دراسة كارستية ليتوستراتغرافية بارتباط مع حركية المياه في وادي العيون – المنطقة الساحلية

ربيع يوسف وأحمد بلال ومحسن سعيد

قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة دمشق – سورية

ملخص

تعتمد هذه الدراسة على استخدام التحريات الجيولوجية، في الحقل كما في المخبر، لتمييز المظاهر الكارستية الجوفية والسطحية. تمحورت دراستنا على منطقة وادي العيون في المنطقة الساحلية، لأن هذه المنطقة تحتوي على الكثير من المظاهر الكارستية، بهدف الربط بين المظاهر الكارستية والليتوستراتغرافيا. من خلال المسح والدراسات الجيولوجية، تم وضع عمود ليتوستراتغرافي نموذجي لمنطقة الدراسة بشكل تفصيلي، إضافة إلى تحديد جميع المظاهر الكارستية والعوامل المؤثرة في تشكل هذه المظاهر، والانعكاسات هذه العمليات على الطبقات الصخرية. يساعد هذا البحث على فهم الهيدروجيولوجيا العامة وتحديد نطاق الينابيع في المنطقة. كما أن هذا النموذج من العمل يضع مثل هذه الدراسات في الإطار العلمي الدقيق بشكل تفصيلي ومتكامل.

كلمات المفتاح: مظاهر كارستية، ليتوستراتغرافيا، هيدروجيولوجيا، وادي العيون – سورية.

1- مقدمة

الكارست ظاهرة هيدروفيزياكيميائية معقدة تتظاهر جيومورفولوجية بأشكال مختلفة (Dreybrodt 1988). تلاحظ هذه الظاهرة في الصخور الرسوبية من خلال عمليات فيزياكيميائية للمياه التي تعمل على حت، وحل للصخور (Cvijic 1893 , Harmon and Wicks 2006). تتأثر الصخور الكربوناتية بالعمليات الكارستية والخواص الليتولوجية والستراتغرافية والبتروفيزيائية للسحنات الكربوناتية، بالإضافة إلى طبوغرافية السطح، والمناخ السائد في المنطقة، وفترات طفو الطبقات الكربوناتية (Dreybrodt 1988). وتشكل الدراسة الليتوستراتغرافية جوهر الدراسات الجيولوجية، وقاعدة الدراسات الكارستية، لإيضاح سلوك وتطور المظاهر الكارستية.

عرفت الدراسات الكارستية منذ القديم لارتباطها بالدراسات الهيدروجيولوجية للمياه الجوفية والتنمية (Cvijic, 1893,1901,1918) ثم درست من النواحي الوصفية والجيومورفولوجية والرسوبية (Ford and Williams. 1989 - 2007, Bonacci 1987 Klimchouk et al 2000.). مع أهمية الدراسات والعلوم الكارستية عالمياً والتطور المتزايد بكل مجالاتها ظلت غائبة، أو قل نادرة في سورية إلا عبر دراسات عامة، كدراسة دوبرتريه (1958)، ودراسة (Mouty 1976). وحديثاً تم الاهتمام بهذه الدراسات من قبل الجيولوجيين السوريين، خاصة دراسة بعض المناطق التي تشكل أهمية هيدروجيولوجية (يوسف 2008، طراف 2010). إذ تؤكد هذه الدراسات لتؤكد الأهمية التي تحتلها هذه الدراسات لارتباطها بالجيومورفولوجيا من جهة والهيدرولوجيا والهيدروجيولوجيا من ذات الأهمية البالغة بالنسبة لبلادنا من جهة ثانية.

تتركز هذه الدراسة حول توضيح تأثير العمليات الكارستية على الصخور الكربوناتية ضمن المقطع الطبقي في منطقة الدراسة، والمتركزة بشكل أساسي في القسم الشرقي من الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية، وأهمية المظاهر الكارستية المنتشرة وآلية تشكلها، وأثر ذلك في حركية المياه السطحية من جهة، وجريانها الجوفي وخزاناتها من جهة أخرى.

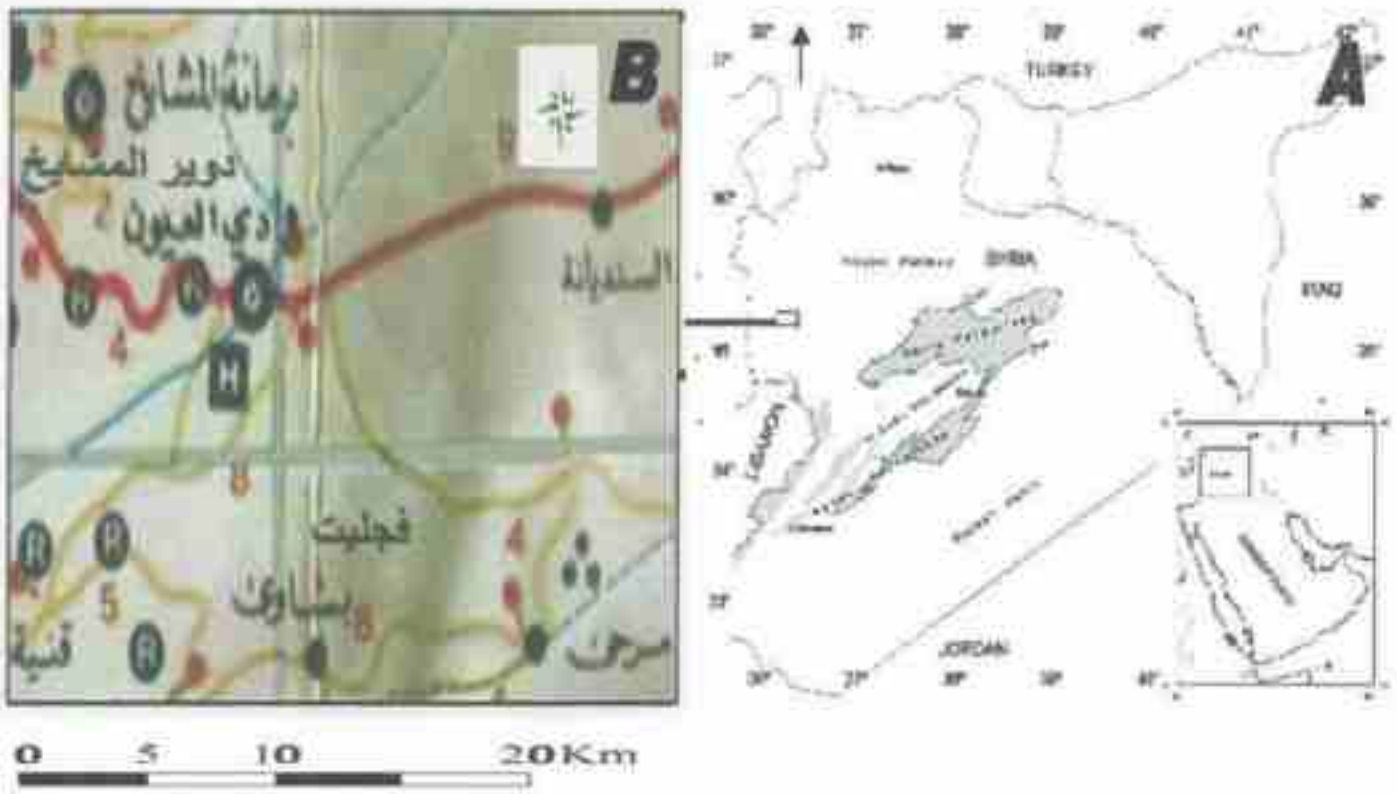
2- منطقة الدراسة

تتمحور هذه الدراسة على منطقة وادي العيون، التي تتموقع في الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية (الشكل1-B). تم اختيار منطقة وادي العيون لتكشف الأعمار الجيولوجية ضمن هذا المقطع (المذكرة الايضاحية لرقعة صافيتا 1980)، ووضوح التكشفات والسماكات الجيدة للطبقات الصخرية (الشكل1 -D)، يضاف إلى ذلك الانتشار الكثيف للمظاهر الكارستية طبوغرافياً Cvijic (1925)، تبدو المنطقة على شكل وادي سحيق يفصل بين جبلين شديدي الانحدار، إذ يصل الانحدار إلى (75) درجة، وفي بعض الاجزاء تكون الجدر شاقولية. يبلغ فرق الارتفاع الطبوغرافي بين الوادي وقمة الجبل حوالي (550م). تعتبر المنطقة غنية جداً بالينابيع المائية الموسمية والدائمة، ويشكل الوادي نهر كارستي من الشرق إلى الغرب. يشربأ يزيد سكان المنطقة عن (10000) نسمة ضمن بيوت متناثرة ومتباعدة في القسم السفلي من السفوح الجبلية، يعمل معظم السكان في الزراعة والسياحة.

يحدها من الغرب دوير المشايخ والديرون، ومن الشمال برمانة المشايخ، ومن الشرق السنديانة، ومن الجنوب فجليت ومشاوي. المناخ متوسطي رطب، الهاطل المطري غزير يزيد المعدل العام عن (1000) مم سنة (تقرير المديرية العامة للأرصاد الجوية 2007).

يبدأ المقطع بالاحداثيات التالية: N: 34 59 409 E: 36 10 225

وينتهي بالإحداثيات التالية: N : 34 59 053 E : 36 10 165



الشكل (1) مواقع منطقة الدراسة في سورية (A)، وحدودها الجغرافية (B)، ومواقعها على الخارطة الجيولوجية لرقعتي صافيتا والقدموس (C)، والتكشفات الجيولوجية فيها (D)

تتكشف صخور الكريتاسي في معظم أجزاء منطقة الدراسة (الشكل2 -C)، مع وجود بعض الثغرات الستراتغرافية ضمن النيوكوميان والألبيان والسينومانيان الأسفل. لعبت الوديان المتعمقة دوراً أساسياً في تحديد مورفولوجية المنطقة الساحلية الحالية (Ponikarov ,1963)، بينما تلعب الصخور البازلتية النيوجينية المغطية دوراً سلبياً في انحلال وكرستة الصخور الكربوناتية الواقعة تحتها كصخور كتيمة.

وقد ساهمت من جهة أخرى بشكل كبير في إغناء المياه الجوفية والسطحية بالمحاليل الحمضية ذات التأثير في عمليات الكرستة، إضافة لكونها تشكل أرضية مناسبة للغطاء النباتي وتشكل الأحماض العضوية. تظهر الطبقات الكربوناتية، المتوضعة فوق طبقة كتيمة عضارية، عمليات الكرستة بشكل واضح، لأنها تحتفظ بالمياه لفترات زمنية أطول، مما يؤدي إلى تزايد في نشاط العمليات الكارستية في النطاق المغمور بالمياه. أما الصخور الكربوناتية التي تتكشف على السطح لمدة

طويلة فتبدي مظاهر أكثر كرستة من الصخور حديثة التكشف، ويبدو التدرج في عمليات الكرستة واضحا في منطقة الدراسة (Jones and MacDonald 1989)، ابتداءً من صخور الجوراسي الذي يعتبر في مرحلة الشباب، إلى صخور الأليبان (النضج المبكر)، وانتهاءً بصخور السينومانيان التي تبدي مظاهر الشيخوخة للكرستة.

3- أهمية البحث وأهدافه

تعتبر المظاهر الكارستية من العناصر الهامة في فهم جيولوجية المنطقة المدروسة، وبالتالي تأثيراتها على حركة المياه السطحية والجوفية. يهدف البحث إلى فهم الترابط بين الليثولوجيا والكارست والتكتونيك، وأثر العوامل على حركية المياه.

4- مواد البحث وطرائقه

استخدمت في تنفيذ هذا البحث طرائق متعددة تقليدية وعصرية، بدءاً بالعمل الحقلي ورفع المقاطع الليثولوجية وسحب العينات انتقالاً إلى التحاليل المخبرية والمستحاثية والجيوكيميائية، ومن ثم تحليل المعطيات وربطها ودراسة تأثيرات العوامل الداخلة في موضوع البحث.

4-1 الوضع الجيولوجي والبنيوي العام

تمثل السلسلة الساحلية الجزء الشمالي الغربي من سورية Mouty (1976)، الممثلة للزاوية الشمالية الغربية للصفيحة العربية (الشكل 2)، (Abdalla 2008, Bilal 2009). تتحدد من الشرق ببنية عالمية هي الفالق المشرقي الذي يمثل امتداداً للانهدامات الإفريقية عبر البحر الأحمر Al-Husseini (2000). ويعتبره كل من Quennel (1984), وتريفيلوف (1991)، كمجموعة من صدوع انزياحية يسارية تحصر بينها مناطق منخفضة. تقع الجبال الساحلية على الحافة الشمالية الغربية للركيزة العربية التي يحدها من الغرب حوض البحر الأبيض المتوسط، ومن الشرق الفالق المشرقي (الامتداد لخليج العقبة – غور البحر الميت). وسلسلة الجبال اللبنانية من الجنوب Chorowicz et al. 2005). تأخذ شكل نجد غير متناظر (نصف نجد) بحيث يرتفع الجزء الشرقي بنيوياً وطبوغرافياً أكثر من الجزء الغربي Blanckenhorn (1891). لذلك فإن الصخور الأحدث تتكشف مبتعدة باتجاه الغرب، بفعل تأثر المنطقة خلال الميزوزويك والسينوزويك بتطور الستيتس، والركيزة العربية، ونشوء البحر الأبيض المتوسط Ponikarov (1966).

الشكل (2) خارطة جيولوجية تكتونية للمنطقة الساحلية (Abdalla, 2008)

تعود رسوبيات الميزوزوي والباليوجين المتوضعة في المنطقة إلى رصيف السنيتس. يدل على ذلك التغيرات السحنية العمودية للتوضعات الشاطئية، العتبة القارية والمنحدر القاري. يلاحظ وجود عدم توافق في بعض أجزاء العمود الطبقي، بينما تكون التبدلات السحنية الجانبية أقل وضوحاً Dubertret, (1963). لقد اقتصرت الحركات البنيوية التي حدثت منذ الميزوزويك وحتى الآن على الحركات الإقليمية لنشوء القارات (الارتفاع والانخفاض الزمني) والفوالق. كما حدثت النشاطات البركانية البازلتية في عصر النيوجين. Bulter, et al (1998). Bilal, (2001). إضافة إلى اندفاعات تحت بحرية خلال السينومانيان الأسفل Ponikarov (1966). (الشكل 2).

اعتبر Ponikarov (1963). المنطقة بأنها سلسلة ساحلية قوسية يحدها الفالق السوري اللبناني والكتلة الشمالية الغربية السورية من الشرق، رأس البسيط ونهر الكبير الشمالي من الشمال، والبحر الأبيض المتوسط من الغرب. لعبت الحركات الأورجينية الألبية الدور الأساسي في نهوض السلسلة الساحلية (Abdalla 2008)، وتشكيلها نمط طي متكامل امتد من فتحة شين جنوبا حتى فالق اللاذقية كلس شمالا، وقطعت بشكل لاحق بفالق الغاب لتشكل طي وحيد الميل (Ponikarov 1966).

تشير الدراسات السابقة ((1891) Blanckenhorn, (1963) Dubertret , (1966) Ponikarov , مذكرة صافيتا(1980)). والدراسات الجيولوجية التي نفذناها إلى تحكم عمليات الحت الكارستي بمعظم الأشكال المورفولوجية لجبال السلسلة الساحلية بالمظهر الحالي، حيث تفصل الوديان المتعمقة كارستياً بين القمم الحديثة (يوسف، 2008).

تتكشف الأعمار الجيولوجية بدءاً من الجوراسي أسفل – أوسط وحتى السينومانيان الأسفل مع توضعات الباليوسين البازلتية والمصاطب الرباعية في الأودية. كما لعب التكتونيك المحلي دوراً هاماً في تكشف طبقات كربوناتية تعود لأعمار جيولوجية أقدم، ابتداءاً من محور الطي الممتد شمال – جنوب، الميل العام للطبقات هو باتجاه الغرب يتطابق مع الانحدار الطبوغرافي لحد كبير(Dubertret (1963، إن الهاطل المطري الغزير بالإضافة للمناخ الرطب والليثولوجيا الملائمة في المنطقة الساحلية بعد نهوض المنطقة وتشكل الطي، لعبت هذه الظروف الدور الرئيسي في تهيئة المنطقة لبدء العمليات الكارستية وتشكيل إقليم كارستي فيما بعد.

4-2 دراسة حقلية

نفذت جولات حقلية عديدة تم من خلالها التعرف على المعالم الجيولوجية للمنطقة، وتحديد نقاط ملاحظة لدراستها بشكل مفصل: من النواحي الجيولوجية، والمظاهر الكارستية من حيث المنشأ والتطور، وعلاقاتها مع العوامل المؤثرة فيها، إضافة لرفع مقطع جيولوجي حددت عليه بدقة العمليات والمظاهر الكارستية، وتأثيراتها في جيولوجية الطبقة.

كما ذكر فإن أقدم التشكيلات تعود إلى الجوراسي الأوسط وحتى السينومانيان الأسفل، إضافة إلى وجود بعض التوضعات الرباعية من لحقيات نهرية وكعاب جبال وغيرها (مذكرة صافيتا 1980)، مما يجعل هذا المقطع ممثلاً لمعظم الأعمار الجيولوجية في منطقة الدراسة، وبالتالي كشف معظم المظاهر الكارستية (الشكل 3- B).

يتكشف الجوراسي الأوسط في الأودية المتعمقة ذات الاتجاه شرق غرب، والتي تشكل الجدر السفلية لهذه الأودية (مذكرة القدموس، 1980)، وهي نواة للتشكيلات الرسوبية المتكشفة في المنطقة، والمكونة من الحجر الكلسي والحجر الكلسي الدلوميتي والدلوميت، بسماكة إجمالية تبلغ (54م). يليه باتجاه الخارج (الأحدث) الجوراسي الأعلى الذي يمتد بشكل شرائط

تغلف الجوراسي الأوسط وهو ذو سماكة قليلة نسبياً (42م)، وهو مكون ليتولوجياً من حجر كلسي متطبق، وخفي التطبق، وشرائط من المارل.

يبدأ الكريتاسي بالأبسيان الذي يتوضع (تشكيلة باب جنة) فوق الجوراسي الأعلى بعدم توافق حتي لوجود ثغرة ستراتغرافية بسبب عدم وجود معظم طابق التيوكومين في هذه المنطقة، وهو يمتد بشكل شريط حول الجوراسي الأعلى وسماكته لا تتجاوز (36م) ومكون ليتولوجياً من غضار مدلمت ذو لون أخضر وأحياناً أصفر وحجر كلسي مدلمت.

يليه الألبيان (تشكيلة البلاطة) بسماكة تصل حتى (155م) ويتكشف في منطقة الدراسة بشكل واسع، ليتولوجياً مكون من حجر كلسي ودلوميت وحجر كلسي دلوميتي وعقد صوانية، وما يتميز به الألبيان وجود اندفاعات بازلتية تتوضع على شكل سويات بينية شريطية، والجزء الكبير منها فاسد ومتحول إلى بيروكلاست لتشكل سوية كتيمة تمنع رشح المياه ضمن الألبيان.

أما السينومانيان الأسفل (تشكيلة صلنفة) الذي يعلو الألبيان بسماكة تصل حتى (110م) ويتواجد في المناطق ذات التضاريس العالية. تتكون ليتولوجياً من قسمين علوي وسفلي، العلوي مكون من تناوب حجر كلسي سميك التطبق وحجر كلسي غضاري والقسم السفلي مكون من غضار كلسي وغضار مدلمت بالإضافة إلى شرائط وعدسات صوانية وجيود أراغونيتية.

يتواجد في منطقة الدراسة اندفاعات بركانية تعود للنيوجين (البليوسين) على شكل صبات بازلتية ورمل وسيلت وكونغلوميرا، بشكل عام تتحول الأجزاء الخارجية من هذه الصبات إلى بيروكلاست ناري المنشأ، أما التوضعات الرباعية فتتواجد في الأودية النهرية والسيلية على شكل رسوبات لحقية وهي مكونة من حجارة وحصى ورمال سيئة التصنيف ومتنوعة منها الرسوبي والإندفاعي ((Mouty (197) , (1943– 1941) Dubertret , التحريات الهيدرولوجية (1979) , مذكرة صافيتا (1980)).

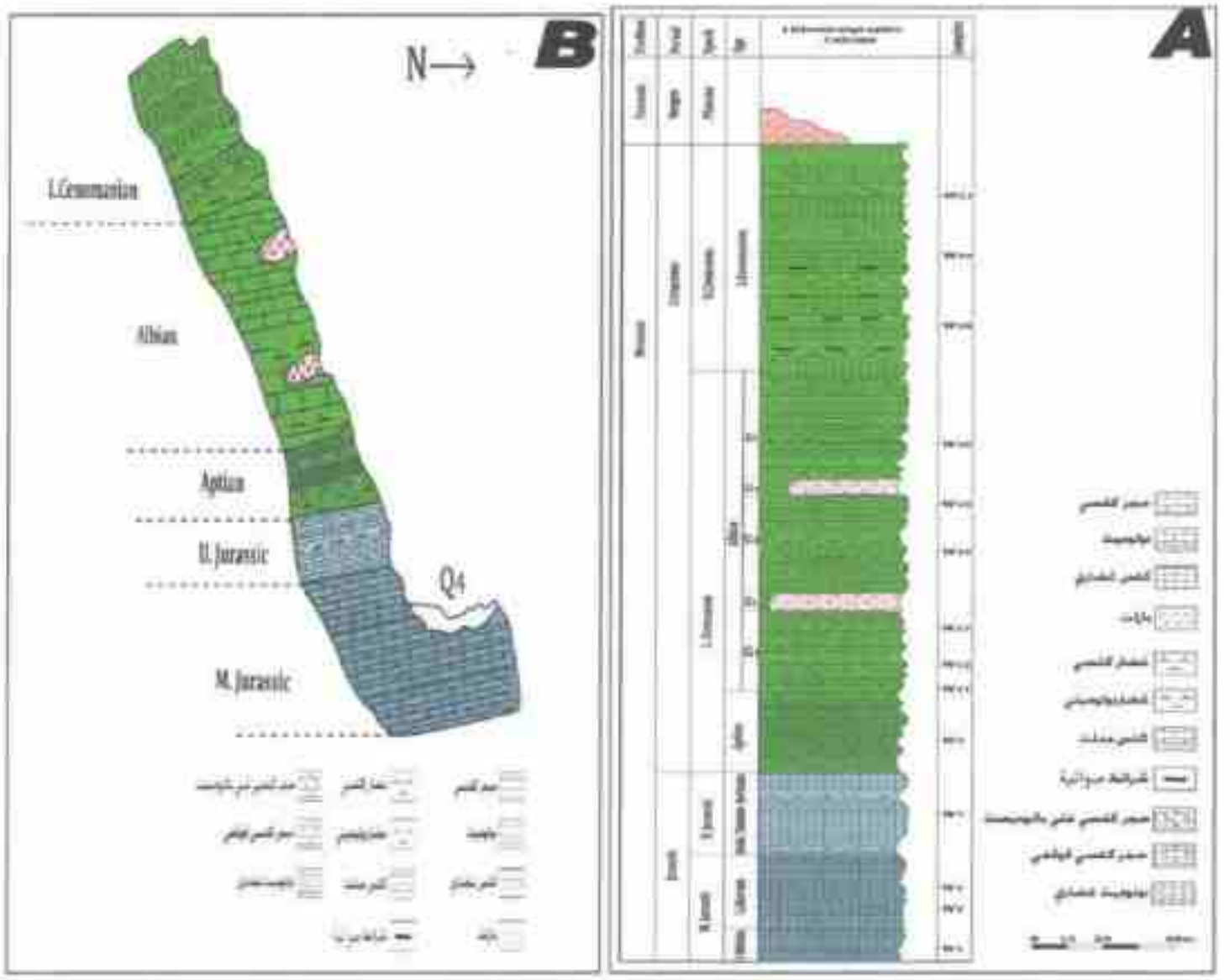
سمحت لنا الدراسة الحقلية جمع العينات المستحاثية والبتروغرافية والكيميائية للدراسة المخبرية. بحيث غطت كافة الطوابق والتشكيلات من الأعمار المختلفة، وكذلك الأنواع البتروغرافية المختلفة.

4-3 الليتوستراتغرافيا

سنلقي الضوء على مكونات العمود الطبقي للمنطقة من أقدمه حتى التوضعات الحديثة، من خلال مقاطع مدروسة في الحقل (الشكل3- A)، ومحددة مكوناتها مخبرياً بتحديد العمر والتركيب.

4-3-1 الجوراسي

يتكون الجوراسي في المنطقة من الجوراسي الأوسط والأعلى، بينما لا يتكشف الجوراسي الأسفل. تم تقسيم دور الجوراسي إلى طوابق وتحت طوابق بالاعتماد على الليتولوجيا والتقسيمات الباليونتولوجية للجوراسي في المنطقة الساحلية من قبل (Mouty. (1996) , Kuznetsova et al. (1976) Dubertret. (1937)).



الشكل (3) العمود الليتوستراتغرافي العام لمنطقة وادي العيون (A) و مقطع جيولوجي فيه (B)

4-3-1-1 الجوراسي الأوسط

يبدأ المقطع بطابق الباتونيان الأعلى بسماكة (17م)، وهو مكون من كلس قاسي أبيض أفانيتي ذو لون كريمي، توجد فيه ثلوم طولية باتجاه الأسفل ناتجة عن فعل المياه السطحية. يليه باتجاه الأعلى تناوب غضار كلسي وكلس عقدي مدلمت قليلاً. المظاهر الكارستية غير موجودة لأن الليثولوجيا غير مناسبة. حجر كلسي ناعم مبلور، منلم ومحزز وتبدو آثار الانحلال فيه على السطح الخارجي بشكل واضح. إن التحليل الكيميائي للعينة الصخرية (I – C – W). أكد بأنها حجر كلسي (الجدول 1). تظهر بعض الدولينات والحفر المملوءة في معظمها بالتربة الحمراء والحصى (Cvijic, 1901). في نهاية التشكيلة تظهر طبقات من كلس مبلور قليلاً ذو لون كريم يحوي صفحيات غلاصم وعقد صوانية، تأخذ أحياناً أشكال عدسية تقل فيه نسبة الصوان نحو الأعلى. تبدو آثار الانحلال واضحة على السطح مع تفاوت واضح في نسب هذا الانحلال، لتفاوت شروط الكرستة الأساسية على الصخر، ويلاحظ وجود دولينات ضيقة ومتطاولة مملوءة في الغالب بالتربة الحمراء والحصى.

يتوضع طابق الكالوفيان فوق الباتونيان بسماكة (37م) وهو ممثل بشكل كامل في الجبال الساحلية Kuznetsova. et al (1996). يبدأ بكلس ذو لون كريمي يحوي مستحاثات، مبلور في القسم الأوسط، يحوي عروق من الأراغونيت. العمليات الكارستية نشيطة والكتل الكلسية بارزة على شكل جدر ومجزأة بشكل شاقولي، يتحول بعضها فيما بعد إلى حقول من اللابيز. يتغير في الاتجاه الأفقي إلى كلس مدلمت على شكل صخور بارزة وناقرة (لابيز) منلمة وحاوية على حفر

وتجاويف، إن التحليل الكيميائي للعينة الصخرية (2 – C – W). أكد بأنها حجر كلسي مدلمت قليلاً (الجدول 1). يليه باتجاه الأعلى صخر كلسي قاسي يحوي بلورات من الأراغونيت كبيرة الحجم نسبياً، وتظهر آثار الانحلال بشكل واضح على السطح، تم سحب عينة للدراسة البتروغرافية (3 – P – W). ثم يعود التتابع الكلسي المدلمت جزئياً يحوي بقايا هياكل معدنيات أرجل وأشنيات، تبدو معظم الأجزاء الصخرية نافرة ومقاومة لعمليات الحت الميكانيكي، هذا ما يؤدي إلى ظهور أشكال التكيفات ذات الحجوم المتوسطة والصغيرة، سحبت عينة من الحجر الكلسي المدلمت للتحليل الكيميائي (4 – C – W). تتغير الليثولوجيا إلى غضار كلسي يحوي عقد أراغونيتية واضحة يضم بشكل بيني طبيقات رقيقة من الحجر الكلسي، يدل وجود هذه العقد على توافر محاليل مائية غنية بكربونات الكالسيوم تمر من خلال الطبقة وتقوم بتغذية العقد، تم سحب عينة للدراسة المستحاثية (5 – S – W). ينتهي الكالوفيان وبالتالي الجوراسي الأوسط بحجر كلسي قاسي ذو لون كريمي، على شكل جدر صخرية بارزة، تظهر على سطوحها الخارجية الثلوم والحفر والدوليتات الشاقولية الضيقة.

4-3-1-2 الجوراسي الأعلى:

ينكشف الجوراسي الأعلى بطابق الأكسفورديان بسماكة من (54 – 68) م. والمكون من غضار كلسي رمادي مصفر يحوي قليلاً من العقد الأراغونيتية، سحبت عينة للدراسة المستحاثية (6 – S – W). يليه جدار كلسي كتلي أبيض مكّسر يظهر بشكل مصفر يحوي أشواك شوكيات جلد، مجزأ بشكل شاقولي، توجد ضمن بعض الحفر السطحية بلورات نامية من الأراغونيت تنمو باتجاه الداخل. يعتبر طابق الكامبردجيان مفقود، وخاصة في الجزء الجنوبي من الجبال الساحلية بحسب (Kuznetsova. et al 1996). يعلو الأكسفورديان طابق التيتونيان – بيريزيان بسماكة (68 – 95) م. وهو عبارة عن تشكيلة مكونة من طابق التيتونيان العائد للجوراسي الأعلى وطابق البيريزيان العائد لطابق النيوكوميان، يوجد هذا الطابق بشكل غير كامل في أجزائه العليا نتيجة الحت أثناء الطفو في النيوكوميان بعد طابق البيريزيان (Kuznetsova. et al 1996). مكون ليثولوجياً من كلس قاسي مبلور أحياناً يحوي عروق أراغونيتية مع بعض العقد الصوانية وبقايا أشنيات، جدر صخرية ضخمة، لعبت الأودية المتعمقة دوراً مهماً في جعل حواف الجدر شاقولية باتجاه الوادي وحفر المجاري المائية ضمن الصخر (الشكل 4).

الشكل (4) مقطع الجوراسي الأعلى على شكل جدر الكشبة والحد مع الأبسيان

تم سحب عينة من الحجر الكلسي القاسي للتحليل الكيميائي (W – C – 7). يليه غضار كلسي أصفر اللون يحوي عقد أراغونيتية صغيرة الحجم. في القسم الأعلى من التشكيلة يوجد كلس قاسي على شكل جدر، تظهر الحفر والتحززات والثلوم والدوليتات الشاقولية التي قد تكون مملوءة بالتراب الحمراء والحصى الناتجة عن تضافر العمليات الكارستية مع الليثولوجيا (Retallack. 1997) ، يلاحظ وجود بعض التكهفات صغيرة الحجم خلال الطبقة.

4-3-2 الكريتاسي

تتكشف صخور الكريتاسي بشكل واسع في منطقة الدراسة، وهي عبارة عن صخور كربوناتية يتخللها اندفاعات بركانية في الألبيان والسينومانيان.

تتوضع طبقات الألبيان فوق طبقات الجوراسي الأعلى بعدم توافق لوجود ثغرة ستراتغرافية، يغياب توضعات النيوكوميان في معظم مقاطع الساحلية بشكل كامل، وأحياناً بشكل جزئي، نتيجة حدوث فترات طفو في معظم المناطق وحدوث حت لرسوبات بعضها الأخر.

(Dubertret . 1941 – 1943) (Ponikarov et al 1967). أما الألبيان تبلغ سماكته الإجمالية (95 – 136) م. تخلو طبقاته من معظم المظاهر الكارستية، إلا بعض الطبقات القاسية الكلسية المدلمتة تظهر القليل من الحزوز والثلوم القليلة. يتكون من حجر غضاري مدلمت أخضر رمادي وبني رمادي، يتناوب حجر كلسي دلوميتي رملي غلوكونيتي يحوي نيرينيا وأوستريا. يليه غضار بني رمادي دولوميتي، سحبت عينة للدراسات المستحاثية (W – S – 8). في القسم الأعلى يتناوب حجر كلسي رمادي بيوكلاستي مع حجر كلسي مدلمت قليلاً أفانيتي، سحبت عينة من الحجر الكلسي المدلمت للتحليل الكيميائي (W – C – 9). وغضار كلسي مدلمت أخضر رمادي. تتوج هذه التشكيلة بحجر كلسي مدلمت قاسي جداً، سحبت عينة للدراسات البتروغرافية (W – P – 10).

أما طابق الألبيان ذو السماكة الإجمالية الأكبر والبالغة (136 – 294) م. تم تقسيم طابق الألبيان إلى مجموعات رسوبية من الأقدم إلى الأحدث، بالاعتماد على الليثولوجيا والخصائص الكارستية للصخور في المنطقة.

المجموعة الأولى: بسماكة حقيقية (136 – 176) م، مكون من دولوميت على شكل جدر بارزة، تبدو فواصل الطبقات مجولة ومملوءة بالتراب الحمراء والصخور الطرية، يلاحظ انتشار لعدد من الينابيع الدائمة الموسمية والدائمة، سحبت عينة دلوميتية للتحليل الكيميائي (W – C – 11). تعلوها سماكات قليلة من الغضار الدولوميتي الأخضر، الخالي من المظاهر الكارستية. ثم حجر دولوميتي قاسي ومتطبق، يحوي على العديد من التكهفات ضمن الجدر الصخرية (الشكل 5- A).

الشكل (5) مقطع جيولوجي بين الأبسيان وأسفل الألبيان (A) و توضعات البازلت ضمن طبقات الألبيان الكربوناتية (B)

يتناوب بعد ذلك مع الغضار المدلمت و كلس دولوميتي قاسي، على شكل جدر بارزة معرضة بشكل جيد لعوامل الحت والحل، وتوجد كميات قليلة من الترب الحمراء، سحبت عينة للتحليل الكيميائي (W – C – 12)، ويتواجد بعض الحفر على سطح الصخر مملوءة ببلورات الأراغونيت. ثم غضار كلسي مدلمت، سحبت عينة صخرية للتحليل الكيميائي (W – C – 13). تنتهي هذه المجموعة بحجر كلسي مدلمت بارز متلم ومخرش وحاوي على تكهفات شاقولية معظمها مليء بالترب الحمراء والحصى.

المجموعة الثانية: بازلت أوليفيني فاسد يحوي على بعض الأجزاء الطازجة، تلعب التوضعات البازلتية دوراً هاماً في العمليات الكارستية كطبقة كتيمة، وتشكل في الأجزاء التي تعلوها نطاق ينابيع (الشكل 5- B).

المجموعة الثالثة: حجر كلسي مدلمت قاسي. مخرش ومتلم وحاوي على تكهفات في الأجزاء الطرية، يوجد بشكل واضح آثار حت وحل المياه الجارية، هذه الطبقات التي تعلو توضعات البازلت هي نطاق جيد للينابيع الموسمية والدائمة ذات التصريف الجيد، والتي يعتمد عليها لغاية الشرب والسقاية في المنطقة. تتناوب مع غضار مدلمت، يليها نحو الأعلى حجر كلسي مدلمت قليلاً، يلاحظ الانتشار الكثيف لحقول اللابيز والترب الحمراء المتوضعة بشكل بيني ضمن صخور اللابيز، سحبت عينة صخرية للتحليل الكيميائي (W – C – 14). ثم دولوميت كتلي بارز معرض بشكل بسيط للعمليات الكارستية ذات الانتشار الضعيف في المنطقة، سحبت عينة دلوميتية للتحليل الكيميائي (W – C – 15).

المجموعة الرابعة: طف بازلتي هورنبلاندي فاسد في معظمه.

المجموعة الخامسة: غضار مدلمت أبيض مصفر قليلاً، يتناوب مع دولوميت قاسي مشقق تنتشر فيه المظاهر الكارستية بشكل معتدل ويحوي العديد من الينابيع المائية الموسمية في معظمها، تنخفض نسب الدلمتة ليتحول إلى كلس مدلمت قاسي متطبق، يحوي على تكهفات شاقولية ودولينات مملوءة بالترب الحمراء، تتحول هذه الطبقة جانبيا إلى حقول من اللابيز، (الشكل 6).

الشكل (6) مقطع جيولوجي للصخور الكاربوناتية في الألبيان والسينومانيان الأسفل

سحبت عينة صخرية من حقول اللابيز للتحليل الكيميائي (W – C - 16)، يليه باتجاه الأعلى تناوب من حجر كلسي قاسي

وحجر كلسي مدلمت، حاوية على مظاهر التحززات والتلوم بالإضافة لانتشار التكهفات الشاقولية والدوليدات والحفر بشكل متفاوت بين السحن المختلفة، يليه حجر كلسي قاسي متماسك، وحجر كلسي عضوي، السطح الخارجي محفر ومثلم، يظهر بشكل واضح التأثير الشديد للعمليات الكارستية على الصخر الكلسي. مع تزايد نسبة الغضاريات يتغير إلى كلس غضاري مدلمت طري تنعدم فيه المظاهر الكارستية.

أما طابق السينومانيان فهو أحدث الأعمار المنكشفة، تتغير سماكته بسبب عمليات الحت، وتبلغ السماكة في المنطقة (212م)، يبدأ بحجر كلسي غضاري كتلي قليلاً مستحاثي، يحوي على أوستريا دقيقة تمثل قمة البلاطة، يوجد آثار واضحة للانحلال من تخرشات وحفر مختلفة الأحجام والأشكال. يليه غضار كلسي أبيض مصفر متفتت، سحبت عينة للدراسات المستحاثية (W – S – 17)، يتناوب مع كلس غضاري متطبق أبيض، يحوي على جيودات صغيرة الحجم من الأراغونيت (الشكل 7– A)، وتوجد عدسات رقيقة من الصوان، المظاهر الكارستية معتدلة وغير بارزة.

يليه حجر كلسي بيومكريتي قاسي مشقق ومكسر ومعرض بشكل كبير للعمليات الكارستية، في الامتداد الجانبي يتحول إلى حقول مبعثرة من اللابييز ضمن توضعات من التراب الحمراء. ثم جدر بارزة من الحجر الكلسي يحوي على أعداد قليلة من الروديست، معرض بشكل جيد لعمليات الانحلال والحت، ويلاحظ تواجد لعروق من الأراغونيت في أسفل الصخور حيث حركية المحاليل المائية ضعيفة، سحبت عينة للتحليل الكيميائي (W – C – 18). يليه حجر كلسي مع رفوف وشرائط من الصوان، يتناوب مع كلس غضاري مدلمت قليلاً متطبق مبعثر وكتله سائبة ضمن التراب الحمراء. تتزايد بالاتجاه للأعلى نسبة الغضار الكلسي المتفتت ذو اللون الأبيض المصفر ويحوي على جيودات صغيرة الحجم من الأراغونيت. ثم جدار كلسي مستحاثي يحوي على جيود وصوان، مجزأ ومكزمت بشدة، معظم أجزائه سائبة، ويتناوب مع كلس غضاري كتلي مدلمت قليلاً، سحبت عينة من الحجر الكلسي الغضاري المدلمت (W – C – 19). يتغير إلى غضار مدلمت ذو لون أبيض مصفر، ثم حجر كلسي تظهر بشكل واضح آثار الانحلال وتشكل الحفر التي تشكلت فيها بلورات الأراغونيت، سحبت عينة صخرية للدراسات البتروغرافية (W – P – 20). تصبح الطبقات طرية من غضار كلسي وكلس غضاري متطبق مع مستويات رقيقة من الصوان (الشكل 7–B) مفككة ومنحلة وانتشار واسع للتراب الحمراء الحاوية على الحصى بشكل كبير.

الشكل (7) جيود من الأراغونيت ضمن السينومانيان الأسفل (A) و رفوف وعدسات من الصوان ضمن طبقات من الكلس الغضاري (B)

تصبح الطبقات أكثر قساوة ومكونة من حجر كلسي كتلي مدلمت قليلاً، على شكل جدر قليلة الارتفاع عن سطح الأرض ومعرضة بشكل جيد لعمليات الكرستة، سحبت عينة صخرية للتحليل الكيميائي (W – C – 21). يتناوب بعدها الكلس الغضاري والغضار الكلسي مع بعض من السويات الصوانية. تنتهي توضعات السينومانيان الأسفل على شكل صخور لابيز من حجر كلسي، على شكل كتل مختلفة الأحجام متفرقة ومبعثرة ضمن توضعات التربة الحمراء.

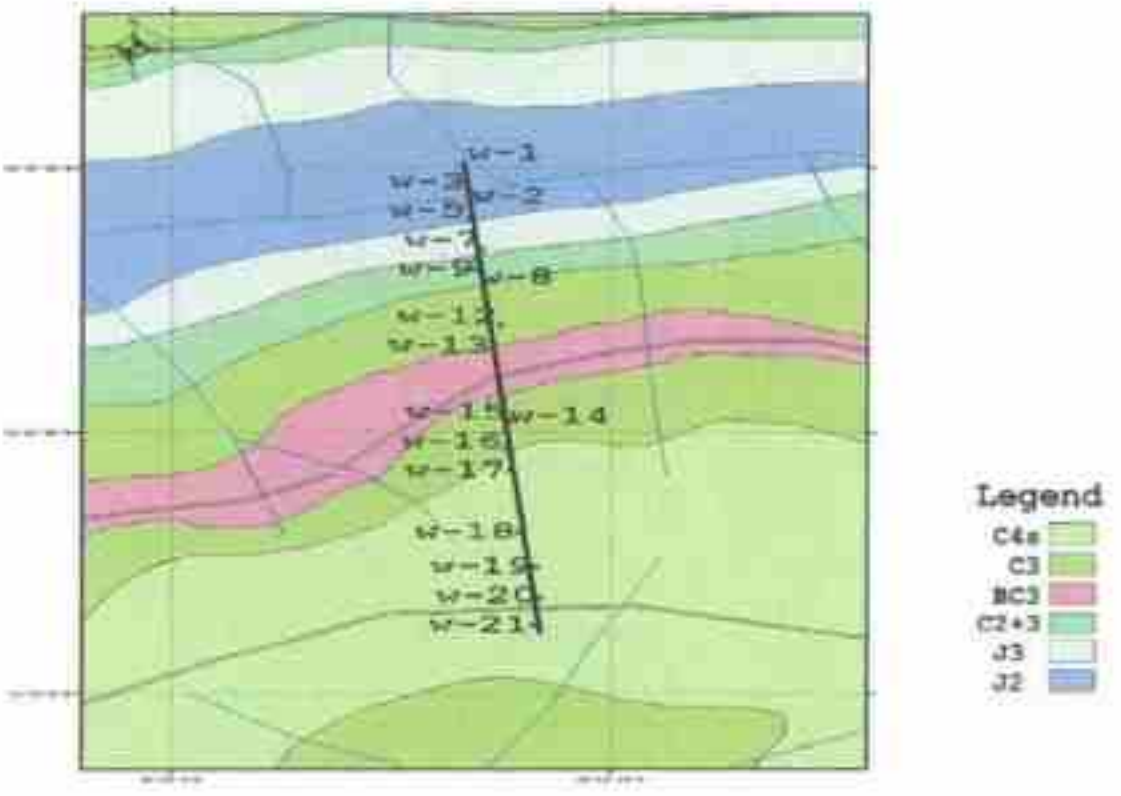
4-3-3 النيوجين والرباعي

النيوجين في المنطقة هي عبارة عن توضعات بازلتية مغطية تعود للبليوسين مختلفة السماكات، تتواجد غالباً على القمم الجبلية، خالية من أي نوع من المظاهر الكارستية، لكنها ذات تأثير إيجابي وسلبي على العمليات الكارستية في المنطقة.

والرباعي عبارة عن لحقيات نهرية وسيلية ذات تصنيف سيئ ولحقيات كعاب جبال، تلعب التوضعات الرباعية دوراً هاماً كطبقة ناقلة ونفوذة، تساهم في تغذية المياه الجوفية.

4- 4 الدراسات المخبرية

للوقوف على الطبيعة البتروغرافية لبعض التشكيلات المثيرة للجدل، وتحديد بعض الأعمار فقد أجريت دراسات مستحاثية وبتروغرافية وجيوكيميائية. وحددت مواقع هذه العينات على الخريطة الجيولوجية (الشكل 8).



الشكل (8) خريطة جيولوجية لمنطقة الدراسة تبين مواقع العينات الصخرية

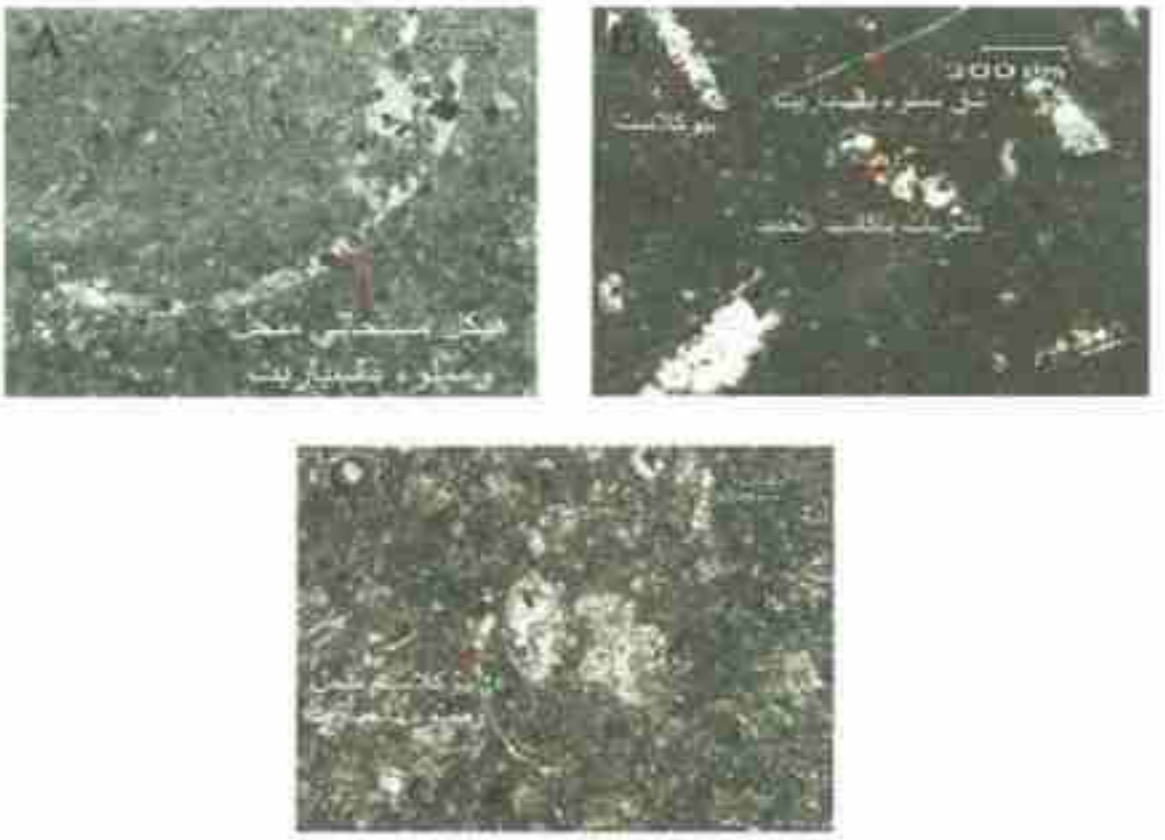
4-4-1 الدراسات البتروغرافية

أجريت دراسة مجهرية لبعض العينات التي أثارت شكوكاً في نوعيتها من خلال الوصف الليثولوجي (الشكل 9) للتأكد من طبيعتها.

العينة W – P – 3 : عينة صخرية كلسية، بينت الدراسة المجهرية أنها بيومكريتية مشربة بشكل ضعيف بأكاسيد الحديد مع سيلسة جزئية في أجزاء متفرقة، كما تحوي على هياكل مستحاثية من الفورامينيفيرا مع إملاء سباريتي لهذه الهياكل، وبقايا من شوكيات الجلد، لوحظ وجود بعض العروق المتشكلة لاحقاً المملوءة بالسباريت، يعتقد أنها قد ترسبت ضمن بيئة بحرية ضحلة وطاقة وسط منخفضة، (الشكل 9 – B).

العينة W – P – 10 : صخر كلسي بيوميكريتي مدلمت بشكل جزئي، يحوي على بعض الفراغات الانحلالية بين الحبات وهياكل مستحاثية منحلة ومعاد تبلورها وإملاؤها بالسباريت قد تكون من صفيحات الفلاصم، وبيئة الترسيب بحرية ضحلة هادئة (الشكل 9 – A).

العينة W – P – 20 : عينة صخرية كلسية بيومكريتية مشربة قليلاً بأكاسيد الحديد مع سيلسة جزئية في أجزاء متفرقة منها. كما تحوي على هياكل مستحاثية من الفورامينيفيرا مملوءة بالسباريت في وسط هادئ ضحل، وقد لوحظ أيضاً أن هذا السباريت يملأ بعض العروق التي تخترق هذا الصخر، يعتقد أن هذه السحنة الكلسية قد ترسبت ضمن بيئة بحرية هادئة ضحلة (الشكل 9– C).



الشكل (9) صور بتروغرافية مجهرية

صخر كلسي بيومكريتي مدلمت (A)، صخر كلسي بيومكريتي مشرب بأكاسيد الحديد (B)، صخر كلسي بيومكريتي (C)

4-4-2 الدراسات المستحاثية

أجريت دراسة مستحاثية بقصد الوقوف على بعض الطوابق غير الواضحة من حيث تقسيماتها.

العينة W – S – 5 : عينة من المارل المتناوب مع طبقات كلسية وأحياناً دولومينية تحوي المستحاثات التالية:

Kurnubia palastiniensis HENSON, ***Nautiloculina circularis*** , ***Terebratules***.

العينة W – S – 6 : عينة من الكلس الغضاري تحوي المستحاثات التالية:

Kurnubia Palastiniensis HENSON, ***Kurnubia jurassic*** HENSON ***Pseudocyclammina powarsi*** REDSOND, ***Haplophragmoides*** sp.

العينة W – S – 8 : غضار مدلمت يتناوب مع الدلوميت والكلس المدلمت خالية من المستحاثات بسبب عملية الدلمنة.

العينة W – S – 17 : غضار كلسي أبيض يتناوب مع الحجر الكلسي الغضاري:

Ovalveolina maccagnoi DE CASTRO, ***Nezzazata simplex*** OMARA, ***Cuneolina pavonia*** D'ORB, ***Pseudedomia viallii*** COLALONGO, ***Miliolidae***, ***Textulariidee***, Ostracodes, Lamellibranches, Echinodermes.

4-4-4 التحاليل الكيميائية

أجريت هذه التحاليل للوقوف على طبيعة بعض الصخور التي أثارت في ترتيبها بسبب مظهرها والتحولات الكارستية التي أصابتها. يوضح (الجدول 1) نتائج هذه التحاليل التي أجريت على الصخور الرسوبية.

الجدول (1) التحاليل الكيميائية للعينات الصخرية

TiO_2	SiO_2	So_3	P_2O_5	Na_2O	Mn_2O_3	MgO	K_2O	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3	L.O.I	الأكاسيد العينات
0.02	0.76	0.88	0.02	0.11	<0.02	1.58	0.01	0.18	52.93	O. 52	43.3	W-C-1
0.03	1.05	1.25	0.03	0.06	<0.02	0.24	0.011	0.32	45.93	1.13	44.36	W-C-2
0.04	1.76	0.94	0.02	0.08	<0.02	7.25	0.01	0,18	44.42	0.86	45.14	W-C-4
0.03	0.92	0.82	0.02	0.08	<0.02	2.12	0,012	0.23	50.64	1.08	45.76	W-C-7
0.02	2.43	0.46	0.04	0.07	<0.02	12.42	0.01	0.25	40.06	0.64	43.24	W-C-9
0.03	1.14	0.86	0.02	0.06	<0.02	17.84	0.012	0.16	35.42	0.54	44.26	W-C-11
0.04	1.68	1.08	0.02	0.08	<0.02	10.72	0.01	1.32	40.18	0.78	45.44	W-C-12
0.03	5.78	1.12	0.03	0.12	<0.02	8.92	0.01	0.24	33.86	3.74	46.14	W-C-13
0.02	0.86	0.76	0.03	0.1	<0.02	12.75	0.012	0.28	39.46	0.8	44.86	W-C-14
0.03	0.68	0.52	0.02	0.07	<0.02	18.28	0.01	0.23	34.26	0.52	44.8	W-C-15
0.03	1.22	0.63	0.03	0.09	<0.02	12.66	0.008	0.21	38.94	0.42	45.64	W-C-16
0.04	0.96	0.52	0.04	0.1	<0.02	1.84	0.014	0.34	50.28	0.76	45.06	W-C-18
0.03	3.42	1.25	0.03	0.12	<0.02	9.48	0.01	0.28	35.58	1.92	46.28	W-C-19
0.03	1.56	1.08	0.03	0.1	<0.02	7.86	0.009	0.28	42.75	0.67	45.84	W-C-21

أظهرت الدراسات المخبرية النتائج التي ذهبنا إليها في بناء العمود الليتوستراتغرافي سواء من حيث التركيب أو من حيث العمر، كما هو موضح بالشكل (2)، فهذه التشكيلات تعود لعمر الجوراسي الأوسط حتى السينومانيان الأسفل، وتركيبها يتدرج من الحجر الكلسي وحتى الكلسي المدلمت والدلوميت بالإضافة لوجود كميات قليلة من الغضاريات، وتأثير العمليات الكارستية على الصخور الكربوناتية تبعاً لنسب أكاسيد الكالسيوم والمغنيزيوم.

5- المناقشة والاستنتاجات

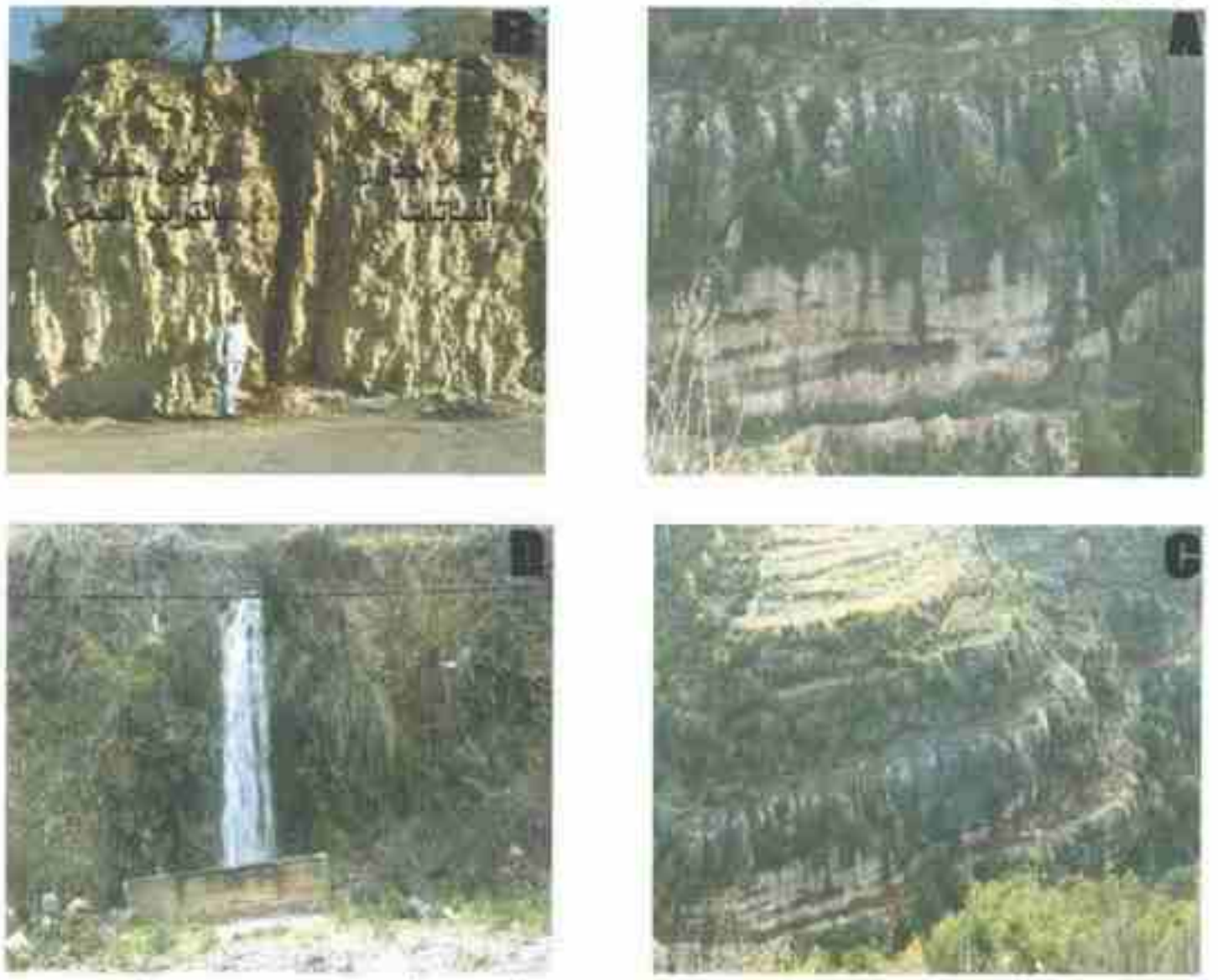
تسمح الدراسات المنفذة، الحقلية منها والمخبرية، بالوقوف على فهم المظاهر الكارستية وأثرها على الهيدرولوجيا والهيدروجيولوجيا، وكذلك فهم دور التكتونيك في تنشيط هذه العمليات.

5-1 المظاهر الكارستية

تنتشر في المنطقة مظاهر كارستية متنوعة: المغاور، الجدر الصخرية، الأودية المتعمقة، الدولينات، اللابيز، وقد ساهمت العوامل الجيولوجية المختلفة في تنشيط العمليات الكارستية وتطورها في الاتجاهين الأفقي والشاقولي. نلقي الضوء عليها:

- الليتولوجيا: تلعب دوراً رئيسياً في مجمل العمليات الكارستية، بحيث تكون الصخور الكلسية في مقدمة الصخور المعرضة للكرستة، تليها الصخور الكلسية المدلمتة وتتناقص مع تزايد الدلوميت في الصخر، تتناقص شدة عمليات الكرستة بشكل كبير مع تزايد نسبة الغضاريات في الصخر الكربوناتي.

- الأودية المتعمقة: تساهم المياه السطحية الجارية في تشكيل الأودية المتعمقة التي تساهم في تكشف الطبقات الصخرية نتيجة حت وحل الصخور الأحدث باتجاه الأقدم، وبالتالي تعرضها لمدة زمنية أكبر للعمليات الكارستية (الشكل10- A).
- وتلعب النباتات دور بيوفيزياكيميائي في تسريع وتطوير العمليات الكارستية السطحية والقريبة من السطح، من خلال الفعل الميكانيكي للجذر والساق ومفرزات الجذور، وبقايا النباتات الكيميائية التي تساهم بشكل كبير في عمليات الحل (الشكل 10- B).
- المناخ: يعتبر المناخ الدافئ والرطب من أفضل البيئات لتطور المظاهر الكارستية، تتعرض المنطقة الساحلية لهاطل مطري من النوع الغزير يزيد عن (1000) مم \ السنة (الأرصاد الجوية 1963- 2000)، الحرارة معتدلة شتاءً، وحار رطب صيفاً.
- الطبوغرافيا: يلعب الانحدار الشديد دورا في حركية المياه، وتوزع المظاهر الكارستية السطحية، يبلغ فرق الارتفاع بين الوادي (بداية المقطع) وقمة الجبل (نهاية المقطع) حوالي (550م)، الانحدار شديد يصل حتى (75) درجة تتحول عندها معظم حقول اللابيز إلى جدر صخرية شبه شاقولية، بشكل متدرج، وتدل الجدر المتدرجة على مراحل تعمق الأودية (الشكل 10- C)، ويتزايد الجريان السطحي على حساب الرشح والترسب إلى باطن الأرض، يغلب الحت الميكانيكي على حساب الحل الكيميائي.



الشكل (10) مظاهر كارستية: جدر صخرية تشير لنشاط العمليات الكارستية في تعمق الأودية (A)، تأثير جذور النباتات في صخور الأفيان (B)، جدر صخرية نتجة عن تعمق الأودية الكارستية (C)، نبع (الكان) في أسفل الأفيان (D)

هذه العوامل مجتمعة أدت إلى انتشار مظاهر كارستية متنوعة، يوضح أهمها (الشكل10).

في ضوء ما تقدم أمكن الوقوف على أهمية الشبكات الكارستية: المتشكلة نتيجة وجود تتابع طبقي من طبقات مكرستة وطبقات كتيمة غير مكرستة.

- شبكة كارستية مغلقة ضمن الجوراسي، لوجود طبقات من الغضار المدلمت التابع للأبسيان الكتيم، الذي يمنع رشح وتسرب المياه لطبقات الجوراسي، يتشكل الحامل المائي للجوراسي الغزير من خلال الهاطل المطري فوق طبقات الجوراسي المتكشفة وتتحرك ضمنه لتلتقي بسطح الأرض لتخرج على شكل ينابيع.
- شبكة كارستية مغلقة ضمن القسم السفلي من الألبيان، يحدها من الأعلى التوضعات البازلتية الفاسدة الكتيمة، ومن الأسفل طبقات الأبسيان، تعتبر هذه الشبكة معتدلة الغزارة بسبب قلة السماكة الإجمالية ومحدودية التكشف على السطح مع وجود انحدار طبوغرافي كبير.
- شبكة كارستية شبه مغلقة في القسم العلوي من الألبيان، يحدها من الأعلى طبقات السينومانيان المكرستة، وبعض عدسات من المارل، ومن الأسفل التوضعات البازلتية الفاسدة، هذه الشبكة غنية بالمياه نتيجة رشح مياه السينومانيان إليها بالإضافة لمياه أعلى الألبيان.
- شبكة كارستية مفتوحة في أسفل السينومانيان، في الأعلى غالباً ما تكون متكشفة على السطح، وفي الأسفل متصلة هيدروليكيا مع الألبيان، تعتبر هذه الشبكة فقيرة بالمياه الجوفية.

5-2 أثر المظاهر الكارستية على الهيدرولوجيا والهيدروجيولوجيا

ساهمت الجيومورفولوجيا الكارستية في حركية المياه السطحية من جهة، وتدفق العديد من الينابيع في المنطقة. من المعلوم أن الهاطل المطري في منطقة الدراسة يعتبر كبيراً، يصل كما ذكرنا سابقاً (1000) مم \ سنة، وهذا الهاطل بالإضافة إلى وجود المظاهر الكارستية بسبب غياب السدات والسدود والبحيرات الجبلية (Bilal and Ammar 2001, Bilal 2011). أما الينابيع فهي منتشرة في المنطقة بكثرة، بالاعتماد على توزع وأنواع الشبكات الكارستية. في الجوراسي تظهر الينابيع نتيجة التقاء القنوات والممرات المائية مع السطح الطبوغرافي للأرض دونما وجود أي نطاق واضح ضمن الجوراسي. أما الأبسيان فتخلو هذه الطبقات من وجود الينابيع، يظهر في الطبقات المتكشفة بعد الهاطل المطري عمليات النتح. في الألبيان يوجد نطاقين للينابيع، الأول في الجزء الذي يعلو الأبسيان (الشكل 10- D)، وهو متوسط الغزارة ويغلب وجود الينابيع الموسمية على حساب الينابيع الدائمة، والثاني يعلو التوضعات البازلتية الفاسدة ينتشر هذا النطاق على مجال واسع وينابيعه غزيرة ودائمة في معظمها ويعتمد عليها في الحصول على مياه الشرب والزراعة. وأخيراً السينومانيان الأسفل الذي يندر وجود الينابيع في طبقاته، إلا بعد حدوث الهاطل المطري، يلاحظ انتشار لينابيع ذات غزارات ضعيفة تستمر لأوقات قليلة تعود لتتسرب وترشح ضمن الصخور والترب الحمراء.

بالنسبة للهيدروجيولوجيا فإن المظاهر الكارستية الجوفية، تلعب دوراً هاماً في حركية المياه الجوفية، وبالتالي تشكل الحوامل والطبقات والتشكيلات المائية.

إن النظام الهيدروجيولوجي في المنطقة معقد (التحريات الهيدروجيولوجية 1979)، لانتشار المظاهر الكارستية الجوفية من تجاويف وأقنية ومغاور، يندر وجود الحوامل المائية وخصوصاً في السينومانيان والألبيان والأبسيان بسبب النشاط الكارستي

الكبير فيها، أما بالنسبة للجوراسي فيعتبر حامل غني للمياه الجوفية في المنطقة بسبب عدم تعرض الأجزاء السفلية منه لعمليات كارستية شديدة.

3-5 التكتونيك والكارست

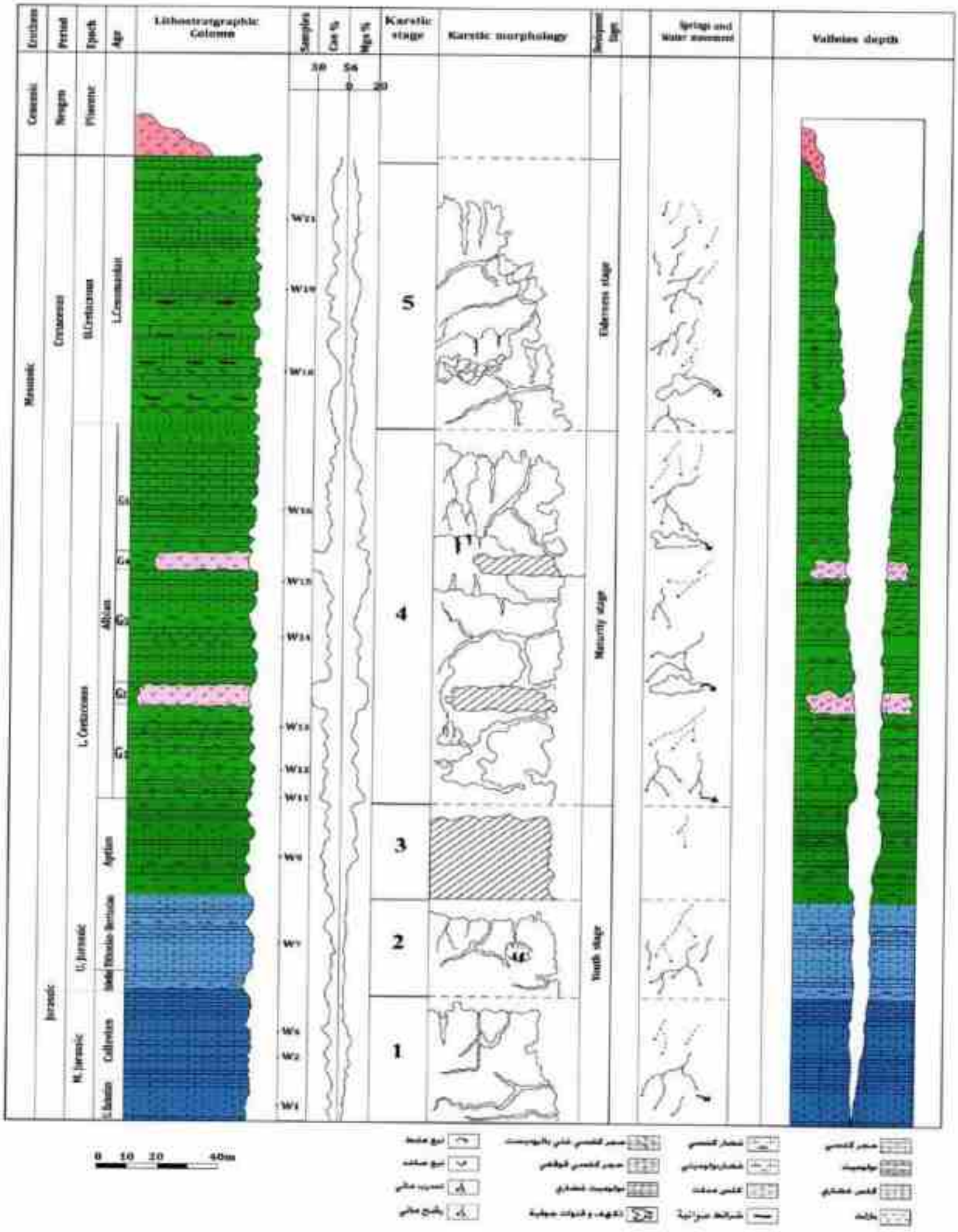
ساهم التكتونيك منذ حدوث الطفو في تحديد اتجاه وحركية العمليات الكارستية، أدى وجود الطيات وبعض الفوالق الريشية إلى رسم الملامح الرئيسية للمورفولوجيا العامة للمنطقة الساحلية نتيجة العمليات الكارستية حتى الوقت الحالي.

تسمح الدراسات السابقة في وضع موديل عام للمنطقة، يوضح مراحل بدء وتشكل العمليات والمظاهر الكارستية (Gvijic ,1921).

ففي مرحلة الشباب الكارستية يمكن تمييز ثلاثة مراحل زمنية هي:

1. المرحلة الأولى: ساهمت مياه الهاطل المطري بشق مجاري سطحية على طبقات السينومانيان الكربوناتية المتكشفة على السطح، وذلك حسب الميل الطبوغرافي والفوالق باتجاه الغرب، في هذه المرحلة انتشرت المجاري السطحية والأنهار، ورسمت الملامح الأساسية لطبوغرافية المنطقة.
2. المرحلة الثانية: تشكلت بعض المظاهر الكارستية السطحية، نتيجة رشح كمية قليلة من مياه الهاطل المطري والمياه الجارية إلى الطبقات الصخرية في الأسفل، عملت المياه الراشحة على حل أجزاء من الصخر الكربوناتي بالاتجاه الشاقولي، أما حركة المياه السطحية فقد عمقت المجاري التي تسلكها نتيجة حت وحل الصخور ونقل الأجزاء الصخرية من مكانها.
3. المرحلة الثالثة: استمرت المظاهر الكارستية في المراحل السابقة بالتطور، مع تزايد كميات المياه الراشحة على حساب المياه الجارية، تعمقت المظاهر الكارستية ضمن النطاق غير المشبع، وتشكلت القنوات الناقلة للمياه مع استمرار الحل الكيميائي بالاتجاهين الأفقي والشاقولي، في هذه المرحلة تجمعت المياه الراشحة في باطن الأرض نتيجة ثقالتها بسطوح كتيمة (اختلاف ليتوستراتغرافي) تتشكل مستويات مائية جوفية، يرتفع منسوب المياه مع تزايد تغذية المياه الراشحة من سطح الأرض.
4. مرحلة النضج: تتشكل نواة الشبكات الكارستية في الاتجاهين الأفقي والشاقولي، تتصل القنوات والمظاهر الجوفية مع بعضها البعض، يتشكل في الجزء الأعلى من المياه الجوفية انحلال في الصخور الكربوناتية تمثل نواة المغاور، تتحد المغاور الصغيرة مع ازدياد الانحلال لتشكل مغارة كبيرة (Ricci-Lucchi, F. 1995)، في هذه المرحلة تنشط عمليات الحل وتتعدم عمليات الحت والترسيب، تتغير ملامح الطبوغرافية السطحية نتيجة عمليات الحل والحت الشديدين من خلال انخفاض السطح وتعمق الأودية (Gvijic ,1921)، تقل كميات المياه الجارية في الأنهار والمسيلات عن المرحلة السابقة.
5. مرحلة الشيخوخة: ينخفض منسوب المياه الجوفية في الاتجاه الشاقولي نتيجة تطور الشبكات الكارستية، تصبح المغاور المتشكلة سابقاً ضمن النطاق غير المشبع، يتغير نظام العمليات الكارستية على المغارة، تعمل المياه الراشحة من الأعلى على تشكيل مظاهر الصواعد والنوازل، تغلب عمليات الترسيب على عمليات الحل والحت (Ricci-Lucchi, F. 1995)، وقد يشغل المغارة في الغالب أنهار جوفية في هذه المرحلة (Gvijic ,1921)، يلاحظ الانتشار الكبير للترب

الحمراء بين صخور اللابيز التي تمتد بشكل واسع ضمن الأراضي ذات الطبوغرافية المعتدلة، أما الطبوغرافيا العامة للإقليم، تظهر في هذه المرحلة الفارق الطبوغرافي الكبير بين القمم الجبلية والأودية المتعمقة.



الشكل (11) الربط الأفقي والشاقولي بين التيتوستراتغرافيا والكارست ومراحل تطورها وحركة المياه

6- النتائج

نتيجة الدراسات المنفذة أمكن الوقوف على العلاقة: ليتولوجيا، كارست، تكتونيك، هيدروجيولوجيا (شكل 12)، من خلال الشكل يمكن الوقوف على النتائج التي تم التوصل إليها:

- أمكن تتبع العمود الليتوستراتغرافي وتشكيلاته المختلفة في ضوء الدراسات الحقلية والمخبرية، وربط المظاهر الكارستية مع التشكيلات الصخرية، وتحديد التأثير المتبادل فيما بينها.
- المظاهر الكارستية مع التكتونيك والعلاقة المتبادلة بينهما، إذ يسهل وجود التكتونيك نشوء وتطور العمليات الكارستية والعكس صحيح.
- العلاقة بين المظاهر الكارستية وحركية المياه السطحية والجوفية، والاستفادة منها في تحديد مواقع واحتياطيات الموارد المائية، وتحديد مواقع لإنشاء سدات وسدود وبحيرات جبلية.
- تحديد الشبكات الكارستية ضمن العمود الليتوستراتغرافي، ودورها الهام في حركية واتجاه المياه السطحية والجوفية، وتشكيل الحوامل والتشكيلات المائية ضمن الطبقات الصخرية.
- فتحت هذه الدراسة الباب لدراسات تفصيلية أكثر، وعلى مستوى أكبر قد يعم البلاد بكاملها.

المراجع

العربية:

التحريات والدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية (1979)- حوض الساحل، خبراء سوفييت.

المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية (1977)- الخريطة الجيولوجية لرقعة صافيتا مقياس (50000/1)- الخريطة الجيولوجية لرقعة القدموس مقياس (50000/1).

المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية (1980) - المذكرة الإيضاحية لرقعة صافيتا وطرطوس - المذكرة الإيضاحية لرقعة القدموس وبانياس.

المديرية العامة للأرصاد الجوية - تقرير الهاطل المطري (1963 – 2000)م، محطة صافيتا.

تريفينوف. ف. ج. ، ج. عجميان : نطاق الصدع المشرقي في شمال غرب سوريا \ جيوتكتونيك عام 1991 رقم 2 ص 63 – 75 (المرجع بالروسية).

جفيجيك (Gvijic ,1921) مراحل في تطور الكارست.

دوبرتريه- لويس، دراسة جيولوجية الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية (1958).

طراف. إ، (2010) هيدروجيولوجية منطقة القرداحة دراسة تكتونية كارستية، أطروحة ماجستير في جامعة دمشق.

يوسف. ر، (2008)، دراسة الكارست وأهم منعكساته الاقتصادية والهيدروجيولوجية (المنطقة الساحلية- صافيتا)، أطروحة ماجستير في جامعة دمشق.

الأجنبية

Abdalla.A (2008)- Evolution Tectonique de la Plate-forme Arabe en Syrie depuis le Mésozoïque.These, UPMC, Paris. 302p.

Al-Husseini M.I. (2000)- Origin of the Arabian plate structures-Amar Collision and Najd Rift: GeoArabia, 5, pp.527–542.

Bilal . A, Seismicity and volcanism in the rifted zone of western Syria. C. R. Geosciences 341 (2009)- pp 299 – 305.
Bilal .A (2011)- caracteres du reseau hydrographique en Syrie – implications pour la gestion des resources en eaux. Journ. Sci. Hydro.(Sous presse).
Bilal .A, Touret .J.L, Les enclaves du volcanisme recent du rift Syrian. Bull. Soc. Geol. Fr. Tom 172, n 1, (2001)- 1 – 14.
Bilal .A, and Ammar .O, (2001)- A proposed model for localization of the small dams using remote sensing applications. International seminaire " les petits barrages dans le monde mediterraneen .Tunisie,28-31 Mai.
Blanckenhorn M. (1891)- Grundzuge der geologie und physikalischen geographie von nordsyrien . Eine geologisch-geographische Skizze, Berlin.
Bonacci, O. (1987)- Karst hydrology with special reference to the Dinaric karst. New York: Springer, 184 p.
Bulter, L.W, Soenser, S. Grifffiths, H.M, The structural response to evolving plate kinematics during transperssion evolution of the Lebanese restraining bend of the Dead Sea Transform. Continental Transpressional and Transtensionbal Tectonics. Geological Tectonic Framwork of a complex pulapart (1998).
Chorowicz, J. DHONT, D. Ammar, O. Rukieh, M. Bilal, A. Tectonics of the Pliocene Homs Basalts (Syria) and implications for the Dead Sea Gault Zone Activity of the geological Society, London, Vol 162, (2005)- pp 259- 271.
Cvijic, J. (1893)- Das Karstphanomen. Versuch einer morphologischen Monographie, Geographische Abhandlungen herausgegebenvon A Pench, Bd., V.H, 3. Wien, pp. 218–329.
Cvijic, J. (1901)- Morphologische und glaciale Studien aus Bosnien, der Hercegovina und Montenegro: die Karst-Poljen. Abhandlungen der Geographie Gesellschaft Wien, 3(2), 1–85.pp.
Cvijic, J. (1918)- Hydrographie souterraine et evolution morphologique du karst. Hydrographie souterraine et evolutionmorphologique du karst, 6(4), 375–426.p p.
Cvijic, J. (1925)- Types morphologiques des terrains calcaires.Comptes Rendus, Acade´mie des Sciences (Paris), 180, 592,757.
Dreybrodt, W. (1988)- Processes in karst systems – physics, chemistry and geology. Heidelberg, New York: Springer, 288 p.
Dreybrodt, W. (1996)- Principles of early development of karst conduits. Water Resources Research, 32, 2923–2935.pp.
Dubertret, L. (1937)- Le massif Alaouite. Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient, 2 , p.9-42.
Dubertret ,L. (1941 – 1943)- carte geologique de la Syria et du Liban au 1:1000 000, 2 edn., Beyrouth, Liban.
Dubertret , L. (1963)- Lexique Stratigraphique international. Vol. 3, Asie, Fascicule 10 cl, Liban, Syria, Jordanie, CNRS, 3 quai Anatole France,Paris.
Ford, D. C. & Williams, P. W. (1989)- Karst geomorphology and hydrology. London: Chapman & Hall, 601 p.
Ford, D. C. & Williams, P. W. (2007)- Karst hydrogeology and geomorphology. Wiley & Sons, 448 p.
Harmon, R. S. and C. M. Wicks (eds.), (2006)- Perspectives on Karst Geomorphology, Hydrology, and Geochemistry – A Tribute Volume Derek C. Ford and William B. White: Geological Society of America Special Paper 404 p.
Jones, B. and R.W. MacDonald, (1989)- Micro-organisms and crystal fabrics in cave pisoliths from Grand Cayman, British West Indies: J. Sediment. Petrol., 59, 387–396 pp.
Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N. & Dreybrodt, W. (Eds.) (2000)- Speleogenesis, evolution of karst aquifers. Huntsville, Alabama, USA: National Speleological Society, Inc., 527 p.

Kuznetsova, K.I ,& Grigelis,A.A & Adjamian.J &Jarmakani.E & Hallaq.L, (1996)- Zonal Stratigraphy and Foraminifera of the Tethyan Jurassic. pp, 89 – 99 . Gordon and Breach Publishers.

Mouty.M (1976)- C.R. Somm. Seances (Soc. Geol. Fr.), Fasc.3, 104 – 105.

Ponikarov, V.P. (1966)- The Geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Syria, Scale 1:200,000. Ministry of Industry, Damascus, Syrian Arab Republic.

Ponikarov, V.P. (1967)- The Geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Syria. Scale 1:500 000 , Part 1 Stratigraphy, Igneous Rocks and Tictonics. Ministry of Geology, Russia.

Quennell A. M. (1984)- The western Arabia rift system , in Dixon J. F , and Roberston A.H.F. , eds. , The geological evolution of the eastern Mediterranean : 1984 . Oxford , Blackell scientific publications pp. 775 – 788

Retallack, G. J., (1997)- A Colour Guide to Paleosols: John Wiley and Sons, Chichester.

Ricci-Lucchi, F.,(1995)- Sedimentographica: A Photographic Atlas of Sedimentary Structures, 2nd edn.: Columbia University Press, New York.

Karstic litho-stratigraphic study in relation with water movement in Wadi Aloyon - Coastal area

R. Yousef; A. Bilal and M. Said

Department of Geology, Faculty of sciences, Damascus University, Syria

Abstract

Our study is based on the geological investigations, in the field as well as in the laboratory, in order to identify underground and surface karstic phenomena. The studied area is Wadi Aloyon, in the Syrian coast, which contains more karstic phenomena. The purpose is the correlation between the karstic phenomena and the litho-stratigraphic units. Through the geological survey and the geological studies a detailed typical litho-stratigraphic column, is established, in addition to identifying all the Karstic phenomena, and the factors that affect the forming of these Karstic phenomena, and the implications of these operations on the rock beds. This paper also helps in understanding the general hydrogeology and identifying the springs zone in the area. This type of work puts such studies in the exact scientific frame in a detailed and comprehensive way.

Key words: **karstic phenomena, litho-stratigraphy, hydrogeology, Wadi Aloyon - Syria.**