دراسة الهبوط التكتوني وتطور المتتاليات الرسوبية خلال الميزوزوي في منطقة دير عطية

موسى شمالي*

د. عبد الكريم العبدالله**

د.سامر البب***

الملخص

بينت دراسة وعملية تحليل معطيات الحفر في بئر دير عطية1 في منطقة غرب السلسلة التدمرية، وجود ثلاث مراحل رئيسة للهبوط التكتوني (A, B, C) توافق الترياسي الأوسط والأعلى والجوراسي والكريتاسي على التوالي، تمثل المرحلة A هبوط كبير مرافق لترسيب تشكيلتي الكوروشينا انهدريت والكوروشينا دولوميت ويصبح الهبوط أقل أثناء ترسيب تشكيلة البطمة، تعكس المرحلة A تشكل حوض السلسلة التدمرية في البرمي– الترياسي، وتوافق المرحلة B هبوط خفيف في الجوراسي يمثل الهبوط الحراري اللاحق للهبوط التكتوني البرمي– ترياسي، يليه نهوض في نهاية الجوراسي الأوسط، وهذه المرحلة توافق مرحلة تشكل تشكيلة الكامشوكا، و توافق المرحلة C هبوط خفيف أثناء ترسيب تشكيلة الرطبة، ويزداد بشكل كبير أثناء ترسيب تشكيلة حيان والقسم السفلي من تشكيلة الجوديا ليتحول بشكل تدريجي إلى نهوض أثناء ترسيب القسم العلوي من تشكيلة الجوديا حيث يعتبر هذا النهوض على علاقة بالاعتلاء الأفيوليتي في شمال الصفيحة العربية، ليعود الهبوط بالازدياد بشكل كبير أثناء ترسيب تشكيلتي رماح صوان والشيرانيش، وبينت دراسة المتتاليات الرسوبية بحسب معطيات تسجيلات أشعة غاما في بئر دير عطية1 وجود متتالية انسحابية على المستوى المتوسط توافق تشكيلتي كوروشينا انهدريت ودولوميت، تليها دورة رسوبية كاملة (تجاوزية – انسحابية) توافق تشكيلة البطمة الترياسية، تعلوها دورة رسوبية ثانية توافق تشكيلة الكامشوكا الجوراسية حيث تكون متتالية تجاوزية في القسم الأسفل والأوسط من التشكيلة وانسحابية في القسم العلوي منها، تليها دورتان رسوبيتان خلال الكريتاسي إحداهما على كامل تشكيلتي الرطبة و حيان والقسم السفلي من تشكيلة الجوديا والثانية تمثل القسم العلوي من تشكيلة الجوديا وتشكيلة صوان رماح و جزء من تشكيلة الآرك مارل، لتبدأ متتالية تجاوزية جديدة توافق تشكيلتي الشيرانيش و الآرك مارل.

الكلمات المفتاحية: الهبوط، تجاوز ، انسحاب، الحوض الرسوبي، بيئة ترسيب.

* طالب دكتوراه، قسم الجيولوجيا- كلية العلوم- جامعة اللاذقية.
** أستاذ مساعد، قسم الجيولوجيا- كلية العلوم- جامعة اللاذقية.
*** أستاذ مساعد، قسم الجيولوجيا- كلية العلوم- جامعة اللاذقية

A Study of Tectonic Subsidence and the Evolution of Sedimentary Sequences During the Mesozoic in the Deir Atiyah Area

Moussa Shamali*
Dr.Abdul Karim Al-Abdullah**
Dr.Samer Al-Bab***

Abstract

Analysis of drilling data from the Deir Atiyah 1 well, located in the western Palmyride zone, revealed three main stages of tectonic subsidence (A, B, C) corresponding to the Middle-Upper Triassic, Jurassic, and Cretaceous, respectively. Stage A represents significant subsidence accompanying the deposition of the Kurchina Anhydrite and Kurchina Dolomite formations, with subsidence decreasing during the deposition of the Butmah Formation. This stage reflects the formation of the Palmyride basin during the Permian-Triassic. Stage B corresponds to mild subsidence in the Jurassic, representing the post-rift thermal subsidence following the Permian-Triassic tectonic subsidence, followed by uplift at the end of the Middle Jurassic. This stage aligns with the deposition of the Kamshaka Formation. Stage C corresponds to gentle subsidence during the deposition of the Rutbah Formation, increasing substantially during the deposition of the Hayane Formation and the lower part of the Judea Formation, then gradually transitioning to uplift during the deposition of the upper part of the Judea Formation. This uplift is considered related to ophiolite obduction in the northern part of the Arabian Plate. Subsidence then increased significantly again during the deposition of the Ramah Chert and Shiranish formations. The study of sedimentary sequences based on gamma-ray log data from the Deir Atiyah 1 well showed the presence of an intermediate-scale regressive sequence corresponding to the Kurchina Anhydrite and Dolomite formations. This is followed by a complete sedimentary cycle (transgressive-regressive) corresponding to the Triassic Butmah Formation. Above this lies a second sedimentary cycle

corresponding to the Jurassic Kamshaka Formation, which is transgressive in its lower and middle parts and regressive in its upper part. This is followed by two Cretaceous sedimentary cycles: one encompassing the entire Rutbah and Hayane formations and the lower part of the Judea Formation, and the second representing the upper part of the Judea Formation and the Sawan Ramah and Arc Marl formations. A new transgressive sequence then begins, corresponding to the Shiranish and Arc Marl formations.

Keywords: Subsidence, Transgression, Regression, Sedimentary Basin, Depositional Environment.

*Doctor student – Lattkia University – Faculty of Science – Department of Geology.
**Assistant professor – Lattkia University – Faculty of Science – Department of Geology. .
***Assistant professor – Lattkia University – Faculty of Science – Department of Geology.

المقدمة:

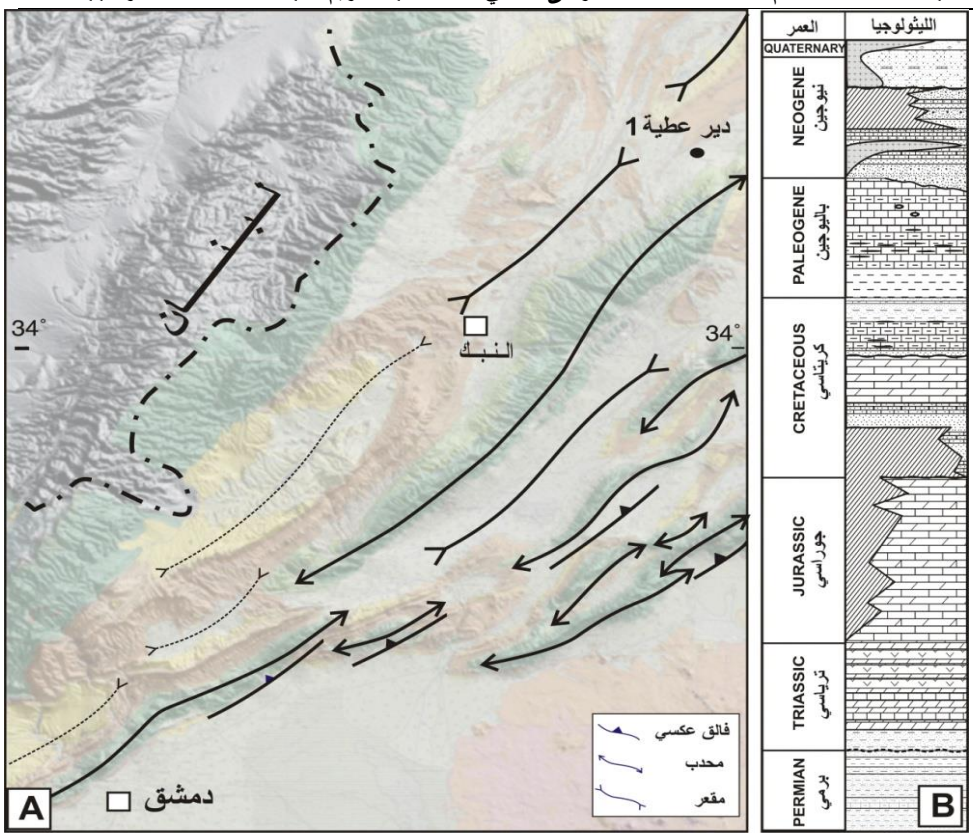
يعتبر الهبوط التكتوني (Tectonic Subsidence) أحد العوامل الهامة في ايجاد مساحات ترسيبية (Accommodation Space) تملؤها الرواسب مع الزمن، حيث يساعدنا هذا في فهم السماكات الكبيرة للرواسب التي تصل سماكتها إلى أكثر من مئات الأمتار تشكلت ضمن وسط مائي لا يتجاوز عمق الماء فيه بضعة أمتار، و دراسة الهبوط التكتوني توضح حركة قاع الحوض الرسوبي (Basin Floor) وتطوره خلال الزمن الجيولوجي، حيث تكون هذه الحركة أما هبوط ناتجة عن قوى شد تكتونية، أو نهوض ناتجة عن قوى ضغط تكتونية وفقاً لِ [1]، أما المتتاليات الرسوبية (Sedimentary Sequences) فتعتبر أرشيفاً جيولوجياً لظروف الترسيب، وبيئاتها المتغيرة في كل تتابع طبقي، والذي تكون معالمه الرئيسة هي العمليات التكتونية وتغيرات منسوب سطح البحر وإمداد الرواسب عبر الزمن الجيولوجي حسب [2]، وبالتالي فإن دمج نتائج نمذجة حركة قاع الحوض الرسوبي مع نتائج تحليل المتتاليات الرسوبية سيقدم صورة متكاملة و دقيقة عن تطور الحوض الرسوبي خلال الأزمنة الجيولوجية، وأداة هامة جداً في اعادة بناء الظروف الباليوجغرافية القديمة والمساهمة في استكشاف الموارد الطبيعية.

تم اختيار جنوب غرب السلسلة التدمرية (منطقة دير عطية) الشكل (1) نظراً لأهميتها الاقتصادية الكبيرة، و وضعها الجيولوجي الذي يتصف بنوع من التعقيد لدراسة الهبوط التكتوني والمتتاليات

الرسوبية العائدة للحقب الميزوزوي والعلاقة بينهما، وفقاً لسجلات البئرية المتوافرة في المنطقة، وخاصة سجلات السونيك وسجلات أشعة غاما.

الإطار الجيولوجي العام: تتميز منطقة الدراسة بانتشار واسع لتوضعات الحطامية العائدة لدور الرباعي، والتي تغطي قاع الوديان وقمم الهضاب والتلال، وتوضعات الكريتاسي التي تتركز في الأجزاء الجنوبية الشرقية للمنطقة، وبانتشار أقل لتوضعات الباليوجين التي تتركز في الأجزاء الشمالية الغربية للمنطقة، وبانتشار قليل لتوضعات دور النيوجين وفقاً ل[3].

تكتونياً ان الجزء الشمالي والشرقي والشمالي الشرقي من المنطقة يتألف من مجموعة من الطيات الخطية، على شكل شبه سلاسل. ونادراً ما تكون على شكل طيات صندوقية، منها ما يكون مقلوبة نحو الجنوب بفوالق عكسية، وهذه المحدبات غالباً ما تكون متتابعة سلمياً، تأخذ الاتجاه شمال شرق – جنوب غرب والذي يتوافق مع الاتجاه العام للسلسلة التدمرية، وتتميز بعدم تناظر واضح فسفوحها الجنوبية الشرقية شديدة الانحدار ومعقده بمجموعة من الفوالق الكبيرة وفقاً لِ [3]، ومن أهم المحدبات في المنطقة محدب الكودن، وأهم المقعرات مقعر وادي العريضة.



الشكل(1): A–موقع منطقة الدراسة على خارطة بنيوية مبسطة لغرب السلسلة التدمرية وفقاً ل[4]، B –العمود الليتولوجي العام للسلسلة التدمرية، وفقاً ل[5].

ستراتغرافياً أظهرت المعطيات السطحية أن أقدم التكشفات في المنطقة تعود لعصر الكريتاسي الأعلى طابق السينومانيان ويشكل مع طابق التورونيان وحدة رسوبية تتألف من صخور كلسية دولومتية ودولوميت، يعلو هذه الوحدة توضعات طوابق الكونياسيان السانتونيان الكامبانيان الماستريختيان وتتألف ليتولوجياً بشكل عام من صخور كلسية غضارية ومارلية تتعاقب مع بعض السويات الصوانية حسب [3]، وتعلو توضعات عصر الكريتاسي الأعلى توضعات دور الباليوجين وهي تتألف بشكل عام من صخور كلسية غضارية وكلسية غضارية شبه حوارية ومارل تحتوي على عقد بيريت وبعض العقد الصوانية تصبح في أعلى عصر الأوليغوسين صخور رملية حسب [3]، حيث تعلو توضعات دور الباليوجين توضعات دور النيوجين وهي توضعات حطامية ذات منشأ قاري بشكل عام مع غياب أعلى عصر البليوسين، وتقدر سماكة دور النيوجين حوالي 110م

وفقاً لِ [3]، تعلوه توضعات دور الرباعي بكافة عصوره وهي أيضاً حطامية ذات منشأ قاري تأخذ شكل الميول الطبوغرافية في المنطقة حيث تغطي قاع الوديان وقمم الهضاب والتلال في المنطقة حسب [3].

أما المعطيات تحت السطحية أظهرت أن دور الترياسي يتكون بشكل عام من صخور رملية في الأسفل وتعاقبات من الصخور الكربوناتية والمتبخرات في الأعلى بسماكة تتجاوز 1000م وفقاً ل[6]، وحسب [6] دل ذلك على ازدياد الهبوط التكتوني في هذا الدور، تعلوها توضعات الجوراسي الكربوناتية بسماكة حوالي 1000م وفقاً لِ [7] وتزداد سماكة هذا الدور باتجاه الغرب في لبنان لتصبح 2500م حسب [6]، حيث فسرت هذه السماكة كنتيجة لمتابعة الهبوط في الترياسي وفقاً لِ [7.8.9]، وخلال عصر الجوراسي الأعلى حصل نهوض وفقاً لِ [10] أدى إلى تعرض الرواسب إلى عمليات الحت والتعرية ولكنها بقيت محفوظة في مركز السلسلة التدمرية، لتتوضع رسوبات طابق الأبسيان والألبيان العائدان إلى عصر الكريتاسي الأسفل بعدم توافق ستراتغرافي، حيث يشير التركيب الليتولوجي لهذان الطابقان والمؤلف من صخور ورملية وبركانية وبعض الصخور الكلسية في الأسفل وصخور كربوناتية في الأعلى إلى تجاوز بحري واسع حسب [10]، وتعلو هذه التوضعات توضعات الكريتاسي الأعلى وهي بشكل عام كربوناتية في الأسفل لتصبح صخور كلسية وكلسية غضارية ومارلية تتعاقب مع بعض السويات الصوانية في الأعلى بسماكة وسطية تتجاوز 1000م وفقاً ل [4].

أهمية البحث وأهدافه:

إن دراسة الهبوط التكتوني والمتتاليات الرسوبية تقدمان مفهوماً متكاملاً عن تطور الحوض الرسوبي وتوضع الرسوبات، والذي يشكل مفهوماً جديداً عن التاريخ الجيولوجي لمنطقة دير عطية التي تمتلك أهمية اقتصادية كبيرة حيث تحتوي على مكامن هيدروكربوناتية وبعض خامات الثروة المعدنية، حيث تصبح هذه الدراسة مرجعاً ومرتكزاً أساسياً للدراسات الاقتصادية اللاحقة.

أهداف البحث:

1- دراسة الهبوط التكتوني في منطقة دير عطية وفقاً لمعطيات البئرية المتوافرة.

2- تحديد المتتاليات الصغرى والمتوسطة العائدة للحقب الميزوزوي في المنطقة.

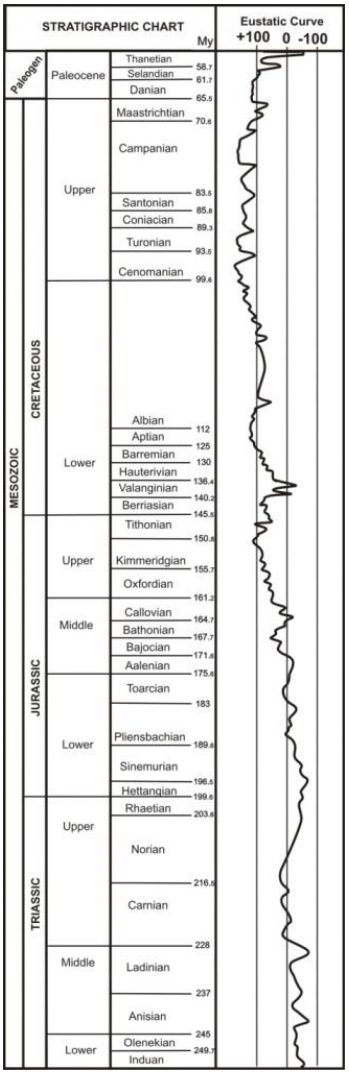
طرائق البحث ومواده:

تم الاعتماد في طريقة العمل على المعادلة الرياضية الأساسية لحساب الهبوط التكتوني Y(الهبوط نتيجة عمليات تكتونية مضافاً إليه تأثير الضغط أو تحميل عمود مياه البحر على قاع الحوض الرسوبي) وفقاً لِ [11.12]، وعلاقة حساب الهبوط التكتوني الصرف Yt (ناتج عن سبب قوى تكتونية عميقة مثل التمدد الحراري بمعزل عن تأثير عمود مياه البحر) حسب [13]، والتي طبقت على معطيات الحفر والعمود الليتولوجي لتشكيلات من الترياسي الأوسط (تشكيلة كوروشينا دولوميت) حتى الكريتاسي في بئر دير عطية1 المنفذ من قبل الشركة السورية للنفط عام 2016:

$$Y = W_d + S_0\,[(\rho_m-\rho_s) / (\rho_m-\rho_w)] - \Delta sl\ \ [\rho_m / (\rho_m-\rho_w)]$$

$$Y_t = S_0\,[(\rho_m-\rho_s) /\rho_m] + W_d\,[(\rho_m-\rho_w) /\rho_m] - \Delta sl$$

حيث أن: Y الهبوط التكتوني الكلي، Y_t الهبوط التكتوني الصرف، (W_d water depth)عمق المياه في الحوض أثناء ترسيب تشكيلة ما،$S[(\rho_m-\rho_s)/(\rho_m-\rho_w)]$ هو التحميل الرسوبي (Sediment loading)، $\Delta sl(\rho_m/\rho_m-\rho_w)$ ويقصد به تحميل منسوب البحر-(Sea level loading)، S_0ثخانة الرسوبات الأولية، ρ_wكثافة ماء البحر، ρ_m كثافة المعطف، ρ_s كثافة الرسوبات، Δsl تغير منسوب البحر خلال الزمن الجيولوجي الذي ترسبت خلاله تشكيلة ما حيث نحصل على قيم تغير منسوب البحر من الشكل (2) (نأخذ القيمة المتوسطة لتغير منسوب البحر المقابل لكل عمر زمني، حيث نأخذ عدة قيم تعكس تغير منسوب البحر لزمن معي ونحسب المتوسط الحسابي لها).



الشكل(2): تغير منسوب البحر خلال الزمن الجيولوجي حسب [14].

لحساب الهبوط التكتوني نحسب ثخانة الرسوبات الأولية S_0 عن طريق عملية فك التراص (Backstripping)، وتحسب من خلال العلاقة حسب [13]: $S_0 = S(1-Ø)/(1-Ø_0)$ ، حيث

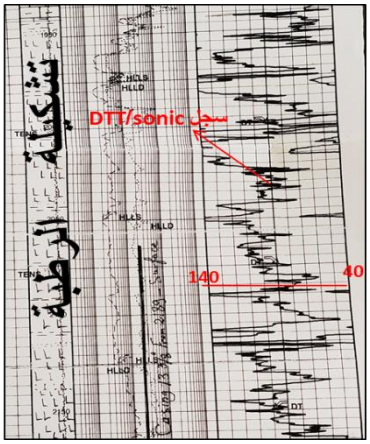
S الثخانة الحالية للطبقة أو التشكيلة المراد فك تراصها، Ø مسامية الطبقات الصخرية الحالية، $Ø_0$المسامية الأولية للرسوبات، ويتم حساب المسامية الأولية من خلال العلاقة وفقاً لِ [15]: $Ø = Ø_0 e^{-cy}$ حيثØ مسامية الطبقات الصخرية الحالية عند العمق y، وc ثابت يتعلق بالتركيب الليتولوجي للصخر هو ثابت يعبر عن مقدار تناقص مسامية كل نوع صخري مع زيادة العمق بمقدار 1كم ويعطى كنسبة مئوية، وهناك قيم محددة للمعامل c لكل نوع صخري مثل الحجر الكلسي 55.7%، الدولوميت31%، الحجر الرملي39%، الغضار51%، الكونغلوميرا 27%، (في حال اكثر من نوع من الصخور ضمن التشكيلة أو الوحدة المأخوذة والتي تعكس جزء معين السجل الصوتي فإننا نأخذ القيمة المتوسطة C) ، ولحساب المسامية الأولية نحتاج لمعرفة المسامية الحالية للطبقات الصخرية(Ø) من خلال القياسات البئرية الصوتية في بئر دير عطية1 حسب [16]، وذلك وفق المعادلة $Ø = \Delta t_{log} _ \Delta t_{ma}/\Delta t_f_\Delta t_{ma}$ حسب [15] حيث: Δt_{log} تؤخذ من منحني التسجيل الصوتي للبئر (تؤخذ قيمة وسطية المقابلة لكل تشكيلة أو جزء من تشكيلة، حيث يقسم السجل وفقاً لتغيرات السونيك مقابل التشكيلات الرسوبية إلى وحدات أو تحت وحدات متشابهة نسبياً على السجل) ، Δt_f وهي 189 للطفلة العذبة غالباً، 185 للطفلة المالحة، أما Δt_{ma} فتؤخذ من جدول خاص يمثل قيم Δt_{ma} لكل نوع صخري، فمثلاً تكون Δt_{ma} للحجر الكلسي 47.6 وللدولوميت 43.5 وللحجر الرملي 55.5 و للأنهدريت 50 (في حال أكثر من نوع في التشكيلة المأخوذة، فإنه تأخذ القيمة المتوسطة لـ Δt_{ma}، بعد أن يتم فك التراص لكل مجال صخري وحساب الثخانة الأولية له، وذلك بدءاً من الأقدم إلى الأحدث، نحسب قيمة الكثافة للرسوبات بالعلاقة:

$\rho s = \sum[\ \rho_w Ø_0 + \rho_{gi}\ (1- Ø_0)\ ]\ S_0/S0$ **حيث:** ρ_w كثافة الماء وتقدر ب 1.03 غ/سم^3، ρ_{gi}هي كثافة الحبات الرسوبية،S0 السماكة الأولية الكلية لتشكيلة ما(عند تقسيم التشكيلة إلى تحت وحدات فهي تعبر عن مجموع السماكة الأولية لهذه تحت وحدات، وقد تتوافق مع S_0 في حال كانت التشكيلة تمثل وحدة فقط) ، ثم يقدر منسوب البحر Δsl خلال الزمن الجيولوجي الذي ترسبت خلاله تشكيلة ما كما ذكرنا سابقاً، وكما يقدر عمق وسط الترسيب Wd الذي توضعت فيه تشكيلة رسوبية وتقدر بالمتر من خلال سحنة الرسوبات الليتولوجية والباليونتولوجية، واعتمد في تحديدها الدراسات الترسيبية والستراتغرافية السابقة في المنطقة [17]، و بعد إجراء كل الحسابات سابقة الذكر نعوض القيم في العلاقة الأساسية للهبوط التكتوني فنحصل على قيمة Y و Yt في فترة

جيولوجية محددة ، يرسم منحني الهبوط الذي يفسر ويحدد تاريخ تطور الحوض الرسوبي وأهم المراحل التكتونية التي مر بها.

- تطبيق مثال على حساب القيم الداخلة في حساب الهبوط التكتوني في بئر دير عطية1 :

تشكيلة الرطبة العمر الزمني أبسيان، السماكة الحالية 219م، قيمة السونيك الوسطية من سجل البئري مباشرة هيΔt_{log} تساوي 100 ميكروقدم/ثانية الشكل (3)، التركيب الليتولوجي غضار ورمال واندفاعات بركانية ونسبة قليلة من الكلس وعليه فإن الثابتΔt_{ma} = 36.5%، والثابت c= 32.5.



الشكل(3): عينة من سجل السونيك لبئر دير عطية1 المقابلة لتشكيلة الرطبة وفقاً ل [16].

1- حساب المسامية الحالية $\emptyset = \Delta t_{log} _ \Delta t_{ma}/\Delta t_f_\Delta t_{ma}$

$\emptyset$= (100−36.5)/(189−36.5)= 0.41

2- حساب المسامية الأولية عند عمق y= 1945m من خلال العلاقة

نعوض القيم $\emptyset_0 = \emptyset/ e^{-cy}$

$\emptyset_0$= (0,41)/($e^{-0.325*1.945}$) = 0.77 (ملاحظة في هذه التشكيلة توجود اندفاعات بركانية ومساميتها الأولية صفر، نقوم بضبط المسامية من خلال النسب التقريبية من

محتوى التشكيلة والتي هي حوالي11% وبعد التصحيح تصبح قيمة المسامية الأولية (0.70

3- حساب السماكة الأولية من العلاقة $S_0 = S(1-Ø)/(1-Ø_0)$ نعوض القيم السابقة في هذه المعادلة نحصل علي قيمة السماكة الأولية

$$S_0 = 219*(1-0.41)/(1-0.70) = 430.7m$$

4- حساب ρs لهذه التشكيلة حسب العلاقة

$$\rho s = \sum[\ \rho_w Ø_0+\rho_{gi}\ (1-\ Ø_0)\ ]\ S_0/S0$$

حيث ρ_{gi} كثافة الحبات الرسوبية وتحسب من خلال القيمة المتوسطة لمجوعة الحبات الرسوبية الداخلة في تركيب التشكيلة، وفي تشكيلة الرطبة تم حسابها وهي 2.68غ/سم³.

$\rho s = \sum[\ 1.03*0.41+2.68*\ (1-\ 0.41)\ ]*\ 430.7/(430.7) = 1.58$ (ملاحظة هنا قيمةS0 و S_0 متساويتان كوننا أخذنا التشكيلة كوحدة واحدة متكاملة وذلك لأن سجل sonicمتشابه على كامل التشكيلة، في حال لدينا تغيرات في سجل sonic من حيث السلوك والتشابه نقسم التشكيلة إلى تحت وحدات وكل تحت وحدة يحسب لها هذه القيمة فقط ($\rho_w Ø_0+\rho_{gi}\ (1-\ Ø_0)\ ]\ S_0$ ثم تجمع وتقسم علىS0 السماكة الأولية الكلية لمجموع السماكات لتحت الوحدات).

5- حساب عمق عمود الماء من خلال الدراسات الترسيبية حسب [16] نأخذ القيمة المتوسطة وهي 3م، ونحسب تغيرات منسوب البحر خلال هذا الزمن طابق الأبسيان من الشكل (2) (القيمة المتوسطة حوالي 100 م تقريباً)

نعوض القيم السابقة في معادلة الهبوط التكتوني الكلي Y والهبوط التكتوني الصرف

$$Y = W_d + S_0\ [(\rho_m-\rho_s)\ /\ (\rho_m-\rho_w)] - \Delta s/\ [\rho_m\ /\ (\rho_m-\rho_w)]$$

$$=3 +430.7*\ [(3.25-1.58)/(3.25-1.03)]-\ (100)/\ [3.25/(3.25-1.03)]= 180.59m$$

$$Y_t = S_0\ [(\rho_m-\rho_s)\ /\rho_m] + W_d\ [(\rho_m-\rho_w)\ /\rho_m]-\ \Delta s/=127.6m$$

- تمت دراسة الهبوط التكتوني وفق هذه الطريقة في سوريا اعتماداً على سجلات السونيك البئرية في بئر واحد أو أكثر حسب المعطيات المتوافرة، وذلك في منخفض الفرات وحوض النهر الكبير

الشمالي و توضعات الكريتاسي في السلسلة الساحلية و في منطقة القريتين حسب [18.19.20.21].

درست **المتتاليات الرسوبية** بتحديد حدودها من الدراسات البئرية التي تعتمد على سجلات أشعة غاما حيث يتم تحديد هذه السطوح وفق تغير مفاجىء في قيم أشعة غاما، وانتقال من نمط معين في شكل السجل إلى نمط جديد يختلف كلياً عن النمط السابق حسب [22] والذي أعتبر أن تحليل سجل أشعة غاما أحد الطرق الحديثة في تحليل المتتاليات، و أداة قوية في تحديد حدود المتتاليات وأنظمة الترسيب الرئيسة في الآبار حيث طبق هذه الطريقة في عدة مناطق منها توضع كارديوم (توضع مستحاثي مميز لكريتاسي الأعلى) في حوض غرب كندا، بعد تحديد أسطح المتتاليات يتم تحديد نظام الترسيب (تم تحديد نظام الترسيب من سجل أشعة غاما في بئر دير عطية1)، وكما حددت السحنات التالية HST, TST, LST,FSST, RST, وفقاً لِ [22]، HST (Highstand System Tract): يمثل نظام الترسيب العالي يتصف بمياه ذات عمق كبير وطاقة الوسط منخفضة جداً نحو زيادة في طاقة الوسط،TST (Transgressive Systems) Tract: يمثل نظام الترسيب المتقدم/المتوسط يتصف بمياه ذات عمق أقل من النظام السابق وطاقة الوسط متوسطة،LST (Lowstand Systems Tract): يمثل نظام الترسيب المنخفض يتصف بعمق مياه قليل جداً، وطاقة الوسط عالية جداً، FSST (Falling Stage System Tract): يمثل نظام الترسيب المنخفض القسري يتصف بعمق المياه قليل وتغير مفاجئ وسريع في عمق الماء مع استمرار الترسيب،RST (Regressive System Tract): يمثل نظام الترسيب التراجعي ويتصف بانتقال تدريجي من المياه الأعمق إلى الأقل عمقاً، حسب [23] هناك أنماط كلاسيكية لنمط سجل أشعة غاما تعكس بيئة الترسيب كما هو موضح في الشكل(4)، فهناك النمط الصندوقي، والنمط الجرسي، والنمط القمعي، ونمط المسنن الخشن، والنمط المتماثل بالإضافة للنمط المستقيم الناعم ذو القيم المرتفعة لأشعة غاما، والنمط المستقيم الناعم ذو القيم المنخفضة جداً لأشعة غاما، والنمط الذي يعكس الشكل الصندوقي المفاجىء الذي يظهر على سجل ويقابل نظام الترسيب FSST حسب [22] ، حيث كل نمط يعكس نظام ترسيب معين يعكس بيئة الترسيب السائدة، ولكن عند الاشتباه في أكثر من نوع بيئة ترسيب يتم ضبطها بواسطة ليتولوجيا البئر عند تعذر التمييز بين البيئات.

ومن أهم الدراسات العالمية أيضاً التي اعتمدت فقط على سجل أشعة غاما في دراسة المتتاليات وتفسير السحن الرسوبية هي دراسة [24] والتي تمت في حوض السند السفلي في باكستان.

نمط سجل أشعة غاما	صندوقي / اسطواني	قمعي	جرسي	متماثل	مسنن / غير منتظم
اتجاه سجل أشعة غاما	Left Right Low GR High GR	Coarse Up & Sharp top تدرج من الناعم إلى الخشن، قمة حادة	تدرج خشن إلى ناعم نحو الأعلى، قاعدة حادة Fine Up & Sharp base	شكل ساعة رملية Hour Glass	أسنان المنشار Saw Teeth
إمداد الرواسب	ترسيب تراكمي / رأسي	ترسيب متقدم	ترسيب تراجعي	متقدم ومتراجع	ترسيب تراكمي
بيئة الترسيب الشائعة	قناة نهرية، حاجز كربوناتي، حاجز مرجاني،تفرعات دلتا متقدمة،كثبان ريحية، ملأ حوض بالتبخر	رواسب شق فيضي، نهر، مصب نهري، مقدمة الدلتا، وجه شاطىء، منحدر المروحة البحرية.	حاجز نقطي نهري، حاجز نقطي مدي، قناة مد وجزر عميقة، بيئات بحرية عميقة قريبة، قناة دلتا، سهول طينية مدية.	حاجز رسوبي بعيد عن الشاطىء معاد ترسيبه، دلتا وجه الشاطىء المتحولة من تراجعية إلى تقدمية.	سهل فيضي نهري، منحدر بحري عالي الطاقة، ساحل طيني مخلوط، تدفق حطامي، وادي مملوء، منحدر البحر العميق.

الشكل(4): يوضح أشكل أنماط سجل أشعة غاما الكلاسيكية مقابل بيئة الترسيب، حسب [23].

النتائج والمناقشة:

1- الهبوط التكتوني:

اخترقت بئر دير عطية1 التشكيلات الرسوبية في المنطقة حتى 3351م، حيث قسم بئر دير عطية1 إلى وحدات (الجدول[1]–الشكل(5)) بحسب تغيرات في سجلSonic في القياسات البئرية، والتي تحسب من خلالها المسامية الحالية للصخور، والمسامية الأولية للرسوبات، حيث تم إعادة رسم العمود الطبقي لبئر بمقياس أكبر 1/2500، وهذه التشكيلات ممثلة للأعمار الزمنية التالية من الأعلى إلى الأسفل وفقاً ل [16]:

الماستريختيان الكامبانيان: من 1م حتى عمق 751م، التركيب الليتولوجي بشكل عام كلس غضار كلس غضاري و بعض التوضعات المارلية، يوافق تشكيلة الشيرانيش حيث قسمت إلى ثلاث تحت وحدات، المسامية الحالية المحسوبة(0.11 ,0.14 ,0.12)، المسامية الأولية المحسوبة كانت بالترتيب (0.13 ,0.21 ,0.20).

السانتونيان: من عمق 751م حتى عمق 1000م، التركيب الليتولوجي بشكل عام كلس كلس غضاري مع بعض التعاقبات السيليسية، يوافق تشكيلة صوان الرماح حيث قسمت إلى ثلاث تحت وحدات، المسامية الحالية المحسوبة (0.22 ,0.10 ,0.15)، المسامية الأولية بالترتيب من الأعلى إلى الأسفل (0.39 ,0.18 ,0.28).

التورونيان السينومانيان: من عمق 1000م حتى 1285، التركيب الليتولوجي دولوميت كلس نسبة قليلة من الغضار، يوافق تشكيلة الجوديا حيث قسمت إلى تحت وحدتين، المسامية الحالية المحسوبة (0.048 ,0.036)،المسامية الأولية المحسوبة (0.07,0.08).

السينومانيان الألبيان: من عمق 1285م حتى عمق 1945م، التركيب الليتولوجي بشكل عام كلسي وبنسبة أقل من الدولوميت و الغضار، يوافق العمر الزمني تشكيلة حيان حيث قسمت إلى ثلاث تحت وحدات، المسامية الحالية المحسوبة (0.19 ,0.16 ,0.15)، المسامية الأولية المحسوبة (0.42 ,0.37 ,0.33).

الأبسيان: من عمق 1945م حتى عمق 2164م، التركيب الليتولوجي صخور غضارية ورملية واندفاعات بركانية ونسبة قليلة من الكلس، يوافق العمر الزمني تشكيلة الرطبة، المسامية الحالية (0.41)، المسامية الأولية المحسوبة (0.70).

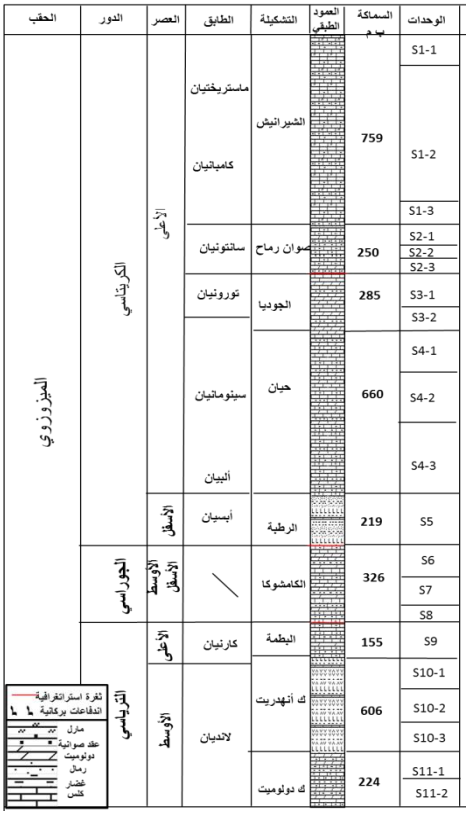
الجوراسي: من عمق 2164م حتى عمق 2490م، التركيب الليتولوجي نسبة كبيرة من الكلس والدولوميت وبنسبة أقل من الكلس الغضاري والغضار، يوافق تشكيلة الكامشوكا حيث قسمت إلى وحدات توافق الجوراسي الأوسط – الجوراسي الأوسط الأسفل– الجوراسي الأسفل وكانت قيم المسامية الحالية المحسوبة (0.05 ,0.10 ,0.10)، المسامية الأولية المحسوبة (0.38, 0.34, 0.14).

الكارنيان: من عمق 2490م حتى عمق 2645م، التركيب الليتولوجي بشكل عام كلس ونسبة أقل من الدولوميت والغضار ونسبة قليلة من الكلس الغضاري، يوافق تشكيلة البطمة، المسامية الأولية المحسوبة (0.14)، المسامية الأولية المحسوبة (0.55).

الكارنيان اللانديان: من عمق 2645م حتى عمق 3251م، التركيب الليتولوجي بشكل عام صخور المتبخرات واندفاعات بركانية ونسبة قليلة من الغضار ونسبة قليلة جداً من الكلس، يوافق تشكيلة

كورشينا أنهدريت، حيث قسمت إلى ثلاث تحت وحدات، المسامية الحالية المحسوبة (0.14, 0,06, 0.03)، المسامية الأولية المحسوبة (0.35, 0.28, 0.13).

اللانديان: من عمق 3151م حتى عمق 3351م، التركيب الليتولوجي كلس ودولوميت وبنسبة أقل كلس غضاري وغضار، يوافق تشكيلة كورشينا دولوميت، حيث قسمت إلى تحت وحدتيين، قيم المسامية الحالية المحسوبة (0.16, 0.12)، قيم المسامية الأولية المحسوبة (0.65, 0.61).



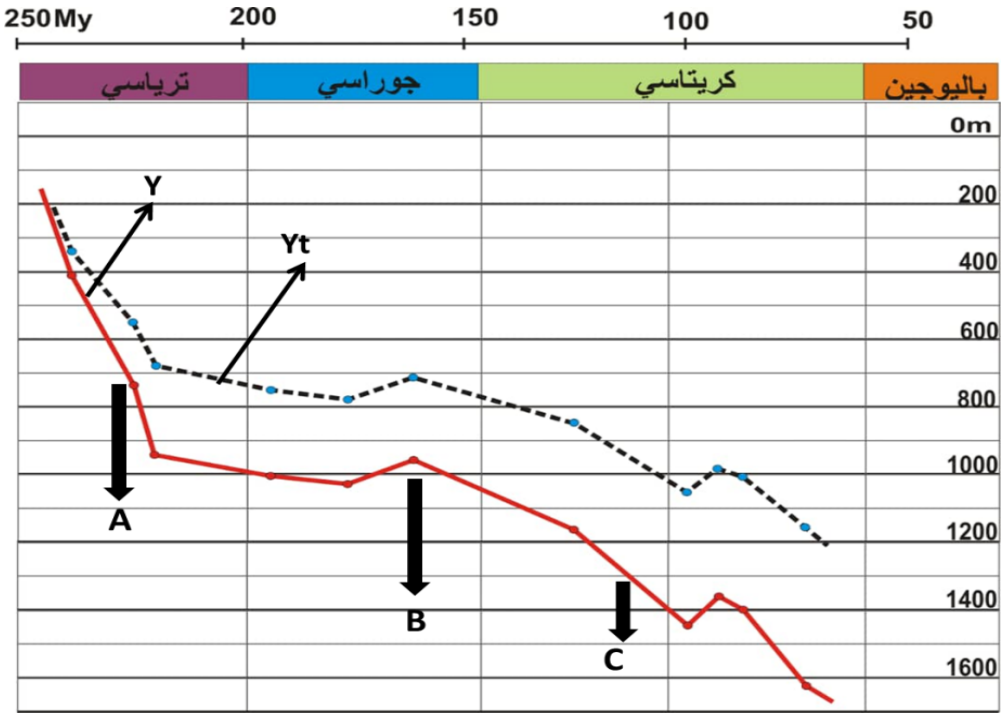
الشكل(5): العمود الطبقي لبئر دير عطية1 المعاد رسمه بمقياس أكبر 1/2500، موضحاً عليه التشكيلات الرسوبية وسماكتها الحالية وأعمارها الزمنية حسب [16]، وتقسيمات الوحدات حسب تغيرات السونيك، (الباحث).

الجول [1]: قيم الهبوط التكتوني الصرف والهبوط التكتوني الكلي، وأهم القيم المحسوبة للحصول قيمة الهبوط، (الباحث).

العمر الزمني	الوحدات	السماكة الأولية S_o بـm	الكثافة Pgi للرسوبات بـ غ/سم^3	الكثافة Ps بـ غ/سم^3	عمق عمود الماء Wd بـ m	تغيرات منسوب البحر ΔSL بـ m	الهبوط التكتوني Yt بـm	الهبوط الكلي Y بـm
ماستريخ تيان كامبانيان	S1-1	126.8	2.71	2.38	55	105	149.3	219.2
	S1-2	572	2.71					
	S1-3	116.6	2.72					
سانتونيان	S2-1	108.6	2.7	2.22	65	112	26.4	39.5
	S2-2	76.8	2.72					
	S2-3	112.1	2.75					
تورونيان سينوماني ان	S3-1	181	2.77	2.63	10	118	-54.9	-86.5
	S3-2	114	2.77					
سينوماني ان ألبيان	S4-1	265	2.73	2.10	15	120	198.8	291
	S4-2	233	2.74					
	S4-3	374.2	2.74					
أبسيان	S5	430.7	2.68	1.58	3	100	127.6	180.59
جوراسي أوسط	S6	150.2	2.74	2.5	7	75	-35.5	-51.7
جوراسي	S7	145.1	2.73	2.08	15	50	12.4	18.4

أوسط-أسفل								
جوراسي أسفل	S8	122.7	2.73	2.13	5	-2	47.6	69.82
كارنيان	S9	296	2.73	1.7	10	5	136.8	202
كارنيان لانديان	S10-1	222.9	2.83	2.31	2	4	217.4	320.2
	S10-2	261.1	2.77					
	S10-3	272.5	2.75					
لانديان	S11-1	225.6	2.75	1.62	10	-10	327.3	408.5
	S11-2	297.6	2.74					

من الجدول[1] نلاحظ أن القيم الهبوط التكتوني الكلي والهبوط التكتوني الصرف متشابهة، كلما زادت قيمة الهبوط التكتوني زادت قيم الهبوط الصرف والعكس صحيح، حيث تدل الإشارة الموجبة على هبوط قاع الحوض الترسيبي، والإشارة السالبة على نهوض في قاع الحوض الترسيبي، حيثُ تم رسم منحنيات الهبوط بواسطة برنامج Coral Draw اعتماداً على القيم الهبوط التي حصلنا عليها، حيث أكدت المنحنيات التشابه الكبير بين الهبوط التكتوني والهبوط التكتوني الكلي كما هو موضح بالشكل (6)، وبالتالي تحليل أحد المنحنيات يوافق تحليل المنحني الآخر.



الشكل (6): منحني الهبوط التكتوني الكلي Y، ومنحني الهبوط التكتوني الصرف Yt، موضحاً عليه المراحل الرئيسة الثلاث التي مرَ بها قاع الحوض الترسيبي (A, B, C)، (الباحث).

من الشكل (6) نلاحظ وجود ثلاث مراحل رئيسة لتطور قاع حوض الترسيب وهي (A, B, C) من الترياسي الأوسط حتى الكريتاسي:

المرحلة A: توافق العمر الزمني من الترياسي الأوسط حتى الأعلى، وهي مرحلة هبوط كبيرة جداً ومستمرة توافق مرحلة انفتاح حوض النيوتيتس وتشكل حوض السلسلة التدمرية ذات اتجاه NE – SW وفقاً لِ [21]، في البداية الهبوط كبير وحاد يوافق تشكيلة كوروشينا دولوميت، ليصبح أقل حدة نسبياً ويوافق تشكيلة كوروشينا أنهدريت وهذا ما يفسر السماكة الكبيرة للرواسب في هذه التشكيلتين ضمن وسط مائي لا يتجاوز 15م، ليصبح الهبوط في نهاية هذا الدور أقل حدة بشكل كبير وهو يوافق تشكيلة البطمة ذات السماكة القليلة نسبياً بالنسبة لتشكليتي كوروشينا أنهدريت وكوروشينا دولوميت.

المرحلة B: توافق دور الجوراسي، حيث تبدأ بمرحلة هبوط صغيرة توافق مرحلة الهبوط الحراري لحوض التدمرية (نتيجة تبرد وانكماش القشرة بسبب توقف أو تناقص التدفق الحراري) التي تلت مرحلة الهبوط الرمي – الترياسي حسب [8.9]، استمرت هذه المرحلة حتى نهاية الجوراسي الأوسط، ثم تحولت إلى نهوض يوافق عصر الجوراسي الأعلى هذا النهوض يعبر عن مرحلة حتية، وهي مسؤولة عن غياب رسوبات الجوراسي الأعلى في شمال وجنوب السلسلة التدمرية وفقاً لِ [10]، حيث أرجع الباحثون هذه المرحلة الحتية إلى نهوضات محلية على شكل طي ذو طول كبير جداً كما في سيناء وشمال مصر حسب [25]، وفي جنوب شرق أوروبا وفقاً لِ [26] في نهاية الجوراسي.

المرحلة C: وهي توافق دور الكريتاسي، حيث يبدأ منحني بالهبوط التدريجي وهو يمثل رسوبات تشكيلة الرطبة، التي تعبر عن بحر ضحل، هذه المرحلة معروفة بتجاوز اقليمي على مستوى الصفيحة العربية، ثم تليها مرحلة هبوط أكثر حدتاً توافق تشكيلة حيان، وهذا ما يفسر السماكة الكبيرة لرسوبات هذه التشكيلة ضمن وسط مائي لا يتجاوز عمقه 50م، ليتحول المنحني من مرحلة الهبوط إلى نهوض في تورونيان وهي توافق مرحلة الاعتلاء الأفيوليتي على هامش الصفيحة العربية وفقاً لِ [19]، بعد هذه المرحلة تبدأ مرحلة هبوط كبيرة نسبياً توافق تشكيلة صوان الرماح لتصبح أكثر حدتاً وأكبر قيمة وتوافق تشكيلة الشيرانيش ذات السماكة الكبيرة والتي بلغت 759م ضمن وسط مائي لا يتجاوز عمقه 100م.

2- المتتاليات الرسوبية: كما ذكرنا سابقاً اعتمدت دراستنا على الأنماط المستنبطة من سجل أشعة غاما لبئر دير عطية1 وذلك وفقاً لدراسات [2.22.23] وتصنيف بيئة الترسيب وفق [27] والعلاقة بين أنماط سجل أشعة غاما والأنظمة الترسيبية الجدول [2].

من الشكل (6) حيث نبدأ بتحليل من الأسفل (الأقدم عمراً زمنياً) إلى الأعلى(الأحدث عمراً زمنياً):

الجدول[2]: العلاقة بين بعض أنماط اشعة غاما، وأنظمة الترسيب حسب [22.23]

نمط سجل أشعة غاما	النظام الترسيبي المسيطر
نمط FSST	أسفله نظام HST وفوقه نظام LST
نمط الصندوقي/ اسطواني	منخفض القيمة LST /مرتفع القيمة HST
نمط خشن متغير بشكل كبير جداً	نظام LST / نهاية نظام HST
نمط قمعي	نظام LST / فوق MFS نظام HST
نمط مسنن ناعم	نظام TST/ فوق MFS نظام HST
نمط مستقيم متوسط النعومة	نظام TST
نمط جرسي	نظام TST

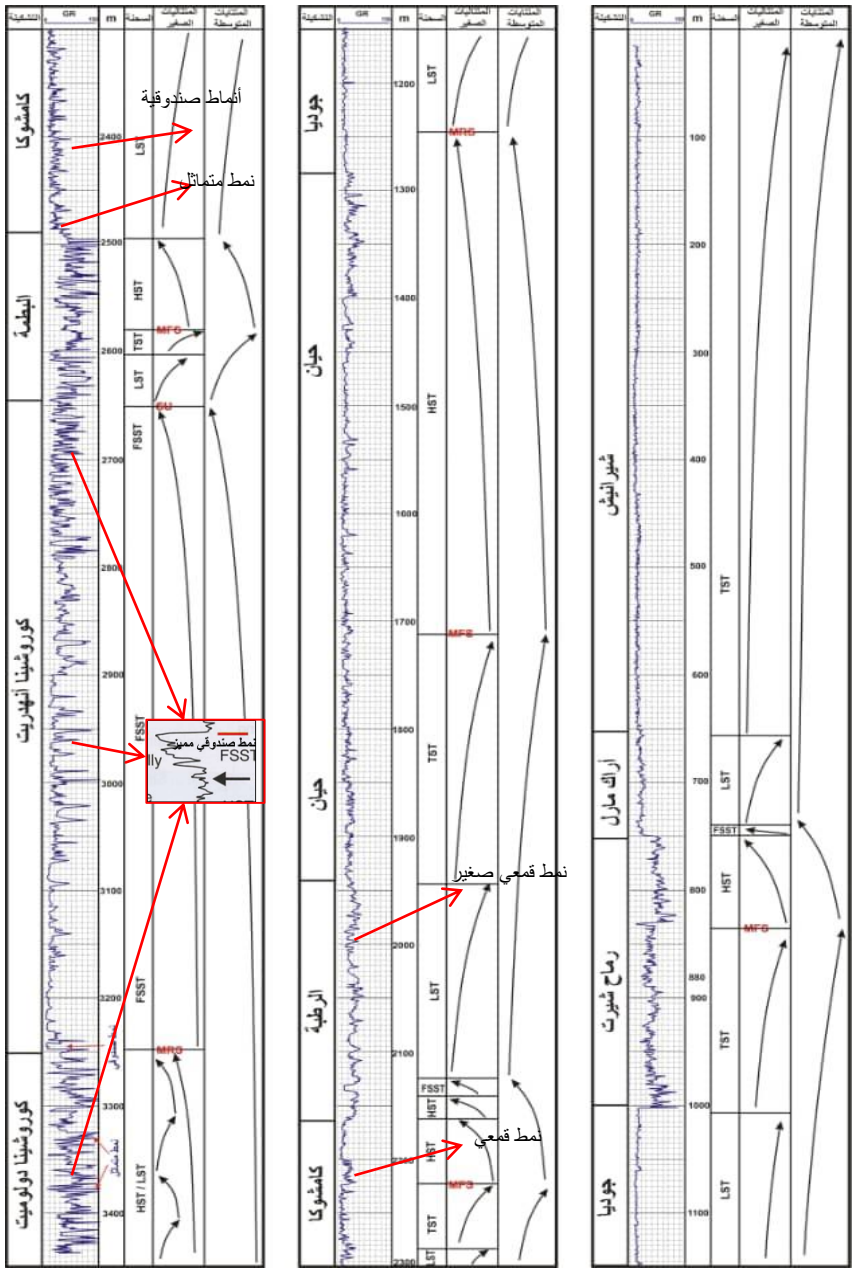
يبدأ سجل أشعة غاما من تشكيلة كورشينا دولوميت على عمق 3450م ، حيث يتميز السجل بنمط خشن جداً ومتغير بشكل كبير بين قيم عالية جداً وقيم منخفضة جداً الشكل (6)، وهذا يدل على طاقة وسط عالية هنا نحن أمام خياريين أم يعبر عن نظام LST، أو نهاية نظام HST، لكن وجود النمط الصندوقي المميز ل FSST على عمق 3151م والذي يفصله عن النمط السابق سطح تراجع أعظمي MRS يؤكد أن النمط الذي يوافق تشكيلة كورشينا دولوميت هو نهاية نظام HST، والمتتالية الرسوبية هي متتالية انسحابيه على مستوى المتوسط تضم مجموعة من المتتاليات الرسوبية المتعاقبة من تجاوزات وانسحابات على مستوى صغير، النمط الخشن المتغير بشكل كبير و وجود نمط متماثل ضمنه يعبر عن بيئة شاطئية الشكل (4) وتحديداً وجه الشاطئ العلوي إلى مقدمة الشاطئ حسب تصنيف[26]، و وفقاً لتركيب الليتولوجي حسب [16]، أي بيئة الترسيب أقل تماماً من 10م.

سجل أشعة غاما من عمق 3251م حتى عمق 2654م، يوافق تشكيلة كوروشينا أنهدريت تميز هذا النمط بوجود أنماط صندوقية مميزة لِ FSST أضيف حديثاً وفقاً ل [22] وأنماط صندوقية بالنسبة أقل مميزة لاندفاعات البركانية الشكل (4) حسب ليتولوجيا البئر (كون النمط الصندوقي العادي يشير إلى توضعات الدولوميت في أغلب الأحيان أو الاندفاعات البركانية ويعبر عن بيئة وجه الشاطئ ولكن وجود الأنماط الصندوقية المميزة ل FSST يدل على بيئة مقدمة الشاطئ، و

وسط الترسيب أقل تماماً من 5م، والمتتالية الرسوبية المميزة لهذه التشكيلة هي انسحابيه على المستوى المتوسط، تضم مجموعة من المتتاليات الصغرى الانسحابية، الحد الفاصل على عمق 2654م وهو سطح عدم توافق هوائي SU حسب [2.22]، وحسب التركيب الليتولوجي و وجود المتبخرات بشكل خاص وفقاً ل [16] وحسب تصنيف [27] يؤكد ما ذكرناه سابقاً أن بيئة الترسيب هي مقدمة الشاطئ.(ملاحظة: النمط الصندوقي المميز لFSST حسب [22] حده السفلي هو سطح تراجع أعظمي، وحده العلوي هو سطح SU، ويمكن اعتباره دليل قوي على بيئة مقدمة الشاطئ).

من عمق 2654م يبدأ سجل أشعة غاما الموافق لتشكيلة البطمة، في البداية نمط خشن متغير بشكل كبير الشكل (7) يدل على طاقة وسط عالية يعكس نظام LST و يوافق بيئة وجه الشاطئ العلوي، عند عمق 2600م يتحول إلى نمط كثيف متدرج بزيادة قيمة أشعة غاما يعبر عن نظام TST وبالتالي زيادة في عمق الوسط المائي لتصبح البيئة بيئة وجه الشاطئ تماماً، عند عمق 2590م يتشكل سطح تجاوز أعظمي MFS، ليدل على بيئة وجه الشاطئ السفلي و يوافق نظام HST حتى نهاية التشكيلة عند عمق 2490م، حيث يصبح وسط الترسيب أقل عمقاً ويوافق وجه الشاطئ العلوي، وبالتالي تميزت تشكيلة البطمة بوجود متتالتين رسوبيتين الأولى تجاوزيه من بداية التشكيلة حتى سطح MFS والثانية انسحابيه على المستوى المتوسط حتى نهاية التشكيلة تضم الأولى متتاليتين تجاوزيتين على المستوى الصغير، والثانية تضم متتاليات صغرى انسحابيه ايضاً على المستوى الصغير.

بداية تشكيلة الكامشوكا على عمق 2490م حيث يبدي سجل أشعة غاما تدرجات من النمط الصندوقي يظهر ضمنها النمط المتماثل الشكل (4) والشكل (7) هذا يدل على بيئة تتراوح بين وجه الشاطئ و وجه الشاطئ العلوي وتعكس نظام LST، على عمق 2285م يظهر نمط مستقيم مسنن خشن الشكل (7) يدل على زيادة عمق وسط المياه ويعبر عن بيئة وجه الشاطئ تماماً أكبر من 10م، وعلى عمق 2235م تم تحديد سطح تجاوز



الشكل(7): المتتاليات الرسوبية المستنبطة من سجل أشعة غاما لبئر دير عطية1، (الباحث).

أعظمي MFS ليبدأ نظام الترسيب HST حتى نهاية التشكيلة على عمق 2164م حيث يظهر نمط قمعي صغير يدل على بيئة وجه الشاطئ العلوي وعليه تتضمن تشكيلة الكامشوكا متتالية تجاوزية حتى عمق 2235م على المستوى المتوسط تحتوي ضمنها على متتالية تجاوزية صغرى متعاقبة، وأخرى متتالية رسوبية انسحابية من سطح التجاوز الأعظمي حتى نهاية التشكيلة تحتوي على متتاليات رسوبية انسحابية صغرى على المستوى الصغير.

تعلو تشكيلة الرطبة تشكيلة الكامشوكا بعدم توافق ستراتغرافي إقليمي معروف، حيث يبدأ سجل غاما بنمط كثيف ناعم يعبر عن نظام HST ما يلبث أن يتحول هذا النمط إلى نمط صندوقي مميز ل FSST، تفسير ذلك بالعودة إلى ليتولوجيا البئر حسب [16]، النظام HST بدا كمرحلة أولية لم تتطور بسبب الاندفاعات البركانية التي حدثات وبالتالي انتقال مفاجئ في عمق المياه وظهور نظام FSST ويعبر عن بيئة ترسيب مقدمة الشاطئ (بيئة التي تصل إليها المياه في عمليات المد والجزر الكبرى)، عمق وسط المياه بين 0–5م، ليظهر بعد ذلك نمط خشن واسع يحتوي ضمنه على أنماط قمعية من سجل أشعة غاما الشكل (4) والشكل (7)، والتي تعبر عن بيئة مقدمة الشاطئ (المنطقة المغمورة بالمياه ومكان تغيرات المد والجز الصغيرة) عمق وسط المياه أقل أو يساوي 5م، وبالتالي تميزت تشكيلة الرطبة بمتتالية تجاوزية على المستوى المتوسط، تتضمن متتاليتين انسحابيتين حتى عمق 2134م على المستوى الصغير، ومتتالية تجاوزية من عمق 2134م حتى نهاية التشكيلة على عمق 1942م.

تبدأ تشكيلة حيان على عمق 1942م، حيث يبدي سجل أشعة غاما في البداية نمط قمعي صغير يعلوه نمط مستقيم خشن قليلاً يعلوه نمط متماثل صغير، يعلوه نمط مستقيم خشن ذو كثافة متوسط ضمنه يوجد بعض الأسطح التجاوزية تدل زيادة في عمق وسط المياه، وبالتالي يكون لدينا نظام TST، والذي يشير الى تعمق وسط المياه والإنتقال من بيئة وجه الشاطئ العلوي إلى بيئة وجه الشاطئ وبيئة وجه الشاطئ السفلي حيث تكون عمليات المد والجزر ضعيفة، وعمق الوسط لكامل النظام يتراوح بين 5–10م، حتى عمق 1710م يظهر سطح تجاوز أعظمي MFS (يفصل بين نمط مستقيم ذو خشونة متوسطة ونمط مستقيم ناعم، وتسجل أعلى قيمة لأشعة غاما على المنحني وتظهر على شكل قمة حادة) ليبدأ نظام HST من بيئة ما تعرف باسم بيئة حول الشاطئ عمق المياه أكبر تماماً من 10م، ويستمر نظام حتى عمق 1225م ضمن تشكيلة الجوديا حيث يظهر

سطح تراجع أعظمي MRS، وبالتالي تميزت تشكيلة حيان بوجود متتالية تجاوزية من بداية التشكيلة حتى عمق 1710م، وأخرى انسحابية من عمق 1710م حتى عمق 1225م القسم السفلي من تشكيلة الجوديا، وذلك على المستوى المتوسط، أما على المستوى الصغير ضمت الأولى متتاليات تجاوزية متعاقبة، أما الثانية متتاليات انسحابيه متعاقبة.

القسم السفلي من تشكيلة الجوديا هو نهاية نظام HST حتى عمق 1225م كما ذكرنا سابقاً لكن ظهور نمط صندوقي معكوس صغير فهذا يدل على تشكل حاجز كربوناتي، وهذا ما يفسر النمط الناعم لسجل أشعة غاما بشكل عام في تشكيلة الجوديا، والذي يعكس هدوء في طاقة وسط الترسيب، من عمق 1225م حتى نهاية تشكيلة الجوديا على عمق 1001م سجل أشعة غاما يعكس أنماط صندوقية واسعة يفصل بينها تجاوزات صغيرة تدل على زيادة طفيفة في عمق المياه، وهذه الأنماط تعكس نظام LST، وبالتالي فإن تشكيلة الجوديا تضم في قسمها السفلي متتالية انسحابية استمرارية لنهاية نظام HST الذي بدء ضمن تشكيلة حيان، ومتتالية تجاوزية من عمق 1225م حتى عمق 1001م على المستوي المتوسط حيث تضمن الأولى متتالية انسحابية والثانية متتاليات تجاوزية متعاقبة على المستوى الصغير.

تشكيلة صوان رماح تبدأ بتجاوز واضح على منحني سجل أشعة غاما، يليه تجاوزات متكررة ليأخذ منحني السجل نمط المستقيم خشن في الأسفل ويصبح ناعماً في الأعلى حتى عمق 830م، النظام المميز لهذا النمط هو TST والذي يشير الى تعمق وسط المياه نحو الأعلى، البيئة المميزة هي بيئة وجه الشاطئ السفلي عمق المياه أقل من 50م في الأسفل لتصبح بيئة ما حول الشاطئ عمق المياه أكبر من 100م، على عمق 830م تم تحديد سطح تجاوز أعظمي MFS، يعلوه نظام HST حتى نهاية التشكيلة على عمق 751م، وبالتالي تميزت تشكيلة صوان الرماح بوجود متتالية تجاوزية حتى عمق 830م ومتتالية انسحابية تعلو الأولى حتى نهاية التشكيلة وذلك على المستوى المتوسط، أما على المستوى الصغير ضمت الأولى متتاليات تجاوزية تعاقبية، والثانية متتاليات انسحابيه.

تبدأ تشكيلتي الآرك مارل و الشيرانيش من عمق 751م الشكل (7)، حيث يظهر منحني سجل أشعة غاما تراجع واضح بقيم أشعة غاما يمكن اعتبار هذا الحد سطح تراجع اعظمي MRS

حسب [22]، او ظهور نمط أخر مميز ل FSST ضمن الانتقال المفاجئ من منطقة حول الشاطئ إلى منطقة الشاطئ الخلفي حسب [27]، ليعلوه نظام LST حتى عمق 654م، حيث نلاحظ بالقرب من هذه الحد وجود نمط جرسي صغير يعلوه سطح تجاوز صغير الذي يدل على زيادة عمق الوسط المائي، ليبدأ نظام TST حتى نهاية التشكيلة والذي تميز بوجود عدة مستقيمات ناعمة من نمط السجل أشعة غاما يفصل بينها أسطح تجاوزية صغيرة تدل على الزيادة التدريجية في عمق الوسط المائي، وبالتالي تضم تشكيلة الشرانيش وتشكيلة الآرك مارل متتالية انسحابية صغيرة في البداية على المستوى المتوسط توافق نمط خاص من FSST (خط أفقي صغير) تعلوها متتالية تجاوزية، الأولى يمكن تصنيفها متتالية انسحابية ايضاً على المستوى الصغير، اما الثانية فتضم عدة متتاليات تجاوزية تعاقبية.(تم دراسة تشكيلتي الآرك مارل والشيرانيش كتشيلة واحدة لأنها تبدي انسجام كبير في شكل سجل أشعة غاما الشكل (7)، والتشابه الليتولوجي الكبير حسب [16]).

النتائج:

1- دلت منحنيات الهبوط التكتوني على وجود ثلاث مراحل رئيسة (A, B, C) توافق الأدوار الترياسي والجوراسي والكريتاسي على الترتيب، المرحلة A مرحلة هبوط كبيرة توافق تشكليتي كورشينا دولوميت وكورشينا أنهدريت، ليصبح الهبوط أقل قيمة وحدة في نهاية هذه المرحلة وتوافق تشكيلة البطمة، تليها المرحلة B تبدأ بمرحلة هبوط طفيفة تعبر عن الانخفاض الحراري للحوض والذي يعد استمرار لمرحلة السابقة لتتحول إلى نهوض في نهاية الجوراسي الأوسط، تليها مرحلة C، والتي بدأت بهبوط متوسط يوافق تشكيلة الرطبة ليزداد الهبوط ويصبح أكثر حدتاً ويوافق تشكيلة حيان، ليتحول بالتدريج الهبوط إلى نهوض من نهاية تشكيلة حيان حتى التورونيان، ليعود في نهاية هذه المرحلة بشكل كبير ومستمر ويوافق تشكيلتا صوان رماح والشيرانيش.

2- تميز الدور الترياسي بوجود متتالتين انسحابيتين توافق تشكيلتي كورشينا دولوميت وكورشينا أنهدريت والقسم العلوي من تشكيلة البطمة، متتالية تجاوزية توافق القسم السفلي من تشكيلة البطمة، وتميز دور الجوراسي بوجود متتالية تجاوزية توافق القسم السفلي من تشكيلة الكامشوكا ومتتالية انسحابية توافق القسم العلوي من تشكيلة الكامشوكا، أما دور الكريتاسي فتميز بوجود ثلاث متتاليات

تجاوزية الأولى توافق تشكيلة الرطبة والقسم السفلي من تشكيلة حيان والثانية توافق القسم العلوي من تشكيلة الجوديا والقسم السفلي من تشكيلة صوان رماح، والثالثة توافق تشكيلة الشرانيش، وتميز بوجود متتاليتين انسحابيتين الأولى توافق القسم العلوي من تشكيلة حيان والقسم السفلي من تشكيلة الجوديا، والثانية توافق القسم العلوي من تشكيلة صوان الرماح وجزء صغير من القسم السفلي لتشكيلة الآرك مارل.

3- دلت دراسة الهبوط التكتوني والمتتاليات الرسوبية أنه خلال المرحلة الزمنية الموافقة لتشكيلتي ك دولوميت و ك أنهدريت ساد نشاط تكتوني وترسيبي كبير، أصبح هذا النشاط مستقر نسبياً خلال تشكيلة البطمة، وفي بداية الجوراسي (القسم السفلي لتشكيلة الكامشوكا)، ليعود النشاط التكتوني المتمثل بنهوض خلال الجوراسي الأعلى مع الاستقرار النسبي لتغير منسوب البحر، وخلال الكريتاسي كانت حركة قاع حوض الترسيب العامل المسيطر في تمايز أنواع الرواسب مقارنة مع العوامل الأخرى.

التوصيات والمقترحات:

يوصي البحث إلى استكمال دراسة الهبوط التكتوني في المناطق و الآبار المجاورة، ودمجها مع نتائج دراسة المتتاليات الرسوبية، لتوضيح تطور الحوض الرسوبي وتوضع الرسوبات فيه ضمن إطار إقليمي على مستوى السلسلة التدمرية.

المراجع:

[1] BRUNET, M.F 1989-Méthode d'étude quantitative de la subsidence, Dans Dynamique et Methodes d `etude des Bassins Sedimentaires. Association des Sedimentologistes Français, pp 87-98.

[2] CATUNEANU, O; MARTINS, M. and ERIKSSON, P. G 2005-Precambrian sequence stratigraphy. Sedimentary Geology, Vol. 176, Issues 1–2, pp. 67–95.

[3] The General Establishment of Geology and Mineral Resources. 2020-Explanatory Note for The Dayr Atiyah Map Sheet 1:50000 Scale. Damascus, Syria, in Arabic.

[4] AL-ABDALLA, A 2008- Evolution Tectonique de la Plate-formeArabe en Syriedepuis le Mésozoïque. ThèseDoct, Université de Paris6, 302p.
[5] PONIKAROV,V.P. 1966- *The geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Syria, scale 1:200 000*. Ministry of Industry, Syrian Arab Republic.
[6] BEYDOUN, Z. R 1991- Arabian plate hydrocarbon geology and potential-a plate tectonic approach: Am. Assoc. Petrol. Geol, Study in Geol, n.33, 77 p.
[7] SALEL, J.F 1993-Tectonique de chevauchement et inversion dans la chaîne des Palmyrides et le Graben de l'Euphrate (Syrie) ; conséquence sur l'évolution de la plaque arabe. Mémoire de thèse à l'université de Montpellier 2, 288p.
[8] CHAIMOV, T; BARAZANGI M; AL-SAAD, D; SAWAF, T; AND GEBRAN, A 1992- Mesozoic and Cenozoic de formation inferred from seismic stratigraphy in south west ernintra continental Palmyride fold-thrust belt, Syria. Geological Society of America Bulletin,n 104, 6, p.704-715.
[9] CHAIMOV,T; BRAZANGI, M; AL-SAAD, D; AND SAWAF, T 1993- Seismic fabric and 3-D upper crustal structure of the south west ernintra continental Palmyride fold belt, Syria. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, n77, p.2032-2047.
[10] MOUTY,M 2000- The Jurassic in Syria: an overview. Lithostratigraphic and bio stratigraphic correlations with adjacent areas. In, S. Crasquin-Soleau and E. Barrier (Eds.), New data on PeriTethyan sedimentary basins. Memoires du Muséum National d'Historie Naturelle, Paris, Peri Tethys Memoir 5.p.159–168.
[11] STECKLER, M.S and WATTS, A.B 1978- Subsidence of Atlantic-type continental margin off New York. Earth and Planetry Science Letters, V41, pp1-13.
[12] STECKLER, M.S; WATTS, A.B; and THORNE, J.A 1988- Subsidence and basin modeling at the U.S. Atlantic passive margin. Geological Society of America. V1-2, pp399-416.
[13] BRUNET, M.F 1981- Etude qualitative de la subsidence du bassin de Paris. Thèse 3 cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris ,161p.
[14] VIAL, P.R; MITCHUM, R.M. JR; and THOMPSON S 1977-Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part4: global cycles of relative changes of sea level. In Seismic stratigraphy applications to hydrocarbon

exploration.Edited by C.E. Payton. American Association of Petroleum Geologists Memoir 26, pp201-225.
[15] ATHY L,F 1930- De nsity, Porosity and compaction of sedimentary rocks. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol14, pp1-24.
[16] Syrian Petroleum Company, 2016-Final Report on well Dir Atiya1(Unpublished). Damascus, Syria. In Arabic.
[17] MOUTY, M.; ALMALIH, K 1988-Professional unit Repot in the Palmyride chain.Unpublishedb report. Department of Geology, University of Damascus, Syria. In Arabic.
[18] ALMOUALEM,H and ALABDALLA A 2016-Study of Tectonic Subsidence in Ner Al-Kabir AL-Shimaly Basin. Journal of Homas University, v.5, pp 122-128. In Arabic.
[19] ALBADALLA, A 2022- Study of Tectonic Subsidence in Syria Coastal Range. Journal of Lattakia University, v.15, pp125. In Arabic.
[20] SHAMALLI, M; ALBADALLA, A and ALBABB, S 2025- A study of Subsidence in the AL-Qaryatayn area. Lattakia Unirversity Journal, V.47-5. In Arabic.
[21] BREW, G; BARAZANGI, M; AL-MALEH, A. K; and SAWAF, T 1987-Tectonic and Geologic Evolution of Syria. GeoArabia , n. 6- 4, p.573-616.
[22] CATUNEANU,O 2006- Principles of Sequence Stratigraphy. UN of Alberta, Canda.
[23] CANT, D 1992- Subsurfacefacies analysis. In Facies Models: Responseto Sea Level Change (R. G. Walker, and N. P. James, Eds.). Geological Association of Canada, GeoText 1. pp. 27–45.
[24] NAZEER, A.; AHMED ABBASI, S.; HUSSAIN SOLANG, S. 2016-Sedimentary Facies interpretation of Gamma Ray (GR) log as basic well logs in central and Lower Indus Basin of Pakistan. Journal Geodus and Geodynamics, vol 7, N 6, pp: 432-443.
[25] KEELEY, M.L; WALLIS, R.J 1993- The Jurassic System in the Northern Egypt: II, Depositional and tectonic regimes. Journal of Petroleum Geology, v.14, pp49–64.
[26] NIKISHIN, A.M; ZIEGLER, P.A; CLOETHING, S.; STEPHENSON, R.A; FURNE, A.V.; FOKIN P.A.; ERSHOV A.V.; BOLOTOV S.N.; KORAEV M.V.; ALEKSEEV A.S.; GORBACHEV I.; SHIPILOV E.V.; LANKREJER A; AND SHALIMOV I.V 1996- Late

Precambrian to Triassic history of the East European Craton: dynamics of sedimentary basin evolution. Tectonophysic, v. 268, p.23-63.

[27] Filak J. M 2002- Les plates-formes carbonates d'âge crétacé moyen à supérieur
de la Chaîne Côtière de Syrie. Thèse Doct. Université de Provence-Aix Marseille I, 323p.