

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

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، وانعكاسات 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.

الكارست ظاهرة هيدروفيزيوكيميائية معقدة تتظاهر جيومورفولوجية بأشكال مختلفة (Dreybrodt 1988). نلاحظ هذه الظاهرة في الصخور الرسوبية من خلال صليبات فيزيوكيميائية للمياه التي تعمل على حت، وحل للصخور (Cvijic 1893). تتأثر الصخور الكربوناتيّة بالعمليات الكارستية والخواص الليتولوجية والستراتغرافية والبتروفيزيائية للسحن الكربوناتيّة، بالإضافة إلى طبوغرافية السطح، والمناخ السائد في المنطقة، وفترات طفو الطبقات الكربوناتيّة (Dreybrodt 1988). وتشكل الدراسة الليتوستراتغرافية جوهر الدراسات الجيولوجية، وقاعدة الدراسات الكارستية، لإيضاح سلوك وتطور المظاهر الكارستية.

عرفت الدراسات الكارستية منذ القديم لارتباطها بالدراسات البيدروجيولوجية للمياه الجوفية والتنمية (Cvijic 1893, 1901, 1918) ثم درست من النواحي الوصفية والجيومورفولوجية والرسوبية (Ford and Williams. 1989 - 2000, Bonacci 1987 Klimchouk et al 2007). 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 والهيدروولوجيا والبيدروجيولوجيا من ذات الأهمية البالغة بالنسبة لبلادنا من جهة ثانية. تتركز هذه الدراسة حول توضيح تأثير العمليات الكارستية على الصخور الكربوناتيّة ضمن العمود الطبقي في منطقة الدراسة، والمترتبة بشكل أساسي في القسم الشرقي من الجزء الجنوبي من السلسلة الساحلية، وأهمية المظاهر الكارستية المنتشرة وألبية تشكيلها، وأثر ذلك في حركة 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 (الشكل 1-B). تم اختيار منطقة وادي العيون لتكشف الأعمار الجيولوجية ضمن هذا المقطع (المذكورة الإيضاحية لرقعة صالينا 1980)، ووضوح التكتيفات والسماكات الجيدة للطبقات الصخرية (الشكل 1-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 بالنباتات المائية الموسمية والدائمة، ويشكل الوادي نهر كارستي من الشرق إلى الغرب. بشرياً يزيد سكان المنطقة عن (10000) نسمة ضمن بيوت متناثرة ومتباعدة في القسم السفلي من السفوح الجبلية، يعمل معظم السكان في الزراعة والسياحة.

يحدّها من الغرب دوير المشايخ والديرون، ومن الشمال برمانة المشايخ، ومن الشرق السنديانة، ومن الجنوب فجليت ويشاوي. المناخ متوسطي رطب، الهائل المعطري غزير يزيد المعدل العام عن (1000) مم سنة (تقرير المديرية العامة لأرصاء الجوبة 2007).

E: 36 10 225

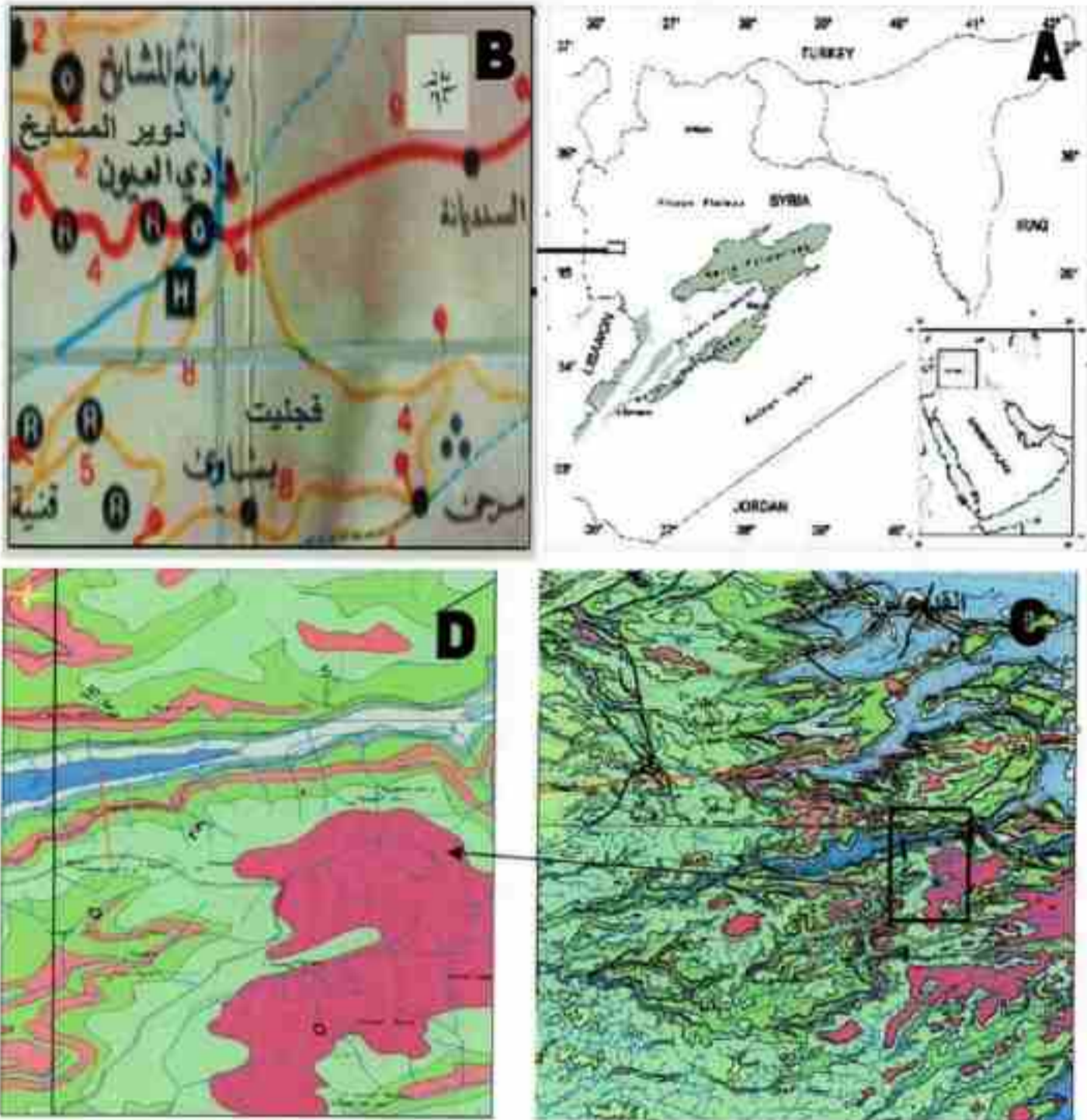
N: 34 59 409

يبدأ المقطع بالأحداثيات التالية:

E : 36 10 165

N : 34 59 053

وينتهي بالإحداثيات التالية:



الشكل (1) موقع منطقة الدراسة في سورية (A)، وخطوطها الجغرافية (B)، وموقعها على الخريطة الجيولوجية لرقعتي صافينا والدمس (C)، والتكشفت الجيولوجية فيها (D)

تتكشف صخور الكريتاسي في معظم أجزاء منطقة الدراسة (الشكل 2- C)، مع وجود بعض الثغرات الستراتغرافية ضمن النيوكوميان والأبيان 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 وكرسنة الصخور الكربوناتيّة الواقعة تحتها كصخور كتيمة.

وقد ساهمت من جهة أخرى بشكل كبير في إغناء المياه الجوفية والسطحية بالمحاليل الحمضية ذات التأثير في عمليات الكرسنة، إضافة لكونها تشكل أرضية مناسبة للعطاء النباتي وتشكل الأحماض العضوية. تظهر الطبقات الكربوناتيّة، المتوضعة فوق طبقة كتيمة عضارية، عمليات الكرسنة بشكل واضح، لأنها تحتفظ بالمياه لفترات زمنية أطول، مما يؤدي إلى ترايد في نشاط العمليات الكارستية في النطاق المغمور بالمياه. أما الصخور الكربوناتيّة التي تتكشف على السطح لمدة طويلة فتبدي مظاهر أكثر كرسنة من الصخور حديثة التكشف، ويبدو التدرج في عمليات الكرسنة واضحاً في منطقة الدراسة (Jones and MacDonald 1989)، ابتداءً من صخور الجوراسي الذي يعتبر في مرحلة الشباب، إلى صخور الأبيان (النضج المبكر)، وانتهاءً بصخور السينومانيان التي تبدي مظاهر الشبخوخة للكرسنة.

3- أهمية البحث وأهدافه

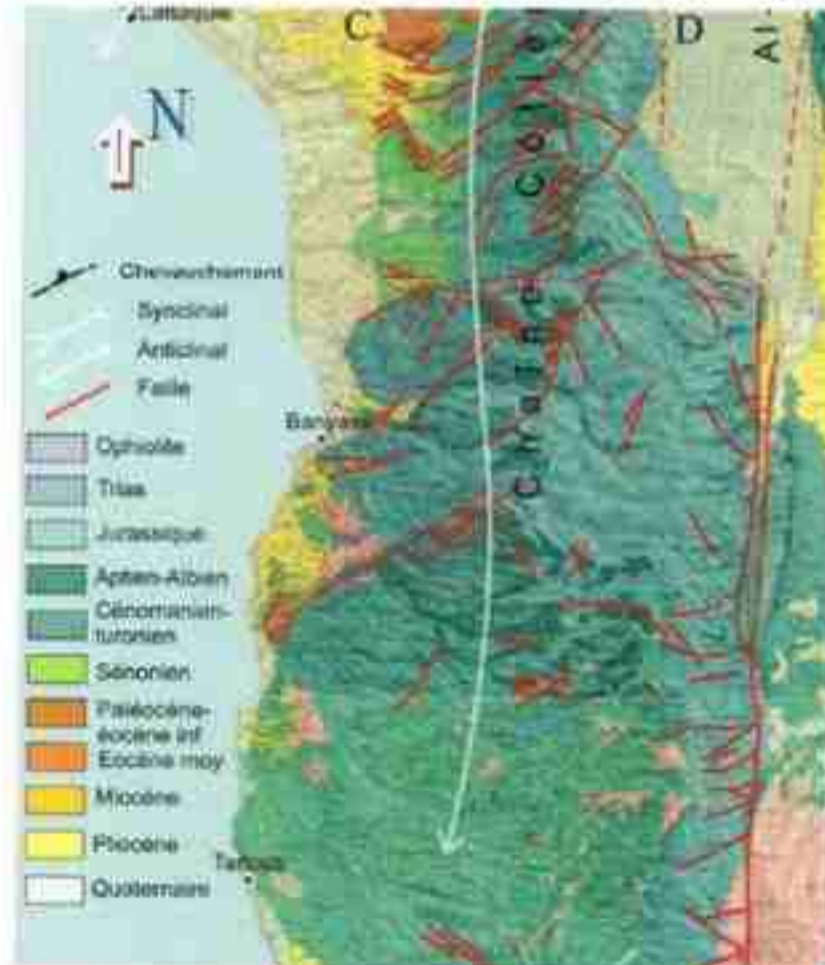
تعتبر المظاهر الكارستية من العناصر الهامة في فهم جيولوجية المنطقة المدروسة، وبالتالي تأثيراتها على حركة المياه السطحية والجوفية. يهدف هذا البحث إلى فهم الترابط بين الليتولوجيا والكارست والتكتونيك، وأثر هذه العوامل على حركة المياه.

4- مواد البحث وطرائقه

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

4-1 الوضع الجيولوجي والبنوي العام

تمثل السلسلة الساحلية الجزء الشمالي الغربي من سورية (Mouty (1976، الممتدة للزاوية الشمالية الغربية للصفحة العربية (الشكل 2)، (Abdalla 2008, Bilal 2009). تتحدد من الشرق ببنية عالمية هي الفالق المشرقي الذي يمثل امتداداً للإهدامات الإفريقية عبر البحر الأحمر (Al-Husseini (2000. ويعتبره كل من (Quennel (1984، وتريفينوف (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 نصف نجد بحيث يرتفع الجزء الشرقي بنويًا وطبوغرافياً أكثر من الجزء الغربي (Blanckenhorn (1891. لذلك فإن الصخور الأحدث تتكشف مبتعدة باتجاه الغرب، بفعل تأثير المنطقة خلال الميزوزويك والسينوزويك بتطور السقيس، والركيزة العربية، ونشوء البحر الأبيض المتوسط (Ponikarov (1966).



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

تعود رسوبيات الميزوزوي والبالوجين المتوضعة في المنطقة إلى رصيف السئيس. يدل على ذلك التغيرات السطحية العمودية للتوضعات الشاطئية، العتبة القارية والمنحدر القاري. يلاحظ وجود عدم توافق في بعض أجزاء العمود الطبقي، بينما تكون التبدلات السطحية الجانبية أقل وضوحاً (Dubertret, 1963). لقد اقتصررت الحركات التكتونية التي حدثت منذ الميزوزويك وحتى الآن على الحركات الإقليمية للشبه القارات (الارتفاع والانخفاض الزملي) والقوق. كما حدثت النشاطات البركانية البازلتية في عصر النيوجين. (Bulter, et al (1998). Bilal, (2001). إضافة إلى اندفاعات تحت بحرية خلال السينومانيان الأسفل (1966). Ponikarov (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، والأينية النور الأساسي في نهوض السلسلة الساحلية (Abdalla 2008)، وتشكيلها نمط طي متكامل امتد من فتحة شين جنوباً حتى فالق اللانقية كلس شمالاً، وقطعت بشكل لاحق بفالق الغاب لتشكل طي وحيد الميل (Ponikarov 1966).

تشير الدراسات السابقة ((Blanckenhorn 1891), Dubertret (1963), Ponikarov (1966), مذكورة صافيتا (1980)).، والدراسات الجيولوجية التي نفذناها إلى تحكم عمليات الحث 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 البليوسين البازلتية والمصاطب الرباعية في الأودية. كما لعب التكتونيك المحلي دوراً هاماً في تكشف طبقات كربونانية تعود لأعمار جيولوجية أقدم، ابتداءً من محور الطي الممتد شمال - جنوب، الميل العام للطبقات هو باتجاه الغرب يتطابق مع الانحدار الطبوغرافي لحد كبير (Dubertret 1963). إن غزارة الهائل المطري الغزير بالإضافة للمناخ الرطب والليتولوجيا الملانمة في المنطقة الساحلية بعد الانسحاب 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 تحديد المعالم الجيولوجية للمنطقة، وتحديد نقاط ملاحظة لدراساتها بشكل مفصل: من النواحي الجيولوجية، والمظاهر الكارستية من حيث المنشأ والتطور، وعلاقتها 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 (مذكورة 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 (مذكورة القدموس، 1980)، وهي نواة للتشكيلات الرسوبية المتكثفة في المنطقة، والمكونة من الحجر الكلسي والحجر الكلسي الدولوميتي والدلوميت، بسماكة إجمالية تبلغ (4م). 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 منطبق، وخفي التطبق، وشرائط من المارل.

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

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

أما السينومانان الأسفل (تشكيلة صلنفة) الذي يعلو الألبان 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 مثلت بالإضافة إلى شرائط وعذسات صوانية وجيود أراغونيتية.

يتواجد في منطقة الدراسة اندفاعات بركانية تعود لليوجين (البليوسين) على شكل صبات بازلتية ورمل وسيلت وكونغولوميرا، بشكل عام تتحول الأجزاء الخارجية من هذه الصبات إلى بيروكلاست ناري المنشأ، أما التوضعات الرباعية فتتواجد في الأودية النهرية والسيلية على شكل رسوبات لثقية وهي مكونة من حجارة وحصى ورمل سينة للتصنيف ومتنوعة منها الرسوبي والاندفاعي ((Mouty (1977), Dubertret (1941-1943), التحريات الهيدروولوجية (1979), مذكرة صافيتا (1980)).

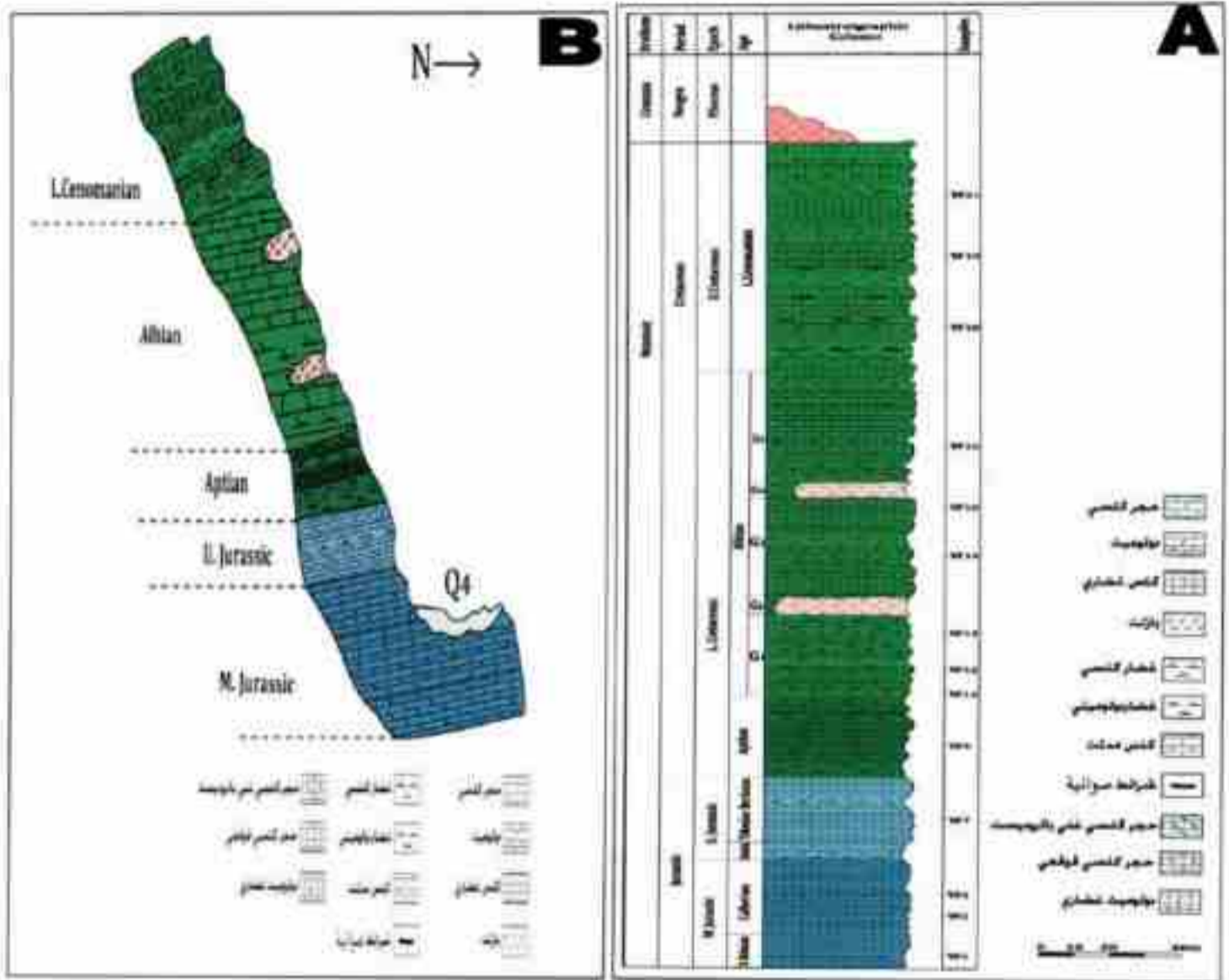
سمحت لنا الدراسة الحقلية جمع العينات المستحاثية والبتروغرافية والكيميائية للدراسة المخبرية. بحيث غطت كافة الطوابق والتشكيلات من الأعمار المختلفة، وكذلك الأنواع البتروغرافية المختلفة.

3-4 الليتوستراتغرافيا

سنلقي الضوء على مكونات العمود الطبقي للمنطقة من أقدمه حتى التوضعات الحديثة، من خلال مقاطع مدروسة في الحقل (الشكل 3-4)، ومحددة مكوناتها مخبرياً بتحديد العمر والتركيب.

1-3-4 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 الباليينولوجية للجوراسي في المنطقة الساحلية من قبل (Dubertret. (1937), Kuznetsova et al. (1976), Mouty. (1996)).



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

4-1-3-4 الجوراسي الأوسط

يبدأ المقطع بطابق الباتونيان الأعلى بسماكة (7م)، وهو مكون من كلس قاسي أبيض أفانيتي ذو لون كريمي، توجد فيه ثلوم طولية باتجاه الأسفل ناتجة عن فعل المياه السطحية. يليه باتجاه الأعلى تقاوب عضار كلسي وكلس عقدي مدلمت قليلاً. المظاهر الكارستية غير موجودة لأن الليتولوجيا غير مناسبة. حجر كلسي ناعم ميلور، متلم ومحرز وتبدو آثار الانحلال فيه على السطح الخارجي بشكل واضح. إن التحليل الكيميائي للعينة الصخرية (W - C - 1). أكد بأنها حجر كلسي (الجدول 1). تظهر بعض الدولينات والحفر المملوءة في معظمها بالتراب الحمراء والحصى (Cvijic, 1901). في نهاية التشكيلة تظهر طبقات من كلس ميلور قليلاً ذو لون كريمي يحوي صفحات 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 الكرسنة الأساسية على الصخر، ويلاحظ وجود دولينات ضيقة ومتطاولة مملوءة في الغالب بالتراب 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، ميلور 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 ونافرة (لابيز) مثلمة وحاوية على حفر

وتجاويف، إن التحليل الكيميائي للعينات الصخرية (W - C - 2). أكد بأنها حجر كلسي منلمت 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 البترولوجرافية (W - P - 3). ثم يعود التابع الكلسي المنلمت جزئياً يحوي بقايا هياكل معدنيات أرجل وأشنيات، تبدو معظم الأجزاء الصخرية ناعرة ومقاومة لعمليات الحت الميكانيكي، هذا ما يؤدي إلى ظهور أشكال التكهفات ذات الحجم المتوسط والصغيرة، سحبت عينة من الحجر الكلسي المنلمت للتحليل الكيميائي (W - C - 4). تتغير الليتولوجيا إلى غضار كلسي يحوي عقد أراغونيتية واضحة يضم بشكل بيني طبقات رقيقة من الحجر الكلسي، يدل وجود هذه العقد على توافر محاليل مائية غنية بكاربونات الكالسيوم تمر من خلال الطبقة وتقوم بتغذية العقد، تم سحب عينة للدراسة المستحاثية (W - S - 5). ينتهي الكالوفيان وبالتالي الجوراسي الأوسط بحجر كلسي قاسي ذو لون كريمي، على شكل جدر صخرية بارزة، تظهر على سطوحها الخارجية التلوم والحفر والدولينات الشاقولية الضيقة.

4-3-1-2 الجوراسي الأعلى:

يتكشف الجوراسي الأعلى بطابق الأكسفورديان بسماكة من (54 - 68) م. والمكون من غضار كلسي رمادي مصفر يحوي قليلاً من العقد الأراغونيتية، سحبت عينة للدراسة المستحاثية (W - S - 6). يليه جدار كلسي كثلي أبيض مكسر يظهر بشكل مصفر يحوي أشواك شوكتيات 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 الطفوف في النيوكوميان بعد طابق البيريزيان (Kuznetsova. et al 1996). مكون ليتولوجياً من كلس قاسي مبلور أحياناً يحوي عروق أراغونيتية مع بعض العقد الصوانية وبقايا أشنيات، جدر صخرية ضخمة، لعبت الأودية المتعفة دوراً مهماً في جعل حواف الجدر شاقولية باتجاه الوادي وحفر المجاري المائية ضمن الصخر (الشكل 4).



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

تم سحب عينة من الحجر الكلسي القاسي للتحليل الكيميائي (W - C - 7). يليه عصار كلسي أصفر اللون يحوي عقد أراغونيتية صغيرة الحجم. في القسم الأعلى من التشكيلة يوجد كلس قاسي على شكل جدر، تظهر عليه بعض التخثرات الحديدية، تظهر الحفر والتحزرات والتلوم والدولينات الشقوقية التي قد تكون مملوءة بالترب الحمراء والحصى (Retallack, 1997) ، يلاحظ وجود بعض التكهفات صغيرة الحجم خلال الطبقة.

4-3-2 الكريتاسي

تكشف صخور الكريتاسي بشكل واسع في منطقة الدراسة، وهي عبارة عن صخور كربوناتيّة يتخللها اندفاعات بركانية في الألبان والسينومانيان.

تتوضع طبقات الألبان فوق طبقات الجوراسي الأعلى بعدم توافق لوجود نغرة ستراتغرافية، بغياب توصلات النيوكوميان في معظم مقاطع الساحلية بشكل كامل، وأحياناً بشكل جزئي، نتيجة حدوث فترات طفو في معظم المناطق وحدثت حت لرسوبات بعضها الآخر.

(Dubertret . 1941 - 1943) (Ponikarov et al 1967) . أما الألبان تبلغ سماكته الإجمالية (95 - 136) م. تخلو طبقاته من معظم المظاهر الكارستية، إلا بعض الطبقات القاسية الكلسية المنلمتة تظهر القليل من الحزوز والتلوم القليلة. يتكون من حجر عضاري منلمت أخضر رمادي ويلي رمادي. يتناوب حجر كلسي دولوميتي رملي غلوكونيتي يحوي ليرنيا وأوستريا. يليه عصار بني رمادي دولوميتي، سحبت عينة للدراسات المستحاثية (W - S - 8). في القسم الأعلى يتناوب حجر كلسي رمادي بيوكلاستي مع حجر كلسي منلمت قليلاً أفانيتي، سحبت عينة من الحجر الكلسي المنلمت للتحليل الكيميائي (W - C - 9). وعصار كلسي منلمت أخضر رمادي. تتوج هذه التشكيلة بحجر كلسي منلمت قاسي جداً، سحبت عينة للدراسات البترولوجرافية (W - P - 10).

أما طباق الألبان ذو السماكة الإجمالية الأكبر والبالغة (136 - 294) م. تم تقسيم طباق الألبان إلى مجموعات رسوبية من الأقدم إلى الأحدث، بالاعتماد على الليتولوجيا والخصائص الكارستية للصخور في المنطقة. المجموعة الأولى: بسماكة حقيقية (136 - 176) م، مكون من دولوميت على شكل جدر بارزة، تبدو فواصل الطبقات مجوفة ومملوءة بالترب الحمراء والصخور الطرية، يلاحظ انتشار لعدد من الينابيع المائية الموسمية والدائمة، سحبت عينة دولوميتية للتحليل الكيميائي (W - C - 11). تعلوها سماكات قليلة من العصار الدولوميتي الأخضر، الخالي من المظاهر الكارستية. ثم حجر دولوميتي قاسي ومنطبق، يحوي على العديد من التكهفات ضمن الجدر الصخرية (الشكل 5- A).

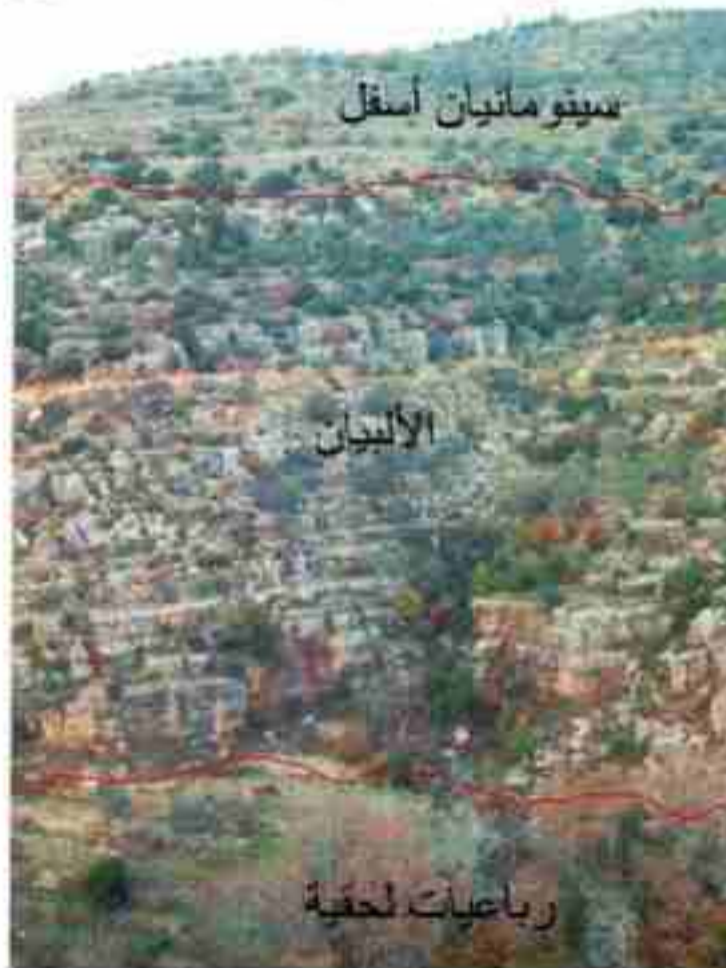


الشكل (5) مقطع جيولوجي بين الألبان وأسفل الألبان (A) و توصلات البارزت ضمن طبقات الألبان الكربوناتيّة (B)

يتناوب بعد ذلك مع الغضار المدلمت و كلس دولوميتي قاسي، على شكل جذر 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 مثلث ومخرش وحاوي على تكهفات شاقولية معظمها مليء بالترب الحمراء والخصي. المجموعة الثانية: بازلت أوليفيني فاسد يحوي على بعض الأجزاء الطازجة، تلعب التوضعات البازلتية دوراً هاماً في العمليات الكارستية كطبقة كثيفة، وتشكل في الأجزاء التي تعلوها نطاق ينابيع (الشكل 5 - B).

المجموعة الثالثة: حجر كلسي مدلمت قاسي. مخرش ومثلث 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 اللابييز والترب الحمراء المتوضعة بشكل بيئي ضمن صخور اللابييز، سحبت عينة صخرية للتحليل الكيميائي (W - C - 14). ثم دولوميت كثلي بارز معرض بشكل بسيط للعمليات الكارستية ذات الانتشار الضعيف في المنطقة، سحبت عينة دولوميتية 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 متطيق، يحوي على تكهفات شاقولية ودولينات مملوءة بالترب الحمراء، تتحول هذه الطبقة جانبياً إلى حقول من اللابييز، (الشكل 6).



الشكل (6) مقطع جيولوجي للصخور الكربونافية في الألبان والسيتومانيان الأسفل

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

وحجر كلسي مدلمت، حاوية على مظاهر التخرزات والنلوم بالإضافة لانتشار التكهفات الشاقولية والدولينات والحفر بشكل متفاوت بين السحن المختلفة، يليه حجر كلسي قاسي متماسك، وحجر كلسي عضوي، السطح الخارجي محفر ومتمم، يظهر بشكل واضح التأثير الشديد للعمليات الكارستية على الصخر الكلسي. مع تزايد نسبة الغضاريات يتغير إلى كلس عضاري مدلمت طري تتعدم فيه المظاهر الكارستية.

أما طباق السينومانيان فهو أحدث الأعمار المتكشفة، تتغير سماكته بسبب عمليات الحت، وتبلغ السماكة في المنطقة (212م)، يبدأ بحجر كلسي عضاري كثلي قليلاً مستحالي، 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 عضاري منطبق أبيض، يحوي على جيودات صغيرة الحجم من الأراغونيت (الشكل 7 - A)، وتوجد عنسات 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 اللابيزر ضمن توضعات من الترب 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 عضاري مدلمت قليلاً منطبق مبعثر وكثله سائبة ضمن الترب الحمراء. تتزايد بالاتجاه للأعلى نسبة الغضار الكلسي المتفتت ذو اللون الأبيض المصفر ويحوي على جيودات صغيرة الحجم من الأراغونيت. ثم جدار كلسي مستحالي يحوي على جيود وصوان، مجزأ ومكسر بشدة، معظم أجزائه سائبة، ويتناوب مع كلس عضاري كثلي مدلمت قليلاً، سحبت عينة من الحجر الكلسي العضاري 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 البترولوجرافية (W - P - 20). تصبح الطبقات طرية من غضار كلسي وكلس عضاري منطبق مع مستويات رقيقة من الصوان (الشكل 7 - B) مفككة ومنحطة وانتشار واسع للترب الحمراء الحاوية على الحصى بشكل كبير.



الشكل (7) جيود من الأراغونيت ضمن السينومانيان الأسفل (A) ورفوف وعنسات من الصوان ضمن طبقات من الكلس العضاري (B)

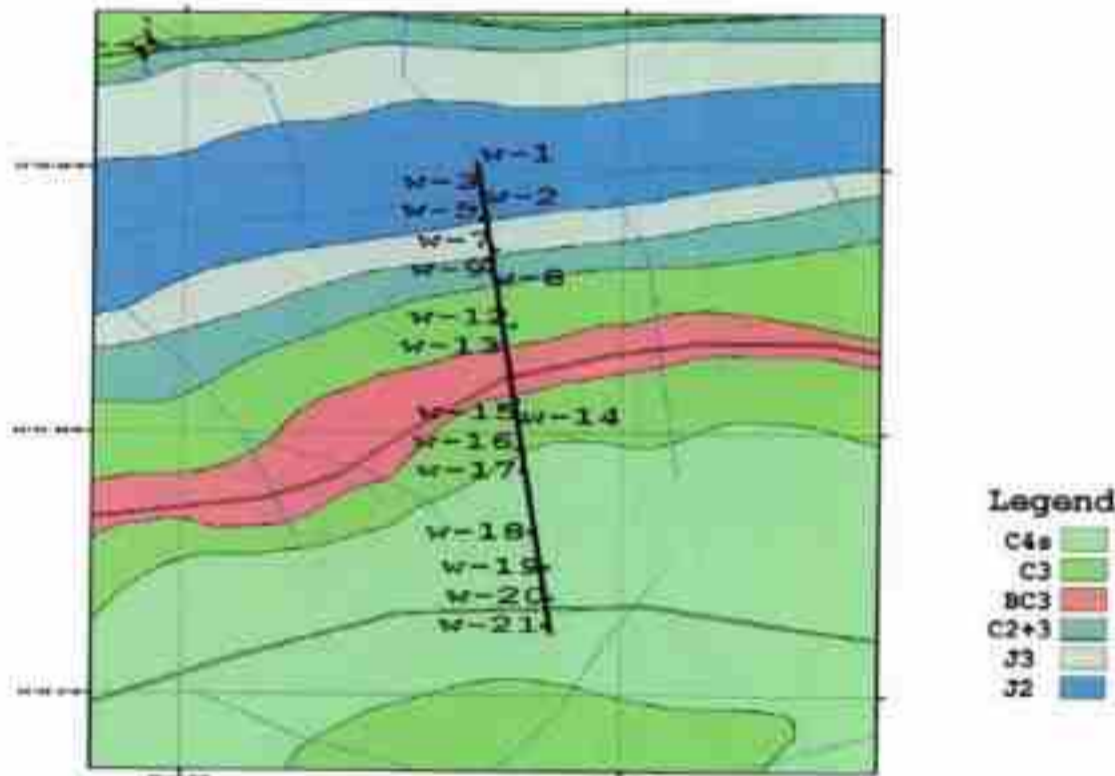
تصبح الطبقات أكثر قساوة ومكونة من حجر كلسي كثفي مدلمت قليلاً، على شكل جدر قليلة الارتفاع عن سطح الأرض ومعرضة بشكل جيد لعمليات الكرسنة، سحبت عينة صخرية للتحليل الكيميائي (W - C - 21)، يتناوب بعدها الكلس الغضاري والغضار الكلسي مع بعض من السويات الصوانية. تنتهي توضعات السينومانيان الأسفل على شكل صخور لابييز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

3-3-4 النيوجين والرباعي

النيوجين في المنطقة هي عبارة عن توضعات بازلتية مغطية تعود للبلوسين مختلفة السماكات، تتواجد غالباً على القمم الجبلية، خالية من أي نوع من المظاهر الكارستية، لكنها ذات تأثير إيجابي وسلبى على العمليات الكارستية في المنطقة. والرباعي عبارة عن لحقيات نهريّة وسيّلية ذات تصنيف سيّ ولحقيات كعاب جبال، تلعب التوضعات الرباعية دوراً هاماً كطبقة ناقلة ونفوذة، تساهم في تغذية المياه الجوفية.

4-4 الدراسات المخبرية

للقوف 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

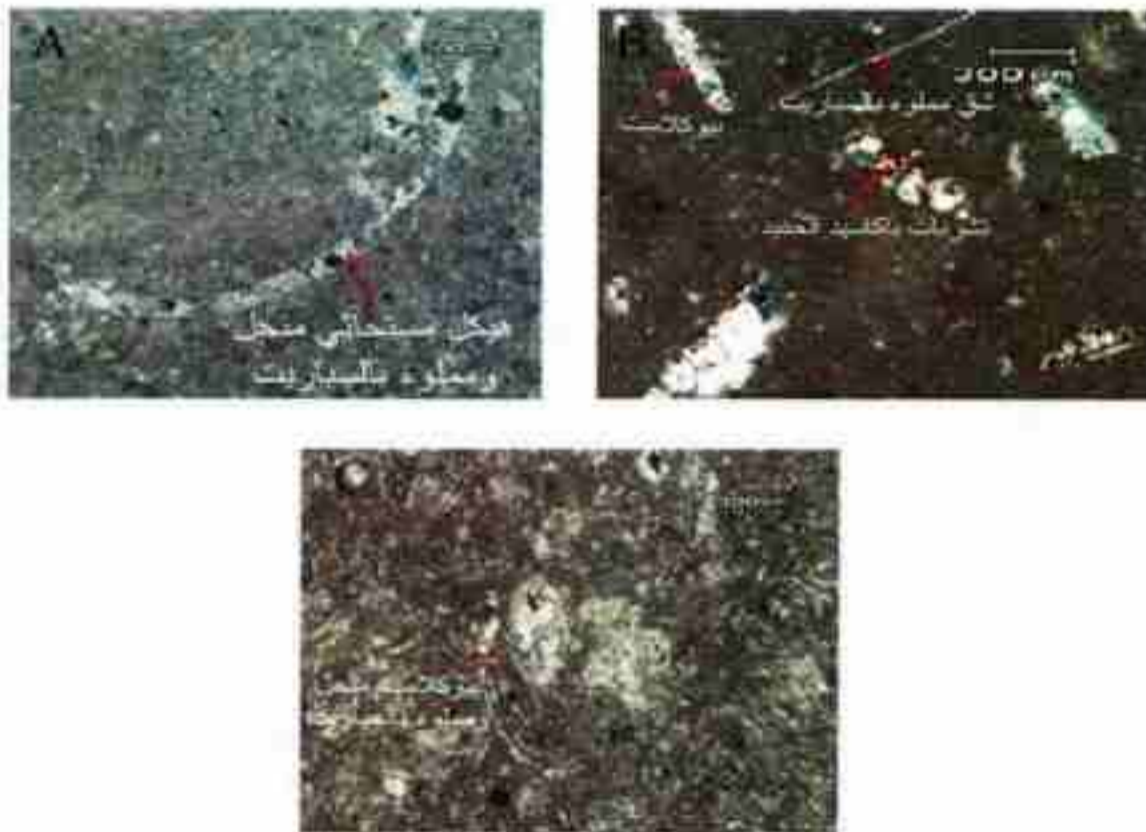
1-4-4 الدراسات البتروغرافية

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

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

العينة W - P - 10 : صخر كلسي بيومكريتي مدلمت بشكل جزئي، يحوي على بعض الفراغات الانحلالية بين الحبات وهياكل مستحاثية منحللة ومعاد تبلورها وإملؤها بالسباريت قد تكون من صفيحات الغلاصم، وبيئة الترسيب بحرية ضحلة هادئة (الشكل 9 - A).

العينة W - P - 20 : عينة صخرية كلسية بيومكريتية مشربة قليلاً بأكاسيد الحديد مع سلسلة جزئية في أجزاء متفرقة منها. كما تحوي على هياكل مستحاثية من الفورامينيفيرا مملوءة بالسباريت، 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 بتأكسيد 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 دولوميتية 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 *Pseudocyclamina powarsi* REDSOND, *Haplophragmoides* sp.

العينة W - S - 8 : غضار مدلمت يتناوب مع الدولوميت والكلس المدلمت خالية من المستحاثات بسبب عمليّة النلمة.

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

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

4-4-4 التحاليل الكيميائية

أجريت هذه التحاليل للوقوف على طبيعة بعض الصخور التي أثار في ترتيبها بسبب مظهرها والتحول الكارستية التي أصابها. يوضح (الجدول 1) نتائج هذه التحاليل التي أجريت على الصخور الرسوبية.

الجدول (1) التحاليل الكيميائية للعينات الصخرية

TiO ₂	SiO ₂	So ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	Mn ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃	L.O.I	الألمنيوم فينت
0.02	0.76	0.88	0.02	0.11	<0.02	1.38	0.01	0.18	52.93	0.52	43.3	W-C-1
0.03	1.05	1.25	0.03	0.06	<0.02	6.24	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	0.25	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	40.66	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	0.02	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	0.38	39.46	0.8	44.86	W-C-14
0.01	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 لعصر الجوراسي الأوسط حتى السينومانيان الأسفل، وتركيبها يتدرج من الحجر الكلسي وحتى الكلسي المدلمت والدلوميت بالإضافة لوجود كميات قليلة من الغضاربات، وتأثير العمليات الكارستية على الصخور الكربوناتي تبعاً لنسب أكاسيد الكالسيوم والمغنيزيوم.

5- المناقشة والاستنتاجات

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

1-5 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 والعمودي. نلقت الضوء عليها:

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

- الأودية المتعمقة: تساهم المياه السطحية الجارية في تشكيل الأودية المتعمقة التي تساهم في تكشف الطبقات الصخرية نتيجة حث وحل الصخور الأحدث باتجاه الأقدم، وبالتالي تعرضها لمدة زمنية أكبر للعمليات الكارستية (الشكل 10 - 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 (شكل 10 - B).
- يعتبر المناخ الدافئ والرطب من أفضل البيئات لتطور المظاهر الكارستية، تتعرض المنطقة الساحلية لهاطل مصري من النوع الغزير يزيد عن (1000) مم السنة (الأرصاد الجوية 1963 - 2000)، الحرارة معتدلة شتاءً، وحار رطب صيفاً.
- الطبوغرافيا: يلعب الانحدار الشديد دوراً في حركة 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، وتقل الجدر المندرجة على مراحل تعمق الأودية (الشكل 10 - C)، وبتزايد الجريان السطحي على حساب الرشح والترسب إلى باطن الأرض، يغلب الحث الميكانيكي على حساب الحل الكيميائي.



الشكل (10) مظاهر كارستية: جدر صخرية تتبرر لتشاط العمليات الكارستية في تعمق الأودية (A)، تأثير جذور النباتات في تسريع العمليات الكارستية (B)، جدر صخرية ناتجة عن تعمق الأودية الكارستية (C)، تبع (الكثبان) في أسفل الأودية (D)

هذه العوامل مجتمعة أدت إلى انتشار مظاهر كارستية متنوعة، يوضح أهمها (الشكل 10).

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

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

5-2 أثر المظاهر الكارستية على الهيدرولوجيا والهيدروجيولوجيا

ساهمت الجيومورفولوجيا الكارستية في حركية المياه السطحية من جهة، وتنفق العديد من الينابيع في المنطقة. من المعلوم أن الهائل المطري في منطقة الدراسة يعتبر كبيراً، يصل كما ذكرنا سابقاً (1000) مم ١ سنة، وهذا الهائل 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 الهائل المطري عمليات النتح. في الأبيان 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 الهائل 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 والأبيان 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 وحركة العمليات الكارستية، أدى وجود الطبقات 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 (Gvijić, 1921).

ففي مرحلة الشباب الكارستية يمكن تمييز ثلاثة مراحل زمنية هي:

1. المرحلة الأولى: ساهمت مياه الهائل المطري بشق مجاري سطحية على طبقات السيلومانيان الكربوناتية المتكشفة على السطح، وذلك حسب الميل الطبوغرافي والفوالق باتجاه الغرب، في هذه المرحلة انتشرت المجاري السطحية والأنهار، ورسمت الملامح الأساسية لطبوغرافية المنطقة.

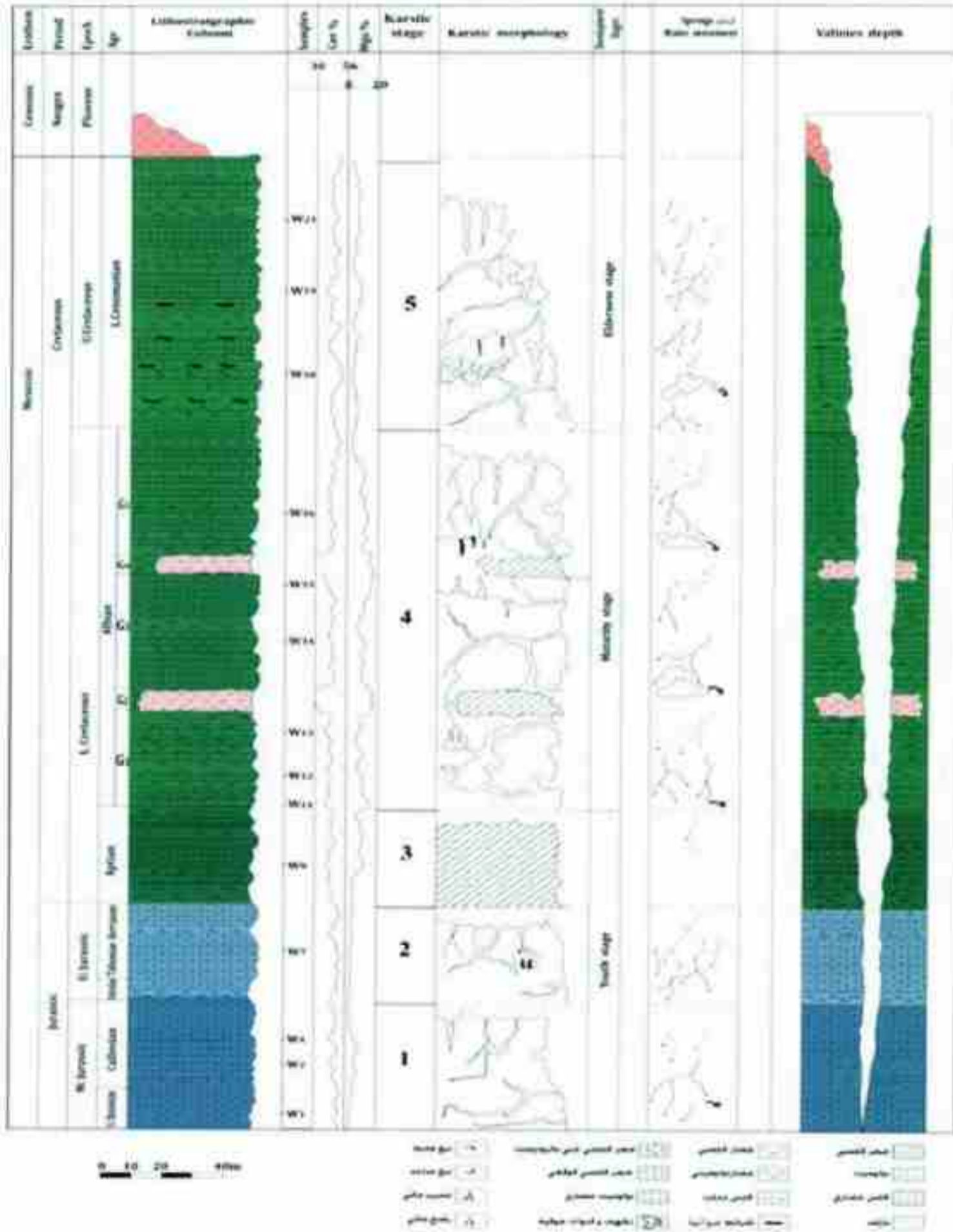
2. المرحلة الثانية: تشكلت بعض المظاهر الكارستية السطحية، نتيجة رشح كمية قليلة من مياه الهائل المطري والمياه الجارية إلى الطبقات الصخرية في الأسفل، عملت المياه الراشحة على حل أجزاء من الصخر الكربوناتي بالاتجاه الشاقولي، أما حركة المياه السطحية فقد عمقت المجاري التي تسلكها نتيجة حث وحل الصخور ونقل الأجزاء 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 التقائها بسطوح كتبية (اختلاف ليثوستراتغرافي) 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 وتندعم عمليات الحث والترسيب، تتغير ملامح الطبوغرافية السطحية نتيجة عمليات الحل والحث والتشديد من خلال انخفاض السطح وتعمق الأودية (Gvijić, 1921)، نقل 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 المشكلة 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 والحث (Ricci-Lucchi, F. 1995)، وقد يشغل المغارة في الغالب أنهار جوفية في هذه المرحلة (Gvijić, 1921)، يلاحظ الانتشار الكبير للتراب

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



الشكل (12) حدود ليوستراتغرافي كارستي في منطقة وادي العيون

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 الليتوسترانغرافي 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 وحركة المياه السطحية والجوفية، والاستفادة منها في تحديد مواقع واحتياطيات الموارد المائية، وتحديد مواقع لإنشاء سدود وبحيرات جبلية.
 - تحديد الشبكات الكارستية ضمن العمود الليتوسترانغرافي، ودورها الهام في حركة 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 الهيدروولوجية والهيدروجيولوجية (1979) - حوض الساحل، خبراء سقييت.
- 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 للأرصاء الجوية - تقرير الهاطل المطري (1963 - 2000)م، محطة صافيتا.
- تريفينوف، ف. ج. ، ج. عجمان : تطلق الصدع المشرقي في شمال غرب سوريا أ جيوتكتونيك عام 1991 رقم 2 ص 63 - 75 (المرجع بالروسية).
- جفجيك (Gvijic, 1921) مراحل في تطور الكارست.
- دوبرنريه- 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 ressources 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. Griffiths, H.M, The structural response to evolving plate kinematics during transpression evolution of the Lebanese restraining bend of the Dead Sea Transform. *Continental Transpressional and Transtensional Tectonics. Geological Tectonic Framework 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 herausgegeben von 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 Tectonics, 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 , Blackwell 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

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.