

دراسة هيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية الحرة في السهل الساحلي من حوض اللاذقية

الدكتور أحمد محمد*

الدكتور شريف حايك**

نداء رجب***

(تاريخ الإيداع 19 / 6 / 2019. قُبِلَ للنشر في 2 / 9 / 2019)

□ ملخص □

يتناول هذا البحث الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة السهل الساحلي من حوض اللاذقية حيث بيّنت الدراسة الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية على وجود اتصال هيدروليكي بين الطبقات الحاملة للمياه والمتمثلة بتوضعات الرباعي والنيوجين والباليوجين، وهي تشكل جرياناً مائياً واحداً ذي خصائص متجانسة في أغلب أجزائه. جمعت عينات من المياه الجوفية من ثمانية مواقع في السهل الساحلي لحوض اللاذقية خلال ثلاث فترات من عام (2017 - 2018) وقد عولجت العينات كيميائياً وإحصائياً لتقييم نوعية المياه وتحديد صلاحيتها لأغراض الشرب والزراعة، وشملت (pH ، TDS، NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^- ، HCO_3^- ، SO_4^{2-} ، Cl^- ، Na^+ ، K^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2}) وفهم الوضع الهيدروجيولوجي السائد.

بيّنت معالجة نتائج التحاليل أن المياه الجوفية العذبة ذات أصل قاري متشكلة في أحواض مفتوحة وتمتاز بتبادل مائي نشيط، وعكست تركيباً بيكربونائياً كلسياً مغنيزياً وتشير إلى مرحلة أو طور أولي في تطور النمط الجيوكيميائي للمياه، وكانت قيم تراكيز جميع العناصر ضمن الحدود المسموح بها، وبالتالي تبين لنا إمكانية صلاحيتها للاستخدامات المختلفة.

الكلمات المفتاحية: الهيدروجيوكيمياء، حوض اللاذقية، نوعية المياه الجوفية.

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

**أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

***طالبة دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Hydrogeochemical Study of Free Groundwater in the Coastal Plain of Lattakia's Basin

Dr. Ahmad Mohammed*

Dr. Sharif Hayek**

Nedaa Rajab***

(Received 19 / 6 / 2019. Accepted 2 / 9 / 2019)

□ ABSTRACT □

This study deals with the chemical properties of groundwater in the Coastal plain area of Lattakiabasin. The hydrogeological and hydrogeochemical studies showed a hydraulic connection between the aquifers of Quaternary, Neogene and Paleogene deposits. They form one watercourse with homogeneous properties in most of its parts.

Groundwater samples were collected from eight sites in the coastal plain of Lattakia basin during three periods from 2017 to 2018. The samples were treated chemically and statistically to assess the quality of water for evaluating its validity for drinking water and agriculture purposes including in order (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} , Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} , NH_4^{+} , TDS, pH) And the understanding of the prevailing hydrogeological state.

The treatment of the results of the analyzes showed that the fresh groundwater of continental origin is formed in open basins and has an active water exchange. It reflects the structure of bicarbonate in the genus of Magnesia. It refers to a stage or a preliminary stage in the development of the geochemical pattern of water. The values of concentrations of all elements were within the permissible limits, so that it shows the possibility of using it for different uses for different uses.

Key words: hydrogeochemical ,Lattakia's basin,groundwater quality

*Professor, Department Of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Syria.

**Professor, Department of water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen university, Lattakia, Syria.

***postgraduate student of Hydrogeology, Department Of Geology Faculty of Science, Tishreen University, Syria.

مقدمة

تعد الدراسات الهيدروجيوكيميائية من أهم الوسائل التي تساعد على تفسير وفهم البنية الهيدروجيولوجية للأحواض المائية، فالتركيب الكيميائي للمياه الجوفية المتوضعة في النطاقات العليا من القشرة الأرضية يتشكل تحت تأثير العديد من العوامل المؤثرة المناخية والتضاريسية والهيدرولوجية والجيولوجية، وتحديدًا مصادر التغذية وقيمتها وحركة المياه الجوفية واتجاه الحركة الأمر الذي يجعل كل حوض مائي يتمتع بخصائص هيدروجيوكيميائية مميزة له، وهذا كله يأتي في سياق التطور الجيولوجي للمنطقة [1].

تمثل التحاليل الكيميائية أحد الأدوات المهمة لفهم الظروف والعوامل التي مرت بها المياه خلال تاريخ تكوين تركيبها الكيميائي، إضافة إلى تحديد كل ما يتعلق بمفاهيم استعمال المياه لمختلف الأغراض. وتظهر عوامل وعمليات تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في تمازج وتسلسل محددين وخصوصاً فيما يتعلق بالنمط المنشئي والدورة المنشئية للمياه الجوفية. عموماً يتم التمييز بين دورتين منشئيتين أساسيتين للمياه الجوفية الحرة في الحوض المدروس هما الدورة القارية (أو الرشحية) والدورة البحرية (أو الترسيبية)، المرتبطة بدفن المياه البحرية نتيجة عمليات تجمع الرسوبيات وتحولاتها اللاحقة خلال عملية التطور الجيولوجي للمنطقة [2].

تتمثل الدورة الرشحية لتشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بثلاث مراحل متسلسلة [2]:

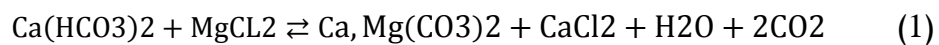
المرحلة الجوية حيث الأمطار والتي هي كقاعدة عامة منخفضة الملوحة (لا تزيد ملوحتها عن 20 ملغ/ل ويمكن أن ترتفع ملوحتها إلى أكثر من 100 ملغ/ل وخصوصاً في بعض المناطق الساحلية) وأيضاً بفعل بعض النشاطات البشرية التي تؤثر بدورها أيضاً على التركيب الكيميائي لهذه المياه [3].

المرحلة البيولوجية وتلعب فيها النباتات والترب دوراً مهماً في إعادة تشكيل تركيب المياه، فالمواد العضوية الموجودة في التربة يتلخص دورها في إغناء المياه الجوفية بغاز ثاني أكسيد الكربون وبغازات عضوية مختلفة وتناقص في نسبة غاز الأوكسجين وتغير للوسط الجيوكيميائي (pH). [3]

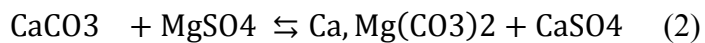
المرحلة الليتولوجية وتدخل فيها المياه بعد عبورها لمستوى التربة بمرحلة تفاعل مع التوضعات الليتولوجية الموجودة تحت مستوى التربة، لهذا فإن التطور اللاحق للمياه يتحدد بنمط الصخور الحاملة للمياه وبطبيعة التبادل المائي، ففي حالة الصخور الكربوناتيّة وفي ظروف المناخ الرطب تكون المياه الجوفية في حالة غير مستقرة يحدث انحلال للصخور وتشكل مياه هيدروكربوناتيّة كلسية أو كلسية مغنيزية، وعند ذلك كلما كانت شدة التبادل المائي أقل كلما زاد زمن تواجد المياه في الصخور وبالتالي زادت نسبة ملوحتها حتى الوصول إلى الإشباع التام بالهيدروكربونات، وعند تواجد الأملاح السولفاتيّة والكلوريدية فإن هذه الأملاح تتحل بسرعة وتشكل مياه سولفاتيّة أو كلورية. [3]

أما في الدورة المنشئية الترسيبية فتبدأ المياه الجوفية بالتشكل في الأحواض البحرية أو البحرية التي تكون محاليلها الملحية المحفوظة متنوعة بالتركيب والملوحة، ولكنها كقاعدة عامة تتصف بدرجة إشباع عالية بكبريتات وكلوريدات الصوديوم والمغنيزيوم [1,3].

إن من أولى التصورات عن إعادة تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في الأحواض الترسيبية وآلية تركيز كلور الكالسيوم أنها تتم وفق التفاعل الآتي [3].



كذلك فإن السولفات والمغنيزيوم يترسبان من المحلول المائي ببيئة جص أو دولوميت وفق التفاعلين الآتيين:





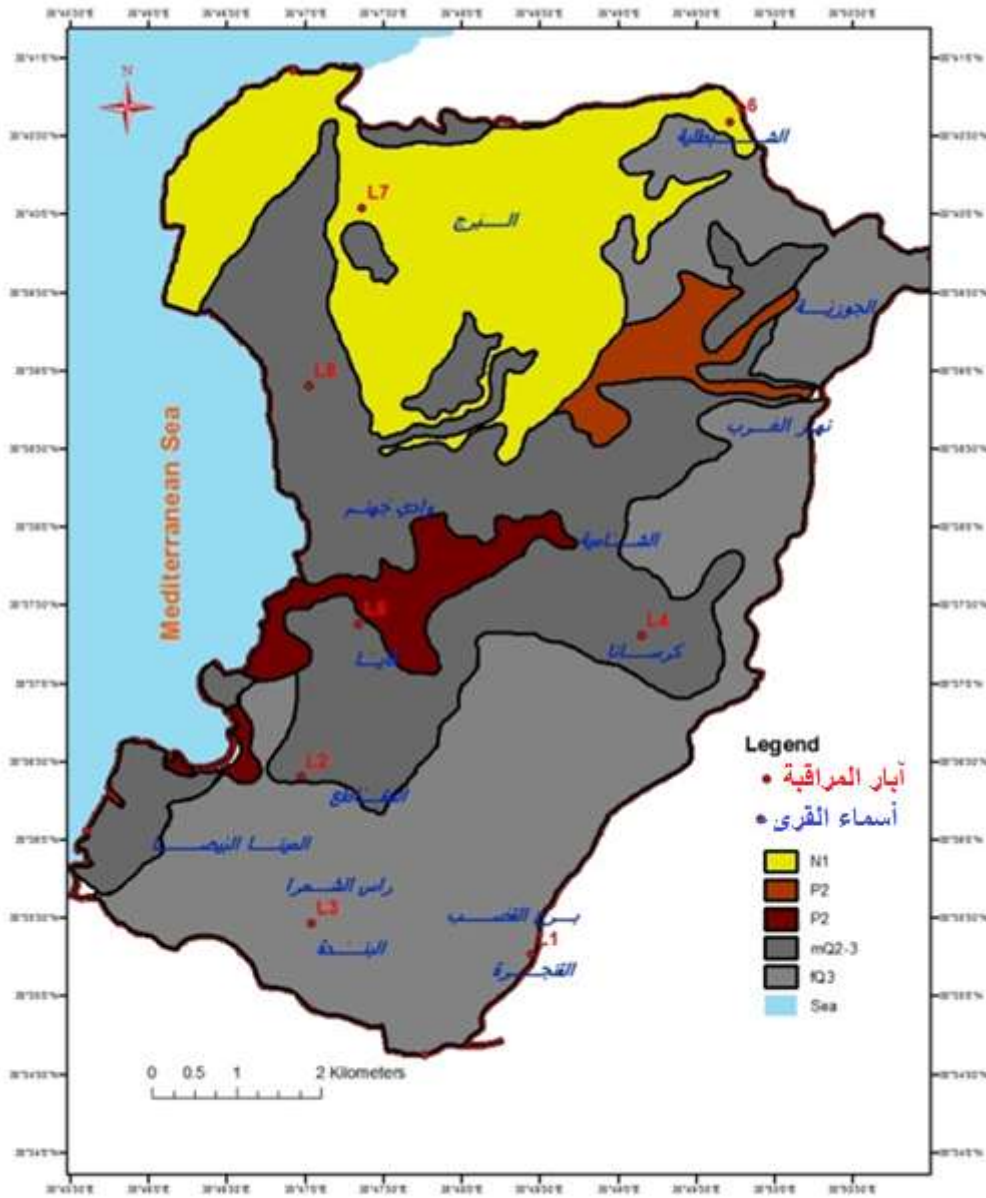
الموقع والميزات العامة لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن المنطقة الساحلية - شمال مدينة اللاذقية - في الجزء السهلي من حوض اللاذقية بين خطي طول $35^\circ 46'$ و $35^\circ 53'$ شرق خط غرينتش، وبين خطي عرض $35^\circ 35'$ و $35^\circ 42'$ شمال خط الاستواء. يحدها من الغرب البحر المتوسط، من الجنوب والشرق نهر الكبير الشمالي، ومن الشمال نهر وادي قنديل، حيث تبلغ مساحة المنطقة المدروسة (55.53km^2) ويقع في منطقة البحث العديد من التجمعات السكنية، من أهمها الشبيلية، البرج الصليب، كرسانا، الشامية، رأس الشمرا، برج القصب، القنجرة، شكل (1).

يعد حوض اللاذقية الأكثر أهمية في المنطقة الساحلية في سورية والمستخدم بشكل كبير في التزويد بالماء لمعظم التجمعات السكانية. ويقسم حسب طبيعة تضاريسه إلى منطقتين هما منطقة السهل الساحلي والمنطقة التلالية، حيث تتدرج الارتفاعات الطبوغرافية بالانخفاض من الأطراف الشمالية والشرقية باتجاه الجنوب والغرب، وهذه التفاصلات تتمتع بانعكاسات جيولوجية وهيدروجيولوجية مهمة [4]. يعد مناخ حوض اللاذقية مناخاً متوسطياً مثالياً يتميز بفصلين رئيسيين وهما الصيف والشتاء، فهو يتميز بشتاء ماطر ومعتدل إلى بارد وصيف حار. يمتد فصل الشتاء من شهر تشرين الثاني وحتى آذار ويهطل فيه أكثر من (90%) من الهطولات السنوية، أما فصل الصيف فيمتد من نيسان وحتى شهر تشرين الأول ولا تهطل فيه الأمطار إلا نادراً. ويتراوح معدل الأمطار ما بين (500 - 1450 مم سنوياً) تتميز منطقة الدراسة بأنها مزروعة بكثافة وأن التطور الصناعي يُتوقع أن يزداد بسرعة في المستقبل [4، 5، 6].

يُلاحظ تغير الظروف المناخية في حوض الساحل حسب طبيعة المناطق وتباين من كونها جبلية أو سهلية أو قريبة من شاطئ البحر، وبشكل عام يزداد المعدل السنوي للهطولات المطرية مع ازدياد الارتفاع الطبوغرافي.

يساهم في البنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة تشكيلات الباليوجين والنيوجين والرباعي، وتتمثل بتوضعات الباليوجين بالإيوسين الأدنى (p_2^1) والأوسط (p_2^2)، وتتألف لئولوجياً من حجر كلسي غضاري منطبق وحجر كلسي سيليسي وصوان وحجر كلسي نوموليتي ناعم الحبيبات، يحتوي أحياناً في قاعدته على حبيبات الغلوكونيت وحصى كلسية أما توضعات النيوجين فتتمثل بتوضعات الميوسين الأوسط (N_1^2) تتألف لئولوجياً من الحجر الرملي الرمادي اللون الحاوي على الصوان والغضار الكلسي والحجر الكلسي الكتلني مع عدسات من الحجر الكلسي الشيلي، كما تنتشر توضعات الرباعي على طول شاطئ البحر المتوسط، وتتمثل بتنوعها من المصاطب والبيلاجيات والكثبان الرملية. وفي الجزء الأوسط والجزء الغربي لمنطقة الدراسة تنتشر توضعات بحرية عائدة إلى البليستوسين ((الأوسط - الأعلى) $mQ_{2,3}$)، تتألف من حجر كلسي غضاري وحجر رملي وكونغوميرا بالإضافة لوجود توضعات قارية عائدة للبليستوسين الأعلى (PQ3) مؤلفة من حطام الصخور الأقدم وركام المنحدرات. الشكل (1) [7, 8, 9, 10, 11].



الشكل (1) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة موضحاً عليها موقع آبار شبكة الرصد المختارة للدراسة

استناداً إلى تحليل الخصائص الجيولوجية والبنوية للصخور المنتشرة في منطقة الدراسة وتركيبها الليتولوجي وبنيتها الستراتيغرافية فإن جميعها تعتبر مناطق أمل مائية لها الجدول (1)، إلا أن النفوذ الضعيفة نسبياً لبعضها وقلة مساحة انتشار بعضها الآخر جعل كلاً منها غير مؤهل بمفرده لتشكيل مصادر مائية كبيرة من المياه الجوفية، غير أن وجود النطاقات التشققية في بعض التشكيلات في المنطقة والتي سببها وجود فالق في المنطقة ذو اتجاه شمال شرق - جنوب غرب، أدى إلى ارتباط هذه الجريانات مع بعضها البعض بعلاقة هيدروليكية وبالتالي اعتبرت على أنها تشكل جرياناً مائياً واحداً ذا بنية معقدة نوعاً ما، وبالإضافة إلى وجود المارل الماستريختي تحت التوضعات الباليوجينية والنيوجينية والرباعية أهلها لتشكيل بعض الحوامل المائية ترتبط مع بعضها بعلاقة هيدروليكية علماً أن هذه الحوامل في أماكن تواجدها تعد المصدر الرئيس للمياه الجوفية [4, 5, 11, 12].

أهمية البحث وأهدافه

يهدف هذا البحث إلى دراسة ظروف تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في السهل الساحلي لحوض اللاذقية وبالتالي معرفة أصل ونوع المياه الجوفية في منطقة الدراسة والسحنات الهيدروكيميائية السائدة فيها. وربط ذلك بالبنية الهيدروجيولوجية والهيدرودينامية والتاريخ الجيولوجي لمنطقة الدراسة، وتوجيه الدراسات الهادفة إلى استثمار المياه الجوفية في مختلف مجالات الاقتصاد الوطني.

طرائق البحث ومواده

أجريت الدراسة على بعض الآبار المحفورة من قبل المزارعين المحليين، وقد بلغ عددها ثمان آبار من شبكة المراقبة التي اعتمدها لدراسة النظام المائي للمياه الجوفية تم من خلالها مراعاة توزع هذه الآبار.

أخذت عينات مياه من الآبار للعام 2017 - 2018 على ثلاث فترات، الفترة الأولى كانت في أواخر فصل الشتاء (شهر آذار) حيث يكون المنسوب المائي خلال هذه الفترة في أعلى حدوده، أما الفترة الثانية فهي في موسم الري (تموز)، والفترة الثالثة بداية السنة الهيدروجيولوجية المنسوب المائي في أدنى حدوده (شهر تشرين الأول). شملت القياسات تحديد إحداثيات تلك الآبار باستخدام جهاز (GPS) بالإضافة إلى ارتفاعات فوهات الآبار عن سطح الأرض والطبقة الحاملة للمياه الجدول (1) وأجريت التحاليل الكيميائية التفصيلية للعينات المأخوذة في مخبر المديرية العامة للموارد المائية في اللاذقية، وتضمنت التحاليل بشكل خاص الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة pH، والشوارد الرئيسية الموجبة (Mg^{+2} ، Ca^{+2} ، Na^{+} ، K^{+}) والشوارد الرئيسية السالبة (Cl^{-} ، HCO_3^{-} ، SO_4^{-2}) والنترات (NO_3^{-}) والنتريت (NO_2^{-}) والأمونيا (NH_4^{+}) جدول (3، 2)، ومن ثم حساب الأملاح المفترضة وبعض المعاملات والنسب الكيميائية لتحديد أصل المياه الجوفية ولتقويم نوعيتها جدول (4، 5).

وقد تم استخدام جهاز (Specterum Photometer) من أجل قياس تركيز شوارد النترات كما استخدم جهاز قياس العكارة (Nephelometer) والذي يحدد تركيز شوارد الكبريتات من منحنى المعايرة، وجهاز (Flam Photometer) من أجل قياس تركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم. استخدمت طرائق المعايرة للكشف عن شوارد الكلور والكربونات والبيكربونات والقساوة بأنواعها وكذلك القلوية.

كما شملت القياسات أيضاً إجراء تحليل حقلي، شمل كلاً من الملوحة التي ترتبط بالناقلية الكهربائية ودرجة الحرارة والحموضة، وذلك باستخدام جهاز تحليل نوعية المياه (Horiba)، وتم اختيار الطرائق التحليلية بعناية للوصول إلى نتائج دقيقة. كما تم التعبير عن نتائج التحليل الكيميائي للمياه الجوفية بثلاث صيغ: (الصيغة الوزنية الأيونية (ppm)، والصيغة المكافئة (epm)، والصيغة المكافئة النسبية (epm%) جدول (3، 2)

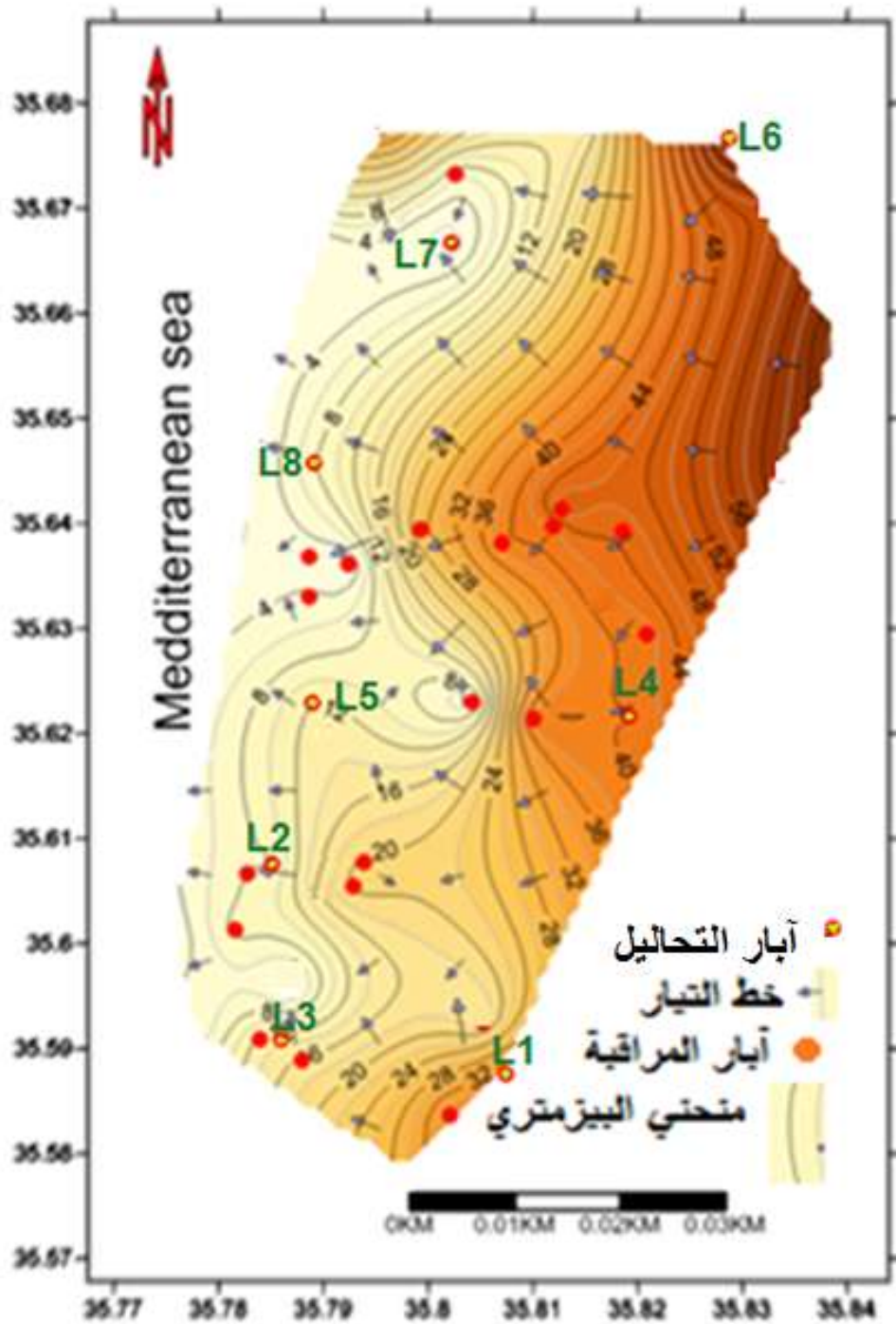
النتائج والمناقشة

تعد دراسة اتجاه حركة المياه الجوفية عاملاً أساسياً من عوامل تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، لأن من أهم مظاهر تأثير اتجاه حركة المياه الجوفية على تركيبها الكيميائي هو التغيرات في الملوحة وفي النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه الحركة [12، 10، 3]. قمنا برسم الشبكة الهيدروديناميكية من خلال المعطيات التي تم رصدها خلال عامي 2017 - 2018 باستخدام متوسط المناسيب في آبار شبكة الرصد.

جدول (1) آبار المراقبة

اسم البئر	رمز البئر	الطبقة الحاملة للمياه	الارتفاع الطبوغرافي لفوهة البئر (م)	عمق توضع الماء (م)	متوسط منسوب المياه للعام 2017 - 2018
القنطرة	L1	fQ ₃	41.2	6.6	34.6
المقاطع	L2	mQ ₂₋₃	10	7.9	2.1
رأس الشمرا	L3	fQ ₃	15	2.8	12.2
كرسانا	L4	mQ ₂₋₃	51.5	13.7	37.8
قايا	L5	mQ ₂₋₃	36.3	26	10.3
الشبطلية	L6	N ₁ ²	81	30.3	50.7
البرج	L7	N ₁ ²	72	69.9	2.1
شاليهات الدراسات	L8	mQ ₂₋₃	22	21.2	0.8

ومن خلال تحليل هذه الشبكة الشكل (2) تبين لنا وجود جريان جوفي قادم من الحدود الشرقية وفق مسارات حركة متعددة وقصيرة نتيجة التشققية والنفوذية الجيدة للصحور الحاملة للمياه وخصوصاً التوضعات الرباعية. وكانت خطوط تساوي مناسيب المياه الجوفية متعرجة مما يدل على البنية الهيدروديناميكية المعقدة بعض الشيء، وكما نلاحظ بالاقتراب من شاطئ البحر تبدأ تعرجات خطوط تساوي المناسيب بالانفراج مما يدل على وجود توازن هيدروديناميكي لطبقة المياه الجوفية الحرة يحافظ عليه منسوب مياه البحر ويتراوح الميل الهيدروليكي لهذه الطبقة بين (0.005) إلى (0.006) في الغرب، وبين (0.012 - 0.25) في الشرق، وبشكل عام إن اتجاه حركة المياه الجوفية يتطابق مع الانحدار الطبوغرافي.



الشكل (2) خريطة هيدروديناميكية لمنطقة الدراسة تم إنشاؤها للعام (2017 - 2018)

هيدروكيميائية مياه الآبار

تبين من نتائج التحاليل الكيميائية لأبار المياه الجوفية جدولين (2,3)، أن القيم الوسطية لـ TDS تراوحت بين (341 - 561) ملغ/ل، وبقيت ضمن الحدود المسموح بها، وسجلت أعلى قيمة في البئر (L3) وأدنى قيمة في البئر (L7)،

وتعود هذه القيم المنخفضة للملوحة إلى شدة التبادل المائي في المنظومة الهيدروجيولوجية لحوض اللاذقية نتيجة التشققية والنفوذية العالية للصخور الحاملة للمياه والذي يقلل بدوره من زمن التماس بين المياه والصخور، الأمر الذي يسبب تخفيض الملوحة العامة. كما تأرجحت قيم الناقلية الكهربائية بين (707 - 1151) ميكروسيمينس /سم، وقد سجلت أعلى القيم في المناطق القريبة من البحر شكل (5)، كذلك أظهرت التحاليل وجود توافق وتقارب كبير في تراكيز الشوارد في مختلف أجزاء منطقة الدراسة حيث تعد شاردة البيكربونات الشاردة المسيطرة من الشوارد السالبة ويتراكيز تراوحت بين 316 ملغ/ل كأدنى قيمة في البئر (L4, L5) و 410 ملغ/ل في البئر (L3)، وشاردة الكالسيوم الشاردة المسيطرة من الشوارد الموجبة ويتراكيز تراوحت بين 80 ملغ/ل كأدنى قيمة في البئر (L7) و 138 ملغ/ل في البئر (L2)، فقد تأرجحت قيم pH من (7.25 - 7.48) مما يعكس ميلاً للمياه الجوفية باتجاه القلوية، ويدل بدوره على وجود كمية كافية من $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ في المياه الجوفية، وهذا أكده حساب الأملاح المفترضة حيث تأرجحت قيم $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ بين 52.1 epm% و 62.18 epm%.

إن مصدر شاردة الهيدروكربونات والكالسيوم في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة يعود غالباً إلى انحلال الصخور الكربوناتيّة والمارلية بفعل مياه الأمطار والمياه الأخرى الراشحة عبر التربة، وهذا ما تؤكدته النسبة الجيوكيميائية $(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$ جدول (4) والتي توحى بالطبيعة الكلسية والمارلية للطبقة الحاملة للمياه والمميزة للمناطق الرطبة والتي تفوق فيها كمية الهطولات على التبخر وتتوضع على عمق بضعة أمتار، ونادراً ما تتجاوز بضعة عشرات الأمتار، حيث تراوحت هذه النسبة في منطقة الدراسة بين (2.2 و 4.6) جدول (3) كذلك أظهرت بقية النسب الجيوكيميائية التي تم حسابها على أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة عذبة وتمثل النسب الطبيعية للدورة الهيدروجيولوجية، وأن التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي للمياه الجوفية قليل جداً جدول (4) فالنسبة $(\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-)$ لم تتجاوز قيمتها (1) والنسبة $(\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}^-)$ زادت قيمتها في معظم الآبار عن (0.5)

جدول (2) القيم المتوسطة للفترات الثلاث ملغ/ل

اسم البئر ورمزه	NO_3^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	
الفتحة (L1)	8.2	356.66	74	38.66	7.3	30	21.6	116.66	ملغ/ل
	0.131	5.843	1.54	1.087	0.16	1.416	1.8	5.83	epm
	1.5	67.94	17.93	12.6	1.725	15.89	20.511	61.65	%epm
المقاطع (L2)	28.766	370	113	80	11.63	46.333	20.8	138.6	ملغ/ل
	0.456	6.043	2.34	2.249	0.29	2.013	1.73	6.93	epm
	4.124	54.51	21.05	20.24	2.476	18.603	16.23	62.62	%epm
رأس الشمر (L3)	16.6	410	122.33	101.3	7.53	71.6	30.8	127.3	ملغ/ل
	0.263	6.71	2.54	2.853	0.19	3.055	2.56	6.36	epm
	2.05	54.23	20.65	23.013	1.5146	25.173	21.093	52.20	%epm
كرسانا	23.766	316.6	76	57.33	8.7	34.6	10.4	133.33	ملغ/ل
	0.384	5.16	1.583	1.614	0.2215	1.5	0.86	6.6	epm

TDS _{398.33} ⁺²pH _{7.34} ⁺ Ca _{71.65} Na _{16.48}	4.33	59.086	18.19	18.36	2.1646	16.46	9.58	71.654	%epm	(L4)
HCO ₃ ⁻ _{65.59} Cl _{19.64} ⁻ TDS _{398.3} ⁺²pH _{7.36} ⁺² Ca _{62.18} Mg _{19.82}	30.46	316.6	33.3	54.66	5.73	35.66	22	116	ملغ/ل	قايا (L5)
	0.489	5.185	0.691	1.56	0.142	1.546	1.83	5.8	epm	
	5.887	65.59	8.8613	19.64	1.465	16.48	19.822	62.18	%epm	
HCO ₃ ⁻ _{56.61} Cl _{19.5} ⁻ TDS _{449.66} ⁺²pH _{7.38} ⁺ Ca _{56.29} Na _{25.61}	43.033	330	81	68	8.5	55.33	18.4	104	ملغ/ل	الشبطينية (L6)
	0.68	5.4	1.685	1.914	0.4	2.403	1.26	5.2	epm	
	6.97	56.61	17.11	19.5	4.432	25.61	13.618	56.29	%epm	
HCO ₃ ⁻ _{71.3} Cl _{13.77} ⁻ TDS _{341.33} ⁺²pH _{7.48} ⁺² Ca _{52.1} Mg _{30.86}	27.2	343.33	36	40	4.166	29	31.2	80	ملغ/ل	البرج (L7)
	0.489	5.615	0.74	1.103	0.104	1.257	2.6	4	epm	
	5.258	71.3	9.59	13.77	1.17	15.78	30.86	52.1	%epm	
HCO ₃ ⁻ _{57.28} Cl _{21.8} ⁻ TDS _{499.6} ⁺²pH _{7.39} ⁺² Ca _{52.41} Na _{29.81}	29.63	350	78	83.333	5.26	72.33	20.4	109.33	ملغ/ل	شالبيات الدراسات (L8)
	0.46	5.766	1.603	2.328	0.129	3.126	1.7	5.46	epm	
	4.57	57.28	16.09	21.8	1.207	29.81	16.53	52.41	%epm	

جدول (3) متوسط التحاليل خلال الفترات الثلاث

EC ميكروسمنس/سم	pH	Turbidity	TDS (ملغ/ل)	NH ₄ ⁺ (ملغ/ل)	NO ₂ ⁻ (ملغ/ل)	النتر
735.6	7.47	0.98	361.66	0.0033	0.013	L1
1052.6	7.313	5.43	506	0.0066	0.012	L2
1151.667	7.25	1.12	561.33	0.01	0.03	L3
814.3	7.34	0.93	398.33	0	0.014	L4
819	7.36	0.60	398.3	0	0.016	L5
924.6	7.38	6.96	449.6	0	0.019	L6
707	7.48	1.38	341.3	0.033	0.014	L7
1025.66	7.39	0.77	499.6	0.026	0.012	L8

الجدول(4) متوسط النسب الجيوكيميائية التي أجريت لثلاث فترات من العام 2017 - 2018

- K ⁺)Cl (Na ⁺	Cl ⁻ Na ⁺ /Mg ⁺²	Na ⁺ -Cl ⁻ /SO ₄ ⁻²	Na ⁺ /Cl ⁻	Ca ⁺² +Mg ⁺² / Na ⁺ +K ⁺	SO ₄ ⁻² / Cl ⁻	Cl ⁻ / HCO ₃ ⁻	Ca ⁺² /Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺²	رمز النتر
5.015	0.160 -	0.183	1.26	4.66	1.42	0.18	3.05	17.93	20.511	L1
0.839	0.1	0.077 -	0.919	3.7	1.04	0.37	3.85	21.05	16.23	L2
3.667	0.102 -	0.104	1.09	2.74	0.89	0.42	2.47	20.65	21.09	L3
0.26	0.198	0.104 -	0.89	4.36	0.99	0.31	7.47	18.19	9.58	L4
1.695 -	0.159	0.356 -	0.84	4.56	0.5	0.299	3.13	8.861	19.822	L5
10.54	0.448 -	0.357	1.3	2.32	0.87	0.344	4.1	17.11	13.618	L6
3.18	0.065 -	0.209	1.14	4.89	0.69	0.19	1.68	9.59	30.86	L7
9.217	0.484 -	0.497	1.36	2.22	0.738	0.38	3.17	16.09	16.53	L8

وتعكس تركيباً بيكربونائياً كلسياً مغنيزياً للمياه الجوفية العذبة، وتشير إلى مرحلة أو طور أولي في تطور النمط الجيوكيميائي للمياه.

من خريطة السحن الشكل (3) لاحظنا الانتشار الواسع لنمطين أساسيين خلال هذه الفترة وهما (بيكربوناتية/كلسية) و(بيكربوناتية، كلورية/كلسية، صودية) بينما الانتشار المحدود للسحن الأخرى.

وعند دراسة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية بهدف إدراك وفهم هذا التركيب والدورة المنشئية لتشكل المياه الجوفية وتقييم نوعية المياه لا تكفي في أغلب الحالات الصيغة الشاردية للعناصر الكيميائية في المياه، ومن المفيد أن نأخذ بعين الاعتبار ليس فقط الاحتواء المطلق للشوارد المنفصلة ولكن التجمعات الاتحادية المحتملة بين هذه الشوارد، أي بمعنى آخر حساب شوارد الصيغة الملحية والتي تسمى بالأملاح المفترضة.

تبين نتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية المأخوذة والصيغ الكيميائية للأملاح والتي قمنا بحسابها جدول (5)، بأن الدورة الرشحية تلعب دوراً رئيسياً في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في حوض اللاذقية، ويتجلى ذلك من خلال تشكل عدد كبير من الصيغ الملحية، وخاصة أملاح الكربونات والسلفات ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)، MgSO_4 , CaSO_4 , $(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)$ ، وبأن دورات التجاوز البحري والرسوبيات البحرية التي تحتوي فلزات المغنيزيوم والكلور إضافة إلى تداخلات المياه البحرية في المنطقة القريبة من الشاطئ تركت بصماتها على التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وقد تجلى ذلك من خلال تشكل الصيغ الملحية الآتية (MgCl_2 , NaCl)، أما تشكل ملح (Na_2SO_4) فيعود غالباً إلى ذوبان الفلزات السولفاتية وخصوصاً (الجص) الموجودة في اللحيات الرباعية المنتشرة في هذه المنطقة والتي تصل سماكتها إلى (30م) في بعض المواقع، وكذلك إلى ذوبان المخلفات الزراعية وتسربها مع المياه الراشحة، ولتأكيد أصل المياه الجوفية في منطقة الدراسة ومن ثم تحديد الظروف المنشئية لتشكلها استخدمنا مخطط سولين شكل (4) حيث تشير العينات الممتلئة على هذا المخطط إلى مياه ذات أصل جوي (قارية) في أحواض مفتوحة تمتاز بتبادل مائي نشيط، وهي من النمط الكبريتي الصودي، ويتشكل فيها ملح (Na_2SO_4) باستثناء عينة واحدة تشكل فيها ملح (MgCl_2) البئر L6، وهذا يمكن إرجاعه إلى وجود رسوبيات بحرية في المقطع الستراتيغرافي تحتوي فلزات المغنيزيوم والكلور في هذه المنطقة بالإضافة إلى قرب هذا البئر من البحر، وبالتالي تأثير مياه البحر كأحد مصادر تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في هذه المنطقة.

جدول(5) يوضح الأملاح المفترضة (epm%)

الاسم البئر	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	CaCl_2	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	MgSO_4	MgCl_2	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	Na_2SO_4	NaCl	KCL	NaNO_3	KNO_3
L1	61.65			6.29	14.22			3.51	12.38	0.22		1.5
L2	54.51	8.11			12.93	3.29			16.95		1.64	2.47
L3	52.20			2.02	19.06			1.62	23.01		0.53	1.51
L4	59.08	12.56			5.62	3.95			14.40		2.16	2.16
L5	62.18			3.41	8.86	7.57			12.06		4.41	1.46
L6	56.29				13.61			3.57	19.5		2.53	4.43
L7	52.1			19.2	9.59	2.07			11.7		4.08	1.1
L8	52.41			4.87	11.66			4.43	22.01		3.36	1.20

لقد دلت نتائج التحاليل الكيميائية جدول (3) والعوامل المؤثرة على الخواص الكيميائية للمياه الجوفية بأن الملوحة في منطقة الدراسة لا تتأثر باتجاه الحركة بشكل واضح، ويعزى ذلك إلى تعدد مسارات الحركة وقصرها وإلى شدة التبادل المائي في المنظومة الهيدروجيولوجية لمنطقة الدراسة ومن ثم تقليل زمن التماس بين المياه والصخور، وهي عموماً تملك علاقة ارتباط إيجابية قوية مع كل من شوارد (Cl^- ، Na^+ ، SO_4^{2-} ، HCO_3^-) حيث بلغت معاملات الارتباط في التحليل الاحصائي لمتوسط فترات المراقبة الثلاث القيم الآتية على التوالي جدول (6):

($r=0.9$ ، $r=0.89$ ، $r=0.8$ ، $r=0.679$) وبلغ تركيز البيكربونات في منطقة الدراسة 410 ملغ/ل كأعلى قيمة في البئر L3 وأدنى قيمة 316 ملغ/ل في البئر L4 وهي تمتلك علاقة ارتباط إيجابية مع كل من شوارد المغنيزيوم والكلور والسولفات والنترات، وبلغت معاملات الارتباط القيم الآتية على التوالي:

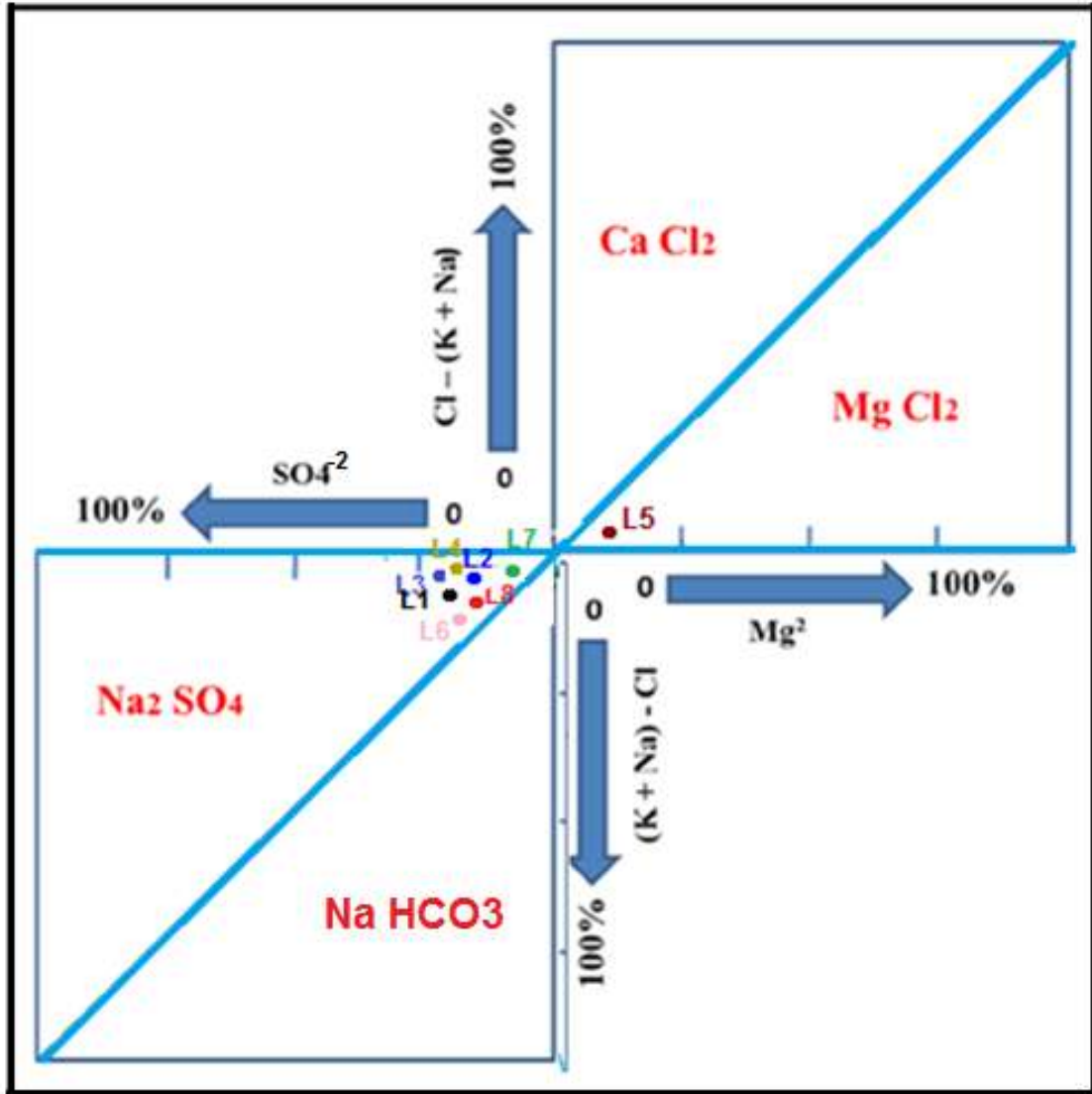
($r=0.5$ ، $r=0.6$ ، $r=0.7$) وهذا يؤكد مرة أخرى على أن الهطولات المطرية تعد أحد أهم مصادر التغذية الأساسية للمياه الجوفية في هذه المنطقة، وهي تلعب دوراً أساسياً في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية (الدورة الرشحية) فعندما تتسرب المياه الحاوية على غاز ثاني أكسيد الكربون داخل طبقات المقطع الجيولوجي الكربوناتية والمارلية تقوم بحل هذه الصخور وبالتالي تم إغناؤها بالكربونات التي يتزايد تركيزها مع زيادة عمق تسرب المياه، وهذا يفسر سيطرة السحنة البيكربوناتية في منطقة الدراسة وزيادة هذه التراكيز في مناطق انتشار الغطاء النباتي بسبب زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون العضوي.

أما قيم شاردي الكالسيوم والمغنيزيوم فتتراوح لكل منهما بين (80-138 ملغ/ل) و (10-30 ملغ/ل) على التوالي مع عدم وجود توافق في توزع هاتين الشارديتين واتجاه حركة المياه الجوفية حيث لم يلاحظ وجود تغيرات جوهرية في قيم هذه التراكيز ضمن آبار المنطقة، وهذه صفة تعتبر مميزة للمناطق التي تتصف بطريق رشح قصيرة. كما لوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية بين هاتين الشارديتين ($r=-0.46$) وهذا يدل على أن منشأ الكالسيوم والمغنيزيوم من مصدرين مختلفين كما تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين كل من المغنيزيوم والنترات والكبريتات والبوتاسيوم حيث بلغت قيم معامل الارتباط على التوالي ($r=-0.45$ ، $r=-0.2$ ، $r=-0.2$) جدول (6) مما يدل على عدم وجود أي مصدر عضوي لهذه الشاردة في مياه منطقة الدراسة وإن وجد فهو ضعيف وبالتالي فإن مصدر شاردة المغنيزيوم في المنطقة هو الصخور المارلية والغضاريات ويفسر ارتفاع تراكيز الكالسيوم في بعض الآبار وخصوصاً في المناطق التي تشهد نشاطاً زراعياً مكثفاً ووجود فلزات جصية في اللحيات الرباعية لمنطقة الدراسة والتي يؤدي ذوبانها إلى ارتفاع تركيز كل من الكالسيوم والسولفات في المياه حيث لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين الكالسيوم وكل من السولفات والبوتاسيوم على التوالي ($r=0.66$ ، $r=0.77$).

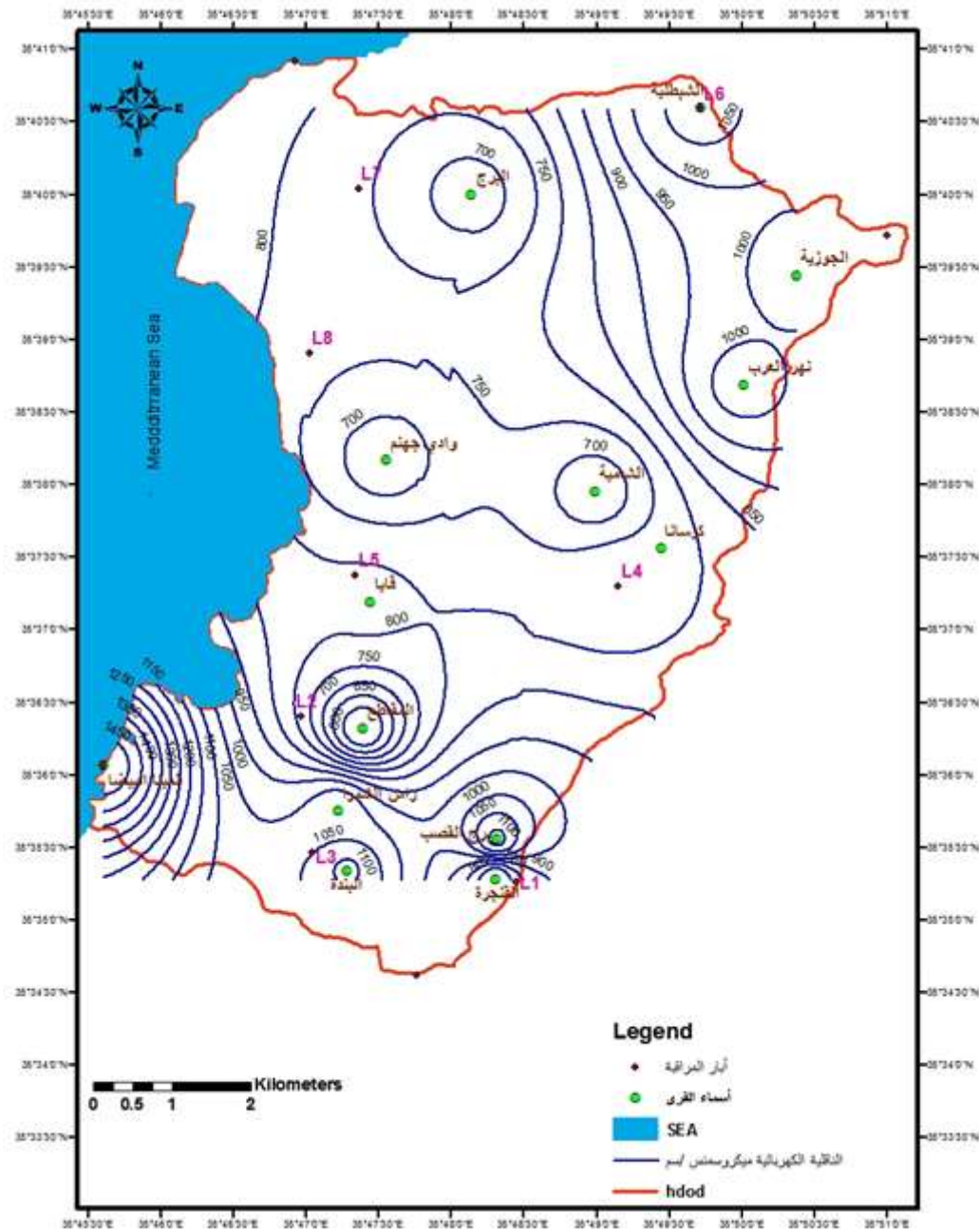
أما شارديتا الصوديوم والكلور فتراكيزهما متشابهة في منطقة الدراسة، وقد سجلت أعلى قيمة لشاردة الصوديوم (71.1) ملغ/ل وشاردة الكلور (80 ملغ/ل) في البئر L3 يتلازم وجود الكلور في المياه الطبيعية كقاعدة عامة مع وجود الصوديوم، وهذا يدل على أن تشكلهما يتم بطرائق متشابهة ومن مصدر واحد غالباً في منطقة الدراسة وهو أملاحهما السهلة الانحلال بالماء وخصوصاً رقائق الهاليت الموجودة في اللحيات الرباعية حيث لوحظ علاقة ارتباط قوية بينهما ($r=0.9$).

إن نتائج التحاليل أكدت صلاحية المياه في منطقة الدراسة للشرب حيث كانت قيم تراكيز العناصر جميعها ضمن الحدود المسموح بها جدول (3، 2) حسب جدول المواصفة القياسية السورية، كما أثبتت هذه التحاليل صحة تصورتنا

عن البنية الهيدروجيولوجية للمنطقة وصفاتها وخصائصها الهيدروديناميكية، وهو امتلاك الجريانات المائية الأساسية فيها لعلاقة هيدروليكية فيما بينها وبالتالي تشكيلها جرياناً مائياً واحداً ذي خصائص متجانسة في أغلب أجزائه.



الشكل (4) مخطط سولين موضح عليه مواقع العينات



الشكل (5) خريطة الناقلية الكهربائية (ميكروسمنس /سم) لمنطقة الدراسة.

جدول (6) متوسط معاملات الارتباط بين العناصر

		علاقات الارتباط لمتوسط الفترات الثلاث									
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	TDS
Ca ²⁺	1										
Mg ²⁺	-.466-	1									
Na ⁺	.179	.158	1								
K ⁺	.774*	-.448-	.062	1							
Cl ⁻	.470	.127	.909**	.341	1						
SO ₄ ⁻	.664	-.017-	.623	.703	.780*	1					

HCO ₃ ⁻	.256	.619	.544	.203	.633	.746*	1			
NO ₃ ⁻	-.273-	-.226-	.202	.053	.144	-.195-	-.471-	1		
NO ₂ ⁻	.121	.456	.498	.029	.568	.452	.580	-1.103-	1	
NH ₄ ⁺	-.642-	.575	.167	-.615-	.002	-.219-	.216	.009	-.156-	1
TDS	.508	.128	.894**	.408	.991**	.824*	.674	.109	.530	-.036-

صلاحية المياه الجوفية لأغراض الزراعة

أما بالنسبة لتقييم صلاحيتها للري فقد اعتمدنا على معيارين أساسيين هما نسبة الصوديوم (Na%) ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) والناقلية الكهربائية. [14,13] حيث أن

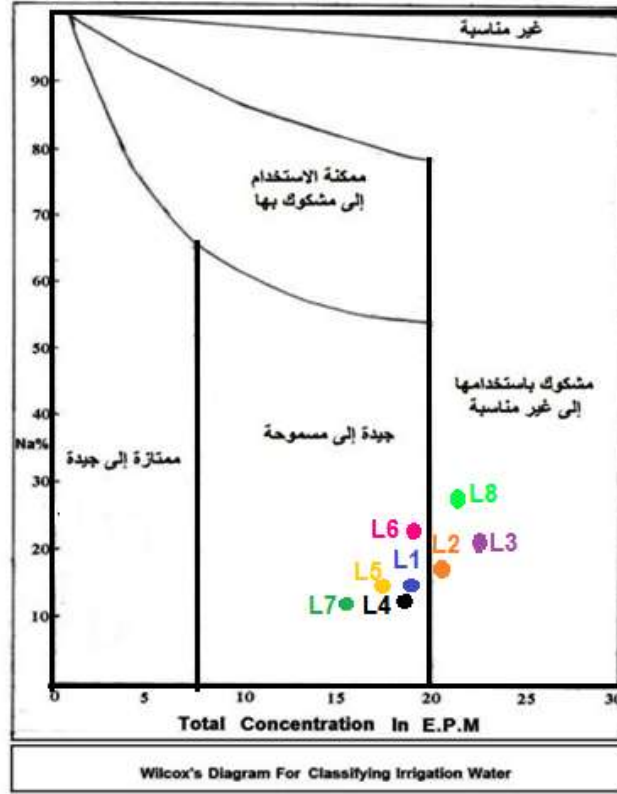
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \text{ موضحة في الجدول (7)}$$

تصنف المياه الجوفية في منطقة الدراسة وفقاً لنسبة SAR بأنها ذات نسبة ادمصاص صوديوم صغيرة تتراوح بين (1 و 4) وبالتالي يمكن استخدامها لري كافة الترب.

جدول (7) تصنيف المياه المستخدمة في الري حسب نسبة ادمصاص الصوديوم

Na%	TDS (mg/l)	SAR%	الرقم المتسلسل
15.89	361.66	4.9	L1
18.603	506	2.9	L2
25.17	561.33	4.16	L3
16.46	398.33	2.58	L4
16.48	398.3	2.57	L5
25.61	449.6	4.3	L6
15.78	341.3	2.45	L7
29.81	361.66	5.07	L8

أما تمثيل نسبة الصوديوم على مخطط "ويلكوس" فقد أظهر أن عينات المياه المحللة رقم (L7، L6، L5، L4، L1) وقعت في صف الجيدة حيث تراوح محتوى الصوديوم بين (15.78 - 25.61). وبذلك يمكن استخدام هذه المياه في الري كون تلك النسبة مسموح بها ومقبولة. أما العينات (L8، L3، L2) فقد جاءت في صف المشكوك باستخدامها إلى غير المناسب أي أنها غير مضمونة النتائج كما هو مبين في الشكل (5)



الشكل (5) مخطط ويلكوس ومواقع العينات المائية

لفرض تحديد صلاحية المياه للأغراض الزراعية أيضاً تم الاعتماد أيضاً على تصنيف (RICHARDS 1954) الجدول (8) الذي يعتمد على نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) والناقلية الكهربائية (EC)، اعتماداً على تصنيف (RICHARDS 1954) وحسب النتائج المسجلة في الجدول (7) تبين أن المياه الجوفية في المنطقة تنتمي إلى صف (C₂S₁) الآبار (L7، L5، L4، L1) وإلى صف (C₃S₁) الآبار (L8، L6، L3، L2) أي في صف الجيد إلى المسموح.

لاحظنا بأن هناك تطابقاً بين هذا التصنيف وتصنيف ويلكوس.

جدول (8) صلاحية المياه للأغراض الزراعية (حسب تصنيف RICHARDS 1954)

SAR	INDEX	EC	INDEX
10	S1	250 -	C ₁
>10 - <18	S2	>250 - <750	C ₂
>18 - <26	S3	>750 - <2250	C ₃
>26	S4	>2250	C ₄
C ₁ S ₁		Excellent	ممتاز
C ₂ S ₂ ، C ₂ S ₁ ، C ₁ S ₂		Good	جيد
C ₃ S ₁ ، C ₁ S ₃		Permissible	مسموح
C ₃ S ₃ ، C ₃ S ₂ ، C ₂ S ₃		Marginal	هامشي
C ₄ S ₂ ، C ₄ S ₁ ، C ₃ S ₄ ، C ₂ S ₄ ، C ₁ S ₄		Poor	رديء
C ₄ C ₄ ، C ₄ S ₃		Very poor	رديء جداً

الاستنتاجات والتوصيات

- 1- تتميز منطقة الدراسة بوجود نمط هيدروكيميائي أساسي:
 - مياه جوفية هيدروكربونية تتمتع بملوحة من بضع مئات من ملغ/ل ولا تتجاوز 1 غ/ل، وضمن الكاتيونات تسيطر شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم وأحياناً الصوديوم.
 - 2- غياب التغيرات الحادة سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه حركة المياه الجوفية، وهذا يفسر بقصر طريق الرشح وبالتالي قصر الفترة الزمنية لتأثير العمليات الفيزيوكيميائية بين المياه والصخور، وأيضاً بانتشار التوضعات الغضارية والمالية ذات الصفات الرشحية التي لا تسمح بالنقل الجيد لنواتج هذه العمليات.
 - 3- المياه الجوفية في أغلب آبار المنطقة غير ملوثة بالمياه البحرية، وهذا ما دلت عليه النسبة الجيوكيميائية (Cl^-/HCO_3^-) ويمكن إرجاع وجود ملحي $CaCl_2$ ، $MgCl_2$ في بعض العينات المحللة إلى وجود رسوبات بحرية في المقطع الستراتيغرافي تحوي فلزات المغنيزيوم والكلور في هذه المنطقة، بالإضافة إلى قرب الآبار التي أخذت منها هذه العينات من البحر (بئر المينا البيضاء كمثال).
 - 4- أن حساب بعض المعايير (SAR، Na%) يؤكد صلاحية المياه الجوفية في هذه المنطقة للري .
 - 5- إن الجريانات المائية في مختلف الحوامل المائية تملك علاقة هيدروليكية فيما بينها وبالتالي تشكل جرياناً مائياً واحداً ذي خصائص متجانسة في أغلب أجزائه، بسبب عدم الاختلاف الكبير في الخصائص الهيدروكيميائية سواء بالملوحة أم بالتركيب الكيميائي.
- ومن خلال كل ما سبق نوصي بإنشاء شبكة مراقبة منتظمة لرصد نوعية المياه الجوفية بشكل منتظم، ومراقبة تطور تلك النوعية مع الزمن بالإضافة إلى إجراء كافة التحاليل الكيميائية والفيزيائية والجرثومية لتقييم صلاحيتها للشرب، بالإضافة إلى تقييم قابلية الطبقة المائية للتلوث وحظر استثمار الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة في المناطق القريبة من البحر، لأنها مهددة بتداخل مياه البحر ضمن طبقة المياه الجوفية العذبة.

المراجع:

1. محمد، أحمد محمد. التقييم الهيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية المتوضعة في الصخور الكربوناتيية لحوض نهر عفرين، مجلة بحوث جامعة تشرين - سوريا، 2004، المجلد (26)، العدد (1)،
2. *PRINCIPLES OF hydrogeology hydrogeochemistry*، Nedra، pub.، MOSSCOW، (IN *Russin*) of kratkof.
3. بيتيفا، (ك. إ). الهيدروجيوكيمياء - تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية. موسكو، 1978، 328. (باللغة الروسية).
4. عجميان، جاك. وآخرون. المذكرة الإيضاحية لرقعة اللانقية، مقياس 1/50000، 50000/1، N - 1 - 36 - X - 4 - b، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، 1997، 181.
5. سيد علي، لمى أحمد. إدارة موارد المياه الجوفية في منطقة برج إسلام. رسالة ماجستير، بإشراف أ.د. علي الأسعد؛ د.م. شريف حايك، جامعة تشرين، 2011، 135.
6. مديرية الموارد المائية، حوض الساحل، اللانقية. 2009 : معلومات موثقة.

7. غروز غيبير فود خوذ - تبيلسي. *التحريات الهيدروجيولوجية والهيدروولوجية للأحواض الأربعة (سورية - حوض الساحل)*. أربعة مجلدات، 1979، 200.
8. مشروع الإدارة المتكاملة لحوض الساحل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي GIS. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - دمشق، 2005.
9. رجب، نداء سعدالله. *دراسة هيدروجيولوجية متكاملة لتقييم ظروف تشكل المياه الجوفية في حوض اللاذقية* رسالة ماجستير بإشراف أ.د أحمد محمد؛ جامعة تشرين، 2014، 137.
10. غافيتش، إ.ك. *الهيدروجيوديناميكا*. موسكو، 1988، 349. (باللغة الروسية)
11. GIRVODHOZ، USSR. *Irrigation construction on an area of about 14 thos. hectares at the Region of nahr al kabir river dam in the arab repuplic of Syria (final Design)*, part III 1980.
12. DOMENICO، P.A. and SCHWARTZ، F.W. *Physical and Chemical hydrology*. John wiley and sons Inc, 1990, 824.
13. EUGENE, P;ADINA, P. and BIANCA, P. *Ground water geochemistry of the yucatan peninsula mexico: Constraints on stratigraphy and Hydrogeology*. journal of Hydrology 367, 2009, 27 – 40 Science direct. 2012.
<www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticlistURL&_method=Iist&ArticlelistID=-230309781&_sort=r&_st=13&view=C&_acct=C000228598&_version=1&_urlversion=0&_userid=10&md5=53d5fd99c7266ea93804d4f46c60e70a&searchtype=a>
14. SANDRA, M.B. and George, L.L. *Regionacl ground water Flow and geochemistry in the Midwestern basins and Arches aquifer sestem in parts of Indiana، Ohio، Michigan، IL Lionois, us geology survey*. 2000, 103.
15. المصلح، شهلة صالح زكي. *هيدروكيميائية المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للاستخدام في منطقة الشعباني - البوارة، وسط غرب العراق، مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية - العراق، 2012، المجلد (8)، العدد (1)*.