

## صخرية ومراحل نشأة نطاق الارض الصلبة في اعلى الجزء العلوي لتكوين بخمة، منطقة

### دهوك، شمالي العراق

سالم حامد حسين

ثامر عبد الرزاق أغوان

نضال أحمد يحيى

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2014/1/7 ، تاريخ القبول 2014/3/24)

### الملخص

يقع نطاق الارض الصلبة في اعلى الجزء العلوي لتكوين بخمة في منطقة دهوك، وتتألف صخره من التجمعين السخنيين (أ) و (ب). يضم التجمع السخني (أ) طبقات الصخور الجيرية المكونة للارض الصلبة وسطحها، بينما يمثل التجمع السخني (ب) طبقات الصخور الجيرية والجيرية المارلية والمارل الواقعة بين طبقات الارض الصلبة. دلت الخصائص الصخرية والبتروغرافية لسحنات هذين التجمعين على ترسيبها في بيئة المنزلق الكربوناتي. شخضت ثلاثة مراحل متسلسلة لنشوء نطاق الارض الصلبة وسطحها وهي مرحلة انتهاء الترسيب الكربوناتي الضحل وانغمار الرصيف القاري، ومرحلة تكوين وتطور سطحي الارض الصلبة ومرحلة ترسيب الرواسي اللحية لتكوين شرانش. تميزت المرحلة الثانية بوجود سلسلة متواصلة ومتداخلة من العمليات الترسيبية والحياتية شملت مظاهر الاضطراب الحياتي والتغليف العضوي والتمعدن الثانوي والعمليات التحويرية الأخرى المبكرة والمتأخرة. تعرض الحوض الرسوبي إلى انغمار تكتوني غير منتظم أدى إلى تقدم بحري بطيء وشامل تخللته فترة من التراجع البحري المحدود، وانعكس تأثير ذلك في حصول العديد من عمليات الترسيب والنقل وإعادة الترسيب والتعرية تحت البحرية وفي تكوين رواسب وسطحي الارض الصلبة. يعد نطاق الارض الصلبة ممثلاً لعدم توافق انغماري ما بين تكويني بخمة وشرانش خلال الفترة المحصورة ما بين الكامبانيان والماسترختيان.

**الكلمات الدالة:** الارض الصلبة، منطقة دهوك، تكوين بخمة، المنزلق الكربوناتي، عدم توافق انغماري.

## **Petrology and Genesis Development of the Hardground at the Uppermost Part of Bekhme Formation, Dohuk Area, Northern Iraq**

**Nidhal A. Yahya**

**Thamer A. Aghwan**

**Salim H. Hussain**

*Department of Geology,  
College of Science,  
University of Mosul*

## ABSTRACT

Hard ground at the uppermost part of Bekhme Formation is studied at three outcrop sections located in the Dohuk area, northern Iraq, and it is found that it consists of two distinct facies associations. The first includes limestone beds that comprise the hard ground and its omission surfaces. The second consists of limestone, marly limestone, and marl, which is interbedded with successive hard ground. The overall characters of these two facies associations indicate that deposition took place in a carbonate ramp setting. Vertical variations of sedimentary components suggest that the hard ground was developed by three successive stages. These are the end of shallow carbonate sedimentation and the drowning of the platform, the formation and modification of hard grounds, and finally the deposition of pelagic carbonate sediments of the Shiranish Formation.

The second stage is characterized by intercalations of continuous depositional and biological processes. These include bioturbation, bioencrustation, and secondary mineralization in addition to other early and late diagenetic processes. The depositional area had been affected by tectonic drowning of carbonate ramp with a wide gradual marine transgression associated with a period of local marine regression that is, in turn, responsible for deposition, transportation, redeposition, submarine erosion and formation of hard grounds. Thus, the hard ground zone represents drowning unconformity surfaces between Bekhme and Shiranish formations through the Campanian- Maastrichtian boundary.

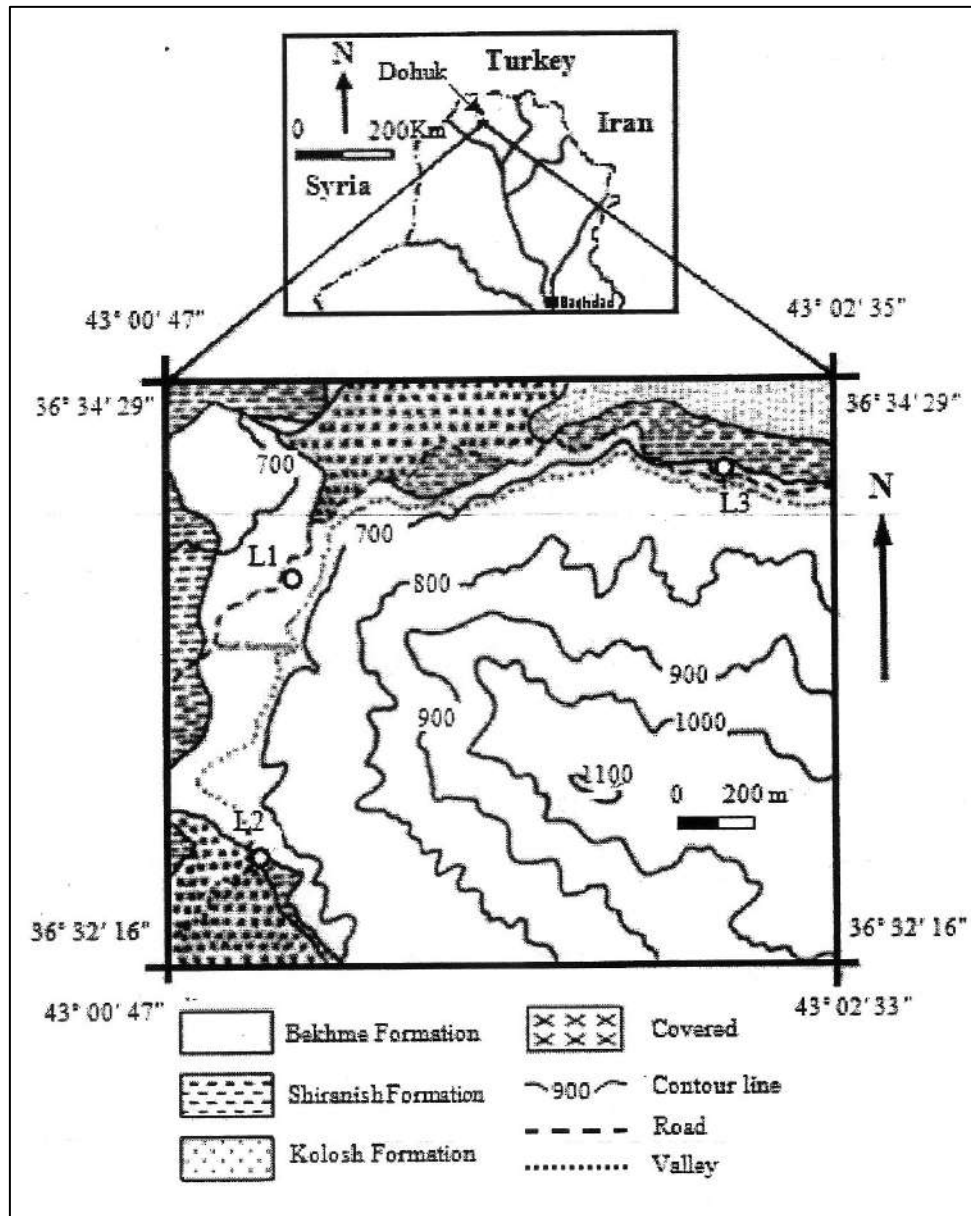
**Keywords:** Hard ground, Dohuk area, Bekhme Formation, Carbonate ramp, drowning unconformity.

## المقدمة

تتشكل طبقات الارض الصلبة (Hardground) من التصلب البطيء للرواسب الحيرية المترسبة في قيعان البحار عند مواقع النقاء سطح الرواسب بمياه البحر (Bathurst, 1975). تؤدي هذه العملية إلى تكوين السطوح المتروكة (omission surfaces) أو سطوح عدم الاستمرارية (discontinuity surfaces) التي تشكل حدوداً حادة تفصل بين السحنات الرسوبية المختلفة اعتماداً على الأدلة الرسوبية وهندسية الطبقات والعمليات التحويرية والطباقية الحياتية مما يشير إلى حصول توقف في الترسيب (Chari *et al.*, 1995). يتفق معظم الباحثين على ان هذه السطوح تمثل فترة زمنية مفقودة (hiatus) بين الطبقات الرسوبية الواقعة فوقها وتحتها. تشير الدراسات السابقة إلى ان سطوح الارض الصلبة تمثل حداً فاصلاً بين تكويني بخمة (Bekhme Formation) وشرانش (Shiranish Formation)، ويعد (Wetzel, 1950; In Bellen *et al.*, 1959) اول من لاحظ وجود سطح حاد بين التكوينين مترافقاً مع وجود حشود متكلسة من المنخربات الطافية (Condensed planktonic forminifera)، وزيادة في نسبة معدن الكلوكونايت. كذلك اشارت دراسة كل من (Al-Mutwali *et al.*, 2008) و (الشريدة، 2009) لتكوين بخمة في منطقة دهوك إلى وجود طبقتين من الارض الصلبة في جزئه العلوي.

### موقع منطقة الدراسة والوضع الجيولوجي

تقع منطقة الدراسة ضمن طية بيخير المحدبة (Bekhair Anticline) الواقعة في نطاق الطيات العالية (High Folded Zone) وتبعد هذه الطية حوالي 6 كيلومترات إلى الشمال الشرقي من مدينة دهوك، تتكشف في هذه الطية الصخور التي تمتد اعمارها من الكريتاسي العلوي (Upper Cretaceous) إلى النيوجين (Neogene) والتي تتمثل من الاقدم إلى الاحدث بتكوينات بخمة، شرانش، كولوش، جركس، أفانه، بيلاسبي، فتحة وانجانة. اشتملت الدراسة الحالية على المنكشفات الصخرية لنطاق الارض الصلبة الواقعة بين اعلى تتابعات تكوين بخمة وأسفل تتابعات تكوين شرانش، وتتراوح اعمارها ما بين الكامبانيان المتأخر والماسترختيان المبكر، تم اختيار ثلاثة مكاشف صخرية هي مقطع وادي كرماوة (الموقع L1) ومقطع الجناح الجنوبي (الموقع L2) ومقطع الجناح الشمالي للطية (الموقع L3) (الشكل 1).



الشكل 1: خارطة جيولوجية تبين مواقع مقاطع الدراسة (عن الشريدة، 2009)

### طرائق وأهداف الدراسة

تضمن العمل الحفلي الوصف الصخاري لنطاق الارض الصلبة ومتابعة تغيراتها العمودية والجانبية فضلاً عن دراسة التراكب الرسوبية الفيزيائية والحياتية. اختير (30) نموذجاً صخرياً للدراسة الحالية، وتمت معاملة شرائحها الرقيقة بصبغتي الاليزارين الحمراء وسيانيد البوتاسيوم الحديدي وفقاً لطريقة (Dickson, 1966). استخدم تصنيف فولك (Folk, 1962) في التحليل السحني ووصف الانسجة الصخرية لتعلقه بالاعتبارات المنشأية والبيئية للصخور الجيرية.

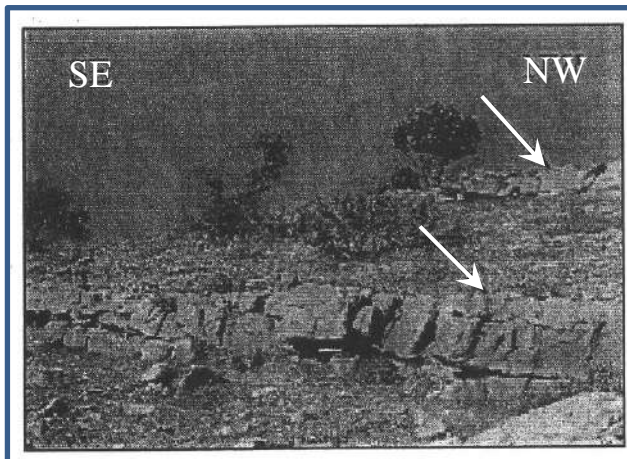
يهدف البحث الحالي إلى اجراء دراسة تفصيلية للطبيعة الصخرية والسحنية لسطوح وطبقات الارض الصلبة وتشخيص كافة الظواهر الرسوبية المميزة لها وتفسير طريقة تكوينها ومراحل نشوئها ومن ثم مناقشة علاقتها بالبيئة الترسيبية والعوامل المسيطرة عليها.

### الصخرية والتحليل السحني

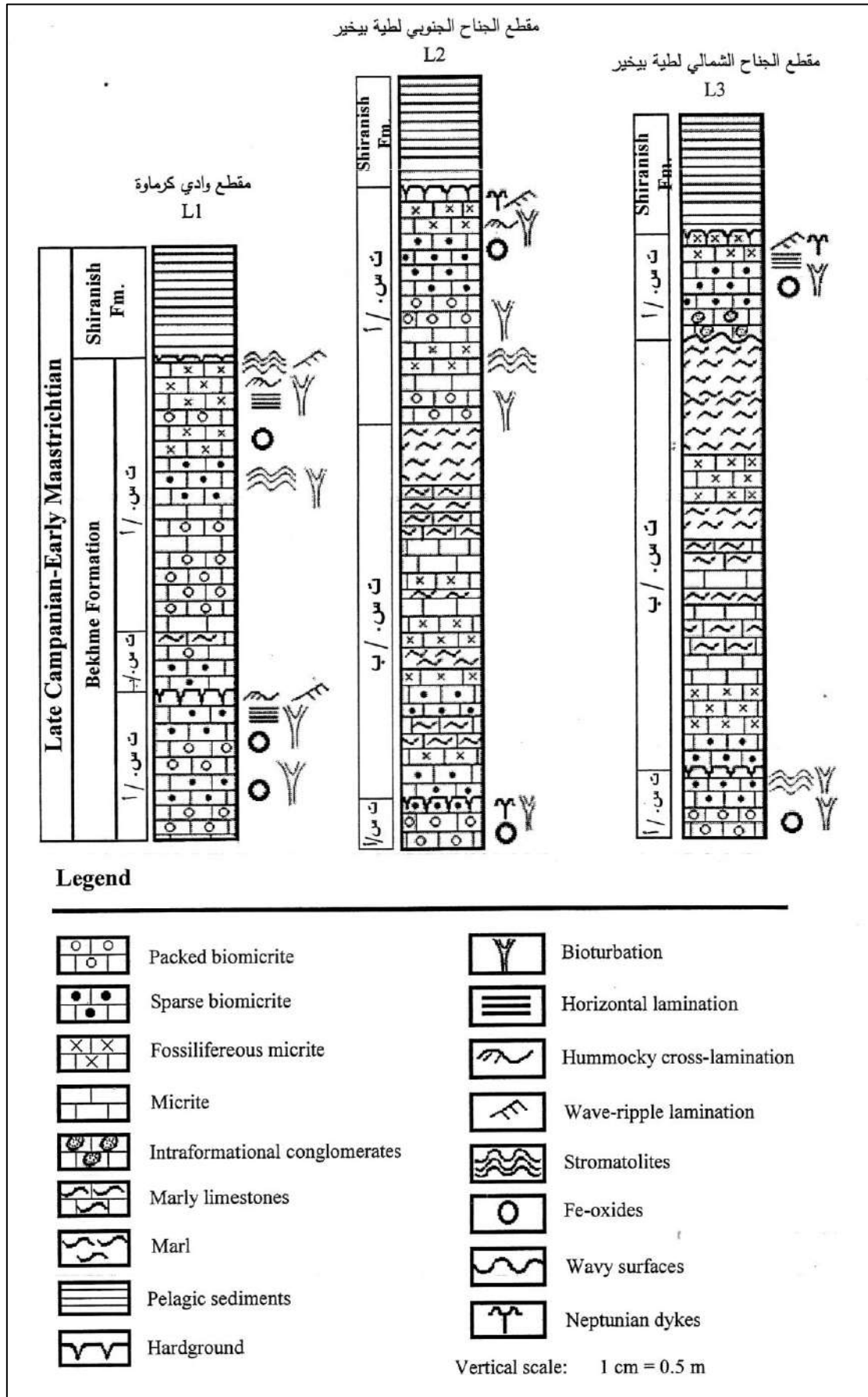
تتألف الطبقات الواقعة في اقصى الجزء العلوي لتكوين بخمة من طبقتين من الارض الصلبة تمتاز صخورها بصلاذتها العالية وتظهر كأضلاع بارزة (Ridges) بسمك يتراوح بين (0.5- 2.6 م) تنتهي في الاجزاء العليا منها بسطوح الارض الصلبة. كذلك توجد بين هاتين الطبقتين تتابعات لصخور أقل صلادة من سابقتها يصل سمكها إلى (4 م) (الشكلان 2 و3). واستناداً إلى التغيرات في الخصائص الصخرية والنسيجية وطبيعة التراكيب الرسوبية ومظاهر الاثار الحياتية (Trace fossils) أمكن تقسيم نطاق الارض الصلبة إلى تجمعين سحنيين (Facies associations) هما:

1- التجمع السحني (أ) (ت س.أ):

يمثل هذا التجمع طبقتي الارض الصلبة وسطحيها، ويتألف بشكل رئيس من الصخور الجيرية بحجم الرمل غنية بالمستحاثات (Biocalcarenite)، مع وجود بعض التداخلات من الصخور الجيرية بحجم الحصى والطين (Calcirudite and calcilutite). تتصف هذه الصخور بتطبقها الجيد، اذ يتراوح سمك طبقاتها المنفردة بين (20- 50 سم) وبوضوح مظاهر الاثار الحياتية فيها فضلاً عن محتواها من التراكيب الرسوبية. تحد هذه الطبقات من الاسفل سطوح مستوية وحادة (الموقعان L1 وL2) واحياناً سطوح متموجة (الموقع L3)، تقع فوقها طبقة من المدملكات الكاربوناتية داخلية المنشأ (Intraformational conglomerates) محدودة الامتداد لا يتعدى سمكها (40 سم) (الشكل 3).

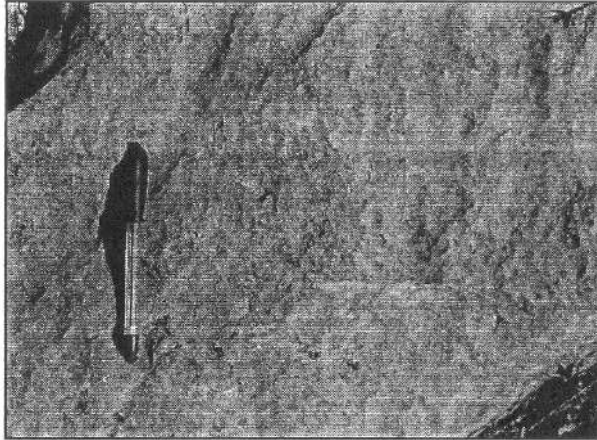


الشكل 2: طبقات الارض الصلبة (الاسهم) في الجناح الشمالي لطية بيخير (الموقع L3).

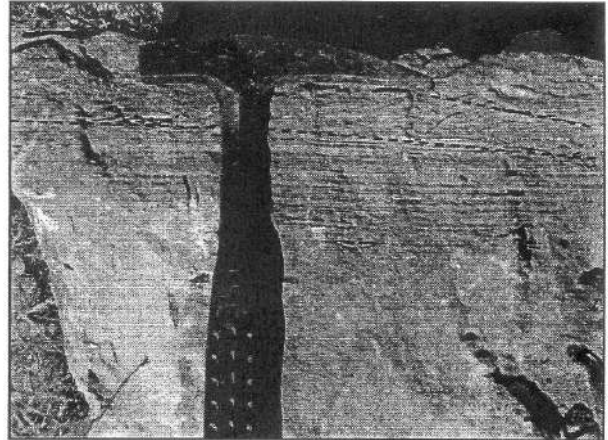


الشكل 3: المقاطع الصخرية لنطاق الارض الصلبة في اعلى الجزء العلوي لتكوين بخمة

تحتوي صخور هذا التجمع في بعض الأماكن على تراكيب الترقق الأفقي (- parallel lamination) التي تتدرج نحو الأعلى إلى الترقق النيمي المتقاطع (- Wave - ripple cross lamination) و / أو إلى تطبق الروابي المتقاطع (hummocky cross - bedding) (الشكل 4). وينتهي هذا التتابع أحيانا بعلامات النيم المتداخلة (interference - ripple caps) (الشكل 5).



الشكل 5: علامات النيم المتداخلة على سطح صخور التجمع السحني أ في مقطع وادي كراموة (الموقع L1)



الشكل 4: تراكيب الترقق الأفقي يتدرج نحو الأعلى إلى تراكيب الترقق النيمي المتقاطع لصخور التجمع السحني أ في الجناح الجنوبي لطية بيخير (الموقع L2)

تتكون سحنات هذا التجمع بشكل رئيس من سطة المكرايت الأحاثي الحاملة للمنخربات ( foraminiferal biomicrite) بنوعيه المرصوص (packed biomicrite) والمتفرق (sparse biomicrite) فضلاً عن وجود نسبة قليلة من سحنة المكرايت شحيح المستحاثات (fossiliferous micrite). تتألف الحبيبات الكاربوناتية لسحنة المكرايت الأحاثي من المنخربات القاعية (benthonic foraminifera) والمتمثلة بأجسام الـ orbitoids و rotaliids و miliolids، وقطع من شووكيات الجلد (echinoids) والطحالب الحمراء ( red algae) والنواعم (mollusks) ونسبة قليلة من المنخربات الطافية والمكسرات الحياتية (bioclasts) (لوحة 1 - 1)، والفتاتات الداخلية (intraclasts) والأنكويد (oncoids) (لوحة 2-1)، يتألف التتابع العمودي لسحنات هذا التجمع من تعاقب دوري متبادل ما بين سحني المكرايت الأحاثي المرصوص والمكرايت الأحاثي المتفرق يتداخل معهما أو تلوهما سحنة المكرايت شحيح المستحاثات (الشكل 3)، كذلك تتصف سحنات هذا التجمع (رغم التنوع الشديد في مكوناتها النسيجية) بوجود زيادة في نسبة المنخربات القاعية الكبيرة في أجزائها السفلية مقارنة مع ازدياد نسبة المنخربات الطافية الصغيرة تدريجياً في الأجزاء العليا منها مما يؤدي إلى تكوين ظاهرة التدرج الحجمي المتنام نحو الأعلى (fining upward sequence).

تدل المواصفات السحنية والصخرية لهذا التجمع وأطوار التعاقب العمودي للتراكيب الرسوبية على تأثرها بالعواصف والأمواج البحرية خلال فترات نشوئها، وبذلك تكون مواصفات هذا التجمع السحني مماثلة لمواصفات ترسبات العواصف البحرية (storm deposits or tempestite) ( Jones and Kreisa, 1981; Desrochers, 1992; Burchette and Wright, 1992; Bádenas and Aurell, 2001). وتعد بيئة

المنزلق الكربوناتي الداخلي والأوسط (inner to middle carbonate ramp) ذي الطاقة العالية من أفضل المواقع البيئية الممثلة لهذه الترسبات وذلك للتشابه الكبير في خصائص رواسب هذه السحنة مع رواسب هذا التجمع السحني (Burchette and Wright, 1992; Gómez-Pérez, *et al.*, 1998; Pomar, 2001; ) (Bádenas *et al.*, 2005).

## 2 - التجمع السحني (ب) (ت س.ب):

تتألف طبقات هذا التجمع من الصخور الجيرية بحجم الرمل والطين ومن الصخور الجيرية المارلية وصخور المارل الواقعة بين طبقتي الأرض الصلبة (ت س . أ) ويتغير سمكها الكلي في مقاطع الدراسة، إذ يتراوح بين 55 سم في الموقع L1 ليصل إلى 3.4 و 4 م في الموقعين L2 و L3 على التوالي (الشكلان 2 و 3). تمتاز معظم صخور هذا التجمع بطبقاتها الرقيقة التي يبلغ معدل سمكها 10 سم، وتكون بعض هذه الطبقات محاطة بسطوح مستوية وبعضها الآخر بسطوح متموجة تسببت في ظهورها بهيئة عقدية والتي ربما تعزى لتأثرها بعمليات الانضغاط.

تتصف السحنات الدقيقة للصخور الجيرية وبعض الصخور الجيرية المارلية بتجانسها العالي وتتألف بشكل رئيس من المكرايت الأحاثي المتفرق والمكرايت شحيح المستحاثات ونسبة قليلة من المكرايت، وتتدرج هذه السحنات في الغالب باتجاه أعلى التجمع إلى صخور المارل الذي قد يتداخل أحياناً بين صخور هذه السحنات مما يدل عموماً على التجمع باتجاه الأعلى (الشكل 3). تتكون الحبيبات الكربوناتية بصورة رئيسة من مستحاثات المنخربات الطافية وقطع شوكرات الجلد مع وجود نسب قليلة من المنخربات القاعية الصغيرة الحجم والنواع والمكسرات الحياتية (لوحة 1 - 3).

اتسمت سحنات هذا التجمع بظهورها من التراكيب الرسوبية الدالة على الطاقة العالية وبغزارة المنخربات الطافية التي تصل أحياناً إلى مستوى التكثيف (لوحة 1 - 4) فضلاً عن ندرة تأثرها بمظاهر الاضطراب الحياتي. تتشابه مجمل هذه المواصفات مع ترسبات بيئة المنزلق العميق (deep ramp) (Burchette and Wright, ) (1992; Gómez-Pérez, *et al.*, 1998; Badenas *et al.*, 2005) الذي يمثل بيئة المنزلق الكربوناتي الخارجي (outer carbonate ramp) ذي الطاقة الهيئة نسبياً.

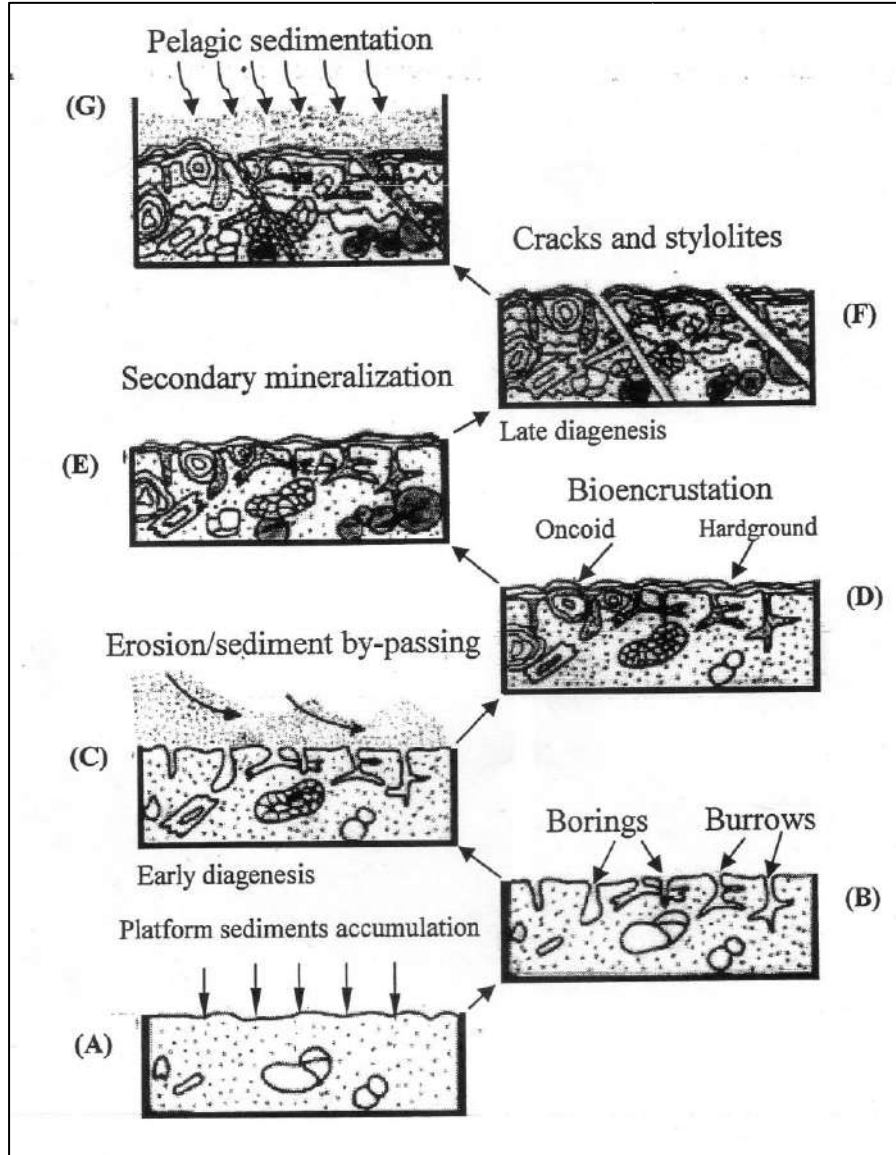
## مراحل نشوء نطاق الأرض الصلبة

تعكس سطوح الأرض الصلبة والتغير السحني للصخور الواقعة فوقها وتحتها في الدراسة الحالية وجود ثلاثة مراحل منشائية متسلسلة، وفيما يأتي وصف لهذه المراحل (الشكل 6):

### 1 - مرحلة انتهاء الترسيب الكربوناتي الضحل وانغمار الرصيف القاري:

اقترحت عدة طرق لتفسير اسباب انغمار (drowning) الأرصفة القارية، أهمها الارتفاع المفاجئ لمستوى سطح البحر أو الانقلاب التكتوني (tectonic collapse)، فقدان الكائنات البانية للشعاب عند حصول الهبوط للمنصات الكربوناتية، وتعكر أو تلوث المياه بالمواد الفتاتية و/أو المواد البركانية، أو حصول طغيان للمياه الغنية بالمواد الغذائية مسببة نقصان مضطرب في جهد النمو (Clari *et al.*, 1995). ترجح الدراسة الحالية ميكانيكية الانقلاب التكتوني المصاحب لارتفاع مستوى سطح البحر بكونه سبباً رئيساً لانغمار الرصيف القاري (الشكل 6 -

(A) وذلك بدليل تغير النظام البيئي عند حدود سطوح الأرض الصلبة من بيئة الأرصفة القارية إلى البيئة العميقة والمترافقة مع الزيادة المضطربة في نسبة المنخربات الطافية في الرواسب الواقعة فوق هذه السطوح كما أشارت إلى ذلك العديد من الدراسات (Winterer and Bosellini, 1981; Read, 1985; Clari et al., 1995).



الشكل 6: مراحل نشوء وتطور نطاق الأرض الصلبة

## 2- مرحلة تكوين وتطور نطاق الأرض الصلبة:

تتضمن هذه المرحلة سلسلة متواصلة و/أو متداخلة من الأحداث الرسوبية التي أعقبت توقف الترسيب الكربوناتي الضحل وتسببت في تشكيل سطحي الأرض الصلبة، ويمكن إجمال هذه الأحداث بما يأتي:

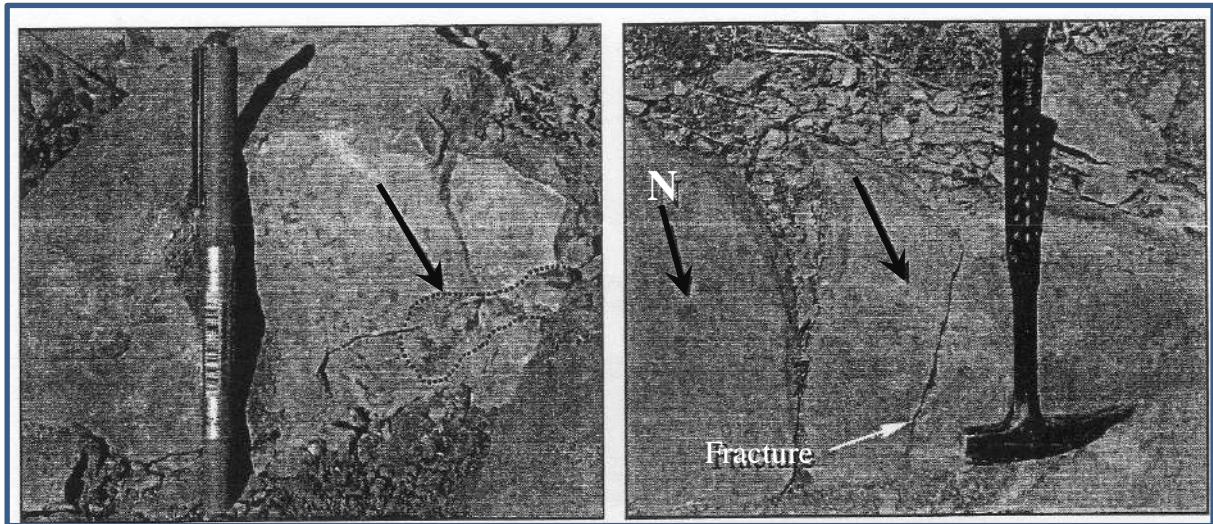
أ- مظاهر الاضطراب والتعرية الحياتية (bioturbation and bioerosion):

تشمل آثار الحفر (burrowing) والتنقيب (boring) التي انعكس تأثيرها على السطوح المتروكة والترسبات المرافقة لها (الشكل 6 - B). يظهر تأثير حفر الأحياء بهيئة تشكيلات شبكية متفرعة أو بهيئة دهاليز

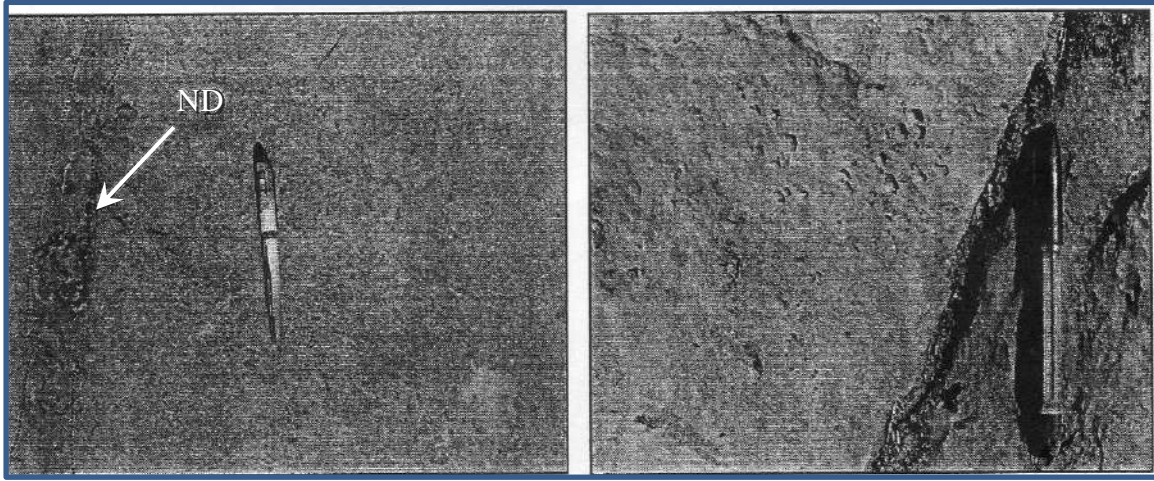


(galleries) شبه أفقية تتراوح أقطارها بين 2-7 سم. وتعود هذه الحفر إلى المستحاثات الاثرية لـ *Thalassinoides*، إذ تكون شبكاتها واضحة للعيان إما لأنها ملئت لاحقاً بالرواسب الكاربوناتية الفاتحة اللون، أو نتيجة التصلب السريع لجدرانها الداخلية بفعل حركة الأحياء وافرازاتها المخاطية حول الجدران (الشكل 7). تعد هذه الحفر جزءاً من المستحاثات الأثرية العائدة إلى مجموعة الـ *Gruziana* المنتشرة في رواسب القيمان البحرية الهشة والمتصلبة ضمن البيئات ذات الطاقة الواطئة إلى المتوسطة (Bromley, 1975; Reolid et al., 2010)، أما عمليات التثقيب الحياتي فتبدأ بعد التصلب النسبي للرواسب وتتمثل بثقوب مستحاثات الـ *Gastrochaenolites* ذات الأشكال الأسطوانية والنهايات شبه المستديرة الشبيهة بشكل المزهريّة (-vase shaped) التي يصل قطرها إلى 3 سم وطولها إلى 7 سم (الشكل 8)، فضلاً عن وجود آثار لثقوب متنوعة ترجع عائدة معظمها إلى الديدان البحرية التي تتركز على أسطح الطبقات (الشكل 9) أو تخترقها بشكل عمودي (لوحة 5 - 1).

تعد الوفرة والتركيز العالي لحفر وثقوب الأحياء وكثرة تواردهما معاً دليلاً على التناقص المفاجئ في معدل سرعة الترسيب والتعاقب المستمر لتصلب القيعان (Bromley, 1975; Chacón and Martin-Chivelet, 2008; Grádinaru et al., 2011)، وتؤدي زيادة الفعاليات الحياتية إلى اختلاط المكونات الرسوبية وتكوين التراكيب العقدية (nodular structures) (الشكل 7) أو التراكيب المبعدة (mottled structures) (الشكل 10). تتألف هذه التراكيب من بقع أو حبيبات من المكرايت الداكن اللون ضمن أرضية من المكرايت الفاتح اللون، وربما تعزى الألوان الداكنة لهذه التراكيب إلى الازدياد الملحوظ في نسبة المادة العضوية في بيئة عميقة نسبياً (Grádinaru et al., 2011).



الشكل 7: حفر الأحياء السهم للمستحاثات الاثرية الشكل 8: ثقوب الأحياء ذات الأشكال الاسطوانية والنهايات (Thalassinoides) والتراكيب العقدية الداكنة (N) شبه المستديرة لمستحاثات الـ *Gastrochaenolites* (الموقع L3) (الشكل 9) أو تخترقها بشكل عمودي (الموقع L1)



الشكل 9: تقوُب متنوعة على سطح الأرض الصلبة يرجح عائدة معظمها إلى الديدان البحرية (الموقع L1) والقاطع النباتوني (ND) (الموقع L1) الشكل 10: التراكم المبقعة على سطح الأرض الصلبة

#### ب - العمليات التحريرية المبكرة (early diagenesis):

توفر كيميائية مياه البحر والتجمع المتزايد للأحياء الحارة كالبكتريا والطحالب في رواسب القيعان البحرية الظروف الملائمة لعملية المكرتة والسمنتة المبكرة. ويتضح تأثير فعاليات هذه الأحياء من خلال حفر وتهشيم النطاق الخارجي لأصداف وهياكل الأحياء لتشكيل الأغلفة المكرتية (micrite envelopes) (لوحة 1 - 6). وقد يؤدي استمرار النشاط الطحبي والبكتيري إلى تحطيم هذه الأصداف وامتلاء قوالبها لاحقاً بسمنت الكالسايت المكريتي (لوحة 1 - 7).

تمثلت مرحلة السمنتة المبكرة لصخور نطاق الأرض الصلبة بوجود ثلاثة أطوار متعاقبة من السمنت تمثلت بالسمنت المتساوي السمك (isopachous cement) (لوحة 1 - 8) والسمنت الحافي المتوافق بصريا (syntaxial rim cement) (لوحة 2 - 1) والسمنت الحبيبي (granular cement) (لوحة 2 - 2). تشير الخصائص البتروغرافية للسمنت الحبيبي بكونه يمثل الطور الأخير للتصلب المبكر بدليل تسببه في تلم النهايات المدبية أو التكرس العشوائي للأغلفة والسمنت المكريتي والمتساوي السمك خلال ترافقه مع هذه الأنواع أو مع أحدهما داخل الفجوات لوحة (2 - 2).

تساعد العوامل مجتمعة والمتمثلة بوجود جدران الحفر المتصلبة والمفتوحة وشيوع البكتريا والطحالب وتدفق التيارات القاعية مع زيادة جريان الرواسب (sediment bypassing) واستمرار نشوء السطوح المتروكة المعرضة للتعرية على توفير ايونات الكالسيوم والكاربونات اللازمة للتصلب المبكر تحت البحري (الشكل 6 - C) عند حدود النقاء الترسبات بالمياه البحرية. كذلك يؤدي التصلب المتعاقب للقيعان الصخرية في المواقع التي يقل فيها تأثير التعرية الحياتية إلى تكوين سطوح عدم الاستمرارية ذات المقاس المجهرى (لوحة 2 - 3)، وهي من الظواهر الشائعة في سحنات التجمع السطحي (أ). تتشابه العوامل السالفة الذكر في مواصفاتها إلى حد كبير مع الظروف البيئية وأنواع السمنت الموصوفة في سطوح وصخور الأرض الصلبة للرواسب القديمة (Bathurst, 1975; Hips and Haas, 2009; Reolid et al., 2010) وكذلك الحديثة منها (Bathurat, 1975; Whittle et al., 1998).

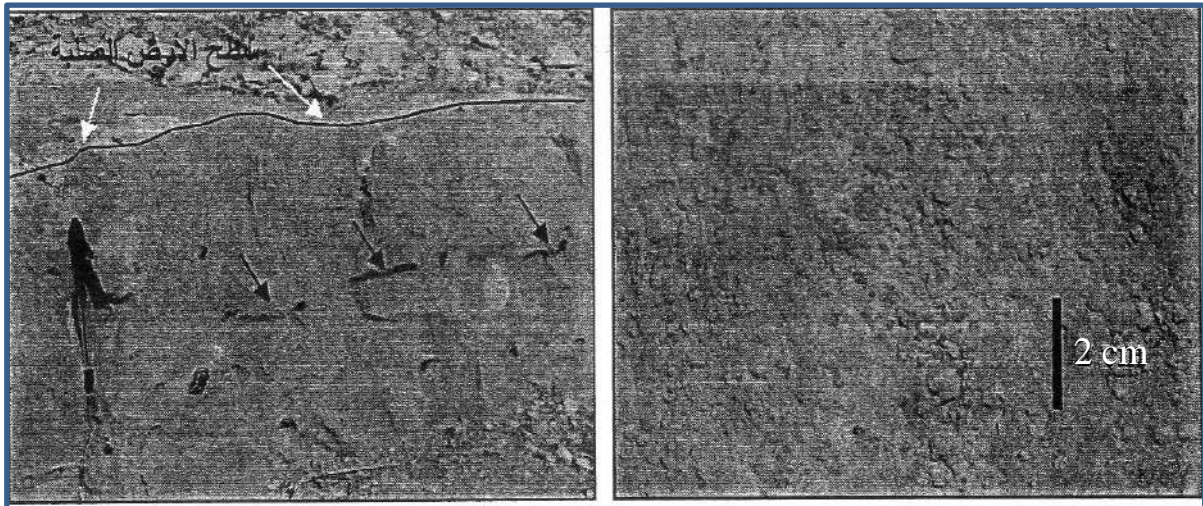
ج - التغليف العضوي (bioencrustation):

يتمثل التغليف العضوي بتراكيب الستروماتوليت الميكروبي (microbial stromatolite) على هيئة رقائق مستوية إلى قبيبة الشكل (laminated to dome-shaped) يكون انتشارها الجانبي محدودا ويتراوح سمكها بين 20 - 100 مايكرون (لوحة 2 - 4). تحيط هذه الرقائق أحيانا بالحبيبات الكربوناتيية أو المكرايت مكونة حبيبات الأنكويد التي لا تتجاوز أقطارها 1 سم (لوحة 2 - 1). يؤدي تراكم الستروماتوليت الميكروبي وحبيبات الأنكويد على أسطح طبقات الأرض الصلبة وبالقرب منها إلى ظهور هذه الأسطح بهيئة قبيبة أو مضلعة (الشكلان 11 و D-6).

يشير النمو المتقطع لرقائق الستروماتوليت وانتشاره الجانبي المحدود ونشوء حبيبات الإنكويد ووجودهما على أو بالقرب من سطوح الأرض الصلبة إلى تطورها ضمن المراحل المتعاقبة لمواقع التقاء سطح الترسبات بالمياه البحرية. كذلك تدل خصائص السحنات المكرايتية الحاوية لهذه التراكيب على البيئة البحرية المفتوحة شبه اللجية (hemi-pelagic) (Chacón and Martiri - Chivelet, 2008). كذلك يشير (Hips and 2009) (Haas, إلى أن الستروماتوليت المستوي والانتشار الجانبي للفرش الميكروبية (microbial mat) وترسيب المكرايت الميكروبي يحتاج إلى بيئة بحرية مفتوحة ذات طاقة واطئة يقع معظمها ضمن المنحدر الكربوناتي العميق.

د - التمعن الثانوي (secondary mineralization):

تعد معادن الهيماتايت والجوثايت والليمونات من أهم المعادن الثانوية الموجودة في طبقات الأرض الصلبة خلال التجمع السحني (أ)، إذ توجد بهيئة عقد شبه مستديرة إلى طولية الشكل يصل قطرها إلى 40 ملم أو بشكل طبقة رقيقة ناتجة عن اندماج العقد مع بعضها البعض وتترتب بصورة موازية لمستوى التطبيق (الشكل 12).



الشكل 11: الستروماتوليت الميكروبي وحبيبات الأنكويد الشكل 12: العقد الحديدية (الأسهم) موازية لمستوى التطبيق على سطح الأرض الصلبة (الموقع L1) و سطح الأرض الصلبة (الموقع L3)

توجد المواد الحديدية أيضا على هيئة قشور أو صبغات تحيط بالمكونات الصخرية أو مألئة ومبطنة لحفر وثقوب الأحياء (لوحة 2 - 5). كذلك تتجلى مظاهر التمعن الأخرى من خلال وجود حبيبات ناعمة الحجم غير

منتظمة الشكل من معدني البايرايت الكلوكونايت منتشرة ضمن الأرضية المكاريتية الناعمة للسحنات الصخرية أو مائة للفجوات وحفر الأحياء (لوحة 2 - 6 و 7) و (الشكل 6 - E). يشير التراكم المتكرر للمعادن الموضعية النشأة إلى وجود مراحل من التوقف الترسبي في بيئة ذات نشاط عالٍ للبكتريا وطاقة واطئة ( Flügel, 2004; Reolid et al., 2010; Clari et al., 1995).

هـ- العمليات التحريية المتأخرة (late diagenesis):

تأثرت صخور الدراسة سيما صخور التجمع السحني (أ) بمجموعة من الشقوق (fissures) المختلفة المقياس تراوحت بين العروق المجهرية (veins) الحادة (لوحة 1 - 1 و 6) و (لوحة 2 - 1) إلى الكسور (cracks) العمودية وشبه العمودية القاطعة لمكونات الصخور واثارها الحياتية (الشكل 7). تتسع أحجام بعض الكسور إلى فجوات طولية محاطة بجدران حادة يصل سمكها إلى حوالي 8 سم تقطع طبقات الأرض الصلبة وتصل إلى أسطحها العلوية لتكوين تراكيب القواطع النبتونية (neptunian dykes)، وتمتلى هذه القواطع لاحقا برواسب التجمع السحني (ب) أو برواسب تكوين شرانش (الشكل 10) مما يدل على انفتاح هذه الفجوات على القيعان البحرية خلال فترات التوقف الترسبي ومن ثم امتلاؤها بالترسبات اللاصقة بعد إعادة الترسيب. من المظاهر الأخرى للعمليات التحريية المتأخرة تكوين محاليل الضغط والإذابة لتشكيل تراكيب الستايلولايت (stylolites)، والتي قد يؤدي شيوها أحيانا إلى تكوين التراكيب العقدية أو البريشيا (لوحة 2 - 8) و (الشكل F-6).

يعد وجود القواطع النبتونية وتراكيب الستروماتولايت في طبقات الأرض الصلبة من أحد الأدلة على التوقف الترسبي تحت البحري (Clari et al., 1995). كذلك تدل هذه الظواهر (تكوين الكسور والقواطع النبتونية) على النشاط التكتوني المتزامن أو اللاحق لعملية الترسيب (Reolid et al., 2010).

3- مرحلة ترسيب الرواسب اللحية العميقة (deep pelagic sedimentation):

تترسب الرواسب العميقة بعد هدوء تأثير التيارات البحرية أو بسبب الزيادة التدريجية لعمق الحوض الرسوبي مما تؤدي إلى ترسيب الصخور الجيرية والمارل العائدة لتكوين شرانش الذي يغطي الطبقة العلوية لنطاق الأرض الصلبة (الشكل 6 - G). وتمثل صخور هذا التكوين السحنات الحوضية العميقة (basinal facies) لدورة ترسيب فترة الكامبانين - الماسترختيان في شمالي العراق (Al - Qayim, 1992).

### المناقشة

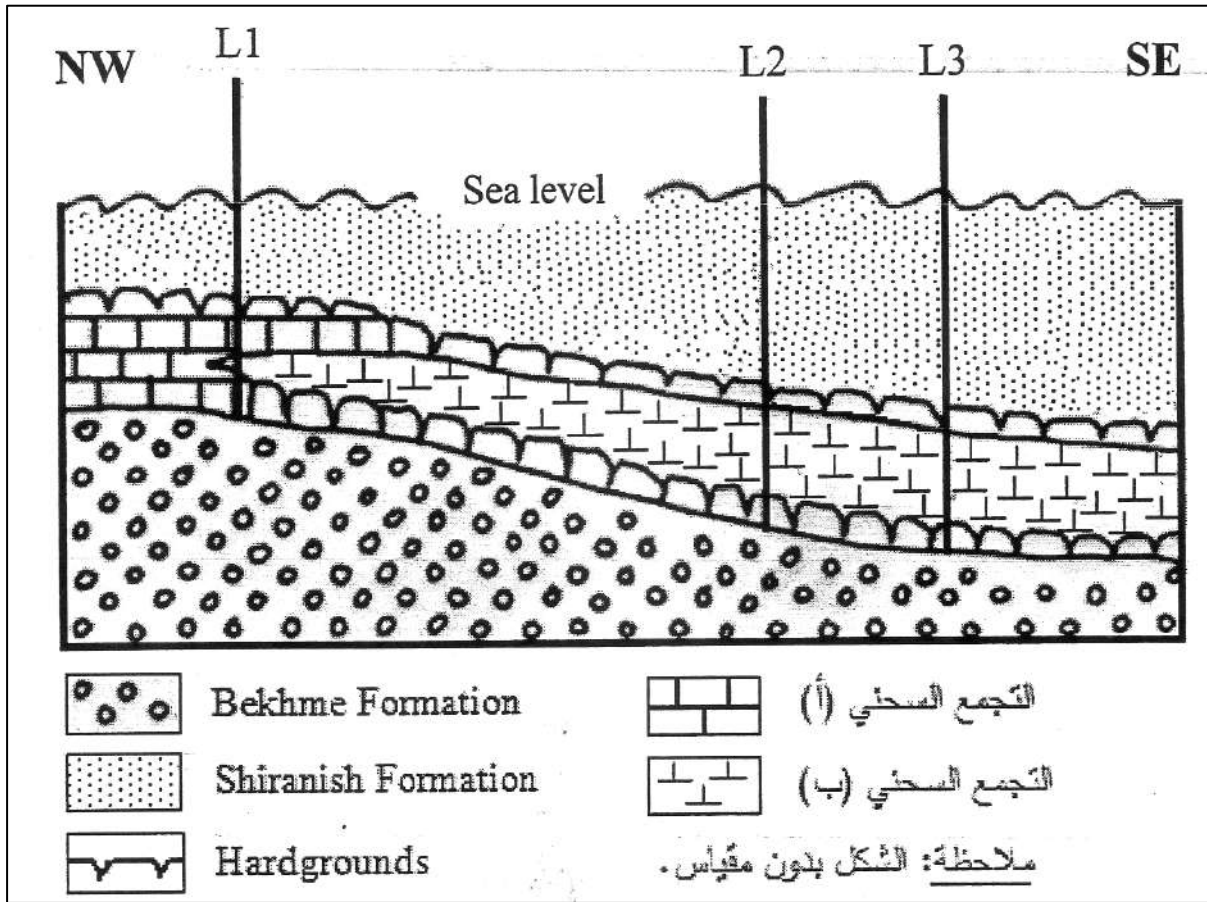
شهد العصر الكريتاسي في العراق ظروف انضغاط تكتوني (tectonic compression) بسبب انفتاح محيط التيثيس الحديث (neo-Tethys Ocean) مما أدى إلى تكوين الفوالق اللبسترية الاعتيادية (listric normal faults) وأحواض الصدوع (rift basins) والأحواض المعلقة (suspended) (Numan, 2000) (basins)، إذ تميزت فترة الكامبانين المتأخر في شمالي العراق بالتجسبات الموضعية (local subsidence) (Sharland et al., 2001)، واقترحت الشريدة (2009) في دراستها لتكوين بخمة في منطقة دهوك موديل بيئة المنحدر الكربوناتي (carbonate slope) الناتج عن فالق تحت بحري مزامن للترسيب ليكون ممثلاً للعوامل التكتونية المؤثرة في بيئة الترسيب.

ترجح الدراسة الحالية احتمالية تأثر حواف الأرصفة القارية لفترة الكامبانيان المتأخر في شمالي العراق بفالق أو عدة فوالق مترامنة مع الترسيب ادت بدورها إلى تجزئة وتقطع هذه الأرصفة لتكوين كتلة أو سلسلة من الكتل الهابطة والتي ربما تكون منطقة الدراسة ممثلة لإحداها.

تشير الخصائص الصخرية والبيروغرافية لرواسب نطاق الأرض الصلبة إلى اعتبار المنزلق الكربوناتي ممثلاً لتلك الكتلة الهابطة بفعل الانغمار التكتوني، يعد السمك العالي للرواسب الضحلة لسحنات التجمع (أ) في منطقة وادي كراموة (الموقع L1) مقارنة بسمكها القليل في مواقع جناحي طية بيخير (الموقعين L2 و L3) اللذان يزداد فيها سمك الرواسب العميقة لسحنات التجمع (ب)، فضلاً عن زيادة نسبة الشقوق والقواطع النبتونية ووجود طبقة المدملكات داخلية المنشأ ذات الحدود السفلية المتموجة وزيادة نسبة مستحاثات المنخربات الطافية واختلاطها بمستحاثات أخرى منقولة ومكسرة باتجاه سحنات مقطعي جناحي الطية دليلاً على تأثير النشاط التكتوني وانحدار السطح الترسبي وتعمقه بهذه الاتجاه (شرق وجنوب شرق منطقة الدراسة) (الشكل 13).

إن التعاقب العمودي والجانبى لصخور التجمعين السحنيين (أ) و (ب) وتعاقب السحنات الرسوبية العائدة لكل منهما والدالة على التتعمق بالحجمي والتعمق باتجاه اعلى التجمعين تشير جميعها إلى تعرض الحوض الرسوبي إلى تقدم بحري تدريجي واسع (regional transgression) تخللته فترة من التراجع البحري المحدود (local regression). وخلال ذلك حصلت العديد من عمليات الترسيب والنقل وإعادة الترسيب والتعرية تحت البحرية، ولم تتمكن الرواسب من التواصل المستمر مع الارتفاع النسبي لمستوى سطح البحر مما يشير إلى انخفاض معدل الترسيب الكربوناتي ومن ثم إلى تكوين سطحين من الأرض الصلبة.

تسبب الهبوط والتقدم البحري التدريجي بزيادة عمق الحوض الرسوبي وأصبحت معظم أجزاء المنزلق الكربوناتي واقعة تحت ظروف البيئة العميقة نسبياً مما أدى إلى ترسيب سحنات التجمع (ب) فوق سحنات التجمع (أ) وتكوين السطح السفلي للأرض الصلبة بينهما، ولقد استمرت هذه الظروف لحين انخفاض مستوى التقدم البحري وبداية التراجع البحري المحدود. إن الانخفاض النسبي لمستوى سطح البحر مهد السبيل لزيادة الإنتاج الكربوناتي (carbonate factory) في المواقع الضحلة للمنزلق وفي إعادة ترسيب سحنات التجمع (أ)، وساعدت عوامل انخفاض السعة الاستيعابية (accommodation space) للحوض الرسوبي والانحدار العالي لسطح الترسيب على تقدم هذه السحنات باتجاه المواقع العميقة للمنزلق لتغطي بذلك رواسب التجمع (ب) السابقة لها ومن ثم تكوين السطح العلوي للأرض الصلبة، أما ترسيب الرواسب اللحية العميقة لتكوين شرانش فوق رواسب نطاق الأرض الصلبة فيدل على تعرض الحوض الرسوبي ثانياً إلى هبوط تكتوني سريع رافقه ارتفاع واضح لمستوى سطح البحر مما تسبب في تحول بيئة المنزلق إلى البيئة البحرية العميقة (الشكل 13).



الشكل 13: بيئة المنزلق الكربوناتي لصخور نطاق الأرض الصلبة بعد الانغمار التكتوني والتعرض لعمليات التقدم والتراجع البحري موضحا فيها مواقع مقاطع الدراسة الثلاثة (L1, L2 and L3).

وتبعاً لما اتصفت به رواسب نطاق الأرض الصلبة والأحداث الرسوبية والتكتونية التي مرت بها يمكن القول بان ميكانيكية نشوء سطحي الأرض الصلبة كان متعلقاً بشكل رئيس بتأثير العوامل الإقليمية فضلاً عن العوامل المحلية الأخرى. تتمثل العوامل الإقليمية بعدم انتظام الحركات التكتونية المسيطرة على الهبوط والتذبذب النسبي في مستوى سطح البحر ومعدل التجهيز بالرسوبيات وجغرافية المحيط القديم. أما العوامل المحلية فأهمها عمق ألحت الموجي (wave abrasion depth) المرتبط بمستوى قاعدة الأمواج البحرية (wave base) المحددة لمواقع عمليات الترسيب من ناحية ومواقع عمليات النقل والتعرية من الناحية الأخرى (Jones and Desrochers, 1992).

تشير معطيات الدراسة الحالية إلى إمكانية اعتبار رواسب نطاق الأرض الصلبة ممثلاً للحالة الانتقالية من رواسب البيئة البحرية الضحلة لتكوين بخمة إلى رواسب البيئة البحرية العميقة لتكوين شرانش، وكذلك إلى وجود فترة انقطاع وتوقف ترسيبي وحدث عدم توافق انغماري (drowning unconformity) بين التكوينين خلال الفترة المحصورة بين الكامبانيان والماسترختيان (Campanian- Maastrichtian boundary)، إلا أن تحديد مرتبة هذا الانقطاع ومدته الزمنية المفقودة تحتاج إلى دراسات دقيقة للطباقية الحياتية مرتبطة بالاعتبارات التكتونية تتجاوز منطقة الدراسة الحالية لتشمل مناطق مختلفة من شمالي العراق.

### الاستنتاجات

صنفت صخور نطاق الأرض الصلبة إلى تجمعين سحنيين هما التجمع السحني (أ) والتجمع السحني (ب)، يعد التجمع السحني (أ) ممثلاً لطبقات الأرض الصلبة وسطوحها، ويتألف بصورة رئيسة من الصخور الجيرية بحجم الرمل الغنية بالمستحاثات ونسبة قليلة من المدملكات الكربوناتيّة داخلية المنشأ، بينما يتألف التجمع السحني (ب) من الصخور الجيرية بحجم الرمل والطين والصخور الجيرية المارلية والمارل. دلت الخصائص الصخرية والبتروغرافية لهذين التجمعين (أ) و (ب) على ترسيبهما في بيئة المنزلق الكربوناتي الداخلي والأوسط وبيئة المنزلق الكربوناتي الخارجي على التوالي.

شخصت ثلاثة مراحل لنشوء وتطور نطاق الأرض الصلبة، إذ بدأت المرحلة الأولى مع انتهاء الترسيب الكربوناتي الضحل لرواسب تكوين بخمة نتيجة الهبوط التكتوني للأرصفة القارية وانغمارها. وضمت المرحلة الثانية سلسلة من الأحداث الرسوبية والحياتية المتعاقبة أو المتداخلة التي ساهمت في نشوء وتطور سطحي الأرض الصلبة متمثلة بمظاهر الحفر والتقيب الحياتي وعمليات المكرتة والسمنتة المبكرة والتغليظ العضوي لتكوين تراكيب الستروماتولايت على أسطح الأرض الصلبة أو بالقرب منها والعمليات التحريرية المتأخرة مثل الشقوق والقواطع النباتية وتراكيب الستايولولايت. وتختتم هذه العمليات بالمرحلة الثالثة التي تترسب خلالها رواسب تكوين شرانش العميقة فوق طبقات نطاق الأرض الصلبة.

تمثل منطقة الدراسة واحدة من كتل الأرصفة القارية الهابطة بفعل الفوالق المتزامنة مع الترسيب خلال فترة الكامبانيان التي شهدت ظروفًا تكتونية غير مستقرة، ويعد المنزلق الكربوناتي ممثلاً لتلك الكتلة الهابطة. أشار التعاقب العمودي والجانبى للتجمعين السحنيين (أ) و (ب) وتعاقب السحنات التابعة لكل منهما إلى تعمق وانحدار المنزلق الكربوناتي باتجاه جناحي طية بيخير المحدبة، وتعرضه إلى تقدم بحري تدريجي واسع تخلله تراجع بحري محدود أدى إلى تكوين رواسب الأرض الصلبة وسطحها قبل إعادة نشاط الهبوط التكتوني من جديد وترسيب الرواسب اللحية لتكوين شرانش، وعليه يعد نطاق الأرض الصلبة ممثلاً لفترة توقف ترسيبي وعدم توافق انغماري ما بين تكويني بخمة وشرانش.

### المصادر العربية

الشريفة، وثام مزاحم عبد الواحد، 2009. دراسة التغيرات الرسوبية لتكوين بخمة في مكشف محدد من منطقة دھوك شمال العراق. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، العراق، 112 صفحة.

### المصادر الأجنبية

Al-Mutwali, M.M., Al-Banna, N.Y. and Al-Ghrear, J.S., 2008. Microfacies and sequence stratigraphy of the Late Campanian Bekhme Formation in the Dohuk area, north Iraq. GeoArabia, Gulf PetroLink, Bahrain, Vol. 13, No. 1, pp. 39-53.

Al-Qayim, B., 1992. Bioturbated rhythmite of the Shiranish Formation, Type locality, NW Iraq. Iraqi Geol. Jour., Vol. 25, No. 1, pp. 185-194.

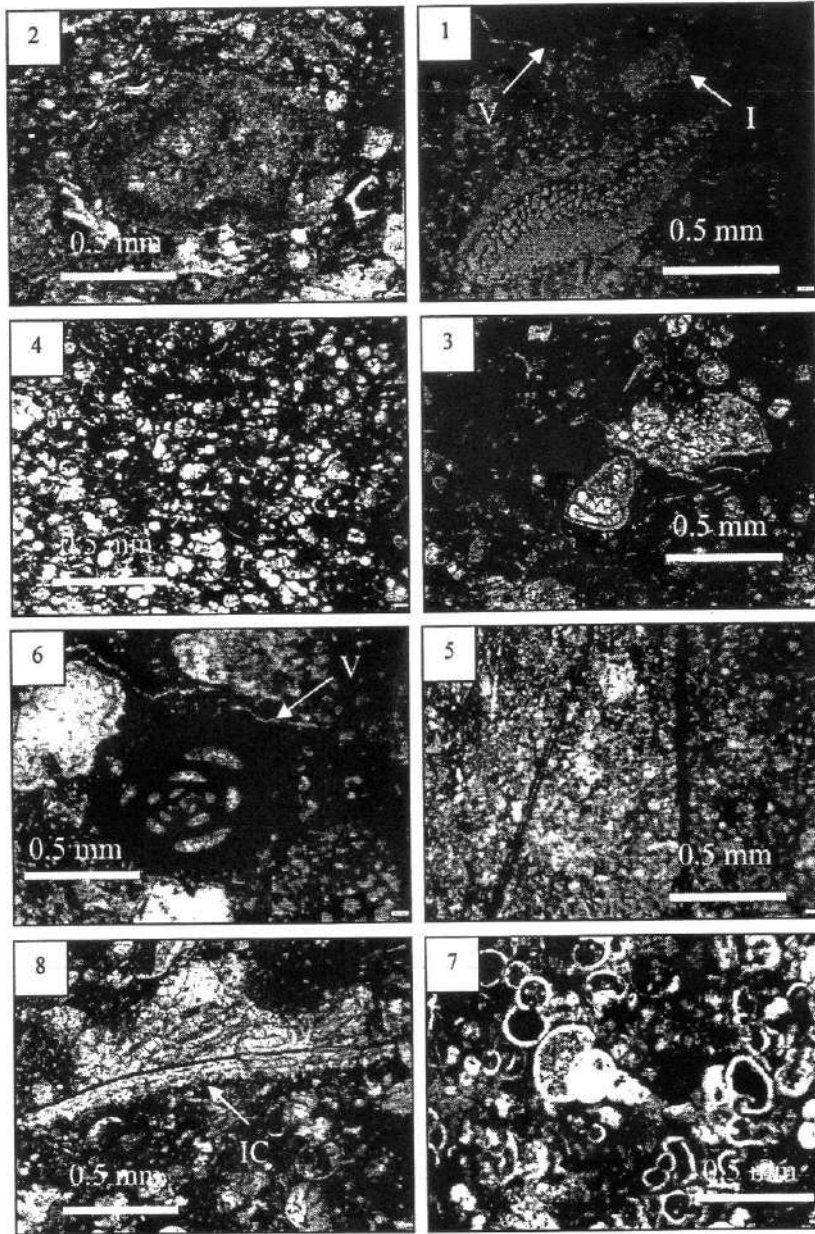
Bádenas, B. and Aurell, M., 2001. Proximal-distal facies relationship and sedimentary processes (Kimmeridgian, northwest of the Iberian Ranges, Spain). Sed. Geol., Vol. 139, pp. 319-342.

- Bádenas, B. and Aurell, M. and Cröcke, D.R., 2005. Facies analysis and correlation of high-order sequences in middle-outer ramp successions: variation in exported carbonate on basin-wide 8 NE Spain). *Sedimentology*, Vol. 52, pp. 1253-1275.
- Bathurst, R.G.C., 1975. *Carbonate Sediments and their Diagenesis*, 2nd ed. Development in Sedimentology 12, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam, 658p.
- Bellen, R.C. van; Dunnington, H.V.; Wetzel, R. and Morton, D.M., 1959. *Lexique Stratigraphique International*, Asie, Fasc. 10a, Iraq. Centre Natl. Rech. Scii, Paris, 333p.
- Bromley, R.G., 1975. Trace fossils at omission surfaces. In: *The Study of Trace Fossils* (Ed. R.W. Frey), pp. 399-428, Springer-Verlag, New York.
- Burchette, T.P. and Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sed. Geol.*, Vol. 79, pp. 3-57.
- Chacón, B. and Martin-Chivelet, J., 2008. Stratigraphy of Paleocene phosphate pelagic stromatolites (Prebetic zone, SE Spain). *Facies*, Vol. 54, pp. 361- 376.
- Clari, P.A., Pierre, F.D. and Martire, L., 1995. Discontinuities in carbonate successions: identification, interpretation and classification of some Italian examples. *Sed. Geol.*, Vol. 100, pp. 97-121.
- Dickson, J.A.D., 1966. Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 36, pp. 491-505.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, 976p.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: *Classification of Carbonate Rocks* (Ed. W.E. Ham), AAPG. Mem., 1, pp. 62-84.
- Gómez-Pérez, I., Fernández-Mendiola, P.A. and Garcia-Mondéjar, J., 1998. Constructional dynamics for a Lower Cretaceous carbonate ramp (Gorbea Massif, north Iberia). In: *Carbonate Ramps* (Eds V.P. Wright and T.P. Burchette), Geol. Soc. London Spec. Pub., Vol.149, pp. 229-252
- Grádinaru, M., Lazár, I. and Panaiotu, C.E., 2011. Preliminary report on the microfacies analysis of the hardgrounds and condensed horizons associated to the Middle Jurassic deposits from Tátorului Gorges (Bucegi Mountains, SE Carpathians). *Acta Palaeo. Romaniae*, Vol. 7, pp. 169-175.
- Hips, K. and Haas, J., 2009. Triassic boundary interval and basal Triassic carbonates: shallow and deep ramp sections, Hungary. *Facies*, Vol. 55, pp. 421-442.
- Jones, B. and Desrochers, A., 1992. Shallow platform carbonates. In: *Facies- models Response to sea level change* (Eds R.G. Walker and N.P. James), Geol. Assoc. Canada, pp. 407-454.
- Kreisa, R.D., 1981. Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of southern Virginia. *Jour. Sed. Petrology*, Vol. 51, pp. 823-848.
- Numan, N.M.S., 2000. Major Cretaceous tectonic events in Iraq. *Raf. Jour. Sci.*, Vol. 11, No. 3, pp. 32-52.



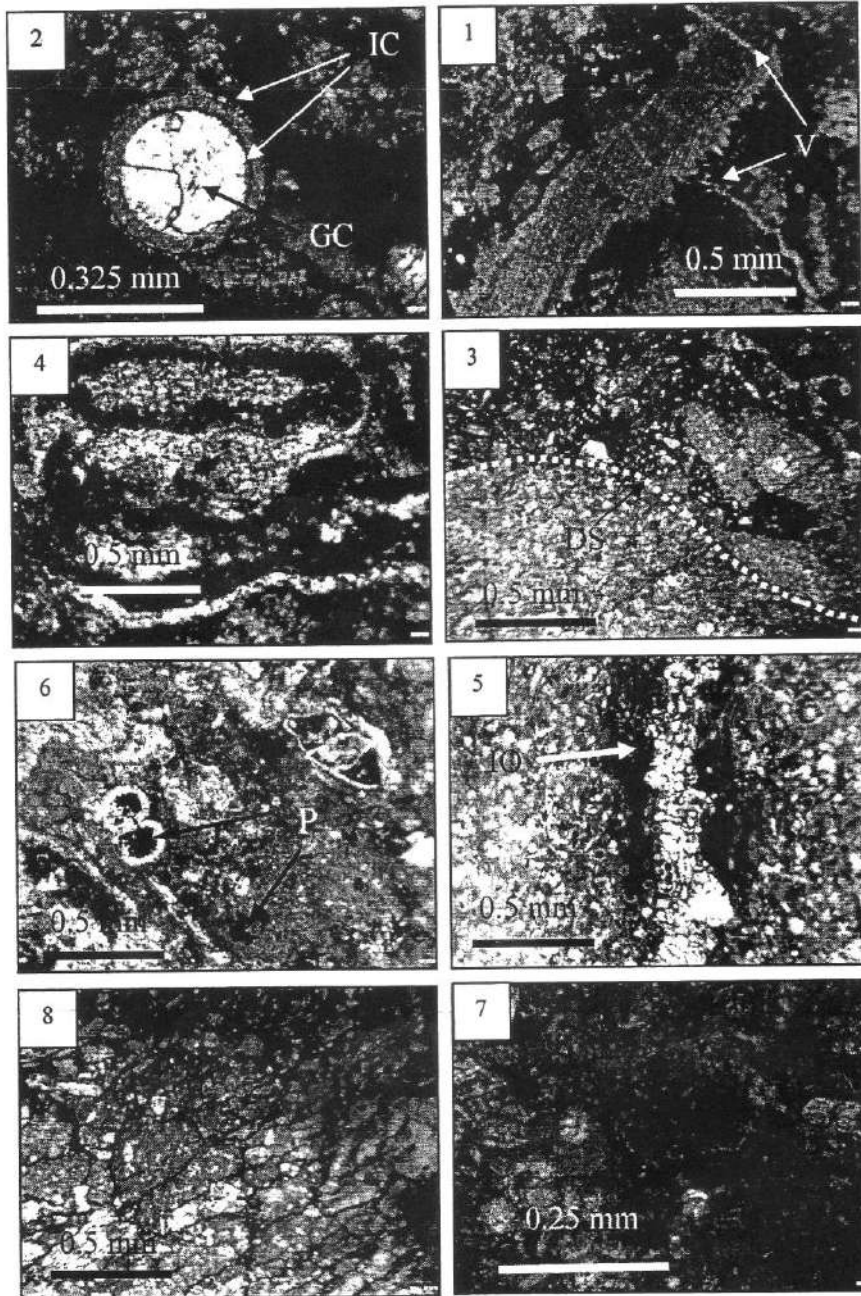
- Pomar, L., 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. Basin Research, Vol. 13, pp. 313-334.
- Read, J.F., 1985. Carbonate platform facies models. AAPG Bull., Vol. 69, No. 1, pp. 1-21.
- Reolid, M., Nieto, L.M. and Rey, J., 2010. Taphonomy of cephalopod assemblages from Middle Jurassic hardgrounds of pelagic swells (South- and diagenetic evaluation of the Permian- Iberian Palaeomargin, Western Tethys). Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, Vol. 292, pp. 257-271.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbury, A.D. and Simmons, M.D., 2001. Arabian Plate Sequence Stratigraphy. GeoArabia, Spec. Publ. 2, Gulf PetroLink, Oriental Press, Manama, Bahrain, 371p.
- Whittle, G.L., Alsharhan, A.S. and Kendall, C.G.St.C., 1998. Petrography of Holocene beach rock and hardgrounds, Abu Dhabi, United Arab Emirates. In: Quaternary Desert and Climatic Change (Eds A.S. Alsharhan, K.W. Glennie, G.L. Whittle and C.G.St.C. Kendall), pp. 57-68. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Winterer, E.L. and Bosellini, A., 1981. Subsidence and sedimentation on a Jurassic passive continental margin, Southern Alps, Italy. AAPG Bull., Vol. 65, pp 394-421.

## (لوحة 1)



1 . المنخربات القاعية الكبيرة (orbitoids) في سحنة المكرايت الأحاثي المتفرق (ت . س . أ) مع وجود الفتات الداخلي (1) والعروق (7) (الموقع L1). 2- الانكويد في سحنة المكرايت شحيح المستحاثات (ت . م . أ) وتأثر غلافها الخارجي بعمليات الحت والنقل (الموقع L2). 3- سحنة المكرايت المتفرق الحاملة للمنخربات الطافية وبعض النواع صغيرة الحجم (ت . س . ب) (الموقع L2). 4- حشود متكدسة من المنخربات الطافية (ت . س . ب) (الموقع L3). 5- الثقوب الحياتية العمودية وشبه العمودية في محطة المكرايت شحيح المستحاثات (ت . س . ب) (الموقع L3). 6- الغلاف المكريني حول المليوليدا والعروق (V) (الموقع L1). 7- السمنت المكريني المائي القوالب المستحاثات (الموقع L3)، 8- السمنت المتساوي السمك يحيط بقطعة من أصداف رأسية القدم (IC) (الموقع L2). ملاحظة : جميع الصور مأخوذة تحت المستقطبين المتعامدين.

(لوحة 2)



- 1 . السمنت الحافي المتوافق بصريا يحيط بقطعة من شوكية الجذ والعروق القاطعة لها (V) (الموقع L1). 2-
  - السمنت المتساوي السمك (IC) داخل وخارج القالب المنخربات الطافية والسمنت الحبيبي (GC) اللاحق داخل القالب (الموقع L2). 3- سطح عدم الاستمرارية (DS) بين سحنتي المكربت الأحاثي المتفرق والمكربت شحيح المستحاثات (الموقع L3). 4- السترومايت الميكروبي ذي الهيئة المسنوية والقبيبية (الموقع L1). 5- حفر الأحياء ملئت بالرواسب اللاصقة ومبطنة باكاسيد الحديد (10) (الموقع L3). 6-
  - البايريت داخل قوالب المنخربات الطافية ومنتشرة في أرضية الصخرة (الموقع L2). 7- الكلاكونايت في أرضية الصخرة (الموقع L3). 8- التراكيب العقدية الناتجة عن الستايلولويات المتشابك (الموقع L2) .
- ملاحظة : جميع الصور مأخوذة تحت المستقطبين المتعامدين.