

## دراسة بيوستراتيغرافية وباليوايكولوجية لرسوبات الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان باستخدام مستحاثات النانوفوسيل في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية

لمى عبود\* د. كايد معلولة\*\* د. محمد خالد يزبك\*\*\*

### الملخص

تتكشف في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية توضع الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان والممثلة بتشكيلة صوان الرماح (الكونياسيان حتى الكامبانيان الأسفل) وتشكيلة الصوانة (قمة الكامبانيان الأسفل حتى نهاية الكامبانيان الأعلى)، ويغلب على الرسوبات الممثلة لهاتين التشكيلتين السحنة الكربوناتيّة والغضارية، وتتخللها روفوف صوانية وطبقات فوسفاتية، ولإنجاز هذه الدراسة رُفعت ثلاثة مقاطع جيولوجية متكشفة (جبل صوانة المحسة، جبل الباردة وجبل الرواق) في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، وقد جُمع نحو 114 عينة. وبناءً على الدراسة التفصيلية لمحتوى العينات من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية قُسمت توضع الكونياسيان -

\* طالبة دراسات عليا - جامعة دمشق.

\*\* قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة دمشق.

\*\*\* قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة البعث.

السانتونيان والكامبانيان إلى أحد عشرة نطاقاً، وقد تمت مقارنة هذه النطاقات مع ما يقابلها من نطاقات المنخربات الطافية. بينت الدراسة الباليوإيكولوجية أن التنوع في أعداد مستحاثات النانوفوسيل يزداد من الكونياسيان حتى نهاية الكامبانيان مع بعض التغيرات في أعدادها خلال هذه المدّة، الأمر الذي يعكس تغيرات في الحوض الرسوبي. في أثناء توضع الجزء السفلي من تشكيلة الصوانة تميزت المنطقة التدمرية، ولا سيما الجنوبية منها، بالترسيب الفوسفاتي الذي انعكس بتناقص نسبي لأعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية عند حدود تشكيلي صوان الرماح والصوانة؛ أي على الحد بين النطاقين 18 *Zone CC Aspidolithus parvus* و *Calculites* 19 *Zone CC ovalis*. وقد أظهرت الدراسة، أيضاً، سيطرة المياه السطحية الدافئة عامةً خلال الكونياسيان، السانتونيان والكامبانيان مع بعض التواترات والتذبذبات البسيطة خلال تلك الفترة، إضافة إلى ذلك فقد دُرست الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية ذات الأهمية البيئية

**الكلمات المفتاحية:** بيوستراتيغرافية - النانوفوسيل - التدمرية الجنوبية - كونياسيان - سانتونيان - كامبانيان - باليوإيكولوجية.

## **Biostratigraphy and Paleoecology Study of the Coniacian, Santonian and Campanian Sediments by Using the Calcareous Nannofossils in the Southern Palmyridian Chain, Syria**

**Lama Aboud\***      **Dr. K. Maloula\*\***      **Dr. M. K. Yazbek\*\*\***

### **Abstract**

In the Southern Palmyriadian Chain, the sediments of the Coniacian- Santonian and Campanian are represented by Sawwn AL-Ramah (Coniacian – Early Campanian) and Al-Sawwneh (topmost part of the Early Campanian – Late Campanian) Formations. These sediments are represented by carbonate and clay facies with flint bands and phosphatic strata. To achieve the present study, three surface geological sections (Jabal Sawwanahet Al-Mahesa – Jabal El-Bardeh and Jabal Al-Roaq) were studied in the Southern Palmyridian Chain and collected about 114 samples. Based on the detailed study of the content of samples from calcareous nanofossils, the Coniacian- Santonian and Campanian are were divided into an eleven biozones, and these biozones were correlated with equivalent planktic foraminiferal biozones. The paleoecological study showed that the diversity in the numbers of the nanofossil increases from

---

\*Postgraduate Student – Damascus University.

\*\*Department of Geology –Faculty of Science–Damascus University.

\*\*\*Department of Geology –Faculty of Science–Al-Baath University.

Coniacian into ending of Campanian with some changing in their numbers during that period which reflected changes in the sedimentary basin. During deposition of the lower part of Al-Sawwneh Formation, in the Palmyridean, especially the southern part, was characterized by phosphate sedimentation, which was reflected in decreasing diversity of calcareous nanofossils, at the border of the Sawwn AL-Ramah and Al-Sawwneh Formations, i.e. with the boundary between *Aspidolithus parvus* CC 18 and *Calculites ovalis* CC 19 Zones. The study also showed the dominance of warm surface waters in general during Coniacian, Santonian and Campanian, with some minor frequencies and fluctuations during that period. In addition, the relative abundance of some calcareous nanofossils which have paleoecological importance has been studied.

**Key Words:** Biostratigraphy–Nannofossil–Southern-Palmyridean-Coniacian-Santonian–Campanian-Paeoecology

## 1- مقدمة:

تقع المنطقة التدمرية التي تضم السلسلة التدمرية وأطرافها في وسط سورية، وتشغل هذه السلسلة مساحة واسعة حيث تمتد لمسافة تزيد على 400 كم، بدءاً من منطقة دمشق في الجنوب الغربي حتى تخوم جبل البشري في الشمال الشرقي، وعرضها يزيد على 100 كم. يقع في وسطها منخفض واسع الامتداد، يدعى منخفض الدو، ويعدّ من أكبر الأحواض البيئية في مجموعة السلاسل الجبلية التدمرية، وهو ذو محور اتجاهاه شمال شرق - جنوب غرب، ويبلغ طوله نحو 100 كم، ويقدر عرضه بـ 20 كم. تقسم سلسلة الجبال التدمرية من الناحيتين البنيوية والتضاريسية إلى مجموعتين رئيسيتين مختلفتين من الناحية الطبوغرافية: سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية وسلسلة الجبال التدمرية الشمالية (شكل 1).



الشكل (1) خارطة طبوغرافية توضح موقع سلسلة الجبلية التدمرية الجنوبية والشمالية

تعدّ صخور الترياس الأعلى أقدم التوضعات المكتشفة في السلسلة التدمرية، وتتألف من صخور تبخرية من الجص والأنهدريت، فضلاً عن الغضار (Mouty, 1976 - B.R.G.M., 1977 - الوحدة الجيولوجية المهنية، 1983)، يليها توضعات كلسية دولوميتية-دولوميت مع مارل تعود إلى الجوراسي

الأوسط، يفصل هذه التوضعات عن أراضي الكريتاسي عدم توافق يمثل ثغرة ستراتيجرافية (شملت الجوراسي الأعلى والجزء السفلي من الكريتاسي الأدنى). تشكل توضعات الكريتاسي والبايوجين معظم أراضي السلسلة التدمرية، وتتمثل بزمر رسوبية ذات سحنة بحرية المنشأ، وتتوج التوضعات برسوبات حطامية قارية المنشأ بلا توافق ستراتيجرافي تعود إلى عمر النيوجين.

تعدّ أعمال (1995 and 1998) "Yzbek" أولى الدراسات التفصيلية التي استخدمت مستحاثات النانوفوسيل الكلسية لتحديد النطاقات الأحيائية في سورية، وفي عام 2002 قام "Yzbek" قام بدراسة تقسيمات الكونياسيان والسانتونيان باستخدام مستحاثات النانوفوسيل في منطقة خان شيخون. ولاحقاً قامت (الخطيب، 2016) بدراسة أعمار الكونياسيان، السانتونيان والكامبانيان لمقطع جبل الزبيدة ومقطع جبل الفاسدة في المنطقة التدمرية اعتماداً على مستحاثات النانوفوسيل والمنخربات. وأخيراً قامت العبدون (2019) والعبدون وآخرون (2019) بإجراء دراسة بيوستراتيغرافية لرسوبات الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان في الجزء الشمالي الشرقي لسلسلة الجبال التدمرية الشمالية باستخدام مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، حيث تم تقسيم هذه الرسوبات إلى أحد عشرة نطاقاً.

## 2- هدف البحث:

يهدف البحث الحالي إلى إجراء دراسة بيوستراتيغرافية تفصيلية لرسوبات الكونياسيان - السانتونيان - الكامبانيان في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، وذلك بواسطة الدراسات التفصيلية لثلاثة مقاطع جيولوجية سطحية (جبل صوانة المحسة - جبل الباردة وجبل الرواق) (شكل 2)، استناداً إلى الدراسة التفصيلية لمحتوى الرسوبات من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية وتحديد نطاقات حيوية مميزة، إضافة إلى إجراء مقارنة نطاقات مستحاثات النانوفوسيل مع مقابلاتها من نطاقات المنخربات الطافية وصولاً إلى تحديد أعمار الوحدات الليتولوجية وتدقيقها، وذلك اعتماداً

على أهم التصانيف العالمية المعروفة في مجال دراسات مستحاثات النانوفوسيل في الكريتاسي (Sissingh, 1977)، ويهدف هذا البحث، أيضاً، إلى إجراء دراسة باليوايكولوجية متضمنة دراسة التنوع في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية خلال الفترة الزمنية من الكونياسيان حنى الكامبانيان، ورسم مخططات الغزارة النسبية، واستنتاج معلومات تتعلق بالتعرف على حرارة المياه السطحية القديمة (دافئة - باردة)، إضافة إلى ذلك إجراء دراسة للوفرة النسبية لبعض أنواع مستحاثات النانوفوسيل الكلسية ذات الأهمية البيئية القديمة.



الشكل (2) صورة فضائية موضح عليها مواقع المقاطع المدروسة في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية (Google Earth)

### 3- طرق البحث ومواده:

- دراسة حقلية: رُفعت ثلاثة مقاطع جيولوجية متكشفة (جبل صوانة المحسة - جبل الباردة وجبل الرواق) في التكتشفات العائدة إلى الكونياسيان - السانتونيان والكامبانيان في السلسلة التدمرية الجنوبية وجمع عينات مستحاثية نحو 114 عينة، إضافة إلى الوصف الحقلية للمقاطع المذكورة.
- دراسة مخبرية تتضمن:
- تحضير العينات الصخرية لدراسة محتواها من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية حسب الطريقة المعتمدة من قبل الباحثين منهم (Bramlette and Sullivan (1961).
- دراسة مجهرية للعينات المحضرة وتحديد أنواع مستحاثات النانوفوسيل الكلسية وأعمارها وامتداداتها الزمنية باستخدام مجهر استقطابي (Polarized Microscope) من طراز Olympus BX51 بقوة تكبير تصل إلى X1000. وقد استخدم العدسة الغاطسة بتكبير Oil Immersion X100 Lens X100 وتصويرها باستخدام الكاميرا الرقمية Olympus DP12 المتوافقة مع المجهر.
- دراسة إحصائية: وقد استخدم برنامج PAST 3.25 الإحصائي، الذي استخدم للحصول على منحنيات التنوع في مستحاثات النانوفوسيل، ومنحنيات الغزارة النسبية لبعض الأنواع النانوفوسيل الكلسية، ومنحنيات استنتاج حرارة المياه السطحية القديمة.

#### 4- النتائج والمناقشة:

##### 1- الاستراتيجية الجغرافية:

تنتشر تكشفات دور الكريتاسي في السلاسل الجبلية في سورية كافة؛ السلسلة التدمرية، والسلسلة الساحلية، وسلسلة لبنان الشرقية. وفي عام 1983 قامت الوحدة الجيولوجية المهنية بإجراء دراسات جيولوجية على السلسلة التدمرية، نتج عن هذه الدراسة تحديد عدد من التشكيلات، وقد قسّمت طوابق كونياسيان- سانتونيان- كامبانيان في التدمرية إلى تشكيلتين: تشكيلة صوان الرماح، وتشكيلة الصوانة، وأطلقت عليهما اسم مجموعة السخنة. وقد أكد ( Al-Maleh & Mouty, 1988) أن الترسيب كان بيلاجياً تدريجياً خلال السينونيان نتيجة انفتاح أوقيانوس التيتس للسطحية القارية وغزوها، الذي ترافق مع ترسب فوسفاتي خلال الكامبانيان الأعلى. وفي ما يلي وصف لتشكيلتي صوان الرماح والصوانة في المقاطع المدروسة.

##### 1-1 تشكيلة صوان الرماح (الكونياسيان حتى الكامبانيان الأسفل):

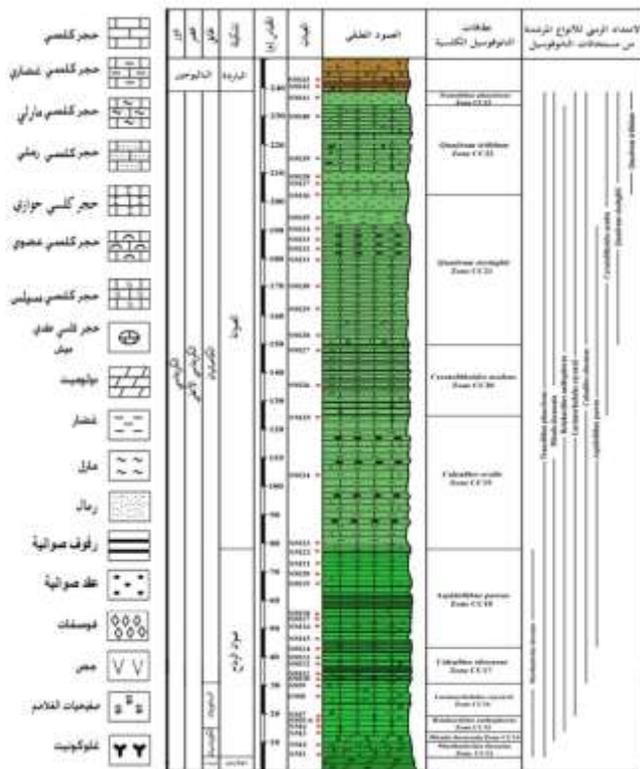
تتمثل تشكيلة الرماح في السلسلة التدمرية الجنوبية بصخور كلسية وكلسية مدلمنة جزئياً ورقائق من الحجر الكلسي والحجر الكلسي الغضاري والمسيلس جزئياً مع وجود رفوف صوانية وبعض مستويات من الحجر الكلسي ذو بنية قرصية (الميش) بأبعاد مترية. يلاحظ في مقطع جبل صوانة المحسة عند بداية تشكيلة الرماح مستويات من الحجر الكلسي الرملي المدلت والعضوي غني بقواقع صفيحيات الغلاصم مع عقد مسيلسة، بالإضافة إلى وجود بعض مستويات من الحجر الكلسي الشبه حواري بلون كريمي إلى رقيق التطبيق. أما المستويات الصوانية الكثيفة فتوجد في الجزء العلوي من تشكيلة صوان الرماح في هذا المقطع، مع ملاحظة بعض السويات من الحجر الكلسي العضوي الفوسفاتي في هذا الجزء من المقطع (شكل 3). في مقطع جبل

الباردة تمثل قاعدة تشكيلية صوان الرماح طبقة قاعدية من الدولوميت الرملي الخشن التبلور الغضاري جزئياً يعلوه توضعات من حجر كلسي غضاري مع طبقات كلسية دولوميتية قاسية وحجر كلسي عقدي (الميش)، أما المستويات الصوانية فقد لوحظت في أغلب التشكيلية (شكل 4). تبدأ تشكيلية صوان الرماح في جبل الرواق بطبقة قاعدية من كلسي غضاري بلون أبيض محمر الى زهري اللون مع حبات كوارتزية، وقد لوحظ أن وجود المستويات الصوانية في أغلب تشكيلية صوان الرماح (شكل 5). ويتراوح عمر تشكيلية صوان الرماح من الكونياسيان حتى الكامبانيان الأسفل. تبلغ أكبر ثخانة لتشكيلية صوان الرماح في سلسلة الجبال التدمرية من خلال المقاطع المدروسة حوالي 123م في مقطع جبل الباردة، وتتناقص باتجاه الجنوب الغربي لتصل إلى 72 في مقطع جبل صوانة المحسة وباتجاه الشمال الشرقي حيث سُجلت أقل ثخانة في مقطع جبل الرواق لتصل نحو 51م.

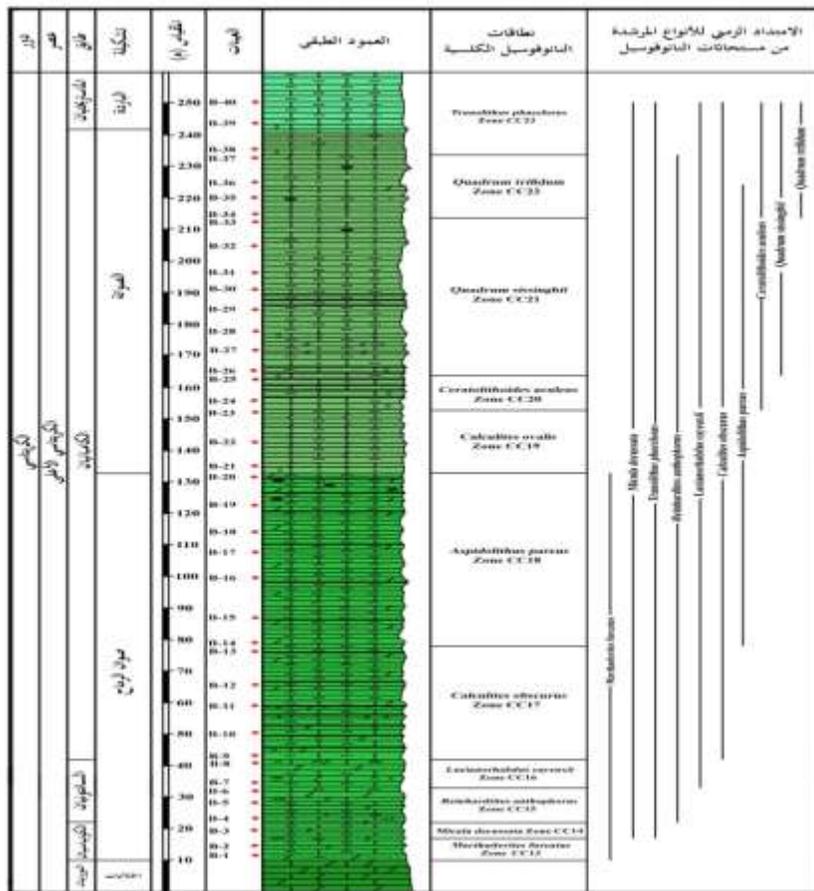
#### 1-2 تشكيلية الصوانة (قمة الكامبانيان الأسفل حتى نهاية الكامبانيان الأعلى):

تتمثل تشكيلية الصوانة بتناوبات من حجر كلسي غضاري مسيلس متوسط القساوة، رقيق إلى متوسط التطبق، ذي لون رمادي مصفر، وتوضعات مارلية طرية بلون رمادي مخضر ومسود مع وجود بعض العروق الجصية باتجاهات مختلفة، بالإضافة إلى العقد (العدسات) والمستويات الصوانية بلون بني فاتح إلى رمادي يتناوب مع كلس مدلمت وكلس مسيلس عضوي أحياناً، ولوحظ وجود بعض مستويات من الحجر الكلسي ذي بنية قرصية (الميش). وعامةً تبدأ تشكيلية الصوانة بمستوي من الحجر الكلسي العضوي الفوسفاتي، ويوجد ضمن الجزء الأسفل من تشكيلية الصوانة في جبل صوانة المحسة مستوى من الحجر الكلسي العضوي الفوسفاتي الذي يحوي بقايا مستحاثية من صفيحيات الغلاصم مع أسنان أسماك (شكل 3). في حين تتميز تشكيلية الصوانة

في جبل الباردة وجبل الرواق بوجود عدد من مستويات الحجر الكلسي الفوسفاتي القاسي نسبياً الذي يحوي بقايا مستحاثية مع أسنان أسماك (الشكلين 4 و 5). ويتراوح عمر تشكيلة الصوانة من قمة الكامبانيان الأسفل حتى نهاية الكامبانيان الأعلى. تبلغ أكبر ثخانة لتشكيلة صوان الرماح في سلسلة الجبال التدمرية من خلال المقاطع المدروسة حوالي 165م في مقطع جبل صوانة المحسة وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 109م في مقطع جبل الباردة وتم تسجيل أقل ثخانة لتصل في مقطع جبل الرواق حوالي 60م.

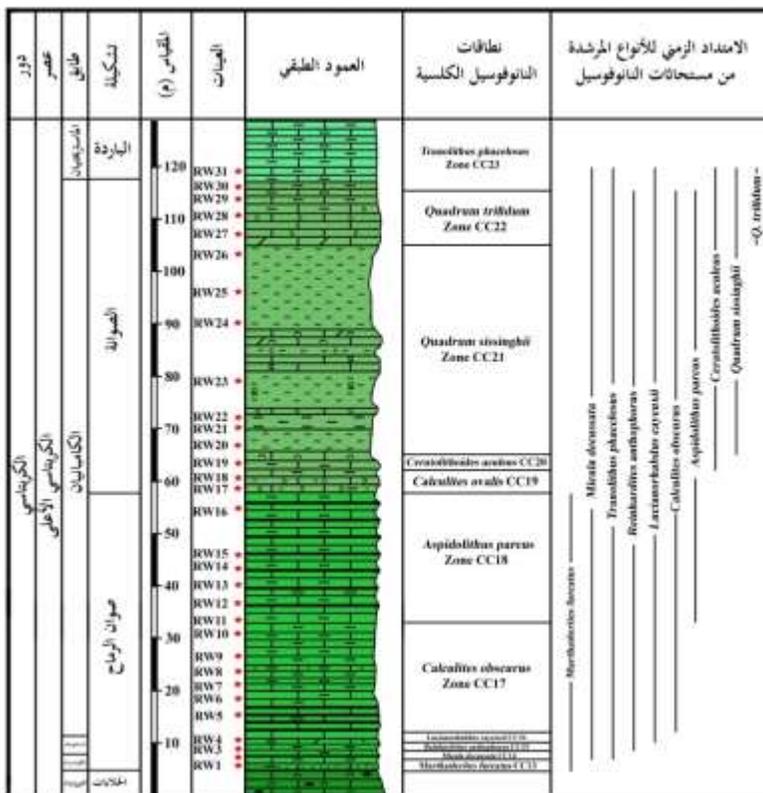


الشكل (3) عمود بيوستراتيغرافي يوضح الوصف الليتولوجي، النطاقات الإحيائية للنانوفوسيل وتشكيلتي صوان الرماح والصوانة في مقطع جبل صوانة المحسة، سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية



الشكل (4) عمود بيوستراتغرافي يوضح الوصف الليتولوجي، النطاقات الإحيائية للنانوفوسيل وتشكيلتي صوان الرماح والصوانة في مقطع جبل الباردة، سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية (التهشيرات انظر الشكل 3)

دراسة بيوستراتيغرافية وبالبيولوجية لرسوبات الكونياسيان – السانتونيان والكامبانيان باستخدام مستحاثات ... عود، مطولة، خالد بيزك



الشكل (5) عمود بيوستراتيغرافي يوضح الوصف الليتولوجي، النطاقات الإحيائية للنانوفوسيل وتشكيلي صوان الرماح والصوانة في مقطع جبل الرواق، سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية (التهشيرات انظر الشكل 3)

## 2- البيوستراتيغرافيا:

استخدم في الدراسة الحالية مقياس (1977) Sissingh لتمييز نطاقات النانوفوسيل الكلسية وحدودها. وقد حدّدت النطاقات الآتية:

### 2 - 1 نطاق 13 Zone CC *Marthasterites furcatus*

يبدأ هذا النطاق من الظهور الأول (FO) لـ *Marthasterites furcatus* DEFLANDRE (DEFLANDRE) حتى الظهور الأول لـ *Micula decussata* VEKSHINA، يعود عمره إلى الكونياسيان الأدنى الذي يمثل الجزء القاعدي من تشكيلة صوان الرماح في المقاطع كافة، وتبلغ أكبر ثخانة للنطاق CC13 في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية في مقطع جبل الباردة وتصل إلى 7م، تتناقص ثخانته باتجاه الجنوب الغربي لتصل إلى 3.5م في مقطع جبل صوانة المحسة، وبتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 2.5 م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق CC13 النطاق *Dicarinella primitiva* من نطاقات المنخرات الطافية. يتضمن هذا النطاق المجموع المستحاثي لأنواع النانوفوسيل النموذجية والمميزة للكونياسيان الأدنى؛ إذ يتميز بوجود (الجدول 1، 2 و 3):

*Chiastozygus platyrhethus* HILL, *Eiffellithus eximius* (STOVER) PERCH-NIELSEN, *Eiffellithus turriseiffelii* (DEFLANDRE) REINHARDT, *Lithraphidites carniolensis* DEFLANDRE, *Lucianorhabdus maleformis* REINHARDT, *Marthasterites furcatus* (DEFLANDRE) DEFLANDRE, *Quadrum gothicum* (DEFLANDRE) PRINS and PERCH-NIELSEN, *Stradneria crenulata* (BRAMLETTE & MARTINI) NOËL & *Watznaueria barnesae* (BLACK) PERCH-NIELSEN.

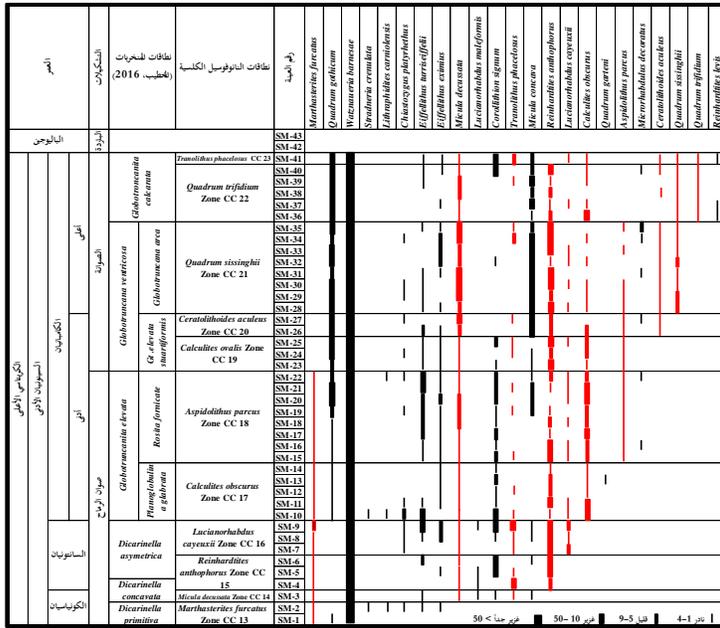
## **2 - 2 نطاق 14 CC Zone *Micula decussata***

يغطي النطاق CC14 الفترة من الظهور الأول FO لـ *Micula decussata* VEKSHINA حتى الظهور الأول FO لـ PERCH- (DEFLANDRE) *Reinhardtites anthophorus* NIELSEN. يعود عمره إلى الكونياسيان الأعلى. وتبلغ أكبر ثخانة للنطاق CC 14 في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية في مقطع جبل الباردة التي تصل إلى 5م وتتناقص إلى 2.5م في مقطع جبل صوانة المحسة، أما الثخانة الصغرى فقد سجلت 1.5م في مقطع جبل الرواق باتجاه الشمال الشرقي من سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية. يقابل النطاق CC 14 الجزء السفلي من النطاق *Dicarinella concavata* من نطاقات المنخربات الطافية. يتضمن النطاق الحالي أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في النطاق السابق بالإضافة إلى النوع المرشد *Micula decussata* VEKSHINA نجد - PRINS and PERCH- (DEFLANDRE) *Quadrum gothicum* NIELSEN و *Tranolithus phacelosus* (الجدول 1، 2 و3).

## **2 - 3 نطاق 15 CC Zone *Reinhardtites anthophorus***

يغطي النطاق CC15 الفترة من الظهور الأول FO لـ *Reinhardtites anthophorus* NIELSEN- PERCH (DEFLANDRE) حتى الظهور الأول FO لـ *Lucianorhabdus* DEFLANDRE *cayeuxii*، الذي يعود عمره إلى السانتونيان الأدنى. تبلغ ثخانة نطاق CC 15 (11م) في مقطع جبل الباردة وتتناقص الجنوب الغربي لتصل في مقطع صوانة المحسة إلى 5م وبتجاه الشمال والشرق لتصل إلى 2م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق CC 15 في كل من مقطع جبل صوانة المحسة ومقطع جبل الباردة يقابل الجزء العلوي من النطاق *Dicarinella concavata* والجزء السفلي من النطاق *Dicarinella asymetrica*، أما في مقطع جبل الرواق

فإن النطاق CC15 يقابل الجزء العلوي من النطاق *Dicarinella concavata* من نطاقات المنخريات الطافية. يتضمن نطاق CC 15 أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في النطاق CC14 السابق بالإضافة إلى المستحاثات المرشدة *Reinhardtites anthophorus* (DEFLANDRE) PERCH-NIELSEN إلى المستحاثات المرشدة *Cribrosphaerella ehrenbergii* (ARKHANGELSKY) DEFLANDRE و (الجدول 1، 2 و 3).



الجدول (1) توزيع وامتدادات مستحاثات النانوفوسيل والنطاقات الإحيائية للنانوفوسيل والمنخريات في مقطع جبل صوانة المحسة، سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، سورية





مقطع جبل صوانة المحسة وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 9م في مقطع جبل الباردة و1.5م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق الحالي الجزء العلوي من النطاق *Dicarinella asymerica* من نطاقات المنخربات الطافية في كل من مقطع جبل صوانة المحسة ومقطع جبل الباردة، أما في مقطع جبل الرواق فإن النطاق CC 16 يقابل كامل النطاق *Dicarinella asymerica*. يتضمن نطاق CC16 أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في النطاق السابق بالإضافة إلى المستحاثات المرشدة *Lucianorhabdus cayeuxii* DEFLANDRE (الجدول 1، 2 و3).

### **2 - 5 نطاق CC 17 *Calculites obscurus* Zone**

يبدأ النطاق CC17 من الظهور الأول FO لـ *Calculites obscurus* (DEFLANDRE) الذي حتى الظهور الأول FO لـ *Aspidolithus parvus* (STRADNER) NOEL. الذي يعود إلى عمر الكامبانيان الأدنى. تبلغ ثخانة نطاق CC17 27م في مقطع جبل الباردة وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 21.5م في مقطع جبل الرواق باتجاه الجنوب الغربي لتصل إلى 14م في مقطع جبل صوانة المحسة. يقابل النطاق CC 17 تحت نطاق *Planoglobulina glabrata* الذي بدوره يمثل الجزء السفلي من النطاق *Globotruncanita elevata* من نطاقات المنخربات الطافية في كل المقاطع المدروسة. يتضمن النطاق CC 17 أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في النطاق السابق بالإضافة إلى *Calculites ovalis* (STRADNER) PRINS & SISSINGH، *Quadrum gartneri* PRINS & PERCH- والمستحاثات المرشدة *Calculites obscurus* (DEFLANDRE) PRINS NIELSEN (الجدول 1، 2 و3).

## **2 - 6 نطاق 18 Zone CC *Aspidolithus parcus***

يغطي النطاق CC 18 الفترة من الظهور الأول FO لـ *Aspidolithus parcus* NOEL (STRADNER) حتى آخر الظهور الأخير LO (Last Occurrence) لـ *Marthasterites furcatus* (DEFLANDRE) DEFLANDRE وعمر هذا النطاق الكامبانيان الأدنى. تبلغ ثخانة نطاق CC 18 55م في مقطع جبل البارد وتتناقص باتجاه الجنوب الغربي لتصل 34م في مقطع جبل صوانة المحسة وباتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 23م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق CC 18 تحت نطاق *Rosita fornicata* الذي بدوره يمثل الجزء العلوي من النطاق *Globotruncanita elevata* من نطاقات المنخربات الطافية في كل المقاطع المدروسة. يتضمن النطاق الحالي أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في النطاق السابق بالإضافة إلى النوع المرشد (STRADNER) NOEL *Aspidolithus parcus* (الجدول 1، 2 و3).

## **2 - 7 نطاق 19 Zone CC *Calculites ovalis***

يبدأ النطاق CC19 من آخر ظهور للنوع LO لـ *Marthasterites furcatus* DEFLANDRE (DEFLANDRE) حتى أول ظهور للنوع FO لـ *Ceratolithoides aculeus* (STRADNER) PRINS & SISSINGH يعود عمر النطاق CC 19 إلى الجزء العلوي من الكامبانيان الأدنى. تبلغ ثخانة هذا النطاق 48م في مقطع جبل صوانة المحسة، وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 20م في مقطع جبل الباردة، و5م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق CC 19 الجزء السفلي من تحت نطاق *Globotruncanita elevata* *stuartiformis* الذي بدوره يمثل الجزء السفلي من النطاق *Globotruncana ventricosa* من نطاقات المنخربات الطافية في كل المقاطع المدروسة (الجدول 1، 2 و3).

## **2 - 8 نطاق CC 20 *Ceratolithoides aculeus* Zone**

يمتد النطاق CC20 من أول ظهور FO لـ *Ceratolithoides aculeus* (STRADNER) حتى أول ظهور FO لـ *Quadrum sissinghii* PERCH- NIELSEN. ويعود عمر النطاق الحالي إلى الجزء العلوي من الكامبانيان الأدنى. تبلغ ثخانة نطاق CC 20 نحو 27م في مقطع جبل صوانة المحسة، وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 11م في مقطع جبل الباردة و3م في مقطع جبل الرواق. يقابل النطاق CC 20 الجزء العلوي من تحت نطاق *Globotruncanita elevata stuartiformis* الذي بدوره يمثل الجزء السفلي من النطاق *Globotruncana ventricosa* من نطاقات المنخربات الطافية. ومن أنواع النانوفوسيل التي ظهرت في هذا النطاق *Ceratolithoides aculeus* (STRADNER) PRINS & SISSINGH (الجدول 1، 2 و3).

## **2 - 9 نطاق CC 21 *Quadrum sissinghii* Zone**

يبدأ النطاق CC 21 من أول ظهور للنوع FO لـ *Quadrum sissinghii* PERCH- NIELSEN حتى أول ظهور FO لـ *Quadrum trifidum* (STRADNER) PRINS & NIELSEN. ويعود عمره إلى الجزء السفلي من الكامبانيان الأعلى. يقابل النطاق CC 21 تحت نطاق *Globotruncana arca* والذي بدوره يمثل الجزء العلوي من النطاق *Globotruncana ventricosa* من نطاقات المنخربات الطافية في كل من مقطع جبل صوانة المحسة ومقطع جبل الباردة، أما في مقطع جبل الرواق فإن النطاق CC21 يقابل الجزء الأعظم من تحت نطاق *Globotruncana arca*. تبلغ ثخانة نطاق CC 21 حوالي 53م في مقطع

جبل صوانة المحسة وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 50م في مقطع جبل الباردة و40م في مقطع جبل الرواق.

#### **2 - 10 نطاق 22 Zone CC 22 *Quadrum trifidum*:**

يمثل النطاق CC 22 الفترة الزمنية الممتدة من أول ظهور FO لـ *Quadrum trifidum* *Reinhardtites* حتى آخر ظهور LO لـ *Reinhardtites* (STRADNER) PRINS & PERCH-NIELSEN إلى *anthophorus* (DEFLANDRE) PERCH-NIELSEN يعود عمر النطاق CC 22 إلى الجزء العلوي من الكامبانيان الأعلى. يقابل النطاق الحالي الجزء الأكبر من نطاق *Globotroncanita calcarata* من نطاقات المنخربات الطافية في كل من مقطع جبل صوانة المحسة ومقطع جبل الباردة، أما في مقطع جبل الرواق، فإن النطاق CC22 يقابل قمة تحت نطاق *Globotruncana arca* والجزء السفلي من نطاق *Globotroncanita calcarata*. لقد سجلت أكبر ثخانة للنطاق الحالي نحو 30م في مقطع جبل صوانة المحسة، وتتناقص باتجاه الشمال الشرقي لتصل إلى 20م في مقطع جبل الباردة و11م في مقطع جبل الرواق.

#### **2 - 11 نطاق 23 Zone CC 23 *Tranolithus phacelosus*:**

يبدأ النطاق CC23 من آخر ظهور LO لـ *Reinhardtites anthophorus* *Tranolithus* حتى آخر ظهور LO لـ *Tranolithus* (DEFLANDRE) PERCH-NIELSEN ويعود عمر النطاق CC23 إلى الجزء الانتقالي من قمة الكامبانيان الأعلى حتى الماستريختيان الأدنى. يعدّ هذا النطاق هو الأخير في الدراسة الحالية في جميع المقاطع المدروسة.

### 3- الحدود: المكروبيالينوتولوجية

#### 3-1 حدود التورونيان / الكونياسيان:

بينت دراسة مستحاثات النانوفوسيل الكلسية أن حدود التورونيان / الكونياسيان يترافق عند بداية النطاق *Marthasterites furcatus* CC 13 (Thierstein (1976) - Faris (1992) - Yzbek (2002) والعبدون (2019) والعبدون وآخرون (2019)، قاموا باستخدام بداية هذا النطاق CC13 لتحديد حدود التورونيان / الكونياسيان، وقد أوضح (Birkelund et al. (1984 أن الظهور الأول للمستحاثات السابقة من النانوفوسيل والمعروفة عالمياً قد استخدمت من قبل كثير من المختصين في النانوفوسيل بوصفها أساساً لبداية الكونياسيان. واستناداً إلى دراسة المنخرات الطافية فإن حدود التورونيان / الكونياسيان يترافق مع بداية النطاق *Dicarinella primitive* (الخطيب، 2016 - الخطيب وآخرون 2015 و 2019). وقد بين (Caron, 1985) أن حدود التورونيان / الكونياسيان بالنسبة للمنخرات يقع عند بداية هذا النطاق.

#### 3-2 حدود الكونياسيان / السانتونيان:

لقد بينت دراسة مستحاثات النانوفوسيل الكلسية أن الحد بين الكونياسيان / السانتونيان يقع بين النطاقين *Micula decussate* CC14 و *Reinhardtites anthophorus* CC15 وهذا ما يتوافق مع كل من (Sissingh, 1977 - Yzbek, 2002) و (الخطيب، 2016 - العبدون (2019) والعبدون وآخرون، 2019). بالنسبة للمنخرات الطافية فإن هذا الحد يقع ضمن النطاق *Dicarinella concavata* (الخطيب، 2016 - الخطيب وآخرون 2015 و 2019)، وهذا ما يتوافق مع (Caron, 1985).

### 3-3 حدود السانتونيان / الكامبانيان :

إنّ دراسة مستحاثات النانوفوسيل الكلسية بينت أن حدود السانتونيان / الكامبانيان تتوافق مع الظهور الأول للمستحاثات *Calulites obscurus* (DEFLANDRE) PRINS and SISSINGH التي تحدد الحد الأسفل للنطاق *Calulites obscurus* CC17، وفي الأصل استخدم (Sissingh 1977) قاعدة هذا النطاق لوضع حدود الطابقيين المذكورين. وقد أكد كل من (Yzbek 2002) والخطيب (2016) والعبدون (2019) والعبدون وآخرون (2019). أما بالنسبة للمنخربات فإن بداية النطاق *Globotruncanita elevata* يميز بداية طابق الكامبانيان (الخطيب، 2016 - الخطيب وآخرون 2015 و 2019)، وفي الأصل استخدم (Caron 1985) بداية النطاق المذكور لوضع حدود السانتونيان / الكامبانيان التي تحدد بداية النطاق المذكور.

### 3-4 حدود الكامبانيان / الماستريختيان :

إن حدود الطابقيين المذكورين بالنسبة لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية يقع ضمن النطاق *Tranolithus phacelosus* الذي يعود عمره إلى الجزء الانتقالي من قمة الكامبانيان الأعلى حتى الماستريختيان الأدنى (Sissingh, 1977)، واستناداً إلى للمنخربات الطافية فإن حدود الكامبانيان / الماستريختيان يقع عن بداية النطاق *Globotruncana falsostuarti* الذي يميز بداية طابق الماستريختيان (الخطيب، 2016 - الخطيب وآخرون 2015 و 2019)، وفي الأصل استخدم (Caron 1985) أول ظهور للنوع *Globotruncana falsostuarti* SIGAL لوضع حدود الكامبانيان / الماستريختيان والتي تحدد بداية النطاق المذكور.

#### 4- دراسة بالبيوليكولوجية لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية:

بيّن (Mutterlose *et al.*, 2005) أنّ التفاوت والتغيرات في غزارة النانوفوسيل الكلسية وتجمعاتها غالباً يعكس التغيرات في الظروف البيئية القديمة للمياه السطحية للمحيطات مثل توفر الغذاء، التزويد بالحطاميات ودرجة ملوحة المياه السطحية، وقد أشار (Winter *et al.*, 1994; Brand, ) (1994) أن التوزع والانتشار العمودي والأفقي لمجموعات النانوبلانكتون الكلسية Calcareous Nannoplankton في المحيطات الحالية خاضع لتوفر المغذيات، درجة الحرارة والملوحة. ولقد تم التعرف على التجمعات النموذجية والتي تتبع خطوط العرض والتيارات المحيطية وكتل المياه (Winter *et al.*, 1994). وقد أجريت في الدراسة الحالية دراسة إحصائية لأنواع النانوفوسيل الكلسية في العينات المدروسة، حيث تم عد نحو 300 فرد تقريباً في كل عينة من العينات المدروسة. وباستخدام برنامج PAST الإحصائي أجري عدد من التحاليل الإحصائية ورسم عدد من المنحنيات، وذلك بهدف محاولة استنتاج وتعرف التنوع في مستحاثات النانوفوسيل، دراسة الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية واستنتاج حرارة المياه السطحية القديمة (دافئة - باردة) خلال الفترة الزمنية من الكونياسيان إلى الكامبانيان.

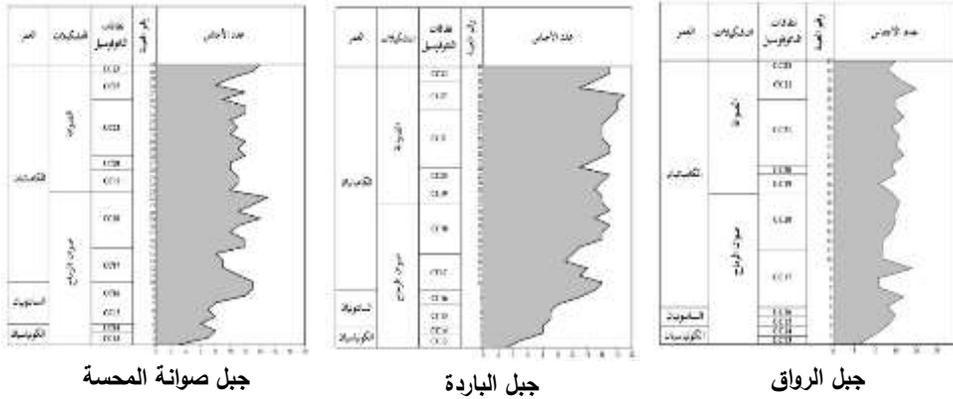
#### 4-1 التنوع في مستحاثات النانوفوسيل Calcareous Nannofossils Diversity

تم الحصول على منحنيات التنوع لمستحاثات النانوفوسيل الكلسية باستخدام برنامج PAST، إذ أدخلت المعطيات الممثلة لعدد الأنواع المسجلة في العينات المدروسة في كل المقاطع المدروسة (جبل صوانة المحسة، جبل الباردة وجبل الرواق) في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية، وبعدها تمت معالجة هذه البيانات. أظهرت النتائج أن التنوع في أعداد مستحاثات النانوفوسيل التي تم التعرف عليها يزداد مع الزمن بدءاً من الكونياسيان (بداية ترسيب تشكيلة صوان الرماح) ومن

خلال المقارنة بين المقاطع يظهر أن عدد الأجناس قليلة ومتقاربة نسبياً في قاعدة الكونياسيان ولكن كانت في مقطع جبل الرواق تزيد قليلاً عما هي عليه في مقطعي جبل الباردة وصوانة المحسة وذلك بالاتجاه الجنوبي الغربي (الشكل 6)؛ إذ بدأ مع بداية الكونياسيان (بداية تشكيلة صوان الرماح) تجاوز بحر التيتس بدرجات متباينة من مكان إلى آخر وقد توّضعت طبقات كلسية دولوميتية رملية وعضوية في قاعدة هذه التشكيلة وسادت السحنة الشاطئية في أغلب المناطق؛ إذ بقيت الأعماق ضحلة في الحوض التدمري الجنوبي، وقد بينت الخطيب (2016) والخطيب وآخرون (2016) أنه مع بداية الكونياسيان حصل تطور هام في شروط الترسيب تميز بانفتاح بحر التيتس على السطيحة العربية وغمرت المنطقة مياه بحرية مما أدى الى توّضع رسوبيات متميزة ومتنوعة التركيب متأثرة بالتطور البنيوي الحاصل خلال عصر الكريتاسي الأعلى، وقد حصلت تغيرات جانبية أفقية وشاقولية أدت إلى ذبذبة قاع الحوض الرسوبي. ومع استمرار التجاوز استمر تعمق الحوض شيئاً فشيئاً، وخلال الكونياسيان والسانتونيان لوحظ زيادة نسبية في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية مع ملاحظة تغيرات جانبية في الحوض الرسوبي نتج عنها تغيرات في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية التي قد تعكس انسحابات وتجاوزات بسيطة محلية متباينة بين منطقة أخرى ولا سيما في مقطع جبل صوانة المحسة؛ إذ لوحظ تباين بسيط؛ زيادة ونقصان في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في النطاقين CC14 و CC15 - (الشكل 6)، وقد أوضحت الخطيب (2016) تعمق الحوض التدمري ليصبح البحر متوسط إلى عميق ترسبت فيها طبقات الحجر الكلسي الغضاري وسويات من الصوان، وهذا ما تشير إليه السحنات السائدة خلال هذه الفترة؛ إذ سادت سحنة الباكستون والواكستون. وهذا ما دل عليه الزيادة النسبية في أعداد مستحاثات النانوفوسيل في المواقع المدروسة، وإن وجود نسبة قليلة

من المنخربات القاعية أهمها الجنس *Gavelinella* الذي يعيش حالياً في عمق يزيد عن 150 م، والجنس *Neoflabellina* إضافة إلى وجود الجنسين *Nonionella* و *Nodosaria* اللذين يعيشان، أيضاً، على أعماق تتراوح بين 150 - 90م (Murray, 1979)، كل ذلك يشير إلى بيئات بيئة ترسيب بحرية متوسطة العمق إلى عميقة (Subtidal) وطاقة الوسط منخفضة. وفيما تبقى من توضع تشكيلية صوان الرماح يلاحظ زيادة مضطربة في أعداد النانوفوسيل الكلسية مع تذبذب في هذه الأعداد (الشكل 6) التي قد تعكس انسحابات وتجاوزات بسيطة محلية متباينة بين منطقة وأخرى. وقد أشارت الخطيب (2016) أن الفسفة والدلمتة في بعض السويات تشير إلى بيئة ترسيبية أقل عمقاً وهذا ما لوحظ في النطاق *Aspidolithus parvus* Zone CC 18 في جبل صوانة المحسة (الشكل 6)، في حين تشير طبقات الحجر الكلسي الغضاري وسويات الصوان وسحنات الباكستون والواكستون والمدستون إلى بيئة ترسيبية أعمق. وقد تميزت المنطقة التدمرية ولا سيما الجنوبية منها بالترسيب الفوسفاتي، وذلك خلال توضع الجزء السفلي من تشكيلية الصوانة الذي يوافق الجزء العلوي من الكامبانيان الأدنى، وهذا يعود كما بين (الوحدة الجيولوجية المهنية، 1983 - 1988) (Al Maleh & Mouty, 1983 - 1988) إلى وجود مرتفع الحماد الذي غمر بمياه البحر المفتوح الدافئة مع انتشار كثيف للعالم العضوي؛ إذ لعب دوراً أساسياً في تركيز الفوسفات على طول الطرف الشمالي لهذا المرتفع ضمن بيئات بحرية قليلة إلى متوسطة العمق، وبالمقارنة مع التنوع المستحاثي للنانوفوسيل الكلسية فقد لوحظ تناقص نسبي عند حدود تشكيلتي صوان الرماح والصوانة؛ أي مع الحد بين النطاقين *Aspidolithus parvus* Zone CC 18 و *Calculites ovalis* Zone CC 19، وتظهر طبيعة الرسوبات في بداية تشكيلية الصوانة في المواقع المدروسة طبيعة ملامح الانسحاب البحري بنسب متفاوتة، وقد بيّنت

الخطيب (2016) أن السحنات السائدة في أثناء هذه الفترة تشير إلى أن بيئة الترسيب كانت بحرية مضطربة ضحلة إلى متوسطة العمق (الشكل 6).



الشكل (6) منحنى تغير عدد الأنواع في المقاطع المدروسة

ومع استمرار ترسيب تشكيلة الصوانة في الكامبانيان يلاحظ عودة التجاوز البحري من جديد ولكن بدرجات متفاوتة حتى نهاية تشكيلة الصوانة حيث أصبحت أراضي الحوض التدمري كافة عميقة نسبياً ولا سيما في الحوض التدمري الشمالي. ومن الملاحظ تعمق الحوض الشمالي واستقراره أكثر من الجنوبي الذي بقي مضطرباً (الخطيب، 2016)، وقد انعكس ذلك بزيادة نسبية في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، وقد تعمق الحوض التدمري في الجزء الجنوبي ويبقى التعمق باتجاه الغرب (باتجاه جبل صوانة المحسة)، في حين أصبحت الأعماق مضطربة نسبياً في جبل الرواق والباردة؛ إذ ترسبت طبقات الحجر الكلسي الفوسفاتي وسادت سحنات تشير إلى

بيئة ترسيب بحرية مضطربة ضحلة إلى متوسطة العمق وطاقة الوسط متوسطة إلى مرتفعة، وقد ترافق ذلك مع نقصان نسبي في مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، وذلك في قمة نطاق CC19 وبداية نطاق CC21 وقمة نطاق CC22 وذلك في جبل الباردة.

**2-4 دراسة الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية:** درست الغزارة النسبية لبعض الأنواع النانوفوسيل الكلسية ذات الأهمية البيئية القديمة (Paleoecology) (*Marthasterites furcatus*, *Watznaueria barnesae*, *Micula decussata*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, Moor, 2016; Faris, 1992; Daeven) (*Calculites obscurus*, *Quadrum trifidum* Roth, 1978; 1983). وقد تم الحصول على منحنيات الغزارة النسبية للأنواع السابقة باستخدام برنامج PAST، وذلك بعد إدخال المعطيات الممثلة لعدد الأنواع السابقة كل العينات المدروسة في المقاطع المدروسة (جبل صوانة المحسة، جبل الباردة وجبل الرواق) في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية:

**1-2-4 النوع (*Marthasterites furcatus* (DEFLANDRE):** تشير مخططات الغزارة النسبية للنوع *Marthasterites furcatus* في المقاطع الثلاثة المدروسة إلى وجوده بدءاً من الكونياسيان واستمراره في السانتونيان والكامبانيان الأدنى (ضمن تشكيلة صوان الرماح) والغزارة النسبية له قليلة ومتشابهة في المقاطع المدروسة (الأشكال 7، 8 و 9). وقد أبدى هذا النوع زيادة نسبية قليلة عن نهاية النطاق CC16 وبداية النطاق CC17 وربما يعود إلى أسباب بيئية، ونشير إلى أن النوع الحالي يعدّ من الأنواع المرشدة بدايته ونهايته؛ إذ يحدد أول ظهور له بداية النطاق CC13 وآخر ظهور له بحدود نهاية النطاق CC18.

**2-2-4 النوع (*Watznaueria barnesae* (BLACK) PERCH-NIELSEN:** يتميز هذا النوع بالغزارة النسبية الكبيرة مقارنة مع الأنواع الأخرى، التي تم التعرف عليها في العينات

المدروسة، وذلك من بداية الكونياسيان حتى نهاية الكامبانيان (الأشكال 7، 8 و 9). هذا ومن المعروف أنه يميز المياه الدافئة Warm Water Species ( Moor, 2016; Faris, 1992; ) والمقاوم لعمليات الديابيزيز وربما يكون هذا أحد أسباب وفرته النسبية العالية في المقاطع المدروسة، وعموماً لوحظ تزايد الغزارة النسبية لهذا النوع مع الزمن من الكونياسيان باتجاه قمة الكامبانيان في كل المقاطع المدروسة (الأشكال 7، 8 و 9) مع ملاحظة بعض التواترات في الغزارة النسبية، الأمر الذي يرجع ربما لأسباب بيئية وهذا ما أبداه هذا النوع في جبل صوانة المحسة وجبل الباردة؛ إذ لوحظ نقصان نسبي في وفرته في أواخر النطاق CC16 (الشكلين 7 و 8) أما في جبل الرواق، فقد كان التناقص النسبي لهذا النوع ضمن النطاق CC17 (الشكل 9)، ربما يعود إلى أسباب بيئية. وقد بين (Huber and Watkins, 1992) أن النوع *Watznaueria barnesiae* يبدي وفرة عالية في كل مناطق العروض العليا والدنيا خلال معظم الكريتاسي، ولكن في قمة الكامبانيان، أصبح هذا النوع مقتصر على المناطق ذات العروض الدنيا، وتناقصت الغزارة النسبية لهذا النوع بنتاقصاً ملحوظاً وهاماً في الرسوبات المتوضعة بالقرب من المناطق القطبية.

**3-2-4 النوع *Micula decussata* VEKSHINA:** إن الغزارة النسبية لهذا النوع في المقاطع المدروسة متواترة والزيادة في وفرته النسبية أحياناً ربما تعود إلى مقاومته للانحلال (الأشكال 7، 8 و 9)، وقد لوحظت الزيادة الواضحة في الغزارة النسبية لهذا النوع اعتباراً من النطاق CC19 في مقطع جبل صوانة المحسة (الشكل 7)، وفي مقطع جبل الباردة فكانت الزيادة النسبية اعتباراً من النطاق CC21 (الشكل 8)، وفي مقطع جبل الرواق كانت الزيادة الواضحة من أواخر النطاق CC18 (الشكل 9). ويعدّ النوع *Micula decussata* من الأنواع المرشدة؛ إذ يحدد بداية ظهوره

النطاق CC14، إضافة إلى أنه من المعروف أنه يميز المياه الباردة Cool Water Species (Moor, 2016; Daeven 1983; Roth, 1978). وقد أشار (Thierstein, 1981) إلى أن وجود هذا النوع محلي أو مناطقي Provincialism.

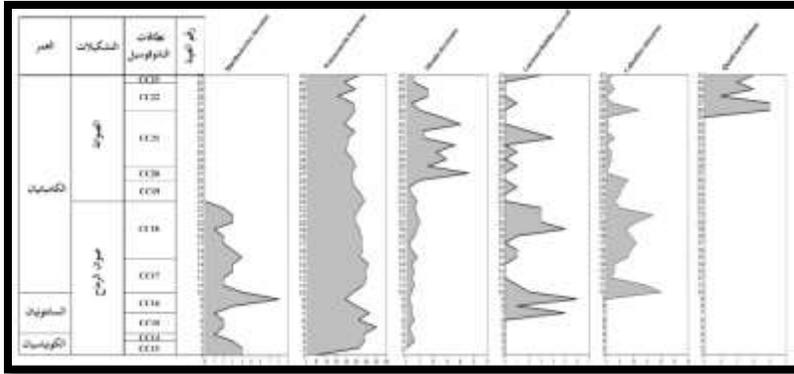
**4-2-4 النوع *Lucianorhabdus cayeuxii* DEFLANDRE:** بينت دراسة مخططات الغزارة النسبية للنوع *Lucianorhabdus cayeuxii* في المقاطع المدروسة وجود هذا النوع خلال الفترة الزمنية الممتدة من السانتونيان حتى قمة الكامبانيان، وأن الغزارة النسبية متواترة (الأشكال 7، 8 و9)، وقد لوحظ تناقصه باتجاه أعلى الكامبانيان في مقطعي جبل صوانة المحسة والرواق (الشكلين 7 و9). وقد أشار (Perch-Nielsen, 1979 & 1985) على أن وجود هذا النوع يكون أكثر شيوعاً في البيئات البحرية الهامشية القليلة العمق Marginal Marine Environment منه في البيئات البحرية المحيطية المفتوحة والعميقة Oceanic Environment، وهذا واضح من خلال بيئات الترسيب في المواقع المدروسة التي كانت ممثلة بالجزء والمتوسط العمق إلى العميق من النطاق الترسيبي (Subtidal)، يعدّ هذا النوع من الأنواع المرشدة؛ إذ يحدد بداية ظهوره النطاق CC16. ويعدّه (Daeven 1983; Roth, 1978) من الأنواع المميزة للمياه الدافئة Warm Water Species.

**5-2-4 النوع *Calculites obscurus* (DEFLANDRE) PRINS:** تبين مخططات الغزارة النسبية أن وجود النوع *Calculites obscurus* في المقاطع المدروسة متواتر (الأشكال 7، 8 و9)، وعموماً لوحظ في مقطع جبل صوانة المحسة زيادة نسبية واضحة لهذا النوع على الحد السفلي في النطاق CC17 وفي قمة النطاقين CC18 & CC21 (الشكل 7). أما في مقطع جبل الباردة فإن هذه الزيادة النسبية في وفرة هذا النوع كانت في النطاق CC17، وفي قمة النطاق

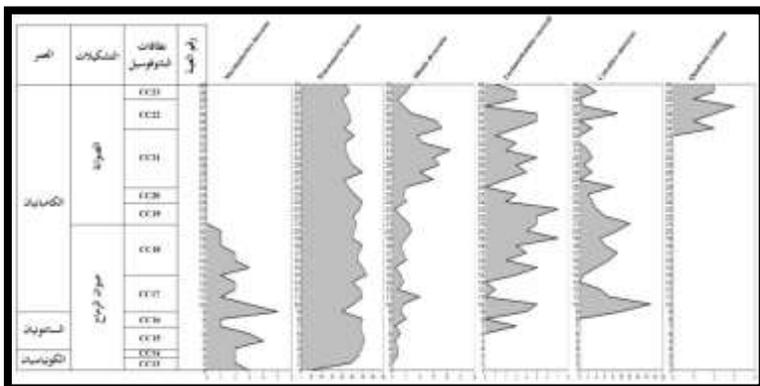
CC18، وبداية النطاق CC19، وضمن النطاق CC22 (الشكل 8)، وفي مقطع جبل الرواق فإن الزيادة في الغزارة النسبية لهذا النوع كانت في قمة النطاق CC17 وضمن النطاق CC21 (الشكل 9)، ويمكن أن تعزى هذه التذبذبات والتغيرات في الغزارة النسبية إلى أسباب بيئية. ويعدّ النوع *Calculites obscurus* من الأنواع المرشدة؛ إذ يحدد بداية ظهوره النطاق CC17. وقد أشار (Thierstein, 1981) إلى أن وجود هذا النوع محلي أو مناطقي Provincialism.

**4-2-6 النوع *Quadrum trifidum* (STRADNER) PRINS & PERCH-NIELSEN**

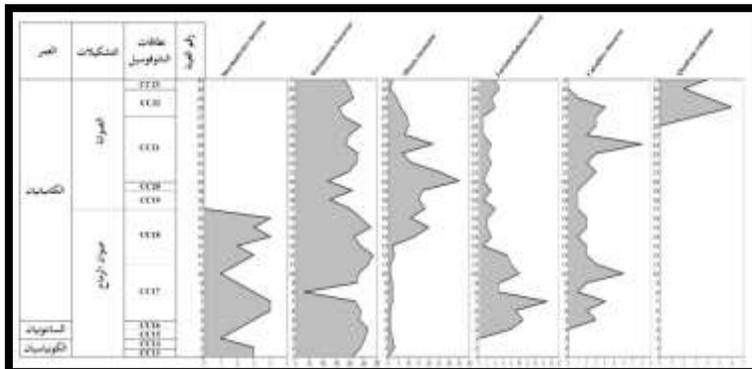
تبين مخططات الغزارة النسبية للنوع *Quadrum trifidum* في المقاطع المدروسة (الأشكال 7، 8 و 9) أنها على العموم قليلة ووجوده محصور في الجزء العلوي من الكامبانيان الأعلى، وقد أشار (Thierstein, 1981) إلى أن وجود هذا النوع محلي أو مناطقي Provincialism. ويعدّ هذا النوع من الأنواع المرشدة؛ إذ يحدد بداية ظهوره النطاق CC22، كما يعدّ من الأنواع المميزة للمياه الدافئة Warm Water Species (Roth, 1978).



الشكل (7) منحنيات الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل صوانة المحسة



الشكل (8) منحنيات الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الباردة



الشكل (9) منحنيات الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل الرواق

#### 3-4 الحرارة القديمة للمياه السطحية:

تقتصر النانوبلانكتون الكلسية "كما العوالق النباتية" على المنطقة الضوئية، ومعظمها يعيش في المنطقة الضوئية العليا، وبالتالي فهي تسجل الظروف في المياه السطحية، بما في ذلك درجة الحرارة السطحية، وتوافر المواد الغذائية، والملوحة. تتراكم النانوبلانكتون بعد الموت في الرسوبات حيث يتم الحفاظ عليها بشكل شائع. وقد أظهرت دراسات ( Roth *et al.*, 1975; Smayda, ) أن النانوبلانكتون تنتقل بسرعة إلى قاع البحر، وبالتالي فإن مجموعة الرواسب تعكس إنتاجية النانوبلانكتون الكلسية بشكل كبير في عمود الماء المغطي ( McIntyre & Bé, 1967; ) (Geitzenauer *et al.*, 1977). ونظراً للانتقال السريع إلى قاع البحر، تعد مجموعات النانوفوسيل الكلسية مفيدة للدراسات القديمة لتفسير ظروف سطح البحر. في الدراسة الحالية ومن أجل استنتاج حرارة المياه السطحية القديمة (دافئة - باردة) والتعرف عليها باستخدام مستحاثات النانوفوسيل الكلسية اعتمد على طريقتين:

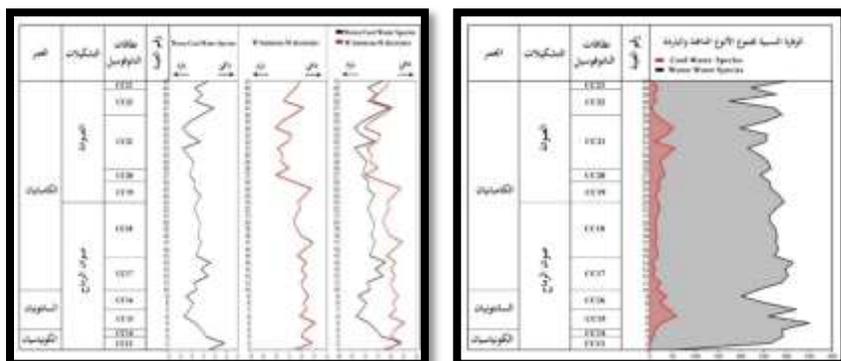
**الطريقة الأولى** نسبة أنواع النانوفوسيل الكلسية التي تفضل المياه الدافئة إلى التي تفضل المياه الباردة **Warm Water Species** إلى **Warm/Cool Cool Water Species**: بينت الدراسات المرجعية أنه يوجد عدد من أنواع النانوفوسيل الكلسية تفضل المياه الدافئة وأخرى تفضل المياه الباردة:

- أنواع النانوفوسيل التي تفضل المياه الدافئة (**Warm Water Species**): *Watznaueria barnesae*, *Quadrum gothicum*, *Lucianorhabdus cayeuui*, *Ceratolithoides Moor*, 2016; Faris, 1992; Daeven 1983; Roth, ) *aculeus*, *Quadrum trifidum* (1978).

- أنواع النانوفوسيل التي تفضل المياه الباردة (Cool Water Species): *Micula decussata, Reinhardtites anthophorus, Eiffelithus turriseiffelii*

الطريقة الثانية نسبة النوع *Watznaueria barnesae* المفضل للمياه الدافئة إلى النوع *Micula decussata* المفضل للمياه الباردة.

وقد بينت دراسة منحني لوغاريتم نسبة الأنواع التي تفضل المياه الدافئة إلى الأنواع التي تفضل المياه الباردة (Warm/Cool)، ومنحني لوغاريتم النوعين *W. barnesae/ M. decussata*، ومنحني الغزارة النسبية لمجموع أنواع النانوفوسيل الكلسية التي تفضل المياه الدافئة وتلك التي تفضل المياه الباردة في المقاطع المدروسة على سيطرة المياه السطحية الدافئة عموماً خلال الكونياسيان، السانتونيان والكامبانيان مع بعض التواترات والتذبذبات البسيطة في الكونياسيان والسانتونيان (الأشكال 10، 11 و12). ولقد بينت العبدون (2019) من خلال دراستها لمستحاثات النانوفوسيل في الجزء الشمالي الشرقي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية، وذلك في مواقع جبل أبو فياض، جبل الخشابية، جبل أبور جمين وجبل خشم نوير، إلى سيطرة المياه السطحية الدافئة خلال الكونياسيان والسانتونيان والكامبانيان مع بعض التواترات والتذبذبات البسيطة مع الزمن في السانتونيان والكامبانيان. وقد أضافت الباحثة أن حرارة المياه السطحية خلال نهاية الكامبانيان في مقطع جبل أبو فياض كانت أقل مما هي عليه في الكامبانيان، وفي نهاية الكامبانيان في مقطع جبل خشم نوير (أقصى شرق السلسلة التدمرية الشمالية) كانت حرارة المياه السطحية أعلى مما هي عليه في الكامبانيان.

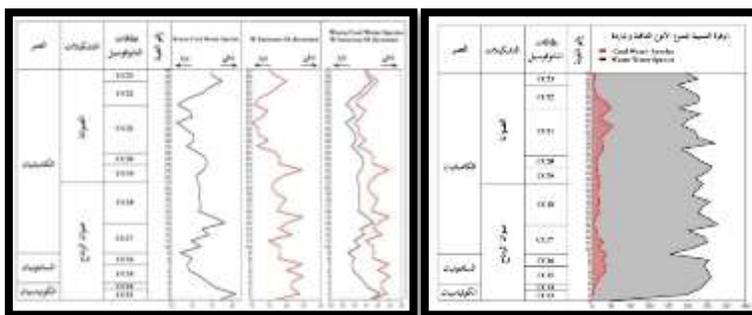


الشكل (10) يمثل المخطط على اليمين منحني لوغاريتم نسبة الأنواع التي تفضل المياه الدافئة إلى الأنواع التي تفضل المياه الباردة (Warm/Cool) ومنحني لوغاريتم *W. barnesae/ M. decussata* في مقطع جبل صوانة المحسة، يمثل المخطط على اليسار منحني الغزارة النسبية لمجموع أنواع النانوفوسيل الكلسية التي تفضل المياه الدافئة وتلك التي تفضل المياه الباردة في مقطع جبل صوانة المحسة

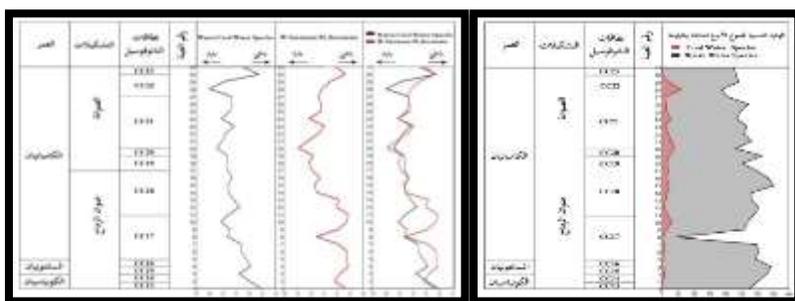
لقد أظهرت الدراسات الإحصائية للأنواع المدروسة من مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في مقطع جبل صوانة المحسة أن حرارة المياه السطحية تتدرج نحو البرودة النسبية منذ بداية الكونياسيان حتى أواسط السانتونيان ضمن النطاق CC15 حيث تقل الغزارة، بعد ذلك ترتفع حرارة المياه السطحية حتى أواسط النطاق CC16 في السانتونيان حيث لوحظ انخفاضها نسبياً، يلي ذلك ارتفاع في حرارة المياه السطحية بشكل مذبذب حتى الكامبانيان الأعلى حيث لوحظ تناقص في حرارة المياه السطحية ضمن النطاق CC21، ومن ثم تعود حرارة المياه السطحية للارتفاع حتى نهاية الكامبانيان (الشكل 10).

وبالاتجاه نحو الشرق في مقطع جبل الباردة بينت الدراسة الإحصائية أن حرارة المياه السطحية تتدرج أيضاً نحو البرودة النسبية منذ بداية الكونياسيان حتى بداية الكامبانيان وذلك عند قاعدة النطاق CC17، بعد ذلك ترتفع حرارة المياه السطحية بشكل مذبذب حتى الكامبانيان الأعلى حيث لوحظ تناقص في حرارة المياه السطحية ضمن النطاق CC21 وعند قاعدة النطاق CC22 ومن ثم تعود حرارة المياه السطحية للارتفاع حتى نهاية الكامبانيان (الشكل 11).

وباتجاه الشمال الشرقي، وذلك في مقطع جبل الرواق، أظهرت نتائج تحليل الدراسة الإحصائية أن حرارة المياه السطحية تتدرج أيضاً نحو البرودة النسبية (لتصبح أقل دفئاً) منذ بداية الكونياسيان حتى نهايته (قمة النطاق CC14)، بعد ذلك ترتفع حرارة المياه السطحية بشكل مذبذب في الكامبانيان الأدنى يتبعه تناقص تدريجي في حرارة المياه السطحية حتى قمة النطاق CC17، يليه ارتفاع تدريجي في درجة حرارة المياه السطحية بشكل طفيف يليه حتى النطاق CC20 في الكامبانيان الأعلى حيث انخفضت حرارة المياه السطحية، يليه ارتفاع نسبي في حرارة المياه السطحية ولكن بشكل مذبذب حتى أواسط النطاق CC22، ومن ثم تعود حرارة المياه السطحية للارتفاع حتى نهاية الكامبانيان (الشكل 12). وهذا ينعكس على الغزارة، فكلما كانت الحرارة أكثر دفئاً ازدادت الغزارة، والعكس صحيح.



الشكل (11) يمثل المخطط على اليمين منحنى لوغاريتم نسبة الأنواع التي تفضل المياه الدافئة إلى الأنواع التي تفضل المياه الباردة (Warm/Cool) ومنحنى لوغاريتم *W. barnesae/ M. decussata* في مقطع جبل الباردة، يمثل المخطط على اليسار منحنى الغزارة النسبية لمجموع أنواع النانوفوسيل الكلسية التي تفضل المياه الدافئة وتلك التي تفضل المياه الباردة في مقطع جبل الباردة



الشكل (12) يمثل المخطط على اليمين منحنى لوغاريتم نسبة الأنواع التي تفضل المياه الدافئة إلى الأنواع التي تفضل المياه الباردة (Warm/Cool) ومنحنى لوغاريتم *W. barnesae/ M. decussata* في مقطع جبل الرواق، ويمثل المخطط على اليسار منحنى الغزارة النسبية لمجموع أنواع النانوفوسيل الكلسية التي تفضل المياه الدافئة وتلك التي تفضل المياه الباردة في مقطع جبل الرواق

**الاستنتاجات:** استناداً إلى دراسة مستحاثات النانوفوسيل الكلسية في التكتشفات الصخرية لرسوبيات الكونياسيان، السانتونيان والكامبانيان في كل من جبل صوانة المحسة وجبل الباردة وجبل الرواق في سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية تم التوصل إلى النتائج الآتية:

1- قسّمت هذه الطوابق إلى أحد عشر نطاقاً، وتمت مقارنة هذه النطاقات وما يقابلها من نطاقات المنخربات الطافية.

2- بينت الدراسة الباليوليكولوجية أن التنوع في أعداد مستحاثات النانوفوسيل التي تم التعرف عليها يزداد مع الزمن بدءاً من الكونياسيان، ومع استمرار التجاوز البحري لوحظ زيادة نسبية في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية مع ملاحظة تغيرات جانبية في الحوض الرسوبي نتج عنها تغيرات في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية التي قد تعكس انسحابات وتجاوزات بسيطة محلية متباينة بين منطقة وأخرى. وخلال تواضع الجزء السفلي من تشكيلة الصوانة ظهر تناقص نسبي لأعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية عند الحد بين النطاقين *Aspidolithus parvus* Zone CC 18 و *Calculites ovalis* Zone CC 19، ومع استمرار ترسيب تشكيلة الصوانة في الكامبانيان يلاحظ زيادة نسبية في أعداد مستحاثات النانوفوسيل الكلسية، ويمكن أن تعزى لعودة التجاوز البحري من جديد ولكن بدرجات متفاوتة حتى نهاية تشكيلة الصوانة.

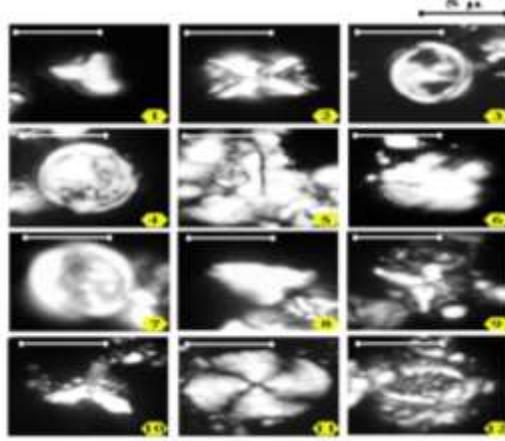
3- أظهرت الدراسة أيضاً سيطرة المياه السطحية الدافئة عموماً خلال الكونياسيان، السانتونيان والكامبانيان مع بعض التواترات والتذبذبات البسيطة في الكونياسيان والسانتونيان التي أشارت إلى مياه أقل دفئاً.

4- إضافة إلى ذلك فقد دُرست الغزارة النسبية لبعض أنواع النانوفوسيل الكلسية ذات الأهمية  
Paleoecology البيئية القديمة وهي *Marthasterites furcatus*, *Watznaueria barnesae*,  
*Micula decussata*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Calculites obscurus*, *Quadrum trifidum*.

#### التوصيات:

- 1- تعميم إجراء دراسات ميكروبايونتولوجية استناداً إلى مستحاثات النانوفوسيل الكلسية لما لها من أهمية في الدراسات البيوستراتيغرافية.
- 2- إجراء دراسات إحصائية لأنواع المستحاثات الكلسية القزمة (النانوفوسيل) لتحديد التغيرات الباليو-إيكولوجية.
- 3- مقارنة الدراسات الميكروبايونتولوجية للنانوفوسيل والمنخرات الطافية لما لها من أهمية لتحديد دقيق للأعمار.

## I اللوحة



- الشكل (1) *Marthasterites furcatus* العينة SM-2 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *M. furcatus*. الشكل  
2: *Micula decussata* العينة RW-14 مقطع جبل الرواق، النطاق *A. parvus*.  
الشكل 3: *Tranolithus phacelosus* العينة SM-4 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *R. anthophorus*.  
الشكل 4: *Reinhardtites anthophorus* العينة B-6 مقطع جبل الباردة، النطاق *R. anthophorus*. الشكل  
5: *Lucianorhabdus cayeuxii* العينة RW-4 مقطع جبل الرواق، النطاق *L. cayeuxii*. الشكل 6:  
العينة SM-10 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *C. obscurus*. الشكل 7:  
*Aspidolithus parvus* العينة RW-14 مقطع جبل الرواق، النطاق *A. parvus*. الشكل 8: *Ceratolithoides*  
*aculeus* العينة SM-27 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *C. aculeus*. الشكل 9: *Quadrum sissinghii*  
العينة SM-29 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *Q. sissinghii*.  
الشكل 10: *Quadrum trifidum* العينة RW-28 مقطع جبل الرواق، النطاق *Q. trifidum*. ال  
شكل 11: *Watznaueria barnesae* العينة SM-35 مقطع جبل صوانة المحسة، النطاق *Q. sissinghii*  
الشكل 12: *Cribrosphaerella ehrenbergii* العينة B-33 مقطع جبل الباردة، النطاق *Q. sissinghii*.

### المراجع العربية:

1. الخطيب، ن. 2016. دراسة ستراتيجرافية " ميكروبيوتولوجية وسحنية" لتوضعات السينونيان الأسفل في السلسلة التدمرية. رسالة دكتوراه غير منشورة. كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية، ص 226.
2. الخطيب، ن.، معلولة، ك. ويزيك، م. خ. 2015. بيوستراتيغرافية رسوبيات السينونيان الأسفل في السلسلة التدمرية الجنوبية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، جامعة دمشق، 31 (2): 409 – 428.
3. الخطيب، ن.، معلولة، ك. ويزيك، م. خ. 2019. دراسة ميكروبيوتولوجية وسحنية لرسوبات السينونيان الأسفل في السلسلة التدمرية الجنوبية، سوريا. مجريات المؤتمر الجيولوجي السوري الثالث، دمشق 1-3 نيسان 2019.
4. العبدون، ي. 2019. دراسة نطاقات المستحاثات المجهرية الكلسية الدقيقة لطوابق الكونياسيان –السانتونيان – الكامبانيان في الجزء الشمالي الشرقي من سلسلة الجبال التدمرية الشمالية، سورية. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية، ص 89.
5. العبدون، ي. معلولة، ك. ويزيك، م. خ. 2019. نانوبيوستراتيغرافية رسوبات الكونياسيان –السانتونيان والكامبانيان في الجزء الشمالي الشرقي لسلسلة الجبال التدمرية الشمالية، سورية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، جامعة دمشق (قيد النشر مجلة جامعة دمشق)
6. الوحدة الجيولوجية المهنية 1983. دراسات جيولوجية للسلسلة التدمرية باستخدام مقاطع جيولوجية نموذجية. دراسة مقدمة من جامعة دمشق بالعقد رقم 140/ن.أ للمؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، وزارة النفط والثروة المعدنية، دمشق، سورية، مجلد (1-4) 950 صفحة.

### المرجع الأجنبية:

7. Al Maleh, A. Kh. and Mouty, M. 1988. The sedimentation and paleogeographic evolution of the Palmyridean region during Jurassic and Cretaceous (Central part of Syria). Third Jor. Geol. Conf. Amman, 213-244.
8. B.R.G.M. 1977. Photogeological survey of the eastern Palmyrides. Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Syria, 167p.
9. Birkelund, T.; Hancock, J. M.; Hart, M. B.; Rawson, P. F.; Remane, J.; Robaszynski, F.; Schmid, F. & Surlyk, F. 1984. Cretaceous stage boundaries-Proposals. Bull. Geol. Soc. Denmark, 33 (1/2): 3-20.
10. Bramlette, M. N. and Sullivan, F. R. 1961. Coccolithophorids and related nanoplankton of the Early Tertiary in California. Micropaleont., v.7, no.2, p.129-188.
11. Brand, L. E., 1994. Physiological ecology of marine coccolithophores. In Winer, A., Siesser, W. G. (Eds.), Coccolithophores. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 39 - 50.
12. Caron, M. 1985. Cretaceous planktic foraminifera. In: H. M. Bolli, J. B. Saunders and K. Perch-Nielsen (eds.), Plankton Stratigraphy, Planktic foraminifera, Calcareous nanofossils and Calpionellids, Vol. 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 17-86.
13. Daeven, P. H. 1983. Calcareous nanofossil stratigraphy and paleoecology of the Canadian Atlantic Margin. Bull. Geol. Surv. Can., 356: 1-70.
14. Faris, M. 1992. Calcareous nanoplankton from the Turonian -Maastrichtian sequence East of El Qusaima, NE Sinai. Egypt. Qatar Univ., Sci., J., 12: 166-175.
15. Geitzenauer, K.R., Roche, M.B., & McIntyre, A., 1977. Coccolith biogeography from North Atlantic and Pacific surface sediments. In: Ramsay, A.T.S. (Ed.), Oceanic Micropaleontology. Academic Press, New York, pp. 973-1008.
16. Huber, B. T., Watkins, D. K., 1992. Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean:

- Paleogeographic and paleoclimatic implications. The Antarctic Paleoenvironment: A perspective on global change, Antarctic research series 56, 31-60.
17. McIntyre, A. and Bé, A.W.H., 1967. Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean – I. Placoliths and crytoliths. *Deep-Sea Research*, 14: 561-597
18. Moore, B. R. 2016. Santonian—Campanian Calcareous Nannofossil Paleobiogeography. Unpublished M. Sc. Thesis, The Graduate College at the University of Nebraska, Lincoln, 46 p.
19. Mouty, M. 1976. New contributions on the Jurassic rocks of the Palmyridian chain, *Jour. Geol. Syria*, 2: 20-22.
20. Murray, J. W. 1979. Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. Longman Scientific & Technical, New York, 397p.
21. Mutterlose, J., Bornemann, A. & Herrle, J. 2005. Mesozoic calcareous nannofossils – state of the art, *Palaeont. Z.*, 79, 113–133, <https://doi.org/10.1007/bf03021757>.
22. Perch-Nielsen, K. 1979. Calcareous nannoplankton from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In Wiedmann, J. (ed.) *Aspekte der Kreide Europas: IUGS Series A, No. 6*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, p. 223-272.
23. Perch-Nielsen, K. 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. In: H. M. Bolli, J. B. Saunders and K. Perch-Nielsen (eds.), *Plankton Stratigraphy, Planktic foraminifera, Calcareous nannofossils and Calpionellids*, Vol. 1, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 427-554.
24. Roth, P. H. 1978. Calcareous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. *Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, 44: 731-759.
25. Roth, P.H., Mullin, M.M., & Berger, W.H., 1975. Coccolith sedimentation by fecal pellets: Laboratory experiments and field observations. *Geological Society of America Bulletin*, 86: 1079-1084.

26. Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geol. en Mijnbouw*, v.56, no.1, p.37-65.
27. Smayda, T.J., 1970. The suspension and sinking of phytoplankton in the sea. *Oceanography and Marine Biology; An Annual Review*, 8: 353-414.
28. Thierstein, H. R. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Mar. Micropaleontol.*, 1: 325-362.
29. Thierstein, H. R. 1981. Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary. *SEPM Special Publ.*, 32: 355-394.
30. Winter, A., Jordan, R. W. & Roth, P. H., 1994. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. In Winer, A., Siesser, W. G. (Eds.), *Coccolithophores*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 161 – 178.
31. Yzbek, M. Kh. 1995. Biostratigraphy of the Late Cretaceous-Early Tertiary of the Turfa and Kasr Al-Heir area by means of nannoplankton, Palmyridian region, Syria. Unpublished M. Sc. Thesis, Fac. Sci., Cairo Univ., Egypt, 266 p.
32. Yzbek, M. Kh. 1998. Calcareous nannofossil zonation and microfacies studies on the Eocene sediments of the Palmyridian and Anti-Lebanon regions, Syria. Unpublished Ph. D. Thesis, Fac. Sci., Cairo Univ., Egypt, 342p.
33. Yzbek, M. Kh. 2002. Biostratigraphy of the Coniacian-Santonian sediments of Khan Sheikhoun area, southwestern Aleppo Uplift, Syria. In E. A. Youssef (ed.), *Proceeding of the Sixth International Conference of the Geology of the Arab World*, Cairo Univ., 2: 501-512.