



بَحُوثُ جُغْرَافِيَّة



٢٦

الخصائص الهيدروكيميائية والجغرافية لبحر الكانستينا

في نبع عين الفيجة - سوريا

للكاتب محمد فائز بن شكري حجاج

١٩٩٧م

١٤١٧هـ

سلسلة بحوث جغرافية نشرها مركز الدراسات والبحوث
بجامعة الملك عبدالعزيز - جدة - الرياض - المملكة العربية السعودية



بحوث جغرافية

٢٦

الخصائص الهيدروكيميائية ودرجة التحلل الكارستي في نبع عين الفيحة : سوريا

الدكتور محمد فائد بن شوكت حاج حسن

١٩٩٧م

١٤١٧هـ

سلسلة محكمة غير دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية

ISSN 1018 - 1423

Key title = Buhut gugrafiyyat

● مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

رئيس مجلس الإدارة	د . محمد شوقي بن إبراهيم مكّي
نائب رئيس مجلس الإدارة	د . عبدالله بن سليمان الحديثي
أمين السر	د . بدر بن عادل الفقير
أمين المال	د . عبدالله بن حمد الصليح
المشرف على وحدة البحوث	د . عبدالله بن سالم الزهراني
عضو	د . عبدالله بن ناصر الوليعي
عضو	د . رمزي بن أحمد الزهراني
عضو	د . حسن بن عايل أحمد يحيى
عضو	د . ماجد بن سلطان أبو عشوان

ح) جامعة الملك سعود، ١٤١٦هـ

رقم الإيداع: ١٧/٠٠٢٠

ردمدم: ١٤٢٣ - ١٣١٩

مطابع جامعة الملك سعود ١٤١٧هـ



قواعد النشر

- ١ - يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة «بحوث جغرافية» نشرها، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة .
 - ٢ - يشترط في البحث المقدم للسلسلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل .
 - ٣ - ترسل البحوث باسم رئيس هيئة تحرير السلسلة .
 - ٤ - تقدم جميع الأصول مكتوبة على الآلة الكاتبة على ورق بحجم A4 ، مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراغ ونصف بين كل سطر وآخر. ويمكن أن يكون الحد الأعلى للبحث (٧٥ صفحة)، والحد الأدنى (١٥) صفحة .
 - ٥ - يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة باللغتين العربية والإنجليزية .
 - ٦ - يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالحبر الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٨×١٣ سم وترفق أصول الأشكال بالبحث ولا تلتصق على أماكنها .
 - ٧ - ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين إثنين - في الأقل - في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في السلسلة .
 - ٨ - تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ استلام بحوثهم . وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها .
 - ٩ - يمنح كل باحث أو الباحث الرئيس لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمسا وعشرين نسخة من البحث المنشور .
 - ١٠ - تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر وفقاً للآتي :
- يستخدم نظام (اسم/ تاريخ) ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً برقم الصفحة . وإذا تكرر المؤلف نفسه في مرجعين مختلفين يذكر اسم المؤلف ثم يتبع بسنة المرجع ثم رقم الصفحة . أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :

الكتب : يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة - إن وجد -، ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر.

الدوريات : يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال (ص ص ٥ - ١٥).

الكتب المحررة : يذكر اسم عائلة المؤلف، متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (في in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر ed. أو محررين eds.)، ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.

الرسائل غير المنشورة : يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

أما الهوامش فلا تستخدم إلا عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

* تعريف بالباحث :

* تعريف بالباحث: أستاذ مساعد بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية - فرع القصيم.

الملخص :

رغم صعوبة الإحاطة الكاملة بجوانب النشاط الكارستي وبأبعاده الجيومورفولوجية ، ووضعها ضمن إطارها الإقليمي في بضع وريقات ، فقد حاولنا في دراستنا هذه ، إظهار مدى تواضع سرعة التحلل الكارستي في نبع عين الفيحة الكارستي (الذي يروي مدينة دمشق ويغذي نهر بردى في القطر العربي السوري) وعجزه ضمن الظروف الحيوية والمناخية الحالية عن تفسير نشأة الظواهر الكارستية الباطنية منها والسطحية ، وعلى رأسها الحدوش الكارستية Lapiés والجويات أو الدولينات Dolines والمنزلات أو الأوفالات Oualas المتطورة والمنشورة في بعض أنحاء الحوض السفحي Bassin Versant الذي تصرف مياهه الجوفية عبر نبع عين الفيحة ، ويعزى العجز المذكور دون أدنى شك إلى افتقار الحوض إلى غطاء نباتي كثيف، قادر على إعطاء الأحماض العضوية المهمة للنشاط الكارستي من جهة ، وإلى تضافر التأثير المشترك للانخفاض النسبي لكميات التساقط التي لا يزيد معدلها السنوي هنا على ٤٩٧ مم ، ولارتفاع النسبي لمتوسط درجة الحرارة السنوي الذي يصل إلى ١٣ر٢ ° مئوية ، وما يترتب على ذلك من ارتفاع كبير لمعدلات البخر - نتح السنوي التي تصل إلى ٤٢٨ر٣ مم ، وبالتالي إلى التناقص الكبير لما سنسميه بمعدل " التساقط الصافي " الذي لا يزيد على ٦٨ر٥ مم/السنة ، وكنتيجة حتمية لما تقدم يمكن القول إن نشوء الظواهر الكارستية المعنية وتطورها يرقى إلى الفترات ما بين الجليدية الرباعية دون أدنى شك ، وربما تعود البدايات الأولى لنشوء أشكالها الأولية إلى أواخر الحقبة الجيولوجي الثالث ، لا سيما وأن سرعة التحلل الكارستي الحالية التي لا يزيد معدلها على ٣ر٩٦ مم/١٠٠٠ سنة لا تسمح بتفسير

نشوء سوى الظواهر الكارستية الأكثر حداثة والأقل أهمية ، ونعني بها هنا "الخدوش الكارستية الجنينية" ، ذوات الأبعاد الصغيرة جداً ، والتي لا تزال في البدايات الأولى لنشوتها .

وتستنفذ مياه نبع الفيحة في جريانها الباطني وقبل خروجها إلى السطح ، كامل قدرتها على حل الصخور الكربوناتيّة وإذابتها ، ليس هذا فحسب ، بل أثبتت الدراسة الرياضيّة الكيميائيّة أنّ مياه النبع المذكور هي مياه كارستية مشبعة نسبياً في غالبية أيام السنة ، فهي مجبرة والحالة هذه على التخلي عن جزء من حمولتها الكربونية وترسيبها على شكل كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيزيوم ، محررة أو مطلقة كمية محددة من غاز ثاني أكسيد الكربون كافية للعودة بمياه نبع عين الفيحة إلى التوازن التام .

مقدمة :

جرت العادة لدى معظم الجيومورفولوجيين حتى وقت قريب على معالجة موضوع الكارست ودراسته بصورة وصفية - أقرب إلى السطحية - لم تعد تلقى قبول المختصين بالكارست ، لا سيما بعد أن وضع التطور العلمي في متناولهم وسائل دراسة وأساليب بحث مخبري وكيميائي رياضي تمكنهم من تدعيم نتائج الأبحاث والدراسات الميدانية ، وتساعدهم على التقدير الكمي للنشاط الكارستي الذي يعد انعكاساً صادقاً لمدى تأثير تفاعل الشروط والظروف المناخية والحيوية على الصخور الكربونية، التي تحتضن الغالبية الساحقة من التضاريس الكارستية في مختلف أنحاء العالم ، وتسهم في تقدير العمر التقريبي للظواهر المدروسة - وانطلاقاً مما سبق ، ونظراً لامتياز جيومورفولوجية الحوض السفحي لنبع عين الفيحة بالتنوع الكبير حيث تصادف فيه بعض الملامح والشواهد الباهتة لبقايا تضاريس جليدية جنينية من جهة ، وتضاريس صقيعية "ثلجية" من جهة ثانية ، وتضاريس كارستية من جهة ثالثة، فقد حاولنا تحديد الدور الذي يلعبه النشاط الكارستي السائد هنا في ظل الظروف والشروط المناخية والحيوية الحالية في تكوين الظواهر الكارستية المعنية ، وذلك من خلال بحثنا الحالي الذي يهدف حينئذ إلى تحقيق غاية مزدوجة تكمن أولاً في حساب سرعة التحلل الكارستي ، وثانياً في تحديد الخصائص النوعية لمياه النبع المذكور، كمدخل لا بد منه لمحاولة تقدير مدى فعاليتها وقدرتها على تحليل الصخور الكربونية وإذابتها حتى بعد خروجها إلى السطح.

الدراسات السابقة :

على الرغم من خضوع مياه نبع عين الفيحة للتحليل المخبري الدوري الدقيق في مخبر مراقبة المياه التابع للمؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في محافظة مدينة دمشق في القطر العربي السوري ، وذلك بهدف تحديد خصائصها الهيدروكيميائية ، فإن نتائج التحليل المذكور لم تشكل إطلاقاً موضوعاً لدراسة أو لبحث علمي ، يهدف إلى التقدير الكمي لمدى إمكانية مياه نبع عين الفيحة على تحليل الصخور ، كما أنها لم تشكل موضوعاً لبحث يهدف إلى تحديد سرعة التحلل الكارستي في الحوض السفحي المعني ، حيث اقتصرت الدراسات المتعلقة بنبع عين الفيحة على محاولة إبراز أهميته الجغرافية والاقتصادية ، باعتباره أحد الينابيع الرئيسية المغذية لنهر بردى من جهة ، وعلى إيضاح الدور الجوهري الذي تلعبه مياهه كمرفق رئيسي من مرافق مياه الشرب في مدينة دمشق من جهة ثانية ، وهو الجانب الذي ركزت عليه النشرات والدراسات الدورية كافة التي أصدرتها ولا تزال تصدرها المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في محافظة مدينة دمشق ، من هنا فقد خصصنا دراستنا الحالية لإلقاء الضوء على الجوانب التي ظلت مهملة في هذا المرفق الحيوي ، على الرغم من أهميتها الكارستية المطلقة ، وهكذا ركزنا على تحديد الدور الذي تلعبه مياه النبع المذكور في جيومورفولوجية الكارست في الحوض السفحي المعني ، وذلك من خلال التصدي لتحديد درجة عدوانية المياه الكارستية ، معتمدين في محاولتنا الرياضية الكيميائية على الخصائص الهيدروكيميائية لمياه النبع المدروس لحظة خروجها إلى السطح ثانية بعد مرورها عبر شبكة من المجاري والأقنية الكارستية الباطنية المعقدة ، ومن ثم قمنا بحساب سرعة التحلل الكارستي

هنا ، موضحين بذلك جانبيين مهمين لم يكونا معروفين اطلاقاً في منطقة الدراسة ، ولا يعني هذا أننا ندعي التوصل إلى صياغة معادلات رياضية لم يسبقنا إليها أحد ، ذلك لأن الدراسات والأبحاث العلمية الأولى الهادفة إلى صياغة علاقات رياضية تهدف إلى تحديد سرعة التحلل في المناطق الكارستية تعود إلى أواخر القرن الماضي ، لكنها لم تكمل بالنجاح إلا بصورة متأخرة ، حيث اقترح (كوريل J. Corbel عام ١٩٥٧م) معادلته المعروفة التي كانت ولا تزال الأكثر قبولا وانتشاراً لدى جمهور الاختصاصيين بالكارست نظراً لسهولة تطبيقها ودقة نتائجها ، وشكلت المعادلة أو العلاقة المذكورة الأساس الذي بنيت عليه المحاولات اللاحقة التي انتهت إلى صياغة علاقات رياضية جديدة تحقق الغاية ذاتها ، كان أبرزها علاقة ويليامز (Williams) التي صاغها عام ١٩٦٣م أخذاً بعين الاعتبار كثافة الصخور في المنطقة المدروسة كمتغير لم يدخله كوريل في علاقته ، كما اقترح بولينا (Pulina) بدوره علاقة جديدة عام ١٩٦٦م معتبراً مساحة الحوض المدروس كمتغير رئيسي يتدخل في تحديد سرعة التحلل الكارستي ، ووضع جيمس (Gams) معادلته المعروفة عام ١٩٦٦م مدخلاً فيها معامل تصحيح رياضي ، يهدف إلى تجاوز الأخطاء المترتبة على التبدلات الفجائية لمعدلات صبيب أو تصريف الينابيع الكارستية المدروسة ، أما بيكنسال (Beckinsale) فقد اقترح علاقة جديدة عام ١٩٧٢م أخذاً بعين الاعتبار الوزن النوعي للصخور الكارستية وحجمها الإجمالي في الحوض المدروس .

إن سلسلة الدراسات والأبحاث والنتائج التي قمخضت عن تطبيق المعادلات والعلاقات آنفة الذكر ، فتحت آفاقاً جديدة أمام علم الكارست ، لأنها سمحت بإجراء المقارنات الرياضية الدقيقة الهادفة إلى تحديد أهمية النشاط الكارستي

وتبايناته المحسوسة من نطاق مورفومناخي إلى آخر ، ومن منطقة إلى أخرى في مختلف أنحاء الكرة الأرضية ، وذلك تبعاً لدرجة تفاعل مجموعة الشروط والعوامل المسؤولة عن تحديد مدى فاعلية النشاط المذكور ، وتشكل الدراسات المعنية قائمة طويلة جداً ، سنكتفي هنا بعرض أكثرها أهمية ودقة مرتبة ضمن إطارها النطاقي .

فعلى صعيد سرعة التحلل الكارستي في المنطقتين الاستوائية والمدارية الرطبة تطالعنا دراسات بيرت (Biro) ١٩٦٧م وكوربل Corbel ١٩٧٠م عن الكارست في كل من جامايكا وبورتوريكو وكوبا وجنوبي المكسيك ودراسات بلاسز (Balaczs) ١٩٦٨-١٩٧١م) في جزيرتي جاوة وسومطرة ، ودراسات جيننجس (Jennings) ١٩٧٠م ، عن الكارست في غينيا الجديدة ، وأبحاث روسي (Rossi) ١٩٧٥م) ، عن الكارست المداري في مدغشقر . وعلى صعيد سرعة التحلل الكارستي المتوسطي تطالعنا أبحاث نيكود (Nicod) ١٩٦٧م ومكسرت (Muxart) ١٩٦٩م) ، في مناطق جنوبي فرنسا ، ودراسات كوربل (Corbel ١٩٦٧م) ، عن الكارست وسرعة تحلله في جنوب الجزائر وأبحاث (Haking ١٩٧٨م) عن الكارست في لبنان . وعلى صعيد سرعة التحلل الكارستي في نطاق العروض المعتدلة تطالعنا دراسات جيمس (Gams) ١٩٦٥م) ، للكارست في منطقة بوستونيا " في يوغسلافيا سابقاً" ، ودراسات (كوربل Corbel ١٩٦٥م) ، عن سرعة التحلل الكارستي في سلوفينيا وأبحاث نيكود (Nicod) ١٩٦٧م) ، في منطقة الأكواس الفرنسية الكبرى ودراسات حاج حسن (Haj-Hassan ١٩٨٢ - ١٩٨٥م) في منطقة هضاب كيرسي الفرنسية . وعلى صعيد سرعة التحلل الكارستي السائد في ظل الظروف المناخية المحيطية الرطبة تطالعنا دراسات سويتنج (Sweeting

١٩٦٤-١٩٦٦م) عن الكارست في شمال غربي يوركشاير وأبحاث - ويليامز .
(Williams ١٩٦٤م) عن الكارست في منطقة كلار الأيرلندية . وفيما يتعلق بسرعة التحلل الكارستي في ظل الظروف المناخية السائدة في نطاق العروض شبه القطبية الباردة تطالعنا أبحاث كوربل (Corbel ١٩٥٩م) وبولينا (Pulina ١٩٧٤م) عن سرعة التحلل الكارستي في سبيتزبرغ وأبحاث مكسرت (Muxart ١٩٦٩م) حول الكارست في منطقة لابونية النرويجية . كما درس كل من فورد (Ford ١٩٧١م) وشرودر (Schroeder ١٩٧٢م) سرعة التحلل الكارستي في مناطق شمال غربي كندا . وأجرى كوربل (Corbel عام ١٩٦٤م) دراسة مستفيضة عن الكارست وسرعة تحلله في وولف الغروثلندية التي تعد مثلاً نموذجياً للكارست في المناطق القطبية . أما سرعة التحلل الكارستي في المناطق الجبلية الشاهقة فنجد أمثلة لدراساتها في أبحاث كل من (بولينا Pulina ١٩٧٤م) حول الكارست في جبال الألب وفي سلاسل القفقاس ، وأبحاث مير (Maire ١٩٧٦م) في منطقة سافونيا العليا ، وأبحاث كل من كوربل (Corbel ١٩٥٧م) ومكسرت (Muxart ١٩٦٩م) في فيركور الفرنسية .

من العرض السريع للدراسات السابقة يتضح أن تحديد سرعة التحلل الكارستي ، ومدى إمكانية مياه نبع عين الفيحة في تحليل الصخور لم يكونا هدفًا مباشرًا لأي بحث جيومورفولوجي قبل دراستنا الحالية .

منهج البحث :

تحقيقًا لغايات البحث المذكورة آنفاً فقد اعتمدنا منهج بحث يقوم على :

١- تحديد الخصائص والظروف المناخية السائدة في منطقة حوض النبع المدروس ،

وذلك بالاعتماد على معطيات محطات الأرصاد الجوية المتعددة هنا .

٢- التعرف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نبع عين الفيحة ، وذلك اعتماداً على معطيات ونتائج التحليل المخبري لمياه النبع ، ومقارنتها مع نتائج الدراسة المناخية .

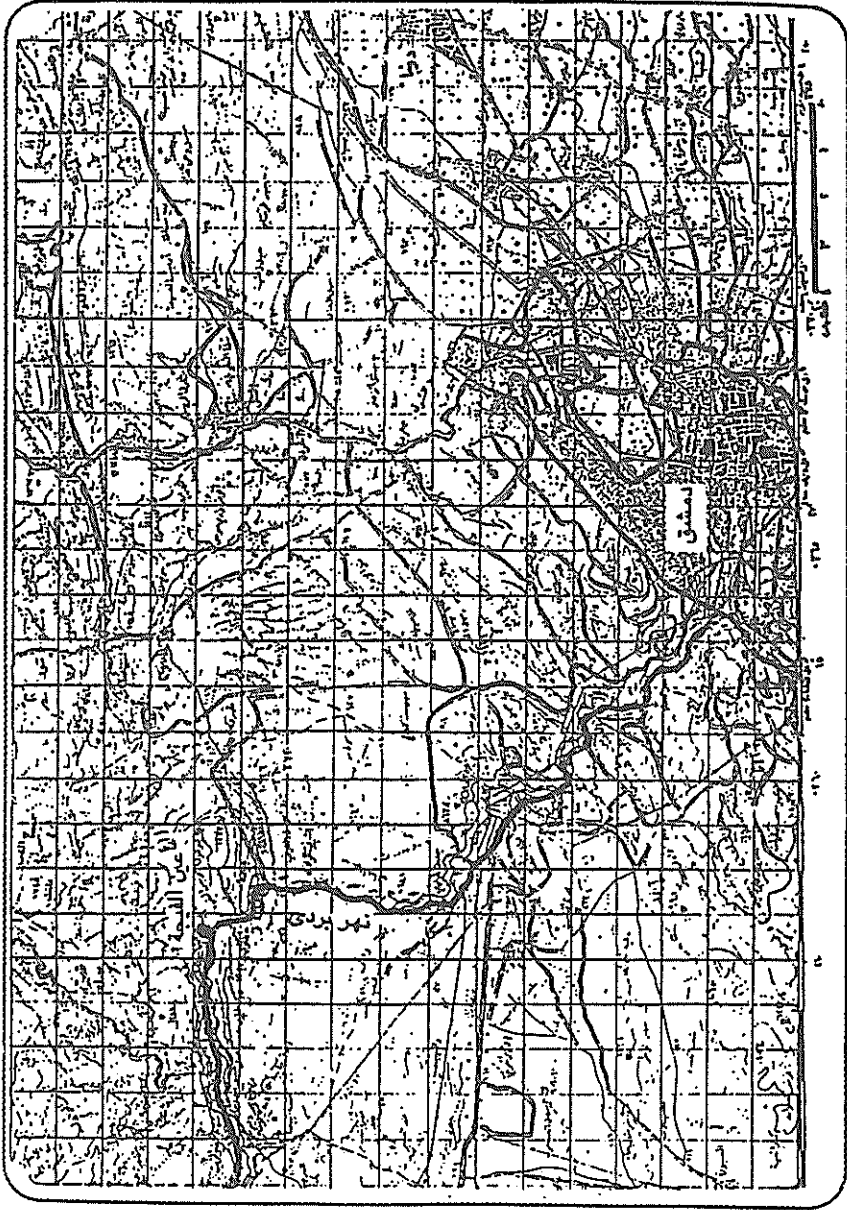
٣- انتهاج الطريقة الرياضية الكيميائية المبنية على نتائج تحليل المعطيات المناخية والمخبرية في محاولة جدية لتقديم جهد أكاديمي بعيد عن مجرد التخمين ، وذلك بالاعتماد على لغة الأرقام الدقيقة في تحديد نوعية المياه المدروسة وفي تقدير الدور الذي لعبته ويمكن أن تلعبه في مجمل النشاط والفعالية الكارستية .

هذا ونأمل أن تتمكن من متابعة محاولتنا هذه بدراسة لاحقة بهدف إغناء النتائج الأولية التي توصلنا إليها ، وذلك بالاعتماد على سلسلة من الدراسات التجريبية اللاحقة في محاولة للتعرف على الفوارق الدقيقة بين ذوبان كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وكربونات المغنيزيوم $MgCO_3$ في الحوض السفحي لنبع عين الفيحة .

١- نبع عين الفيحة :

يقع نبع عين الفيحة في إقليم الجبال العالية الذي يمتد في جنوب غربي القطر العربي السوري (شكل ١) ، تخرج مياهه إلى السطح ضمن وادي بردى في نقطة تبعد سبعة عشر كيلو متراً إلى الشمال الغربي من دمشق العاصمة ، وهو أحد النبعين الرئيسيين اللذين المغذين لنهر بردى الذي يصل طول مجراه الرئيسي إلى نحو

الشكل ١ - مربع نبع عين القبيجة



المصدر : المؤسسة العامة للمساحة (١٩٩٠ م) ، خارطة حرم نبع عين القبيجة (مقياس ١ / ١٠٠٠٠٠) ، الصادر بالقانون رقم ١٠ لعام ١٩٨٩ .

٧١ كم تمثل شريان الحياة الرئيسي في حوض دمشق ، وعين الفيحة نبع كارستي مهم تسلك مياهه في جريانها الباطني شبكة بالغة التعقيد من المجاري والأقنية الكارستية والبنائية (التكتونية) التي يصل معدل تعرج ما تم دراسته منها إلى ١١١.٠ .
وتخرج مياه النبع إلى السطح على ارتفاع ٨٢٥ م فوق مستوى سطح البحر ، عند أقدام جرف يزيد وسطي ارتفاعه على ١٠٠ م مكونة من الصخور الكلسية والدولومية الكريتاسية العائدة للحقبة الجيولوجية الثانية ، ويؤمن النبع المذكور حاجة مدينة دمشق وضواحيها من مياه الشرب ومياه الاستخدامات المنزلية المختلفة ، والتي قدرتها المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في محافظة مدينة دمشق عام ١٩٩٥ م بنحو ٧٤٠ ألف م^٣ في اليوم ، كما يصرف مياه حوض سفحي تزيد مساحته على ٧٠٠ كم^٢ تقع بمجملها ضمن قطاعات جبلية تغلب عليها الصخور الكلسية والكلسية الدولومية المخلعة نتيجة لتعرضها لنشاط بنائي (تكتوني) مهم ، وبالغ التعقيد ، فتضاريسها والحالة هذه مشوشة مع سيادة واضحة للمظاهر الكارستية السطحية كالحدوش الكارستية Lapias والجوبات أو الدولينات Dolines والمنزلات أو الأوفالات Oualas والسهول الكارستية الصغيرة ، كما تتعدد في المنطقة المجاري والأقنية الكارستية الباطنية .

أما متوسط حجم الجريان السنوي لمياه نبع عين الفيحة فيقدر بنحو ٢٣٠ مليون م^٣ ، يخضع جريانه وغزارته لذبذبات ولتبدلات محسوسة جداً ، حيث وصل أدنى معدل تدفق له خلال النصف الثاني من القرن الحالي إلى ١٥ م^٣/ثا أثناء فترات الشح (التحاريق أو الصيهود) مقابل ٢٨ م^٣/ثا لأعلى معدل تدفق سجل خلال

فيضان مهم ، أما المتوسط السنوي لتصريف نبع عين الفيحة فيتراوح بين ٨٣ و٩٠م^٣/ثا .

٢- الظروف المناخية السائدة على حوض نبع عين الفيحة :

تتماز الظروف المناخية السائدة هنا بعدم تجانسها وبتبايناتها النسبية من قطاع إلى آخر، حيث يصادف النموذج أو الطراز المناخي المتوسطي شبه الجاف على الهوامش الشرقية والجنوبية الشرقية للحوض والمشرقة على حوض دمشق من ارتفاعات محسوسة ، وقيل خصائص هذا النموذج نحو القارية وانخفاض معدلات التساقط السنوية والارتفاع النسبي لدرجات الحرارة السنوية ، ويسود النموذج أو الطراز المناخي المتوسطي الجبلي والهضبي الداخلي شبه الرطب على بقية أنحاء الحوض المدروس ، ويمتاز هذا النموذج بتذبذب معدلات التساقط ويتواضعها النسبي، حيث لا تزيد متوسطاتها السنوية على ٥٠٠ مم إلا نادراً ، مع وجود تباينات مهمة بين الأجزاء الشمالية ذات التساقط المتواضع، والأجزاء الجنوبية التي تتلقى معدلات تساقط أكثر أهمية ، وبشكل عام تتذبذب معدلاتها بين ٢٠٠مم و ٨٠٠مم حسب السنين . ويعزى انخفاض معدلات التساقط هنا إلى وقوع الحوض المدروس إلى الشرق من مجموعة من الحواجز الجبلية الشاهقة المتمثلة في سلاسل جبال لبنان الغربية التي تستأثر بغالبية التساقط، ورغم ذلك تسقط هنا كميات مهمة من الثلوج التي تغطي سطح الأرض أكثر من عشرة أيام ، وقد يتكرر سقوطها أكثر من مرة في العام . أما درجات الحرارة ، التي لا تزيد معدلاتها السنوية على ١٣ مئوية، فإنها تنخفض بشدة في غالبية أيام الشتاء، حيث يتكرر حدوث الصقيع في الأيام التي تتدنى فيها درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المتوي ، ولا سيما خلال شهري كانون

الثاني (يناير) وشباط (فبراير) يمكن أن تسجل خلالهما درجات حرارة تقل عن - ١٠ مئوية ، لكنها لا تلبث أن تعود للاعتدال التدريجي المحسوس ، ليصبح الطقس لطيفاً جداً في بقية فصول السنة ، حيث تغدو الأجزاء الجنوبية للحوض مراكز اصطيف مهمة .

وتبعاً لمعطيات محطات الأرصاد الجوية المتعددة في حوض نبع عين الفيحة السفحي للفترة المحصورة بين عامي ١٩٥٦م و ١٩٩١م فإن متوسط درجة الحرارة السنوي يصل إلى ١٣٫٢ مئوية ، ويصل المتوسط السنوي للتساقط إلى ٤٩٦٫٨ مم . واعتماداً على المعطيات المذكورة يمكن حساب معدل البخر - نتح السنوي الفعلي وذلك باستخدام معادلة L.Turc التالية :

$$\text{أو } \chi = \frac{\text{ط}}{\sqrt{\frac{\text{ط}}{\text{ل}} + ٠٫٩}}$$

حيث :

خ = معدل البخر- نتح الفعلي مقدراً بالمم/السنة

ط = معدل التساقط السنوي مقدراً بالمم

ل = معامل رياضي يساوي ٣٠٠ + ٢٥ ت + ٠٫٥ ت^٣

حيث : ت = متوسط درجة الحرارة السنوي مقدراً بالدرجة المئوية

ويتطبيق المعادلة المذكورة على معطيات محطات الأرصاد الجوية في منطقة

الدراسة نجد :

$$ل = (١٣٢ \times ٠.٥) + (١٣٢ \times ٢٥) + ٣٠٠ =$$

$$(٢٣٠٠ \times ٠.٥) + ٣٣٠ + ٣٠٠ =$$

$$١١٥ + ٣٣٠ + ٣٠٠ =$$

$$٧٤٥ =$$

$$٥٥٥.٢٥ = ٢ ل$$

$$٢٤٦٨١.٠٢ = ٢ ط$$

$$\frac{\frac{ط}{٢} + ٠.٩ \sqrt{\frac{ط}{٢}}} = خ$$

$$\frac{\frac{٤٩٦.٨}{٢٤٦٨١.٠٢} + ٠.٩ \sqrt{\frac{٤٩٦.٨}{٥٥٥.٢٥}} =$$

$$\frac{\frac{٤٩٦.٨}{٠.٤٤} + ٠.٩ \sqrt{\frac{٤٩٦.٨}{١.٣٤}}} =$$

$$\frac{\frac{٤٩٦.٨}{١.٣٤} \sqrt{\frac{٤٩٦.٨}{١.٣٤}}}{\frac{٤٩٦.٨}{١.٣٤}} =$$

$$\frac{٤٩٦.٨}{١.١٦} =$$

$$٤٢٨.٣ = مم$$

أما ما نسميه ، " معدل التساقط الصافي " والذي يلعب دوراً بالغ الأهمية في تحديد سرعة التحلل الكارستي فيمكن حسابه باستخدام العلاقة التالية :

$$\text{أو } \text{ت ص} = \text{ط} - \text{خ}$$

حيث :

$$\text{ت ص} = \text{متوسط الهطول السنوي الصافي مقدراً بالملم} .$$

$$\text{ط} = \text{متوسط الهطول السنوي مقدراً بالملم}$$

$$\text{خ} = \text{معدل البخر} - \text{نتح السنوي مقدراً بالملم}$$

وعلى هذا يكون معدل التساقط الصافي في الحوض السفحي لنبع عين الفيحة:

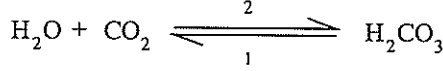
$$٤٩٦٨ - ٤٢٨٣ = ٦٨٥ \text{ مم}$$

٣- سرعة التحلل الكارستي في نبع عين الفيحة :

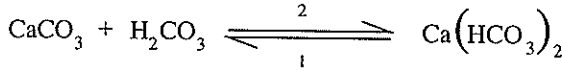
تعد سرعة التحلل الكارستي نتيجة مباشرة لذوبان صخور القاعدة المعنية ، نتيجة لتضافر التأثير المتبادل لمجموعة من العوامل التي تتشابك وتتفاعل فيما بينها لتحديد فاعلية النشاط الكارستي وأهميته وتمثل العوامل المذكورة بزميرتين أو مجموعتين متميزتين هما :-

(أ) العوامل الداخلية (بالنسبة للصخر المعني) : تتسارع وتيرة التحلل والذوبان مع ارتفاع معدلات مسامية الصخور ودرجة تشققها وغناها بالكسور المجهرية الدقيقة، كما تتسارع مع ارتفاع درجة نقاء الصخور وصغر حجم البلورات الداخلة في بنيتها وتركيبها .

(ب) العوامل الخارجية متمثلة في العوامل المناخية المحيطة ، إذ يتسارع التحلل والذوبان بارتفاع معدلات التساقط لا سيما الثلجي منه ، وانخفاض درجات الحرارة، حيث إن تدني متوسطاتها يؤدي إلى تناقص معدلات البخر - نتح السنوي من جهة ، ويرفع معدلات انحلال غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ ضمن مياه التساقط لتكوين حمض الكربون من جهة ثانية :



والحمض المذكور هو المسؤول عن ذوبان كربونات الكالسيوم عسيرة الذوبان والذي تتألف منه الصخور الكلسية ، وتحوله إلى بيكربونات الكالسيوم أو ثاني كربونات الكالسيوم سهلة الذوبان بالماء .



تتزايد وتيرة التحلل الكارستي مع تزايد معدلات الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون بغض النظر عن مصدره ، كما تتزايد هذه الوتيرة بتزايد أهمية الغطاء النباتي الذي يوفر الحموض العضوية القادرة على رفع قدرة المياه على حل الصخور المعنية وإذابتها ، كما تتدخل طبيعة الترب التي تجتازها المياه السطحية المتوغلة إلى الأعماق في تحديد أهمية النشاط الكارستي الذي تزداد وتيرته مع تزايد أهمية الترب ذات الطبيعة الحمضية ، أما العوامل الطبوغرافية وانخفاض معدلات انحدارات السطح الخارجي ، فهي المسؤولة، بالتضافر مع درجة مسامية الصخور وتشققها طبعاً ، عن إتاحة الفرصة للمياه السطحية بالتوغل إلى الأعماق، وترتفع بالتالي سرعة التحلل والذوبان نتيجة لتزايد طول فترة التماس بين الماء

والصخر من جهة ، ولارتفاع محتوى الماء من حمض الكربون نتيجة تزايد معدلات انحلال غاز ثاني اكسيد الكربون الذي تزداد نسبته في هواء التربة من جهة ثانية ، في حين أن ارتفاع معدلات الانحدار يجبر المياه على تكوين جريانات سطحية سريعة لا يتاح لها فرصة التوغل إلى الأعماق فتتناقص فترة التماس بين الماء والصخر وتتناقص تبعاً لذلك سرعة تحلل الصخور الكارستية وذوبانها .

أما سرعة التحلل الكارستي ذاتها ، فيمكن جوهرها بالتقدير الكمي الدقيق لحجم الصخور الذائبة من وحدة مساحية محددة خلال فترة زمنية معينة ، ولحساب هذه السرعة في نبع عين الفيحة فإننا سوف نعتمد على علاقة J. Corbel التالية :

$$\text{حيث : } V = \frac{4Et}{100}$$

$$V = \text{سرعة التحلل الكارستي مقدرة بالمم} / 1000 \text{ سنة}^{(1)}$$

$$E = \text{معدل التساقط السنوي الصافي مقدراً بالديسيمتر (دسم)}$$

$$t = \text{المتوسط السنوي للمحتوى الكربوناتي لمياه النبع المدروس مقدراً بالمليغ/ل}$$

ولايجاد قيمة t أنفة الذكر هنا ، لدينا معطيات الجدول (رقم ١) الذي يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نبع عين الفيحة خلال عام ١٩٩١ م ، وذلك بنتيجة التحليل المخبري الذي أجري في مخبر مراقبة المياه التابع للمؤسسة العامة

(١) تحسب قيمة V مقدرة بالمتر المكعب من الصخور الذائبة في كل كيلو متر مربع واحد من الحوض المدروس خلال سنة واحدة ، وبعبارة أخرى ، تحسب قيمة V مقدرة بال $3/2$ كم^٣/السنة ، كما يمكن تقديرها بالمم/١٠٠٠ سنة ، حيث إن حجم ذوبان قدرة $3/2$ كم^٣/السنة تعادل طبقة سماكتها ، 10^{-6} م أو 10^{-3} سم ، وفي ١٠٠٠ عام ، فإن الكمية تكون أكبر بمعدل 10^{-3} وهذا يعادل ١ مم/١٠٠٠ سنة .

لمياه الشرب والصرف الصحي في محافظة دمشق .

وتبعاً لمعطيات الجدول (رقم ١) ، يصل المتوسط السنوي لمحتوى مياه نبع عين الفيحة من شوارد الكالسيوم Ca^{++} إلى ٣٨٧ ملغ/ل تعادل ٩٦٨ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$. أما المتوسط السنوي للمحتوى من شوارد المغنيزيوم Mg^{++} ، فإنه يبلغ ١٣٦ ملغ/ل تعادل ٤٧٦ ملغ/ل من كربونات المغنيزيوم $Mg CO_3$ ، وعلى هذا يصل المتوسط السنوي لمحتوى مياه نبع عين الفيحة من العناصر الكربوناتيية إلى ١٤٤٤ ملغ/ل .

ولحساب سرعة التحلل الكارستي في النبع المذكور لدينا :

$$t = 1444 \text{ (ملغ/ل)}$$

$$E = 685 \div 100 = 6.85 \text{ دسم}$$

وباستبدال كل رمز بقيمته في معادلة J. Corbel التالية :

$$\frac{4ET}{100} = V$$

$$V = \frac{1444 \times 6.85}{100} = 99.6 \text{ م/م} \cdot 1000 \text{ سنة}$$

لا تزيد سماكة شريحة الصخر الكلسي التي يزيلها النشاط الكارستي بالتحلل والذوبان هنا إذن عن ٣٩٦ مم كل ١٠٠ سنة ، وهي قيمة متواضعة جداً مقارنة مع نظيراتها التي تصادف عادة في المناطق الكارستية المعروفة في العالم كما هو الحال في منطقة فيركور شمالي فرنسا مثلاً ذات التساقطات الثلجية المهمة والتي تصل سرعة التحلل الكارستي فيها إلى ٢٤٠ مم / ١٠٠ سنة (Gorbet, J., ١٩٥٧)

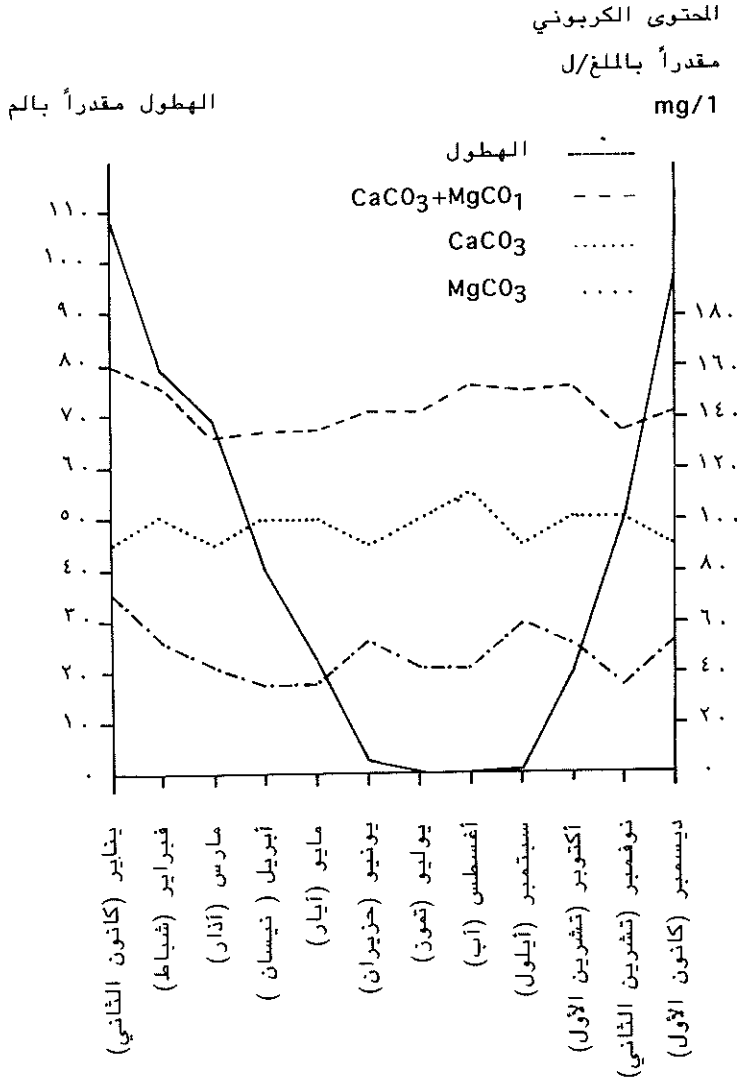
جدول رقم (١)

محتوى مياه نبع عين الفيجة من الشوارد المختلفة مقدار بالملغ/ل										القاسوة	PH	درجة الحرارة	النقلية	التعكر	التاريخ	
ثاني أكسيد الكربون	النترات	الكلور	الكبريتات	الكبريتات	الكبريتات	البوتاسيوم	الصوديوم	المنغنيزوم	الكالسيوم	T.H	نهار أو	بالمدة الشهرية	ميكروموز	N.T.U		
CO2	NO3	CL	SO4	HCO3	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺								
٢	٢	٤	٥	١١٥	٢	٢	٢	٢٦	١٧	٧,٩	١٧,٥	٣٧٤	١	١٩٩١/٨/١٢		
٢,٢	٢	٤	٥	١٨٢	٢	٢	١٥	٤٠	١٦	٧,٨٨	١٤	٣٦٥	١	١٩٩١/٦/٦		
٢,٧	٢	٤	٥	١٥٩	٢	٢	١٢	٣٦	١٤	٧,٥	١٨	٢٤٥	١٥	١٩٩١/٢/٢٠		
٢,١	٢	٤	٥	١٥٩	٢	٢	١٠	٤٠	١٤	٨,٠٧	١٦	٣٣٧	٢	١٩٩١/٤/١١		
٢,٨	١	٦	٥	١٥٩	٢	٢	١٠	٤٠	١٤	٧,٩١	٢٠	٢٢٠	١٠	١٩٩١/٥/٨		
١,٥	١٠	٦	٥	١٧١	٢	٢	١٥	٣٦	١٥	٧,٩٧	٢١	٢٥٢	٢	١٩٩١/٦/٩		
١,١	٩	٥	٥	١٧١	٢	٢	١٢	٤٠	١٥	٧,٩٩	٢٢	٢٦٢	٢	١٩٩١/٧/٩		
٢,٢	١١	٦	٥	١٨٢	٢	٢	١٢	٤٤	١٦	٧,٩٢	٢٤	٢٦٢	٠,٥	١٩٩١/٨/٩		
٢,٧	١٠	٦	٦	١٨٢	٢	٢	١٧	٣٦	١٦	٧,٨	٢٣	٢٦٥	١	١٩٩١/٨/١٥		
٢,٢	٩	٦	٥	١٨٢	٢	٢	١٥	٤٠	١٦	٧,٩٢	٢١	٢٥٦	٢	١٩٩١/٨/٢٠		
١,١	٢	٤	٥	١٥٩	٢	٢	١٠	٤٠	١٦	٨	١٦	٢٥٠	٢	١٩٩١/٨/٢٠		
٤	٧	٤	٥	١٧١	٢	٢	١٥	٣٦	١٥	٧,٨	١٨	٢٥٠	٠,٥	١٩٩١/١٢/٨		

إن سرعة التحلل التي حصلنا عليها في دراستنا الحالية ليست كافية إطلاقاً لتفسير نشوء الظواهر الكارستية في الحوض السفحي لنبع عين الفيحة ، وعلى هذا يمكن التأكيد على أن هذه الظواهر وتطورها يرجع دون أدنى شك إلى فترات كانت معدلات تساقطها أكثر أهمية بكثير من المعدلات الحالية من جهة ، وربما كانت التساقطات الثلجية وقتها أكثر أهمية بدورها من نظيراتها الحالية ، لدرجة كانت مياه ذوبانها قادرة بل كافية لتطوير الظواهر الكارستية المختلفة من جهة ثانية ، لا سيما وأن مياه ذوبان الثلوج أكثر قدرة على حل الصخور الكلسية وإذابتها من مياه الأمطار العادية ، وذلك لارتفاع قدرتها على إذابة كميات مهمة من غاز ثاني أكسيد الكربون لتكوين حمض الكربون الضروري جداً للنشاط الكارستي، وهذا ما يسمح بالقول إن نشوء الكارست السطحي في المنطقة المعنية يمكن أن يعود إلى أواخر الحقبة الجيولوجية الثالثة، ومن ثم تعمقت ملامحه وتطورت بشكل كبير خلال الفترات ما بين الجليدية الرباعية التي امتازت بارتفاع معدلات الهطول الثلجي في المنطقة المعنية .

إن مقارنة معدلات التساقط الشهري في الحوض السفحي لنبع عين الفيحة مع المحتوى الكربوناتي الشهري لمياه النبع ذاته ، تظهر وجود علاقة كمية محددة بين الظاهرتين يوضحها الشكل (٢) .

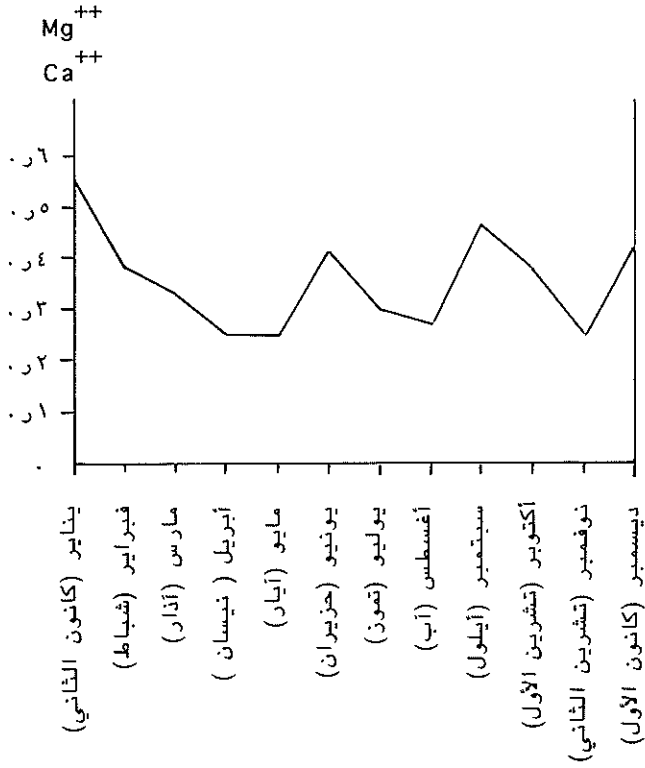
(الشكل ٢) العلاقة بين المحتوى الكربوني، ومعدلات الهطول في حوض نبع
عين الفيحة خلال عام ١٩٩١م



إن تحليل معطيات الشكل (٢) يبين بوضوح أن المحتوى الأعظمي لمياه نبع عين الفيحة من العناصر الكربوناتيية تتفق مع فترة الشح التي تنطبق على فصل الجفاف في الحوض السفحي للنبع المدروس (الفترة الممتدة بين شهري حزيران "يونيو" وتشرين الأول "أكتوبر") حيث يزداد تركيز شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم في مياه النبع ، وهذا ما يسمح بالقول إن النشاط الكارستي هنا متوقف على وفرة حمض الكربون وتركيزه تحديداً ، والمتشكل من ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون ضمن مياه التساقط، وطالما أن نسبة الغاز المذكور في الغلاف الجوي وفي هواء التربة وهواء الشقوق الصخرية تبقى ثابتة عملياً ، فإن تركيزه يتناقص بصورة محسوسة أوقات الفيضانات التي تنطبق على فصل الأمطار ، التي تتدهور قدرتها على حل الصخور الكربونية بصورة ملحوظة . وبعبارة أخرى يمكن القول إن كميات شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم ضمن مياه النبع تبقى شبه ثابتة على مدار السنة فمن البدهي والحالة هذه أن تختلف درجة تركيزها ضمن المياه بصورة محسوسة تبعاً لتباينات معدلات التساقط التي يصرها نبع عين الفيحة .

والظاهرة الأخرى اللافتة للانتباه هنا تتمثل في كون العلاقة بين المحتوى الشهري من شوارد المغنيزيوم Mg^{++} وشوارد الكالسيوم Ca^{++} ليست ثابتة على مدار السنة حيث تتبدل قيمة R التي تمثل $\frac{Mg}{Ca^{++}}$ بصورة محسوسة جداً من فصل إلى آخر، إذ تبلغ حدها الأعلى في فصل الشتاء الذي يصل وسطي قيمة R فيه إلى ٠.٤٤ . مع قيمة عظمى تصل إلى ٠.٥٦ . في شهر كانون الثاني (يناير) مقابل ٠.٢٨ . لفصل الربيع ، و ٠.٣٣ . لفصل الصيف و ٠.٣٧ . لفصل الخريف (شكل ٣) .

(الشكل ٣) تباين قيمة $\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$ في مياه نبع عين الفيحة خلال عام ١٩٩١م



ليس هذا فحسب ، بل يلاحظ أن القيمة العظمى للمحتوى من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ يقابلها محتوى أصغر من كربونات المغنيزيوم $Mg CO_3$. وبعبارة أخرى ، عند تزايد المحتوى من كربونات الكالسيوم تتراجع أهمية كربونات المغنيزيوم، ويبدو أن هذه المفارقات مرتبطة في مجملها بعدم تجانس وتيرة ذوبان هذين العنصرين ، اللذين يدخلان في تركيب الصخور التي تجتازها مياه التساقط قبل خروجها إلى السطح في نبع عين الفيحة من جهة ، وإلى وفرة بعض المركبات العضوية التي تزيد من سرعة تحلل كربونات المغنيزيوم في أوقات محددة من السنة من جهة ثانية، وإلى الارتفاع الدوري للكبريتات التي يبدو أنها تسهم في تسارع وتيرة ذوبان كربونات المغنيزيوم على حساب كربونات الكالسيوم التي يحتمل ترسيبها ببطء بمجرد تسارع وتيرة ذوبان كربونات المغنيزيوم من جهة ثالثة.

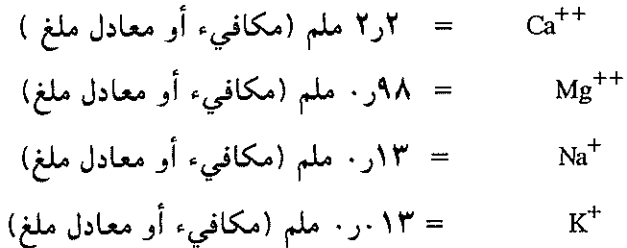
٤- الخصائص النوعية لمياه نبع عين الفيحة وقدرتها على متابعة النشاط الكارستي :

تتمثل الغاية الرئيسة والهدف النهائي للدراسة الهيدروكيميائية لمياه نبع عين الفيحة الكارستي في تحديد خصائصها النوعية ، وفي تقدير مدى فعاليتها، وذلك اعتماداً على الحساب الدقيق لقيمتي حموضة أو بهاء التوازن $PH d'equilibre$ وثاني أكسيد كربون التوازن $CO_2 equilibrant$. ومن ثم تتم مقارنة النتائج المذكورة مع نتائج التحليل المخبري الفعلي الذي خضعت له المياه المدروسة ، وتكمن أهمية هذه المقارنة في كونها تمثل المؤشر العلمي الوحيد الذي يمكن من تحديد نوعية المياه المدروسة ، من حيث كونها فعالة أو (عدوانية) $Agressive$ قادرة على

متابعة نشاطها الكارستي وإذابة كميات إضافية من كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم، أو أنها مشبعة بالكربونات Incrustante ، وتكون وقتها مضطرة للتخلي عن جزء من حمولتها الذائبة من العناصر الكربونية بمجرد وصولها إلى السطح بهدف إطلاق كمية محددة من غاز ثاني أكسيد الكربون ، أو أنها متوازنة أو معتدلة تماماً لا تذيب ولا ترسب عناصر كربونية .

أما معرفة حموضة أو بهاء التوازن ، وثاني أكسيد كربون التوازن فإنها تتم بواسطة الحساب أو التحديد الرياضي الدقيق لقيمتي حموضة الماء المدروس وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون اللذين يجب توافرهما للماء المعني لحظة إجراء الدراسة المخبرية ، وذلك ليكون الماء ذاته في حالة توازن تام أو اعتدال تام ، وبعبارة أخرى ، يجب أن يتوافر التوازن الكامل بين محتواه الكربوناتي (كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم) ومحتواه الكربوني (حمض الكربون) Calco-Carbonique .

ولإيضاح الطريقة الرياضية التي اتبعناها في دراستنا المنهجية الحالية ، نأخذ مثلاً على نموذج العمل الرياضي الكيميائي الذي طبقناه على نتائج التحليل المخبري لعينات مياه نبع عين الفيحة ، والعينة المأخوذة في المثال الحالي هي عينة المياه التي درست مخبرياً يوم ٧ أغسطس (آب) عام ١٩٩١ م ، والتي كان محتواها من الشوارد المختلفة على الشكل التالي :



$$\begin{aligned} \text{HCO}_3^- &= 3 \text{ ملم (مكافئ أو معادل ملغ)} \\ \text{SO}_4^{2-} &= 0.104 \text{ ملم (مكافئ أو معادل ملغ)} \\ \text{Cl}^- &= 0.169 \text{ ملم (مكافئ أو معادل ملغ)} \\ \text{NO}_3^- &= 0.177 \text{ ملم (مكافئ أو معادل ملغ)} \end{aligned}$$

وعلى هذا فإن القوة الشاردية لمياه نبع عين الفيحة في ذلك اليوم كانت :

$$\begin{aligned} & (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.007) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.065) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.98) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 2.2) \\ & (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.89) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.85) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 0.104) + (3^{-} \cdot 10 \cdot 1.5) + \\ & 3^{-} \cdot 10 \cdot 0.3 = \end{aligned}$$

أما درجة حرارة مياه النبع عند خروجها إلى السطح في ذلك اليوم فقد كانت + ٢٤ مئوية . وتبعاً لمعطيات الجدول الخاص بالدراسة الهيدروكيميائية ^(١) ، فإن المياه

التي تكون قوتها الشاردية $3^{-} \cdot 10 \cdot 5.3$ ودرجة حرارتها + ٢٤ تمتاز بقيمتي:

$$633 = A I$$

$$415 = B I$$

وتبعاً لمحتوى المياه المدروسة نجد :

$$\text{لغ } \text{HCO}_3 = 248 \quad \longleftarrow \quad \text{تمالغ } \text{HCO}_3 = 202 \quad (2)$$

$$\text{لغ } \text{Ca}^{++} = 3.04 \quad \longleftarrow \quad \text{تمالغ } \text{Ca}^{++} = 2.96$$

(١) لحساب قيمتي BI و AI أنظر ملحق رقم (١)

(٢) لوغاريتم

تمالغ = تمام لوغاريتم

$$\text{لغ ثاني أكسيد الكربون الحر } CO_2 = \frac{33}{44} \times 1.3 =$$

$$\text{لغ } CO_2 \text{ الحر} = 12.4 \leftarrow \text{تماغ } CO_2 \text{ الحر} = 388$$

ولحساب H_2CO_3 التوازن لمياه نبع عين الفيحة في التاريخ المحدد آنفًا لدينا:

$$\text{تماغ } H_2CO_3 \text{ التوازن} = B1 + 2 \text{ تماغ } HCO_3^- + \text{تماغ } Ca^{++}$$

ويتعويض كل رمز بقيمته المقابلة نجد :

$$\text{تماغ } H_2CO_3 \text{ التوازن} = 15.4 + (2 \times 205) + 296 =$$

$$= 15.4 + 0.4 + 296 =$$

$$= 385$$

ومنه يمكن حساب لغ H_2CO_3 التوازن

حيث :

$$\text{لغ } H_2CO_3 \text{ التوازن} = 15.4$$

$$H_2CO_3 = 10.4 \times 1.3 =$$

$$= 13.4$$

ومنه يكون المحتوى من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 مقدراً بالملغ/ل =

$$44 \times 13.4 = 592 \text{ ملغ/ل}$$

بما أن المحتوى الفعلي لمياه النبع المدروس من غاز ثاني أكسيد الكربون الحر

في التاريخ المحدد (٧/٨/١٩٩١م) هو ٣٣٣ ملغ/ل ، فإننا يمكن أن نؤكد أن هذه المياه

عندها كانت بعيدة عن التوازن ، لأن نتيجة العمل الرياضي الكيميائي آنف الذكر بينت أن غاز ثاني اكسيد الكربون الذي يفترض أن يوجد في مياه النبع بمواصفاته المحددة مخبرياً يوم (٧/٨/١٩٩١م) فيما لو كانت في حالة توازن تام (أو اعتدال تام) هي ٦ر٢ ملغ/ل . وبعبارة أخرى ، يمكن القول أن مياه نبع عين الفيحة في ذلك اليوم كانت مشبعة وقت إجراء التحليل المخبري ، لذا فإنها كانت مضطرة لترسيب كمية محددة من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيزيوم لتتحرر كمية محددة من غاز ثاني اكسيد الكربون ضمن مياه النبع ذاته .

ولحساب درجة حموضة أو بهاء التوازن PH d'équilibre لدينا :

بهاء أو حموضة (PH) التوازن = A1 - قماغ HCO_3^- + قماغ H_2CO_3 التوازن
ويتعويض كل رمز بقيمته نجد :

$$\text{بهاء أو حموضة (PH) التوازن} = ٦ر٣٣ - ٢ر٥٢ + ٣ر٨٥ = ٧ر٦٦$$

كما يمكن حساب قيمة حموضة التوازن PH d'équilibre ذاتها باستخدام

العلاقة التالية :

بهاء أو حموضة PH التوازن = A1 - B1 + قماغ HCO_3^- + قماغ Ca^{++}
ويتعويض كل رمز بقيمته نجد :

$$\text{بهاء أو حموضة PH التوازن} = ٦ر٣٣ - ٤ر١٥ + ٢ر٥٢ + ٢ر٩٦ = ٧ر٦٦$$

وهكذا يمكن القول أن حموضة مياه نبع عين الفيحة كانت يوم ٧/٨/١٩٩١م بدورها بعيدة عن التوازن ، لأن القيمة المقاسة فعلياً ، أو درجة الحموضة المقاسة

مخبرياً أو حقلياً كانت ٧,٩٢ مقابل ٧,٦٦ للقيمة المحسوبة رياضياً ، فالفارق بين القيمتين كبير نسبياً يصل إلى ٠,٢٦ ، وهذا ما يؤكد معطيات المرحلة الأولى من العمل الرياضي الحالي (حساب غاز ثاني أكسيد كربون التوازن) والتي أثبتت بعد مياه النبع عن التوازن ، نظراً لكونها مشبعة نسبياً بالعناصر الكربونية ، وبالتالي فقد كانت مجبرة على ترسيب جزء من حمولتها الكربونية هذه وذلك لكي تتحرر كمية محددة من غاز ثاني أكسيد الكربون للاقتراب من التوازن ، حيث تنخفض عندها قيمة الحموضة المقاسة مخبرياً ويرتفع المحتوى من غاز ثاني أكسيد الكربون بشكل أو بصورة موازية أو معادلة للأرقام المحسوبة .

ولحساب درجة الحرارة التي تصبح عندها مياه نبع عين الفيحة المدروسة آنفاً متوازنة تماماً (أو معتدلة تماماً) بمحتواها الشاردي المحدد آنفاً ، وبعبارة أخرى لحساب درجة الحرارة التي تصبح عندها قيمة غاز ثاني أكسيد الكربون الحر CO_2 Libre معادلة أو مساوية تماماً لكمية غاز ثاني أكسيد كربون التوازن CO_2 equilibrant لدينا :

$$\text{لغ } \text{CO}_2 \text{ الحر} = ٤١٢ \text{ ← } \text{تقالغ } \text{CO}_2 \text{ الحر} = ٣٨٨$$

وبالعودة إلى علاقة تقالغ H_2CO_3 التوازن نجد :

$$٣٨٨ = \text{B1} + (٢ \text{ تقالغ } \text{HCO}_3^-) + (\text{تقالغ } \text{Ca}^{++})$$

$$٣٨٨ = \text{B1} + ٥٠٤ + ٢٩٦$$

$$\text{ومنه } \text{B1} = ٤١٢$$

وبما أن القوة الشارديّة للسائل المدروسة (مياه نبع عين الفيحة) كانت

٣-١٠ x ٥٠,٣ فإننا نجد قيمة $\text{B1} = -٤١٢$ لمثل هذه القوة الشارديّة عند درجة

حرارة قدرها ٢١٩٩ مئوية ، وعندها تصبح حموضة الماء (PH) تساوي :

$$PH = A1 - \text{تمالغ } HCO_3^- + \text{تمالغ } H_2CO_3 \text{ التوازن}$$

$$= ٦٣٤ - ٢٥٢ + ٣٨٨$$

$$= ٧٧$$

كما يمكن حساب مدى أو درجة تطابق قيمتي غاز ثاني أكسيد الكربون

وحموضة الماء المقاستين حقلياً أو مخبرياً، وذلك باستخدام العلاقة التالية :

$$PH = A1 - \text{تمالغ } HCO_3^- + \text{تمالغ } H_2CO_3 \text{ الحر}$$

وبتعويض كل رمز بقيمته نجد :

$$PH = ٦٣٣ - ٢٥٢ + ٣٨٨$$

$$= ٧٦٩$$

وبما أن درجة الحموضة أو بهاء PH الماء المقاسة حقلياً كانت ٧٩٢ فإن

التطابق ضعيف بين محتوى المياه المدروسة من غاز ثاني أكسيد الكربون وبين درجة

حموضة المياه ذاتها ، تبعاً للمعطيات المخبرية أي تبعاً لنتائج التحليل المخبري لمياه

نبع عين الفيحة يوم (٧/٨/١٩٩١م) وذلك لأن قيمة الحموضة المحسوبة رياضياً هي

٧٦٩ والمقاسة فعلياً ٧٩٢ فالفارق بين القيمتين يصل إلى ٢٣. وهي قيمة

محسوسة جداً أو كبيرة لدرجة ، تؤكد ضعف التطابق بين محتوى الماء من غاز ثاني

أكسيد الكربون وبين درجة حموضته . ويتطبيق العمليات الرياضية الكيميائية

المماثلة على عينات مياه نبع عين الفيحة المدروسة بصورة دورية مرة واحدة كل شهر

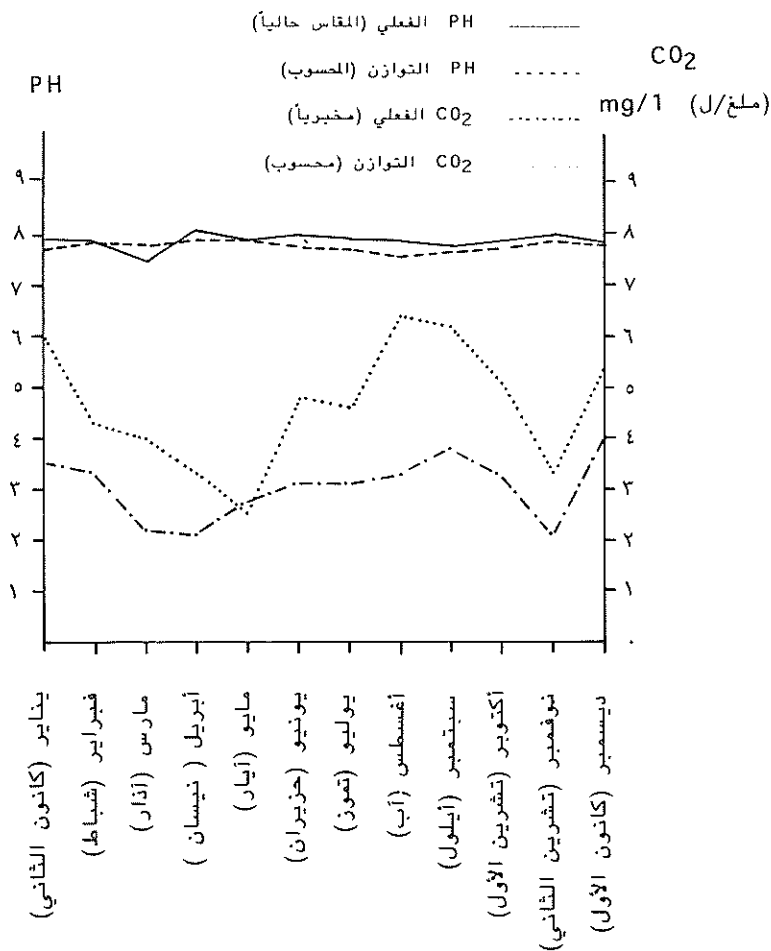
طيلة عام ١٩٩١م ومقارنة النتائج النهائية مع نتائج التحاليل والدراسات المخبرية

المقابلة تبين لنا أن هذه المياه بعيدة عن التوازن أو الاعتدال ، ويبدو ذلك واضحاً من

استقراء الرسوم والمنحنيات البيانية في الشكل رقم (٤) .

إن تحليل المعطيات التي تقدمها المنحنيات السابقة يبين بوضوح أن مياه النبع مشبعة بالكربونات على مدار السنة نسبياً ، وبالتالي فهي مضطرة أو مجبرة على التخلي عن جزء محدد من حمولتها الكربوناتية هذه ، وذلك بهدف إطلاق أو تحرير كمية محددة من غاز ثاني أكسيد الكربون ، يستثنى من ذلك وضع المياه في شهري آيار (مايو) وشباط (فبراير) حيث كانت المياه خلالها أقرب إلى التوازن أو الاعتدال، على العكس من شهر آذار (مارس) الذي كانت مياه النبع فيه لا تزال قادرة على إذابة كميات إضافية ضئيلة من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيزيوم، ويعزى ذلك إلى التزايد المهم للدور الذي تلعبه مياه ذوبان الثلوج ذات القدرة العالية على حل الصخور الكلسية وإذابتها ، ويبدو أن مياه الذوبان هذه لم تقطع في جريانها الباطني ضمن كتل الصخور الكارستية قبل خروجها إلى السطح في نبع عين الفيحة، سوى مسافة قصيرة نسبياً ، أو سرعة جريانها كانت محسوسة جداً ، بسبب تزايد أهمية مياه ذوبان الثلوج خلال شهر آذار (مارس) تحديداً ، فكان زمن تفاعلها مع الصخور الكلسية قصيراً جداً لدرجة لم يكن كافياً لاستنفاد كامل قدرتها وفعاليتها، وبالتالي فإنها تخرج إلى السطح ثانية وهي محتفظة بقدرة محسوسة نسبياً على متابعة حل الصخور الكلسية وإذابتها .

(الشكل ٤) العلاقة بين PH الفعلي و PH التوازن ، والعلاقة بين CO₂ الفعلي و CO₂ التوازن في مياه نبع عين الفيحة خلال عام ١٩٩١م



المراجع :

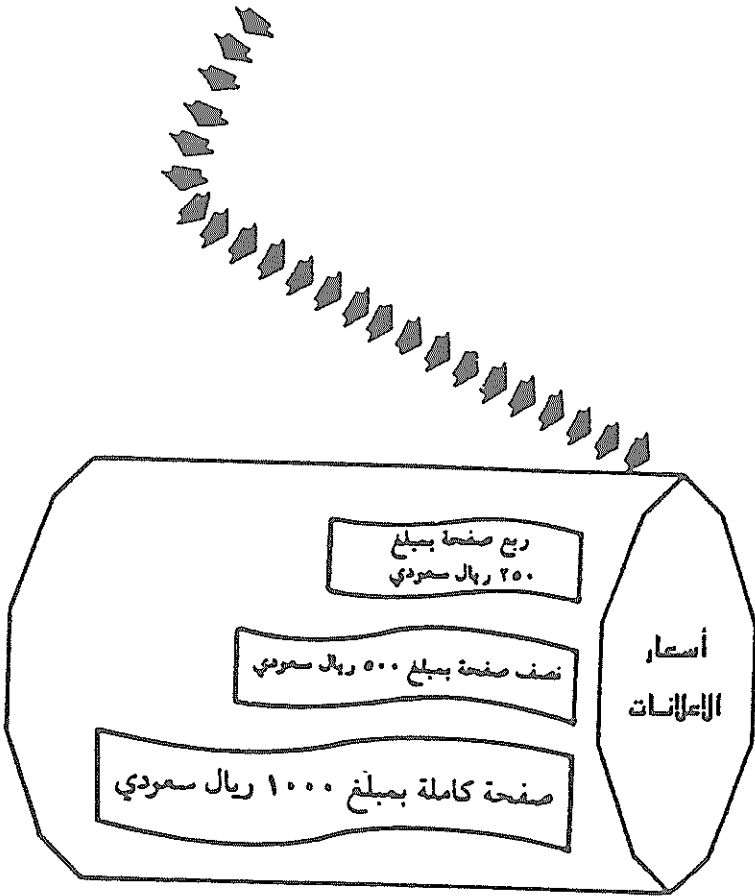
- Bardy J., Pere C., 1976, Détermination Expérimentale du Coefficient de Solubilité du Carbonate Ferreux en Milieu Aqueux, La Tribune du Cebdeau, Vol. 29 (387), PP. 75-81.
- Bardy J., Pere C., 1978, Methodes Simnplifies a l'aide d'aide d'abaques du Calcul de l'agressivité des eaux, Applications a l'étude de leurs Traitements. La tribune du Cebedeau, Vol. 32 (412), PP. 113-126.
- Haj - Hassan M.F., 1984, - Les Formes Superficielles du Karst des Causses de Martel et de Gramat Université de Bordeaux III, Lab. de geogr.phys. appliquée, France.
- Haj-Hassan M.F., 1986, Recherches Geomorphologiques sur le Karst des Causses de Martel et de Gramat Université de Bordeaux III, Lab. de geogr. phys. appliquee, France.
- Trombe F. Les eaux Souterraines, 1977, Que sais - je ? P.U.F.

ملحق (١): حساب قسيمي A1 و B1

٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	١٧	١٥	١٠	٥	٠	٠	٠	٠	٠		
A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	٢١.٠
-٤٥٤	٣٢١	-٤٤٤	٣٢٣	-٤٣٦	٣٢٥	-٤٢٨	٣٢٨	-٤٢٠	٣٢١	-٤١٢	٣٢٤	-٤٠٤	٣١٧	٠
-٤٤٢	٣٢٦	-٤٣٥	٣٢١	-٤٢٧	٣٢٤	-٤١٩	٣٢٧	-٤١٠	٣٢٨	-٤٠٢	٣٢٠	-٣٩٤	٣١٣	١
-٤٣١	٣٢٩	-٤٢٦	٣٢١	-٤١٢	٣٢٣	-٤٠٥	٣٢٧	-٣٩٦	٣٢٨	-٣٨٩	٣٢٠	-٣٨١	٣١٣	٢
-٤٢٦	٣٢٨	-٤١٩	٣٢٠	-٤٠٦	٣٢٢	-٣٩٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٠	-٣٨٠	٣١٣	-٣٧٢	٣١٠	٣
-٤٢٤	٣٢٨	-٤٢٦	٣٢٠	-٤١٩	٣٢٢	-٤١١	٣٢٠	-٤٠٧	٣٢٧	-٤٠٤	٣٢٩	-٣٩٠	٣٢٤	٤
٤٣٢	٣٢٨	-٤٢٥	٣٢٠	-٤١٧	٣٢٢	-٤٠٩	٣٢٠	-٤٠٦	٣٢٧	-٤٠٢	٣٢٩	-٣٩٤	٣٢٤	٥
-٤٣١	٣٢٧	-٤٢٣	٣٢٢	-٤١٥	٣٢٢	-٤٠٧	٣٢٥	-٤٠٤	٣٢٧	-٣٩٩	٣٢٩	-٣٩٢	٣٢٥	٦
٤٣٢	٣٢٧	-٤٢٣	٣٢٢	-٤١٦	٣٢١	-٤٠٦	٣٢٤	-٤٠٣	٣٢٦	-٣٩٩	٣٢٨	-٣٩٤	٣٢٤	٧
٤٢٦	٣٢٧	-٤٢٠	٣٢١	-٤١٢	٣٢١	-٤٠٥	٣٢٠	-٤٠١	٣٢٦	-٣٩٨	٣٢٨	-٣٩٠	٣٢٤	٨
٤٣٧	٣٢٧	-٤١٩	٣٢١	-٤١١	٣٢١	-٤٠٣	٣٢٤	-٤٠٦	٣٢٦	-٣٩٧	٣٢٨	-٣٩١	٣٢٤	٩
٤٢٥	٣٢٧	-٤١٨	٣٢١	-٤١٠	٣٢١	-٤٠٢	٣٢٤	-٣٩٥	٣٢٠	-٣٩٠	٣٢٨	-٣٨٠	٣٢٤	١٠
-٤٢٤	٣٢٦	-٤١٧	٣٢٨	-٤٠٩	٣٢٠	-٤٠١	٣٢٤	-٣٩٨	٣٢٥	٣١٥	٣٢٧	-٣٩٧	٣٢٤	١١
-٤٢٣	٣٢٦	-٤١٦	٣٢٨	-٤٠٨	٣٢٠	-٤٠٠	٣٢٤	-٣٩٧	٣٢٥	-٣٩١	٣٢٧	-٣٩٢	٣٢٤	١٢
-٤٢٢	٣٢٨	-٤١٥	٣٢٨	-٤٠٧	٣٢٠	-٣٩٩	٣٢٣	-٣٩٦	٣٢٥	-٣٩٢	٣٢٧	-٣٩١	٣٢٤	١٣
-٤٢٢	٣٢٦	-٤١٤	٣٢٨	-٤٠٦	٣٢٠	-٣٩٩	٣٢٣	-٣٩٦	٣٢٥	-٣٩٢	٣٢٧	-٣٩١	٣٢٤	١٤
-٤٢١	٣٢٦	-٤١٣	٣٢٨	-٤٠٥	٣٢٠	-٣٩٨	٣٢٣	-٣٩٤	٣٢٥	-٣٩١	٣٢٧	-٣٩٢	٣٢٤	١٥
-٤٢٠	٣٢٦	-٤١٢	٣٢٨	-٤٠٤	٣٢٠	-٣٩٧	٣٢٣	-٣٩٣	٣٢٥	-٣٩٠	٣٢٧	-٣٩٢	٣٢٤	١٦
-٤١٩	٣٢٦	-٤١٢	٣٢٧	-٤٠٤	٣٢٠	-٣٩٧	٣٢٣	-٣٩٢	٣٢٥	-٣٩٠	٣٢٧	-٣٩٢	٣٢٤	١٧
-٤١٨	٣٢٦	-٤١١	٣٢٧	-٤٠٣	٣٢٠	-٣٩٦	٣٢٣	-٣٩١	٣٢٥	-٣٨٩	٣٢٧	-٣٩١	٣٢٤	١٨
-٤١٧	٣٢٠	-٤١٠	٣٢٧	-٤٠٢	٣٢١	-٣٩٥	٣٢٣	-٣٩١	٣٢٤	-٣٨٨	٣٢٦	-٣٩٠	٣٢٤	١٩
-٤١٦	٣٢٥	-٤٠٩	٣٢٧	-٤٠١	٣٢١	-٣٩٤	٣٢٣	-٣٩٠	٣٢٤	-٣٨٧	٣٢٦	-٣٩٠	٣٢٤	٢٠
-٤١٥	٣٢٥	-٤٠٨	٣٢٧	-٤٠٠	٣٢١	-٣٩٣	٣٢٣	-٣٨٩	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢١
-٤١٥	٣٢٥	-٤٠٧	٣٢٧	-٣٩٩	٣٢١	-٣٩٢	٣٢٣	-٣٨٨	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٢
-٤١٤	٣٢٥	-٤٠٧	٣٢٧	-٣٩٩	٣٢١	-٣٩٢	٣٢٣	-٣٨٨	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٣
-٤١٤	٣٢٥	-٤٠٧	٣٢٧	-٣٩٩	٣٢١	-٣٩٢	٣٢٣	-٣٨٨	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٤
-٤١٤	٣٢٥	-٤٠٧	٣٢٧	-٣٩٩	٣٢١	-٣٩٢	٣٢٣	-٣٨٨	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٥
-٤١٢	٣٢٥	-٤٠٦	٣٢٦	-٣٩٨	٣٢٨	-٣٩١	٣٢٣	-٣٨٧	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٦
-٤١٢	٣٢٥	-٤٠٦	٣٢٦	-٣٩٨	٣٢٨	-٣٩١	٣٢٣	-٣٨٧	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٧
-٤١٢	٣٢٥	-٤٠٦	٣٢٦	-٣٩٨	٣٢٨	-٣٩١	٣٢٣	-٣٨٧	٣٢٤	-٣٨٦	٣٢٦	-٣٨٩	٣٢٤	٢٨
-٤١١	٣٢٤	-٤٠٥	٣٢٦	-٣٩٧	٣٢٨	-٣٩٠	٣٢٣	-٣٨٦	٣٢٤	-٣٨٥	٣٢٤	-٣٨٩	٣٢٤	٢٩
-٤١١	٣٢٤	-٤٠٥	٣٢٦	-٣٩٧	٣٢٨	-٣٩٠	٣٢٣	-٣٨٦	٣٢٤	-٣٨٥	٣٢٤	-٣٨٩	٣٢٤	٣٠

صفحة الإعلانات

عزيزي الباحث وصاحب العمل
والمؤسسة تتيح لك الجمعية الجغرافية
السعودية فرصة التعريف بإنتاجك العلمي
وأجهزتك التي يمكن أن تخدم الجغرافيين
والجغرافيا بأسعار رمزية .



أسعار البيع Price Listing Per Copy

Individuals 10.00 S.R.

● سعر النسخة الواحدة للأفراد: ١٠ ريالاً سعودية

Institutions 15:00 S.R.

● سعر النسخة الواحدة للمؤسسات: ١٥ ريالاً سعودياً

Handling & Mailing Charges are added on the above listing ●

نضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد

year. Therefore, the water is forced to drop some of its load; along the way thus depositing it in a form of calcium carbonate and magnesium carbonate and also emitting CO_2 in the process to maintain its balance .

Abstract

Though it is quite difficult to deal in a comprehensive manner with all aspects of the karstic activity and its geomorphological manifestation in the limited space of a single research paper; yet an attempt has been made in this study to expose the meagre extent of the velocity and magnitude of the karstic corrosion in Ain Al Fijah Karstic spring which supplies Damascus with water and also feeds the Barada River.

The study will also aim to examine the Ineffectiveness of the Karstic corrosion in explaining the presence of both internal and external features. Such features as Lapiez, Dolines and Oualas have developed and spread over the versant basin, the catchment area for Ain AL-Fijah. The Ineffectiveness of the corrosion is, definitely, attributed on one hand to the lack of a dense vegetational cover over the basin that would have been able to provide the organic acids badly needed for the Karstic activity. It is also owed, on the other hand, to the ever increasing joint effect of the relative decline of the precipitation values that record only 497 mm per annum and the relative increase of temperature that reaches an annual average of $13,2^{\circ}\text{C}$ which consequently causes higher rates of evaporation reaching 428,3 mm per annum and results in a net precipitation value of 68,5 mm annually.

Building on all that it is safe to surmise that the emergence and development of those Karstic features, with no doubt, date back to intervals between the four glacial periods. However the early appearance of their internal stages could be traced down to the latter part of the Tertiary. This fact could will be explained by the present slow rate of the Karstic corrosion of 3,96 mm/1000 years, a rate that does not allow the emergence of the younger Karstic features such as Lapiaz due to its limited magnitude.

The spring water not only loses all its energy while running underground to dissolve the carbonic rocks; but also as evident the chemical mathematics, that it is a saturated water for the most part of the

ADMINISTRATIVE BOARD OF THE SAUDI GEOGRAPHIC SOCIETY

Mohammed S. Makki	(Ph.D.) Board Chairman
Abdullah S. Al-Hudaithy	(Ph.D.) Vice-Chairman
Bader A. Al Fakir	(Ph.D.) Secretary General
Abdullah H. Al-Solai	(Ph.D.) Treasurer
Abdullah S. Al-Zahrani	(Ph.D.) Research Unit Supervisor
Abdullah N. Alwelaie	(Ph.D.) Member
Ramzi A. Al-Zahrani	(Ph.D.) Member
Hasan Ayel A. Yahya	(Ph.D.) Member
Majed S.S. Abu Ashwan	(Ph.D.) Member



Hydrochemical Characteristics and the
degree of Karstic Corrosion in Ain Al Fijah
Karstic Spring, Syria.

Dr. Mohammed Fayed S. Haj Hassan

1417 A.H.

1997 A.D.

