----- المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد 14، العدد 1، ص 1 – 18، 2014----

هيدروجيوكيميائية آبار مختارة على ضفتي نهر دجلة في منطقة الموصل/ شمال العراق

عدي محمد صالح عثمان الباججي

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2012/10/3 ، تاريخ القبول 2013/6/26)

الملخص

شملت الدراسة الحالية منطقتين على جانبي نهر دجلة والمتمثلة بمنطقة الكبة في الجانب الأيسر ومنطقة حاوي الكنيسة في الجانب الأيمن من مدينة الموصل لغرض تقييم نوعية المياه الجوفية عبر مجموعة من الآبار المختارة في كلا المنطقتين والمقارنة بينهما لتحديد صلاحيتها لإغراض الري، لاسيما وأن المنطقتين تقعان ضمن المناطق المستغلة للزراعة.

أجريت مجموعة من التحاليل الكيميائية للأيونات الرئيسة والتي تشمل (Ca^{+2},Mg^{+2},Na^{+}, K^{+1},HCO_3^{-1}, SO_4^{-2}, Cl^{-1})، فضلا عن دراسة بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية المتعلقة بنوعية المياه مثل الدالة الحامضية (pH) والإيصالية الكهربائية (E.C) والعسرة الكلية (T.H) وتركيز الأملاح الكلية المذابة (T.D.S)، وقد أجريت بعض التصانيف لغرض تقييم نوعية المياه لإغراض الري، وأظهرت نتائج البحث بشكل عام أن مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة معظمها ذات تراكيز مرتفعة من هذه الأيونات والأملاح مقارنةً مع مياه آبار منطقة الكبة ، ويعزى هذا الارتفاع بالتراكيز إلى قابلية ذوبان الأطوار المعدنية لصخور المتبخرات والحجر الجيري لتكوين فتحة حيث أن مياه هذه الآبار هي مزيج بين المياه الجوفية العائدة للترسبات الحديثة والمياه الجوفية العائدة لهذا التكوين فضلا عن أن مياه الأمطار تعمل على غسل وإذابة المنكشفات الصخرية للتكوين نفسه في هذه المنطقة، كذلك تأثير العيون الكبريتية الموجودة والقريبة من المنطقة مثل عين كبريت والعيون الموجودة على طول امتداد فالق حاوي الكنيسة، مما أدى الى إزدياد تركيز أيون الكبريتات (SO_4^{-2}) بشكل ملحوظ.

الكلمات الدالة: هيدروجيوكيميائية، آبار، نهر دجلة، التركيب الكيميائي، العراق.

Hydrogeochemistry of Selected Wells on Both Banks of the Tigris River in Mosul Area/ Northern Iraq

Oday M. S. O. Al-Bachachi

Department of Geology
College of Science
University of Mosul

ABSTRACT

The present study included the evaluation of ground water at two areas; Gobba on the left and Hawi Al-Kaneesa on the right bank of the Tigris River at city of Mosul. Water evaluation was carried out through the comparison of the analytical dataofwater samples collected from wells at the two areas and the determination of their suitability for irrigation, as the two areas are within the utilized agricultural areas in Mosul governorate.

Chemical analysis for the major cations (Ca^{+2}, Mg^{+2},Na^{+1}, K^{+1}) and the anions (HCO_3^{-1}, Cl^{-1},SO_4^{-2}) were carried out. Also, some physical and chemical properties related to water specification, like hydrogen ion Concentration (pH), electrical conductivity (EC), total hardness (TH) and total dissolved salts (TDS) were determined.

For the purpose of evaluation of water quality for irrigation, some water classifications were carried out. Results have shown that most of Hawi AL-Kaneesa well water were relatively rich in the determined cations and anions. This is attributed to the relatively high solubility of Fatha formation evaporates. These well- waters are considered to be a mixture of recent deposits and Fatha formation ground waters. Also, rain waters rinse and dissolved the outcrops of this formation in this area. There is also the effect of the sulphur springs present at or near the study area like Ain–Kibrit (sulphur spring) and other springs along the fault of Hawi AL-Kaneesa that result in increasing (SO_4^{-2}) as significantly observed.

Keyword: Hydrogeochemistry, Wells, Tigris River, Chemical Composition, Iraq.

المقدمة

من المعروف أن الموارد المائية المتاحة للاستخدام في تناقص مستمر نتيجة للزيادة السكانية وزيادة معدلات الطلب للمياه، لذلك أصبح من الضروري التوسع في الدراسات والأبحاث للكشف عن المياه الجوفية واستثمارها. وفي أية دراسة لتقييم مصادر المياه الجوفية فإن نوعية المياه لا تقل أهمية عن كميتها، وإن الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية لهذه المياه لها أهمية في تحديد مدى صلاحيتها في الاستخدام المنزلي أو في مجال الزراعة والري (Hamil and Bell,1986). استهدفت الدراسة منطقتين قريبتين من

مدينة الموصل على جانبي نهر دجلة والمتمثلة بمنطقة الكبة الواقعة في الجانب الأيسر من النهر ومنطقة حاوي الكنيسة الواقعة في الجانب الأيمن منه، لغرض تقييم نوعية المياه الجوفية عبر مجموعة من الآبار المختارة في هاتين المنطقتين والمقارنة بينهما لتحديد صلاحيتهما لأغراض الري لاسيما وأن المنطقتين تقعان ضمن المناطق المستغلة للزراعة.

جيولوجية المنطقة

تقع مدينة الموصل من الناحية التركيبية ضمن قطاع الطيات (Folded Zone) وبشكل أدق تقع ضمن نطاق أقدام التلال (Foot Hill Zone) (Bolton,1958)، وبهذا التعريف فإن المنطقة تعد من المناطق المستقرة نسبيا إذا ما قورنت بالمناطق الموجودة إلى الشمال الشرقي من قطاع الطيات. كذلك وجود بعض الفوالق على الجانب الأيمن من المدينة منها فالق حاوي الكنيسة والذي أدى إلى رفع المنطقة مؤديا بذلك إلى انكشاف تكوين فتحة في معظم أجزاء هذا الجانب ويعد هذا الفالق امتدادا لفالق الموصل – حمام العليل (Al-Shaikh, 1975). وقد أشار (محمد أديب ،1988) إلى وجود العيون التي يصاحبها خروج مواد قيرية وكبريتية على طول فالق حاوي الكنيسة.

من الناحية الطباقية تقع مدينة الموصل على تكوين فتحة حيث يعد من التكاوين المهمة في العراق بما يمثله من صخور غطاء (Cap rocks) لمعظم التراكيب الجيولوجية الحاملة للنفط ويعود عمر هذا التكوين إلى المايوسين الأوسط (Middle Miocene). صخور هذا التكوين بصورة عامة هي تعاقبات من الانهيدرايت، الجبس والملح الصخري (NaCl)، متداخلة مع الحجر الجيري، المارل، والصخور الفتاتية الناعمة الحبيبات نسبيا (Buday,1980)، حيث تنكشف صخور هذا التكوين في مواضع كثيرة من الجانب الأيمن للنهر. إضافة إلى تكوين فتحة، تغطي الأجزاء القريبة من النهر أو ضفاف النهر ترسبات حديثة التكوين (الترسبات النهرية الحديثة العائدة للعصر الرباعي والمتمثلة برواسب السهل الفيضي (Flood plain deposits) والتربة المتبقية(Residual soil)) وهي مناطق سهلة منبسطة خالية من التراكيب السطحية الجيولوجية تكونت نتيجة ترسبات النهر بفعل الفيضانات التي اجتاحت المنطقة خلال الفترة السابقة. وتتألف الطبقات العليا من ترسبات الطين، الغرين، الرمل الناعم الحديثة الترسيب بفعل الفيضانات. ومصدر هذه الترسبات الحديثة هي المناطق الجبلية الواقعة شمال العراق والتي يأتي بها النهر (نهر دجلة)، وإن تلك الترسبات هي نتيجة تعرض الجبال لعوامل التعرية من قبل الأنهار والجداول والسيول(السياب وآخرون، 1982).

تقع آبار كلا المنطقتين ضمن هذه الترسبات النهرية الحديثة (الشكل 1). وقد كانت الآبار من منطقة الكبة آبار سطحية لا يتجاوز عمقها بين (5-6) متر أي ضمن هذه الترسبات النهرية، وهذا ما تمت مشاهدته حقليا. أما بالنسبة لآبار منطقة حاوي الكنيسة فقد كان البئران 3B و 5B سطحيين، أما باقي الآبار فقد

كانت عميقة يتجاوز عمقها 60 مترا، ولهذا فإن مياه هذه الآبار هي مزيج من المياه الجوفية العائدة للترسبات الحديثة والمياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة، وهذا ماأدى إلى رفع تراكيز الأيونات في مياه هذه الآبار.

النمذجة وطرائق العمل

تم اختيار 14 بئر موزعة على منطقة الدراسة بواقع سبعة آبار لكل من منطقتي الكبة وحاوي الكنيسة (الشكل 1). وقد أجريت عملية النمذجة خلال شهر تشرين الأول وذلك لقياس بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لمياه كلا المنطقتين والمقارنة بينهما. أجريت قياسات الدالة الحامضية (pH) والإيصالية الكهربائية (E.C) والأملاح الكلية الذائبة (T.D.S) باستخدام جهاز حقلي من نوع (pcs Tester 35 multi parameter). وأجريت قياسات العسرة الكلية (TH) والأيونات (Ca^{+2}, Mg^{+2}) بطريقة التسحيح مع المحلول القياسي (EDTA) (Vogel, 1961)، وأيون الكلور (Cl^{-1}) بالتسحيح مع نترات الفضة، والبيكاربونات (HCO_3^{-1}) بالتسحيح مع حامض HCl (عباوي وحسن،1990). وقد أجريت هذه القياسات في مختبر الجيوكيمياء tفي قسم علوم الأرض بجامعة الموصل، وتم قياس الكبريتات (SO_4^{-2}) بجهاز (Spectrophotometer) في مختبر مركز بحوث السدود والموارد المائية أما الأيونان (K^{+1} , Na^{+1}) فقد تم قياسهما باستخدام جهاز طيف اللهب (photometer -Flame) في مختبر البيئة كلية الهندسة بجامعة الموصل.

النتائج والمناقشة

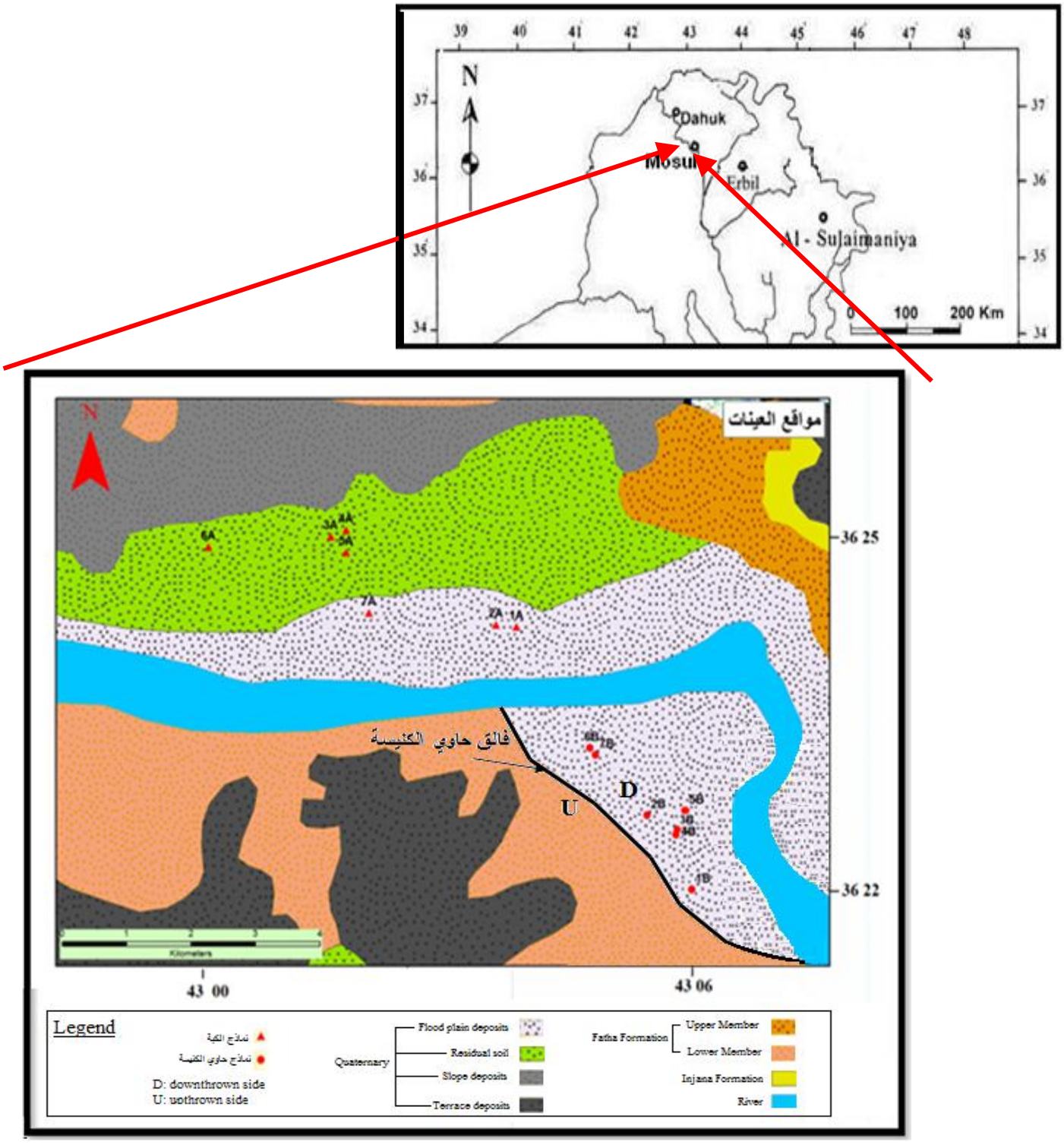
الخصائص الفيزيائية والكيميائية

الدالة الحامضية (pH)

تؤثر قيم الدالة الحامضية بشكل مباشر على كيميائية المياه، وأن الانخفاض والارتفاع في الدالة الحامضية قد يحدث بشكل طبيعي بسبب حركة المياه الجوفية واختلاطها مع نوعيات مختلفة من المياه ومرورها عبر طبقات صخرية مختلفة (Sen, 2008). تراوحت قيم الدالة الحامضية بين (7.2- 7.0) وبمعدل (7.1) وبين (6.8-7.1) وبمعدل (6.9) لكل من منطقتي الكبة وحاوي الكنيسة على التوالي (الجدول 1). ونلاحظ أن قيمة الدالة الحامضية لمنطقة حاوي الكنيسة منخفضة نسبيا عن قيمتها لمنطقة الكبة، وقد يكون سبب هذا الانخفاض في الدالة الحامضية هو احتواؤها على الغازات الحامضية العضوية واللاعضوية، أو ربما يكون بسبب تحلل بعض المواد العضوية نتيجة الأكسدة الهوائية، فضلا عن تأثير العيون الموجودة على طول فالق حاوي الكنيسة والتي يصاحبها خروج المواد القيرية والكبريتية كذلك العيون الكبريتية القريبة من المنطقة مثل عين كبريت حيث تكثر هذه العيون في صخور تكوين فتحة. وتمتاز هذه العيون بإنخفاض الدالة الحامضية فيها والسبب هو وجود البكتريا اللاهوائية والمواد الهايدروكاربونية إذ يختزل أيون الكبريتات الذائب (SO_4^{-2}) إلى غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) (الدباغ، 2001) كما في التفاعل الآتي:-

$$2H^+ + SO_4^{-2} + CH_4 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + H_2S$$

وأن هذا الانخفاض النسبي في الدالة الحامضية يساهم أيضا بفعاليات ذوبان المكونات الفتاتية الجيرية العائدة للترسبات الحديثة وكذلك الصخور الجيرية ومحتوى صخور المارل من المركبات الكاربوناتية العائدة لتكوين فتحة لهذه المنطقة.



الشكل 1 : خارطة جيولوجية موضح عليها مواقع الآبار المدروسة على جانبي نهر دجلة في منطقة الكبة (**A**) ومنطقة حاوي الكنيسة (**B**)، (الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد، 1995)

الإيصالية الكهربائية (E.C)

تعكس قيم الإيصالية الكهربائية لمياه الآبار محتوى المياه من الأملاح المذابة وترشيحها إلى المياه الجوفية بفعل عمليات الغسل والإذابة للأملاح (Davis & Dewiest, 1966) ويلاحظ من (الجدول 1) أن هذه القيم مرتفعة في مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة والتي تراوحت بين (1230-2700 µm/cm) وبمعدل (2210 µm/cm) مقارنة مع قيمها لمنطقة الكبة والمتراوحة بين (890- 1760 µm/cm) وبمعدل (1259 µm/cm) وهو ما يتناسب مع كمية الأملاح المذابة في مياه كلا المنطقتين.

الجدول 1: الخصائص الفيزيائية لمياه آبار منطقة الدراسة.

المنطقة	رقم البئر	pH	E.C µm/cm	T.H ppm	T.D.S ppm
الكبة	1A	7.1	1760	1050	1420
	2A	7.0	1350	830	1370
	3A	7.0	1190	850	1200
	4A	7.2	1280	890	1320
	5A	7.0	1030	670	1140
	6A	7.1	1310	750	1340
	7A	7.1	890	620	987
المعدل		**7.1**	**1259**	**809**	**1254**
حاوي الكنيسة	1B	6.8	2440	1905	2500
	2B	6.9	2270	1855	2430
	3B	7.1	1880	1575	1820
	4B	6.9	2400	1920	2320
	5B	7.0	1230	1080	1250
	6B	6.9	2550	1910	2150
	7B	6.8	2700	1950	2170
المعدل		**6.9**	**2210**	**1742**	**2091**

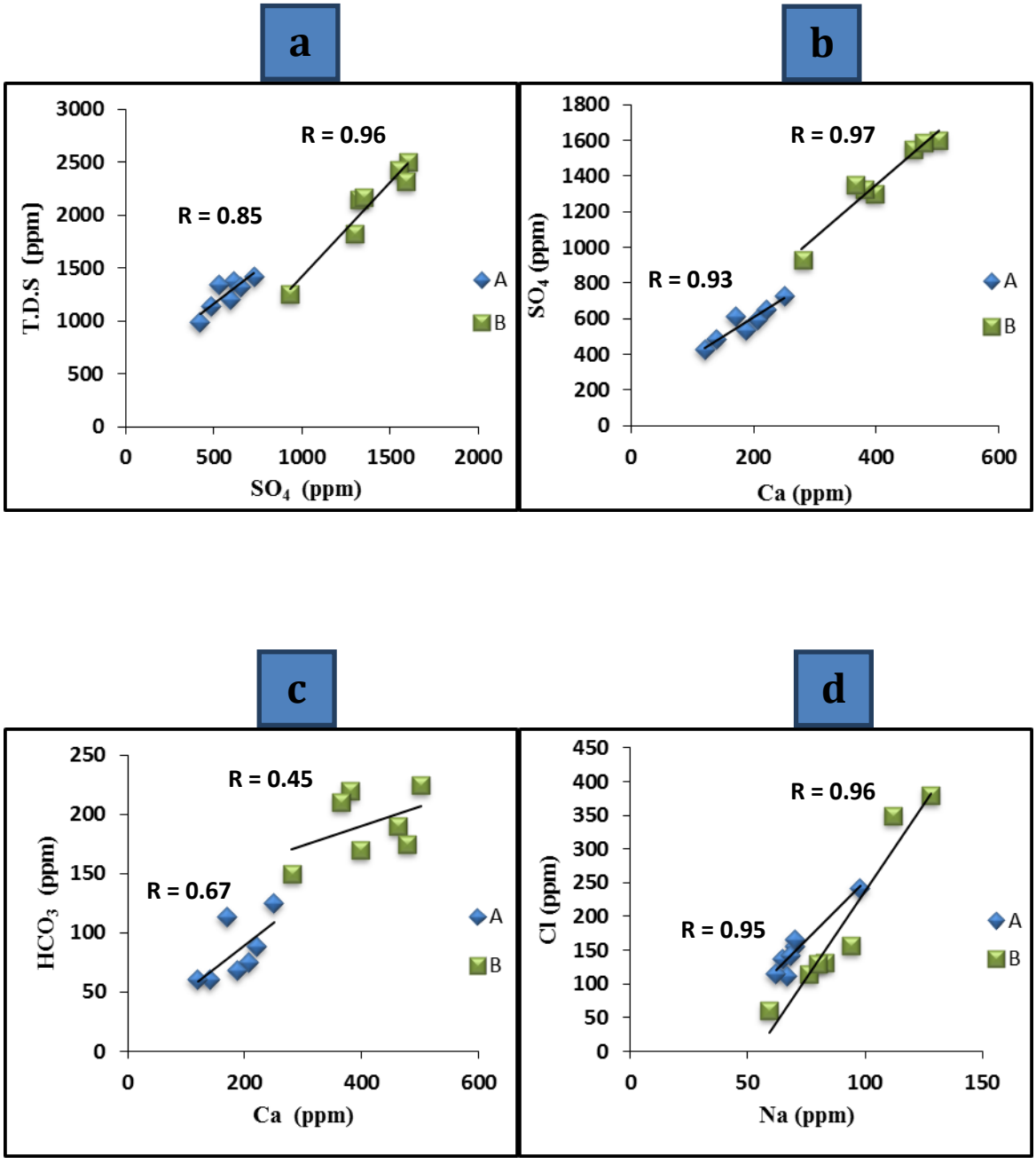
الأملاح المذابة الكلية (T.D.S)

تعبر قيم (T.D.S) عن ملوحة المياه وهي من الصفات الفيزيائية المهمة والمعتمد عليها في تقييم استخدامات المياه، وتعتمد على تراكيز الايونات الكيميائية وبالأخص على أيون الكبريتات (SO_4^{-2}). وتؤثر حركة المياه الجوفية على فعالية إذابة صخور المتبخرات والحجر الجيري ومن ثم رفع تركيز الأملاح المذابة

(Chapelle, 2004). وجد من ملاحظة (الجدول 1) بشكل عام ارتفاع تراكيز الأملاح المذابة في مياه آبار حاوي الكنيسة حيث تراوحت بين (1250-2500 ppm) وبمعدل (2091 ppm)، بينما تراوحت تراكيز الأملاح المذابة في منطقة الكبة بين (987-1420 ppm) وبمعدل (1254ppm)، ويعزى هذا الارتفاع في تراكيز الأملاح المذابة لكلا المنطقتين إلى ارتفاع أيونات الكبريتات (بشكل رئيس) الناتجة عن ذوبان بعض المكونات الفتاتية الموجودة في الرواسب الحديثة والمشتقة من تجوية وتعرية صخور المتبخرات في آبار كلا المنطقتين، يضاف إلى ذلك ازدياد تركيز أيون الكبريتات لآبار منطقة حاوي الكنيسة بسبب امتزاج المياه الجوفية العائدة للترسبات الحديثة مع المياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة كما ذكر سابقا، فضلا عن أن مياه الأمطار تؤدي إلى غسل وإذابة صخور المتبخرات العائدة لهذا التكوين والمنكشفة في منطقة حاوي الكنيسة، وهذا بدوره أدى إلى ازدياد تراكيز الأملاح المذابة في هذه المنطقة مقارنة بمنطقة الكبة. والشكل (2-a) يبين العلاقة الطردية بين SO_4 و T.D.S والبالغة (0.85) و (0.96) لمنطقتي الكبة وحاوي الكنيسة على التوالي. وحسب تصنيف (Davis and Dewiest, 1966) تعد مياه كلا المنطقتين مياه مالحة قليلا (Brackish water).

العسرة الكلية (TH)

تعتمد قيمة العسرة الكلية على تراكيز الأيونات متعددة التكافؤ، ويعد الكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر الأيونات المسببة للعسرة في المياه الطبيعية (Manahan, 2005). تراوحت قيم العسرة الكلية في مياه آبار الكبة بين (620-1050ppm) وبمعدل (809 ppm)، بينما وصلت قيمتها في مياه آبار حاوي الكنيسة بين (1080-1950 ppm) وبمعدل (1742 ppm) (الجدول 1). تتأثر قيم العسرة بشكل رئيس بطبيعة مكونات الطبقات الصخرية الحاوية للمياه (Todd, 1980). وتعد المكونات الفتاتية الموجودة في الرواسب الحديثة والمشتقة من تجوية وتعرية صخور المتبخرات والصخور الكاربوناتية والمارل المصدر الرئيس لارتفاع قيم العسرة الكلية في آبار كلا المنطقتين، كذلك يلاحظ أن قيم العسرة الكلية في مياه آبار حاوي الكنيسة أعلى من قيمها في منطقة الكبة ويعزى ذلك إلى امتزاج مياه آبار هذهِ المنطقة مع المياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة. تصنف مياه كلا المنطقتين اعتمادا على العسرة الكلية بدلالة كاربونات الكالسيوم حسب (Todd and Mays,2005) ضمن صنف المياه العسرة جدا لاحظ (الجدول 2).



الشكل 2: يوضح علاقات بعض المكونات الكيميائية لمياه الآبار.

a – العلاقة بين الكبريتات والأملاح الكلية الذائبة

b – العلاقة بين الكالسيوم والكبريتات

c – العلاقة بين الكالسيوم والبيكاربونات

d – العلاقة بين الصوديوم والكلور

الجدول 2: تصنيف عسرة المياه حسب (Mays, and Todd 2005)

صنف المياه	العسرة الكلية بدلالة كاربونات الكالسيومppm
يسر	أقل من 75
عسر نسبيا	75-150
عسر	150-300
عسر جدا	أكثر من300

الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2}

تأتي مصادر الكالسيوم عادة من ذوبان الأطوار المعدنية الحاملة له في صخور المتبخرات (الجبسوم والأنهايدرات) ومعادن الكاربونيت(الكالسايت والدولومايت) الموجودة في صخور الحجر الجيري والمارل، حيث تساهم هذه الأطوار المعدنية بإغناء المياه الجوفية بالكالسيوم، لاسيما وأن هذه الأطوار لها قابلية الذوبان بالمياه الجوفية (Chapelle, 2004). تعد صخور الدولومايت من أهم المصادر الطبيعية لارتفاع تركيز أيون المغنيسيوم في المياه الجوفية، وعند تعرض هذه الصخور إلى فعاليات الإذابة بفعل المياه الجوفية فإنها تساهم بإغناء المياه بهذا الأيون.

يبلغ معدل تركيز أيون الكالسيوم في آبار الكبة وحاوي الكنيسة (185و409) ppm على التوالي. وتشير العلاقة الطردية القوية بين الكالسيوم والكبريتات في (الشكل 2b) لمنطقتي الكبة وحاوي الكنيسة والبالغة (0.93) و (0.97) على التوالي إلى أن المصدر الأساسي للكالسيوم في كلا المنطقتين هو من ذوبان المكونات الفتاتية الموجودة في الرواسب الحديثة والمشتقة من تجوية وتعرية صخور المتبخرات (الجبسوم)، يضاف إلى ذلك ذوبان صخور الجبسوم الموجودة ضمن تكوين فتحة في آبار حاوي الكنيسة، بسبب قابلية ذوبانها العالية مقارنة بالمكونات الفتاتية الكاربوناتية الموجودة في هذه الرواسب والمشتقة من تجوية وتعرية صخور الحجر الجيري والتي تعتبر المصدر الثاني للكالسيوم كما تشير إليه العلاقة الموجبة بين الكالسيوم والبيكاربونات في(الشكل 2c) والبالغة (0.67) و (0.45) لكلا المنطقتين على التوالي. يلاحظ من (الجدول 3) ارتفاع في تراكيز المغنيسيوم عن الحدود الطبيعية البالغة اقل من 40 ppm بحسب ما أشار إليه (Hamil and Bell,1986) إذ بلغ معدل تركيز المغنيسيوم في مياه آبار الكبة وحاوي الكنيسة حوالي (80 و 160) ppm على التوالي، ويلاحظ أيضا من الجدول نفسه أن تركيز المغنيسيوم في مياه آبار حاوي الكنيسة ضعف ما هو عليه في مياه آبار الكبة والسبب في ذلك يعود إلى امتزاج المياه الجوفية للرواسب الحديثة مع المياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة في منطقة حاوي الكنيسة كما ذكر سابقا. وهذا يبين تأثير صخور المارل في هذا التكوين والتي تحتوي على المعادن الطينية الحاملة للمغنيسيوم، فضلا عن المغنيسيوم

القادم من ذوبان الصخور الكاربوناتية العائدة لهذا التكوين مما يساعد على الانخفاض النسبي للدالة الحامضية لمياه آبار هذه المنطقة.

الجدول 3: الفحوصات الكيميائية لمياه آبار منطقة الدراسة (ppm).

المنطقة	رقم البئر	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	K^{+1}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	Cl^{-1}
الكبة	**1A**	250	95	65	4.3	728	125	137
	2A	170	91	67	3.9	613	113	112
	3A	206	75	70	2.7	595	75	155
	4A	220	76	70	3.2	651	88	165
	5A	140	72	68	1.7	483	60	142
	6A	188	63	98	3.7	533	68	242
	7A	120	72	62	2.3	423	60	115
المعدل		**185**	**78**	**71**	**3.1**	**575**	**84**	**153**
حاوي الكنيسة	**1B**	501	147	76	5.6	1600	225	115
	2B	461	158	83	3.3	1550	190	132
	3B	397	131	80	3.4	1300	170	130
	4B	477	164	94	3.0	1587	175	157
	5B	280	85	59	4.0	930	150	60
	6B	381	215	112	6.6	1325	220	350
	7B	365	233	128	4.7	1350	210	380
المعدل		**409**	**162**	**90**	**4.4**	**1377**	**191**	**189**

الصوديوم Na^{+1} والبوتاسيوم K^{+1}

يعد الصوديوم من الأيونات ذات القابلية العالية على الذوبان والحركة وقد يكون مصدره من مناطق بعيدة أو قريبة وينتقل مع المياه السطحية ويترشح خلال التربة إلى المياه الجوفية. عادة يأتي الصوديوم من ذوبان أملاح الكلوريدات مثل الهالايت في الصخور الرسوبية (Davis and Dewiest, 1966). يبلغ معدل تراكيز الصوديوم في مياه آبار الكبة وحاوي الكنيسة (71 و 90) ppm على التوالي وهي ضمن الحدود الطبيعية التي لا تتجاوز100 ppm (Hamil and Bell, 1986).وتشير العلاقة الطردية القوية بين الصوديوم والكلور في (الشكل 2-d) لمنطقتيالكبة وحاوي الكنيسة والبالغة (0.95) و (0.96)على التوالي الى أن مصدر غالبية الصوديوم هو من ذوبان أملاح الهالايت الثانوية الموجودة في التربة بفعل مياه الأمطار وترشيحها إلى المياه الجوفية. يمتاز البوتاسيوم بقابليته على الامتزاز من قبل المعادن الطينية الموجودة ضمن صخور المارل والتربة والرواسب الحديثة، ولذلك فإن تراكيزه عادة ما تكون منخفضة مقارنة

بأيون الصوديوم، يبين (الجدول 3) انخفاض تركيز البوتاسيوم في مياه الآبار مقارنة بأيون الصوديوم. يبلغ معدل تركيز البوتاسيوم (3.1 و 4.4) ppm لمياه آبار الكبة وحاوي الكنيسة على التوالي، وهي ضمن الحدود الطبيعية والبالغة أقل من 5 ppm (Davis and Dewist, 1966).

الكبريتات $SO4^{-2}$

يبلغ تركيز الكبريتات في الحدود الطبيعية حوالي 100 ppm وإذا زاد عن 200 ppm فإن المياه تصبح ذات طعم مالح وقد تسبب حالات الإسهال وخاصة عند الأطفال (عباوي وحسن، 1990). يبلغ معدل تركيز الكبريتات في مياه آبار حاوي الكنيسة 1377 ppm وهي أعلى من تركيزها في مياه آبار الكبة البالغ معدلها 575 ppm (الجدول 3)، والسبب في ذلك يعود كما ذكر سابقا إلى امتزاج المياه الجوفية العائدة للترسبات الحديث مع المياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة في آبار منطقة حاوي الكنيسة، يضاف إلى ذلك مياه الأمطار وماتسببه من عمليات غسل وإذابة لصخور الجبسوم العائدة لهذا التكوين والمنكشفة في هذه المنطقة كذلك تأثير العيون الكبريتية الموجودة والقريبة من المنطقة مثل عين كبريت والعيون الموجودة على طول امتداد فالق حاوي الكنيسة، مما يؤدي إلى ازدياد تركيز هذا الأيون في هذه المياه.

البيكاربونات HCO_3^{-1}

تعكس تراكيز البيكاربونات في المياه قابلية ذوبان المعادن الكاربوناتية (الكالسايت بشكل رئيس) الموجودة في صخور الحجر الجيري والمارل وكذلك المكونات الصخرية المشتقة من تعرية هذه الصخور، وهذا يعتمد على قيم الدالة الحامضية، إذ ترتفع تراكيز البيكاربونات مع انخفاض الدالة الحامضية (Davis and Deweist, 1966). ويلاحظ من (الجدول 3) ارتفاع تراكيز البيكاربونات في مياه آبار حاوي الكنيسة البالغ معدلها 191 ppm مقارنة بمياه آبار الكبة البالغة 84 ppm كمعدل، والسبب في ذلك يعود كما ذكر سابقا إلى أن المياه الجوفية الموجودة ضمن الترسبات الحديثة في آبار حاوي الكنيسة هي مياه ممزوجة مع المياه الجوفية العائدة لتكوين فتحة مما يؤدي إلى ازدياد تراكيز الأيونات بصورة عامة بما فيها البيكاربونات بسبب ذوبان المعادن الكاربوناتية الموجودة في صخور الحجر الجيري والمارل العائدة لهذا التكوين. فضلا عن أن انخفاض الدالة الحامضية pH في منطقة حاوي الكنيسة نسبة إلى الكبة والبالغ معدلهما 6.9 و 7.1 على التوالي سوف يساهم بفعاليات إذابة المكونات الفتاتية الجيرية العائدة للترسبات الحديثة وكذلك الصخور الجيرية والمركبات الكاربوناتية الموجودة في صخور المارل العائدة لتكوين فتحة.

الكلور Cl^{-1}

يوجد أيون الكلور في جميع أنواع المياه الطبيعية ولكن تركيزه قليل في المياه العذبة والأنهار (Hem, 1985). تساهم المياه السطحية بإذابة أملاح الكلوريدات الثانوية الموجودة في التربة أثناء مرورها ومن ثم ترشيحها إلى المياه الجوفية، لاسيما وأن الكلور من العناصر التي تبقى بحالتها الأيونية بشكل دائم في المياه بسبب قابلية ذوبانها العالية (Mason, 1966)، لذلك فإن تركيز هذا الأيون في المياه الجوفية يعتمد بشكل أساس على نوع الصخور التي تمر خلالها هذه المياه، فضلا عن تأثير درجات الحرارة وما يصاحبها من عملية تبخر. يبلغ معدل تركيز الكلور في منطقة الكبة وحاوي الكنيسة (153و189) ppm على التوالي. نلاحظ في النموذجين6B و 7B لمنطقة حاوي الكنيسة ازديادا ملحوظا في تراكيز كل من الصوديوم Na والكلورCl (الجدول 3) وهذا على الأرجح قد يكون سببه وجود عدسة من الملح الصخري (NaCl) في تلك المنطقة مما أدى إلى ازدياد المعدل لهذين العنصرين لآبار منطقة حاوي الكنيسة مقارنةً مع معدلهما لآبار الكبة.

تقييم نوعية المياه لأغراض الري: تم استخدام بعض المواصفات الفيزيائية مثل الإيصالية الكهربائية (E.C) والأملاح الكلية الذائبة (T.D.S) وبعض المعايير الكيميائية مثل النسبة المئوية للصوديوم (Na %) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) ومحتوى المياه من الكلور والمبينة في (الجدول 4) لغرض تصنيف مياه آبار منطقة الدراسة وبيان مدى ملائمتها للري. تعبر كمية الأملاح الكلية المذابة بشكل عام عن نوعية المياه وخاصة في مجال الري، ويمكن تصنيف المياه اعتمادا على كمية الأملاح المذابة (T.D.S) المحددة للري حسب تصنيف (Train, 1979) وكما هو مبين في (الجدول 5). وعليه فإن مياه آبار منطقة الكبة تعد من المياه التي يمكن أن يكون لها تأثيرات عكسية على كثير من المحاصيل التي تحتاج إلى خبرة شخصية في حالة استعمالها. أما مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة فإن معظمها تعد من المياه التي قد يمكن استخدامها للنباتات التي لها قابلية كبيرة على تحمل الملوحة وفي الترب العالية النفاذية وكذلك تحتاج إلى خبرة شخصية، عدا النموذجين (3B) و (5B) فأن مياه هذين البئرين تعد من المياه التي يمكن أن يكون لها تأثيرات عكسية على كثير من المحاصيل التي تحتاج إلى خبرة شخصية في حالة استعمالها.

الجدول 4: المعايير الكيميائية المستخدمة في تصانيف المياه.

المنطقة	النماذج	Na%	SAR	Cl epm
الكبة	1A	12.1	0.88	3.8
	2A	15.3	1.03	3.2
	3A	15.5	1.06	2.1
	4A	14.9	1.04	2.4
	5A	18.5	1.16	1.7
	6A	22.5	1.58	1.9
	7A	18.3	1.10	1.7
حاوي الكنيسة	1B	8.10	0.77	3.2
	2B	9.10	0.85	3.7
	3B	10.2	0.83	3.7
	4B	9.80	0.95	4.4
	5B	10.8	0.79	1.7
	6B	11.6	1.13	9.8
	7B	12.9	1.29	10.7

الجدول 5: تصنيف مياه الري وفق تراكيز الأملاح الكلية المذابة T.D.S (Train, 1979).

كمية الأملاح المذابة الكلية ppm (T.D.S)	المواصفات
500	المياه لاتسبب تأثيرات ضارة
1000-500	المياه التي قد تسبب تأثيرات ضارة للمحاصيل التي لها حساسية كبيرة
2000-1000	المياه التي يمكن أن يكون لها تأثيرات عكسية على كثير من المحاصيل التي تحتاج إلى خبرة شخصية في حالة استعمالها
5000-2000	المياه التي قد يمكن استخدامها للنباتات التي لها قابلية كبيرة على تحمل الملوحة وفي التربة العالية النفاذية وكذلك تحتاج إلى خبرة شخصية

تعد الإيصالية الكهربائية من الصفات الفيزيائية المهمة في تحديد نوعية المياه فقد صنف مختبر الملوحة الأمريكي مياه الري بالاعتماد على الإيصالية الكهربائية (E.C) وكمية الأملاح الكلية المذابة (T.D.S) إلى أربعة أصناف (C4_C1) (عباوي وحسن، 1990)، واعتمادا على ذلك فإن مياه آبارمنطقة الكبة هي من الصنف C3 حيث يمثل هذا الصنف مياها ذات إيصالية كهربائية تتراوح بين (2250 - 750) µm/cm و T.D.S بين (480 - 1440) ppm وهي مياه ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة وفي ترب ذات نظام بزل وغسل جيدين. أما في آبار منطقة حاوي الكنيسة فإن معظم مياهها هو من الصنف C4 والذي يمثل مياها ذات إيصالية كهربائية أكثر من 2250 µm/cm و T.D.S أكثر من 1440 ppm وهي مياه ملائمة للنباتات التي تتحمل الملوحة العالية مع ضرورة أن تكون الترب نفاذة وذات غسل وبزل شديدين، ماعدا النموذجين رقم (3B) و (5B) فهما من الصنف C3 مع ارتفاع نسبي في قيمة T.D.S للنموذج (3B). وهذا ما يؤيده تصنيف (Rechard, 1954) والذي يعتمد على (E.C) و (SAR) حيث أن مياه آبار منطقة الكبة تقع ضمن الحقل (C3 - S1) بينما مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة فإن معظمها يقع ضمن الحقل (C4 - S1) ما عدا النموذجين (3B) و (5B) والواقعين في الحقل(C3 - S1) (الجدول 6).

اعتمادا على النسبة المئوية للصوديوم (Na%) وعلى الإيصالية الكهربائية (E.C) تم تصنيف مياه آبار الدراسة وفقا لتصنيف ويلكوكس (Wilcox, 1955) وكما هو مبين في (الجدول 7). حيث لوحظ أن مياه آبار منطقة الكبة تقع ضمن المنطقة (الجيدة - المسموح بها) بينما مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة فإن معظمها يقع ضمن المنطقة (المشكوك بها - غير الملائمة) ماعدا النموذجين (3B) و(5B) فهما يقعان ضمن المنطقة (الجيدة - المسموح بها) وهذا ما يتفق مع التصانيف السابقة للمياه.

أما فيما يخص محتوى المياه من الكلور فإن مياه آبار منطقة الكبة تصنف بين قليلة إلى معتدلة الضرر للنبات، بينما يلاحظ أن مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة تكون متفاوتة في شدة الضرر من قليل إلى شديد وكما هو موضح في (الجدول 8) بحسب تصنيف (تايلور واشكروفت، 1972) في (عباوي و حسن، 1990).

الجدول 6: تصنيف مياه الري بالاعتماد على الإيصالية الكهربائية (E.C) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) بحسب تصنيف (Richard,1954).

المنطقة	النماذج	E.C	SAR	الرتبة	الصفة العامة	المواصفات
الكبة	1A	1760	0.88	C3-S1	عالي الملوحة– قليل الصوديوم	الماء لايصلح للمحاصيل الحساسة وخاصة الحمضيات ويصلح استخدامه فقط في الترب التي لاتحتوي على طبقات صلدة تمنع الرشح لأن الترب المستعمل فيها هذا النوع من الماء تحتاج إلى غسل.
	2A	1350	1.03	=		
	3A	1190	1.06	=		
	4A	1280	1.04	=		
	5A	1030	1.16	=		
	6A	1310	1.58	=		
	7A	890	1.10	=		
حاوي الكنيسة	1B	2440	0.77	C4-S1	عالي الملوحة جدا– قليل الصوديوم	يستخدم هذا النوع من ماء الري مع الترب المتوسطة والخشنة النسجة وذات البزل الجيد ومع المحاصيل ذات التحمل الملحي العالي.
	2B	2270	0.85	=		
	3B	1880	0.83	C3-S1	عالي الملوحة– قليل الصوديوم	الماء لايصلح للمحاصيل الحساسة وخاصة الحمضيات ويصلح استخدامه فقط في الترب التي لاتحتوي على طبقات صلدة تمنع الرشح لأن الترب المستعمل فيها هذا النوع من الماء تحتاج إلى غسل.
	4B	2400	0.95	C4-S1	عالي الملوحة جدا– قليل الصوديوم	يستخدم هذا النوع من ماء الري مع الترب المتوسطة والخشنة النسجة وذات البزل الجيد ومع المحاصيل ذات التحمل الملحي العالي.
	5B	1230	0.79	C3-S1	عالي الملوحة– قليل الصوديوم	الماء لايصلح للمحاصيل الحساسة وخاصة الحمضيات ويصلح استخدامه فقط في الترب التي لاتحتوي على طبقات صلدة تمنع الرشح لأن الترب المستعمل فيها هذا النوع من الماء تحتاج إلى غسل.
	6B	2550	1.13	C4-S1	عالي الملوحة جدا– قليل الصوديوم	يستخدم هذا النوع من ماء الري مع الترب المتوسطة والخشنة النسجة وذات البزل الجيد ومع المحاصيل ذات التحمل الملحي العالي.
	7B	2700	1.29	=		

الجدول 7: تصنيف مياه الري بالاعتماد على الإيصالية الكهربائية E.C والنسبة المئوية للصوديوم Na% بحسب تصنيف (Willcox, 1955)

المنطقة	النماذج	E.C	Na%	نوع المياه
الكبة	1A	1760	12.13	الجيدة ــ المسموح بها
	2A	1350	15.30	
	3A	1190	15.50	
	4A	1280	14.90	
	5A	1030	18.50	
	6A	1310	22.50	
	7A	890	18.30	
حاوي الكنيسة	1B	2440	8.10	المشكوك بها ــ غير الملائمة
	2B	2270	9.10	
	3B	1880	10.2	الجيدة ــ المسموح بها
	4B	2400	9.80	المشكوك بها ــ غير الملائمة
	5B	1230	10.8	الجيدة ــ المسموح بها
	6B	2550	11.6	المشكوك بها ــ غير الملائمة
	7B	2700	12.9	

الجدول 8: نوع الضرر اللاحق بالمحصول بسبب محتوى المياه من الكلور بحسب تصنيف (تايلور واشكروفت، 1972) في (عباوي و حسن، 1990).

المنطقة	النماذج	الكلوريد epm	صنف المياه	نوع الضرر اللاحق بالمحاصيل
الكبة	1A	3.8	معتدل	الماء صالح للنباتات المتحملة للكلور مع ظهور أضرار طفيفة إلى متوسطة على النباتات الحساسة للكلور
	2A	3.2	=	
	3A	2.1	=	
	4A	2.4	=	
	5A	1.7	قليل	الماء صالح لجميع النباتات تقريبا
	6A	1.9	=	
	7A	1.7	=	
حاوي الكنيسة	1B	3.2	معتدل	الماء صالح للنباتات المتحملة للكلور مع ظهور أضرار طفيفة إلى متوسطة على النباتات الحساسة للكلور
	2B	3.7	=	
	3B	3.7	=	
	4B	4.4	متوسط	الماء صالح للنباتات جيدة التحمل للكلور مع ظهور أضرار طفيفة إلى متوسطة على النباتات الأقل تحملا للكلور
	5B	1.7	قليل	الماء صالح لجميع النباتات تقريبا
	6B	9.8	شديد	الماء لايزال يصلح للنباتات جيدة التحمل للكلور والتي يمكن أن تظهر عليها أضرار طفيفة إلى متوسطة
	7B	10.7	=	

الاستنتاجات

1- وجود تأثير كبير للمكونات الصخرية لتكوين الفتحة على زيادة الأيونات الذائبة في المياه الجوفية في منطقة حاوي الكنيسة.

2- تأثير العيون الكبريتية الموجودة والقريبة من منطقة حاوي الكنيسة مثل عين كبريت والعيون الموجودة على طول امتداد فالق حاوي الكنيسة، مما أدى الى ازدياد تركيز أيون الكبريتات (SO_4^{-2}) بشكل ملحوظ.

3- حسب تصنيف ريشارد لمياه الري فقد صنفت مياه آبار منطقة الكبة ضمن الصنفC3-S1، أما مياه آبار منطقة حاوي الكنيسة فمعظمها يقع ضمن الصنف C4-S1.

المصادر العربية

الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد، 1995.

السياب، عبدالله شاكر والأنصاري، نضير والراوي، ضياء والجاسم، جاسم علي والعمري، فاروق صنع الله والشيخ، زهير،1982. جيولوجيا العراق، جامعة الموصل، 280 صفحة.

الدباغ، سالم محمود،2001. الجيوكيمياء، جامعة الموصل، 352 صفحة.

عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان، 1990. الهندسة العملية للبيئة - فحوصات الماء. مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 296 صفحة.

محمد اديب، هدير غازي، 1988. تركيبية وطباقية مدينة الموصل- الجانب الأيمن. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم- جامعة الموصل، 168 صفحة.

المصادر الأجنبية

AL-Shaikh, Z. D., 1975. The Mosul – Hammam AL-Alil Fault and it Possible Relation to the Mineral Springs of the Area. Jour. Geol. Soci. Iraq. Special Issue, pp. 69 - 78.

Bolton , C.M.G., 1958. Geological Map - Kurdistan Series, Ranya Area. Site Inr. Co. Report. Som Library, Baghdad.

Buday, T., Kassab, I. I. M. and Jassim, S. Z. 1980. The Regional Geology of Iraq, Stratigraphy and Paleogeography, Dar Al-Kutib Put. H., Univ. of Mosul, Iraq.

Chapelle, F. H., 2004, " Geochemistry of Ground Water", In Holland, H. D., and Turekian, K. K., Treatise on Geochemistry, Surface and Ground Water, Weathering and Soils.Vol. 5, pp. 425 - 449.

Davis, S. N. and Dewiest, R. J. M., 1966, " Hydrogeology " John Wiley and Sons, New York, 108 p.

Hamil, L. and Bell, F. G., 1986. " Ground Water Resource Development", Butterworth, London, 334 p.

Hem, J. D., 1985. " Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water", 3rdedition U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254, 263 p.

Manahan, S. E., 2005, " Environmental Chemistry", CRC press, 8th ed., Washington, USA., 783 p.

Mason, B.,1966. " Principals of Geochemistry", 3rd Edition. Willey International Publication, 324 p.

Richards, S. L. A.,1954. " Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil", V. S. Dept. Agri. Handbook, 60 p.

Sen, Z., 2008. " Wadihydrology", CRC Press, Taylor and Francis Group, 339 p.

Todd, D. K., 1980. "Ground Water Hydrology", 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 278 p.

Todd, D. K. and Mays, L., 2005., '' Ground Water Hydrology '' 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc, 636 p.

Train, R. E., 1979. " Quality Criteria for Water", Castle House Pub. Ltd., London, 256 p.

Vogel, I. A., 1961." A text Book of Quantities Inorganic Analysis", 3rd Ed. 1216p.

Willcox, L. V.,1955. " Classification and Use of Irrigation Water ", U.S. Dept. Agric. Circ. 969, Washington, D. C., 19 p.