين الحوامل المائية.

لقد أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لأبار المياه الجوفية في منطقة البحث (الجدول 2) أنّ المياه الجوفية الموجودة في التشكيلات الجيولوجية المختلفة في هذه المنطقة متجانسة بصفات الهيدروكيميائية العامة في مختلف أجزاء المنطقة، إذ لم تلاحظ أية تغيرات حادة في هذه الصفات، فالملوحة العامة تراوحت بين ( 570 - 850 ) ملغ/ل، باستثناء البئر رقم (24) بسبب قربها من البحر وتأثرها بمياهه حيث بلغت الملوحة فيها (1620) ملغ/ل، وقد أكّدت النسبة الجيوكيميائية  $\frac{Cl}{HCO_3}$

ذلك إذ أنّ قيمتها تجاوزت الـ (1) وبلغت (1.78)، (الجدول 3). أما قيمة pH فتأرجحت بين (7.39 - 7.84) وهذا يعكس ميلاً للمياه الجوفية باتجاه القلوية، ويدلّ على وجود كمية كافية من أملاح البيكربونات فيها، كما دلّت نتائج التحاليل على أنّ السحنة الهيدروكيميائية في منطقة البحث تنحصر في نمطين أساسيين:

A. السحنة الهيدروكربوناتية: وهي السائدة في منطقة البحث وتتصف بالتتابع الآتي:





توجد هذه السحنة في الآبار ( 1 , 4 , 10 , 13 , 15 , 18 , 21 , 22 ).

**B.** السحنة الكلورية: وتأخذ التتابع الآتي في البئر رقم (24):



الجدول (2) متوسطات نتائج التحاليل الثلاث التي قمنا بها وعلاقة "كورولوف" لعينات المياه الجوفية في منطقة البحث

رقم البئر الطبقة الحاملة للمياه	Unit	الشوارد الموجبة (الكاتيونات)						الشوارد السالبة (الأنيونات)	علاقة "كورولوف"
		$Na^+$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	
1 Q 3	ppm	60.5	1.1 7	87.6	63.3	477	60	126.6	$M0.71 \frac{HCO_3 \ 61 \ Cl \ 28}{Mg \ 42 \ Ca \ 35 \ Na \ 21} pH7.64$
	epm	2.63	0.0 3	4.38	5.16	7.81	1.25	3.56	
	epm %	21.5 4	0.2 4	35.87	42.3 2	61.88	9.89	28.22	
4 P <sub>1</sub> <sup>2</sup>	ppm	86.1	1.4 0	80.6	51.3	507	160	88.3	$M0.85 \frac{HCO_3 \ 58 \ SO_4 \ 23 \ Cl \ 17}{Mg \ 34 \ Ca \ 33 \ Na \ 31} pH7.42$
	epm	3.73	0.0 3	4.03	4.18	8.31	3.33	2.48	
	epm %	31.2 0	0.2 9	33.59	34.9 0	58.81	23.5 8	17.60	
10 Q 3	ppm	44.0 8	0.2 9	73.6	64.6	514	49	51.6	$M0.58 \frac{HCO_3 \ 77 \ Cl \ 13}{Mg \ 48 \ Ca \ 33 \ Na \ 17} pH7.50$
	epm	1.91	0.0 07	3.68	5.27	8.42	1.02	1.45	
	epm %	17.6 1	0.0 6	33.83	48.4 8	77.30	9.36	13.33	
13 Q	ppm	43.4	0.2 7	36.6	55.6	484	67.3	58.7	$M0.57 \frac{HCO_3 \ 72 \ Cl \ 14 \ SO_4 \ 12}{Mg \ 54 \ Na \ 22 \ Ca \ 22} pH7.39$

4	epm	1.88	0.07	1.83	4.53	7.93	1.40	1.64	
	epm %	22.83	0.08	22.14	54.92	72.27	12.77	14.95	
15 Q <sub>3</sub>	ppm	59.4	0.23	84	40.6	424	88.6	66.6	$\frac{HCO_3 \ 65 \ Cl \ 17 \ SO_4 \ 17}{Ca \ 41 \ Mg \ 32 \ Na \ 25} \ pH7.64$
	epm	2.58	0.05	4.2	3.31	6.95	1.84	1.87 <sup>M0.57</sup>	
	epm %	25.56	0.05	41.57	32.80	65.12	17.29	17.57	
18 Q <sub>4</sub>	ppm	55.4	0.2	70.6	87.3	560	58.6	75	$\frac{HCO_3 \ 73 \ Cl \ 16}{Mg \ 54 \ Ca \ 27 \ Na \ 18} \ pH7.77$
	epm	2.40	0.05	3.53	7.12	9.18	1.22	2.11 <sup>M0.64</sup>	
	epm %	18.42	0.03	27.007	54.52	73.36	9.75	16.88	
21 Q <sub>3</sub>	ppm	50.9	0.26	53.6	74.3	527	46.6	48.3	$\frac{HCO_3 \ 78 \ Cl \ 12}{Mg \ 55 \ Ca \ 24 \ Na \ 20} \ pH7.84$
	epm	2.21	0.06	2.68	6.06	8.63	0.97	1.36 <sup>M0.57</sup>	
	epm %	20.18	0.06	24.44	55.31	78.74	8.84	12.40	
22 Q <sub>3</sub>	ppm	51.25	0.12	67.3	76	560	40.3	65	$\frac{HCO_3 \ 77 \ Cl \ 15}{Mg \ 52 \ Ca \ 28 \ Na \ 18} \ pH7.53$
	epm	22.22	0.03	3.36	6.20	9.18	0.83	1.83 <sup>M0.64</sup>	
	epm %	18.88	0.02	28.51	52.57	77.46	7.08	15.45	
24 P <sub>2</sub> <sup>1</sup>	ppm	366.5	2.20	74	48.6	477	112.6	495	$\frac{Cl \ 57 \ HCO_3 \ 32}{Na \ 67 \ Mg \ 16 \ Ca \ 15} \ pH7.46$
	epm	15.93	0.03	3.7	3.96	7.81	2.34	13.94 <sup>M1.62</sup>	
	epm %	67.40	0.16	15.65	16.78	32.43	9.73	57.83	

الجدول (3) النسب الجيوكيميائية لنتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية المحللة في منطقة البحث

النسبة الجيوكيميائية	الآبار								
	1	4	10	13	15	18	21	22	24
$\frac{Na}{Cl}$	0.73	1.50	1.31	1.14	1.37	1.13	1.62	12.14	1.14
$\frac{SO_4}{Cl}$	0.35	1.34	0.70	0.85	0.98	0.57	0.71	0.45	0.16
$\frac{Ca}{Mg}$	0.38	0.96	0.69	0.40	1.26	0.49	0.44	0.54	0.93
$\frac{Cl}{HCO_3}$	0.45	0.29	0.17	0.20	0.26	0.22	0.15	0.19	1.78
$\frac{Ca + Mg}{Na + K}$	3.58	2.18	4.66	3.37	2.90	4.42	3.94	0.43	0.47

الجدول (4) التركيب الملحي لعينات المياه المحللة في منطقة البحث

رقم البئر	الأملاح المفترضة					
	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
1	21.5	-	6.7	9.8	25.8	36.2
4	17.6	13.6	-	9.9	25	33.5
10	13.3	4.3	-	5	43.4	33.8
13	14.9	7.9	-	4.8	50.1	22.1
15	17.5	8	-	9.2	23.6	41.5
18	16.8	1.6	-	8.1	46.4	27
21	12.4	7.7	-	1.1	54.2	24.4
22	15.4	3.4	-	3.6	48.9	28.5
24	57.8	9.7	-	0.1	16.3	15.6

ولقد أظهر حسابنا للأملاح الذائبة في عينات المياه (الجدول 4) بأنه يتشكل في هذه العينات مجموعتين ملحيتين:  
1. المجموعة الأولى:

تشمل تراكيز الأملاح {  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  } ، التي تمثلها الآبار : 24 ، ( 4 ، 10 ، 13 ، 15 ، 18 ).

2. المجموعة الثانية: ومثلتها البئر رقم (1) وقد شملت تراكيز الأملاح الآتية:  
{  $NaCl$ ,  $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  } .

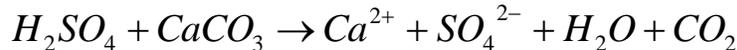
وكما يظهر من النتائج فإن ملح  $Na_2SO_4$  الدال على المنشأ الجوي للمياه (عبر الدورة الرشحية) يتشكل في جميع العينات المدروسة ما عدا العينة المأخوذة من البئر رقم (1)، حيث أظهرت هذه العينة وجوداً ملح  $MgCl_2$  الدال على المنشأ البحري. ومن ثم فإن الأمطار التي تحتوي عادةً على غاز ثاني أكسيد الكربون، التي تعدّ أحد مصادر التغذية الأساسية للمياه الجوفية في هذه المنطقة تلعب دوراً أساسياً في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية وفق ثلاث مراحل أساسية (جوية، بيولوجية، ليتولوجية) [13]، فعندما تتسرب هذه المياه داخل طبقات المقطع الجيولوجي الكلسية والدولوميتية تقوم بحلّ هذه الصخور وبالتالي تغتني بالبيكربونات التي يتزايد تركيزها مع زيادة عمق تسرب هذه المياه والانتشار الواسع للصخور الكربوناتيّة. كما تشكل التجوية الكيميائية للبلاجيوكلازات وغيرها من السيليكات الموجودة في منطقة البحث حيث تنتشر الصخور الأفيوليتية مصدراً آخراً للبيكربونات في المنطقة وفق التفاعل الآتي:



وهذا يُفسّر زيادة تراكيز هذه الشاردة في المياه الجوفية لمنطقة البحث لتصل في الآبار (4، 10، 18، 21، 22) إلى أكثر من 500 ملغ/ل، وبالتالي سيطرة السحنة البيكربوناتية - المغنيزية والكلسية في المياه الجوفية لهذه المنطقة. ويُعزى تشكل شاردة السولفات في منطقة البحث إلى ذوبان الفلزات الجصية والسولفيديّة المتواجدة ضمن التشكيلات الجيولوجية لمنطقة البحث وفق الآتي:



حيث يتفاعل حمض الكبريت مع الصخور الكربوناتيّة ويعطي شاردة السولفات:



كذلك تُعدّ مياه الصرف الزراعي التي تحتوي على بقايا الأسمدة المحتوية على الكبريتات مصدراً آخراً لهذه الشاردة في المياه الجوفية، وعموماً تراوحت تراكيزها في العينات المائية المحلّلة بين (40 - 160) ملغ/ل.  
ويُفسّر وجود كمية لا بأس بها من شوارد الصوديوم بوجود سماكة من الغضاربات على السطح تأثرت بعمليات التجوية مما أدى إلى تشكل رقائق من الهاليت ضمنها تنوب بفعل مياه الأمطار وتتسرب إلى المياه الجوفية، وهذا ما أكدته علاقة الارتباط الإيجابية بين الصوديوم والكلور (  $r = 0.9$  ) (الجدول 5)، إضافةً إلى تجوية البلاجيوكلازات وغيرها من السيليكات الموجودة ضمن التشكيلات الجيولوجية المنتشرة في المنطقة وخاصةً الصخور الأفيوليتية، وقد تأرجحت تراكيزها بين (40 - 86) ملغ/ل، وسجلت قيمة عالية نسبياً في البئر رقم (24) حيث بلغت (366.5) ملغ/ل لتأثرها بمياه البحر.

الجدول (5) معاملات الارتباط بين المكونات الكيميائية الأساسية لعينات المياه الجوفية المحللة في منطقة البحث

### Correlations

	TDS	Na	K	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
TDS	1									
Na	.985**	1								
K	.895**	.832**	1							
Ca	.226	.168	.386	1						
Mg	-.361	-.383	-.476	-.233	1					
HCO <sub>3</sub>	-.187	-.242	-.314	-.263	.893**	1				
SO <sub>4</sub>	.529	.453	.693*	.341	-.645	-.374	1			
Cl	.979**	.990**	.846**	.200	-.357	-.258	.395	1		
NO <sub>3</sub>	.199	.170	.279	.268	-.329	-.280	-.048	.230	1	
NO <sub>2</sub>	-.060	-.151	.202	.172	-.316	-.223	.282	-.101	.197	1

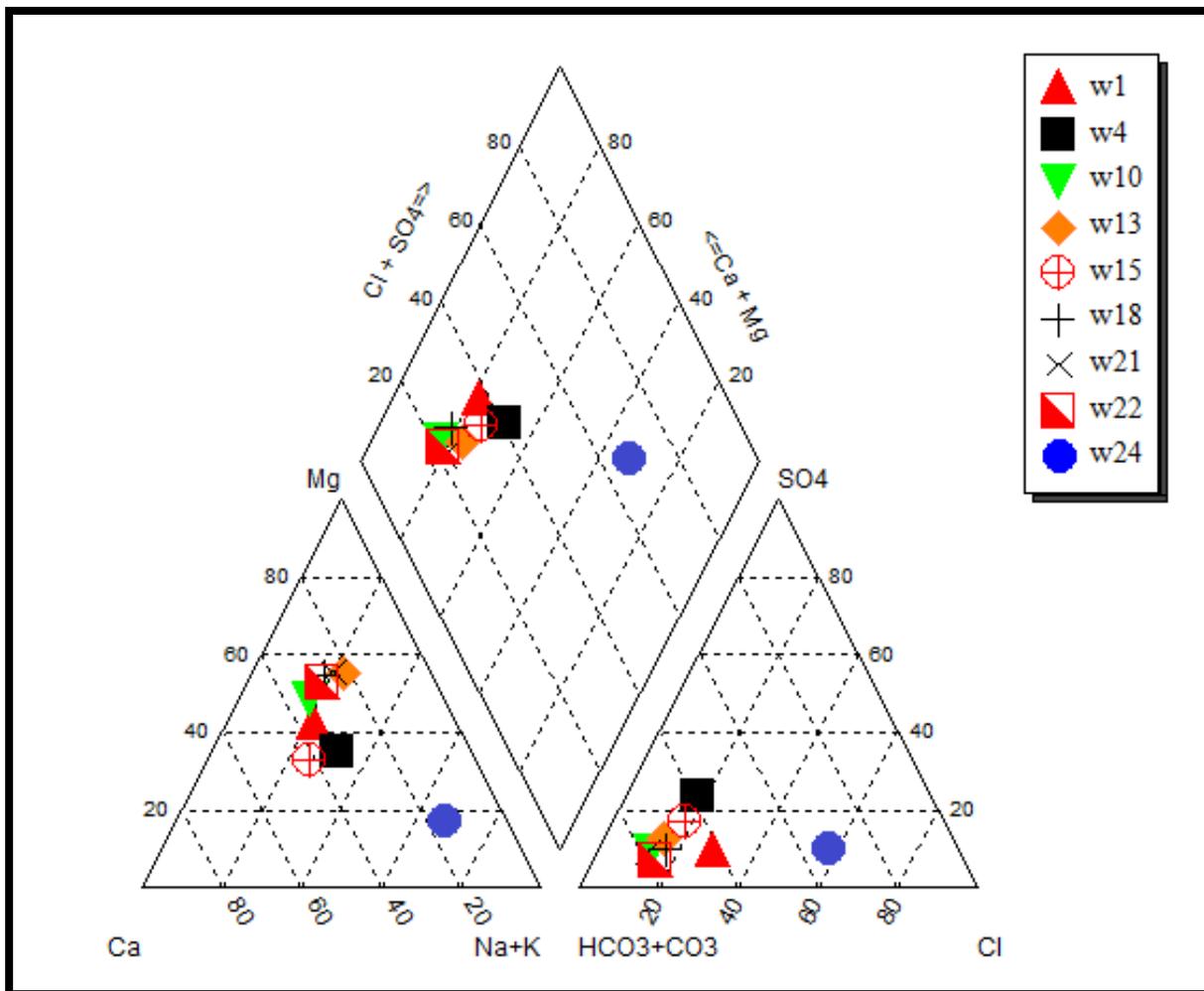
لقد أظهرت نتائج التحاليل (الجدول 2) أنّ قيم تراكيز شاردة البوتاسيوم منخفضة جداً في المياه الجوفية لمنطقة البحث وهذا يعود إلى استنزافه بشدة نتيجة النشاط البيولوجي بفعل المتعضيات الحية النباتية والحيوانية، وهو يملك علاقة ارتباط إيجابية قوية مع كل من الكلور والسلفات وتبلغ (  $r = 0.6$  ,  $r = 0.8$  ) على التوالي (الجدول 5)، وهذا يرجع إلى استخدام الأسمدة الحاوية عليهما في منطقة البحث.

أما قيم شاردتي الكالسيوم والمغنيزيوم فتتأرجح بين ( 36 - 88 ) ملغ/ل (الجدول 2)، وهما يرتبطان مع بعضهما بعلاقة ارتباط سلبية (  $r = -0.2$  ) (الجدول 5)، مما يدلّ على أنّ مصدرهما ليس واحداً، فالمغنيزيوم يملك علاقة ارتباط إيجابية قوية مع البيكربونات (  $r = 0.8$  ) أي أنّ مصدر هاتين الشاردتين مشترك وهو انحلال الصخور الدولوميتية والسيليكات.

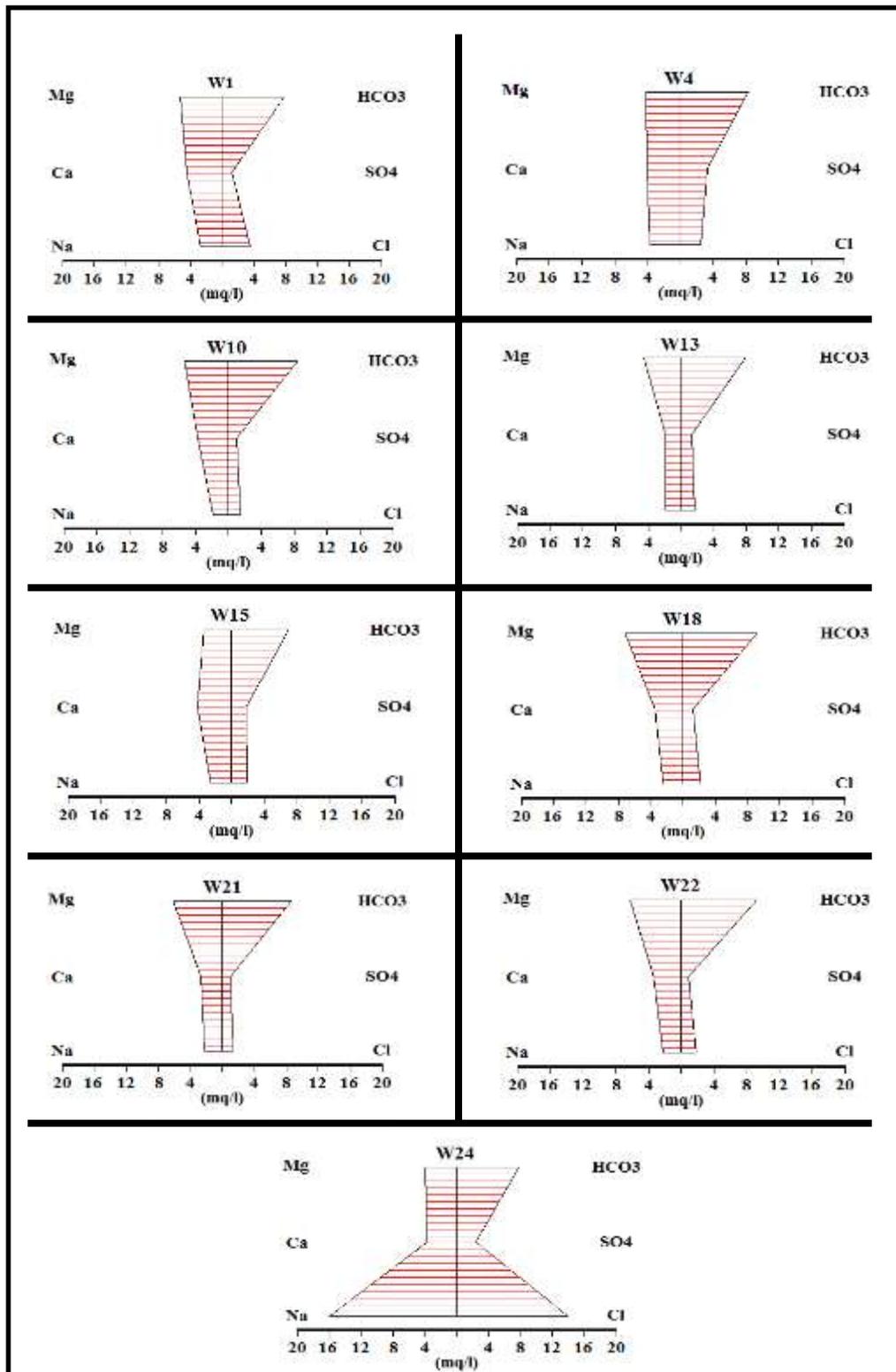
وبشكل عام فإنّ النسبة الجيوكيميائية  $\frac{Ca}{Mg}$  في عينات المياه الجوفية المحللة لم تتجاوز القيمة (1) في أغلب آبار المنطقة إلا في البئر رقم (15) وبشكل قليل جداً (الجدول 3)، فيما تقلّ بشكل كبير عن القيمة المألوفة لها في المستويات الحاملة للمياه والموجودة في الصخور الرسوبية التي تتراوح بين (2 - 4). وهذا يؤكد مرة أخرى دور الصخور الأفيوليتية في زيادة تراكيز المغنيزيوم بفعل تجوية بعض البلاحيوكلازات والفلات السيليكاتية الأخرى الموجودة في هذه التشكيلات الجيولوجية، إضافةً إلى ما يرد منها على حساب انحلال الصخور الدولوميتية.

كما أنّ قيم النسبة  $\frac{Ca + Mg}{Na + K} \gg 1$  في أغلب عينات المياه المحللة توحى بالطبيعة الكلسية الدولوميتية والمارلية للطبقة الحاملة للمياه والمميزة للمناطق الرطبة التي تفوق فيها كمية الهطولات على التبخر، وقد تراوحت قيمة هذه النسبة في العينات المحللة بين ( 2.18 - 4.66 ) ملغ مكافئ/ليتر (الجدول 3)، ولكن علاقة الارتباط السلبية بين البيكربونات والكالسيوم (  $r = -0.2$  ) توحى بوجود مصادر أخرى لهذه الشوارد في المياه الجوفية لمنطقة البحث غير الصخور الكربوناتيّة وتمثّل بصخور المعقد الأفيوليتي المنتشرة في منطقة البحث.

عموماً وكما يظهر من تحديد تراكيز العناصر الأساسية في المياه الجوفية لمنطقة البحث، لا توجد أية تغيرات حادة في قيم هذه التراكيز، وهذا يدل على تجانس خصائصها الهيدروكيميائية، كما يشير إلى عدم وجود أي تأثير لاتجاه حركة المياه الجوفية على ظروف تشكل خصائصها وأنماطها الهيدروكيميائية، إذ أنه من أهم مظاهر تأثير اتجاه حركة المياه الجوفية على تركيبها الكيميائي هو التغيرات في ملوحتها الإجمالية حيث تزداد عادةً قيمة الملوحة مع اتجاه الحركة بسبب زيادة زمن تأثير العمليات الفيزيا - كيميائية بين المياه والصخور عند إطالة طريق الرشح، والذي لا يخضع لهذه القاعدة هو حالة خاصة، فمثلاً لا تتغير الملوحة الإجمالية بدرجة كبيرة في المناطق التي تتصف بطرق ومسارات رشح متعددة الاتجاهات وقصيرة كحالة منطقة البحث [14]، وهذا ما أثبتته نتائج التحاليل الكيميائية المنفذة في منطقة البحث. هذا ويهدف تأكيد السحنة الهيدروكيميائية السائدة في منطقة البحث، تمّ تمثيل نتائج التحاليل الكيميائية للعينات المائية المأخوذة على مخططي (Piper و Stiff) باستخدام برنامج (AquaChem)، (الشكلان 6 و 7).



الشكل (6) توزع الشوارد الرئيسية لعينات المياه المحللة في منطقة البحث حسب مخطط "Piper"



الشكل (7) مخطط "Stiff" لعينات المياه المحللة في الآبار المختارة ضمن منطقة البحث

يتضح من مخطط 'Piper' (الشكل 6) أنّ أغلب النقاط الممثلة للعينات وقعت متقاربة بجانب بعضها البعض مما يدل على تجانس نوعية المياه إلى حد ما في منطقة البحث. حيث أنّ جميع العينات المحللة تقع في المثلث العلوي من المعين، وهي تتمتع بخواص ثانوية تسيطر فيها شوارد الكلوريد والسلفات، على شوارد الصوديوم والبوتاسيوم. وبالنسبة لتصنيف العينات المختبرة وفقاً لتوزع نسب الأنيونات فيها، فإنّ أغلبها بيكربوناتية، أما وفقاً لتوزع نسب الكاتيونات فهي تحتوي نسبة عالية من المغنيزيوم وبالتالي يمكن تصنيف العينات بأنها مغنيزية. وهذا جاء متوافقاً مع نتائج مخطط 'Stiff' (الشكل 7) حيث تبين في الأنيونات أنّ شاردة البيكربونات هي السائدة في جميع الآبار باستثناء البئر رقم (24)، بينما في الكاتيونات كانت شاردة المغنيزيوم هي السائدة في جميع الآبار باستثناء البئرين (15 و 24). وتعود سيطرة شاردة البيكربونات في المياه غالباً إلى انحلال الصخور الكربوناتية، الدولوميتية والمارلية بفعل مياه الأمطار وإلى تجوية الفلزات السيليكاتية، أما سيطرة المياه المغنيزية فهي نتيجة انحلال الصخور الدولوميتية والجصية وتجوية الفلزات السيليكاتية وغيرها.

### الاستنتاجات والتوصيات:

- غياب التغيرات الحادة في الخصائص الهيدروكيميائية سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه، ويفسر ذلك بوجود عدة اتجاهات لحركة المياه في المنطقة.
  - تلعب الدورة الرشحية عبر مراحلها المختلفة (الجوية، البيولوجية، الليتولوجية) دوراً رئيساً في تشكيل التركيب الكيميائي لتلك المياه، وهذا ما عكسته النسب الجيوكيميائية لهذه المياه إذ جاءت متوافقة مع النسب الطبيعية للدورة الهيدروولوجية، وإنّ التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي للمياه الجوفية قليل جداً وهو يظهر فقط في الآبار القريبة من البحر.
  - السحنة الهيدروكيميائية السائدة في منطقة البحث هي السحنة البيكربوناتية - المغنيزية.
- ومنها نوصي بالآتي:
- ✓ ضرورة إجراء دراسات تفصيلية عن إمكانية استثمار المياه الجوفية بالشكل الأمثل في منطقة البحث.
  - ✓ دراسة اتجاه حركة المياه وهجرة الملوثات ضمن المنظومة المائية، وتقييم نوعية المياه للأغراض المختلفة (الشرب، الري، الأغراض العلاجية، ...).
  - ✓ إجراء تحاليل دورية لكل من العناصر الثانوية والنادرة والسامة لمياه الآبار في منطقة البحث.
  - ✓ اتخاذ إجراءات لحماية المنظومة المائية بكاملها من التلوث، وهذا يُعدّ أحد مكونات السياسة البيئية التي تهدف لتحقيق التوازن بين البيئة والتنمية.

### References:

1. SHVARTSEV, S. L. *Hydrogeochemistry of The Hypergenesis Zone*, Moscow. Nedra. 1978, 287. (in Russian)
2. MOHAMMAD, A. *Applied Hydrogeology*. Department of Geology, College of Science, publication of Tishreen Univercity, 2013.

3. EUGENE, P.; ADINA, P. ; BIANCA, P. *Ground water geochemistry of the Yucatan peninsula, Mexico: Constrains on stratigraphy and Hydrogeology*. Journal of Hydrology 367, science direct, 2019, 27-40.
4. ABDEL-LATTIF, A. *Groundwater chemistry of the shallow aquifer EL-TUR AREA, south Sinai ,Egypt*. Journal of Environmental Hydrology , Vol.11,11 Set. 2003.
5. ALSANJARI, A.; ALQATTAN, A. *Water Quality Assessment, and Suitability for Irrigation Purposes of Lesser Zab River, Northern Iraq*. Iraq Journal of Sciences, Vol. 56, No. 3, 2015, 2187 – 2199.
6. DALELA, Z.; BOUDAOKHA, A.; ALHASAN, B. *Assessment of water quality for drinking and irrigation using principal ion chemistry in the semi-arid region*. Asian Journal of Geosciences, 2017.
7. MOHAMMAD, A.; HAYEK, SH.; RAJAB, N. *Hydrogeochemical Study of Free Ground water in the Coastal Plain of Latakia's Basin*. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 41, No. 5, 2019.
8. MOHAMMAD, A.; YOUSEF, N.; NASSER, S. *Hydrogeochemical structure of Ground water In the Western part of the Marqia river Basin*. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 44, No. 1, 2022.
9. SALLOUM, G. *Qandil Valley Basin (Morphometric Study)*. Scientific article, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University, 2012.
10. General Directorate of Meteorology - Damascus - (Latakia Station) 2011 – 2021.
11. ADJEMIAN, J.; KHATOUN, A. *The Geological Map of Syria Scale 1:50000 of Latakia sheets NI 36 - XVI - E - b*, Ministry of Petroleum and Mineral Resources. 1999. 11
12. BITIVA, K. A. *The Hydrogeochemistry, The Chemical composition of groundwater*. Moscow, 1978, 328.
13. KRATKOV, A. N. *Principles of hydrogeology hydrogeochemistry*. Nedra, pub, Moscow, 1982, 181. (in Russian)
14. MOHAMMAD, A. *Hydrogeochemistry assesmentl of the ground water in the carbonate rocks of the AFREEN Basin*,Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 26, No. 1, 2004, 13.