الخصائص الهيدروكيميائية لمياه خزان ملصي الجوفي بين الرطبة و الضبعة.

Hydrochemical Characteristics of Groundwater for Mullusi Aquifer between Rutba and Dhabaa Site

Received 24 July 2011 / Accepted 25 June 2013

عبد صالح فياض الدليمي[1] ، بيان محي حسين[2] ، و حسام ناجي مخلف[3]

(1): مركز دراسات الصحراء- العراق.

(2): قسم جيولوجيا الصحراء- العراق.

(3): جامعة الانبار- مركز دراسات الصحراء - العراق.

الملخّص

خلص البحث إلى تحديد الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في خزان ملصي الجوفي بين الرطبة ومحطة ضخ الضبعة. شملت الدراسة قياس مستويات المياه الجوفية وتحليل 21 متغيراً فيزيو- كيميائياً في شبكة مراقبة تتألف من 26 بئراً مائياً (نقطة مراقبة) تم تحديدها على أساس معلومات جرد النقاط المائية و تحديد الموقع الجغرافي باستخدام جهاز GPS نوع GARMIN SUMMIT-e TREX. تم تفسير المعطيات الهيدروكيميائية لمياه الخزانات الجوفية على شكل خرائط توزيع مكانية و موديلات ثلاثية الأبعاد.

تم معالجة و مناقشة النتائج على أساس عمليات الاغناء والاستنزاف في تراكيز الأيونات والعناصر، ومدى علاقته بنتائج موديل الجريان واتجاه حركة المياه الجوفية ومصادر تغذية المياه الجوفية، وذلك لتحديد الظواهر الهيدروكيميائية المتعلقة بكل متغير وعلاقته بخطط الإنتاج والتطوير المستقبلية. أكدت نتائج تفسير الظواهر الهيدروكيميائية و الهيدروجيولوجية وجود بداية تدهور نوعي في المياه الجوفية ناتج عن زيادة في حجم المياه المستخرجة من موقع الضبعة ينبغي معالجتها بتصميم خطة فعالة لإدارة إنتاج منظومة الآبار في محطة الضبعة يمكن الاعتماد عليها في توفير المياه لسكان مدينة الرطبة.

الكلمات المفتاحية : مياه جوفية ، تصنيف هيدروكيميائي، درجة الاغناء و التخفيف ، تحليل مكاني.

Abstract

This research examined the hydrochemical characteristics of the groundwater within the water bearing horizons of Mullusi aquifer between Rutba and Dhabaa pumping station. The monitoring network of groundwater quality consists of twenty one physiochemical variables in (26) water wells were determined on the basis of the water point inventory using GPS apparatus (GARMIN SUMMIT-e TREX). The Hydrochemical data are presented as spatial distribution maps and three dimensional models. The results are correlated with the main differential hydrogeologic control points such as enrichment and depletion processes of mineralization, quality and ground water uses as well as groundwater flow, to determine the hydrogeologic

©2013 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved - ISSN 2305- 5243.

phenomena for development and exploitations. The changes in the chemical composition of ground waters in the study area were examined to draw a picture of spatial distribution for each parameter. The traditional hydrochemical and hydraulic groundwater flow interpretation show same phenomenon of groundwater source and interconnection. Also this study shed light on the initial qualitative deterioration of subsurface water in the artificial discharge zone of Dhabaa pump station.

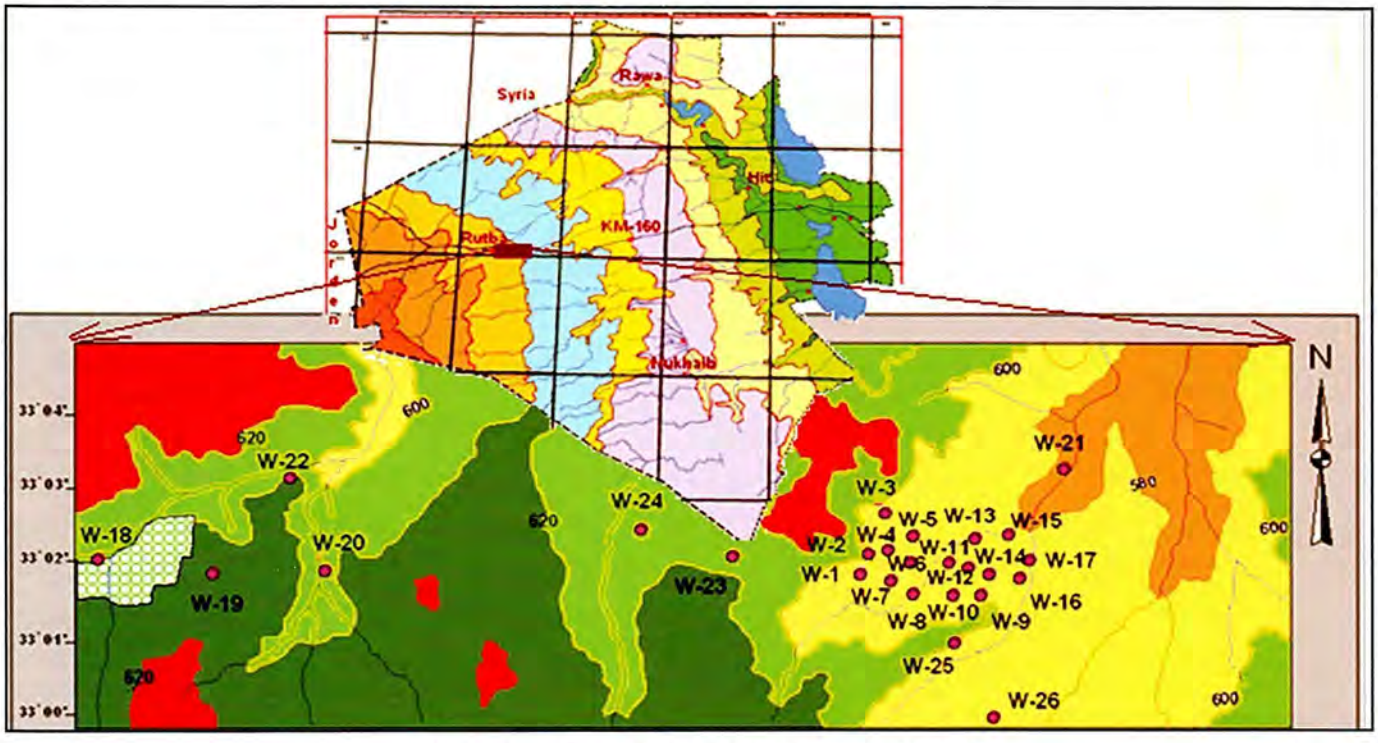
Keywords: Groundwater, Hydrochemical classification, Enrichment grade, Spatial analysis.

المقدمة

تقع منطقة الدراسة من الناحية الفيزيو-غرافية في الجزء الغربي من مقاطعة الوديان العليا بين الرطبة والضبعة غربي العراق ضمن هضبة عبيد – مودود – زور حوران في المنطقة المحددة بخطوط الطول (°40 ´31 ˝22 و °40 ´17 ˝35) و دوائـر العرض (°32 ´59 ˝40 و °33 ´03 ˝20) بمساحة إجمالية قدرها 90 كم^2 وعلى ارتفاع بين 580 إلى 626 متراً عن سطح البحر (الشكل1)، إذ يتراوح انحدار سطح الأرض بين 0.04 إلى 13.4 م/كم بمعدل انحدار عام قدره 3.5 م/كم باتجاه الشمال الشرقي، التي تتسم بظاهرة تطور المنخفضات والتخسفات مع استمرار عمليات التجوية والتعرية مؤدية إلى اتصالها وتكوين مجاري الوديان، وهذه الظاهرة واضحة في فروع وادي الضبع وفي الجزء الأوسط من هضبة تكوين العبيد، إذ يتفرع المجرى الرئيس للوادي ويعود للالتقاء ثانية وقد يتفرع وينتهي في منخفض تترشح فيه مياه الأمطار إلى جوف الأرض مكوناً ما يسمى بالوديان العمياء المنتهية بظاهرة التخسفات وهي إحدى المظاهر التي تدعم وتؤكد جريان وادي الضبع في نطاق صدع الضبعة الممتد باتجاه جنوب غرب - شمال شرق (NE-SW) ضمن منطقة البحث.

يمتاز مناخ منطقة البحث بخاصية التطرف الشديد، وتخضع لمؤثرات المناخ الصحراوي الجاف بالدرجة الأساس وبدرجة ضعيفة لمناخ البحر المتوسط. بلغت المعدلات السنوية لدرجات الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح (الغربية والشمالية الغربية)، والأمطار، والتبخر- نتح في منطقة البحث و للفترة بين 1941 و 2008 ؛ (20.1) درجة مئوية، 45.5 %، 3.1 م/ثانية، 107 ملمتر/ سنة و 2579 ملمتر/ سنة ، على التوالي. (Al-Dulaymi و زملاؤه، 2010).

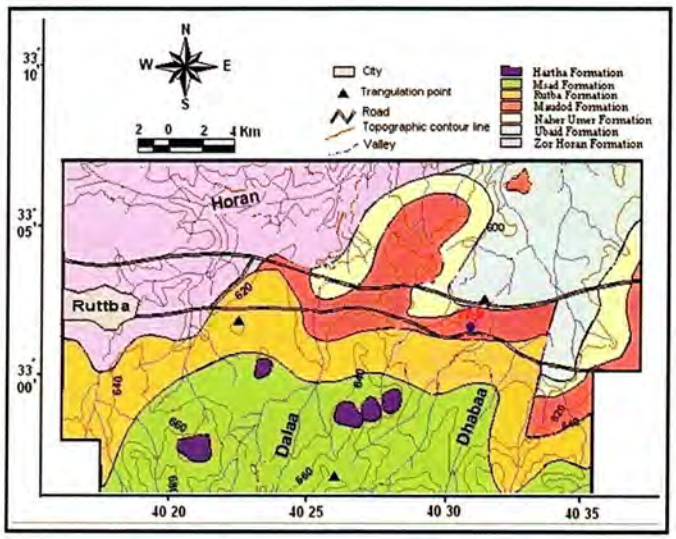
يهدف البحث إلى تقويم الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية وعلاقتها باتجاه حركة وجريان المياه الجوفية من خلال إجراء القياسات الفيزيو- كيميائية ومناسيب المياه الجوفية باستخدام الأجهزة الحقلية و تحديد المكونات الكيميائية للمياه الجوفية في 26 بئراً من خلال دراسة



الشكل 1. طبوغرافية منطقة الدراسة موضحاً عليها مواقع الآبار.

21 متغيراً فيزيائياً وكيميائياً شملت درجة الحرارة والناقلية الكهربائية والأوكسجين الذائب والايونات الرئيسة والعناصر النادرة، وتمثيلها بهيئة خرائط وموديلات ثنائية وثلاثية الأبعاد، واعتبارها قاعدة معلومات مرجعية للمقارنة مستقبلاً في حال ظهور بؤر تلوث ناتجة عن اختلاط مياه مالحة من الخزانات المجاورة، إضافة إلى تحديد الظواهر الهيدروكيميائية واتجاه الجريان المتعلقة بخزان ملصي الجوفي باعتباره الخزان الجوفي الرئيس المجهز لمياه الشرب إلى مواطني مدينة الرطبة.

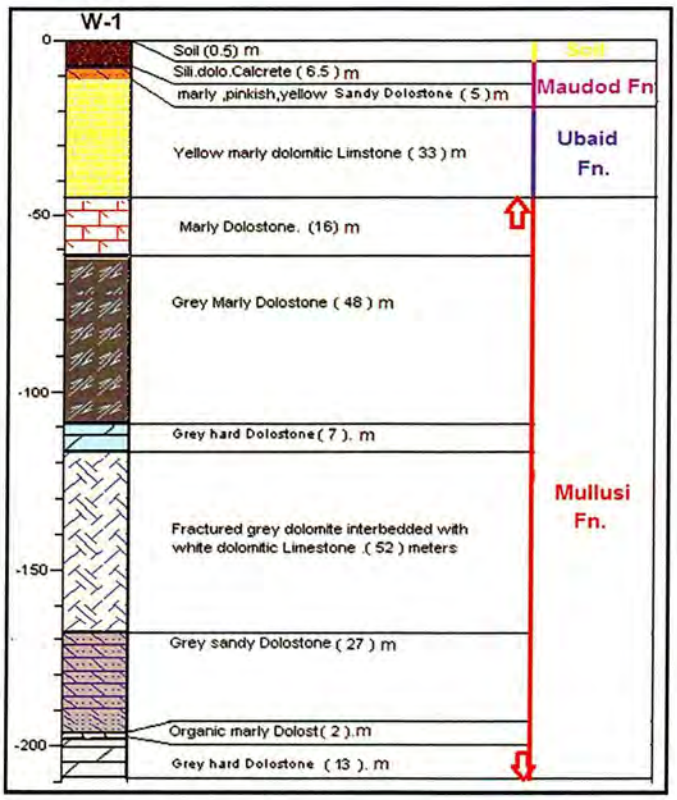
ومن الناحية الجيولوجية، تميزت منطقة الدراسة إقليمياً (Sissakian و Mohammed.2007) باحتوائها على ترسبات العصر الرباعي و تكوين الطيارات الجيري (الماستريختيان المتأخر - الكريتاسي الأعلى)، و تكوين الهارثة الجيري الدولوميتي (الكامبيني المتأخر- الماستريختيان المبكر)، و تكوين المسعد الجيري (سينومانيان- تورونين) و تكوين الرطبة الرملي (سينومانيان- الكريتاسي الأعلى) و تكوين مودود - نهر عمر (الكريتاسي الأسفل-البين) و تكوين عبيد الجيري الطيني (الجوراسي الأسفل). تكوين زور حوران الجيري الطيني(الترياسي الأعلى)، و تكوين ملصي الجيري الدولوميتي (الترياسي الأعلى)، و تكوين الكعرة الرملي (الكربوني). ويظهر الشكل 2 التوزيع المكاني للتكوينات الجيولوجية.



الشكل 2. الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

يمثل المقطع الجيولوجي (الشكل 3) طبقات النطاق المشبع وغير المشبع في البئر (W-1) ضمن منطقة الدراسة المتكونة من الطبقات الجيرية الدولومايتية والطينية الجيرية لتكوين ملصي والطبقات الجيرية الدولوميتية الطفلية الصفراء لتكوين عبيد و الطبقات الدولوميتية الطفلية الرملية لتكوين مودود بالإضافة إلى الكلكريت والتربة من الترسبات الحديثة.

أوضحت دراسة Hussien (2010) أن الطبقات الحاملة للمياه في خزان ملصي متأثرة بطية حوران المحدبة وتشكل جزءا من طرفها الجنوبي، إذ يتراوح ميل الطبقات فيها بين 0.2 ° إلى 1.2 ° وباتجاه الشرق - جنوب الشرق (SE-E)، كما يقطع منطقة البحث صدع الضبعة (Dhabaa Fault) العائد إلى منظومة فوالق حوران الزاحفة والممتد مع وادي الضبعة باتجاه غرب جنوب -شرق شمال، والذي أكدته دراسة Fouad(2007) من خلال الدراسات الجيولوجية والتركيبية، بينما صنفته دراسة Al-Bassam و زملائه (2004) ضمن الصدوع الاعتيادية المصحوبة بإزاحة أفقية. كما أكدته خرائط التوزيع المكاني لسمك الطبقات الجيو-كهربائية (CDS، 2010) التي أظهرت عدم تجانس قيم سمك الطبقات وازدياد قيمها في منطقة حوض وادي الضبع وبتوزيع طولي مع الوادي يعكس حالة تخسف طولي، وقد يعكس نطاق فالق الضبع المار بمنطقة الدراسة و باتجاه شمال شرق - جنوب غرب.



الشكل 3. المقطع الجيولوجي في البئر (W-1).

من الناحية الهيدروجيولوجية تميزت منطقة الدراسة بوجود خزان ملصي الجوفي، إذ تتكشف رسوبيات الخزان المتكونة من الصخور الجيرية والدولوميتية والجيرية الدولوميتية في منطقة نهوض الرطبة في الجزء الجنوبي من منخفض الكعرة، والتي تمثل منطقة التغذية المباشرة لهذا الخزان (Consortium Yugoslavia، 1980).

كما يتم تغذية الخزان من نطاق مرتفع الرطبة وعلى امتداد حوض وادي حوران وفروعه والذي يمثل خط تقسيم المياه الجوفية. تتميز صخور طبقات ملصي بكونها خازنة للمياه بظروف خزن معلقة في المناطق التي تعزلها طبقات طينية صماء عن الخزان الجوفي الرئيس وخزان جوفي شبه محصور

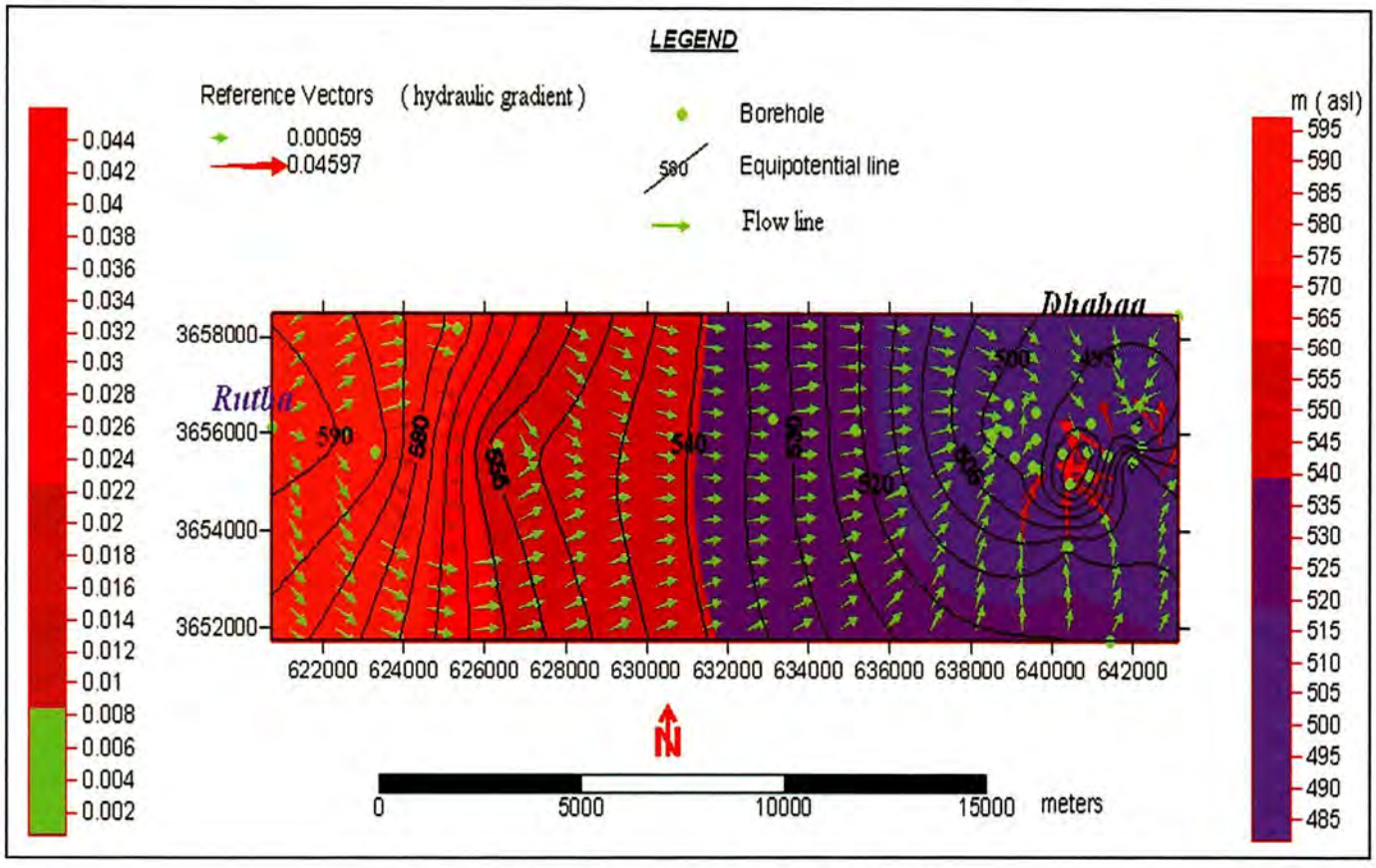
في المناطق التي تتسرب منها إلى الخزان الجوفي الإقليمي، وتعتمد ظروف خزن المياه في طبقات تكوين ملصي على مقدار البعد والقرب عن خط تقسيم المياه (ACSAD، 1983)، ومقدار التغذية التي تتحكم بها سمك الطبقات ومساحة مقطع التعرية. أكدت نتائج تحليل نظائر العناصر في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة (Hussien، 2010) أن أحدث عمر للمياه الجوفية من حيث مصادر التغذية، قد سجل ضمن مجرى وادي حوران في منطقة ارضمة، إذ يعود عمر هذه المياه إلى 2410 سنة ضمن الفترة المطيرة للعصر الحجري، تليها المياه الجوفية في حوض وادي مساد الرطبة وهو احد فروع وادي حوران بالإضافة إلى حوض مجرى وادي حوران شمال شرقي مدينة الرطبة ويعود عمر المياه فيه إلى 10500 و 9915 سنة على التوالي، وهي بين الفترة المطيرة للعصر الحجري الحديث و الفترة المطيرة الشمالية، بينما سجلت المياه الجوفية ضمن حوض الضبعة الجوفي العمر الأقدم والذي بلغ 31540 سنة وذلك بالاعتماد على تحليل الكربون 14 (C^{14}) وتقدير نسبته إلى الكربون التقليدي (C^{12}) باستخدام حسابات نصف عمر التحلل البالغة 5730 سنة (halflife of C^{14})، (Stuiver و Polach، 1977)، كما بلغ معدل الرشح إلى باطن الأرض في منطقة الدراسة 5.3 ملم/سنة من معدل الهطول المطري السنوي .

تراوحت قيم معامل الناقلية لخزان ملصي الجوفي بين 1و161 م^2/ يوم بمعدل عام قدره 27.3 م^2/ يوم (Al-Dulaiymi وزملاؤه، 2010)، وعليه يصنف خزان ملصي الجوفي ضمن الخزانات قليلة الى متوسطة الناقلية اعتماداً على تصنيف Laboutka (1974) وبمعدل تصنيف عام متوسط الناقلية. فيما بلغت قيم معامل الخزن لخزان ملصي الجوفي بين 0.01 و 0.0001.

تتحرك المياه الجوفية بين المنسوب 485 إلى 595 متراً عن سطح البحر بالاتجاهات (الشمال الشرقي والشرق والجنوب الشرقي)، (الشكل 4) بين نطاق التغذية في وادي حوران ونطاق التصريف في منطقة مشروع الضبعة و بمعامل انحدار هيدروليكي تراوحت قيمته بين (0.04597 و 0.00059) و بمعدل قدره (0.0233) وبجهد تدفق قدره 0.0160 م/يوم و بسرعة قدرها 1.6م/يوم.

مواد البحث و طرائقه

أجريت الدراسة من خلال مراقبة نوعية المياه الجوفية في 21 بئراً ضمن منظومة آبار عددها 26 بئراً ثبتت إحداثياتها بجهاز تحديد المواقع (GPS Garmin)، تم قياس مستويات المياه الجوفية الاستقرارية في 24 بئراً



الشكل 4. خارطة حركة المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

مائياً باستخدام جهاز المجس الكهربائي بالاعتماد على الأساليب والإجراءات العلمية المعتمدة في المصادر العلمية التالية: (Barcelonaوزملاؤه، 1985؛ USEPA، 1989؛ Plazak، 1994؛ Nielsen، 2006) وسجلت نتائج القياسات في الجدول 1. بينما استخدمت الإجراءات المعتمدة ضمن الدراسات الهيدروجيولوجية والمذكورة في المصدرين Shelton (1994) و USEPA (2000) في عملية اخذ النماذج من الآبار علماً أن جميع الأدوات المستخدمة و قوارير خزن العينات قد تم غسلها بالماء المقطر ثم بماء النموذج قبل التعبئة لضمان إزالة الملوثات منها (Shafer وزملاؤه، 1997).

أجريت القياسات الحقلية لدرجة حرارة المياه و الأوكسجين الذائب ودرجة الحموضة والناقلية الكهربائية مباشرةً بعد اخذ النماذج بأجهزة قياس الحموضة والناقلية والأوكسجين الذائب بعد معايرة مجساتها حسب المحاليل القياسية المخصصة لها، بينما أجريت جميع التحاليل الكيميائية التي شملت الأيونات الموجبة و السالبة والعناصر النادرة و المواد الذائبة الكلية (TDS) في مختبرات التربة و المياه العائدة لوزارة العلوم و التكنولوجيا و يوضح الجدولان 2 و 3 نتائج التحاليل و القياسات الحقلية.

تم تحديد وتفسير الظواهر الهيدروكيميائية، بناءً على نتائج خرائط التحليل المكاني لمختلف المكونات الفيزيو-كيميائية و المعطيات الهيدروجيولوجية باستخدام برنامج (Surfer و Rockwork14).

الجدول 1. مناسيب المياه الجوفية في آبار منطقة الدراسة.

Water point	X coordinate (m)	Y coordinate (m)	Altitude (m.asl)	Depth of Well (m)	Depth to water (m)	Static Water Level (m.asl)
W-1	638420.8908	3655681.226	599.54	210	100.54	498.5
W-2	638494.3743	3655990.313	600.15	231	101.85	498.3
W-3	638953.0531	3656582.093	600.15	231	102.05	498.1
W-4	638883.0768	3656026.611	597.1	231	98.40	498.7
W-5	639603.7704	3656437.305	593.44	231	95.54	497.9
W-6	639611.6579	3655882.925	595.88	231	97.18	498.7
W-7	639072.0938	3655505.602	595.27	231	96.07	499.2
W-8	639541.7112	3655327.437	597.41	231	98.31	499.1
W-9	640919.8614	3655131.49	599	220	84.5	514.5
W-10	640455.0544	3654970.802	595.27	250	115.20	480.07
W-11	640264.6337	3655584.184	592.4	250	-	-
W-12	640886.8427	3655623.901	597.4	250	116.00	481.4
W-13	640956.2682	3656210.2	590.3	250	96.60	493.7
W-14	641381.105	3655538.593	598.32	250	-	-
W-15	642073.1215	3656133.891	585.21	250	95.81	489.4
W-16	642005.544	3655424.386	589.78	250	91.30	498.48
W-17	642208.6361	3655735.382	592.22	250	98.02	494.2
W-18	620745.7976	3656094.703	617	70	20.12	596.88
W-19	623294.5801	3655602.75	626	180	28.63	597.37
W-20	626302.7063	3655733.413	624	420	71.88	552.12
W-21	643103.06	3658459.288	580	250	81.70	498.3
W-22	625337.6964	3658154.491	616	90	37.76	578.24
W-23	635120.1572	3656066.489	605	180	83.82	521.18
W-24	633119.28	3656285.575	604	180	71	533
W-25	640395.7133	3653676.135	597	200	82.3	514.7
W-26	641461.605	3651750.697	616	180	97.08	518.92

الجدول 2. تركيز المواد الذائبة الكلية والعناصر النادرة ودرجة الحموضة في آبار منطقة الدراسة.

Water point	pH	EC (µ S/cm)	Total Dissolved Solids (mg/ l)	Total iron (mg/ l)	Mn (mg/ l)	Co (mg/ l)	Cd (mg/ l)	Pb (mg/ l)	Zn (µg/l)
W-1	7.3	1102	652	0.072	0.099	0	0	0	13
W-2	7.21	1095	645	0.078	0.1	0	0	0	11
W-3	7.33	1250	748	0.08	0.11	0	0	0	11
W-4	7.3	1033	610	0.089	0.089	0	0	0	16
W-5	7.21	1048	629	0	0.097	0	0	0	18
W-6	7.23	1032	610	0.054	0.1	0	0	0	12
W-7	7.41	1093	645	0.042	0.12	0	0	0	14
W-10	7.45	1170	684	0	0.1	0	0	0	18
W-11	7.43	1245	743	0	0.099	0	0	0	12
W-12	7.6	1209	712	0	0.099	0	0	0	14
W-14	7.65	1258	751	0.061	0.092	0	0	0	12
W-15	7.62	1326	815	0.06	0.098	0	0	0	13
W-16	7.43	1239	741	0	0.12	0	0	0	12.2
W-17	7.32	1348	838	0.053	0.11	0	0	0	12.7
W-18	7.51	1199	703	0.045	0.12	0	0	0	15
W-19	7.52	1234	737	0.043	0.12	0	0	0	12
W-20	7.8	1261	752	0.049	0.099	0	0	0	13
W-21	7.9	1324	814	0.066	0.099	0	0	0	12
W-22	7.81	1224	728	0.065	0.089	0	0	0	12.3
W-23	7.67	1227	732	0.056	0.1	0	0	0	11
W-24	7.6	1217	724	0.042	0.12	0	0	0	13

الجدول 3. تركيز الايونات الرئيسة في آبار منطقة الدراسة.

Water point	K (mg/ l)	Na (mg/ l)	Ca (mg/ l)	Mg (mg/ l)	Cl (mg/ l)	SO_4 (mg/ l)	HCO_3 (mg/ l)	CO_3 (mg/ l)	NO_3 (mg/ l)
W-1	4.9	95	84	58	135	52	220	0.1	1.3
W-2	5	98	88	60	123	47	212	0.11	1.1
W-3	5.2	96	153	120	104	45	210	1.2	1
W-4	5.2	101	77	40	121	48	208	0.8	0.89
W-5	4.8	114	76	43	112	55	220	0.5	0.9
W-6	4.9	90	80	44	125	48	213	0.7	0.79
W-7	5	89	93	63	100	75	231	1.1	0.78
W-10	5.3	92	99	66	123	68	223	1.2	0.98
W-11	4.9	89	112	78	150	72	232	0.7	1.1
W-12	4.9	99	110	75	140	59	216	0.8	0.9
W-14	5	102	92	68	142	55	219	0.8	1
W-15	5.8	119	113	90	155	45	280	2.4	0.99
W-16	5	110	112	82	143	52	231	1	1.2
W-17	6	120	130	85	157	48	284	2.8	0.98
W-18	4.6	90	125	80	98	59	234	1.2	0.9
W-19	4.6	96	122	90	100	66	249	1.1	0.9
W-20	5	96	125	92	100	76	239	0.9	0.98
W-21	5	99	140	75	122	89	278	0.93	0.87
W-22	5.1	89	143	78	112	54	243	0.98	0.67
W-23	5.2	90	143	80	117	57	231	0.78	1.23
W-24	5.2	90	148	78	102	56	238	0.98	0.96

النتائج و المناقشة

▪ الخصائص الفيزيو- كيميائية

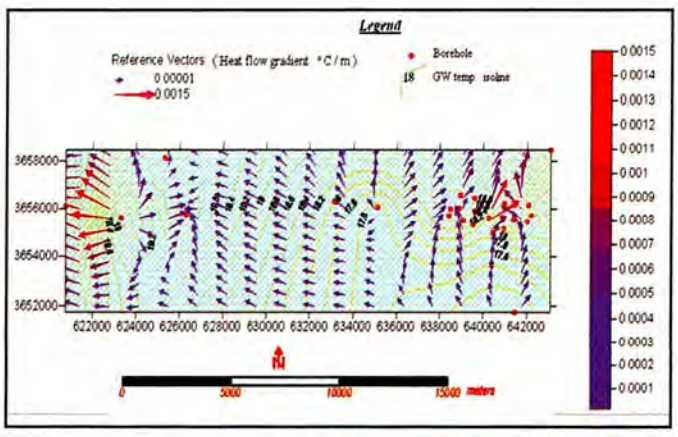
- درجة الحرارة:

تراوحت درجة حرارة المياه الجوفية لخزان ملصي الجوفي بين الرطبة وموقع الضبعة بين 17.5 و 22.4 °م بمعدل 18.93 °م وتصنف ضمن المياه الباردة إلى المعتدلة الحرارة حسب تصنيف (Laboutka، 1974). تتغير درجة حرارة مياه الآبار و بمستوى أهمية منخفض قدره (25 %)، اعتماداً على المعادلة الإحصائية التالية:(Helsel و Hirsch، 2002)

$$Signi.level = [(max.t° - min.t°) / aver.t°] \times 100$$

$$= [(22.4 - 17.5)/18.93] \times 100 = 25\%$$

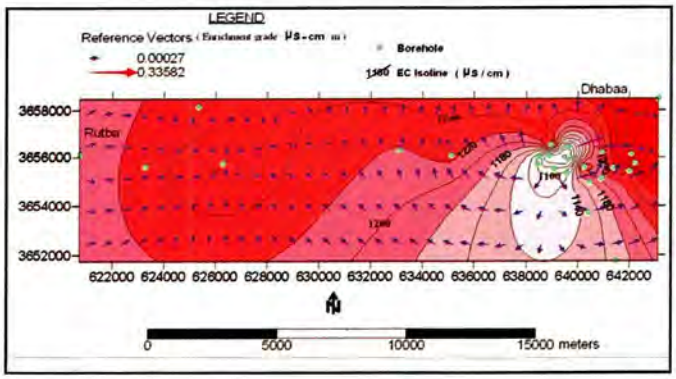
يمكن ملاحظة هذه التغيرات من خارطة التوزيع الحراري للمياه الجوفية (الشكل 5)، وبنطاقين الأول في مدينة الرطبة وضاحيتها الشرقية، والثاني باتجاه الشمال الشرقي من مشروع الضبعة، ويمتازان بارتفاع طفيف ونسبي في درجة الحرارة، يعود سببه في النطاق الأول إلى تأثر المياه الجوفية بمياه الصرف لمدينة الرطبة (تلوث حراري بفعل نشاطات الإنسان)، علماً أن منسوب المياه الجوفية في المدينة يصل إلى 20 متراً عن سطح الأرض، و لا يوجد نظام تصريف لمياه المجاري إنما يتم تصريف المياه من خلال خزانات التعفين (Septic tank)، أما سببه في النطاق الثاني فيعود إلى الحالة الطبيعية للازدياد النسبي في حرارة المياه بازدياد عمقها فقد بلغ معدل عمق الآبار فيها حوالي 220 متراً عن سطح الأرض. عموماً بلغت درجة الانتقال والاكتساب الحراري في المياه الجوفية (Heat flow gradient) ولمختلف الأسباب بين 0.00001 و 0.0015 °م/ متر، أي بنسبة تتراوح بين 0.01 و 1.5 °م/كم.



الشكل 5. خارطة التوزع الحراري للمياه الجوفية.

- الناقلية الكهربائية

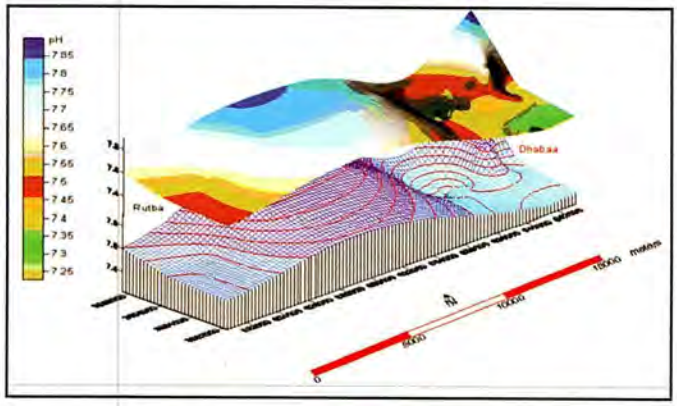
تراوحت قيم الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في خزان ملصي الجوفي في منطقة الدراسة بين الرطبة وموقع الضبعة بين 1030 و 1400 مايكروسيمنس/سم بمعدل 1207 مايكروسيمنس/سم. تتغير قيم الناقلية الكهربائية في مياه الآبار و بمستوى أهمية منخفضة قدره (30 %). ويمكن ملاحظة هذه التغيرات من خارطة توزيع الناقلية الكهربائية في المياه الجوفية (الشكل 6)، وبنطاقين الأول يقع شرقي الرطبة ويمتد إلى وادي الضلاع وفيه تزداد قيمة EC مع اتجاه الجريان، والثاني في حوض وادي الضبعة، وتزداد فيه قيم EC باتجاه الشمال و الشمال الشرقي من مشروع الضبعة وهنا يمكن ملاحظة ظاهرة انخفاض نسبي للناقلية الكهربائية والذي يمثل انعكاساً لقيم المواد الذائبة الكلية و تشير هذه الظاهرة إلى وجود مصدر ثانٍ لتغذية المياه الجوفية من الجنوب الغربي بامتداد حوض وادي الضبعة. ويمتاز هذان النطاقان بازدياد نسبي في درجة الناقلية (EC grade) قدرها (0.3582 - 0.00027)مايكرو سيمنس/سم/متر (الشكل 6). وتمتاز مياه آبار موقع الضبعة الحديثة بأقل قيم للناقلية الكهربائية.



الشكل 6. خارطة توزع الناقلية الكهربائية.

- درجة الحموضة

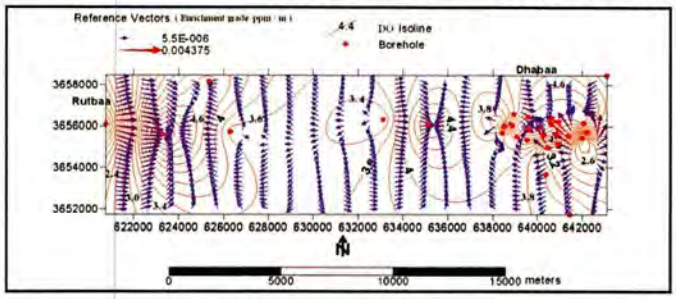
تصنف مياه خزان ملصي الجيري اعتماداً على قيم الأس الهيدروجيني (pH) (Matthess، 1982) ضمن المياه المتعادلة (Neutral) إلى قاعدية ضعيفة التفاعل في الجزء الغربي و الجنوبي (الشكل 7)، إذ تتراوح قيم (pH) بين 6.8 و 7.6 . بينما تصنف مياه خزان ملصي في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي ضمن المياه قاعدية التفاعل (Slightly alkaline water)، إذ تتراوح قيم الأس الهيدروجيني بين 7.6 و 7.9 . أكد موديل (pH) ثلائي الأبعاد احتمالية وجود ظاهرة امتزاج المياه من مصدرين، الأول من الاتجاه الغربي والثاني من الاتجاه الجنوبي الغربي و يشمل نطاق الامتزاج المنطقة المحددة بالجزء الشمالي والشمالي الشرقي من منطقة البحث. حدد نطاق الامتزاج استناداً إلى الدالة العلمية المتمثلة بازدياد قيم (pH) مع اتجاه حركة المياه في الخزانات الجوفية الجيرية.



الشكل 7. موديل ثلاثي الأبعاد لتوزع الـ pH.

- الأوكسجين الذائب (DO)

تراوحت قيم الأوكسجين الذائب للمياه الجوفية في خزان ملصي الجوفي شرقي الرطبة - الضبعة بين 0.8 و 5 مغ / لتر بمعدل 4.08 مغ / لتر، و تتغير قيم تركيزه في مياه الآبار و بمستوى تذبذب عالي الأهمية قدره (Sig. level = 102%)، لكن تركيزه يقع ضمن الحدود الطبيعية في المياه الجوفية (Hem، 1985). وتراوحت درجة اغناء تركيزه في المياه الجوفية بين 0.000005 و 0.0043 مغ/ لتر/ متر. يظهر الشكل 8 الذي يمثل موديل توزع تركيز (DO) في مياه خزان ملصي وجود ظاهرتين في منطقتين ينخفض فيهما التركيز دون 2 مغ/ لتر، الأولى في مدينة الرطبة، وهذا يؤكد حالة تلوث مصدرها تسرب مياه الصرف الصحي واختلاطها بالمياه الجوفية، والتي تؤدي إلى نقص تركيزه. كما تدنى تركيزه إلى اقل من 2 مغ/ لتر في البئر (W-16) في موقع الضبعة وربما يعزى ذلك إلى التركيب المعدني للطبقة الحاملة للمياه و احتوائها على المواد العضوية، إذ تسهم الصخور الجيرية الطينية العضوية بفاعلية في موازنة تركيز الأوكسجين و التقليل من تركيزه.



الشكل 8. خارطة توزع DO.

- المواد الذائبة الكلية (TDS)

اعتماداً على قيم TDS لمياه آبار منطقة الدراسة بين الرطبة و الضبعة ، صنفت المياه الجوفية ضمن المياه العذبة حسب Todd (1990)، إذ تراوحت قيمها بين 618 و 838 مغ/ لتر. يتضح من موديل توزع TDS (الشكل 9)، الظواهر العلمية التالية :

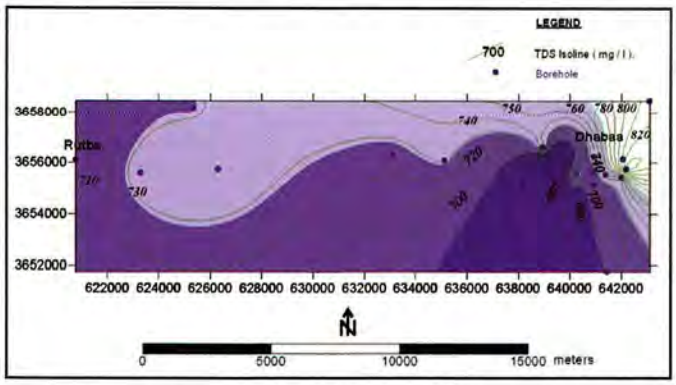
- وجود اتجاهين لمصادر التغذية، الأول من الاتجاه الشمالي الغربي والثاني من الاتجاه الجنوب الغربي ، إذ بلغت TDS أقل قيمها وهي تمثل مناطق الترشيح و إعادة الملئ في أحواض الوديان العليا ومجرى وادي حوران.

- رغم أن المياه الجوفية تتصف بصفات المياه قليلة التمعدن إلا أن تركيز المواد الذائبة الكلية يزداد باتجاه الشمال الشرقي. وقد بلغت درجة الاغناء ضمن التوزع المكاني بين 0.00025 و 0.1968 مغ/لتر/ متر. وتفسر الحسابات الإحصائية التالية النتيجتين السابقتين .

- تحدث عملية إغناء (Enrichment) بتركيز المواد الذائبة الكلية قدرها 25 % في مساحة تبلغ 60 % من منطقة البحث محسوبة على خط تركيز 730 مغ/ لتر، وهذا يدل على أن المياه الجوفية في هذه المنطقة تحصل فيها عملية امتزاج مع مياه مترشحة ويمكن وصفها ضمن نطاق إعادة الملئ أو بالقرب من نطاق التغذية.

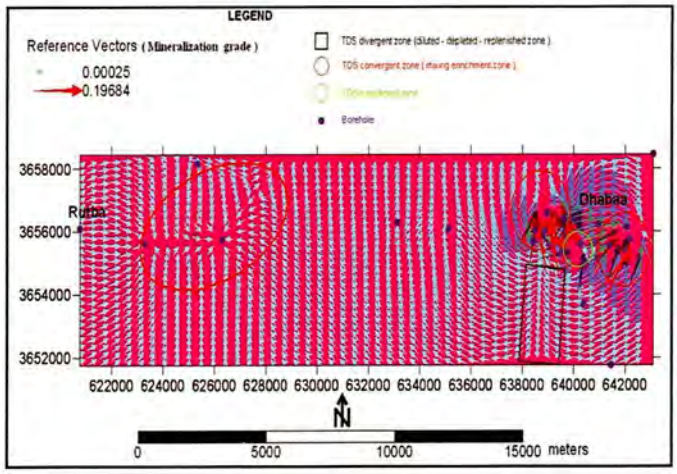
- تحدث عملية إغناء (Enrichment) بتركيز المواد الذائبة الكلية قدرها 50 % في مساحة تبلغ 30 % من منطقة البحث محسوبة على خط تركيز قدره 750 مغ/لتر، وهذا يدل على أن عملية الإغناء في هذه المنطقة تحدث بتأثيرين هما الامتزاج، وعملية الإذابة لمعادن رسوبيات الخزان الجوفي.

- تحدث عملية إغناء (Enrichment) بتركيز المواد الذائبة الكلية قدرها 100 % في مساحة تبلغ 10 % من منطقة البحث محسوبة على خط تركيز قدره 800 مغ / لتر، ويزداد فيها تأثير المياه الجوفية الإقليمية ويمكن وصفها ضمن مناطق التصريف المتأثرة بأعمال الضخ والإنتاج.



الشكل 9. خارطة توزع المواد الذائبة الكلية .

ويوضح الشكل 10 النطاقات الفعالة لعملية الاغناء المرصودة في تركيز المواد الذائبة الكلية ضمن منطقة البحث، علماً أن هذه النطاقات تمثل مناطق الاستنزاف الحقيقي لموارد المياه بفعل الضخ، وهذا يشير إلى أن عملية الإنتاج تتم من المياه الجوفية الإقليمية، وقد استُنفذ مخزون المياه المتجددة في هذه المواقع التي تتطلب خطة لترشيد الاستهلاك وبشكل منظم.



الشكل 10. موديل توزع النطاقات الفعالة لتركيز TDS.

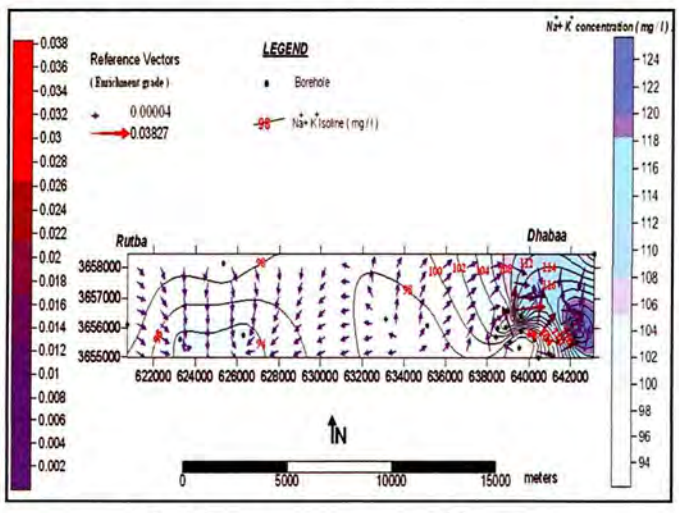
★ الأيونات الرئيسة

أكدت نتائج تحاليل الايونات الرئيسة للمياه الجوفية عدم تجاوز تركيزها للحدود المسموح بها للاستخدامات البشرية المقترحة من قبل منظمة حماية البيئة، (EPA، 2005) بعد التأكد من صلاحيتها من الناحية البكتريولوجية والإشعاعية، وأيضا من مقارنة هذه النتائج مع حدود وجودها في المياه الجوفية (Hem ، 1970) تبين أن جميع العناصر توجد ضمن الحدود الطبيعية.

● الأيونات الموجبة

- أيون الصوديوم و البوتاسيوم

تراوحت قيم تركيز الصوديوم و البوتاسيوم للمياه الجوفية في خزان ملصي الجوفي شرقي الرطبة-الضبعة بين 93.9 و 126 مغ/ لتر بمعدل وسطي بلغ 103.36 مغ/ لتر، وتتغير قيم تركيز Na و K في مياه الآبار و بمستوى قليل الأهمية (Significant level = 31%). تراوحت درجة اغناء تركيز Na و K في المياه الجوفية بين 0.00004 و 0.0382 مغ/ ل/ متر وباتجاه خط الجريان إلى منطقة التصريف في آبار الضبعة، إذ يصل تركيزها الاعلى في البئر (W-17) في الضبعة وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تشير إلى ازدياد تركيز الصوديوم و البوتاسيوم في المياه الجوفية أثناء حركتها وتماسها مع الرسوبيات الحاملة لها وبفعل عملية الإذابة (الشكل 11).



الشكل 11. خارطة توزع تركيز Na و K

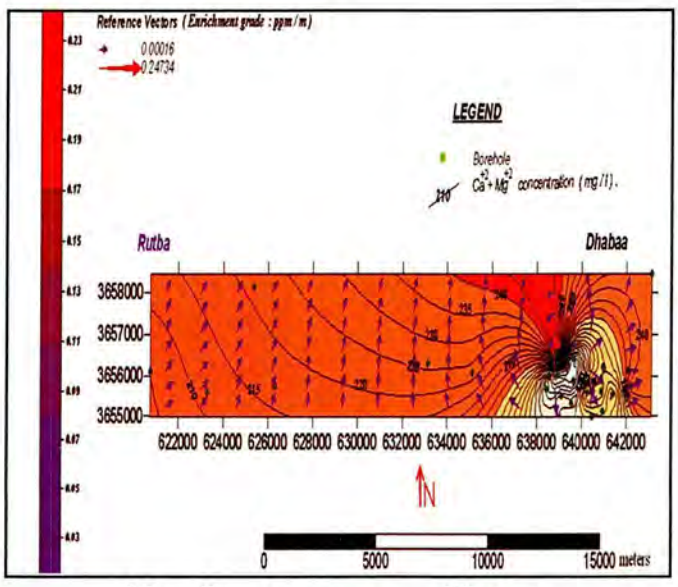
- أيون الكالسيوم و المغنيسيوم

تراوحت قيم تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم للمياه الجوفية في خزان ملصي شرقي الرطبة - الضبعة بين 117 و273 مغ/ لتر وبمعدل بلغ 186.19 مغ/ لتر، وتتغير قيم تركيز الكالسيوم و المغنيسيوم في مياه الآبار و بمستوى عالي الأهمية (Sig. level =101.36 %). تراوحت درجة اغناء تركيزها في المياه الجوفية بين 0.00016 و 0.247 مغ/ لتر/متر وباتجاه الشمال الشرقي، و يبلغ أشده في البئر (W-3) في منطقة الضبعة (الشكل 12). وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تؤكد ازدياد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه الجوفية الموجودة في الصخور الجيرية أثناء حركتها وتماسها مع الرسوبيات الحاملة لها، وبفعل عملية الإذابة و الدلتة. يمثل تركيز هذين الايونين تركيز العسرة الكلية في المياه، وبناءاً على ذلك واعتماداً على تصنيف Hem (1985) فإن المياه الجوفية تصنف ضمن المياه العسرة إلى العسرة جداً.

● الأيونات السالبة

- أيون الكلوريد

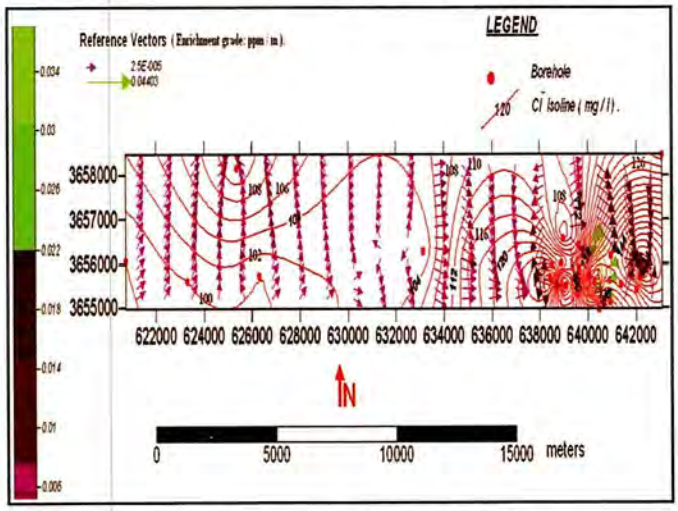
تراوحت قيم ايون الكلوريد في المياه الجوفية لخزان ملصي الجوفي شرقي الرطبة - الضبعة بين 100و157 مغ/ لتر بمعدل 122.94مغ/لتر، بينما



الشكل 12. خارطة توزع تركيز Ca و Mg

تتغير قيم تركيز أيون الكلوريد في مياه الآبار و بمستوى متوسط الاهمية (Sig. level = 46.3%).

تراوحت درجة اغناء تركيز الكلوريد في المياه الجوفية، بين 0.000002 و 0.044 مغ/ لتر/متر ويزداد باتجاه منطقة الضبعة، ويبلغ أشده في البئر (W-17) (الشكل 13). وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تؤكد إزدياد تركيز أيون الكلوريد في المياه الجوفية في مناطق التصريف، والناتج عن إذابة معادن الرسوبيات مع خط الجريان.



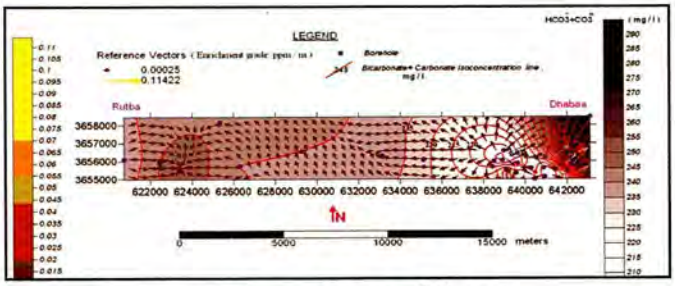
الشكل 13. خارطة توزع تركيز الكلوريد.

- أيون الكبريتات

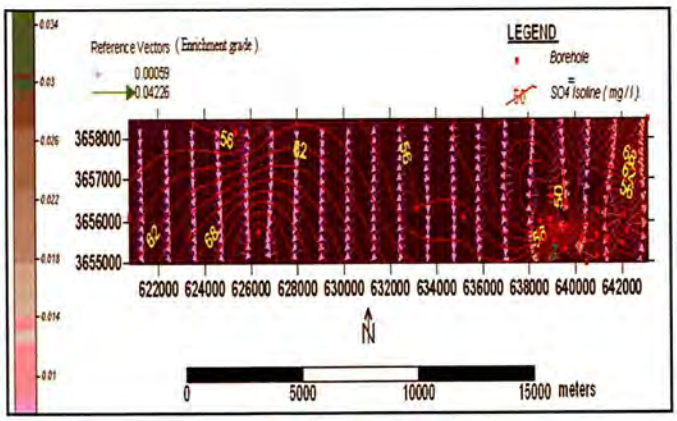
تراوحت قيم أيون الكبريتات في المياه الجوفية شرقي الرطبة - الضبعة بين 45 و 89 مغ/لتر بمعدل 55.14 مغ/ لتر. تتغير قيم تركيز أيون الكبريتات في مياه الآبار و بمستوى عالي الاهمية (Sig. level =% 79.7). تراوحت درجة إغناء تركيز ايون الكبريتات في المياه الجوفية، بين 0.00059 و 0.042 مغ/ لتر/ متر ويزداد تركيزه في ثلاثة مواقع تشمل البئر (W-20) شرقي الرطبة

- أيون البيكربونات والكربونات

تراوحت قيم أيونات البيكربونات والكربونات في المياه الجوفية شرقي الرطبة - الضبعة بين 208.8 و 286.8 مغ/ لتر بمعدل 234.86 مغ /لتر. تتغير قيم تركيز ايونات البيكاربونات والكربونات في مياه الآبار و بمستوى قليل الاهمية (Sig. level = 33.2%). تراوحت درجة اغناء تركيز أيونات البيكاربونات والكربونات في المياه الجوفية بين 0.00025 و 0.114 مغ/لتر/متر (الشكل 14) في البئر (W-7) في منطقة مشروع الضبعة، والبئر (W-21) شمال شرقي مشروع الضبعة، ومن الملاحظ أن توزع تركيز الكبريتات كان عشوائياً ولا ينتظم مع السلوك الجريانى للمياه، وهذا متوقع ويعتمد على مدى احتواء الصخور على معادن المتبخرات من الجبس أو الانهيدرايت وانتشارها ضمن رسوبيات الخزان الجوفي. كما في الشكل 15 ويزداد تركيزه نسبياً في ثلاثة مواقع تشمل البئر (W-19) على بعد (3) كيلومتر شرقي الرطبة، والبئرين (W-15،17) في مشروع الضبعة والبئر (W-21) شمال شرقي مشروع الضبعة، ومن الملاحظ هنا توزع هذه الايونات بشكل ينتظم مع السلوك الهيدروجيوكيميائي للمواد الذائبة الكلية المطابق إلى حد ما لسلوك جريان المياه، وهذا يعتمد على مكونات صخور الطبقات الحاملة للمياه وتشمل الصخور الكاربوناتية والدولوميتية.



الشكل 14. خارطة توزع تركيز الكبريتات.



الشكل 15. خارطة توزع HCO_3 و CO_3

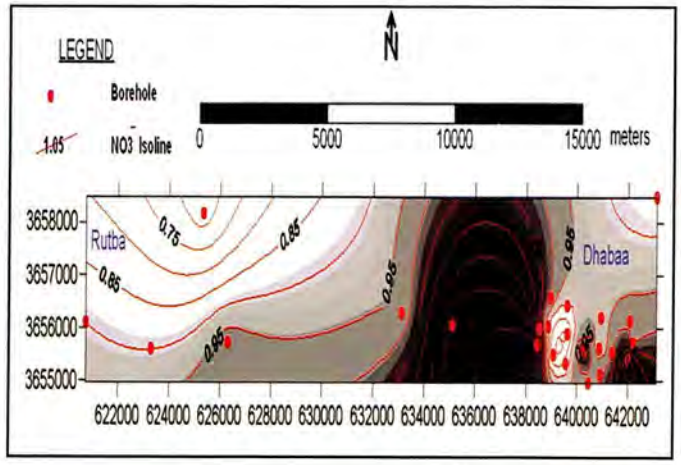
- أيون النترات

تراوحت قيم أيون النترات في المياه الجوفية شرقي الرطبة - الضبعة بين 0.67 و 1.3 مغ/ لتر بمعدل قدره (0.972) مغ/ لتر.

كما تتغير قيم تركيز أيون النترات في مياه الآبار و بمستوى متوسط الأهمية (Sig. level= 69.8%). اظهرت خارطة توزع أيون النترات ، ازديادا نسبياً غير ذي أهمية في ثلاثة مواقع شملت الآبار التالية (W-16 و W-1) في مشروع الضبعة، والبئر (W-23) غربي مشروع الضبعة (الشكل 16).

يظهر توزع النترات بشكل عشوائي لا ينتظم مع السلوك الجريانى للمياه و ربما يعود ذلك إلى تفاعلات الأكسدة والاختزال كما في المعادلة التالية :

$$NH_4^+ + 3H_2O \rightleftarrows NO_3^- + 8e^- + 10H^+$$



الشكل 16. خارطة توزع تركيز النترات.

- مجموعة البيكربونات من عائلة مغنيسيوم - بيكربونات، وذلك في الآبار (W-2، 3، 7،10،15،17،18،19، 20).

- مجموعة البيكربونات من عائلة صوديوم - بيكربونات، في الآبار (W- 4،5).

- مجموعة الكلوريد من عائلة مغنيسيوم - كلوريد ، في الآبار (W-1،11،12،14،16).

يلاحظ من النتائج الواردة أعلاه أن نسبة الآبار التي تصنف مياهها ضمن مجموعة البيكربونات تبلغ 76.2 %، وغالبيتها من عوائل كالسيوم و مغنيسيوم - بيكربونات وبنسبة قدرها 87.5 % ومصدرها من الطبقات الجيرية الدولوميتية. أما نسبة الآبار التي تصنف مياهها ضمن مجموعة الكلوريد فبلغت 23.8 %، من عائلة مغنيسيوم - كلوريد، ومصدر المغنيسيوم يعود إلى الصخور الدولوميتية بينما يعود تركيز الكلوريد إلى المياه المحفوظة في مسامات الصخور أثناء الترسيب وجزء منه يعود إلى عمليات الإذابة أثناء الترشيح والتغلغل عبر النطاق غير المشبع او ضمن الطبقات الحاملة للمياه. واعتماداً على الدالة (Na/Cl) (Ivanov وزملاؤه، 1968) و Collin's (1975)، تصنف المياه الجوفية على إنها مياه ذات أصل جوي متأثرة بمياه المسامات المحتجزة في فترة الترسيب وهي بحرية الأصل (قيم الدالة تراوحت بين أعلى وأصغر من الواحد.

اعتماداً على نتائج التحليل وإسقاطها على مخطط بايبر (Piper، 1944) و Walton(1970) (الشكل 17) فان المياه الجوفية توجد في نطاق واحد وهذا ما يؤكد كونها مياه ذات مصدر واحد أو مياه مختلطة من مصادر متعددة، هذه المياه تمثلها سيادة للكالسيوم و المغنيسيوم على حساب الصوديوم ضمن سيادة متواضعة للكلوريد والكبريتات على حساب البيكربونات والكربونات ويوضح الشكل 17 مدى تداخل وامتزاج أنواع المياه في نطاق واحد وعدم اختلاف قطر الدوائر الممثلة لتركيز المواد الذائبة الكلية في مياه الآبار، فعند تغير نوعية المياه مصحوباً بتغير بسيط في تركيز الأملاح الذائبة هذا يعني أن هنالك مؤثراً فعالاً على مستوى واسع يحدث على طول خط الجريان ولمسافات طويلة نسبياً ناتج من عمليات التبادل الأيوني والدلتة.

- العناصر النادرة

بلغ تركيز العناصر النادرة في المياه الجوفية شرقي الرطبة- الضبعة.

- للحديد بين 0.0 و 0.09 مغ/ لتر و بمعدل 0.04 مغ/ لتر.
- للمنغنيز بين 0.089 و 0.12 مغ/ لتر، و بمعدل 0.108 مغ/ لتر.
- للزنك بين 0.011 و 0.018 مغ/ لتر و بمعدل 0.013 مغ/ لتر.

بينما لم تسجل عناصر الكوبالت والكادميوم والرصاص أي تركيز يذكر. ومن مقارنة هذه النتائج مع حدود وجودها في المياه الجوفية (Hem، 1985)، تبين أن جميع العناصر توجد ضمن الحدود الطبيعية، ولا يتجاوز تركيزها الحدود المسموح بها للاستخدامات البشرية المقترحة من قبل منظمة حماية البيئة (EPA، 2005).

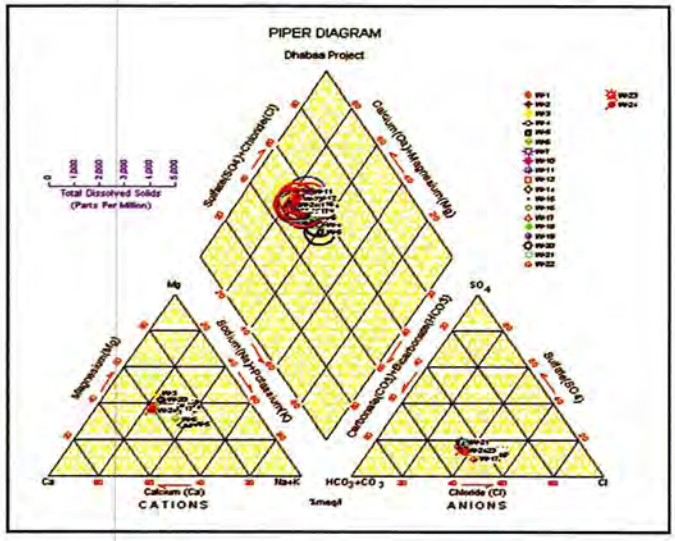
★ التصنيف الهيدرو كيميائي للمياه الجوفية.

تصنف المياه الجوفية حسب Collin's (1975) ضمن المجموعات التالية (الجدول 4):

- مجموعة البيكربونات من عائلة كالسيوم - بيكربونات، في الآبار (W-6، 21، 22، 23، 24).

الجدول 4. التصنيف الهيدروكيميائي للمياه الجوفية.

Well No.	Type	Family	Group
W-4،5	Mg – Ca -Na ; Cl -HCO_3	Na - HCO_3	Bicarbonate
W-2،3،15،17	Na – Ca - Mg ; Cl-HCO_3	Mg - HCO_3	
W-7،10،18،19،20	Na – Ca - Mg ; SO_4 -Cl -HCO_3		
W-22،23،24	Na –Mg - Ca ; Cl -HCO_3	Ca - HCO_3	
W-21	Na –Mg - Ca ; SO_4 -Cl -HCO_3		
W-6	Mg- Na- Ca ; Cl -HCO_3		
W-1،12،14،16	Na – Ca - Mg ; HCO_3 -Cl	Mg - Cl	Chloride
W-11	Na – Ca - Mg ; SO_4 - HCO_3 -Cl		



الشكل 17. تصنيف المياه الجوفية حسب مخطط بايبر (Piper، 1944).

الاستنتاجات

- صنفت المياه الجوفية في خزان ملصي الجوفي استناداً إلى درجة الحرارة ضمن المياه الباردة إلى معتدلة الحرارة، وشهدت المياه الجوفية ارتفاعاً نسبياً في درجة الحرارة في مدينة الرطبة نتيجة تأثرها بمياه الصرف عبر خزانات التعفين ، إذ بلغ منسوب المياه الجوفية في المدينة مستويات ضحلة عن سطح الارض ، وقد بلغت درجة الانتقال والاكتساب الحراري في المياه الجوفية ولمختلف الأسباب بين 0.01 و 5 °م / كم .

- إزدادت قيم الناقلية الكهربائية في المياه الجوفية في نطاقين الأول شرقي الرطبة ويمتد إلى وادي الضلاع وفيه تزداد قيمة EC مع اتجاه الجريان والثاني في حوض وادي الضبع وتزداد فيه قيم EC باتجاه الشمال و الشمال الشرقي من مشروع الضبعة وهناك ظاهرة انخفاض نسبي للناقلية أكدت وجود مصدر ثانٍ لتغذية المياه الجوفية من الاتجاه الجنوب الغربي وبامتداد حوض وادي الضبعة ، إذ امتازت مياه آبار موقع الضبعة الحديثة بأقل قيم للناقلية الكهربائية.

- اعتماداً على قيم الأس الهيدروجيني (pH) ، صنفت مياه خزان ملصي الجيري ضمن المياه المتعادلة (Neutral) إلى قاعدية ضعيفة التفاعل في الجزء الغربي والجنوبي، وصنفت ضمن المياه قاعدية التفاعل في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي ، وقد تميزت مياه الآبار الحديثة في مشروع الضبعة بقيم قليلة للأس الهيدروجيني مقارنة بمياه الآبار القديمة .

- أكدت خارطة توزع تركيز الأوكسجين الذائب، وجود منطقتين يتراوح التركيز فيهما دون 2 مغ/ لتر، الأولى في مدينة الرطبة وهذا يؤكد حالة تلوث مصدرها تسرب مياه الصرف الصحي ومياه الاستعمال المنزلي واختلاطها بالمياه الجوفية، والتي تؤدي إلى نقص تركيزه. كما تدنى تركيزه إلى اقل من 2 مغ / لتر في البئر (W-16)، وربما يعزى ذلك إلى التركيب المعدني للطبقة الحاملة للمياه ومدى احتوائها على المواد العضوية ، إذ تسهم الصخور الجيرية الطينية العضوية بفاعلية في موازنة تركيز الأوكسجين.

- أوضحت خارطة توزيع TDS وجود إتجاهين لمصادر التغذية، الأول من الاتجاه الشمالي الغربي والثاني من الاتجاه الجنوبي الغربي، إذ بلغت قيم TDS اقل قيمها وهي تمثل مناطق الترشيح وإعادة الملء في أحواض الوديان العليا ومجرى وادي حوران. وبالرغم من أن المياه الجوفية تتصف بصفات المياه قليلة التمعدن الا إن تركيز TDS يزداد باتجاه الشمال الشرقي، إذ بلغت درجة الاغناء بين 1.25 و 196.8 مغ/ لتر/كم.

- أكدت نتائج تحاليل الأيونات الرئيسة للمياه الجوفية عدم تجاوز تركيزها للحدود المسموح بها للاستخدامات البشرية المقترحة من قبل منظمة الصحة العالمية بعد التأكد من صلاحيتها من الناحية البكتريولوجية والإشعاعية بسبب تلوث المياه الجوفية في مدينة الرطبة، و أيضاً من مقارنة هذه النتائج مع حدود وجودها في المياه الجوفية تبين إن جميع العناصر توجد ضمن الحدود الطبيعية .

- تراوحت درجة إغناء تركيز الصوديوم و البوتاسيوم في المياه الجوفية بين 0.04 و 38.2 مغ/ لتر/ كم وباتجاه خط الجريان إلى منطقة التصريف في آبار الضبعة، وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تشير إلى ازدياد تركيز الصوديوم و البوتاسيوم في المياه الجوفية أثناء حركتها وتماسها مع الرسوبيات الحاملة لها وبفعل عملية الإذابة.

- تراوحت درجة إغناء تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه الجوفية بين 0.16 و 247 مغ/ لتر/ كم وباتجاه الشمال الشرقي، و يبلغ أشده في البئر (W-3) في منطقة الضبعة. وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تؤكد ازدياد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه الجوفية الموجودة في الصخور الجيرية أثناء حركتها وتماسها مع الرسوبيات الحاملة لها وبفعل عملية الإذابة و الدلتة. إن تركيز هذين الأيونين يمثل تركيز العسرة الكلية في المياه وبناءاً على ذلك فإن المياه الجوفية تصنف ضمن المياه العسرة إلى العسرة جدا.

- تراوحت درجة إغناء تركيز أيون الكلوريد في المياه الجوفية بين 0.002 و 44 مغ/ لتر/ كم ويزداد باتجاه منطقة الضبعة، ويبلغ أشده في البئر (W-17). وهذا يتوافق مع الحقائق العلمية التي تؤكد ازدياد تركيز أيون الكلوريد في المياه الجوفية في مناطق التصريف، والناتج من الإذابة لعادن رسوبيات الخزان مع خط الجريان.

- تراوحت درجة إغناء تركيز أيون الكبريتات في المياه بين 0.59 و 42 مغ/ لتر/ كم ويزداد تركيزه في ثلاثة مواقع تشمل البئر (W-20) على بعد سبعة كيلومتر شرقي الرطبة، والبئر (W-7) في مشروع الضبعة، والبئر (W-21) شمال شرقي مشروع الضبعة ومن الملاحظ أن

توزع الكبريتات كان عشوائياً لا ينتظم مع السلوك الجرياني للمياه، وهذا متوقع ويعتمد على مدى احتواء الصخور لمعادن المتبخرات من الجبس أو الانهيدرايت أو انتشارها ضمن رسوبيات الخزان الجوفي.

- تراوحت درجة إغناء تركيز أيونات البيكربونات والكربونات في المياه الجوفية بين 0.25 و 114 مغ/ لتر/ كم ويزداد تركيزه نسبياً في ثلاثة مواقع تشمل البئر (W-19) على بعد (3) كيلومتر شرقي الرطبة ، والبئرين (W-15،17) في مشروع الضبعة، والبئر (W-21) شمال شرقي مشروع الضبعة، وهنا يظهر توزع هذه الأيونات بشكل ينتظم مع السلوك الهيدروجيوكيميائي للمواد الذائبة الكلية المطابق نوعاً ما للسلوك الجرياني للمياه، وهذا متوقع ويعتمد على مكونات صخور الطبقات الحاملة للمياه وتشمل الصخور الكربوناتية و الدولوميتية .

- تراوحت قيم أيون النترات في المياه الجوفية شرقي الرطبة و الضبعة بين 0.67 و 1.3 مغ/ لتر، وبمتوسط بلغ 0.972 مغ/ لتر، و ظهر توزع النترات بشكل لا ينتظم مع السلوك الجرياني للمياه، وربما يعود ذلك إلى تفاعلات الأكسدة والاختزال.

- تصنف المياه الجوفية ضمن مجموعة البيكربونات وبنسبة بلغت 76.2 %، وغالبيتها من عوائل كالسيوم و مغنيسيوم - بيكربونات وبنسبة بلغت 87.5 % مصدرها من الطبقات الجيرية الدولوميتية، وكذلك ضمن مجموعة الكلوريد بنسبة قدرها 23.8 %، من عائلة مغنيسيوم- كلوريد ومصدر المغنيسيوم يعود إلى الصخور الدولوميتية، بينما يعود تركيز الكلوريد إلى المياه المحفوظة في مسامات الصخور اثناء الترسيب وجزء منه يعود إلى عمليات الإذابة أثناء الترشيح والتغلغل عبر النطاق غير المشبع أو ضمن الطبقات الحاملة للمياه.

أخيراً يعود مصدر المياه الجوفية إلى المياه ذات الأصل الجوي متأثرة بمياه المسامات المحتجزة في فترة الترسيب وهي بحرية الأصل.

المراجع

ACSAD. 1983. Groundwater Resources of Al-Hamad Basin, No.13, Final Report, Annex-No.1- Al-Hamad Basin Studies, Damascus (In Arabic).

Al-Bassam,K.S., A.M. Al-Azzawi, R.M. Dawood, and J. A. Al-Bedaiwi. 2004. Subsurface study of the pre-Cretaceous regional unconformity in the western desert of Iraq. Iraqi Geological Journal Vol.3233 :1- 25.

Al-Dulaymi, A. S., B.M. Hussien, and H. N. Mekhlef. 2010. Hydrogeologic study of Dhabaa Basin east Rutba. Unpub. Report. Center of Desert Studies. University of Al- Anbar.

Barcelona, J., P. Gibb, A. Helfrich, and E. Garske. 1985. Practical Guide for Groundwater Sampling, EPA-600u 2104 - 85, U.S., Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK, : 78- 80.

CDS. 2010. Geophysical study for Mullusi aquifer east Rutba using Electrical Method (Vertical Electrical Sounding).Unpub. Report, 21p.

Collin's, A,G. 1975. Geochemistry of oil field water. Development in petroleum science-1, Holland 496 p.

Consortium Yugoslavia. 1980. Regional hydro geological study for block No.5 (Rutba area) & for block No.7 (Ramadi-Ana-K-160), Unpub. Study. Ministry of Irrigation.

EPA (Environmental Protection Agency). 2005. Standard for drinking water. National Primary and Secondary Drinking. Water Regulations: Federal Register.

Fouad, S.F. 2007. Tectonic and Structural Evolution of the Iraqi Western Desert. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, ISSN 1811- 4539, Special ISSUE. SCGSM:5- 29.

Helsel D.R. and R. M Hirsch.2002. Chapter A3, Statistical Methods in Water Resources, Techniques of Water -Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation. Publication available at:http://water.usgs.gov/pubs/twri/twri4a3/.510p.

Hem, J.1970. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water. Second edition. Geological Survey Water Supply. Paper 1473. Washington. 363 p.

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

Sissikian, V. K., and B. S. Mohammed. 2007. Stratigraphy of the Iraqi western desert. IBGM, ISSN 1811 - 4639, Special ISSUE, SCGSM :51 -125.

Stuiver, M., and A. Polach. 1977. Discussion Reporting of 14C Data. Radiocarbon, Vol. 19 (3) : 355–363.

Todd, D.K. 1990. Ground water hydrology, John Wiley and Son, Inc, Toppan company (LTD). New York.

USEPA. 1989. Intérim Final Guidance on Statistical Analysis of Groundwater Monitoring Data at RCRA Facilities, April, 1989.

USEPA. 2000. National water quality inventory: 2000 report.EPA-841-R-0200-.

Walton, W, C. 1970. Groundwater Resource Evaluation. Mc.Graw-Hill series. 664 p.

Hussien, B. M. 2010. Application of environmental isotopes technique in groundwater recharge within Mullusa carbonate aquifer-West Iraq. Iraqi Journal of desert studies. ISSN: 1994- 780, Vol.2, No.2.

Ivanov,V.V., L.N. Barbanov, and G.N. Plotnikova.1968. The main genetic types of the Earth's Crust mineral waters and their distribution in the USSR. In M. Makovsky and G. Kacura eds. Report of the 23rd. session-I.G.C. Genesis of mineral and thermal waters, Prauge. 33p.

Laboutka, M. 1974. The hydrogeological tables and data. The basic instructions No.3 Report No.8. National Iraqi Murals Company. Baghdad. 1974.

Matthess,G.1982.The properties of groundwater. Dep. of Environmental Science. John Wiley and Sons. Inc. New York, 406 p.

Nielsen,D.2006.ThePracticalHandbookofEnvironmental Site Characterization and Groundwater monitoring, second edition, CRC Press/ Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL,1318 p.

Piper, A. M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses: American Geophysical Union Transactions, Vol. 25: 914 -923.

Plazak, D. 1994. Differences between water level probes, Groundwater Monitoring and Remediation, 14(1), 84 p.

Shafer, M., J. Overdier, J. Hurley, D. Armstrong, and D. Webb. 1997. The influence of dissolved organic carbon, suspended particulates, and hydrology on the concentration, partitioning and variability of trace metals in two contrasting watersheds (U.S.A.). Chem. Geol.136 : 71 -97.

Shelton, L. 1994. Field Guide for collecting and processing stream- water samples for the National Water Quality Assessment Program. USGS Open-File Report 94 - 455. Sacramento, California. U.S. Geological Survey. NAWQA Field Technical Support .Placer Hall 6000 J Street .Sacramento,