



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات
فرع الهندسة الصحية والبيئية

هيدروكيميائية المياه الجوفية في مدينة أربيل شمال العراق

مشروع تخرج مقدم إلى قسم هندسة البناء والإنشاءات

كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الهندسة البناء والإنشاءات

من قبل

الطالبة: زهراء عبد الناصر

باشراف : د. طارق عبد حسين

الفهرست

	الفصل الاول : مقدمه عن المياه الجوفيه لمدينه اربيل
1	1-1 مقدمه
2	2-1 الموقع و المساحة
4	3-1 الغرض من البحث
5	4-1 الوضع الجيولوجي
6	5-1 تركيبه و جيومورفولوجيه المنطقة
7	6-1 أسلوب العمل
7	1-6-1 العمل الحقلّي و المختبري
	الفصل الثاني : الموازنة المائية
10	1-2 المقدمة
10	2-2 العناصر المناخيه
10	1-2-2 درجه الحراره
10	2-2-2 الرياح
11	3-2-2 الساقط المطري
12	4-2-2 الرطوبه النسبيه
12	5-2-2 السطوع الشمسي
13	6-2-2 التبخر
13	عناصر توفر المياه
13	عناصر فقدان المياه
15	1-3-2 طريقة ثورنثويت
17	2-3-2 طريقه بلاني كريدل
19	3-3-2 طريقه خروفيه
22	4-2 الزيادة المائيه و النقصان المائي
24	5-2 تغذيه المياه الجوفيه

	الفصل الثالث :هيدوكيميائيه المياه الجوفية
27	1-3 المقدمة
27	2-3 دقه وصحة النتائج
29	3-3 اللون و الرائحة
30	4-3 درجة الحرارة
30	5-3 العسرة الكلية
31	6-3 الأس الهيدروجيني
31	7-3 الأملاح الذائبة الكلية
34	8-3 التوصيلية الكهربائية
35	9-3 تراكيز الايونات الموجبة و السالبة الرئيسة في منطقه الدر اسر
36	1-9-3 الايونات الموجبه الرئيسيه
37	1-1-9-3 ايون البوتاسيوم
38	2-1-9-3 ايون الصوديوم
38	3-1-9-3 ايون المغنيسيوم
30	4-1-9-3 ايون الكالسيوم
40	2-9-3 الايونات السالبة
40	1-2-9-3 ايون الكلوريد
41	2-2-9-3 جذر الكبريتات
42	3-2-9-3 جذر البيكاربونات وجذر الكربونات
44	4-2-9-3 ايون النترات
45	10-3 الصيغه الهيدروكيميائيه ونوعيه المياه
47	11-3 طرائق تصنيف المياه الجوفيه
47	1-11-3 طريقه شولير
50	2-11-3 تصنيف سولن
52	12-3 اصل المياه الجوفيه
54	13-3 استخدامات المياه الجوفيه

55	1-13-3 صلاحية المياه لأغراض شرب الإنسان
56	2-13-3 صلاحية المياه لأغراض شرب الحيوان
57	3-13-3 صلاحية المياه للأغراض الصناعية
58	4-13-3 صلاحية المياه لأغراض البناء و الإنشاءات
59	5-13-3 صلاحية المياه للأغراض الزراعية
60	6-13-3 تقويم نوعيه المياه الجوفيه لأغراض الري
61	المصادر العربية
62	المصادر الاجنبية

1-1 مقدمة

الماء شريان الحياة لذلك تعتبر التنمية الاقتصادية والاجتماعية مستحيلة بدون المياه ، لذلك ف ان للقرارات التي يتخذها صانعو القرار في قطاع المياه تأثيرات لا تقتصر على الأبعاد الاقتصادية فحسب ، بل تشمل أيضا وبالدرجة نفسها من الاهمية شروط سلامة الإنسان وصحته وبقائه وما يرتبط بهذه الشروط من أبعاد اقتصادية واجتماعية . ولقد كان طلب الانسان على المياه في الماضي قليلا ب النسبة لمصادرها المتوفرة ، وحين كانت قدراته التكنولوجية ضعيفة التأثير على البيئة ، ولم تكن هناك ثمة مشكلة في تلبية الاحتياجات المائية لمختلف الاستعمالات . اما اليوم ف ان تزايد السكان ، وزيادة استهلاك المياه ، وتنامي القدرات التكنولوجية المؤثرة بشكل سلبي على البيئة أدت جميعها إلى ظهور التنافس على استعمالات المياه، ومن هنا تتضح اهمية المياه للانسان .

إن المياه الجوفية من الآبار والعيون تعد من اهم امدادات مصادر المياه . توجد المياه الجوفية في فراغات من وحدات صخور حاملة للمياه تسمى خزانات. وحجم الفتحات وخصائص تلك الخزانات الحاملة للمياه تعتمد على التكوينات المعدنية ونسيج وبنيات الصخور المكونه لهذه المكامن ، حيث تساعد الظروف التركيبية والجيومورفولوجية في تكوين احواض جوفية متعددة ومن هذه الاحواض حوض سهل اربيل والذي يحده نهر الزاب الاعلى والزاب الاسفل من الشمال الغربي والجنوب الشرقي على التوالي . وهذا الحوض يقسم على ثلاثة أحواض ثانوية هي: حوض كه بران من الشمال ، والحوض الوسطي الذي يتضمن مدينة اربيل، وحوض باشتبه في الجنوب . وقد تناولت هذه الدراسة مدينة اربيل التي تقع ضمن الحوض الوسطي حيث يتم التركيز على استثمار المياه الجوفية نتيجة للتوسع السكاني والحضري والزراعي فيها والحاجة الى مصدر مائي لتطوير الزراعة والري والاستخدامات الصناعية والاحتياجات اليومية المختلفة .

تعد دراسة المياه الجوفية في مدينة اربيل مهمة وذلك لاعتماد اكثر من 60% من السكان على تلك المياه ، إذ إن مياه نهر الزاب الاعلى غير كافية لتغطية حاجة المدينة .

من هنا تأتي اهمية دراسة النواحي الهيدروولوجية والهيدروكيميائية للمياه الجوفية لمدينة اربيل للتعرف على اتجاه جريانها ، ومصادر تغذيتها ، ونوعيتها ، وكميتها لتحديد استخدامها واستغلالها بشكل امثل.

2-1 الموقع والمساحة

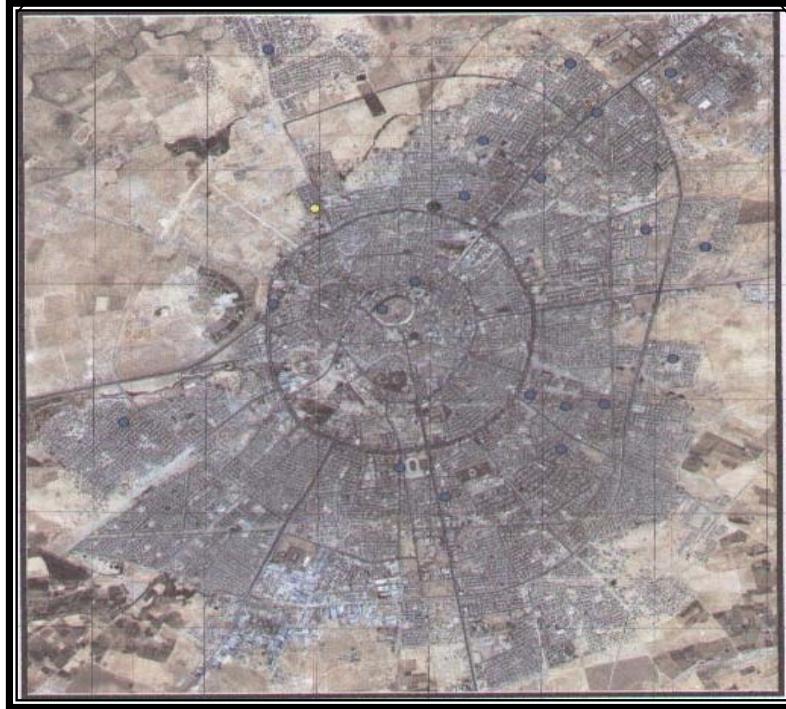
تقع مدينة أربيل في احضان جبال العراق حيث الجبال الشاهقة والوديان السحيقة والقلاع الأثرية و الشلالات والكهوف و عيون المياة والخزانات المائية. حيث تعتبر من أقدم مدن العالم. وبحكم موقعها في شمال العراق فتحدّها تركيا من الشمال و ايران من الشرق .
وابرز ما يمكن مشاهدته في اربيل هو قلعتها الاثرية التي تظهر من زاوية من زوايا المدينة . وهي تقع وسط المدينة وتتخذ شكلا دائريا وترتفع عن الارض حوالي 30 مترا وتبلغ مساحتها 110 آلاف متر مربع وتنحدر جوانبها بشكل تدريجي نحو الارض السهلة , وكما في الشكل(1-1).



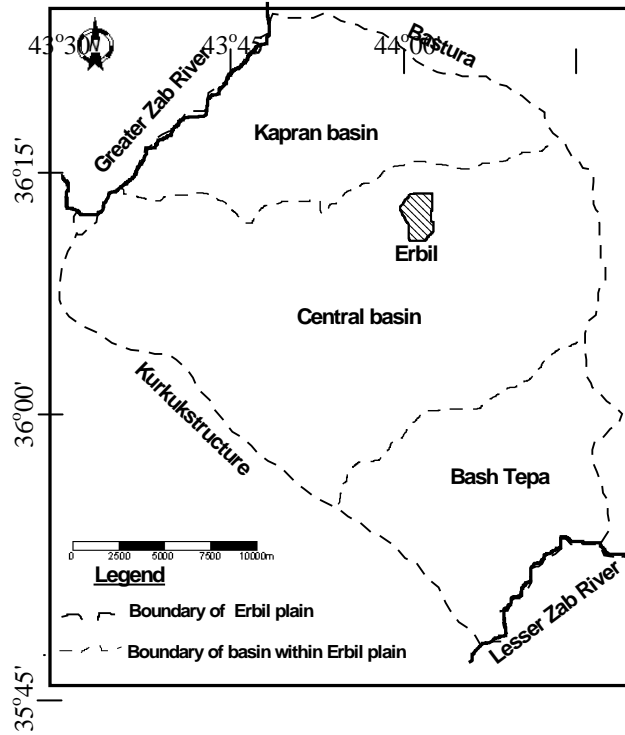
شكل(1-1) صورة لمدينة اربيل تتوسطها قلعة اربيل الأثرية

و تبلغ مساحة مدينة أربيل (13165) كم مربع و تبعد عن مدينة بغداد حوالي 360 كيلومتر أي تقع شمال بغداد بين دائرتي عرض (36° 14' 15" – 36° 08' 30") شمالاً وخطي طول – 43° 57' 30"

(20' 03' 44°) شرقاً ، وتقع مدينة الموصل إلى الغرب من اربيل وتبعد عنها حوالي 84 كيلومتر وتبعد اربيل عن مدينة السليمانية حوالي 112 كيلو متر .



شكل(1-2) خريطة العراق موضح عليها موقع محافظة اربيل ضمن صورة فضائية للقمر الصناعي Ikonoss,2003



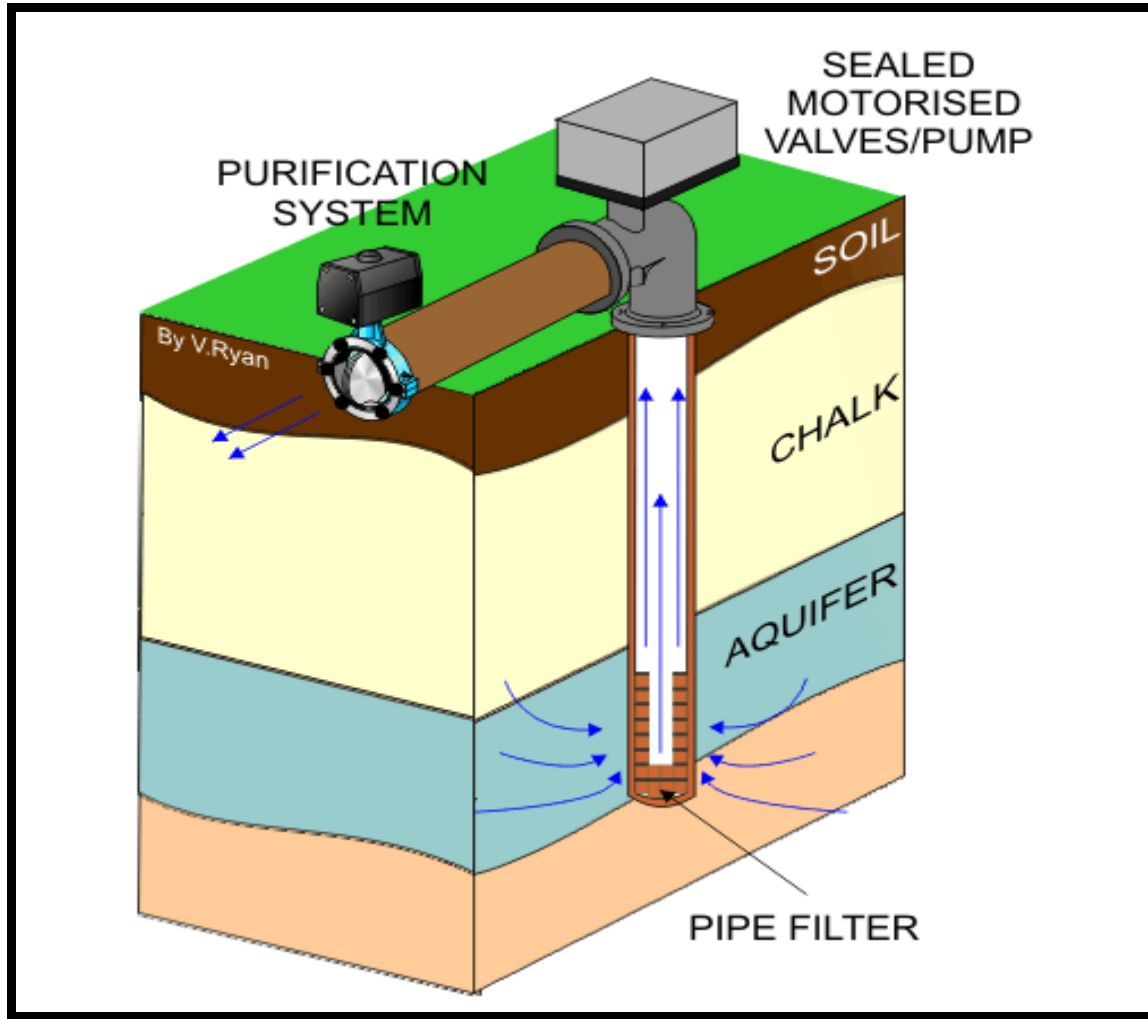
شكل (2-1) الحوض الهيدروجيولوجي لسهل أربيل. (Hassan, 1981)

أن موقع الدراسة الحوض الهيدروجيولوجي لسهل أربيل يغطي مساحة تقدر حوالي (3200) كم مربع وهو محدد بنهر الزاب الأعلى من الشمال الغربي ونهر الزاب الأسفل من الجنوب الشرقي , وهذا الحوض يقسم إلى ثلاث أحواض ثانوية وهي: الحوض الشمالي (كه بران) , الحوض الجنوبي (باشتبة) , والحوض الوسطي والذي تقع الى الشمال منه مدينة أربيل وكما في الشكل (3-1) أعلاه .

3-1 الغرض من البحث

إعادة تقويم لمصادر المياه الجوفية المتوافرة في مدينة أربيل على ضوء حفر مجموعة من الآبار (20) بئرا يصل عمقها إلى 300 م , الشكل (4-1) يوضح البئر بصورة مبسطة ، ويؤمل أن تكون قد اخترقت تكويننا منتجا يزيد على إنتاجية الآبار الحالية عن طريق:

- أ- دراسة العناصر المناخية السائدة في المنطقة وعمل الموازنة المائية لها.
- ب- دراسة الصفات الهيدروكيميائية للمياه الجوفية وتحديد نوعية الاستخدام الأمثل لهذه المياه من المعطيات الهيدروكيميائية.
- ج- تحديد الاستخدام الأمثل لمياه الآبار من المعطيات الهيدروكيميائية.



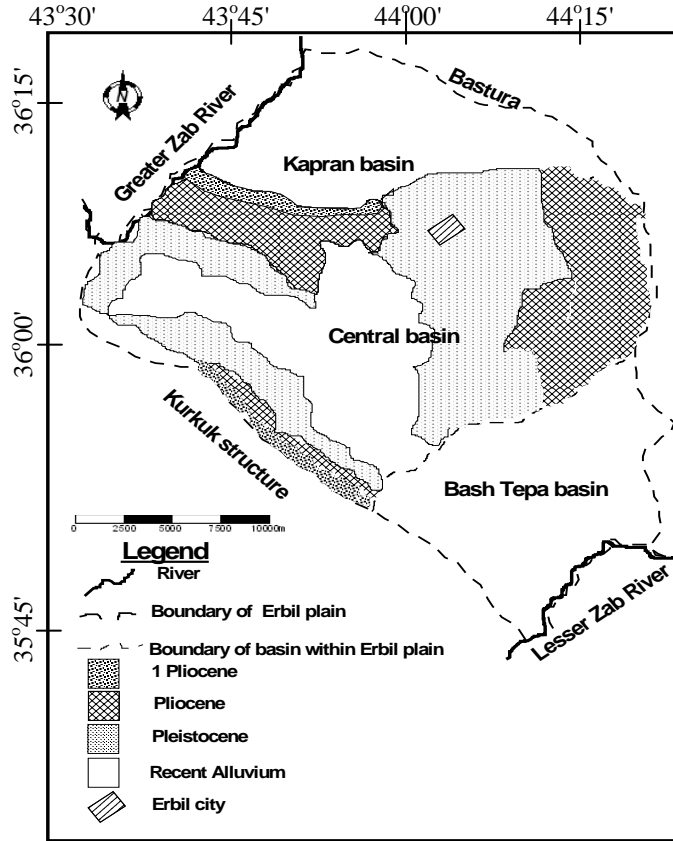
شكل (3-1) يوضح شكل البئر بعد ان تم حفره وكيفية استخراج الماء منه بشكل مبسط

4-1 الوضع الجيولوجي

تغطي المكاشف الصخرية في حوض سهل اربيل الوسطي زمنا يمتد من (Upper Miocene- Recent) شكل (3-1) .

والصخور المنكشفة في تلك المنطقة جميعها صخور رسوبية المنشأ . يلاحظ من الخارطة الجيولوجية أن مكاشف تكوين المقدادية يمتد في الاجزاء الجنوبية الغربية والشمالية الغربية من الحوض عند اطراف الحوض ، في حين يظهر ان تكوين باي حسن ينكشف في الاجزاء الشرقية والشمالية الغربية والجنوبية الغربية من الحوض ، كذلك ينكشف تكوين انجانه في اجزاء قليلة من الجهة الجنوبية الغربية للحوض ، وهذه التكوين تعود الى اعمار من (Upper Miocene – Pliocene) . كذلك تنكشف الترسبات النهرية وترسبات الحصى والرمال والطين العائنه لعمر ال (Pleistocene) في الأجزاء الشرقية

والشمالية الغربي والجنوبية الغربية من الحوض ، اما في الاجزاء الوسطى من الحوض فتظهر الترسبات النهرية والترسبات الرملية والحصى والغرينية والطينية العائدة للعصر الحديث (Recent) . (Hassan, 1998).



شكل (4-1) الخريطة الجيولوجية لحوض اربيل الوسطي (Hassan,1998)

وتبرز أهمية دراسة التكوينات الجيولوجية من ناحية تأثيرها في خواص المياه الجوفية التي تمر خلالها ، كذلك تأثيرها في هيدروكيميائية وحركة المياه الجوفية .

5-1 تركيبية و جيومورفولوجية المنطقة

حسب التقسيم الفيزيوجرافي للعراق فان منطقة الدراسة تقع ضمن الم (منطقة الالتوائية Folded Zone) التي تتميز باحتوائها على التواءات محدبة متطاولة وتضم كلا من الالتواءات العالية والمنخفضة ، ويكون اتجاه محاور الالتواءات من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي والجنوب في مناطق اربيل

والسليمانيه (Buday,1987). إن الالتواءات في هذه المنطقة (Folded zone) تمتد إلى 100 كم في بعض الأحيان، وإن التضاريس والأشكال الأرضية فيها تعكس الطبيعة التركيبية لهذه المنطقة، ونرى إن

الالتواءات المحدبة ترتفع بضع مئات من الأمتار عن الالتواءات المقعرة التي تجاورها ، بينما يكون ارتفاع المنطقة بصورة عامة حوالي 500 م عن مستوى سطح البحر (السياب وآخرون ، 1982) . وجسب التقسيم التكتوني للعراق (Metchel,1959) فإن منطقة الدراسة تقع ضمن الرصيف غير المستقر أو منطقة أقدام الجبال ، وقد قسم (Buday,1987) المنطقة الالتوائية إلى : منطقة الالتواءات العالي، ومنطقة التلال المنخفضة أو منطقة أقدام الجبال التي تقع ضمنها منطقة الدراسة .

وجسب التقسيم الثنائي للعراق (Mitchell, 1959 & Buday,1987) فإن منطقة الدراسة تقع ضمن الرصيف غير المستقر وهذه المنطقة قد سميت بأسماء متعددة فهي المنطقة الالتوائية في بعض التقسيمات، أو هي منطقة الحوض المتقدم على الرصيف كما جاء به (Dittmar,1972) .

تتصف هذه المنطقة بأوصاف تركيبية معينة منها وجود انطواءات متطاولة ذات أطوال كبيرة نسبياً، وإن هذه التحدبات هي نتيجة حركة بناء الجبال الألبية ، وإن أغلب هذه الطيات ذات اتجاه شمال غرب – جنوب شرق ، وإن شدة الطي تزداد باتجاه الشمال والشمال الشرقي ، كما إن هناك العديد من خطوط الفوالق ذات الاتجاه شمال غرب - جنوب شرق، وقد تكون في أغلب الحالات ذات أطوال كبيرة موازية إلى الالتواءات المحدبة والمقعرة .

6-1 أسلوب العمل

1-6-1 العمل الحقل والمختبري

شمل العمل الحقل والمختبري مايلي :

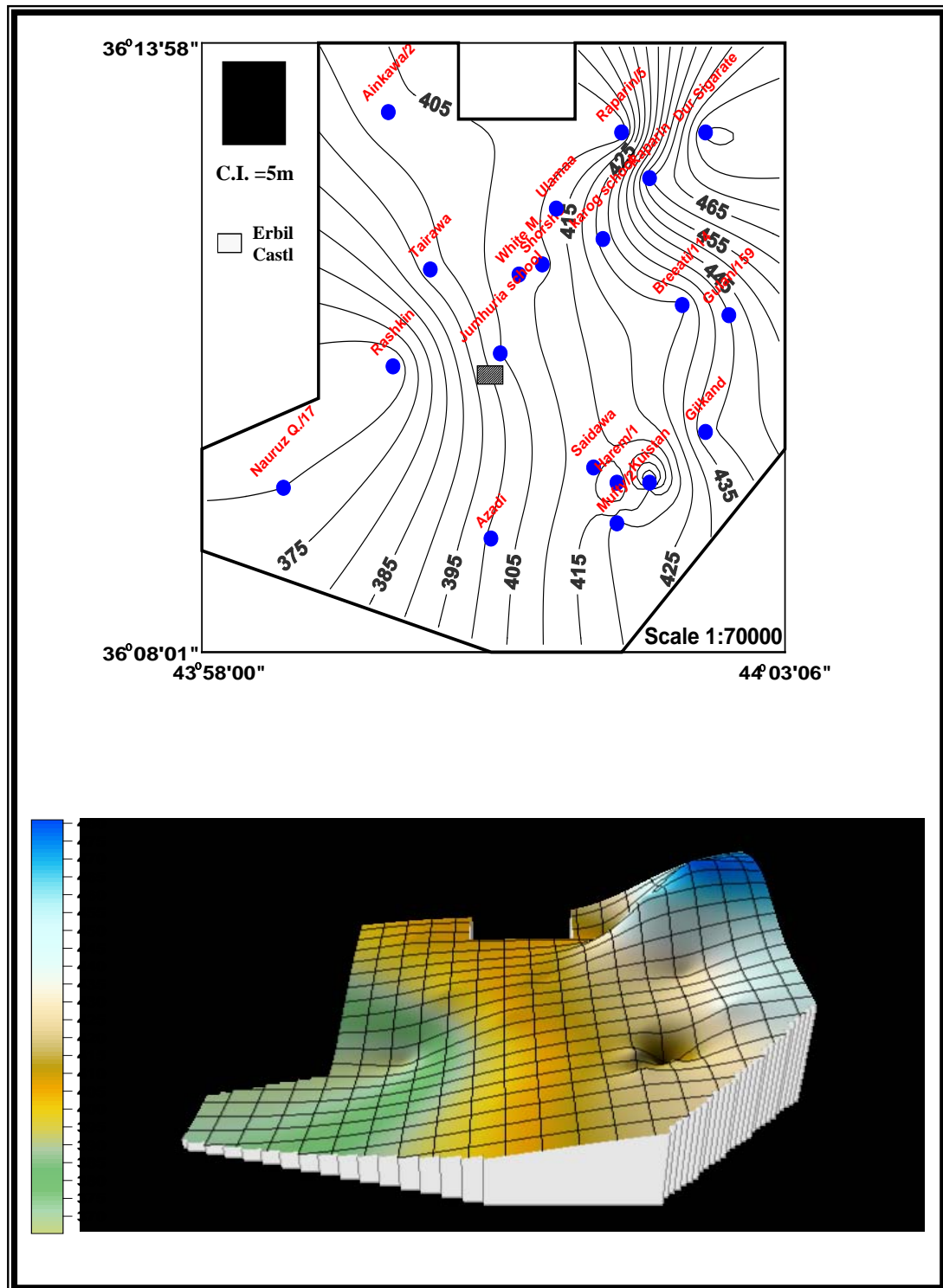
- 1- تحديد مواقع الآبار المدروسة في المنطقة، وإسقاط مواقع الآبار المختارة للبحث وعددها (20) بئراً على الخريطة الطبوغرافية ذات المقياس 1:70000 جدول (1-1) .
- 2- رسم خريطة بمقياس رسم 1:70000 وتم تثبيت الآبار المدروسة وعددها (20) بئراً على الخارطة الأساس شكل (1-5).
- 3- استخدمت البيانات المناخية لمحطة اربيل في حساب الوزنة المائية للمنطقة.

4- استخدمت نتائج التحليل الكيميائية للتعرف على أصل ونوع المياه وصلاحياتها للاستخدامات المختلفة.

5- فحص اللون، والطعم، والرائحة، ودرجة الحرارة في الحقل موقعا .

جدول (1-1) ارتفاع منسوب المياه فوق مستوى سطح البحر لبعض الآبار في منطقة الدراسة

WELL NO.	X (UTM)	Y (UTM)	LOCATION	ELEVATION (M)	SWL(M)	W.T.A.S.L.(M)
1	412355	4004604	Saidawa	413	69	344
2	412768	4004341	Harem1	421	63.9	357.1
3	412884	4003732	Mufty2	422	67.3	354.7
4	411443	4007010	White M.	410	74	336
5	411839	4007250	Shorsh3	408	70	338
6	412051	4008062	Ulamaa	416	-	-
7	412347	4007542	Karog School	427	82	345
8	413362	4008478	Raparin	460	92	368
9	414022	4008643	Dur Sigarat F.	481	106	375
10	413782	4006772	Braeati 114	424	50	374
11	414254	4006570	Gulan 159	440	60.5	379.5
12	411036	4003420	Azadi	401	59	342
14	413000	4009000	Raparin 5	405	42	363
15	414000	4005000	Gilkand	439	70	373
16	413200	4004500	Kuistan	390	21	369
17	411010	4005940	Jumhuria School	405	70	335
18	409500	4005700	Rashkin	365	33	332
19	408000	4004155	Nauruz 17	370	32	338
20	409510	4009221	Ainkawa 2	404	44	360
21	410000	4007000	Tairawa	398	64	334



شكل (5-1) خريطة طبوغرافية وشكل ثلاثي الابعاد لمنطقة الدراسة

1-2 المقدمة:

تمت دراسة العوامل المناخية التي لها علاقة بالتوازن المائي للمياه الجوفية وهي الامطار, التبخر و النتج . لأجل التعرف على هذه العوامل درست أيضا بعض المعطيات الموثرة بصورة رئيسية وهي درجة الحرارة والرياح والساقط المطري والرطوبة النسبية والسقوط الشمسي والتبخر. ولغرض معرفة الظروف المناخية استخدمت البيانات المتوفرة في محطة أنواء أربيل اعتمادا على أطلس مناخ العراق 1989 وسجلات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية من (1982-2002).

2-2 العناصر المناخية

1-2-2 درجة الحرارة

تمت دراسة تغير درجات الحرارة من خلال تحليل جدول (1-2) حيث يرتفع المدى الحراري اليومي والسنوي في منطقة الدراسة. إذا بلغ أعلى درجات الحرارة خلال شهر تموز حيث بلغت (38) وذلك بسبب موقع العراق الذي يبعد عن المؤثرات المائية التي لها دور كبير في انخفاض درجات الحرارة. وكانت أدنى درجات الحرارة في شهر كانون الثاني حيث بلغت (9.6) شكل (1-2), في حين كان المعدل السنوي للمدة اعلاه (23.4) .

مما تقدم يتبين أن منطقة الدراسة تتصف بطول فصل الصيف الذي يمتد من شهر أيار الى شهر تشرين الاول يأتي بعده الشتاء الذي يمتد خمسة اشهر اخرى في حين يوجد بينهما فصلان انتقاليان قصيران هما فصل الربيع والخريف. حيث بلغت درجات الحرارة الشهرية لشهر كانون الثاني و تموز للفترة بين(1982-2002) في منطقة الدراسة (9.6-38) على التوالي.

2-2-2 الرياح

أن الرياح السائدة في العراق طوال أيام السنة هي الرياح التي تأتي من الشمال الغربي وتظهر هذه الرياح خلال أشهر الصيف الخاصة, حيث تكون نحو 75% من مجموع الرياح التي تهب على العراق , ويرجع سبب هبوب هذه الرياح الى وقوع حوض دجلة والفرات على أطراف منطقة الضغط الشديد الكائنة في وسط آسيا (الكبيسي, 1992).

تحديد المناخ وطبيعة التجوية فضلا" عن تأثيرها الفعال في تشكيل مظاهر السطح وخاصة في المناطق الجافة ونها منطقة الدراسة.

ولمعرفة سرعة الرياح في منطقة الدراسة تم حساب معدل سرعة الرياح في محطة أنواء أربيل المناخية اعتمادا على أطلس مناخ العراق (1989) وسجلات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية للمدة من (1982-2002) كما موضح في الجدول (1-2).
ويلاحظ من الجدول اعلاه ان سرعة الرياح تتغير خلال فصول السنة حيث ان فصل الصيف تكون فيه الرياح اسرع من بقية الفصول , اذا بلغ اعلا معدل لها (3.3) ث/م في شهر مايس . اما اشهر الشتاء فيكون ادنى معدل لها في شهر كانون الاول حيث بلغت سرعة الرياح (2.1) ث/م .

3-2-2 الساقط المطري

تعد الأمطار من المصادر الرئيسية للمياة السطحية والجوفية وان معظم أمطار منطقة الدراسة تسقط خلال فصلي الشتاء والربيع فقط لأنها تخضع للمناخ الجاف والشبة الجاف وتكون هذه الأمطار قليلة نسبيا" وموزعة توزيعا" غير منتظم زمانيا" ومكانيا", كما أن سقوطها يكون بشكل زخات قوية ومتذبذبة وهذه من صفات المناخ الجاف, ويبدأ الساقط المطري في منطقة الدراسة خلال شهر تشرين الأول وينتهي خلال شهر ايار حيث تسقط الأمطار في فصلي الشتاء والربيع.
ولمعرفة الساقط المطري في منطقة الدراسة تم حساب معدل التساقط المطر شهريا في محطة أنواء أربيل المناخية كما موضح في الجدول (1-2).

يلاحظ من الجدول أعلاه أن أعلى معدل شهري في شهر كانون الثاني حيث بلغ معدل الأمطار (82.5 ملم), وأدنى معدل شهري كان في شهر آب (0.2 ملم), وأن الفترة المحصورة بين تشرين الثاني ونيسان تمثل حدود الأشهر المطرية أما تشرين الأول وأيار فيمثلان أشهر التحول وبقية أشهر السنة المتمثلة بحزيران وتموز وأب وأيلول فتمثل أشهر انعدام المطر.
يوضح الشكل (1-2) معدل التوزيع السنوي لكميات الأمطار الساقطة (ملم) حيث بلغ المجموع السنوي للمعدلات الشهرية (449ملم) خلال المدة (1982-2002).

4-2-2 الرطوبة النسبية

يقصد بها النسبة بين ضغط البخار الحقيقي الى ضغط البخار المشبع وهي تمثل مقدار الرطوبة ضمن نطاق معين الى مقدار الرطوبة ضمن النطاق نفسه اذا كان مشبعاً "كلياً" بالبخار (1975), والرطوبة النسبية في منطقة الدراسة تتصف بالانخفاض صيفاً والارتفاع شتاءاً" كما في الجدول (1-2).
تم حساب معدلات الرطوبة النسبية ضمن منطقة الدراسة حيث نلاحظ من الجدول أعلاه أقل معدل شهري للرطوبة كان في شهر تموز اذ وصل الى (23.1%), أما في فصل الشتاء فأعلى معدل للرطوبة النسبية كان في شهر كانون الثاني وقد وصل الى (75.3%).

أن الرطوبة النسبية تتناسب تناسباً عكسياً مع درجات الحرارة فهي تقل في فصل الصيف مع ارتفاع درجات الحرارة وتزداد في فصل الشتاء مع انخفاض درجات الحرارة.
والشكل (1-2) يبين المعدل السنوي للرطوبة النسبية لمحطة أنواء أربيل المناخية وأخيراً "فإن قلة الرطوبة تساعد على ارتفاع التبخر وهذا يقلل من المياه الجوفية والسطحية مما له انعكاسات على حجم التصريف وانتظامه السنوي.

5-2-2 السطوع الشمسي

يقصد بـ كمية وشدة أشعة الشمس الساقطة على المنطقة خلال فترة زمنية والسطوع الشمسي يتناسب طردياً مع ارتفاع درجات الحرارة حيث بزيادة أشعة الشمس الواصلة الى الأرض ترتفع درجات الحرارة , وكذلك فإن السطوع الشمسي يتناسب عكسياً مع الرطوبة النسبية حيث يزداد السطوع الشمسي في فصول الصيف بينما تقل الرطوبة وفي الشتاء يقل السطوع الشمسي وتزداد الرطوبة.
وتم حساب السطوع الشمسي في محطة أنواء أربيل المناخية من (1982-2002) كما موضح في الجدول (1-2) فتظهر أعلى معدل شهري سُجل في شهر حزيران (12 ساعة/ يوم) وأقل قيمة في شهر كانون الأول (4.8 ساعة/يوم).

6-2-2 التبخر

التبخر احد العناصر الأساسية في الدورة الهيدرولوجية ويمثل عملية معاكسة للساقط المطري (1973) حيث ان التبخر هو العملية التي يتحول خلالها سائل ما الى بخار وتتفاوت شدة التبخر تبعا لتفاوت مقدار الاشعاع الشمسي ودرجات الحرارة فضلا عن سرعة الرياح التي تعد من العوامل المهمة المؤثرة في زيادة التبخر, كما ان التبخر يقلل من كمية الماء الجارية .

تم حساب معدل قيم التبخر من (1982-2002) للمحطات في منطقة الدراسة ويمثل الجدول (2-1) قيم التبخر في المنطقة اذ بلغ المعدل السنوي للتبخر لهذه الفترة (2485 ملم).

يبين الشكل (2-1) المعدل السنوي للمع الكلي لمنطقة الدراسة اما المعدل الشهري للتبخر للفترة (1982-2002) فكان (207.1ملم).

ومن خلال دراسة المناخ الذي يسود المنطقة ممكن ان نقسم العناصر المناخية الى:

أولاً:"عناصر توافر المياه

ان من أهم عناصر توافر المياه هي: الأمطار والرطوبة النسبية اللتان تؤديان إلى تغذية المياه الجوفية . تسقط الامطار عادة - في منطقة الدراسة - خلال فصلي الشتاء والربيع، جدول (2-1) ، يلاحظ من الجدول أن أعلى معدل شهري كان في شهر كانون الثاني حيث بلغ معدل الامطار (82.5 m.m.) وأوطأ معدل شهري كان في شهر آب (0.2 m.m.) . أما المجموع السنوي للمعدلات الشهرية فكان (449 m.m.) خلال المدة (1982-2002) شكل (2-1).

أما بالنسبة للرطوبة النسبية فقد تراوح معدل قيمتها في منطقة الدراسة بين 23.17% و 75.35% خلال شهري تموز وكانون الثاني على التوالي وبمعدل سنوي مقداره 47.92% جدول (2-1) ، شكل (2-1).

ثانياً:"عناصر فقدان المياه:

ان من أهم عناصر فقدان المياه هي: درجات الحرارة، والسطوع الشمسي، وسرعة الرياح، والتبخر من حوض صنف (أ) الأرضي، والتبخر-نتح الكامن . حَسَب المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة جدول (1-2)

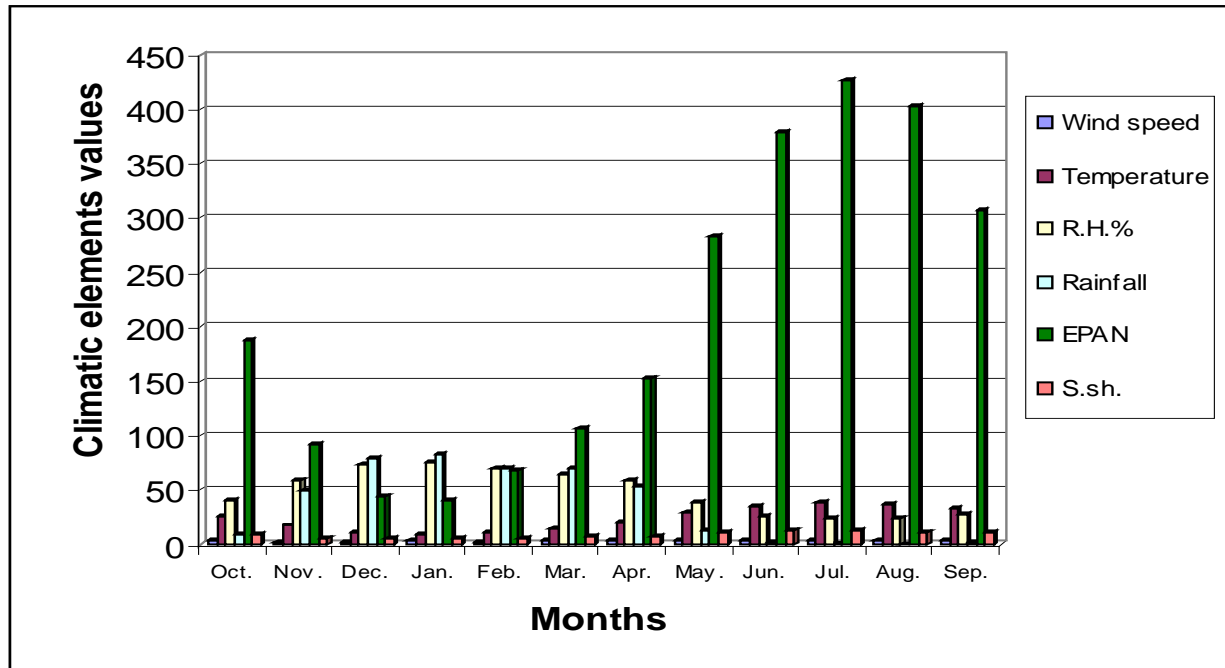
2) فقد سُجلت أعلى درجات حرارة خلال شهر تموز حيث بلغت (38.06) م° وأدناها في شهر كانون الثاني حيث بلغت (9.66) م° شكل (2-1)، في حين كان المعدل السنوي للمدة أعلاه (23.4) م°. أما

بالنسبة الى الرياح فتتغير سرعتها في منطقة الدراسة بين 2.17 م/ثا في شهر كانون الاول و 3.34 م/ثا في شهر مايس ، ويبين الجدول (1-2) المعدلات الشهرية لقيم سرعة الرياح للمدة (1982-2002) في منطقة الدراسة.

أما بالنسبة الى السطوع الشمسي فيظهر من جدول (1-2) أن أعلى معدل شهري سجل في شهر حزيران (12.01) ساعة/يوم وأقل قيمة في شهر كانون الأول (4.74) ساعة/يوم شكل (1-2). أما بالنسبة الى التبخر من حوض صنف (أ) الارضي فيظهر من الجدول (1-2) أن أعلى قيمة للتبخر كانت في شهر تموز (427.05) ملم، وأقل قيمة للتبخر كانت في شهر كانون الثاني (39.5) ملم ، شكل (1-2).

جدول (1-2) المعدلات الشهرية للأمطار والرطوبة النسبية ودرجات الحرارة وسرعة الرياح والسطوع الشمسي والتبخر حوض صنف (أ) الأرضي في منطقة الدراسة للمدة (1982-2002) والمأخوذة من محطة اربيل المناخية.

Months	Average Monthly Rainfall (mm)	Average Monthly R.H. %	Mean Monthly Temperature (C°)	Wind Speed (m/Sec)	S.Sh. (hours/day)	Mean Monthly Evaporation (mm)
Oct.	30.7	40.1	25.9	2.6	8.2	188.1
Nov.	48.6	58.3	17.1	2.3	5.8	91.7
Dec.	78.1	73.7	11.2	2.1	4.7	42.9
Jan.	82.5	75.3	9.6	2.6	4.8	39.5
Feb.	70.3	69.0	10.7	2.3	5.6	67.2
Mar.	69.9	63.5	14.8	3.1	6.5	107.1
Apr.	53.4	57.8	20.6	2.9	7.6	152.0
May.	12.8	38.2	28.4	3.3	9.9	282.2
Jun.	1.1	24.9	34.3	2.9	12.0	378.3
Jul.	0.6	23.1	38.0	2.8	11.8	427.0
Aug.	0.2	23.6	37.2	2.6	11.1	402.6
Sep.	0.8	27.1	32.8	2.5	10.3	306.4
Total	449	575.0	-	-	-	2485.3
Monthly Mean	37.4	47.9	23.4	2.7	8.1	207.1



شكل (1-2) المعدلات الشهرية للأمطار والرطوبة النسبية ودرجات الحرارة وسرعة الرياح والسطوع الشمسي والتبخر من حوض صنف (أ) الأرضي في منطقة الدراسة للفترة (1982-2002) والمأخوذة من محطة اربيل المناخية.

هنالك العديد من المعادلات التجريبية التي تربط بين القياسات المناخية والتبخر-نتح أقصى وعادة ما تطبق هذه المعادلات على ظروف منطقة بعينها من حيث نوع الغطاء النباتي وموسمها ومراحل نموه وتختلف هذه المعادلات من حيث المعاملات التي تدخل في كل منها -فمنها ما يعتمد على الفترة الممكنة لسطوع الشمس او الطاقة الاشعاعية ومتوسط درجة الحرارة, الرطوبة, والتبخر من احواض خاصة حيث استخدام (Thornthwaite, Blany Cridle and Kharufa) لحساب التبخر نتح- أقصى نظريا وهذه الطرق الثلاثة ملائمة لمناخ المناطق شبه الجافة ومنها منطقة الدراسة وهي:

1-3-2 طريقة ثورنثويت (1948) Thornthwaite Method

تعتبر طريقة ثورنثويت إحدى الطرق المستخدمة لتقدير التبخر - نتح أقصى والتي تعتمد على درجة الحرارة فقط (المتوسط اليومي لدرجة الحرارة) . وهذه الطريقة ملائمة لاستخدامها في مختلف أنواع المناخ شبه الرطب وشبه الجاف. ويمكن أن نسرد فيما يلي معادلة ثورنثويت :

$$PE = LF16\left(\frac{10t}{J}\right)^a$$

$$J = \sum_{n=1}^{12} j$$

$$j = \left(\frac{t_n}{5}\right)^{1.514}$$

$$a = (675 \times 10^{-9})J^3 - (771 \times 10^{-7})J^2 + (1.792 \times 10^{-2})J + 0.492$$

حيث :

PE التبخر-نتج أقصى (ملم / شهر)

LF عامل تصحيح يعتمد على خطوط العرض (معامل عدد ساعات السطوع الشمسي)

t المعدل الشهري لدرجات الحرارة (°م)

j معامل الحرارة الشهري

J معامل الحرارة السنوي

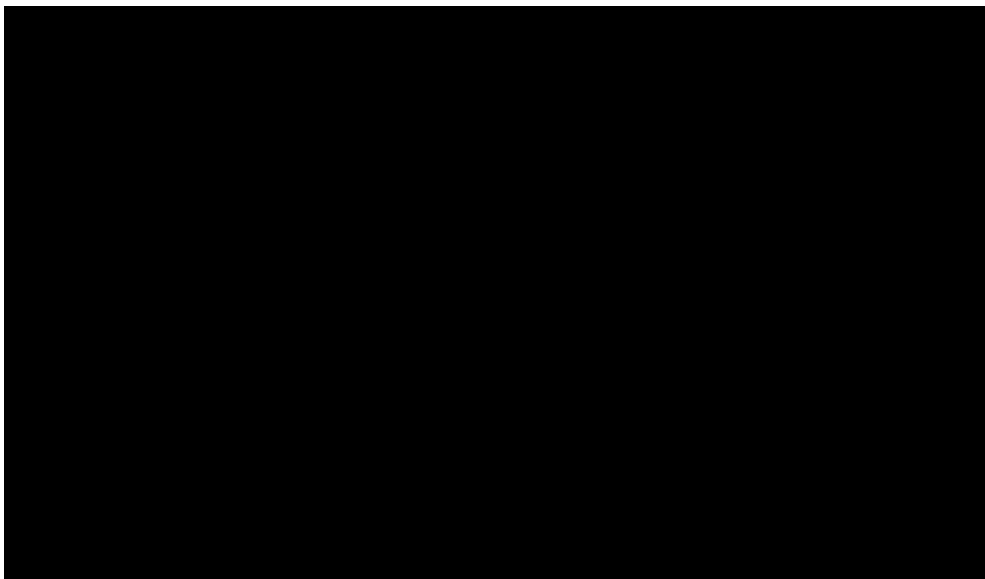
a ثابت (تعتمد قيمته على معامل الحرارة السنوي)

جدول (2-2) قيمة التبخر-نتج أقصى المحسوبة بطريقة ثورنثويت في منطقة الدراسة للفترة (2002-1982)

Month	t	t/5	j=(t/5) ^{1.514}	10t/J	a	LF	PE(m.m)
Oct.	25.9	5.18	12.064	1.93666	3.1241	0.971	122.49
Nov.	17.1	3.42	6.451	1.28089	3.1241	0.854	29.6
Dec.	11.2	2.24	3.427	0.84346	3.1241	0.846	7.95
Jan.	9.6	1.92	2.71	0.72232	3.1241	0.87	5.04
Feb.	10.7	2.14	3.195	0.80532	3.1241	0.845	6.87
Mar.	14.8	2.96	5.207	1.1119	3.1241	1.03	22.95
Apr.	20.6	4.12	8.58	1.54634	3.1241	1.097	68.5
May.	28.4	5.68	13.915	2.12809	3.1241	1.215	205.76

Jun.	34.3	6.86	18.45%
Jul.	38.0	7.60	21.60%
Aug.	37.2	7.44	20.87%
Sep.	32.8	6.56	17.25%
Total			133.73%

ي جدول (2-2) للمدة (2002-1982) .
يساوي (2088.94) ملم ، والشكل (2-2) يبين
ريقة ثورنثويت .



شكل (2-2) العلاقة بين الأمطار والتبخر – نتج أقصى بطريقة ثورنثويت وبلاني كريدل وخروفه في
منطقة الدراسة للمدة (2002-1982).

2-3-2 طريقة بلاني كريدل (1972) Blany Criddle Method

أستخدم بلاني كريدل نفس العاملين السابقين الذي أستخدمها ثورنثويت علاوة على معامل يتوقف على
نوعية الغطاء النباتي أو المحصول ومن ميزة هذه الطريقة كسابقتها هي عدم احتياجها الى بيانات مناخية

كثيرة والتي تحتاجها طرق أخرى وكذلك تمتاز بسهولة وبساطتها علاوة على أستنادها الى حد ما على المنطق وإمكانية التوصل باستخدامها الى قيم شهرية من الاستهلاك المائي أو التبخر- النتج الأقصى الشهري.

ويمكن أن توضح المعادلة في الشكل التالي:

$$PE = KS (0.46 t + 8.13)$$

حيث إن :

PE مقدار التبخر-نتج أقصى الشهري (مم)

K عامل التصحيح ويساوي $K = (0.0311 t + 0.24)$

t المعدل الشهري لدرجات الحرارة (°م)

S النسبة المئوية لعدد ساعات السطوع الشمسي الشهري الى عدد ساعات السطوع الشمسي السنوي

جدول (3-2) قيمة التبخر-نتج أقصى المحسوبة بطريقة (Blany Cridle) في منطقة الدراسة للفترة (1982-2002)

Months	T	S.Sh (%)	K	Ks	0.46t+8.13	PE(m.m.)
OCT.	25.9	8.2	1.04549	8.63	20.04	172.94
NOV.	17.1	5.8	0.772743	4.48	16.01	71.72
DEC.	11.2	4.7	0.590808	2.8	13.32	37.3
JAN.	9.6	4.8	0.540426	2.61	12.57	32.8
FEB.	10.7	5.6	0.574947	3.26	13.08	42.64
MAR.	14.8	6.5	0.702457	4.573	14.97	68.45
APR.	20.6	7.6	0.883148	6.75	17.64	119.07
MAY.	28.4	9.9	1.125106	11.138	21.22	236.34
JUN.	34.3	12.0	1.30673	15.69	23.91	375.12
JUL.	38.0	11.8	1.423666	16.8	25.63	430.58
AUG.	37.2	11.1	1.39692	15.5	25.24	391.22

SEP.	32.8	10.3	1.26008	12.97	23.22	301.16
Total		98.5				2279.34

يبين الجدول (3-2) قيم PE المحسوبة بطريقة بلاني كر يدل ويلاحظ أن المجموع السنوي للتبخر-نتح أقصى يساوي (2279.34) ملم وهي أعلى من القيمة المحسوبة بطريقة ثورنثويت، وأعلى قيمه تكون في شهر تموز (430.58) ملم وأقل قيمه في شهر كانون الثاني (32.8) ملم، والشكل (2-2) يبين العلاقة بين الإمطار و PE المحسوبة بطريقة بلاني كر يدل.

3-3-2 طريقة خروفه Kharufa Method (1984)

وضعت هذه الطريقة لتلافي عدم التوافق في النتائج التي تحتسب من معادلات حساب التبخر والنتح في المناطق الجافة وشبه الجافة (علي وآخرون ، 2000) وهذه الطريقة تعتمد على درجات الحرارة والسطوع الشمسي والمعادلة هي كما يلي :

$$PE / p = at^m$$

حيث ان :

PE التبخر-نتح أقصى الشهري (ملم)

ρ النسبة المئوية لعدد ساعات السطوع الشمسي الشهري الى عدد ساعات السطوع الشمسي السنوي

a ثابت (0.33)

m ثابت (1.31)

t المعدل الشهري لدرجات الحرارة

وتم تبسيط المعادلة إلى ما يلي :

$$PE = \frac{P}{3} t^{1.31}$$

جدول (4-2) قيمة التبخر- نتح أقصى المحسوبة بطريقة (Kharufa) في منطقة الدراسة للعدة (1982-2002)

Months	t	S.Sh(%)	p/3	$t^{1.31}$	PE (mm)
Oct.	25.9	8.2	2.75	71.02	195.31
Nov.	17.1	5.8	1.93	41.32	79.74
Dec.	11.2	4.7	1.58	23.9	37.77
Jan.	9.6	4.8	1.61	19.13	30.8
Feb.	10.7	5.6	1.89	22.5	42.52
Mar.	14.8	6.5	2.17	34.33	74.5
Apr.	20.6	7.6	2.55	52.89	134.86
May.	28.4	9.9	3.3	80.36	265.18
Jun.	34.3	12.0	4	102.62	410.48
Jul.	38.0	11.8	3.93	117.6	462.17
Aug.	37.2	11.1	3.7	114.13	422.3
Sep.	32.8	10.3	3.43	96.78	331.96
Total	281.1	98.5			2487.59

يلاحظ من الجدول أعلاه إن معظم القيم المحسوبة بطريقة خروفيه أعلى من القيم المحسوبة بطريقتي ثورنثويت وبلاني كر يدل . حيث يصل مجموع التبخر-نتح أقصى المحسوب به هذه الطريقة الى (2487.59) ملم/سنويا ، وأعلى قيمه تكون في شهر تموز (462.17) ملم ، وأقل قيمه في شهر كانون الثاني (30.8) ملم. والشكل (2-2) يبين العلاقة بين الأمطار و التبخر-نتح أقصى في منطقة الدراسة والمحسوبة بطريقة خروفيه.

هنالك العديد من الطرق الأخرى لحساب التبخر عن طريق المعادلات التجريبية ويبين الجدول التالي هذه الطرق وكذلك نوعية البيانات المناخية اللازمة لكل منها.

اسم المعادلة	البيانات المناخية اللازمة
A-معادلات تستخدم متوسط درجة الحرارة الهوائية اليومية.	
Lower- Johnson - 1	درجة حرارة في موسم النمو.
Thonth Waite -2	درجة الحرارة.
Blaney – Criddle -3	درجة الحرارة + نسبة السطوع الشمسي + معامل المحصول.
B- معادلات تستخدم متوسط درجة الحرارة الهوائية اليومية + الاشعاع الشمسي.	
Jensen – Haise -1	درجة الحرارة + الاشعاع اليومي.
Truc -2	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي.
Grassi -3	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي + معامل المحصول.
Stephens – Stewart -4	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي.
Makkink -5	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي.
C-معادلات تستخدم متوسط درجة الحرارة الهوائية اليومية + الرطوبة.	
Blaney – morin – 1	درجة الحرارة + السطوع الشمسي + الرطوبة النسبية + معامل المحصول.
Hamon - 2	درجة الحرارة + الرطوبة النسبية + نسبة سطوع الشمس.
Papadakis -3	درجة الحرارة + ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة نصف النهار وعند درجة الحرارة الدنيا.
D - معادلات معقدة .	
Panman -1	درجة الحرارة + الشعاع الشمسي + سرعة الرياح + الرطوبة النسبية.
Christiansen -2	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي + سرعة الرياح + الرطوبة النسبية + نسبة السطوع الشمسي + الارتفاع + معامل المحصول.
VanBavel -3	درجة الحرارة + الاشعاع الشمسي + سرعة الرياح + الرطوبة .

4-2 الزيادة المائية والنقصان المائي (WS) & Water (WD) Deficit

الزيادة المائية تعني أن قيمة الأمطار هي أكثر من قيمة التبخر-نتح أقصى، في حين أن النقصان المائي يعني أن قيمة التبخر-نتح أقصى هو أعلى من قيمة الأمطار (Brickle, 1995).

$$WS = P - PE \quad ; \quad P > PE$$

$$WD = PE - P \quad ; \quad P < PE$$

وعند استخدام المعادلة أعلاه يتبين أن قيم الزيادة المائية تراوحت بين 27.78 ملم في شهر شباط الى 51.7 ملم في شهر كانون الثاني، وأن الأشهر من كانون الأول الى شباط تعد أوقات للزيادة المائية عند حساب PE بطريقة خروفيه. وتراوحت بين 1.45 ملم في شهر آذار الى 49.7 ملم في شهر كانون الثاني ، وان الأشهر من كانون الأول الى آذار تعد أوقات للزيادة المائية عند حساب PE بطريقة بلاني كر يدل. في حين تراوحت قيم الزيادة المائية بين 19.0 ملم في شهر تشرين الثاني الى 77.46 ملم في شهر كانون الثاني، والأشهر من تشرين الثاني الى آذار تعد أوقات للزيادة المائية عند حساب PE بطريقة ثورنثويت. وحسب جدول (5-2) .

وتمثل الزيادة المائية (WS) مجموع الجريان السطحي (Rs) ، وتغذية المياه الجوفية (Re) ، ورطوبة التربة (Ri) اذا كان

$$P > PE \quad \text{فهذا يعني أن} \quad P - E = AE$$

$$P < PE \quad \quad \quad P = AE$$

إذ إن AE تمثل التبخر-نتح الحقيقي قيم التبخر-نتح أقصى السنوية تكون دائما اكبر من قيم المعدلات السنوية للأمطار، لذلك فللمطريقة السنوية لا تستخدم لحساب الزيادة المائية ، لذا فالمعدلات الشهرية لقيم التبخر-نتح أقصى والمحسوبة بالطرائق السابقة استخدمت لحساب المعدل الشهري للزيادة المائية والنقصان المائي جدول (5-2) .

ومن جدول (5-2) نلاحظ أن معدل النسبة المئوية للزيادة المائية حسب الطرائق السابقة في منطقة الدراسة هي كما يلي:

$$WS\% = 172.13 / 449 * 100 = 38.33 \%$$

لذلك فلن معدل النسبة المئوية لقيمة التبخر-نتح الحقيقي في منطقة الدراسة هي كما يلي :

$$AE\% = 276.86 / 449 * 100 = 61.66\%$$

جدول (5-2) الموازنة المائية المناخية المحسوبة بالطريقة الثلاثية

Methods		Kharufa					Blany Criddle					Thornthwaite			
Month	Monthly p(mm)	Monthly (PE) (mm)	AE (mm)	WS (mm)	WD (mm)	Monthly (PE) (mm)	AE (mm)	WS (mm)	WD (mm)	Monthly (PE) (mm)	AE (mm)	WS (mm)	WD (mm)		
Oct.	30.7	195.31	30.7	-	164.61	172.94	30.7	-	142.24	122.48	30.7	-	91.78		
Nov.	48.6	79.74	48.6	-	31.14	71.72	48.6	-	23.12	29.6	29.6	19	-		
Dec.	78.1	37.77	37.77	40.33	-	37.3	37.3	40.8	-	7.95	7.95	70.15	-		
Jan.	82.5	30.8	30.8	51.7	-	32.8	32.8	49.7	-	5.04	5.04	77.46	-		
Feb.	70.3	42.52	42.52	27.78	-	42.64	42.64	27.66	-	6.87	6.87	63.43	-		
Mar.	69.9	74.5	69.9	-	4.6	68.45	68.45	1.45	-	22.95	22.95	46.95	-		
Apr.	53.4	134.86	53.4	-	81.46	119.07	53.4	-	65.67	68.5	53.4	-	15.1		
May.	12.8	265.18	12.8	-	253.38	236.34	12.8	-	223.54	205.76	12.8	-	192.96		
Jun.	1.1	410.48	1.1	-	409.38	375.12	1.1	-	374.02	370.43	1.1	-	369.33		
Jul.	0.6	462.17	0.6	-	461.57	430.58	0.6	-	429.98	521.99	0.6	-	521.39		
Aug.	0.2	422.3	0.2	-	422.1	391.22	0.2	-	391.02	455.08	0.2	-	454.88		
Sep.	0.8	331.96	0.8	-	331.16	301.16	0.8	-	300.36	272.29	0.8	-	271.49		
Total	449	2487.59	329.19	119.81	2159.4	2279.34	329.39	119.61	1949.95	2088.49	172.01	276.99	1916.93		

أما بالنسبة إلى النقصان المائي فهذه تشمل الأشهر غير المطيره ، حيث تكون قيمة التبخر-نتح أقصى أعلى من معدل الأمطار .

$$WD = PE - P \quad P < PE$$

وتشمل هذه الهدة الأشهر من آذار الى تشرين الثاني حسب خروفيه ، والأشهر من نيسان الى تشرين الثاني حسب بلاني كر يدل ، والاشهر من نيسان الى تشرين الأول حسب ثورنثويت .
جدول (5-2) وفي هذه الحالة تكون

$$AE = P$$

5-2 تغذية المياه الجوفية Ground Water Recharge

يمكن حساب تغذية المياه الجوفية بالاعتماد على كمية الأمطار الساقطة السنوية ومساحة المنطقة المدروسة . بلغ معدل الساقط المطري السنوي للهدة (1982-2002) 449 ملم، وتم حساب معدل الزيادة المائية حيث بلغ (172.13) ملم جدول (5-2). تم حساب الجريان السطحي وأستخدمت لصيغة الاتية لحساب كميات المياه السنوية التي تغذي المياه الجوفية .

$$R_s = (P - 178) P / 2540 \quad (\text{Dandekar and Sharma, 1989})$$

$$= 47.9 \text{ m.m.}$$

$$R_e = 0.87 (P - 50)$$

إذ إن

R_s الجريان السطحي (ملم)

R_e التغذية (ملم)

P المجموع الشهري للأمطار (ملم)

تم تطبيق المعادلة السابقة لحساب التغذية الشهرية من المعلومات المناخية المستحصلة من محطة اربيل المناخية وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

جدول (6-2) التغذية الشهرية في منطقة الدراسة للمدة (1982-2002) .

Month	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Total (mm)
Monthly p (m.m)	30.7	48.6	78.1	82.5	70.3	69.9	53.4	12.8	1.1	0.6	0.2	0.8	449
Re (m.m)	0	0	24.4	28.3	17.66	17.3	2.95	0	0	0	0	0	90.61

$$R_e \% = \frac{90.61}{449} \times 100 = 20.18\%$$

بصورة عامة ومن تطبيق حسابات الموازنة المائية بأعتماد المعدلات الشهرية للأمطار والتبخر-نتح أقصى للمدة (2002-1982) والمبينة في جدول (5-2) يلاحظ أن المجموع السنوي للأمطار بلغ (449) ملم يتحقق منه زيادة مائية بمقدار (172.13) ملم حسب معدل الطرائق السابقة تنقسم على: جريان سطحي بقيمة (47.9) ملم ونسبته من الأمطار السنوية (10.66%) ، وتغذية جوفية (90.61) ملم ونسبتها من الأمطار (20.18%). وبشكل عام فإن معدل نسبة الزيادة المائية المتحققة من الأمطار السنوية بلغت (38.33%) يقابلها (61.66%) فقدان مائي كلي عن طريق التبخر-نتح الحقيقي.

أيضا تم حساب معدل التغذية السنوي لحوض اربيل الوسطي :

$$\begin{aligned} Annual Recharge &= 1400 \times 10^6 \times 90.61 \times 10^{-3} \\ &= 126.85 \times 10^6 m^3 / year \end{aligned}$$

عند موازنة هذه النتائج مع دراسة (Hassan, 1998) ودراسة (Hassan, 1981) نلاحظ أن نتائج الدراسة الحالية بالنسبة للتغذية والجريان السطحي هي:

$$Re \% = 20.18 \%$$

$$Rs \% = 10.66\%$$

أما دراسة (Hassan, 1998) فكانت النتائج

$$Re \% = 24.23 \%$$

$$Rs \% = 15.44 \%$$

أما دراسة (Hassan, 1981) فكانت النتائج

$$Re \% = 22.8 _ 24.9 \%$$

$$Rs \% = 15.4 _ 16.6 \%$$

وقد يعود الاختلاف الناتج في القيم من اختلاف الأوقات الزمنية المعتمدة في حسابات الموازنة المائية لكل دراسة فقد اعتمد (Hassan,1998) مدة عشر سنوات في حسابات الموازنة المائية (1988-1997)، في حين اعتمد (Hassan,1981) مدة ثلاثين سنة ، كذلك فإن حجم ومساحة منطقة الدراسة قد لا يعطيان تصوراً حقيقياً عن المنطقة اذا ما كانت المساحة المدروسة كبيرة جداً ، عند ذلك من الضروري أخذ المعطيات المناخية لأكثر من محطة مناخية واحدة .

1-3 المقدمة

في الدراسة الحالية لهيدروكيميائية المياه الجوفية لمدينة اربيل تم الاعتماد على نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية للآبار العميقة والبالغ عددها (20) بئراً ، سبعة عشر منها تم حفرها من المديرية العامة لحفر الآبار المائية وثلاثة آبار تم حفرها من المديرية العامة للمياه الجوفية في إقليم كردستان . تم أخذ نماذج للمياه الجوفية من تلك الآبار حيث تم تعيين الأيونات الموجبة والسالبة الرئيسة ، كذلك تضمنت تعيين الأس الهيدروجيني pH والتوصيلية الكهربائية EC. والمواد الصلبة الذائبة الكلية TDS والعسرة الكلية TH ، فضلاً عن بعض الخواص الأخرى كاللون والطعم والرائحة ودرجة حرارة الماء .

2-3 دقة وصحة النتائج

تبين دقة النتائج مدى الاعتماد على استعمال نتائج التحاليل الهيدروكيميائية للتفسيرات المتعلقة بالصفات الهيدروكيميائية وتحسب بطرائق متعددة منها قانون التوازن الملحي الذي يعتمد على مجموع تراكيز الأيونات الموجبة التي تعادلها مجموع تراكيز الأيونات السالبة، وتقاس دقة النتائج بصحة نتيجة ما ومدى قربها من القيمة الحقيقية ويعبر عنها بالفرق النسبي (Relative Difference) وهو الفرق الحاصل في المجموع الكلي كنسبه مئوية (Hem,1970) وكما يأتي :

$$RD = \frac{rC - rA}{rC + rA} \times 100 \quad \text{-----} \quad (1-3)$$

إذ إن

rC مجموع تراكيز الأيونات الموجبة (meq / l.)

rA مجموع تراكيز الأيونات السالبة (meq / l.)

بين (Hem , 1970) أنه إذا كانت قيمة الفرق النسبي اقل من (5%) فإين الدقة تكون عالية جداً ، وفي حالة كون الفرق النسبي يقع بين (5%-10%) فإين النتائج فيها احتمالات من الممكن أن تكون مهمة وفي هذه الحالة تستعمل نتائج التفسير بحذر ، أما إذا كانت الفروقات النسبية أكثر من (10%) فلا يمكن الاعتماد عليها في التفسيرات الهيدروكيميائية ، كذلك يمكن تصنيف الصحة (Accuracy) للتحاليل الكيميائية (Stoodly et al , 1980) وكما في الجدول الآتي:

جدول (1-3) يوضح تصنيف الفرق النسبي والصحة للتحاليل الكيميائية

النتيجة	صحة التحاليل	A الصحة	R.D. الفرق النسبي
أكيد	Certain	$A \geq 95\%$	$R.D. \leq 5\%$
محتمل أكيد	Probable certain	$90\% \leq A \leq 95\%$	$10\% \geq R.D. > 5\%$
غير أكيد	uncertain	$A < 90\%$	$R.D. > 10\%$

وبالاعتماد على المعادلة السابقة تم حساب الفروقات النسبية لتحاليل النماذج المائية وصحة المعلومات للآبار المدروسة في المنطقة جدول (2-3). يظهر من الجدول أن الفروقات النسبية جميعها لنماذج المياه الجوفية المدروسة في المنطقة هي أقل من (5%) ما عدا نموذج المياه الجوفية للبئر رقم (7) حيث تكون من نوع (Probable Certain)، مما يؤكد على أن دقة النتائج عالية و من ثم يمكن الاعتماد عليها في التفسيرات الهيدروكيميائية.

جدول (2-4) الفرق النسبي والصحة للتحاليل الهيدروكيميائية لنماذج المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

Well No.	Well Name	Σ Cat. (epm)	Σ An. (epm)	Δ	T	R.D	A	Type
1	Saidawa	2.826	2.734	0.092	5.56	1.65	98.35	Certain
2	Harem 1	2.638	2.632	0.0065	5.27	0.123	99.87	=
3	Mufty 2	3.146	3.028	0.118	6.174	1.911	98.089	=
4	White m.	3.548	3.665	0.117	7.213	1.622	98.378	=
5	Shorsh 3	4.033	3.847	0.186	7.88	2.36	97.64	=
6	Ulamaa	3.565	3.548	0.016	7.113	0.224	99.77	=
7	Karog School	3.877	3.462	0.4145	7.34	5.647	94.353	P. certain
8	Raparin	3.616	3.338	0.278	6.954	3.997	96.003	Certain
9	Dur Sigarate F.	3.143	3.131	0.012	6.274	0.19	99.81	=
10	Braeati 114	2.929	2.828	0.101	5.757	1.75	98.25	=
11	Gulan 159	3.247	3.154	0.093	6.401	1.45	98.55	=
12	Azadi	3.196	3.1	0.096	6.296	1.52	98.48	=
14	Raparin 5	4.376	4.096	0.2798	8.472	3.3	96.7	=
15	Gilkand	3.18	3.054	0.126	6.234	2.02	97.98	=
16	Kuistan	3.109	2.972	0.1368	6.081	2.25	97.75	=
17	Jumhuria school	2.29	2.307	0.017	4.597	0.37	99.63	=
18	Rashkin	4.383	4.166	0.216	8.55	2.52	97.48	=
19	Nauruz 17	4.653	4.394	0.259	9.047	2.86	97.14	=
20	Ainkawa 2	2.996	3.3	0.304	6.296	4.82	95.18	=

21	Tairawa	3.04	3.197	0.157	6.237	2.51	97.5	=
----	---------	------	-------	-------	-------	------	------	---

$$\Sigma \text{ cat.} = rK + rNa + rMg + rCa$$

$$\Sigma \text{ An.} = rHCO_3 + rSO_4 + rCl + rNO_3 + rCO_3$$

$$\Delta = |r\Sigma \text{ cat.} - r\Sigma \text{ An.}|$$

$$T = r\Sigma \text{ cat.} + r\Sigma \text{ An.}$$

$$R.D. = \Delta / T \times 100$$

$$A = 100 - R.D.$$

3-3 اللون والرائحة

لا يحتوي الماء الصافي على لون أو رائحة ، ولكن إذا تجمعت المياه النقية بكميات كبيرة بدون حركة نوعا ما تعطي اللون المخضر الشاحب . تميزت المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها عديمة اللون والرائحة . جدول (3-3) .

جدول (3-3) المدى والمعدل للمتغيرات الهيدروكيميائية لأبار منطقة الدراسة

VARIATION	RANGE	MEAN
Color	Colorless	Colorless
Odor	Odorless	Odorless
T c °	21.6-18.7	20.31
pH	8.25-8	8.076
EC (ms/cm)	484-264	353.65
T.D.S. (ppm)	325-180	244.45
T.H. (ppm)	105.3-53	79.66
Ca ⁺² (ppm)	29-11	18.5
Mg ⁺² (ppm)	12-5	8.15
Na ⁺ (ppm)	58-28	41.15
K ⁺ (ppm)	1.5-0.19	0.862
CL ⁻ (ppm)	60-25	34.15
CO ₃ ⁻² (ppm)	12-4	7.5
HCO ₃ ⁻ (ppm)	98-43	70.35
SO ₄ ⁻² (ppm)	60-29	44.1
NO ₃ ⁻ (ppm)	1.35-0.11	0.932

3-4 درجة الحرارة

إن فحص درجة الحرارة في نموذج المياه يعد من الفحوصات المهمة والمقيمة لطبيعة الماء ، وذلك لان درجة الحرارة تؤثر بشكل فعال في ذوبان المواد في المياه ، كما أنها من العوامل المهمة في التفاعلات الجيوكيميائية ومهمة في حياة الكائنات الحية ، وهي كذلك مهمة في تحديد بعض خواص الماء مثل الكثافة واللزوجة .

تراوحت درجات الحرارة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة بين (21.6-18.7) درجة مئوية جدول (3-3).

3-5 العسرة الكلية

عسرة الماء تختلف باختلاف المورد المائي حيث تكون المياه السطحية اقل عسرة من المياه الجوفية ، وهذا يتبع السحنات الرسوبية للتكاوين الجيولوجية المختلفة والتي تجري عليها المياه أو تمر من خلالها .

تعد العسرة الكلية صفة مميزة للمياه وذلك لأهميتها عند استعمالات المياه للأغراض البشرية المختلفة . تعتمد العسرة الكلية على تراكيز أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم الشائعة الوجود في المياه والتي يمكن حسابها من المعادلة الآتية (Todd,1980) .

$$TH = 2.5Ca + 4.1Mg \text{ ----- (2-3)}$$

إذ إن تراكيز Ca و Mg مقاسه بالجزء بالمليون.

لقد تم حساب قيم العسرة الكلية لنماذج المياه الجوفية للآبار المدروسة في المنطقة وظهرت النتائج كما في الجدول (3-5). وقد تراوحت قيمها بين (53 – 105.3) وبمعدل 79.66 ppm ، جدول (3-3). يظهر من الجدول أعلاه أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة معظمها من نوع (صافي و معتدل العكورة) حسب تصنيف (Todd, 1980).

جدول (3-4) تصنيف المياه الجوفية حسب Todd,1980

Water Class	Todd , 1980
Fresh	75 – 7
Moderately hard	150 – 75
Hard	300 – 150
Very hard	300 <

جدول (5-3) نتائج التحاليل الكيميائية (epm) لنماذج مياه الآبار في منطقة الدراسة

Well No.	Well Name	TH. (ppm)	pH	T.D.S. (mg/l)	Ec (ms/cm)	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Cl ⁻	So ₄ ⁻²	Co ₃ ⁻²	Hco ₃ ⁻	No ₃ ⁻	Σcat.	Σan.
1	Saidawa	68.7	8.1	218	316	0.019	1.434	0.575	0.798	0.874	0.77	0.2	0.885	0.0056	2.826	2.734
2	Harem1	66.2	8.1	184	265	0.0112	1.304	0.575	0.748	0.987	0.707	0.133	0.803	0.00177	2.638	2.631
3	Mufly2	80.3	8.02	280	368	0.02	1.521	0.657	0.948	0.846	0.916	0.266	0.983	0.017	3.146	3.028
4	White M.	91.9	8.2	270	374	0.025	1.956	0.74	1.097	0.902	1.041	0.2	1.508	0.0145	3.818	3.665
5	Shorsh3	89.4	8.09	280	383	0.028	2.217	0.74	1.048	1.21	0.916	0.2	1.508	0.0137	4.033	3.847
6	Ulamna	91	8.01	260	363	0.0048	1.74	0.822	0.998	0.846	1.25	0.133	1.311	0.00886	3.5648	3.5488
7	Karog School	99.2	8.01	265	373	0.023	1.87	0.986	0.998	0.817	0.916	0.3	1.41	0.0195	3.877	3.4625
8	Raparin	81.9	8.2	250	329	0.022	1.956	0.74	0.898	0.902	0.832	0.4	1.196	0.0085	3.616	3.338
9	Dur Sigarate	56.2	8.25	225	330	0.02	2.00	0.575	0.548	0.902	0.832	0.4	0.983	0.0145	3.143	3.131
10	114Bracati	65.3	8.04	205	302	0.0166	1.608	0.657	0.648	0.902	0.707	0.4	0.803	0.016	2.929	2.828
11	Golan159	74.4	8.02	228	319	0.02	1.739	0.74	0.748	0.902	1.02	0.2	1.0162	0.0162	3.247	3.154
12	Azadi	73.7	8.01	253	372	0.028	1.695	0.575	0.898	0.902	0.832	0.233	1.114	0.019	3.196	3.1
14	Raparin5	91.2	8.07	310	426	0.033	2.521	0.575	1.247	1.551	0.936	0.2	1.393	0.0162	4.376	4.0962
15	Gilkand	75.3	8.02	240	340	0.023	1.652	0.657	0.848	0.789	0.916	0.3	1.032	0.017	3.18	3.054
16	Kuistan	73.7	8.03	255	366	0.0281	1.608	0.575	0.898	0.705	0.832	0.4	1.016	0.0193	3.1091	2.9723
17	Jumhuriat School	53	8.00	180	264	0.014	1.217	0.411	0.648	0.817	0.603	0.166	0.704	0.0177	2.29	2.307
18	Rashkin	97.8	8.11	330	484	0.038	2.391	0.657	1.297	1.128	1.145	0.266	1.606	0.0217	4.383	4.1667
19	Nauruz Q.17	105.3	8.08	315	449	0.0281	2.521	0.657	1.447	1.692	1.041	0.2	1.442	0.0195	4.653	4.394
20	Ainkawa2	83.5	8.05	240	330	0.022	1.304	0.822	0.848	0.846	1.041	0.2	1.196	0.0177	2.996	3.3
21	Tarawa	75.3	8.11	235	320	0.014	1.521	0.657	0.848	0.733	1.103	0.2	1.147	0.0141	3.04	3.197
Total						0.4376	35.775	13.123	18.456	19.253	18.356	4.997	23.056	0.2982		

6-3 الأس الهيدروجيني pH

يعبر الرقم الهيدروجيني عن نشاط وفعالية أيون الهيدروجين في الماء حيث يشير الى القيمة العددية للو غار يتم مقلوب تركيز أيون الهيدروجين بالمول لكل لتر.

$$pH = -\log_{10}[H]^+ \quad \text{-----} \quad (3-3)$$

يتم قياس الأس الهيدروجيني في الحقل مباشرة بو ساطة جهاز (EC., TDS, pH meter) بعد معايرته بوساطة المحاليل القياسية (Buffer solution). تراوحت قيم الأس الهيدروجيني لنماذج مياه الآبار المدروسة بين (8-8.25) جدول (3-3) ، (3-5). معظم مياه الآبار المدروسة تكون قاعدية خفيفة.

7-3 الأملاح الذائبة الكلية T.D.S.

يشمل مجموع الأملاح الذائبة الكلية ، المواد الصلبة الذائبة في المحلول (المتأينة وغير المتأينة) . ولا تتضمن المواد العالقة والغروية والغازات الذائبة وتقاس بوحدة (mg / L Davis & DeWiest, 1966) . ويمكن حساب الأملاح الذائبة الكلية من جمع الأيونات الموجبة والسالبة المقاسة بوحدة (ppm) كما يمكن قياسها بالمختبر بطريقة التبخر وبدرجة حرارة (100 °C) ، والأملاح الذائبة الكلية المحسوبة من التحاليل تكون أقل بقليل من المقاسة بالمختبر. وقد تظهر النتائج الحسابية والمقاسة في المختبر تبايناً قليلاً ويعمل هذا التباين في عدم تحليل المواد العضوية والعناصر النادرة ذات الوزن الجزيئي القليل في الطريقة الحسابية ولكنها تضيف تركيزاً في أثناء عملية التبخر ، كذلك فإن تأثير الكربونات والبيكاربونات يتم حسابه في الطريقة الحسابية ولكن في أثناء عملية التبخر تتحول ألبيكاربونات الى الكربونات مع انطلاق غاز ثاني أو كسيد الكربون (CO₂) وترسيب كربونات الكالسيوم مما يؤثر في التراكم في طريقة التبخير . (Bollen bach , 1975 في ألهي تي 1985)



لقد تم اختبار التباين الحاصل في مجموع الأملاح الذائبة المحسوبة والمقاسة لنماذج المياه الجوفية جميعها للآبار المدروسة في المنطقة بطريقة الاختبار (T-Test) باستعمال المعادلة الآتية :

$$T\% = \frac{TDS_m - TDS_c}{TDS_m} \text{ ----- (4-3)}$$

إذ إن

$T\%$ النسبة المئوية للاختبار

TDS_m الأملاح الذائبة الكلية المقاسة في المختبر

TDS_c الأملاح الذائبة الكلية المحسوبة من الأيونات

وكما في الجدول (6-3) .

لقد بينت نتائج الاختبار -ت- أن الفرق بين الأملاح الذائبة الكلية المقاسة والمحسوبة هو اقل من 10% باستثناء نموذج المياه الجوفية للبئر 17 حيث يكون الفرق (14.63)، وقد يعود هذا الفرق الى خطأ في التحليل الكيميائي لهذا النموذج ، وهذا الفرق يعد مقبولا وغير مؤثر في النتائج إذا عدت الأسباب السابقة أساساً للتفسير ، فضلاً عن تأثير حركة وسرعة المياه الجوفية إذ إن السرعة لها علاقة عكسية مع TDS بسبب قلة زمن بقاء الماء ملامسا للصخور (Langmuir, 1997).

جدول (6-3) النسبة المئوية للاختبار -ت- للأملاح الذائبة الكلية المحسوبة والمقاسة .

Well No.	TDS _m (Mg/L)	TDS _c (Mg/L)	T%
1	204	185.1	9.26
2	184	174.55	5.13
3	225	205.9	8.48
4	270	257.89	4.48
5	280	267.95	4.3
6	260	244.74	5.86
7	265	245.11	7.5
8	250	230.42	7.83
9	225	209.67	6.8
10	205	186.64	8.95
11	228	214.78	5.8
12	233	213.3	8.45
14	310	283.31	8.6
15	230	209.03	9.11
16	225	203.3	9.64
17	180	153.65	14.63
18	325	292.85	9.89
19	315	301.31	4.3
20	240	217.96	9.18
21	235	216.43	7.9

تراوحت قيمة TDS بين (180-325) جزء بالمليون وبمعدل (244.45) جدول (3-3) ، (5-3) أن موازنة تراكيز الأملاح الذائبة الكلية للمياه الجوفية في منطقة البحث جدول (5-4) مع تصنيف (Gorrell, 1958) المذكور في (Davis & DeWiest, 1966) وتصنيف (Altoviski, 1962) وتصنيف (Drever, 1997) المذكور في (حمه سعيد، 2003) جدول (7-3) يبين أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تكون من نوع (Fresh water).

جدول (7-3) تصنيف المياه اعتمادا على الأملاح الذائبة الكلية (ملغم/ لتر)

Water Class	Gorrell , 1958	Altoviski , 1962	Drever , 1997
Fresh water	1000-0	1000-0	1000>
Slightly Brackish water	---	3000-1000	---
Brackish water	10000-1000	10000-3000	20000-1000
Salty water	100000-10000	100000-10000	---
water Brine	100000<	100000<	35000<

8-3 التوصيلية الكهربائية (E.C.) Electrical conductance

تعرف التوصيلية الكهربائية على أنها قابلية المادة لإيصال التيار الكهربائي (Freeze & Cherry, 1979). وهي تعد أسرع تقدير تقريبي للمواد الذائبة الكلية في المياه ، لذلك فلنفسها ترتبط بعلاقات رياضية حسب نوعية وتركيز الأملاح في المياه وكما يأتي (Todd, 1980).

$$1ppm(TDS) = 1.56[EC.] \times 10^6 \text{ ----- (5-3)}$$

إذ إن

جزء من مليون ppm

$EC \times 10^6$ التوصيلية الكهربائية النوعية بالمايكرو موس/سم

إن زيادة درجة حرارة الماء درجة مئوية واحدة تؤدي إلى زيادة التوصيلية الكهربائية 2%

(Todd, 1980). كذلك فإن التوصيلية الكهربائية في مياه الأمطار قليلة وتتراوح بين (2-100)

مايكروموز وللמים الجوفية بين (50-50000) مايكروموز ولماء البحر تصل الى أكثر من (50000) مايكروموز (Sander,1998) .

يتم قياس التوصيلية الكهربائية في الحقل بواسطة جهاز (EC., TDS, pH meter) بعد معايرته ، تراوحت قيمة التوصيلية الكهربائية بين (264-484) مايكروموز/سم وبمعدل (353.65) مايكروموز/سم. جدول (3-3) ، (5-3) .

9-3 تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة الرئيسة في منطقة الدراسة

تمتاز تراكيز الأيونات الرئيسة في المياه الجوفية بصورة عامة بتنذبها اعتمادا على عوامل عديدة ، وبصورة عامة تزداد التراكيز خلال أوقات انخفاض مناسيب المياه الجوفية ، في حين تنخفض خلال ارتفاع المناسيب وذلك بسبب عمليات التخفيف والتبادل الأيوني واحتمالية زيادة ترسيب جزء من البيكربونات في فصل الصيف بفعل زيادة درجة الحرارة وانخفاض منسوب المياه ، والجدول (5-3) و (8-3) و (9-3) تبين تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة لنماذج المياه الجوفية في أبار منطقة الدراسة مقاسة بوحدات (epm) و (ppm) و (epm%) على التوالي .

جدول (8-3) نتائج التحاليل الكيميائية (ppm) للآبار العميقة في منطقة الدراسة .

Well No.	Well Name	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	Cl ⁻¹	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻¹	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻¹
1	Saidawa	16	7	33	0.75	31	6	54	37	0.35
2	Harem 1	15	7	30	0.44	35	4	49	34	0.11
3	Mufty 2	19	8	35	0.8	30	8	60	44	1.1
4	White M.	22	9	45	0.99	32	6	92	50	0.9
5	Shorsh 3	21	9	51	1.1	43	6	92	44	0.85
6	Ulamaa	20	10	40	0.19	30	4	80	60	0.55
7	Karog School	20	12	43	0.9	29	9	86	44	1.21
8	Raparin	18	9	45	0.89	32	12	73	40	0.53
9	Dur Sigarate F.	11	7	46	0.77	32	12	60	40	0.9
10	Braeate 114	13	8	37	0.65	32	12	49	34	0.99
11	Gulan 159	15	9	40	0.77	32	6	62	49	1.01
12	Azadi	18	7	39	1.1	32	7	68	40	1.2
14	Raparin 5	25	7	58	1.3	55	6	85	45	1.01
15	Gilkand	17	8	38	0.93	28	9	63	44	1.1
16	Kuistan	18	7	37	1.1	25	12	62	40	1.2
17	Jumhuria School	13	5	28	0.55	29	5	43	29	1.1
18	Rashkin	26	8	55	1.5	40	8	98	55	1.35
19	Nauruze Q 17	29	8	58	1.1	60	6	88	50	1.21
20	Ainkawa 2	17	10	30	0.86	30	6	73	50	1.1
21	Tairawa	17	8	35	0.55	26	6	70	53	0.88

جدول (9-3) نتائج التحاليل الكيميائية epm% للآبار العميقة في منطقة الدراسة .

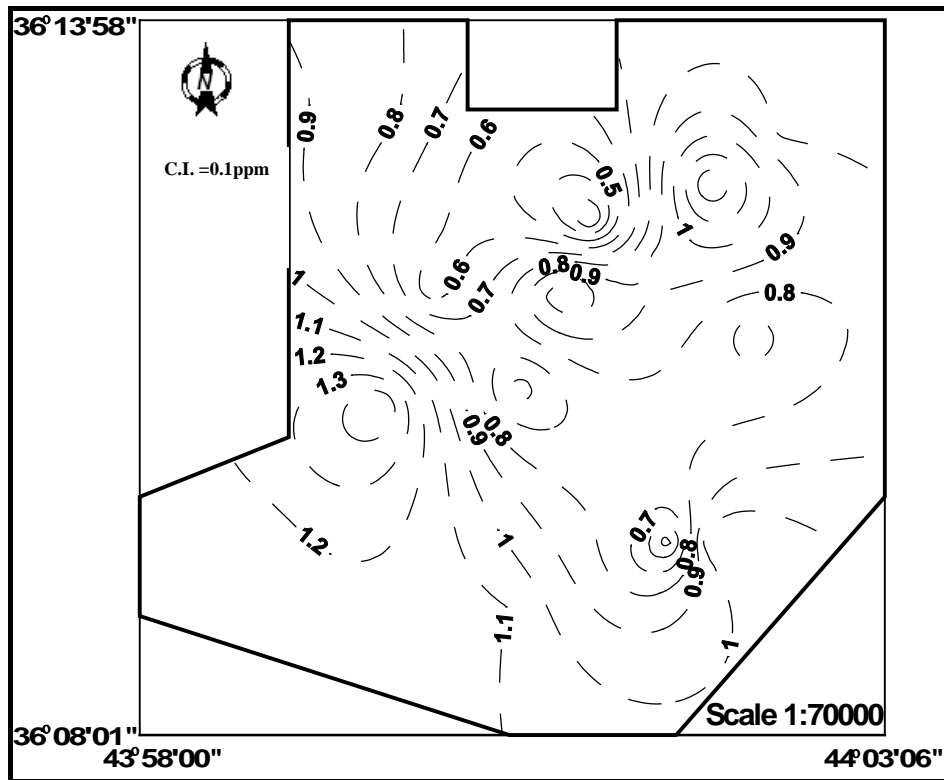
Well No.	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	CL ⁻¹	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻¹	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻¹
1	28.23	20.34	50.74	0.672	31.96	7.31	32.37	28.16	0.2
2	28.35	21.8	49.43	0.424	37.51	5.05	30.52	26.87	0.064
3	30.13	20.88	48.34	0.635	27.94	8.78	32.46	30.25	0.56
4	28.73	19.38	51.23	0.654	24.61	5.45	41.14	28.4	0.395
5	25.98	18.34	54.97	0.694	31.45	5.2	39.2	23.81	0.356
6	27.99	23.05	48.81	0.134	23.83	3.74	36.94	35.22	0.248
7	25.74	25.43	48.23	0.59	23.59	8.66	40.72	26.45	0.563
8	24.83	20.46	54.09	0.608	27.02	11.98	35.82	24.92	0.254
9	17.43	18.29	63.63	0.636	28.8	12.77	31.39	26.57	0.463
10	22.12	22.43	54.9	0.566	31.89	14.14	28.39	25	0.565
11	23.03	22.79	53.55	0.616	28.6	6.34	32.28	32.27	0.513
12	28.09	17.99	53.03	0.876	29.09	7.51	35.93	26.83	0.612
14	28.5	13.14	57.6	0.754	37.86	4.88	34	22.85	0.395
15	26.66	20.66	51.95	0.723	25.83	9.82	33.79	29.99	0.556
16	28.88	18.49	51.71	0.903	23.71	13.45	34.18	27.99	0.649
17	28.3	17.94	53.14	0.611	35.41	7.19	30.51	26.13	0.767
18	29.59	14.98	54.55	0.866	27.07	6.38	38.54	27.48	0.52
19	31.09	14.12	54.18	0.603	38.5	4.55	32.81	23.69	0.443

20	28.3	27.43	43.52	0.734	25.63	6.06	36.24	31.54	0.536
21	27.89	21.61	50.03	0.46	22.92	6.25	35.87	34.5	0.441

1-9-3 الأيونات الموجبة الرئيسة

1-1-9-3 أيون البوتاسيوم (K^+)

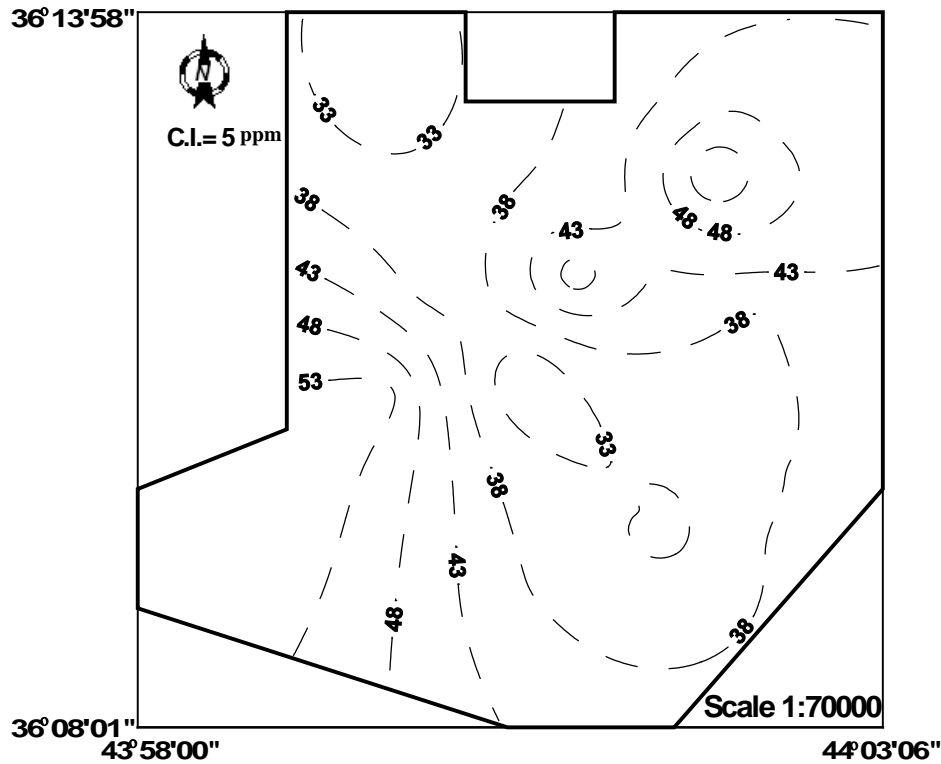
يمتاز أيون البوتاسيوم بتركيزه الواطئ بالنسبة الى الأيونات الموجبة الأخرى ، إذ تراوحت نسبته ضمن الآبار المدروسة في المنطقة بين (0.19-1.5 ppm) وأن أعلى قيمه له كانت في البئر رقم (6) وأقل قيمة لتركيز هذا الأيون هي في البئر رقم (18) جدول (3-8) ، وأن المصدر الرئيس لأيون البوتاسيوم هي المعادن الفلدسبارية ورواسب المتبخرات (Todd, 1980) ، والشكل (1-3) يبين توزيع أيون البوتاسيوم ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.



شكل (1-3) خريطة كنتورية تبين توزيع أيون البوتاسيوم (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

2-1-9-3 أيون الصوديوم (Na^+)

المياه الطبيعية جميعها تحتوي على كميات من الصوديوم قابلة للقياس ، المصدر الرئيس للصوديوم في المياه الطبيعية يكون من المواد الذائبة خ-لال عملية التجوية لصخور الفلدسبار البلاجيوكليسي (Plagioclase feldspar) وترسبات المتبخرات (Davis & DeWiest,1966). تراوحت نسبة أيون الصوديوم في مياه منطقة الدراسة بين (28-58 ppm) وبمعدل (41.15 ppm) ج-دول (3-3) ، (8-3) شكل (2-4).

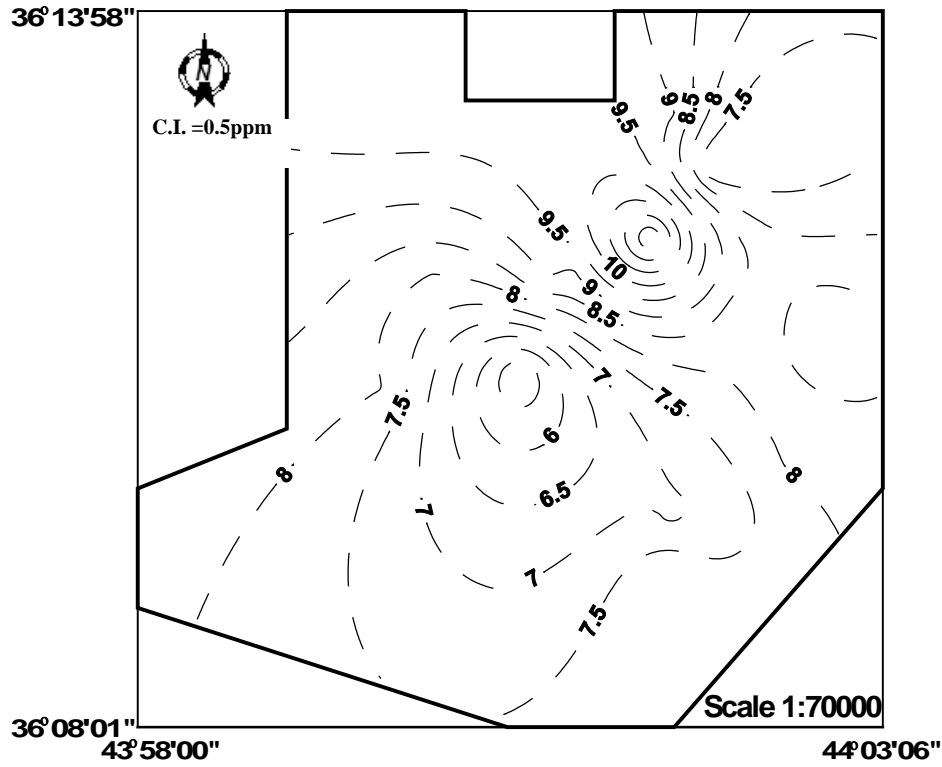


شكل (2-3) خريطة كنتورية تبين توزيع ايون الصوديوم (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

3-1-9-3 أيون المغنيسيوم (Mg^{+2})

المصدر الرئيس لأيون المغنيسيوم الهذاب في الماء هو الدولومايت ضمن الصخور الرسوبية (Davis & DeWiest,1966). تراوحت نسبة أيون المغنيسيوم في مياه منطقة الدراسة بين (5-12 ppm) وبمعدل (8.15 ppm) جدول (3-3) ، (8-3).

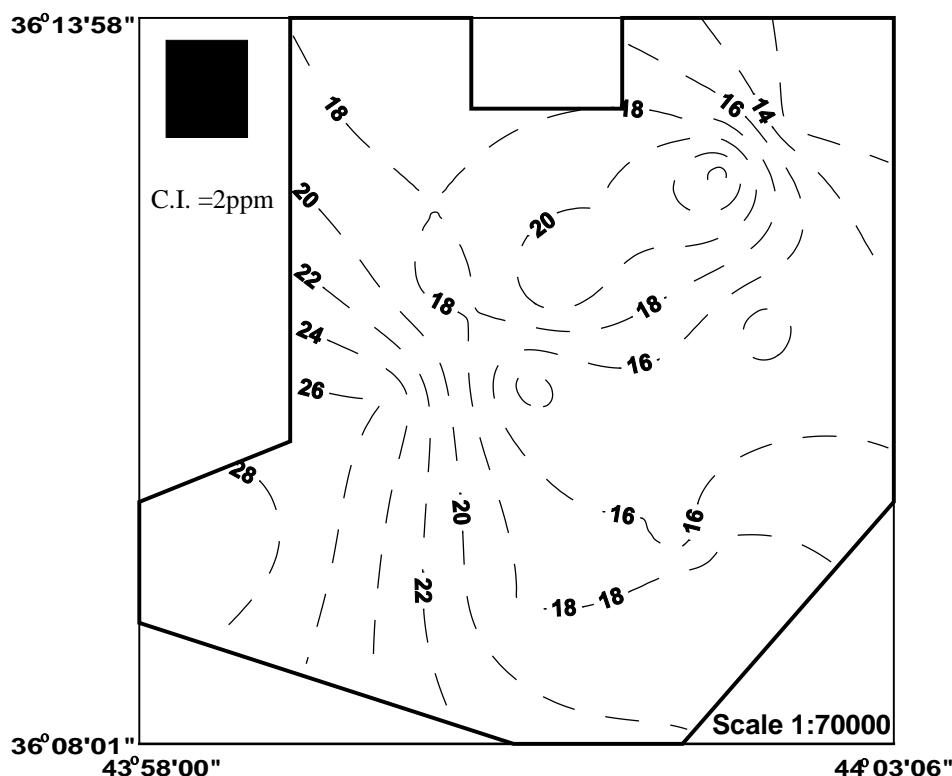
يلاحظ أن نسبة أيون المغنيسيوم تكون أقل من نسبة أيون الكالسيوم ، وذلك بسبب قلة ذوبان الدولومايت قياساً بالكالسايت ، والصخور الحاوية على الكالسيوم منتشرة أكثر في منطقة الدراسة قياساً بالصخور التي تحتوي على المغنيسيوم . شكل (3-3) .



شكل (3-3) خريطة كنتورية تبين توزيع ايون المغنيسيوم (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

4-1-9-3 أيون الكالسيوم (Ca^{+2})

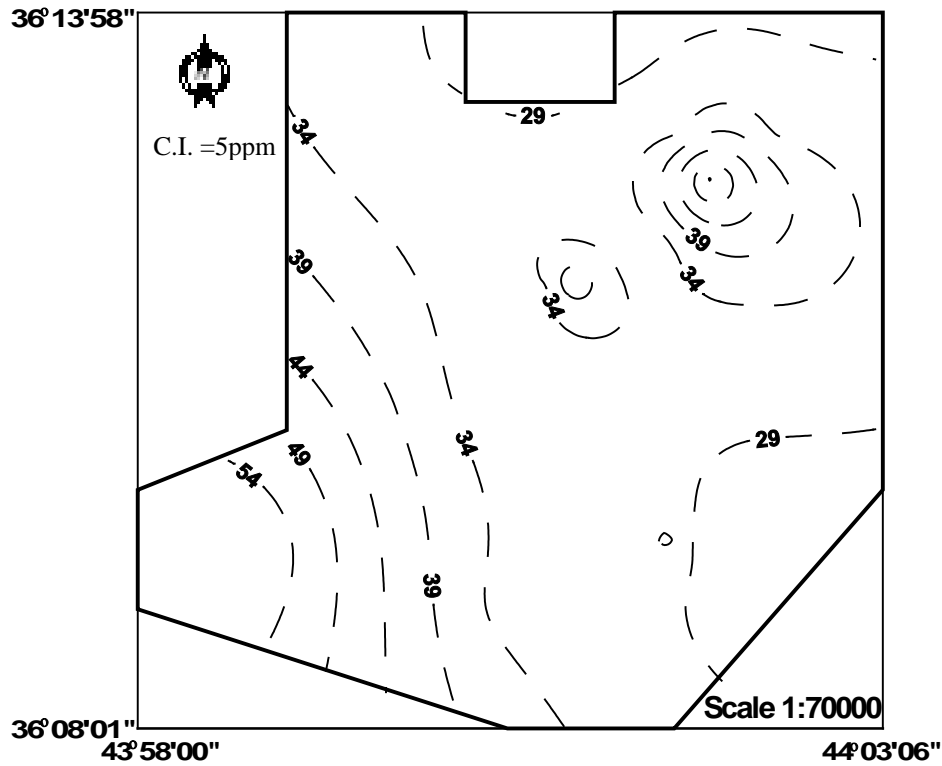
المصدر الرئيس لأيون الكالسيوم هو الصخور الكربونية المتمثلة بمعدني الكالسيت والاراكونايت ، كذلك الجبس والانهايدرايت مع بعض المعادن الطينية مثل المونتمورلينايت (Hem,1985). تراوحت نسبة أيون الكالسيوم بين (11-29 ppm) وبمعدل (18.5 ppm) ، جدول (3-3) ، (8-3) شكل (4-3).



شكل (4-3) خريطة تبين توزيع ايون الكالسيوم (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

2-9-3 الأيونات السالبة 1-2-9-3 أيون الكلورايد (Cl)

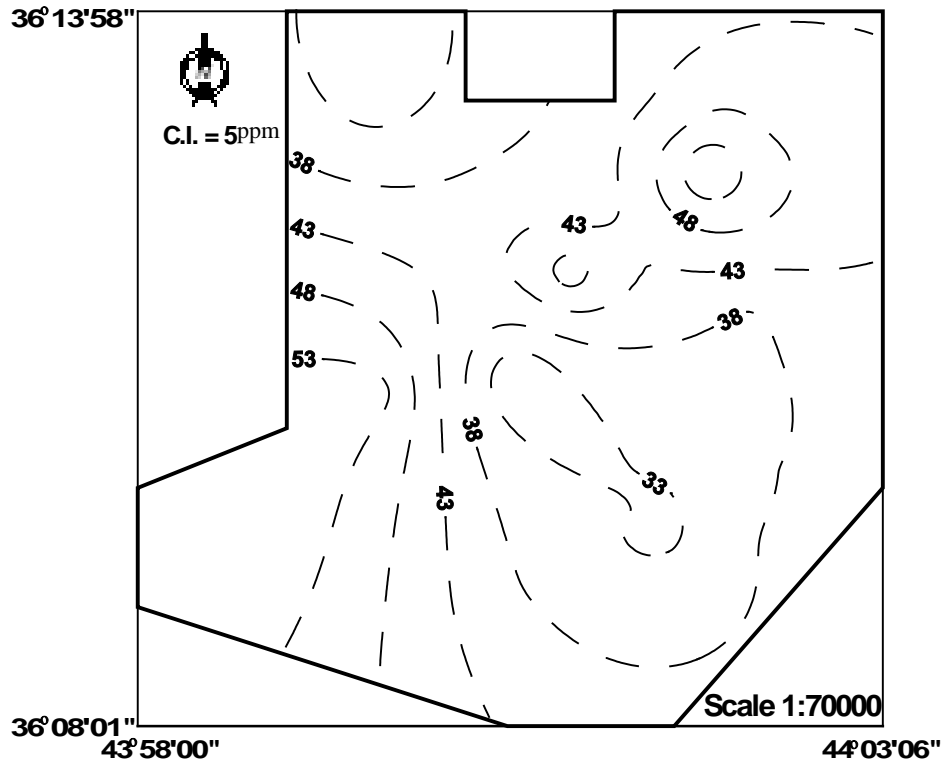
معظم أيونات الكلورايد في المياه الجوفية تأتي من أربعة مصادر مختلفة وهي: المياه البحرية القديمة المحصورة ضمن الرسوبيات ، وترسبات المتبخرات الحاوية على محلول كلوريد الصوديوم (الهالالايت) ، والتركيز للكلورايد بوساطة التبخر من مياه الأمطار والثلوج ، والمحلول الجاف الساقط من الجو والموجود في المناطق الجافة (Davis & DeWiest,1966) . تؤدي معالجة المياه بالكلورايد الى زيادة تركيز الكلورايد في المياه (WHO,1996) ، وعلى الرغم من قلة وجوده في القشرة الأرضية يعد وجوده مهما في المياه الطبيعية ويتحرك في الغلاف المائي ولا يمتز من المعادن الطينية (Collins,1975) . يتراوح تركيزه في مياه منطقة الدراسة بين (25-60 ppm) وبمعدل (34.15 ppm) جدول (3-3) ، شكل (8-2) (5-2).



شكل (5-3) خريطة كنتورية تبين توزيع ايون الكلورايد (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

2-2-9-3 جذر الكبريتات (SO_4^{-2})

يعد الجبس والانهايدرايت في الصخور الرسوبية المصدر الرئيس للكبريتات الذائبة في المياه ، وقد يشتق هذا الأيون في المياه من تكسر المواد العضوية الكبريتية ومن اختزال الكبريت بفعل البكتريا اللاهوائية ، حيث تتأثر كمية الكبريتات المذابة في المياه بنشاط هذه البكتريا إذ تسبب اختزالاً للكبريت من جذر الكبريتات واستخدامه للتنفس وإنتاج غاز H_2S بوصفه ناتجاً عرضياً (Collins,1975) يتراوح تركيز الكبريتات في مياه منطقة الدراسة بين (29-60 ppm) وبمعدل (44.1 ppm) جدول (3-3) ، (8-3) شكل (6-4).

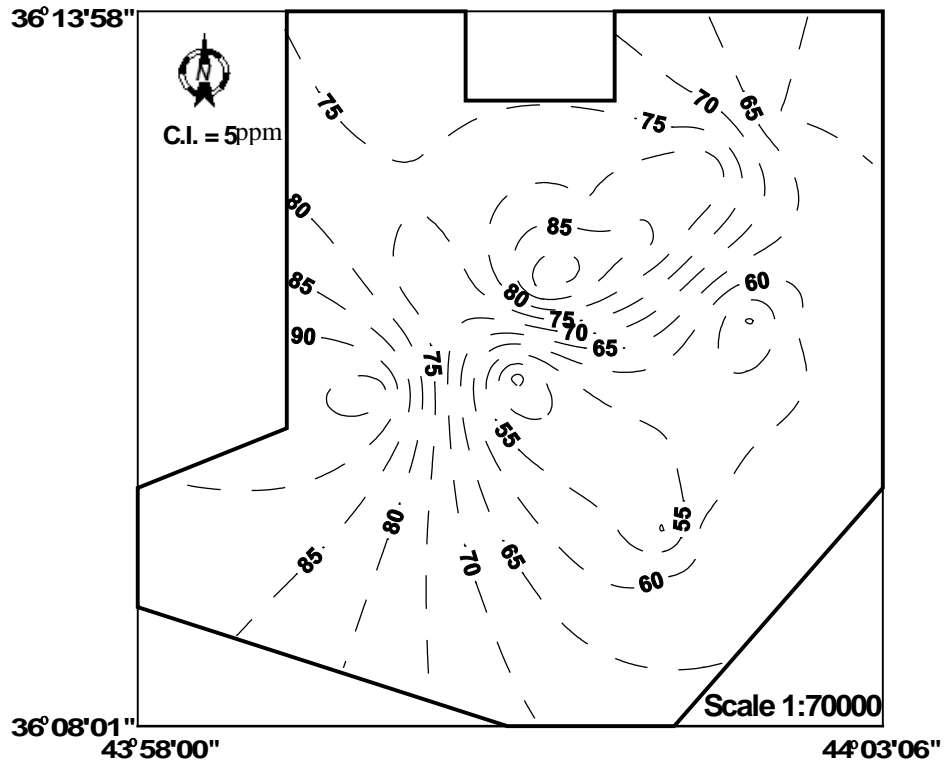


شكل (6-3) خريطة كنتورية تبين توزيع ايون الكبريتات (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

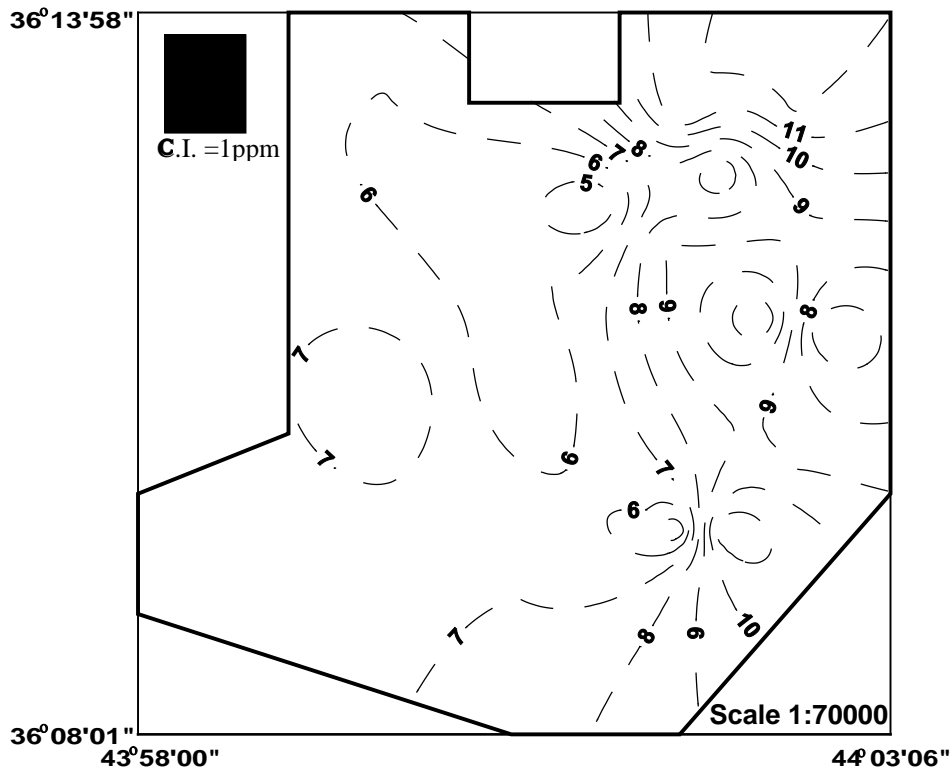
3-2-9-3 جذر البيكاربونات (HCO_3^{-1}) وجذر الكربونات (CO_3^{-2})

يمثل جذر البيكاربونات القاعدية الكلية (Total Alkalinity) في المياه الجوفية وأن المصدر الرئيس لجذر البيكاربونات في المياه الجوفية هو التجوية الحاصلة لكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم في صخور الحجر الجيري والدولومايت ، وأن القلوية الكلية هي قياس للبيكاربونات HCO_3 والكربونات CO_3 والهيدروكسيل OH المذاب في المياه (Gill,1997) .

تراوح تركيز البيكاربونات في مياه منطقة الدراسة بين (43-98 ppm) وبمعدل 70.35 (ppm) ، في حين تراوح تركيز الكربونات بين (4-12 ppm) وبمعدل (7.5 ppm) جدول (3-3) ، (8-3) شكل (7-3) ، (8-3) .



شكل (7-3) خريطة كنتورية تبين توزيع جذر البيكاربونات (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

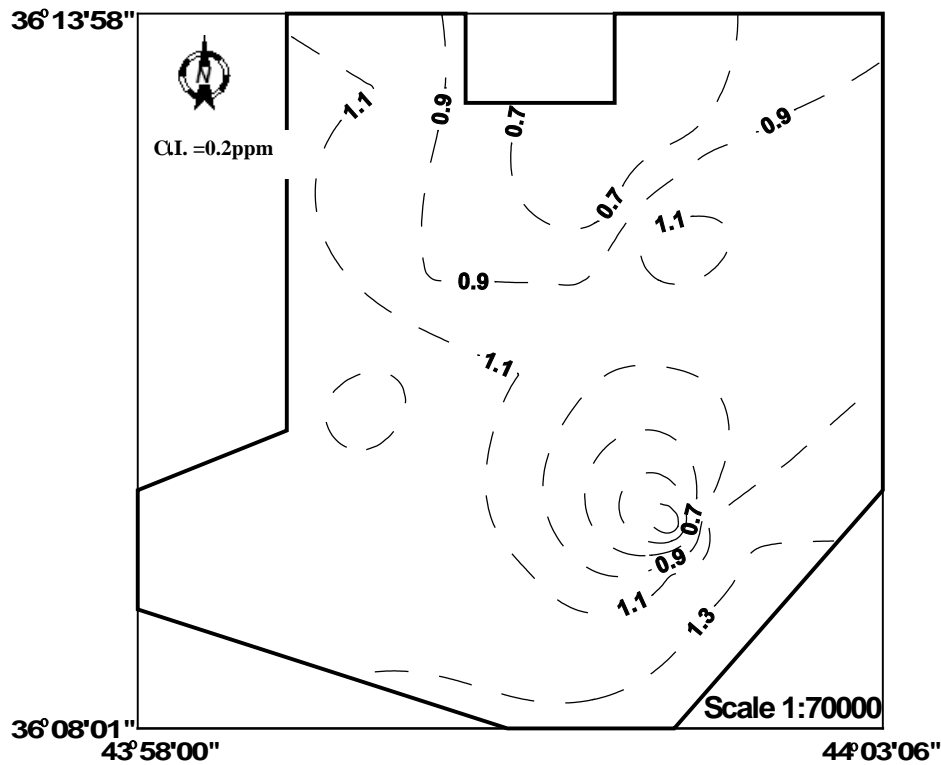


شكل (8-3) خريطة كنتورية تبين توزيع جذر الكاربونات (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

4-2-9-3 أيون النترات (NO_3^-)

مصدر النترات في المياه الجوفية قد يكون عضوي أ أو صناعي أو من الفعاليات الزراعية . إن وجود أيون النترات في الماء دليل على تلوث الماء بالبراز الحيواني أو البشري ، أو نتيجة لاستعمال الأسمدة الكيميائية أو الطبيعية عند تلك المصادر المائية . إن وجود كميات من النترات تزيد عن (10ppm) في ماء الشرب يسبب مرض زرقة الأطفال (Methemog Lobinemia) حيث تتحول النترات في الجهاز الهضمي الى نترت وهذا بدوره يتحد مع هيموكلوبين الدم ليعطي مركبا أقل جودة من الهيموكلوبين نفسه في نقل الأوكسجين، وبذلك سوف يؤثر في تنفس الكائن الح-ي وقد يؤدي الى الموت (عباوي وحسن ، 1990) .

يتراوح تركيز أيون النترات في مياه منطقة الدراسة بين (0.11-1.35 ppm) وبمعدل (0.9325 ppm) ، جدول (3-3) ، (8-3) ، شكل (9-4).



شكل (9-3) خريطة كنتورية تبين توزيع ايون النترات (ppm) ضمن المياه الجوفية لمنطقة الدراسة

10-3 الصيغة الهيدروكيميائية ونوع المياه

تعرف نوعية المياه من الأيونات الموجبة والسالبة بوحدة الوزن المكافئ بالمليون المئوي التي يزيد تركيزها عن (15%) .

أما الصيغة الهيدروكيميائية حسب معادلة (Ivanove,1968) والمحسوبة بوحدات (epm%) فهي للأيونات الموجبة والسالبة جميعها والتي تدخل التراكيز الى المعادلة تنازليا حسب تركيز كل أيون ، فضلاً عن قيمة الأس الهيدروجيني PH والأملاح الذائبة الكلية TDS بوحدة غم /لتر (أغا ، 1987) . ومن الصيغة الآتية:

$$TDS(gm/l) \frac{Anion..epm\%..in..decreasing..order}{Cation..epm\%..in..decreasing..order} PH \text{ ----- (6-3)}$$

تم حساب الصيغة الكيميائية ونوع المياه في منطقة الدراسة ، جدول (10-3) ، من هذا الجدول نلاحظ أن النوع الكيميائي السائد للمياه هو (البيكربونات) ، حيث كانت نسبة الآبار التي مياهها من هذه النوعية 75% من مجموع الآبار بينما النوع الآخر والذي يمثل 25% فقد كان من نوع الكلورايد.

جدول (10-3) الصيغة الهيدروكيميائية ونوع المياه الجوفية في منطقة الدراسة

Well No.	Hydro chemical Formula	Water type
1	$TDS(218) \frac{HCO_3 - CL - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.1)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - Bicarbonate
2	$TDS(184) \frac{CL - HCO_3 - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.1)$	Na - Ca - Mg - HCO ₃ - SO ₄ Chloride
3	$TDS(280) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.02)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
4	$TDS(270) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.2)$	Na - Ca - SO ₄ - CL Bicarbonate
5	$TDS(280) \frac{HCO_3 - CL - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.09)$	Na - Ca - Mg - CL - SO ₄ Bicarbonate
6	$TDS(260) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.01)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
7	$TDS(265) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.01)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
8	$TDS(250) \frac{HCO_3 - CL - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.2)$	Na - Ca - Mg - CL - SO ₄ Bicarbonate
9	$TDS(225) \frac{HCO_3 - CL - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Mg - Ca - K} PH(8.25)$	Na - Mg - Ca - CL - SO ₄ Bicarbonate
10	$TDS(205) \frac{CL - HCO_3 - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Mg - Ca - K} PH(8.04)$	Na - Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄ Chloride
11	$TDS(228) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.02)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
12	$TDS(253) \frac{HCO_3 - CL - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.01)$	Na - Ca - Mg - CL - SO ₄ Bicarbonate
14	$TDS(310) \frac{CL - HCO_3 - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.07)$	Na - Mg - Ca - HCO ₃ - SO ₄ Chloride
15	$TDS(240) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.02)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
16	$TDS(255) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.03)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
17	$TDS(180) \frac{CL - HCO_3 - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.0)$	Na - Ca - Mg - HCO ₃ - SO ₄ Chloride
18	$TDS(330) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.11)$	Na - Ca - SO ₄ - CL Bicarbonate
19	$TDS(315) \frac{CL - HCO_3 - SO_4 - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.08)$	Na - Ca - HCO ₃ - SO ₄ Chloride
20	$TDS(240) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.05)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate
21	$TDS(235) \frac{HCO_3 - SO_4 - CL - CO_3 - NO_3}{Na - Ca - Mg - K} PH(8.11)$	Na - Ca - Mg - SO ₄ - CL Bicarbonate

11-3 طرائق تصنيف المياه الجوفية

إن تصنيف المياه الجوفية حسب الدلائل الكيميائية يعتمد على غرض التصنيف وإمكانية تمثيل التصنيف بمرتسمات نوعية مختلفة والتي ليس من الضروري أن تمثل التقسيم حسب التراكيز ، وهناك طرائق متعددة للتصنيف الهيدروكيميائي منها: طريقة شو لير (Schoeller,1972) ، وطريقة سولن (Sulin,1946) ، وطريقة شولير-سولن (Schoeller-Suline,1981) المذكورة في (Hassan,1981) .

إن هذه الطرائق جميعها ترمي للتعرف على نوعية المياه ومصدرها وأصلها والموازنة بين مختلف مصادر المياه، وقد استخدمت في هذا البحث طريقتان في التصنيف هي:

a- طريقة شو لير (Schoellers Method, 1972)

b- طريقة سولن (Sulins Method, 1946)

1-11-3 طريقة شو لير (Schoeller Classification, 1972)

اقترح شو لير (1972) مخطط شبه لوغاريتمي لتمثيل أنواع المياه جميعاً عن طريق تسقيط تراكيز الأيونات الرئيسة المكونة للمياه على المحاور الشاقولية وعلى وفق الترتيب التنازلي للأيونات والمبين في جدول (11-3) وبمسافات متساوية بينها ، وفائدة هذا المخطط هي للتعرف على أصل المياه الجوفية من ملاحظة ميل الخط المستقيم الذي يربط بين $r(\text{Na}+\text{K})$ و $r\text{CL}$ فضلاً عن عرض مجموعة من تحاليل المياه والموازنة بينها مع العلم أن هذا المخطط لا يعطي تفسيراً واضحاً عن بيئة الترسيب أو البنية الصخرية للطبقات الخازنة مباشرة (Hassan,1981) .

جدول (11-3) أنواع المياه حسب تصنيف شولير (1972) .

A	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg} > r\text{Ca}$	1	$r\text{CL} > r\text{SO}_4 > r\text{HCO}_3$
B	$r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$	2	$r\text{CL} > r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4$
C	$r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca}$	3	$r\text{SO}_4 > r\text{CL} > r\text{HCO}_3$
D	$r\text{Mg} > r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K})$	4	$r\text{SO}_4, r\text{HCO}_3 > r\text{CL}$
E	$r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$	5	$r\text{HCO}_3 > r\text{CL} > r\text{SO}_4$
F	$r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg}$	6	$r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4 > r\text{CL}$

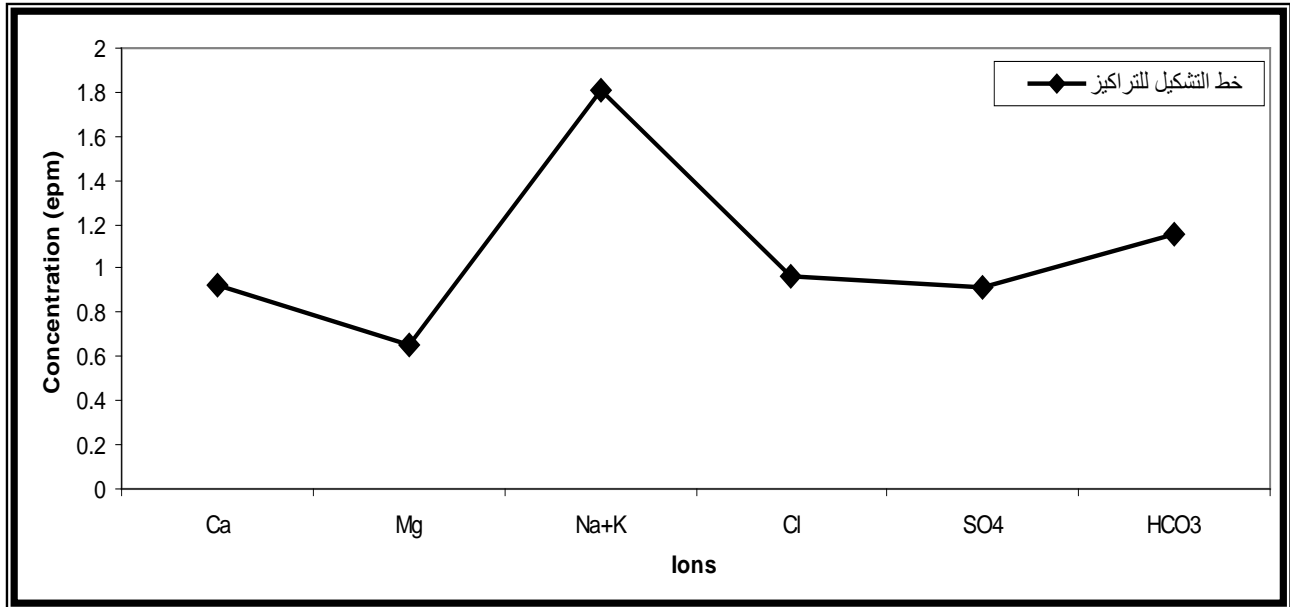
من تطبيق هذا التصنيف نستنتج سيادة (مجموعة البيكربونات) في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة ، شكل(3-10) .نلاحظ من الشكل أن خط التشكيل للتراكيز يبدأ بالهبوط من الكالسيوم الى المغنيسيوم ثم يرتفع باتجاه الصوديوم،بعد ذلك يهبط باتجاه الكلورايد ثم يستمر بالهبوط الى الكبريتات ثم يرتفع باتجاه البيكربونات ومنها تتبين المجموعة المميزة للبيكربونات، ومن الشكل أعلاه يمكن تصنيف نوع المياه كما يأتي:

Group : Bicarbonate

Family : (Na + K) – Bicarbonate

Type : Mg – Ca – Sodium : SO4 – Cl – Bicarbonate

من تصنيف المياه الجوفية في منطقة الدراسة بطريقة شولير يلاحظ وجود بئر واحد من نوع B₂، وبئرين من نوع A₅، وسبعة آبار من نوع B₅، وعشرة آبار من نوع B₆ ، لاحظ جدول (3-12) .



شكل (3-10) تصنيف شولير (1972) لمياه منطقة الدراسة .

جدول (12-3) نوعية المياه لآبار منطقة الدراسة بطريقة شولير.

Well No.	Type		Family	Group
	Anions	Cations		
1	HCO ₃ >CL>SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
2	CL>HCO ₃ >SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-CL	CL
3	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
4	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
5	HCO ₃ >CL>SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
6	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
7	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
8	HCO ₃ >CL>SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
9	HCO ₃ >CL>SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
10	CL>HCO ₃ >SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-CL	CL
11	SO ₄ >HCO ₃ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-SO ₄	SO ₄
12	HCO ₃ >CL>SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
14	CL>HCO ₃ >SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-CL	CL
15	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
16	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
17	CL>HCO ₃ >SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-CL	CL
18	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
19	CL>HCO ₃ >SO ₄	Na>Ca>Mg>K	Na-CL	CL
20	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃
21	HCO ₃ >SO ₄ >CL	Na>Ca>Mg>K	Na-HCO ₃	HCO ₃

3-11-2 تصنيف سولن

تستخدم هذه الطريقة النسبة المئوية للتراكيز (meq%) بدلا من قيم التراكيز المطلقة فضلاً عن شرط تحديد نسبة تركيز كل أيون يشترك بالتصنيف بنسبة 15% . لقد اعتمد سولن على الأيونات الرئيسة الموجودة في المياه للحصول على (15 × 15) نوع، (Hassan,1981) .

إن تمثيل المعلومات على مخطط سولن يمثل العلاقة بين الأحواض الرسوبية وأصل المياه عند الترسيب ومن ثم العمليات التحويلية لهذه المياه بعد الترسيب. يقسم هذا المخطط على مربعين اعتماداً على نسبة توكيز (الصوديوم + البوتاسيوم) بوحدة (meq%) إلى تركيز الكلورايد (meq%) ، حيث يمثل المربع الأعلى المياه ذات الأصل البحري (marine water) ، ويتكون من العلاقة بين النسبة المئوية لفائض أيون الكلورايد بعد تكون ملح كلوريد الصوديوم $CL-(Na+K)=NaCl$ مقاسه بوحدة (meq%) ، والنسبة المئوية لتركيز أيون المغنيسيوم (Mg) مقاسه بوحدة (meq%) واعتماداً على النسبة الآتية:

$$A = \frac{rCl - r(Na + K)}{rMg}$$

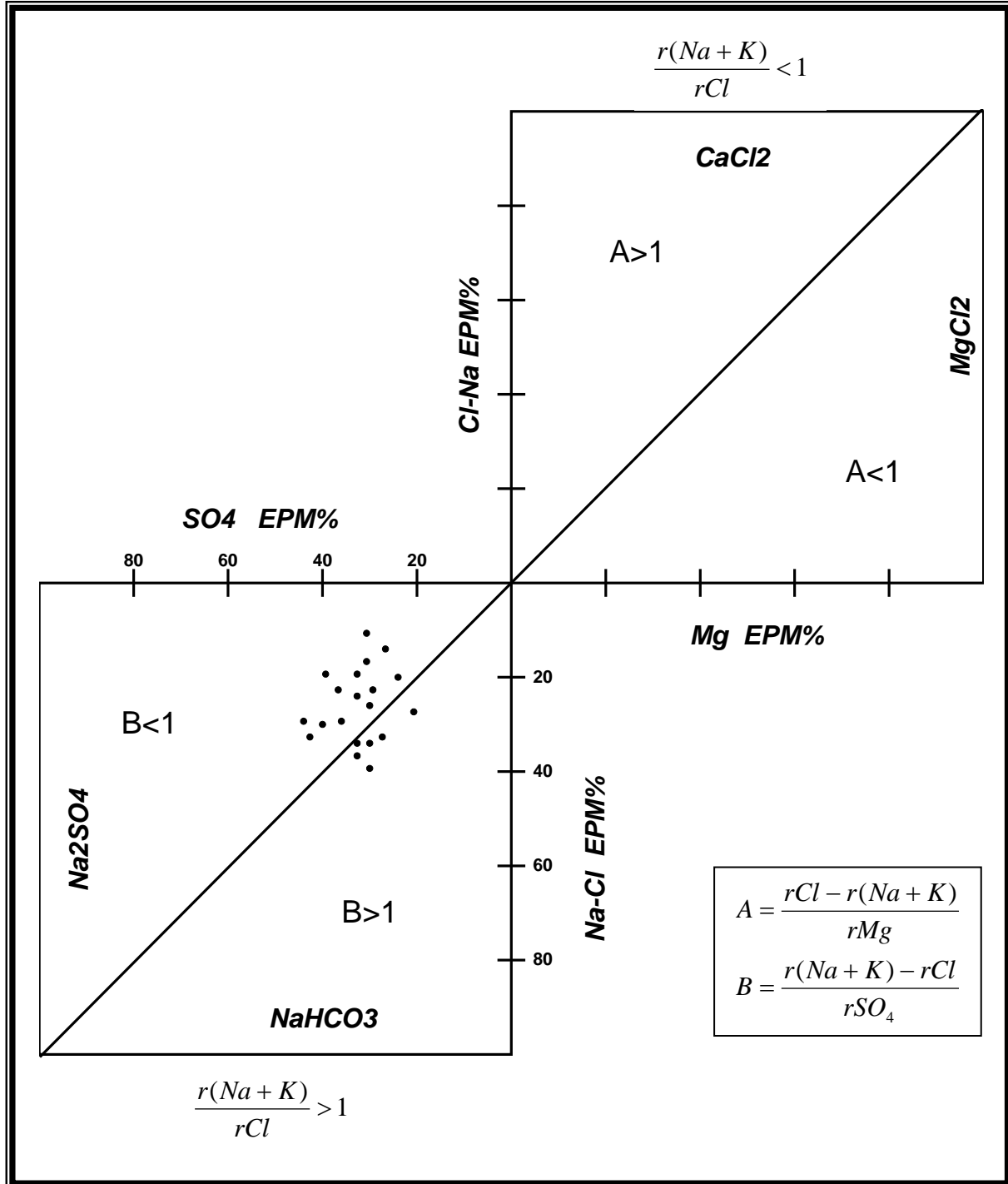
يقسم هذا المربع على مثلثين ، الأول عندما تكون (A>1) ويمثل مياه بحرية الأصل في خزانات مغلقة عانت من تحول أساسي تحت ظروف اختزالية ، أي أن هذه المياه لم تخفف بمياه قارية الأصل وأن نوع المياه فيه من عائلة (Ca-Chloride) والمثلث الآخر عندما تكون (A<1) ويمثل مياه بحرية الأصل في خزانات شبه مغلقة بحيث لم تعان هذه المياه من الاختزال الكامل بل هنالك تسرب لمياه قارية مزجت مع هذه المياه وأدت إلى عدم ظهور أملاح (CaCl₂) ، وأن نوع المياه فيه من عائلة (Mg-Chloride) .

أما المربع الأسفل فيشمل المياه ذات الأصل الجوي (Meteoric Water) ويتكون من العلاقة بين النسبة المئوية لتراكيز الكبريتات (SO₄) مقاسه بوحدة (meq%) وفائض أيونات الصوديوم في المحلول (Na+K-CL) مقاسه بوحدة (meq%) واعتماداً على النسبة الآتية:

$$B = \frac{r(Na + K) - rCl}{rSO_4}$$

يقسم هذا المربع على مثلثين ، الأول عندما تكون (B>1) ويمثل مياه ذات أصل جوي (قارية) في أحواض مفتوحة وأن نوع المياه فيه من عائلة (Na+K-Bicarbonate) ، ويمثل أيضاً في الحالة الاعتيادية المياه السطحية ، والمثلث الآخر عندما تكون (B<1) ويمثل مياه ذات أصل جوي متوسطة الترشيح ، وأن نوع المياه فيه من عائلة (Na+K-Sulphate) .

استخدم مخطط سولن (1946) لتسقيط المعلومات المستحصلة من آبار منطقة الدراسة شكل (11-4) تشير النتائج الى أن هناك تفاوتاً في مواقع التسقيط حيث كانت أغلب مياه الآبار من نوع (Na_2SO_4) بينما هناك ستة نماذج لمياه الآبار من نوع (NaHCO_3) وهذه الآبار هي : (4,5,8,9,16,18) وأن نماذج المياه الجوفية لآبار منطقة الدراسة جميعها مياه ذات أصل جوي .



شكل (11-3) نوعية المياه الجوفية لنماذج المياه لآبار منطقة الدراسة على مخطط سولن

12-3 أصل المياه الجوفية

يعد أصل المياه الجوفية ونوعيتها في الأحواض الهيدروجيولوجية انعكاساً مباشراً للظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية المؤثرة ، وعلى وجه الخصوص أصل المكنن الجوفي وبيئة ترسيبه فضلاً عن العوامل التركيبية والطبوغرافية التي تؤدي هي الأخرى دوراً أساسياً في إبراز مستويات التغذية الحديثة لهذه المكامن وتأثيراتها في نوعية المياه .

هناك دوال متعددة تستعمل لغرض تحديد أصل المياه الجوفية والتي تصنف على أساس منشأها الى مجموعتين : أما أن تكون مياه ذات أصل بحري (marine origin) أو أن تكون ذات أصل جوي (meteoric origin) ولتحديد أصل المياه الجوفية في منطقة الدراسة استخدمت الدوال الآتية:

1-12-3 الدالة rNa / rCL

تعد هذه الدالة من أفضل الدلائل المستخدمة في تحديد أصل المياه الجوفية وتمتاز بأن قيمتها تكون أكبر من واحد في المياه ذات الأصل الجوي وأقل من واحد في المياه ذات الأصل البحري (Ivanov et al, 1968) جدول (13-3).

جدول (13-3) الدوال rNa/rCL و $r(Na-CL)/rSO_4$ للمياه البحرية والمياه الجوفية ذات الأصل الجوي (Ivanove et al ; 1968 في الهيتي 1985) .

المياه ذات الأصل الجوي		المياه البحرية			الدالة
المياه الجوفية العميقة Deep G. W	المياه الجوفية القريبة من السطح Shallow G. W	المياه الجوفية المرافقة للنفط Oil Field Water	المياه الجوفية ذات الأصل البحري Marine G. W	مياه البحر الاعتيادية Ordinary Sea Water	
1.056	5.092	0.606	0.855	0.862	rNa/rCL
0.076	1.473	43.333-	1.444-	1.333-	$r(Na-CL)/rSO_4$

يعد أيون الكلورايد أقل الأيونات تأثراً بالمتغيرات الفيزيائية والكيميائية في المياه ، لذلك فهو يستخدم في حساب النسب الهيدروكيميائية ، وتقاس التراكيز بالنسبة المئوية الوزنية المكافئة (epm%) . تم حساب معدل هذه الدالة لنماذج المياه الجوفية لأبار منطقة الدراسة ، وتبين أن قيمتها تتراوح بين

(1.317-2.21) جدول (14-3)، واعتمادا على هذه الدالة فلن المياه الجوفية في منطقة الدراسة ذات أصل جوي إذ إن قيمة الدالة تكون أكبر من واحد، مما يدل على الأصل القاري لهذه المياه.

جدول (14-3) معدل الدوال rNa/rCL و $r(Na-CL)/rSO_4$ و rSO_4/rCL في المياه الجوفية في منطقة الدراسة

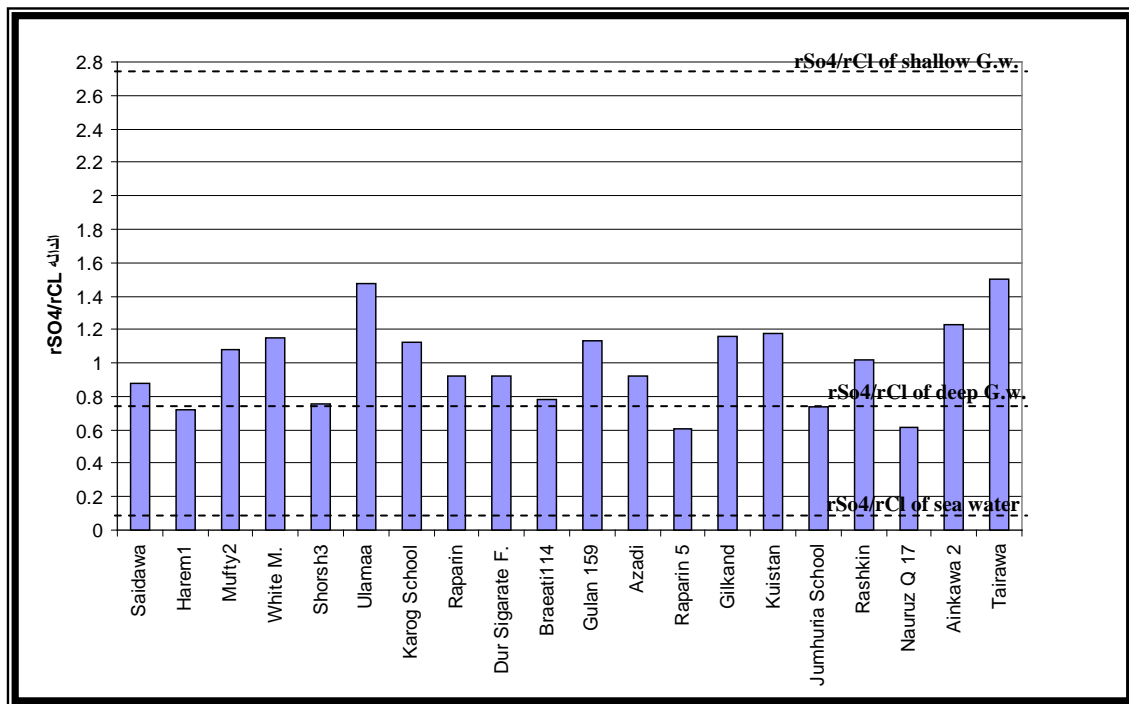
Well No.	Epm%		
	rNa/rCL	$r(Na-CL)/rSO_4$	rSO_4/rCL
1	1.587	0.666	0.881
2	1.317	0.443	0.716
3	1.73	0.674	1.082
4	2.081	0.937	1.154
5	1.747	0.987	0.757
6	2.048	0.907	1.478
7	2.044	0.931	1.121
8	2.001	1.086	0.922
9	2.21	1.31	0.922
10	1.721	0.92	0.784
11	1.872	0.773	1.128
12	1.823	0.892	0.922
14	1.521	0.863	0.603
15	2.011	0.871	1.161
16	2.181	1.00	1.18
17	1.5	0.678	0.738
18	2.015	1.00	1.015
19	1.407	0.661	0.615
20	1.698	0.567	1.23
21	2.182	0.785	1.505

2-12-3 الدالة $r(Na-CL) / rSO_4$

إن هذه الدالة مهمة في تحديد أصل المياه الجوفية اعتمادا على نسب التراكيز بوحدة (epm%) حيث تكون قيم هذه الدالة كما في الجدول (13-3) الذي يبين أصل المياه الجوفية بالاعتماد على النسبة المئوية الوزنية المكافئة للأيونات أعلاه ، وأن هذه الدالة تكون ذات قيمة أكبر من صفر في المياه الجوفية ذات الأصل الجوي وأقل من صفر في المياه البحرية الأصل ، وقد تم حساب هذه الدالة وتطبيقها على منطقة الدراسة، ووجدت أن قيمتها تتراوح بين (0.443-1.31) جدول (14-3)، مما يعني أن المياه ذات أصل جوي.

3-12-3 الدالة rSO_4 / rCL

تعد هذه الدالة من الدوال الهيدروكيميائية المهمة في دراسة المياه الجوفية في منطقة البحث وذلك بسبب انتشار أيوني الكبريتات والكلورايد هنا . إن معدل الدالة لنماذج المياه الجوفية في منطقة الدراسة تراوحت بين (0.603-1.505) جدول (3-14). ومن موازنة نتائج هذه الدالة مع نظائرها في المياه البحرية والمياه الجوفية شكل (3-12) يتبين أن المياه ذات أصل جوي ، وأن هذه المياه تتذبذب بين المياه الجوفية العميقة والمياه الجوفية الضحلة وهي أقرب إلى المياه الجوفية العميقة .



شكل (3-12) مخطط الدالة rSO_4/rCl في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة قياساً مع الدالة rSO_4/rCl لمياه البحر الاعتيادية والمياه الجوفية القريبة من السطح والمياه الجوفية العميقة (Ivonove et al, 1968 في حسين، 1994)

13-3 استخدامات المياه الجوفية

تعتمد نوعية المياه الجوفية التي تحدد استخدامات المياه للأغراض المختلفة بصورة عامة على الخواص الكيميائية والخواص الفيزيائية والبيولوجية للمياه ، وأن صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة تحدد بما تحتويه من المواد الكيميائية والحيوية وحسب الخواص الفيزيائية لها ، كما تعتمد نوعية المياه الجوفية على تراكيز الملوثات غير العضوية الأخرى مثل المجموعة الثانوية التي تضم عناصر مثل : (

النترات ، والبورون ، والفوريد) والمجموعة النادرة أو الشحيحة مثل : (الكاديوم ، والرصاص ، والمنغنيز ، والحديد ، والنحاس ، والارصين ، والنيكل ، والكروم) . إن نوعية المياه مهمة بأهمية توافر المياه ذاتها، إذ إن المياه قد تكون صالحة لاستخدام معين وغير صالحة للاستخدامات الأخرى. إن تلوث المياه يمكن أن يعرف بأنه وجود أية مادة غريبة عضوية أو غير عضوية إشعاعية أو حياتية في المياه التي تحاول إفساد نوعيته وتؤدي إلى إبادة كل ما يحتويه ، ويقصد بنوعية المياه مدى صلاحيتها وملائمتها للاستعمالات المختلفة من الإنسان (Turk&Witte,1972) . جرت الموازنة الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة مع الحدود المسموح بها للاستخدامات المختلفة لعدم توافر المياه السطحية في أغلب الأحيان .

1-13-3 صلاحية المياه لأغراض شرب الإنسان

المياه المستخدمة للاستهلاك البشري التي تكون صالحة للشرب يجب أن تكون خالية من الملوثات (Hem,1985) ، وأن التقسيمات الأساسية لمياه الشرب بصورة عامة تعتمد على المجموعة الرئيسية للأيونات والصفات الكيميائية غير العضوية والصفات البيولوجية والإشعاعية والمركبات العضوية الموجودة في المياه .

اعتمدت المجموعة الرئيسة التي تشمل الأيونات الموجبة والسالبة ومجموع الأملاح الذائبة الكلية (TDS) لتصنيف المياه وتحديد صلاحيتها للشرب في منطقة الدراسة.

وضعت مواصفات قياسية متعددة للمياه الصالحة لشرب الإنسان وتتضمن حدود الملوحة ، وحدود تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة الرئيسة في المياه ومنها المواصفات الأميركية (U.S.P.H.S., 1962) والعالمية (WHO, 2003) والعراقية (1996) جدول (3-15) ، وتعتمد هذه المواصفات على التركيز المنفرد لكل أيون وتأثيره الصحي ولا تعتمد على وجوده ضمن المجموعة ، ومن موازنة تراكيز الأيونات والملوحة الكلية لنماذج المياه الجوفية في منطقة الدراسة جدول (3-5) مع هذه المواصفات يتبين أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة صالحة للشرب ولنماذج المياه جميعاً.

جدول (15-3) المواصفات القياسية الامريكية والعالمية والعراقية لمياه الشرب .

Element (epm)	U.S.P.H.S. ,1962 (epm)	I.R.S. ,1996 (epm)	WHO ,2003 (epm)	Study area Ions (epm)
Ca ⁺²	9.98	7.48	9.98-3.74	0.548-1.447
Mg ⁺²	10.28	4.11	12.33-2.46	0.411-0.986
Na ⁺	8.7	8.695	8.695	1.217-2.521
K ⁺	0.51	----	0.076-0.05	0.0048-0.033
CL ⁻	7.05	7.05	7.05	0.705-1.692
SO ₄ ⁻²	5.2	5.2	5.2	0.603-1.25
HCO ₃ ⁻	8.19	----	3.27	0.704-1.606
TDS (ppm)	1000	1000	1000	180-325
pH	----	8.5-6.5	8-7	8-8.25
E.C.(ms/cm)	----	1500	1530	264-484

2-13-3 مدى تأثير نوعية المياه في شرب الحيوان

تختلف المياه الجوفية في صلاحيتها للشرب بالنسبة للإنسان عن الحيوان ، حيث تكون تراكيز الأيونات أكبر مما في حالة شرب الإنسان ، وتكون لأغلب الحيوانات قابلية على شرب المياه الرديئة النوعية التي لا يسمح بشربها من قبل الإنسان (Clark et al,1977) .

وضع (Crist & Lowery,1972) تصنيف المياه الخاص بدائرة الخدمات الصحية العامة في الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.P.H.S.) . كما وضع (Lewen & King, 1971) حدود ملوحة المياه المستخدمة لأغراض شرب الحيوانات المختلفة جدول (3-16). كذلك وضع (Altoviski, 1962) مواصفة قياسية خاصة لأغراض الاستهلاك الحيواني معتمدة على العناصر الرئيسة فضلاً عن الأملاح الذائبة الكلية والعسرة الكلية جدول (3-17). تم قياس هذه المواصفات مع مياه منطقة الدراسة جدول (3-5) وتبين أن مياه منطقة الدراسة صالحة للاستهلاك الحيواني والدواجن ولنماذج المياه جميعاً.

جدول (16-3) تصنيف صلاحية المياه لأغراض الاستهلاك الحيواني
(Lewen & King, 1971; Crist & Lowry, 1972)

الصف	الملوحة (ملغم/لتر)
جيد	1000 – 0
حسن	3000 – 1000
رديء	5000 – 3000
رديء جدا	7000 – 5000
لا يصلح	7000 <

جدول (17-3) مواصفات المياه لأغراض الاستهلاك الحيواني (Altoviski , 1962)

العناصر (ppm)	مياه جيده جدا	مياه جيده	مياه مسموح باستخدامها	يمكن استخدامها	الحد الأعلى
Ca	350	700	800	900	1000
Mg	150	350	500	600	700
Na	800	1500	2000	2500	4000
CL	900	2000	3000	4000	6000
SO ₄	1000	2500	3000	4000	6000
TDS	3000	5000	7000	10000	15000
T.H.	1500	3200	4000	4700	54000

3-13-3 صلاحية المياه للأغراض الصناعية

مواصفات المياه للأغراض الصناعية تتطلب مياه ذات مواصفات محددة لكل نوع من الصناعة (Hem, 1985) جدول (18-3). عند موازنة هذه المواصفات مع مياه منطقة الدراسة يتبين أن مياه منطقة الدراسة جميعها صالحة للأغراض الصناعية (معدا صناعة الورق والأقمشة).

جدول (18-3) مواصفات المياه للأغراض الصناعية (Hem, 1985) بوحدة ppm .

Ca ⁺²	Mg ⁺²	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	T.H.	TDS	pH	نوع الصناعة
100		500		500					صناعة التعليب والمشروبات
		250		250	10	250	500	6.5-8.5	صناعة الفاكهة المعلبة
75	30	300				300	1000	6-9	المنتجات النفطية
80	36					350		6.5-8.3	البلاستيك
100	50	500	250	100	5	900	1000	6.5-8	صناعات نسيجية
20	12	200				100		6-10	صناعة الورق غير المقصور
		250				100		6-10	صناعة الورق المقصور
		250		250		soft		6-8	صناعة الجلود
		250		250			600	6.5-8.5	صناعة الأسمنت
0	0	0	0	0	0	25	100	2.5-10.5	صناعة الأقمشة

4-13-3 صلاحية المياه لأغراض البناء والإنشاءات

تم استخدام تصنيف (Altoviski, 1962) لدراسة مدى صلاحية المياه الجوفية لأغراض البناء والإنشاءات جدول (19-3). عند قياس مياه منطقة الدراسة مع هذه المواصفات يتبين أن المياه الجوفية صالحة لأغراض البناء والإنشاءات إذ إن تركيز الأيونات يكون أقل من الحد المسموح به.

جدول (19-3) صلاحية المياه لأغراض البناء والإنشاءات (Altoviski, 1962) .

Ions (ppm)	الحد المسموح به (Altoviski, 1962)
Ca	437
Mg	271
Na	1160
CL	2187
SO ₄	1460
HCO ₃	350

5-13-3 صلاحية المياه للأغراض الزراعية

بما أن الملوحة هي العامل المحدد الرئيس فإلى المحاصيل الحقلية والخضرية والفواكه يمكن أن تحدد بعد دراسة ملوحة التربة (Ayers & Westcot, 1985). وسوف نعطي بعض أنواع هذه المحاصيل بالاعتماد على نوعية المياه ضمن منطقة الدراسة، لاستخدامها في الزراعة وذلك عن طريق تحمل النبات للأملاح جدول (3-20). وعند قياس قيم التوصيلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة جدول (3-5) مع هذه المواصفات يتبين أن مياه منطقة الدراسة صالحة لأنواع المحاصيل الزراعية أجمع .

جدول (3-20) مقدار تحمل المحاصيل الزراعية لتراكيز الأملاح (Todd,1980)

أصناف المحاصيل	المحاصيل المقاومة للتراكيز الواطئة من الأملاح الذائبة في المياه	المحاصيل المقاومة للتراكيز المتوسطة من الأملاح الذائبة في المياه	المحاصيل المقاومة للتراكيز العالية من الأملاح الذائبة في المياه
الفواكه fruit Grops	3000-0 مايكروسيمنس /سم Lemon الليمون Strawberry الفراولة Peach الخوخ Apricot المشمش Almond اللوز Orange البرتقال Apple التفاح Pear الأحاص	4000-3000 مايكروسيمنس /سم Olive الزيتون Fig التين Pomegranate الرمان	10000-4000 مايكروسيمنس /سم Date Palm أشجار النخيل
الخضراوات Vegetable Grops	4000-3000 مايكروسيمنس /سم Green bean البقول الخضراء Celery الكرفس Badish الفجل	10000-4000 مايكروسيمنس /سم Cucumber الخيار Feas البزاليا Onion البصل Carrot الجزر Potato البطاطا Lottuce الخس Cauliflower القرنبيط Tomato الطماطم	12000-10000 مايكروسيمنس /سم Spinach السبانخ Kale اللفت Beet البنجر
المحاصيل الحقلية Field Grops	6000-4000 مايكروسيمنس /سم Field bean البقول الحقلية	10000-6000 مايكروسيمنس /سم Sun flower عباد الشمس Flax الكتان Corn الذرة Rice الرز	16000-10000 مايكروسيمنس /سم Cotton القطن Sugar Beet بنجر السكر Barley الشعير

	Wheat الحنطة		
--	--------------	--	--

6-13-3 تقويم نوعية المياه الجوفية لأغراض الري

تعتمد صلاحية المياه للأغراض الأروائية على تراكيز الأيونات في المياه أساساً مع الأخذ بنظر الاعتبار المحتوى الملحي لها معبراً عنه بالتوصيلية الكهربائية أي الملوحة (Ayers & Westcot, 1985)، فضلاً عن اعتمادها على عدة متغيرات أخرى لتأثير هذه المتغيرات في عملية الإرواء والنبات. إن عملية الترشيح تزداد بزيادة الملوحة TDS، لذلك تستخدم لتقويم نفاذية الأنواع المختلفة من الترب (Levy, 1999). تم استخدام تصنيف (Train, 1979) لتقويم نوعية المياه الجوفية لأغراض الري في المنطقة جدول (21-3). وعند قياس مياه منطقة الدراسة مع هذه المواصفات تبين أن المياه الجوفية فيها تكون صالحة للري ولا تتسبب تأثيرات ضارة إلا للمحاصيل الحساسة جداً للملوحة. فضلاً عن ذلك يمكن استخدام النسبة المئوية لأيون الصوديوم Na% لتقرير صلاحية المياه لأغراض الري وتحسب هذه النسبة من المعادلة الآتية:

$$Na\% = \frac{(Na^{+} + K^{+})100}{Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^{+} + K^{+}} \quad \text{-----} \quad (7-3)$$

تركيز العناصر المستخدمة في المعادلة معبر عنها بالمكافئ بالمليون epm .
إن الصوديوم له تأثير سلبي على النباتات (Rijtima, 1981)، وأن زيادة Na% في المياه يؤدي إلى تقليل نفاذية التربة نتيجة لتبادل أيون -ي الكالسيوم والمغنيسيوم مع الصوديوم في التربة (MamRasul, 2000)، لذلك يكون خطراً لأغراض الري ويسبب مشاكل بالنسبة للري. جدول (21-3) يبين النسبة المئوية لأيون الصوديوم لأبواب منطقة الدراسة، نلاحظ من الجدول السابق أن نوعية المياه لا تكون ضارة لأغراض الري، إذ إن نسبة Na% إذا زادت عن 60% تعد ضارة (Mam Rasuol, 2000).

جدول (21-3) صلاحية المياه لأغراض الري (Train, 1979)

المواصفات	TDS (ppm)
استخدامها للري لا يسبب تأثيرات ضارة	500

استخدامها قد يسبب تأثيرات ضاره في المحاصيل الحساسة جدا للملوحة	1000-500
قد يسبب تأثيرات ضاره للكثير من المحاصيل لذلك استخدامها يحتاج الى خبره	2000-1000
يمكن استخدامها لري النباتات العالية التحمل للملوحة واستخدامها يحتاج الى خبره	5000-2000

جدول (22-3) قيم Na% و SAR للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

Well no.	Na%	S.A.R. (epm)	Well no.	Na%	S.A.R. (epm)
1	51.4	1.731	11	54.17	2.01
2	49.8	1.6	12	53.91	1.97
3	48.98	1.7	14	58.36	2.64
4	55.83	2.21	15	52.67	1.9
5	55.66	2.34	16	52.62	1.87
6	48.93	1.82	17	53.75	1.67
7	48.82	1.87	18	55.41	2.42
8	54.7	2.16	19	54.78	2.45
9	64.26	2.67	20	44.25	1.42
10	55.44	1.99	21	50.49	1.75

كذلك تم استخدام نسبة أمتزاز الصوديوم (SAR) والتي تم حسابها من التحاليل الكيميائية للمياه

الجوفية في منطقة الدراسة وحسب المعادلة الآتية (Ayers & Westcot, 1985) .

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \text{ --- (epm) --- (8-3)}$$

جدول (22-3) يبين نسبة أمتزاز الصوديوم لأبار منطقة الدراسة حيث لا توجد قيم عالية لل SAR،

لذا لا يسبب أبق خطورة للزراعة والري .

المصادر العربية

- أغا، فائق رسول، 1987 . الهيدروجيولوجيا . كلية العلوم ، جامعة دمشق . 397 ص.
- حمة سعيد، مريوان أكرم ، 2003 . هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية حوض كه بران الثانوي-اربيل- شمال العراق، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة بغداد.
- عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان ، 1990 . الهندسة العلمية للبيئة-فحوصات الماء- دار الحكمة للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، 296 ص.

المصادر الأجنبية

- Altoviski, M.E., 1962. Hand book of hydrogeology, Gosgeolizdat, Moscow, USSR (in Russian). 614p
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture, Irrigation and Drainage paper 29, Rev.1, FAO, Rome, Italy, 174p.
- Brickle, P., Rodrignes, V.T. and Partida, E.G., 1995. Effect of evapotranspiration on the water balance of the valley of Mexico. Geofisica Int. 35 (1). P63-72.
- Buday, T., 1980. The regional geology of Iraq. Vol.1 Stratigraphy and paleogeography. I.I.M. Kassab and S.Z. Jassim (ed.) SOM. Baghdad Dar Elkutib pub. House, University of Mosul. 445p.
- Clark, J.W., Viessman, W. and Hammer, M.J., 1977. Water Supply and pollution control. New York, U.S.A., 857p.
- Crist, M.A. and Lowry, M.E., 1972. Ground water resource of Natrona county Wyoming. A study of the availability and chemical quality of ground water, Geological survey water supply. Paper 1897. U.S. Government printing office Washington, 92p.
- Dandekar, M.M. and Sharma, K.N., 1989. Water power Engineering. Vicas Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi. 451p.
- Ditmar, V., 1972. Geological condition and hydrocarbon prospects of the Republic of Iraq, INOC. Lib. (Unpub.).
- Frank, O.L. and Reilly, T.E., 1987. The Effect of the Boundary condition on the Steady State Response of the Three Hypothetical Ground Water System and Application of Numerical Experiment. U.S.G.S. Water Supply Paper 2315. 19p.

- Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979. Ground water. Prentice-Hall Inc. England, Cliff, N.J., 604p.
- GARG, S.K., 1987. Soil Mechanics, first edition, padam Nagar, Kishan Ganj, Delhi, 696p.
- Gill, R. (ed.) 1997. Modern analytical geochemistry, an introduction to quantitative chemical analysis for earth, environmental and materials scientists. Longman, London, 329p.
- Hassan, H.A., 1981. Hydrogeological conditions of the central part of Erbil Basin, ph.D. Thesis, Baghdad University, 179p.
- Hem, J.D., 1970. Steady and interpretation of the chemical characteristics of natural water, 2nd ed. U.S.G.S. water supply Washington, D.C., No. 1473, 363p.
- Hem, J.D., 1985. Steady and interpretation of the chemical characteristics of natural water, 3rd ed. U.S.G.S. water supply, Paper2254. 263p.
- Langmuri, D., 1997. Aqueous environmental geochemistry Prentic Hall, USA, 600p.
- Lewen, M.C., and King, N.J., 1971. Prospect for developing stock-water supplies from wells in north eastern carfield country, Montana. G.S. water supply paper 1999-U.S. Government printing office, Washington. 38p.
- Mam Rasool, G.A., 2000. Steady of water quality and its effect on nutrients availability for corn in Sulaimania region. M.Sc. thesis, Coll. Of Agriculture, Univ. of Sulaimania, 120p.
- Sanders, L.L., 1998. A manual of field hydrogeology. Prentice Hall, USA, 381p.
- Shoeller, M., 1972. Edute Geochimique De La Nappe Des Sables in fericurs Du Basin D aquitaine Journal of Hydrology Vol.15, No.4, p317-328(in French).

- Sulin, V.A., 1946. Oil water in the system of natural ground waters, Gostopichezdat Moscow, USSR, (in Russian), 215p.
- Todd, D.K., 1980. Ground water hydrology, second edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, 535p.
- Turk, A., Turk, J., and Wittes, 1972. Ecology pollution Environment. W.B. Saunders Co. Philadelphia-London-Toronto., 217p.
- WHO, 2003. Guidelines for drinking water, recommendations, 4th. Vol. 1, Genewa Switzerland.