

هيدروكيميائية مياه نهر دجلة من دخوله الأراضي العراقية والى مدينة بغداد

حازم جمعة محمود
مركز بحوث السدود والموارد المائية
جامعة الموصل

هشام يحيى ذنون
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 24 /2 /2013 ، تاريخ القبول 5/6/2013)

الملخص

يهتم البحث الحالي بدراسة هيدروكيميائية العناصر الرئيسية في مياه نهر دجلة، على طول المنطقة الممتدة من بداية دخوله إلى الأراضي العراقية في منطقة فيشخابور شمالاً، والى مدينة بغداد جنوباً. أظهرت نتائج البحث وجود ازدياد في تراكيز العناصر الرئيسية بشكل عام خلال سريان النهر باتجاه الجنوب، فضلاً عن وجود زيادة نسبية في تراكيز العناصر خلال فصل الشتاء مقارنة بتراكيزها خلال فصل الصيف. وقد تبين ان نوعية المكونات الصخرية في حوض النهر التأثير الرئيس على هيدروكيميائية العناصر الرئيسية. كما اشارت النتائج الى ان نوعية الصخور للخزانات الرئيسية المغذية لمياه نهر دجلة تقع في المدى بين تركيب الصخور الكربوناتية والصخور السليكاتية. الكلمات الدالة: هيدروكيميائية، نهر دجلة، العناصر الرئيسية، الصخور الكربوناتية، بغداد.

Hydrochemistry of Tigris River Water from its Iraqi's Territory Entry to Baghdad city

Hisham Yahya Dhannoun
*Department of Geology
College of Science
University of Mosul*

Hazim Jumaa Mahmood
*Dams and Water Resources
Research Center
University of Mosul*

ABSTRACT

The present work deals with hydrochemistry of the major elements in Tigris River water, along the area stretching from the beginning of the river entry into Iraqi territory in the north, and to Baghdad city in the south.

The results revealed an increase in the concentrations of the major elements in general, during the trajectory of the river to the south, as well as a relative increase in the concentrations of the elements during the winter, compared with their

concentrations during the summer. The result also clarified that the composition of the river basin rocks plays the main control of the major elements hydrochemistry. The results indicated that the controlling rocks type of the Tigris main reservoirs are rang between carbonate and silicate compositions.

Keyword: Hydrochemistry, Tigris River, major elements, Carbonate Rocks.

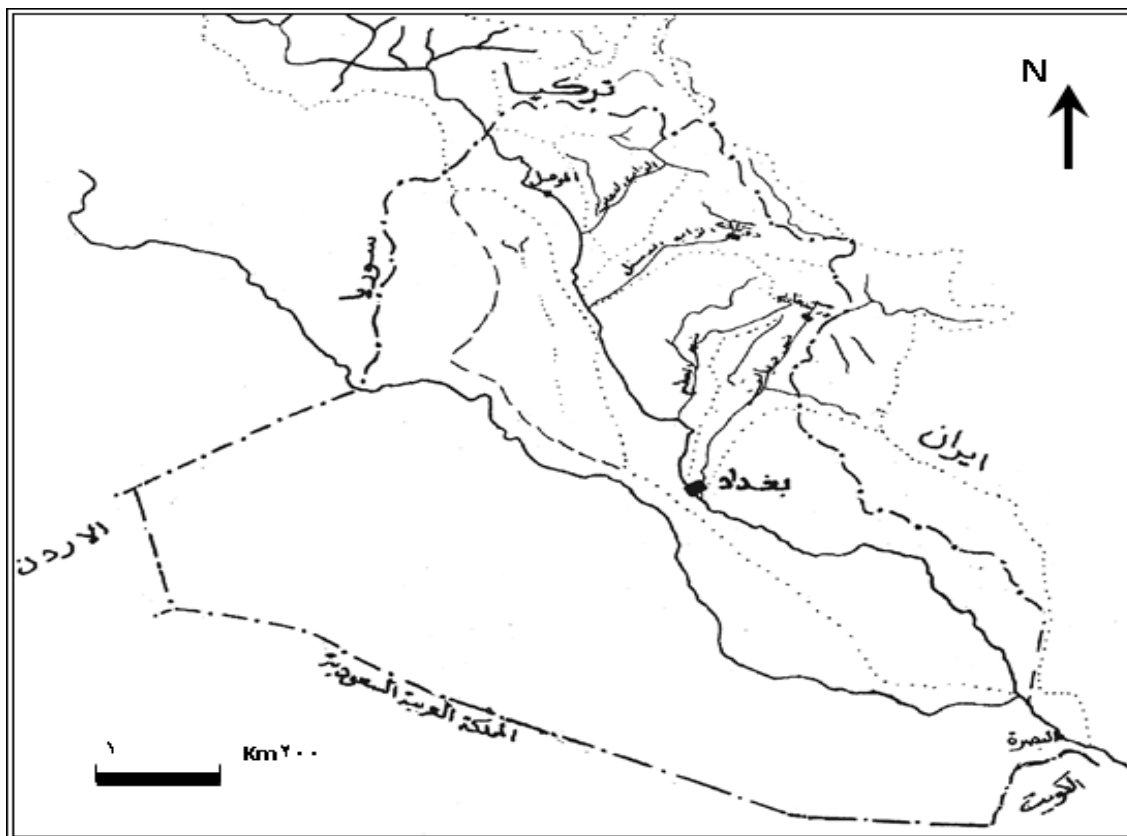
المقدمة

ينبع نهر دجلة من المرتفعات الواقعة في جنوب وجنوب شرق تركيا، والمتمثلة بمنطقة معقدة جدا من الصخور النارية والمتحولة (Nappe Zone) (Nicoll, 2009). ثم يتجه النهر الى الجنوب الشرقي ليمر بمكونات صخرية مختلفة من الصخور البازلتية والفتاتية والكاربوناتية في مناطق ديار بكر وسلسلة جبال ماردين وتلال رمان وسعرت (Westaway et al., 2009). وعند دخول النهر الأراضي العراقية يقطع ترسبات المولاس المتمثلة بتكوين المقدادية وتكوين انجانه، ثم يقطع النهر بعد هذه الترسبات ترسبات تكوين فتحة ويستمر على هذا النحو الى ناحية وانه. حيث يقطع الترسبات النهرية الحديثة ابتداء من وانه فبادوش فالموصل وحتى محل التقاء النهر بالزاب الأعلى جنوب الموصل. ثم تعود طبقات تكوين فتحة بالظهور في مجرى النهر ثم يعود النهر ليقطع الترسبات الحديثة (المرهج، 1979). يستمر النهر بالجريان خلال الترسبات النهرية الحديثة والتي تظهر على طول المجرى خلال سريان النهر في منطقة القيارة والى قرية المسحك اسفل مصب الزاب الأسفل في نهر دجلة بحوالي 4 كم مع ظهور بعض الطبقات من تكوين فتحة. ثم تظهر مكاشف تكويني فتحة وانجانه في منطقة الفتحة. ثم يستمر النهر ليقطع الترسبات النهرية التي تمتد على جانبي النهر من منطقة الفتحة حتى مدينة بغداد (البياتي، 1980).

على الرغم من أن المجرى الرئيس لنهر دجلة يمر خلال عدد قليل من التكوينات، إلا ان حوض النهر داخل العراق والمتمثل بروافد وأحواض الروافد المغذية للنهر تغطي معظم الأراضي في شمال وشرق العراق (الشكل 1)، والتي ينكشف فيها عدد كبير من التكوينات. ولا يتسع المجال هنا للتطرق الى جميع التكوينات المكشوفة ضمن حوض نهر دجلة. الا انه من المهم ان نشير هنا الى ان اغلب المكاشف الصخرية في حوض نهر دجلة داخل العراق تتألف بشكل رئيس من صخور الكربونات والمتبخرات والمارل والصخور الطينية والرمالية، فضلا عن انتشار ترسبات العصر الرباعي المتمثلة بالمصاطب النهرية وترسبات السهل الفيضي ورواسب المنحدرات والمراوح الفيضية. وبإمكان القارئ العودة الى تفاصيل هذه التكوينات في مصادر عديدة. لقد حظي نهر دجلة بالعديد من الدراسات التي تضمنت بيانات عن الايونات الرئيسية في مياهه. إلا أن اغلبها قد اهتم بدراسة تلوث مياه النهر نتيجة لتأثير مطروحات المدن والمعامل إلى داخل النهر، فضلا عن أن اغلب الدراسات السابقة على نهر دجلة قد تناولت دراسة جزء محدود جدا من مسار النهر، باستثناء بعض الدراسات نذكر منها دراسة (Banat, 1977) التي امتدت بين الموصل وبغداد لغرض مراقبة التلوث الحاصل بسبب المدن الكبيرة، ودراسة (المرهج، 1979) الذي درس مياه النهر قبل وبعد منجم المشراق لبيان تأثير المنجم على مياه النهر، ودراسة (البياتي، 1980) التي امتدت بين القيارة وبغداد لغرض مراقبة التلوث

المحتمل نتيجة لوجود العيون الكبريتية في هذه المنطقة. الا ان هذه الدراسات هي الاخرى قد اهتمت بجوانب التلوث أكثر من المحتوى الطبيعي للعناصر في مياه نهر دجلة، كما انها تعد نوعا ما قديمة وقد اجريت قبل البدء بإقامة السدود في تركيا، وحتى قبل إنشاء سد الموصل.

إن هدف البحث الحالي هو دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه نهر دجلة، وبيان المحتوى الطبيعي من العناصر الرئيسية الذائبة، والعلاقات بين هذه العناصر في مياه النهر، في سبيل توفير جزء من قاعدة بيانات دقيقة عن هيدروكيميائية مياه نهر دجلة، لمكاملتها مع الدراسات الأخرى.

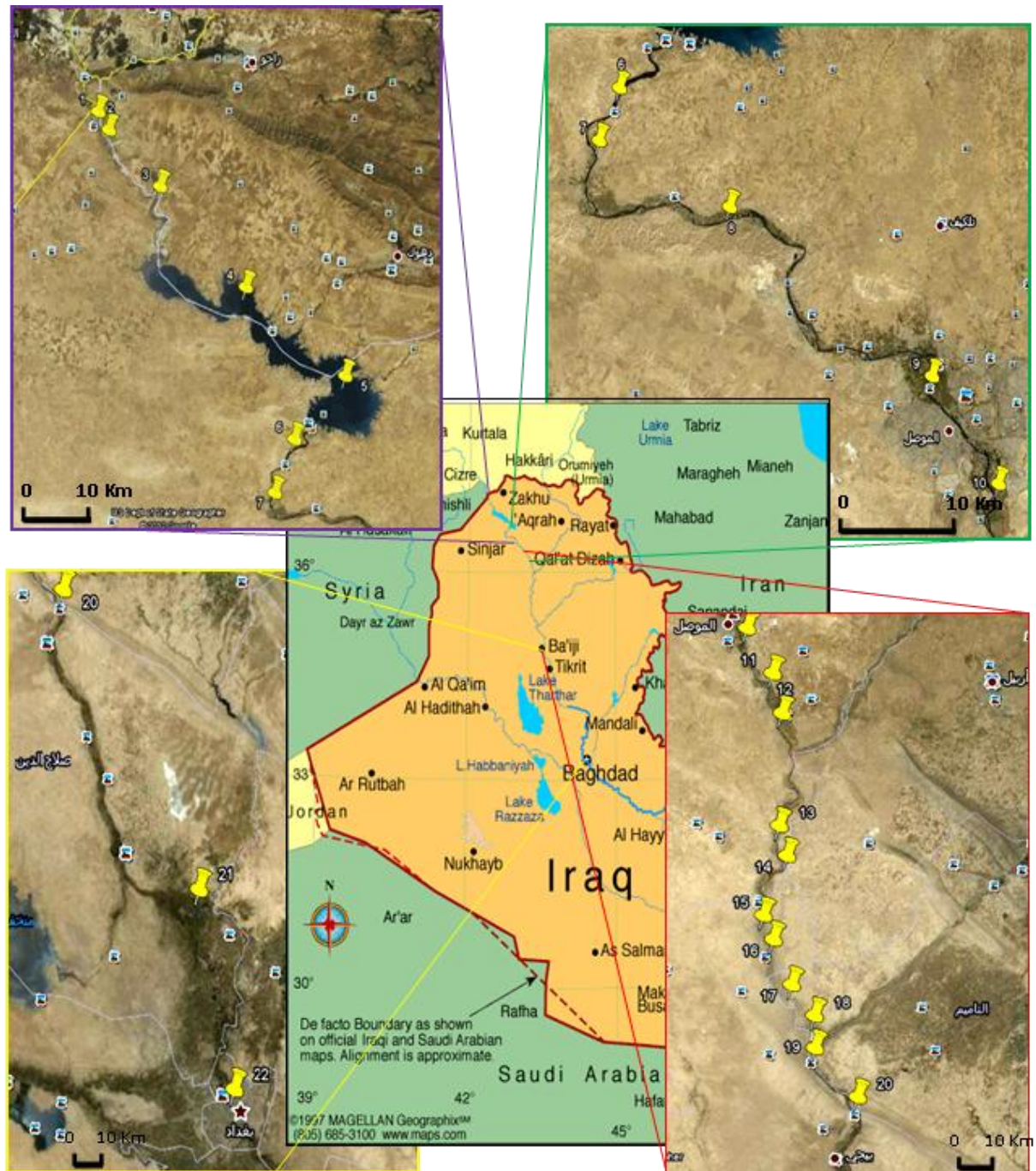


الشكل 1: حوض نهر دجلة وروافده (الخفاجي، 1985)

العمل الحقلّي والمختبري

بدأت عملية جمع النماذج من نهر دجلة خلال الفترة بين نهاية شهر كانون الثاني وبداية شهر شباط من شتاء 2011، بعد ان تم تحديد 22 موقعا على نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة الممتدة من بداية دخول النهر إلى الأراضي العراقية في منطقة فيشخابور والى مدينة بغداد (الشكل 2). وقد تم اختيار هذه المواقع اعتمادا على عوامل مختلفة منها ما يتعلق بجيومورفولوجية النهر وبمواقع مصبات الروافد وموقع بحيرة سد

الموصل ومواقع العيون الكبرى. وأخرى تتعلق بالتوزيع السكاني ومواقع المدن الموزعة على جانبي النهر هذا فضلا عن عوامل تتعلق بالجانب الأمني ومدى سهولة وإمكانية اخذ النموذج من الموقع المعين.



الشكل 2 خارطة العراق موضح عليها مواقع جمع النماذج على طول نهر دجلة

ولما كان في الغالب أن تختلف تراكيز العناصر الكيميائية في مياه الأنهار من ضفة إلى أخرى، ولكي تكون النماذج ممثلة لحالة النهر عند كل موقع من مواقع النمذجة، فقد تم جمع النماذج على شكل مقاطع عرضية بحيث يتم اخذ ثلاثة نماذج (يمين (R) ووسط (M) ويسار (L) النهر) من كل مقطع. ولغرض ملاحظة التغيرات في تراكيز العناصر الكيميائية خلال موسمي الامطار والجفاف فقد تم اعادة جمع النماذج خلال شهر آب صيف 2011 من 12 موقعا من مواقع النمذجة السابقة. استخدمت قناني سعة 1 لتر من البولي اثيلين في عملية جمع النماذج، عن طريق غمر القنينة حوالي 30cm تحت سطح الماء. أما محطات بحيرة سد الموصل (الموقعين 4 و 5) فقد تم اخذ ثلاثة نماذج من أعماق مختلفة في كل موقع عن طريق جهاز اخذ النماذج من الأعماق (Water Sampler).

تتطلب فحوصات المياه إجراء بعض القياسات حقليا. وقد شملت القياسات التي تم قياسها حقليا كلا من: درجة الحرارة والذالة الحامضية (pH) والتوصيل الكهربائي (EC) والمواد الصلبة الذائبة (TDS) والعكورة (Turbidity). تم إجراء القياسات الحقلية باستخدام جهاز قياس نوعية المياه الحقلي (Portable Multi Water Quality Checker) من نوع (Horiba (U-52).

تم ترشيح جزء من النموذج باستخدام ورق ترشيح نوع Sartorius ذو حجم مسامات 0.45μ ، لغرض فصل الحمل الذائب عن الحمل المعلق، حيث تم إجراء الترشيح لبعض النماذج حقليا والبعض الآخر تم ترشيحه في المختبر خلال مدة لم تتجاوز ثمان ساعات من جمع النموذج. يؤخذ جزء من النموذج المرشح لتحليل النترات بدون إضافة الحامض، ثم يضاف 1ml من حامض النتريك فائق النقاوة (HNO_3 Ultrapure) إلى النماذج المرشحة لتصبح الـ pH اقل من 2. تحفظ النماذج في قناني حجم 60ml من البولي اثيلين عالي الكثافة (High density poly ethylene) الى حين تحليلها.

تم تحليل كل من العسرة الكلية (TH) والبيكربونات (HCO_3^-) باستخدام طرق التسحيح حسب (عباوي وحسن، 1990). وتم تحليل النترات (NO_3^-) باستخدام مطياف الأشعة فوق البنفسجية وحسب الطريقة المذكورة في (APHA, 1998). وقد تم تحليل بقية الايونات (K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+) باستخدام تقنية البلازما مزدوجة الحث - قياس الطيف الكتلي (ICP-MS) المستخدمة في مختبرات شركة (Acme Analytical Laboratories Ltd. Vancouver, Canada).

النتائج والمناقشة

الخصائص الفيزيائية (الحقلية)

تضم الخصائص الفيزيائية لمياه الأنهار بعض القياسات الحقلية المهمة والتي تعطي فكرة اولية عن نوعية المياه في الحقل. وتشمل هذه القياسات:

1- درجة الحرارة (Temperature): لما كانت درجة حرارة مياه الأنهار تعتمد بشكل أساسي على مناخ المنطقة، فقد كانت درجات حرارة مياه نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة خلال الشتاء تتراوح بين (7.8-13) درجة سليزية، وخلال الصيف بين (20.2-24.5) درجة سليزية (الجدول 1).

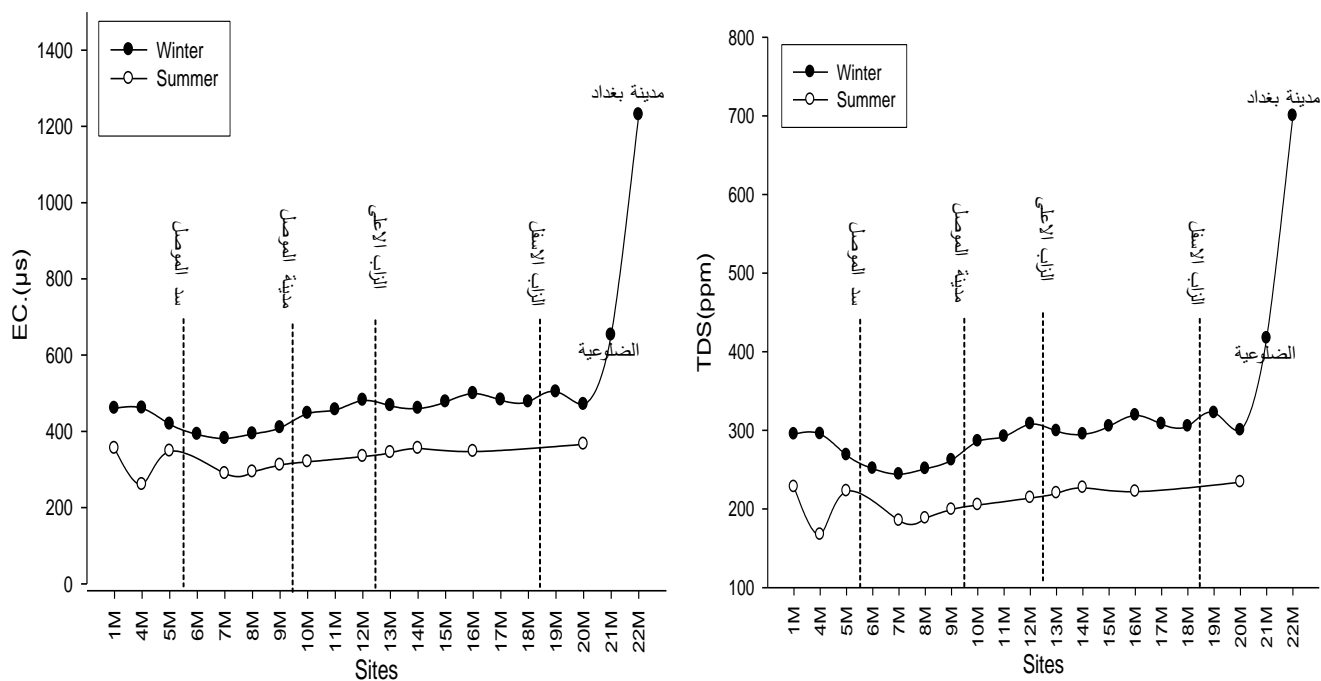
2- العكورة (Turbidity): تكون العكورة قليلة في المياه الراكدة نسبياً، وهذا ما لوحظ في مياه بحيرة سد الموصل (الموقعين 4 و 5)، وتزداد في مياه النهر، وخاصة خلال سقوط الأمطار بسبب تصريف مياه الأمطار عبر الوديان والروافد التي تصب في النهر، أما سبب وجود عكورة عالية نسبياً في بعض المواقع خلال موسم الصيف، فيعود إلى وجود العديد من مقالع الحصى والرمل على ضفاف النهر والتي تسبب زيادة العكورة في هذه المواقع. وكذلك تتسبب مصبات مياه مجاري المدينة بزيادة العكورة في النهر خلال مروره بالمدن الكبيرة مثل الموصل وبغداد.

3- التوصيل الكهربائي (EC): يعد التوصيل الكهربائي للمياه من الخصائص الفيزيائية المهمة التي تؤثر في تحديد نوعيتها. وتعتبر قيمة التوصيل الكهربائي بشكل تقريبي عن كمية الأملاح الذائبة في النموذج. تراوحت قيمة التوصيل الكهربائي في مياه نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة بين (381-1230 μ s) خلال فصل الشتاء، وبين (260-366 μ s) خلال فصل الصيف.

4- المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS): وتتمثل بجميع المواد الصلبة الذائبة في الماء والتي تترسب بعد التبخر والتجفيف. وتعتمد كمية المواد الصلبة الذائبة بشكل رئيس على تركيز الأيونات السالبة والموجبة الموجودة في النموذج. بما إن كمية المواد الصلبة الذائبة تعتمد على تركيز الأيونات الرئيسية بشكل مباشر، حالها في ذلك حال التوصيل الكهربائي، فقد كان التغيرات في قيمها مشابهة تماماً للتغيرات في قيم التوصيل الكهربائي. حيث لوحظ وجود زيادة في قيمهما خلال فصل الشتاء نسبة إلى فصل الصيف، ووجود اتجاه لزيادة تدريجية خلال مسير النهر أسفل بحيرة سد الموصل باتجاه مدينة بغداد (الشكل 3).

5- الدالة الحامضية (pH): إن لقيمة الدالة الحامضية تأثيراً مباشراً على سير التفاعلات بين مياه النهر والصخور والرواسب المتلامسة معها. هذا فضلاً عن التحكم بتوازن الكربونات والبيكربونات في مياه النهر. وبشكل عام فإن أغلب المياه الطبيعية تميل نحو القاعدية قليلاً وذلك لوجود أيونات البيكربونات (APHA,1998). كما هو حال منطقة الدراسة حيث تراوحت قيم الدالة الحامضية بين (8.0-8.79) خلال الشتاء وبين (7.10-8.37) خلال الصيف.

6- العسرة الكلية (T.H): تعتمد قيمة العسرة الكلية على تراكيز الايونات الموجبة ثنائية التكافؤ، وبعد الكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر الايونات المسببة للعسرة في المياه الطبيعية (Manahan, 2005). بلغ معدل العسرة الكلية في مياه نهر دجلة (295ppm)، (201 ppm) خلال فصلي الشتاء والصيف على التوالي. تتأثر قيم العسرة بشكل رئيس بطبيعة مكونات الطبقات الصخرية الحاملة للمياه (Todd, 1980). وتشكل صخور المتبخرات والكربونات المنتشرة في حوض النهر، المصدر الرئيس للعسرة في مياه نهر دجلة. وتصنف مياه منطقة الدراسة اعتمادا على قيم العسرة الكلية ضمن صنف المياه العسرة الى العسرة جدا في بعض المواقع، حسب تصنيف العسرة. (الجدول 2).



الشكل 3 : تباير التوصيل الكهربائي ومجموع الصلب المذاب في نهر دجلة

الجدول 1: نتائج قياسات الخصائص الفيزيائية لمياه نهر دجلو خلال فصلي الشتاء و الصيف.

مواقع النماذج	Sample No.	Temp(C°)	PH	EC(µs)	TDS(mg/l)	Tur.(NTU)	TH(ppm)
فصل الشتاء							
نهر دجلة قبل بحيرة سد الموصل	1R W	10.8	8.39	420	269	7.4	261.81
	1M W	10.5	8.36	460	291	7.9	300.20
	1L W	10.7	8.32	450	289	9.2	305.55
	2LW	10.5	8.44	430	276	8.7	296.85
	3L W	10.6	8.23	480	301	11.9	296.85
بحيرة سد الموصل	4 W(Average)	11.7	8.22	461	295	1.1	275.44
	5 W(Average)	11.4	8.24	419	268	0.9	275.44
نهر دجلة بين السد ومدينة الموصل	6M W	10.8	8.08	392	251	1.8	239.51
	7R W	10.6	8.24	389	249	1.4	229.31
	7M W	10.6	8.15	381	244	1.8	251.42
	7L W	10.6	8.29	391	250	1.7	242.73
	8R W	11.6	8.62	383	245	5.2	240.44
	8M W	11.4	8.70	393	251	6.0	253.74
	8L W	11.6	8.68	388	248	7.6	255.32
بداية مدينة الموصل (الحي العربي)	9R W	11.0	8.60	403	258	15.0	248.11
	9M W	11.1	8.69	409	262	11.8	274.19
	9L W	11.2	8.68	415	265	10.7	262.67
نهاية المدينة (البو سيف)	10R W	11.3	8.59	442	283	13.4	262.42
	10M W	10.9	8.79	447	286	16.0	283.84
	10L W	11.2	8.39	462	296	14.0	279.75
بين الموصل ومصب الزاب الاعلى	11M W	9.5	8.16	456	292	41.3	285.29
	12R W	10.1	8.09	488	312	54.7	282.28
	12M W	9.6	8.11	481	308	33.8	284.11
	12L W	9.6	8.13	488	312	34.0	293.96
بين مصب الزاب الاعلى ومصب الزاب الاسفل (مناطق القيارة والسفينة وسديرة والصبيح والزوية)	13R W	10.5	8.30	470	301	45.4	275.47
	13M W	10.1	8.26	467	299	41.0	280.97
	13L W	10.2	8.26	461	295	41.4	286.99
	14R W	10.3	8.29	478	306	41.3	279.19
	14M W	10.6	8.45	460	295	42.0	294.78
	14L W	10.3	8.26	471	301	42.0	289.98
	15R W	10.2	8.30	478	306	41.1	276.02
	15M W	10.1	8.27	477	305	42.6	301.84
	15L W	10.0	8.49	476	304	43.1	292.64
	16R W	9.1	8.27	484	309	41.3	269.35
	16M W	8.8	8.29	499	319	26.1	306.01
	16L W	9.1	8.21	484	310	43.0	295.49
	17R W	9.4	8.25	479	306	33.0	279.61
	17M W	9.3	8.29	482	308	41.6	305.14
	17L W	9.3	8.28	482	308	37.3	296.84
	18R W	9.6	8.27	479	306	33.7	283.75
	18M W	9.3	8.26	477	305	38.3	306.31
18L W	9.3	8.23	477	305	39.0	297.56	
بعد مصب الزاب الاسفل	19R W	10.0	8.32	496	317	35.5	290.76
	19M W	9.7	8.30	503	322	42.8	313.52
	19L W	10.0	8.28	507	324	43.9	305.82

تابع الجدول 1								
الجدول ول :2 تصد نيف عس رة الم ياه حس ب)	بعد الزاب الاسفل	20R W	10.5	8.20	470	300	10.3	275.15
		20M W	10.6	8.20	480	310	11.7	289.28
		20L W	10.7	8.20	470	300	13.0	280.70
	الضلوعية	21M W	12.7	8.00	652	417	4.7	318.82
	مدينة بغداد	22M W	13.0	8.00	1230	610	24.3	627.72
	Range		8.8- 13.0	8.0- 8.79	381- 1230	244- 610	0.9- 54.7	229.3- 627.7
	فصل الصيف							
	فيشخابور	1M S	23.4	8.37	355	228	96.7	220.90
	بحيرة سد الموصل	4 S(Average)	22.4	8.05	260	167	0.9	164.81
		5 S(Average)	21.6	7.89	348	223	0.8	176.14
بين السد ومدينة الموصل	7M S	20.2	8.01	289	185	15.8	182.36	
	8M S	20.8	8.08	293	188	2.0	183.74	
بداية مدينة الموصل	9M S	20.6	8.03	311	199	5.2	189.99	
نهاية مدينة الموصل	10M S	20.8	7.10	320	205	9.0	199.87	
قبل الزاب الأعلى	12M S	21.8	8.33	334	214	9.2	197.75	
بين الزاب الأعلى والأسفل	13M S	22.5	7.92	344	220	10.9	195.38	
	14M S	22.6	8.26	355	227	54.6	204.03	
	16M S	22.9	7.80	347	222	14.9	203.15	
9 كم بعد مصب الزاب الأسفل	20M S	24.5	8.14	366	234	25.1	205.44	
Range		20.2- 24.5	7.10- 8.37	260- 366	167- 234	0.8- 96.7	164.8- 220.9	

(Todd and Mays, 2005)

العسرة الكلية بدلالة كربونات الكالسيوم (mg/L)	صنف المياه
اقل من 75	يسر
75-150	عسر نسبيا
150-300	عسر
أكثر من 300	عسر جدا

الايونات الرئيسية (Major ions)

تضم الايونات الرئيسية عددا من الايونات التي غالبا ما يزيد تركيزها الذائب في مياه الأنهار عن 1ppm، والتي تعكس مقدار المواد الصلبة الذائبة في المياه، ويعتمد عليها التوصيل الكهربائي والعسرة الكلية للمياه. وتضم كلا من (NO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Mg⁺², Ca⁺²).

1- ايون الكالسيوم (Ca⁺²): يعد ايون الكالسيوم من أهم الايونات الموجبة الذائبة في المياه الطبيعية. وقد تراوح تركيز الكالسيوم الذائب (0.45μ filtered) في مياه نهر دجلة بين

(الجدول 3 و 4). ولما كانت التجوية الكيميائية للصخور الكربوناتيية وصخور المتبخرات تعد من أهم العمليات المزودة لأيون الكالسيوم الى المياه (Bouwer, 1978)، لذلك كان الكالسيوم هو الايون الموجب (Cation) المسيطر في مياه نهر دجلة (الشكل 4) نتيجة للانتشار الواسع لمكاشف صخور الكربونات والمتبخرات ضمن حوض نهر دجلة. وهذا ما اوجد علاقة ارتباط موجبة قوية بين الكالسيوم وكل من المغنيسيوم والبيكربونات (جدول 5)، اشارة الى صخور الحجر الجيري المتمثل بالكالسايت بشكل اساسي (CaCO_3) وصخور الدولومايت ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). وكذلك تشير العلاقة الموجبة بين الكالسيوم والكبريتات (الجدول 5) الى الجبسوم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) كمصدر لهذه الايونات. أما العلاقة الموجبة بين الكالسيوم وكل من (Cl^- , K^+ , Na^+) فيرجح انها ناتجة من تصاحب هذه الايونات ضمن صخور المتبخرات، واطارة الى عامل التجوية كعامل رئيس مزود لهذه الايونات.

2- المغنيسيوم (Mg^{+2}): تراوح تركيز المغنيسيوم الذائب في مياه نهر دجلة بين (18.5-48.3ppm) خلال فصل الشتاء، وبين (11.51-16.92ppm) خلال فصل الصيف (الجدول 3 و 4). وتعد التجوية الكيميائية لصخور الدولومايت من اهم المصادر الطبيعية لأيون المغنيسيوم في نهر دجلة. ويؤيد ذلك العلاقة الموجبة القوية في (الجدول 5) بين ايون المغنيسيوم وكل من (Ca^{+2} , HCO_3^-).

3- الصوديوم والبوتاسيوم (K^+ , Na^+): يمتاز الصوديوم والبوتاسيوم بقابليتهما العالية على الحركة في البيئة المائية ومصدرهما متعددة، من اهمها التجوية الكيميائية للصخور الرسوبية مثل المتبخرات. ومن المعروف ان صخور المتبخرات لتكوين فتحة تنتشر ضمن حوض النهر داخل العراق. كما قد ينتقلان من مصادر بعيدة جدا مع المياه الجوفية والسطحية (Howari and Banat, 2002). ويذكر ان ارتفاع تركيز الصوديوم والبوتاسيوم في مياه الانهار قد يشير الى تلوث مياه النهر بمياه الصرف الصحي ومياه الاراضي الزراعية (الصانع وطاقة، 2002؛ مصطفى، 2007). تراوح تركيز الصوديوم في مياه نهر دجلة بين (12-105.6ppm) وبين (7.75-16.68ppm) خلال فصلي الشتاء والصيف على التوالي. بينما تراوح تركيز ايون البوتاسيوم بين (1.95-4.15 ppm)، (1.79-2.12ppm) خلال فصلي الشتاء والصيف على التوالي. وتشير العلاقة الموجبة القوية (الجدول 5) بين الصوديوم وكل من (Ca^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2}) الى وجود الصوديوم بشكل رئيس ضمن صخور المتبخرات، على شكل معدن الهاليت (NaCl) بشكل اساسي.

4- البيكربونات (HCO_3^-): تشتق البيكربونات من صخور الكربونات المنتشرة بشكل واسع في اعالي حوض نهر دجلة. وهذا ما جعل من البيكربونات الأنيون (Anion) الأعلى تركيزا ضمن منطقة الدراسة (الشكل

4). وهذا ايضا ما تشير اليه علاقة الارتباط الموجبة بين البيكربونات وكل من ايوني الكالسيوم والمغنيسيوم (الجدول 5).

5- **الكبريتات (SO_4^{2-}):** تعد الكبريتات من الايونات الشائعة في جميع مصادر المياه الطبيعية، ويعتمد تركيزها على الظروف البيئية ونوعية ومكونات الصخور المتلامسة مع المياه (Merkel and Friedrich, 2002). تراوح تركيز الكبريتات في مياه نهر دجلة بين (75-469ppm)، (35-81ppm) خلال فصلي الشتاء والصيف على التوالي. ان المصدر الرئيس لأيون الكبريتات في مياه نهر دجلة هو صخور الجبسوم العائدة لتكوين فتحة المنكشف بشكل واسع ضمن مجرى وحوض النهر. وتدل العلاقة الموجبة بين الكبريتات والكالسيوم على وجودهما ضمن معدن الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) كمصدر رئيس لهذه الايونات في النهر. وربما تشير العلاقة الموجبة بين الكبريتات وكل من (Na^+, Mg^{+2}, Cl^-, K^+) الى ترافق هذه الايونات ضمن صخور تكوين فتحة، والى عامل التجوية كمصدر اساسي مزود لجميع هذه الايونات.

6- **الكلوريدات (Cl^-):** يمتاز ايون الكلوريد بقابلية عالية جدا على الذوبان ومن الصعب ان يشترك في تفاعلات الترسيب، حيث يبقى في الحالة الايونية الذائبة بشكل دائم في الظروف الطبيعية (Mason, 1966)، وهذا ما جعل من مياه البحر الخزان الرئيس لأيون الكلوريد. يوجد ايون الكلوريد في جميع مصادر المياه الطبيعية، ويكون تركيزه قليلا في مياه الأنهار العذبة (Hem, 1985). تراوح تركيز الكلوريد في مياه نهر دجلة بين (8-81ppm)، (5.67-18ppm) خلال فصلي الشتاء والصيف على التوالي. إن مصادر الكلوريد متعددة من أهمها أملاح الكلوريدات الموجودة ضمن صخور المتبخرات. وقد تنتقل من مياه البحر عن طريق الجو لكي تسقط مع الأمطار وتنتقل إلى الأنهار. كما يمكن ان تمثل مياه المجاري مصدرا غير طبيعي للكلوريد (Heath, 1987). وتشير العلاقة الموجبة القوية بين N^{+} و C^{+} الى معدن الهاليت ($NaCl$) كمصدر أساسي مزود لأيون الكلوريد في مياه نهر دجلة، فضلا عن تشابه سلوكهما الجيوكيميائي خلال فعاليات الغسل والنقل. وربما تشير العلاقة الموجبة بين الكلوريد وكل من الكالسيوم و الكبريتات الى عمليات التجوية الكيميائية لصخور المتبخرات العائدة لتكوين فتحة كأحد المصادر الرئيسة لهذه الأيونات في نهر دجلة.

7- **النترات (NO_3^-):** تعد النترات من الايونات التي غالبا ما تكون تراكيزها قليلة أو ثانوية في مياه الأنهار الطبيعية نتيجة لاستهلاكها من قبل النباتات المائية وانخفاض تراكيزها الطبيعية. وان زيادة تركيز النترات في المياه يؤشر حدوث حالة من التلوث، حيث تعد مياه الاراضي الزراعية ومياه المجاري والفضلات العضوية من أهم مصادر زيادة النترات في الأنهار (Sundaray et al., 2009). بلغ معدل تركيز

13R W	75.21	21.25	18.43	2.38	205	111	12	0.5
13M W	76.75	21.65	17.87	2.85	219	102	13	0.49
13L W	78.88	21.82	18.44	2.34	209	108	17	0.5
14R W	75.66	21.88	18.96	2.17	224	114	10	0.52
14M W	80.43	22.77	18.15	2.32	229	102	14	0.51
14L W	79.63	22.09	19.67	2.42	218	111	18	0.53
15R W	74.77	21.65	18.71	2.22	221	111	11	0.53
15M W	82.43	23.27	20.22	2.55	248	99	14	0.55
15L W	80.02	22.5	21.04	2.38	220	114	18	0.52
16R W	72.4	21.47	18.93	2.11	220	108	11	0.55
16M W	83.31	23.75	20.61	3.06	249	102	15	0.52
16L W	81.21	22.47	20.17	2.42	219	120	18	0.54
17R W	75.35	22.17	19.46	2.25	214	111	11	0.53
17M W	82.96	23.75	19.52	2.24	246	102	15	0.54
17L W	81.04	22.9	21.95	2.7	223	117	18	0.54
18R W	77.45	21.9	20.51	2.25	221	117	12	0.64
18M W	84.32	23.21	22.19	2.81	248	105	16	0.55
18L W	81.84	22.59	23.21	2.46	226	120	21	0.54
19R W	78.46	22.99	21.57	2.2	231	123	13	0.56
19M W	84.75	24.7	21.92	2.51	248.9	114	17	0.59
19L W	83.48	23.6	23.53	2.47	230	126	21	0.58
20R W	76.02	20.68	18.08	1.95	242	93	11	0.43

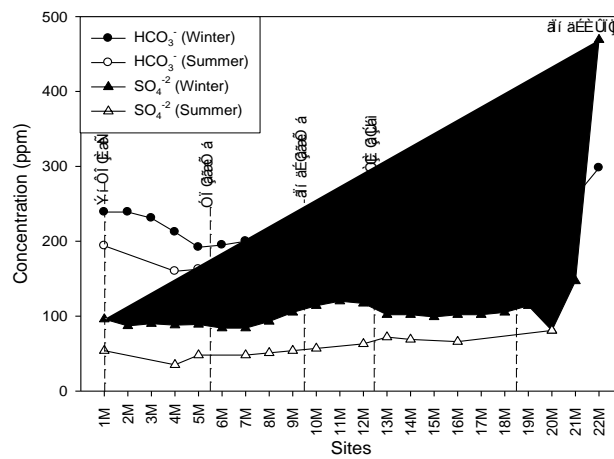
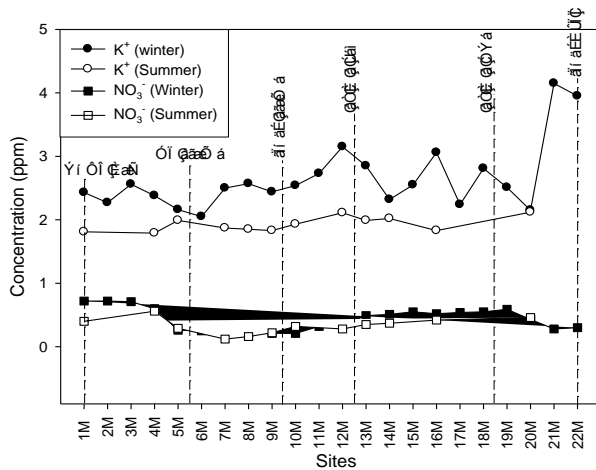
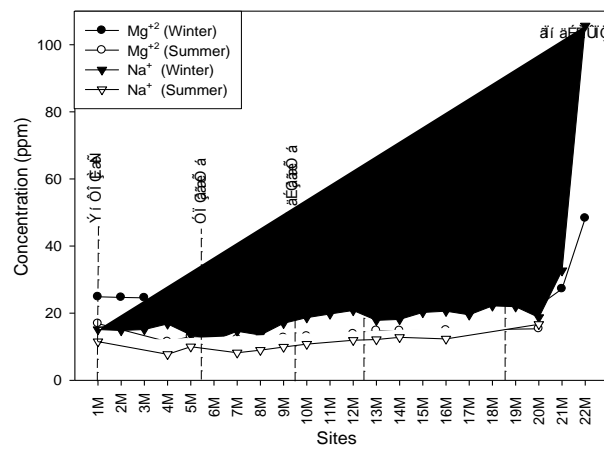
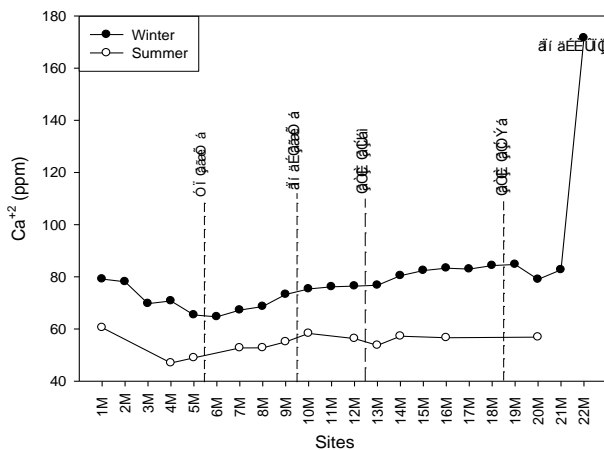
20M W	79.02	22.29	18.74	2.15	257	81	13	0.43
20L W	77.99	20.83	18.31	2.04	245	99	16	0.47
21M W	82.69	27.24	32.69	4.15	260	147	25	0.28
22M W	171.58	48.3	105.61	3.95	298	469	81	0.3
Minimum	61.27	18.5	12.01	1.95	181	75	8	0.12
Maximum	171.58	48.3	105.61	4.15	298	469	81	0.72

الجدول 4: نتائج تحليل الايونات الرئيسية الذائبة (0.45μ filtered) في مياه نهر دجلة خلال فصل الصيف (جميع التراكيز بوحدة ppm).

Sample No.	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
1M S	60.51	16.92	11.53	1.81	194.00	54.00	12.00	0.40
4 S (Average)	46.98	11.51	7.75	1.79	160.00	35.00	5.67	0.56
5 S (Average)	48.96	13.06	10.00	1.99	162.67	48.00	7.67	0.29
7M S	52.73	12.28	8.21	1.87	155.00	48.00	7.00	0.12
8M S	52.77	12.59	8.98	1.85	155.00	51.00	7.00	0.16
9M S	55.09	12.70	9.92	1.83	157.00	54.00	9.00	0.22
10M S	58.30	13.15	10.78	1.93	165.00	57.00	11.00	0.32
12M S	56.35	13.82	11.95	2.11	160.00	63.00	11.00	0.28
13M S	53.74	14.83	12.14	1.99	159.00	72.00	12.00	0.35
14M S	57.25	14.80	12.82	2.02	167.00	69.00	12.00	0.37
16M S	56.65	14.95	12.33	1.83	165.00	66.00	12.00	0.42
20M S	56.91	15.35	16.68	2.12	164.00	81.00	18.00	0.46
Minimum	46.98	11.51	7.75	1.79	155	35	5.67	0.12
Maximum	60.51	16.92	16.68	2.12	194	81	18	0.56

الجدول 5: مصفوفة معامل الارتباط (Correlation Coefficient Maxtrix) توضح الارتباط الثنائي (r) بين الايونات الرئيسية لمياه نهر دجلة.

NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Variables
0.287	0.856	0.932	0.833	0.721	0.918	0.958	1.000	Ca ⁺²
0.342	0.760	0.881	0.877	0.769	0.842	1.000		Mg ⁺²
0.102	0.964	0.978	0.610	0.665	1.000			Na ⁺
0.142	0.637	0.682	0.642	1.000				K ⁺
0.561	0.513	0.618	1.000					HCO ₃ ⁻
0.066	0.924	1.000						SO ₄ ⁻²
0.078	1.000							Cl ⁻
1.000								NO ₃ ⁻



التغيرات في تراكيز الايونات الرئيسية:

تبيين من خلال تحليل نماذج من مياه نهر دجلة خلال فصلي الشتاء والصيف

كانت تراكيز الايونات الرئيسية في مياه نهر دجلة خلال فصل الشتاء أعلى من تراكيزها في نماذج الصيف. وان ما يؤيد الزيادة النسبية في تراكيز الايونات الرئيسية لنماذج الشتاء نسبة الى الصيف هو الزيادة النسبية في قيم كل من التوصيل الكهربائي (EC) والأملاح الكلية الذائبة (TDS) خلال فصل الشتاء (الشكل 3). وهذا مطابق لدراسة (Rabee *et al.*, 2011) الذي وجد أن تراكيز الأملاح الذائبة في نهر دجلة خلال فصل الشتاء تكون أعلى منها خلال الصيف ضمن مناطق بغداد. ومن المرجح ان السبب الرئيس وراء ذلك هو عمليات الغسل والإذابة، وهذا أيضا ما أشارت إليه (Al-Kattan, 1989) في تفسيرها لوجود زيادة نسبية للعناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة خلال الشتاء نسبة الى الصيف ضمن مدينة الموصل. فضلا عن زيادة عمليات تجوية الصخور في حوض النهر نتيجة لتساقط الأمطار خلال الشتاء، ونقل نواتج التجوية إلى النهر عن طريق الأودية والروافد الموسمية والدائمة. وهذا يتفق مع ما استنتجه (اليوزكي والبناء، 2008 ; النعيمي، 2010) من حيث وجود زيادة نسبية في تراكيز الايونات الرئيسية خلال الشتاء في عدد من الابار المحيطة بنهر دجلة. هذا فضلا عن زيادة تأثير عملية تغذية النهر من المياه الجوفية خلال موسم الأمطار. ومن المعروف أن اغلب المياه الجوفية تكون ذات تراكيز أيونية أعلى من مياه الأنهار.

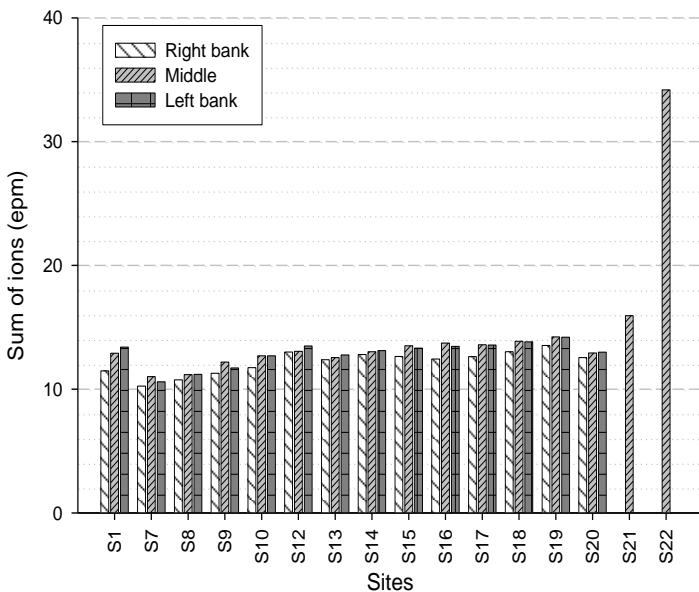
وفيما يخص التغيرات في تراكيز الايونات الرئيسية على طول مجرى النهر ضمن منطقة الدراسة فيلاحظ ان هناك تذبذبا في تراكيز العناصر من موقع إلى آخر، اعتمادا على عوامل مختلفة إذ يلاحظ وجود ارتفاع نسبي في اغلب الايونات عند المرور بالمدن الكبيرة مثل الموصل وبغداد (الشكل 4) نتيجة لمطروحات هذه المدن إلى النهر، وتكون الزيادة كبيرة في التراكيز عند الاقتراب من مدينة بغداد بسبب زيادة

ملوحة التربة والتأثير الكبير للمبازل وتأثير المياه القادمة من بحيرة الثرثار إلى نهر دجلة والتي تكون ذات محتوى عال من الكبريتات والكلوريدات والصوديوم.

ويبدو ان هناك تأثيرا لكل من الزاب الأعلى والأسفل وخاصة الزاب الأعلى في التقليل من تراكيز بعض الايونات وبشكل متباين من فصل إلى آخر (الشكل 4). وبشكل عام فان هناك زيادة تدريجية في التراكيز من بعد سد الموصل باتجاه أسفل النهر وعلى طول منطقة الدراسة. ويرجع سبب ذلك إلى تراكم نواتج عمليات التجوية خاصة ان النهر يمر بطبقات صخور تكوين فتحة وبشكل خاص طبقات صخور الجبسوم التي تتكشف على جانبي النهر والتي تمتاز بذوبانية عالية نسبيا. هذا فضلا عن مساهمة العيون الكبريتية ومياه المجاري للمدن الكبيرة في إضافة كميات إضافية من الايونات الرئيسية إلى النهر خلال سريانه باتجاه الجنوب.

أما حول تذبذب تراكيز الايونات الرئيسية في مياه بحيرة سد الموصل وانخفاضها نسبيا، فان هذا الأمر غير متوقع ويحتاج إلى دراسة مفصلة عن هيدروكيميائية البحيرة، إذ تتأثر هيدروكيميائية البحيرة بعوامل كثيرة ربما يعود بعضها إلى الركود النسبي للمياه في البحيرة، الأمر الذي يؤدي إلى ترسب الكثير من المواد العالقة ومن ضمنها بعض الأحجام الغروية التي يمكن ان تتفد حتى من خلال ورق الترشيح (0.2μ , 0.45μ) وتحسب بالتالي مع التراكيز الايونية عند إجراء التحاليل. وقد وجد بشكل عام أن تراكيز العناصر الكيميائية تنخفض كلما قل حجم المسامات لورق الترشيح. وهذا منطقي حيث يقل مقدار الاحجام الغروية التي تمر خلال ورق الترشيح كلما قل حجم المسام للورق (Gaillardet et al., 2004). هذا وقد يكون لانخفاض التراكيز في البحيرة أسباب متعددة منها ما يتعلق بالموجات والتصارييف العالية الداخلة إلى البحيرة، وزمن بقاء هذه المياه في البحيرة، وكذلك كميات الساقط المطري على سطح البحيرة، ومنها ما يتعلق باستهلاك بعض العناصر من قبل الاحياء الموجودة في البحيرة. ومن الصعب ان تصل الدراسة الحالية إلى تفسير مؤكد عن تباين تراكيز العناصر لمياه البحيرة لاقتصار نماذج البحيرة على موقعين فقط.

أما بالنسبة للتباين في المقطع العرضي للنهر، فقد لوحظ من خلال إجراء التحاليل للمقاطع العرضية للنهر خلال فصل الشتاء، ان هناك زيادة نسبية في تراكيز الايونات الرئيسية لنماذج الجانب الأيسر من نهر دجلة (الشكل 5). إن التذبذب في تراكيز الايونات لمياه الأنهار هو أمر طبيعي، إلا أن الزيادة النسبية في تراكيز الايونات الرئيسية لنماذج الجانب الأيسر ولجميع المقاطع على طول منطقة



الشكل 5 : مجموع الاوزان المكافئة (epm) للأيونات الرئيسية على مقاطع عرضية في مياه نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة، لموسم الشتاء

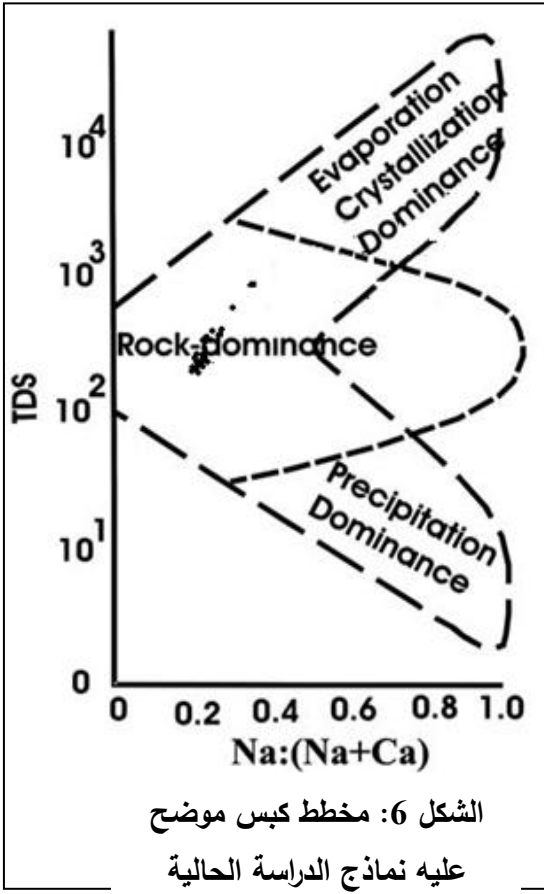
الدراسة، ربما يعود جزء منه الى طبوغرافية حوض النهر، حيث تقع معظم أراضي حوض نهر دجلة في الجانب الأيسر منه. وعليه فان اغلب الروافد الموسمية وجميع الروافد الدائمة مع ما تحمله من نواتج التجوية تصب في الجانب الأيسر من النهر، وهذا واضح من خارطة حوض النهر (الشكل 1). وهذا أيضا يجعل من المرجح أن تكون تغذية النهر من المياه الجوفية في الجانب الأيسر اكبر من الجانب الأيمن نتيجة لطبيعة وشكل حوض النهر. ويذكر إن اغلب الأراضي القريبة من الضفة اليسرى تمتاز بسيادة الرواسب الفتاتية الحديثة الأمر الذي ربما يساعد على سهولة التبادل المستمر بين مياه هذه الأراضي ومياه النهر. ويؤيد ذلك وجود عدد كبير من الآبار السطحية الموزعة على طول النهر في الجانب الأيسر، وقد أشار (النعيمي، 2010) الى التبادل المستمر بين مجموعة من هذه الابار الموزعة بالقرب من الضفة اليسرى ومياه نهر دجلة. الأمر الذي قد يتسبب في إضافة تراكيز ايونية ذائبة إلى مياه نهر دجلة في الجانب الأيسر منه. وعلى النقيض من ذلك فانه يغلب على رواسب الضفة اليمنى من النهر انها تكون بشكل مكاشف لطبقات صخرية يصعب فيها تبادل المياه مع النهر.

العوامل المسيطرة على كيميائية العناصر الرئيسية

يمكن تلخيص العوامل المؤثرة على هيدروكيميائية الأنهار بعوامل طبيعية، وعوامل غير طبيعية، وغالبا ما تكون العوامل الطبيعية ذات تأثير رئيس واکبر من العوامل غير الطبيعية التي تكون ذات تأثير محلي وثنائي على كيميائية العناصر الرئيسية.

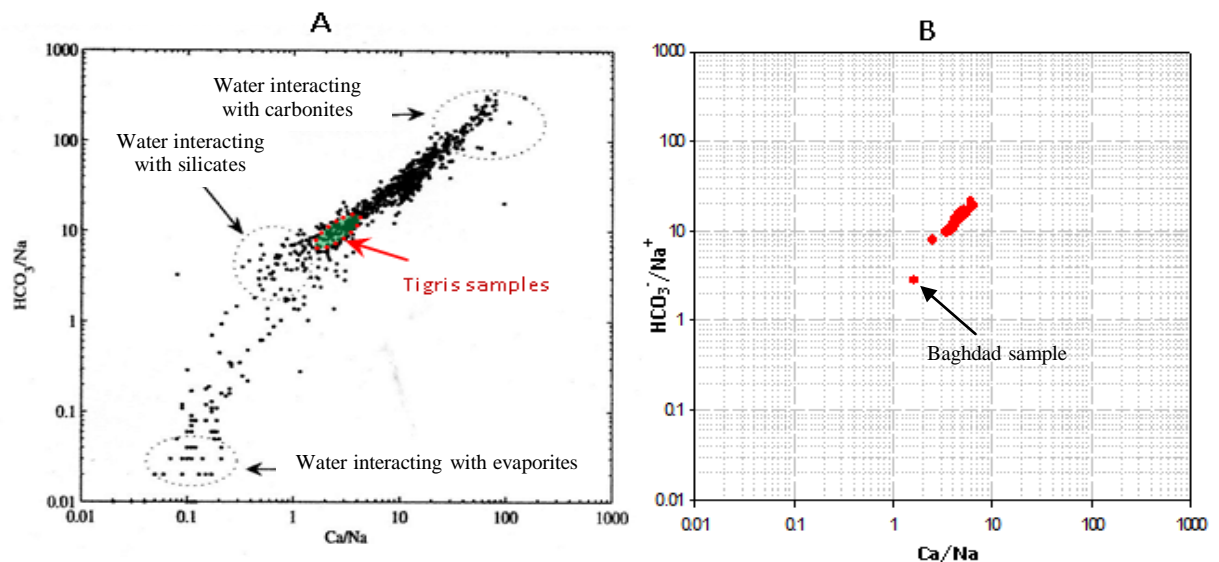
يمكن تقسيم العوامل الطبيعية على نوعين رئيسين، هما عوامل تتعلق بجيولوجية حوض النهر، وأخرى تتعلق بمناخ المنطقة. وفي الحقيقة لا يمكن ان نفصل تأثير احد العاملين عن الآخر. بل تتشارك العوامل الجيولوجية مع عوامل المناخ في التحكم بالتركيب الكيميائي لمياه الأنهار. ألا انه من الممكن أن نبين إي العاملين يكون تأثيره اكبر. ومن الطرائق المناسبة لذلك استخدام مخطط كيبس (Gibbs diagram) (Venugopal et al., 2009; Giridharan et al., 2010). تبين عند تمثيل تحاليل نهر دجلة في مخطط كيبس (Gibbs diagram) ان تحاليل النهر وخلال فترتي النمذجة تقع ضمن حقل سيطرة المكونات الصخرية على هيدروكيميائية النهر (الشكل 6).

بعد أن تبين أن المكونات الصخرية في حوض نهر دجلة لها التأثير الأكبر على محتوى مياه النهر من

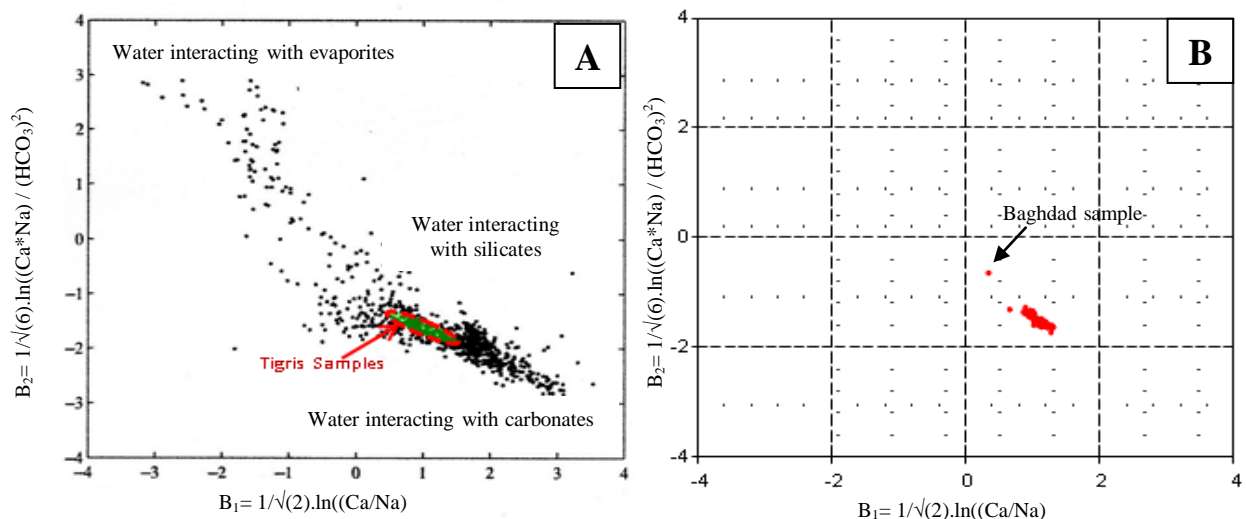


الايونات الرئيسية، من المهم هنا من وجهة النظر الجيولوجية محاولة بيان نوعية الصخور للخزانات الرئيسية المسئولة عن تقرير التركيب الكيميائي لمياه النهر. وهنا يمكن الاستعانة بالمخططات الثنائية لنسب تراكيز كل من الايونات $(Ca^{+2}, Na^{+}, HCO_3^{-})$. حيث تستخدم هذه المخططات بشكل نموذجي على مقياس لوغاريتمي وتتوزع نماذج المياه بين نهايتين تتمثلان بالصخور الكربونية وصخور المتبخرات (Negrel *et al.*, 1993; Egozcue *et al.*, 2003) وكما موضح في (الشكل 7 ، 8). ويظهر فيهما أن مياه نهر دجلة تقع في النطاق الواقع بين صخور الكربونات والصخور السليكاتية، وهذا نتيجة لتداخل تأثير كل من الصخور الكربونائية المنكشفة بشكل واسع ضمن حوض النهر والصخور السليكاتية في منطقة المنبع واعالي الحوض، هذا فضلا عن تأثير صخور المتبخرات لتكوين فتحة بشكل يتماشى مع جريان النهر باتجاه الجنوب.

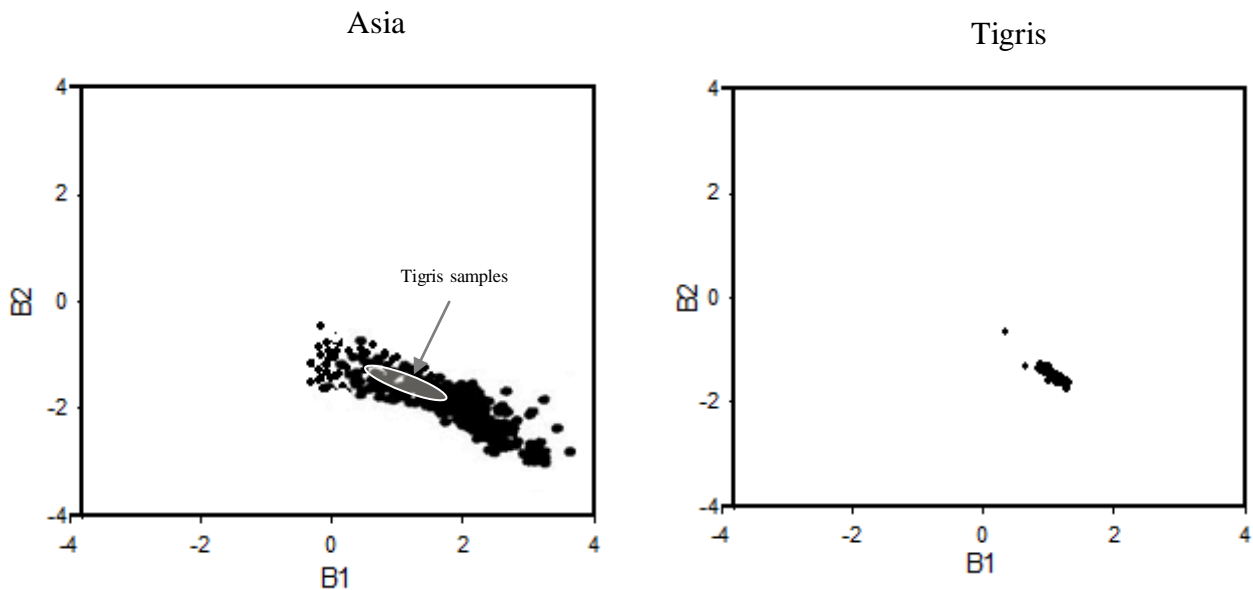
ويكون ذلك واضحا في نموذج مدينة بغداد الذي يظهر في (الشكل 7 و 8) قد تحرك كثيرا باتجاه نهاية المتبخرات. وهذا الأمر متوقع نتيجة لزيادة تأثير صخور المتبخرات وزيادة ملوحة الأراضي كلما اتجهنا باتجاه الجنوب خلال مسير النهر. هذا ويذكر أن اغلب انهار قارة آسيا تقع ضمن منطقة الكاربونات والسليكات (Buccianti *et al.*, 2008)، وان نهر دجلة يقع تقريبا في مركز نطاق انهار قارة آسيا (الشكل 9).



الشكل 7: مخططات بيانية للنسب (Ca^{+2}/Na^+) , (HCO_3^-/Na^+) توضح التركيب الكيميائي لمواد الخزانات الرئيسية المغذية لمياه الانهار. **A**: مخطط مياه انهار من مختلف قارات العالم (Negrel *et al.*, 1993) موضع عليه موقع نماذج الدراسة الحالية. **B**: مخطط نماذج مياه نهر دجلة.



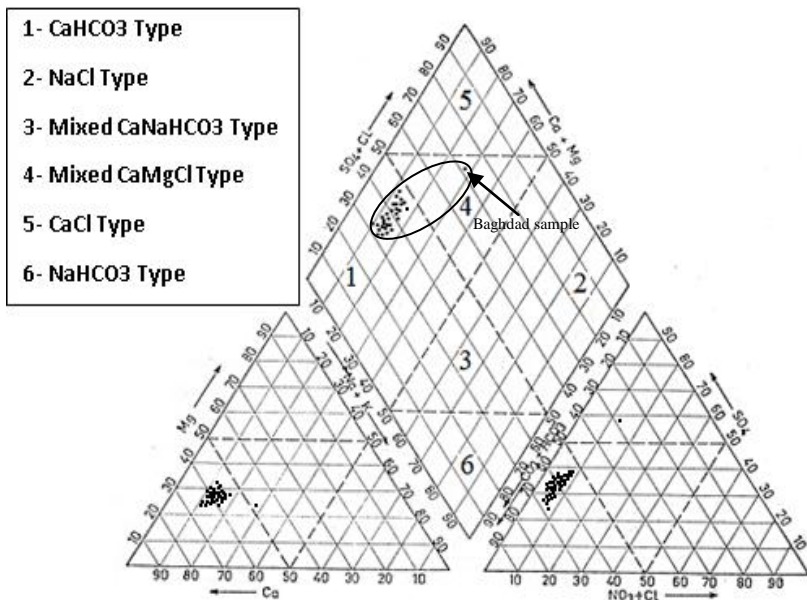
الشكل 8: الموازنة بين B_1 , B_2 وتوضح التركيب الكيميائي لمواد الخزانات الرئيسية المغذية لمياه الأنهار. **A**: مخطط مياه انهار من مختلف قارات العالم (Buccianti *et al.*, 2008) موضع عليه موقع نماذج الدراسة الحالية. **B**: مخطط يبين موقع نماذج مياه نهر دجلة.



الشكل 9: مخطط B2,B1 لنماذج نهر دجلة من الدراسة الحالية، ومقارنتها مع انهار قارة آسيا (Buccianti et al., 2008)،

تصنيف مياه نهر دجلة:

تم استخدام طريقة بايبر لتصنيف مياه نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة، حيث تعد هذه الطريقة من أكثر الطرائق استخداماً في التصنيف الهيدروكيميائي للمياه (Walton, 1970). وتبين من استخدام هذا



الشكل 10: مخطط بايبر موضح عليه مواقع

الدراسة الحالية

التصنيف إن مياه نهر دجلة تقع ضمن المنطقة رقم 1 (الشكل 10) والتي تكون فيها نوعية المياه من نوع (CaHCO₃ Type). ومع اقتراب النهر من العاصمة بغداد، يلاحظ وجود حركة تدريجية في مواقع النماذج باتجاه رأس الشكل المعيني لكي يقع نموذج منطقة بغداد ضمن الحقل رقم 4. وهذا ينطبق مع ما تمت الإشارة إليه حول وجود زيادة تدريجية في بعض الأيونات الرئيسية باتجاه أسفل النهر.

الاستنتاجات

- 1- تزداد قيم كل من التوصيل الكهربائي وكمية الأملاح الكلية الذائبة خلال جريان النهر باتجاه الجنوب. كما وان قيمهما تزداد خلال فصل الشتاء نسبة إلى فصل الصيف. وان قياسات الدالة الحامضية تشير إلى أن مياه النهر تميل نحو القاعدية قليلا. نتيجة لانتشار مكاشف صخور الكاربونات ضمن حوض النهر. وتبين أن بحيرة سد الموصل تقلل من قيم العكورة بشكل كبير نتيجة للركود النسبي لمياه النهر عند دخول البحيرة.
- 2- تعد مياه نهر دجلة عسرة إلى عسرة جدا نتيجة لانتشار صخور المتبخرات والكريونات، التي تزود النهر بالأيونات (SO_4^{-2} , Mg^{+2} , Ca^{+2}) وتعد هذه الأيونات السبب الرئيس للعسرة في مياه النهر.
- 3- تتغير تراكيز العناصر الكيميائية الرئيسة بشكل عام في مياه نهر دجلة. ويلاحظ وجود ارتفاع في تراكيز العناصر بشكل عام خلال سريان النهر باتجاه الجنوب. كما يلاحظ وجود تغير في تراكيز العناصر بشكل موسمي حيث تكون تراكيز العناصر الكيميائية خلال فصل الشتاء أعلى من تراكيزها خلال فصل الصيف
- 4- تبين من تمثيل تحاليل الأيونات الرئيسة لمياه نهر دجلة في مخطط كيبس، إن تحاليل مياه النهر تقع ضمن حقل سيطرة المكونات الصخرية على كيميائية النهر.
- 5- تبين من استخدام تصنيف بايبر، إن مياه نهر دجلة تكون من نوع بيكربونات الكالسيوم ($CaHCO_3$ Type). ويلاحظ ان هناك حركة لنوعية مياه النهر باتجاه زيادة الملوحة كلما اتجهنا نحو الجنوب.

المصادر العربية

- البياتي، هشام جاسم، 1980. هيدروكيميائية وجيوكيميائية نهر دجلة والتلوث المحتمل من القيارة إلى بغداد، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 211 صفحة.
- الخفاجي، جبار اللايح علي 1985. دراسة الحمولة الذائبة في نهر دجلة داخل مدينة بغداد، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد.
- السنجري، مازن نزار، 2001. دراسة بيئية لمياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.
- الصائغ، عبد الهادي يحيى وطاقه، أروى شاذل، 2002. التلوث الكيميائي، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة، فرع الموصل، 248 صفحة.
- المرهج، زهير جاسم، 1979. هيدروكيميائية وجيوكيميائية والتلوث المحتمل لنهر دجلة، منطقة منجم كبريت المشراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 179 صفحة.

- النعيمي، حازم جمعة محمود، 2010. هيدروكيميائية ونوعية المياه لمجموعة من الآبار المنتشرة في منطقة واحة شمال العراق. المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد 10، العدد2، ص 45-62.
- اليوزبكي، قتيبة توفيق والبناء، نبيل يوسف، 2008. التقييم النوعي للمياه الجوفية في آبار مختارة من منطقتي الطوافة والجوسق في الجانب الأيمن لمدينة الموصل. وقائع المؤتمر العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، تشرين الأول، 2008. صفحة 91-103.
- عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان، 1990. الهندسة العملية للبيئة. فحوصات الماء، دار الحرية للطباعة والنشر، 296 صفحة.
- مصطفى، معاذ حامد، 2007. التباين النوعي لمصادر المياه في موقع قرية حسن شامي. وقائع المؤتمر العلمي الأول لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث-جامعة الموصل، 5-6 حزيران، 2007. صفحة 24-34.

المصادر الأجنبية

- Al-Kattan, D. M. D., 1989. Trace element in Tigris River and their Impact on Drinking Water. M. Sc. Thesis, College of Engineering, University of Mosul, 106 p.
- APHA., 1998. Standard Method for the Examination of Water and Waste Water. 18th ed. APHA, AWWA WDGE, United States of America.
- Banat, K. M., 1977. Geochemical Study of Heavy Metals and Major Ions from the Tigris River between Baghdad and Mosul. Jour. Geol. Soc. Iraq, Special Issue, pp. 47 - 56.
- Bouwer, H., 1978. Ground Water Hydrology. MC Graw-Hill New York, 480 p.
- Buccianti, A., Egozcue, J.J. and Pawlowsky-Glahn, V., 2008. Another Look at the Chemical Relationships in the Dissolved Phase of Complex River Systems. Math Geosci., Vol. 40 pp. 475 - 488.
- Egozcue, J., Pawlowsky-Glahn, V., Mateu-Figueras, G., Barceló-Vidal, C., 2003. Isometric logratio Transformations for Compositional Data Analysis. Math Geol., Vol. 35, No. 3 pp. 279 - 300.
- Gaillardet, J., Viers, J. and Dupre, B., 2004. Trace Element in River Water. In: Holland, H. D. and Turekian, K. K. (eds.). Treatise on Geochemistry, Surface and Ground Water, Weathering, and Soils, Elsevier Pergamon, Amsterdam, Vol. 5, pp. 225 - 272.
- Giridharan, L., Venugopal, T. and Jayaprakash, M., 2010. Identification and Evaluation of Hydrogeochemical Processes on River Cooum, South India. Environ Monit Assess., Vol. 162, pp. 277 - 289.
- Heath, R. C., 1987. Basic Ground-Water Hydrology, Fourth printing, USGS., 84 p.
- Hem, J. D., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. US Geol. Survey Water Supply Paper 2254, US Govt. Printing Office. In: Gallender, E., 2004. Heavy Metals in the

- Environment- Historical Trends. In: Holland, H.D. and Turekian, K.K. (eds.). *Treatise on Geochemistry, Environmental Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Amsterdam, Vol. 9, pp. 67 - 105.
- Howari, F. M., and Banat, K. M. 2002. Hydrochemical Characteristics of Jordan and Yarmouk River Waters: Effect of Natural and Human Activities. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. 50, No.1, pp. 38 - 50.
- Manahan, S. E., 2005. *Environmental Chemistry*, CRC Press, 8th ed., Washington, USA. 783 p.
- Mason, B., 1966. *Principals of Geochemistry*. 3rd Edition. Willey International Publication. 324 p.
- Merkel, B. J. and Friedrich, B.P., 2002. *Groundwater Geochemistry*, Springer Berlin, 200 P.
- Negrel, P., Allègre, C.J., Dupré, B. and Lewin, E., 1993. Erosion sources Determined by Inversion of Major and Trace Element Ratios in River Water: the Congo Basin Case. *Earth Planet Sci Lett*, Vol. 120 pp. 59 - 76.
- Nicoll, K., 2009. Landscape Development Within a Young Collision Zone: Implications for Post-Tethyan Evolution of the Upper Tigris River System in Southeastern Turkey. *International Geology Review*, Vol. 00, No. 0, pp. 1 - 19.
- Rabee, A. M., Abdul-Kareem, B. M. and Al-Dhamin, A. S., 2011. Seasonal Variations of Some Ecological Parameters in Tigris River Water at Baghdad Region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, Vol. 3, pp. 262 - 267.
- Sundaray, S. K. Nayak, B. B. Bhatta, D., 2009. Environmental Studies on River Water Quality with Reference to Suitability for Agricultural Purposes: Mahanadi River Estuarine System, India – a Case Study, *J. Environ Monit Assess* 155, pp. 227 - 243.
- Todd, D. K., 1980. *Ground Water Hydrology*. John Wiley and Sons, Inc. Toppan Printing Company (Ltd). New York and London, 535 p.
- Todd, D. K. and Mays, L., 2005 *Ground Water Hydrology*, (3rd ed.) John Wiley and Sons, Inc, 636 p.
- Venugopal, T. Giridharan, L. Jayaprakash, M. and Velmurugan, P. M., 2009. A Comprehensive Geochemical Evaluation of the Water Quality of River Adyar, India. *Bull Environ Contam Toxicol*, Vol. 82, pp. 211 - 217.
- Walton, W. G., 1970. *Ground Water, Resource Evaluation*, Mc Graw Hill Int. Book Comp. New York, 664 p.
- Westaway, R., Guillou, H., Seyrek, A., Demir, T., Bridgland, D., Scaillet, S. and Beck, A., 2009. Late Cenozoic Surface Uplift, Basaltic Volcanism, and Incision by the River Tigris Around Diyarbakır, SE Turkey., *Int. J. Earth Sci (Geol Rundsch)*, Vol. 98, pp. 601 - 625.
- WHO., 2003. *Guidelines for Drinking Water Quality*. World Health Organization. (3rd ed.) Vol. 1. 623 p.