

استخدام الخصائص السيزمية ثلاثية الأبعاد في دراسة الوضع الستراتيجرافي خلال حقبة الترياسي العلوي لمنطقة الورد في منخفض الفرات في سورية

رياح شاهين* د. رياض طيفور**

د. محمد السوقي***

الملخص

استُخدمت الخصائص السيزمية للمسح ثلاثي الأبعاد (الحجمية) في هذه الدراسة، وذلك بهدف إظهار الوضع الستراتيجرافي خلال حقبة الترياسي العلوي لمنطقة الورد في منخفض الفرات، وفي دراسة أنظمة الألفية النهريّة والبنيات المرافقة لها المتشكلة خلال حقبة الترياسي العلوي على امتداد منطقة الدراسة. استخدمت في هذه الدراسة خرائط الأنماط المختلفة للخصائص السيزمية والمتضمنة خاصية طيف الانعكاس (VRS)، وخاصية الممانعة الصوتية النسبية (RAI)، وخاصية التماسك أو الترابط (Coherency). كشفت هذه الخرائط عن وجود أنماط

* طالب ماجستير، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

** أستاذ، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

*** دكتور، دائرة التفسيرات، الشركة السورية للنفط، دمشق، سورية.

مختلفة للأقنية النهرية، كذلك أظهرت هذه الخرائط عدداً من البنيات المرافقة لتلك الأقنية؛ كالبحيرات الهلالية (Ox-bow Lakes) والأخاديد الممتدة أو المنبسطة (Crevasse Splays).

أسهم التحديد الدقيق لأنماط الأقنية النهرية والبنيات المرافقة لها في تحديد اتجاه الجريان القديم (Paleo- flow direction). كذلك أعطت دراسة تلك الأقنية صورة واضحة عن الطبوغرافيا القديمة (Paleo- topography) لحقبة الترياسي العلوي.

الكلمات المفتاحية: خصائص سيزمية، ممانعة صوتية، أقنية، متعرجة، مجذولة، ملتحمة، سحنات، بحيرة هلالية، أخدود ممتد.

Using 3-D seismic attributes in Study of the Upper Triassic–stratigraphic setting of the Elward Area in the Syrian Euphrates Graben

Rabah Shaheen *

Dr. Riad Taifour **

Dr. Mohammad Alsouki ***

Abstract

3D seismic attributes were used in this research, to show the Upper Triassic- stratigraphic setting of the Elward Area in the Syrian Euphrates Graben. 3D seismic attributes were also used to study of the fluvial channel system and the features of its facies, which were formed in the Upper Triassic, along the study area.

The maps of seismic attributes which include volume reflection spectrum (VRS), relative acoustic impedance (RAI) and coherency maps, were used and contributed to understanding the general stratigraphic setting of the study Area. The attribute maps revealed different types of fluvial chnnels. The attribute maps also revealed fluvial features such as point bars, ox-bow lakes and crevasse splays.

The presence of various channels, as indicated in the attribute maps, provided significant information about the paleo-relief and the direction in the Upper Triassic period.

Keywords: Seismic attributes, Acoustic impendence, Channels, Meandering, Braided, Anastomosing, Faces, Ox-bow lakes, Crevasse splay.

* Postgraduate, Department of geology, Faculty of sciences, Damascus University, Syria.

** Prof., Department of geology, Faculty of sciences, Damascus University, Syria.

*** Dr., Syrian Petroleum Company, Damascus, Syria.

1- مقدمة:

تُعدّ مرحلة الترياسي العلوي من المراحل المُهمّة، والرئيسية في التاريخ الجيولوجي ليس لمنطقة الدراسة وحسب، وإنما لمنخفض الفرات عموماً، كونها شهدت ترسيب واحدة من أهم التشكيلات الخازنة، ضمن هذا المنخفض. فخلال هذه الحقبة، وقبل الطور الرئيسي للانهدام الذي حدث خلال حقبة التورونيان-كونياسيان (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996)، ترسبت تشكيلة المولوسا F ذات الطبيعة الرملية والغضارية. إذ اكتُشف وجود النفط في هذه التشكيلة، وبكميات تجارية، وذلك في 16 حقلاً من حقول منخفض الفرات، حيث تصل نسبة الرمل الصافي فيها إلى نحو 30%، مع مجال مسامية وسطية من 10-20% (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996). وبناءً على تلك المعطيات تأتي أهمية هذا البحث في تسليط الضوء على الوضع الستراتيغرافي العام، الذي ترسبت فيه هذه التشكيلة، فضلاً عن التحديد الدقيق لتوزع السحنات الرملية والغضارية الصفاحية، العائدة لها، وما قد يرتبط بهذا التوزع من مصائد هيدروكربونية ستراتيغرافية محتملة.

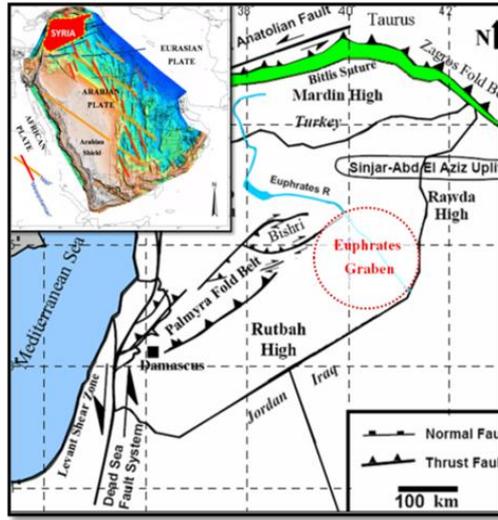
تكمن الأهمية العلمية لهذا البحث أيضاً في كونه يعتمد على استخدام تقنيات حديثة طبقت على المعطيات السيزمية ثلاثية الأبعاد، بغية تحقيق الهدف الرئيس للبحث. تتمثل هذه التقنيات بالخصائص السيزمية ثلاثية الأبعاد (Volume seismic attributes). إذ تسهم الخرائط والمقاطع الناتجة عن تطبيق مثل هذه التقنيات، في إظهار التغيرات الجانبية في خواص الانعكاسات. عرّف براون عام 1996 الخصائص السيزمية، بأنها: توابع رياضية مشتقة من المعطيات السيزمية في حقل الزمن والتردد، حيث تشمل هذه المعطيات الزمن والسعة والتردد وتخامد الطاقة. تقدم الخصائص السيزمية الناتجة من الزمن معطيات مُهمّة عن شكل البنيات، أمّا تلك الحاصلة من السعة فتعطي معطيات عن ستراتيغرافيا الطبقات. في حين تزود الخصائص السيزمية

الناجمة من التردد معلومات عن خصائص الخزان. كما توفر الخصائص الحاصلة من تخامد الطاقة معلومات تتعلق بمحتوى الطبقة ومدى نفوذيتها (Brown, 2001). أنجز هذا البحث بالتعاون مع الشركة السورية للنفط وشركة الفرات للنفط، وذلك ضمن إطار التعاون العلمي بين تلك المؤسسات مع قسم الجيولوجيا في كلية العلوم بجامعة دمشق، إذ استخدم لانجازه برنامج Geoframe، فضلاً عن برنامجي Earth Surfer 8, Sculptor.

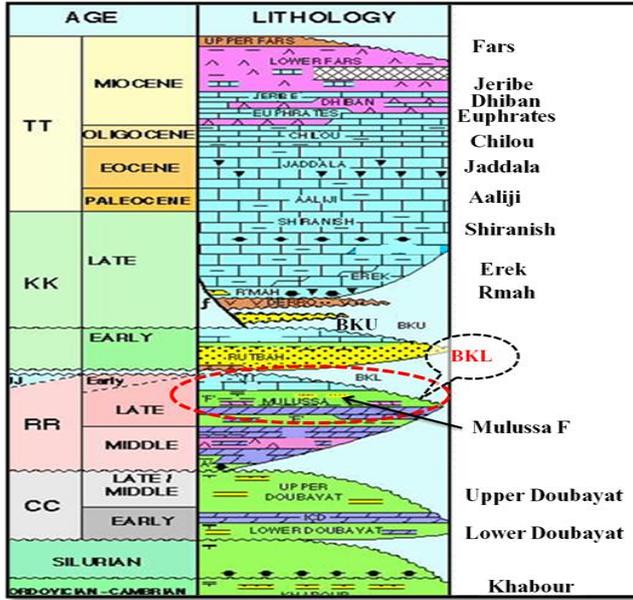
1-1- التطور التكتوني - ستراتيجرافي لمنخفض الفرات:

يُعدّ التطور التكتوني والستراتيجرافي لمنطقة الدراسة جزءاً من تطور منخفض الفرات الواقع في الجزء الشمالي للصفحة العربية، وبالقرب من حافة التقاء الصفيحتين العربية والأوراسية. أرجعت معظم الدراسات السابقة (Litak et al., 1997) تشكل هذا المنخفض إلى زمن تورونيان-كونياسيان، كنتيجة للحركات التكتونية الشديدة التي أدت بدورها إلى عمليات تصدع شديدة (Rifting)، تبعها هبوطات (Subsidence) ترافقت في البداية بعمليات البركنة. وقد سببت هذه العمليات تباعداً ملحوظاً بين مرتفع الرطبة الواقع إلى الجهة الجنوبية الغربية SW من منطقة الدراسة، ومرتفع الروضة الواقع إلى الشمال الشرقي NE (مواقع هذه المرتفعات موضحة في الشكل (1)). بدأت بعدها مرحلة جديدة من عمليات الهبوط البطيئة التي استمرت حتى نهاية الكريتاسي، توقفت فيها الحركات التكتونية الشديدة، وأدت السماكات العالية لرسوبيات تشكيلة الشيرانيش الدور الأكبر في عمليات الهبوط (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996)، ليأخذ منخفض الفرات بعدها الوضع البنبوي الراهن المتمثل بوجود المنخفض المركزي (Deep Central Graben)، فضلاً عن مجموعة منخفضات مجاورة محيطة بالمنخفض المركزي (Peripheral Grabens)، وبلوكات مقلوبة مفصولة عن بعضها بعضاً، بفوالق ذات رميات كبيرة (التقرير الفني الجيوسيزمي لدراسة منطقة شرق الورد، 2011).

يُشير المقطع اللبستراتيغرافي لمنطقة الدراسة (الشكل 2) إلى سيطرة الرسوبيات الحطامية على مقطع الباليوزويك؛ المتوضع تحت مقطع الترياسي-المبوسيني، والمؤلف بشكل رئيس من صخور كربونائية، وصخور المتبخرات المتداخلة مع كميات قليلة من التوضعات الرملية والغضارية الصفاحية. أدت عمليات الشد التي حدثت خلال حقبة الجوراسي، وما رافقها من عمليات حت إلى تآكل كامل لتشكيلات الجوراسي، والى تآكل جزئي لتشكيلة المولوسا F في منخفض الفرات. وقد أنتجت هذه العمليات سطح عدم توافق قاعدة الكريتاسي الأسفل (Base Cretaceous Lower unconformity) أو ما يسمى بـ BKL الذي شكل بدوره الحد العلوي لتشكيلة المولوسا F (التقرير الفني الجيوسيزمي لدراسة منطقة شرق الورد، 2011).



الشكل (1) الخارطة التكتونية لسورية تظهر مواقع الوحدات التكتونية الرئيسية بما فيها موقع منخفض الفرات (عَدَل عن (Alsouki & Taifour, 2014).



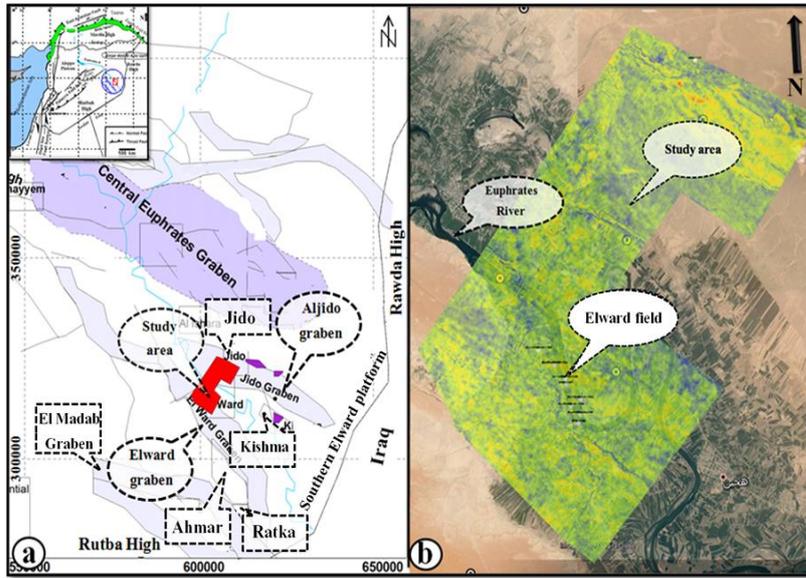
الشكل (2) العمود الستراتيغرافي لمنطقة الدراسة يظهر تشكيلة المولوسا F و سطح عدم توافق قاعدة الكريتاسي الأسفل (BKL) (عُدل عن Molen, 2006)

2- منطقة الدراسة:

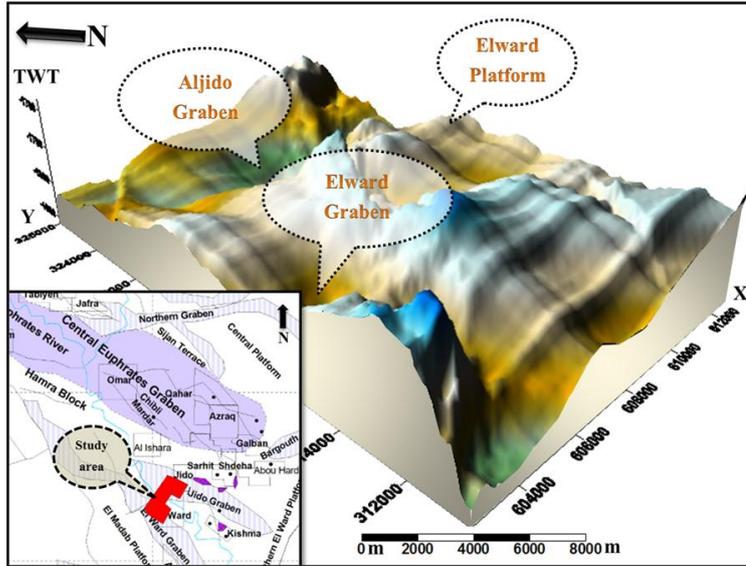
تقع منطقة الدراسة في أقصى جنوب شرق سورية ضمن منخفض الفرات، وتحديداً غرب منطقة الكشمة والصفصاف، وإلى الشمال من حقل رتقة وأحمر وجنوب حقل الجبدو (الشكل 3-a).

تتوضع هذه المنطقة على ارتفاع تقديري 220 متراً فوق سطح البحر، وبمساحة تصل إلى 225 كم²، متضمنةً حقل شمال الورد النفطي، الذي يقع إلى الجنوب من نهر الفرات كما يظهر في الشكل (3-b). أكتشف هذا الحقل من خلال بئر شمال الورد - 101 الاستكشافي، وذلك في آذار من عام 1986. غطي هذا الحقل بالمسوحات السيزمية ثلاثية الأبعاد التي نفذت من قبل شركة شل عام 1987، وبمساحة تصل إلى 105 كم² (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996).

يُظهر الشكل (4) الوضع التكتوني الحالي لمنطقة الدراسة، المتمثل بوجود ثلاثة عناصر بنيوية رئيسية هي: 1- منخفض الورد (Elward Graben)، الذي يشغل قسماً منه الجزء الجنوبي الغربي لمنطقة الدراسة، ويمتد باتجاه شمال غرب- جنوب شرق NW-SE. 2- منخفض الجبدو (Aljido Graben)، ويشغل قسماً من الجزء الشمالي والشمالي الشرقي لمنطقة الدراسة، ويمتد أيضاً باتجاه شمال غرب- جنوب شرق NW-SE. 3- صفيحة الورد (Elward Platform) الذي يشكل منطقة ناهضة نسبياً، التي تشغل قسماً من الجزء الشرقي لمنطقة الدراسة، ويمتد حقل شمال الورد النفطي على جزء من حافتها الغربية.



الشكل (3) (a) موقع منطقة الدراسة وامتدادها على الخارطة التكتونية لسورية. (b) صورة فضائية تظهر موقع منطقة الدراسة وامتدادها بالنسبة الى حقل شمال الورد ونهر الفرات (أعدت هذه الخرائط وفسرت من قبل الباحث).



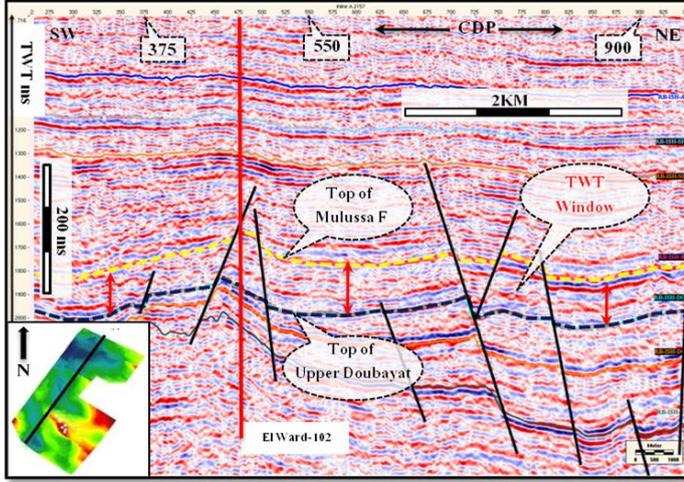
الشكل (4) شكل تخطيطي تقريبي ثلاثي الأبعاد يوضح العناصر البنيوية الرئيسية في منطقة الدراسة (أعد هذا النموذج من قبل الباحث، باستخدام برنامج Surfer 8)

3- مواد البحث وطرائقه:

بعد عملية المتابعة والتفسير لعاكسي المولوسا F وأعلى الضببات (الشكل 5)، وباستخدام برنامج Geoframe، طبقت الأنواع المختلفة من الخصائص السيزمية على النافذة الزمنية الحجمية المتغيرة، والمحددة بين العاكسين المذكورين، لينتج لدينا الأنواع المختلفة لخرائط تلك الخصائص المتضمنة:

1- خارطة طيف الانعكاس. 2- خارطة التماسك أو الترابط. 3- خارطة الممانعة الصوتية النسبية (أطلق عليها النسبية لتمييزها عن خارطة الممانعة الصوتية التي اشتقت منها). إذ شكلت تلك الخرائط المواد الرئيسية المستخدمة في انجاز هذا البحث. يُضاف إلى تلك الخرائط، المقاطع السيزمية المختلفة، التي أسهمت في إظهار المقاطع العرضية لمجري الأفتنية النهرية، كذلك شكلت المقاطع الناتجة عن

تطبيق خاصية قوة الانعكاس (سعة الانعكاس) على بعض المقاطع السيزمية، طريقة ناجحة في إظهار طبيعة التوضعات المترسبة داخل الألفية النهرية المكتشفة.



الشكل (5) المقطع السيزمي الزمني (Inline A 2157)، يظهر النافذة الزمنية المتغيرة، والمحددة بين عاكسي المولوسا F وأعلى الضببات (تشير الأسهم الحمراء إلى تلك التغيرات)

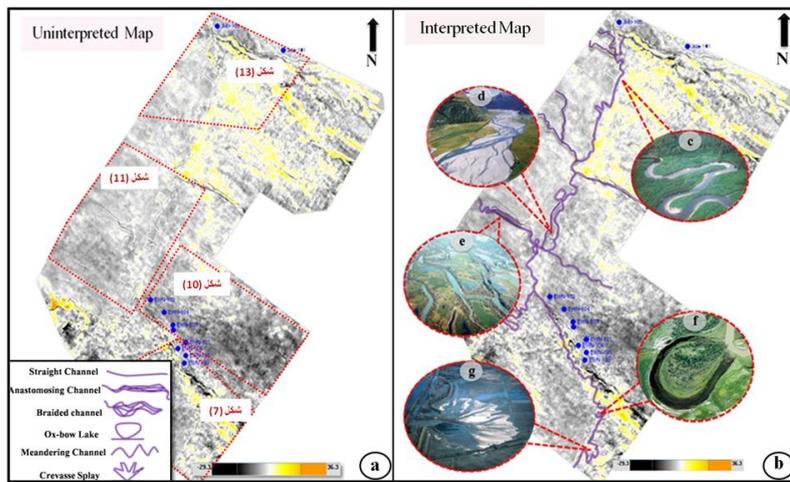
4- النتائج والمناقشة:

أسهمت خاصية طيف الانعكاس؛ المطبقة على النافذة الزمنية TWT المحددة بين عاكسي المولوسا F وأعلى الضببات، وعلى امتداد منطقة الدراسة، في إظهار أنماط مختلفة للألفية النهرية. تعتمد هذه الخاصية على إمكانية بناء الأثر السيزمي انطلاقاً من متتالية زمنية ذات دوال متعددة، بتعبير آخر تقوم هذه الخاصية على إعادة بناء الأثر السيزمي من خلال استخدام المعادلة كثيرة الحدود الآتية (Rana et al., 2004):

$$S(T) = C_0 + C_1T + C_2T^2 + C_3T^3 + \dots C_nT^n$$

C_0 معامل من الدرجة الأولى. C_1 معامل من الدرجة الثانية. C_n معامل من الدرجة $(1+n)$. من خلال هذه الخاصية يوّد عدد من المعاملات (C) انطلاقاً من الأثر السيزمي الأصلي، إذ يُحدد عدد هذه المعاملات من قبل المستخدم. بدوره كل معامل من هذه

المعاملات يحدد قيمة التشابه بين الأثر الأصلي والأثر المعاد بناؤه، فمثلاً اختيار معامل واحد يعطي خطأ مائلاً، أما اختيار معاملين فيعطي منحني، أما اختيار ثلاثة معاملات فيعطي قطعاً مكافئاً....الخ. يوجد حالياً 50 من هذه المعاملات، وهذا كافٍ لمحاكاة أي أثر سيزمي. استخدمت أربعة من هذه المعاملات في انجاز الخارطة الواردة في الشكل (6)، التي أظهرت وجوداً للأقنية النهرية المستقيمة (Straight Channels) والأقنية المتعرجة (Meandering Channels)، والأقنية المجدولة (Braided Channels) والأقنية الملتحمة (Anastomosing Channels)، فضلاً عن عدد من البنيات المرافقة لتلك الأقنية كالبحيرات الهلالية والأخاديد الممتدة أو المنبسطة، وذلك على امتداد منطقة الدراسة.



الشكل (6) خارطة خاصة طيف الانعكاس (VRS) تظهر الأنماط المختلفة للأقنية النهرية والبنيات المرافقة لها على امتداد منطقة الدراسة (أعدت هذه الخارطة وفسرت من قبل الباحث، وباستخدام برنامج Geoframe): (a) الخارطة غير المفسرة (الخطوط الحمراء المتقطعة وأرقام الأشكال الموجودة على الخارطة، هي لأشكال سترد لاحقاً في النص). (b) الخارطة المفسرة: (c) قناة متعرجة، (d) قناة مجدولة، (e) قناة ملتحمة، (f) بحيرة هلالية، (g) أخدود ممتد أو منبسط.

من أجل المتابعة الدقيقة لهذه الأفنية والبنىات، وما قد تعطيه من معلومات مهمة عن البيئة التي تشكلت فيها، جرى متابعة هذه الأفنية باستخدام خرائط الأنواع الأخرى للخصائص السيزمية، وفي أجزاء مختلفة من منطقة الدراسة كما سيرد في المناقشة أدناه.

4-1- الجزء الجنوبي لمنطقة الدراسة:

شكلت خاصية الممانعة الصوتية النسبية، المطبقة على النافذة الزمنية TWT الحجمية المتغيرة المحددة بين عاكسي المولوسا F وأعلى الضيبيات (الشكل 5)، أداة فعالة في إظهار الأفنية النهرية المتشكلة في هذا الجزء من منطقة الدراسة. تحسب هذه الخاصية انطلاقاً من البيانات السيزمية، وذلك بتكامل الجزء الحقيقي للأثر السيزمي، أي كما في المعادلتين: (1، 2). (Schlumberger, 2007):

$$f(t) = \frac{1}{2} \frac{\Delta \rho V}{\rho V} \quad \text{المعادلة (1)}$$

$$\ln(AI) = 2 \int_{t=0}^{t=T} f(T) dt \quad \text{المعادلة (2)}$$

وذلك على اعتبار (ρ) كثافة الطبقة الصخرية، (V) سرعة الموجة الطولية داخل الطبقة الصخرية، (ρV) الممانعة الصوتية.

أظهرت خارطة هذه الخاصية، وكما يظهر واضحاً في الشكل (7) (الموقع والامتداد للمساحة التي تغطيها هذه الخارطة موضعاً في الشكل (6-a)، وجود القناة T₁ الممتدة باتجاه جنوب غرب شمال شرق SW-NE بطول 3.8 كم، وبنسبة تعرج (Sinuosity Ratio) تصل إلى 1,03. هذه النسبة حسبت وفقاً للمعادلة 3. (Knighton, 1998):

$$P = I_c / I_v \quad \text{المعادلة (3)}$$

I_c: الطول المتعرج للقناة .

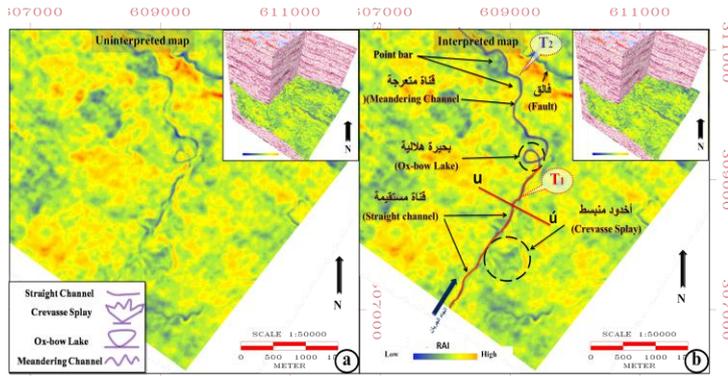
I_v: المسافة المستقيمة بين بداية المجرى ونهايته.

اعتماداً على نسبة التدرج هذه، وبحسب ألن عام 1970 (Allen, 1970)، صنفت هذه القناة من الأفتنية المستقيمة.

بناءً على المعطيات السيزمية ثلاثية الأبعاد، وباستخدام برنامج Geograme، بلغ العمق في أعلى المجرى (Upstream Point) للقناة T_1 3027,5 متر، أما في أسفل المجرى (Downstream Point) فبلغ 3062,5 متر. طول القناة 3.8 كم، وبتطبيق العلاقة (Willett, 2006):

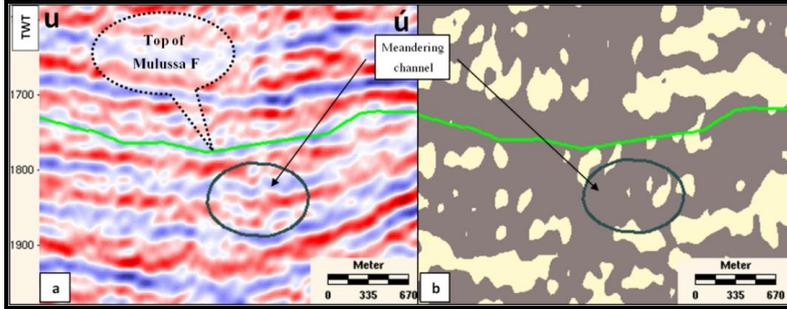
$$\text{Stream Gradient} = \frac{\text{Rise}}{\text{Run}} = \frac{\text{Vertical Distance in m}}{\text{Horizontal Distance in km}}$$

بلغت قيمة التدرج (Stream Gradient) للقناة T_1 10 م/كم، وباتجاه شمال شرق مشيرةً بذلك إلى اتجاه الجريان القديم من الجهة الجنوبية الغربية إلى الجهة الشمالية الشرقية، ويشير إلى ذلك السهم في الزاوية اليسارية السفلى من الشكل (7-b).



الشكل (7) خارطة خاصة الممانعة الصوتية النسبية (RAI) للجزء الجنوبي من منطقة الدراسة، تظهر الأفتنية النهرية والبنىات المرافقة لها (أعدت هذه الخارطة وفسرت من قبل الباحث)

وباستخدام برنامج Geoframe): (a) الخارطة غير المفسرة. (b) الخارطة المفسرة: T1 قناة نهريّة مستقيمة، T2 قناة متعرجة، UU^u مقطع سيزمي (يشير السهم في الزاوية اليسارية السفلى من الشكل إلى اتجاه المسيل عبر القناة T1) أظهرت خاصية قوة الانعكاس (سعة الانعكاس) المطبقة على المقطع السيزمي uu^u الظاهر في الشكل (8)، والمعامد لمجرى القناة T₁ (موقع هذا المقطع وامتداده موضّح في الشكل (7-b))، الطبيعة الليتولوجية للتوضعات التي تملأ هذه القناة تتألف هذه التوضعات بشكل رئيس من الغضاربات الصفاحية التي تظهر بقوة انعكاس منخفضة (اللون الرمادي) ناتجة عن سرعتها وكثافتها المنخفضة. يحيط بهذه التوضعات من الجوانب رسوبات رملية يشير إلى وجودها بوضوح قوة الانعكاس العالية لها (اللون الأبيض). يرتبط وجود هذه الرسوبات الرملية بالحاجز الجانبي (levee) لمجرى القناة، إذ يُؤكد الطبيعة الرملية لهذا الحاجز قيم الممانعة الصوتية النسبية العالية، التي يظهر بها على خارطة الممانعة الصوتية الواردة في الشكل (7).



الشكل (8) (a) المقطع السيزمي uu^u المعامد لمجرى القناة المستقيمة T₁.

(b) المقطع السيزمي uu^u بعد تطبيق خاصية قوة الانعكاس

بمتابعة مجرى القناة T₁ باتجاه شمال شرق، وكما هو مبين في الشكل (7-b) يظهر الأخدود المنبسط أو الممتد؛ المرتبط تشكله بفيضان القناة النهريّة T₁، وتحطم الحاجز الجانبي لمجرى القناة. إذ يُشكل شبكة تصريف جانبية ضمن مستوى الفيضان المجاور.

وبدءاً من نهاية مجرى القناة T_1 باتجاه الشمال، تظهر القناة المتعرجة T_2 ؛ التي يتغير اتجاهها تدريجياً باتجاه شمال غرب. بحسب بيتلك عام 1993 (Pitlick, 1993) يتميز هذا النمط من الأقنية بحركة المياه بشكل حلقي بحيث تكون سرعة المياه عالية في الضفة الخارجية من التعرج مؤديةً بذلك إلى حدوث الحت، في حين تكون سرعة المياه أخفض في الضفة الداخلية من التعرج حيث تجري عملية الترسيب (Point bar). وبحسب Walker, 1984 يشير وجود هذا النمط من الأقنية إلى الميول القليلة للمناطق التي تشكلت عليها.

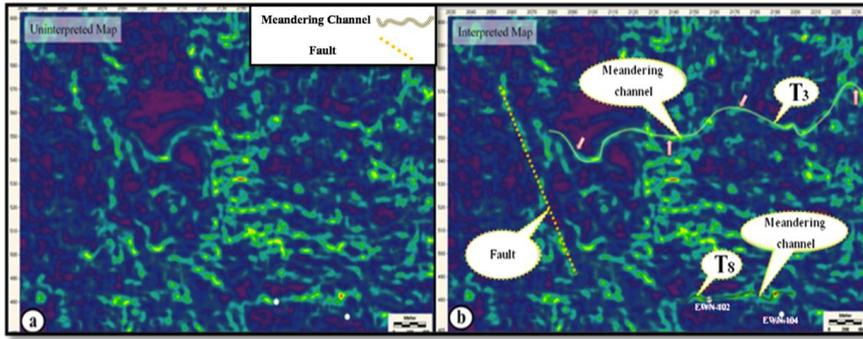
يؤدي المجرى المتعرج للقناة T_2 من الجهة الجنوبية الشرقية وجوداً لإحدى البنيات؛ التي يرتبط تشكلها عادةً بالأقنية المتعرجة، وهي البحيرة الهلالية (الشكل 7-b). يتشكل هذا النمط من البحيرات، بحسب Rosenberg, 2000، نتيجةً للتعرج المتزايد في مجرى القناة النهرية، إذ تُعد مميزةً لكل من الترسيب والحت في آن واحد. يتزامن زيادة التعرج هذا مع زيادة الحت في الجزء الخارجي من التعرج، وزيادة الترسيب في الجزء الداخلي منه (Point bar)، نتيجةً لذلك فإن عنق التعرج يضيق تدريجياً، وخلال مدة الفيضان، ويمرور الزمن يُغلق هذا العنق بالترسيب. بالنتيجة يستأنف النهر مجرى مستقيماً جديداً تاركاً المجرى القديم الذي يصبح على شكل بحيرة هلالية (الشكل 9).



الشكل (9) المراحل المتتالية لتشكل البحيرة الهلالية (عُدل عن Rosenberg, 2000)

4-2- الجزء الأوسط الشرقي لمنطقة الدراسة:

تتباين الخصائص السيزمية في قدرة إظهارها للأنماط المختلفة من الأفتية النهرية، وذلك بحسب خاصية الانعكاس المرتبطة بها. فعلى سبيل المثال- وتحديداً في هذا الجزء من منطقة الدراسة- أسهمت خارطة خاصية التماسك أو الترابط، المبينة في الشكل (10)، في إظهار قناتين متعرجتين هما T_8 ، T_3 (موقع هذه الخارطة وامتدادها موضَّح في الشكل (6-a)). تُحسب هذه الخاصية من البيانات السيزمية ثلاثية الأبعاد، وتعبّر عن مقدار التشابه أو الاختلاف بين الآثار السيزمية المتقاربة. القناتان المحددتان وفق خارطة هذه الخاصية لم تظهرها على خارطة الممانعة الصوتية النسبية، وذلك نتيجة التباين الضعيف في كثافة التوضعات المائلة لهما وسرعتها عن كثافة التوضعات وسرعتها في مستويات الفيضان (Flood plains) المجاورة. تبدي القناتان T_8 ، T_3 ، كما يظهر في الشكل (10)، قيمة منخفضة للترابط أو التماسك (الألوان الفاتحة) على خلاف المناطق المجاورة من الخارطة، التي تظهر بمعظمها بقيم عالية للترابط (الألوان الداكنة) مشيرةً إلى عدم وجود انقطاعات مرتبطة بفوالق أو أفتية.

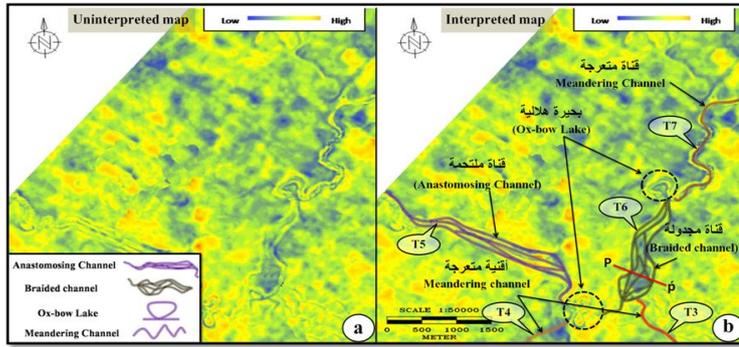


الشكل (10) خارطة خاصية الترابط للجزء الأوسط الشرقي من منطقة الدراسة (أعدت هذه الخارطة وفسرت من قبل الباحث، وباستخدام برنامج Geoframe): (a) الخارطة غير المفسرة. (b) الخارطة المفسرة: T_8 ، T_3 أفتية نهريّة متعرجة، يُشير الخط المنحني إلى شكل هاتين القناتين وامتدادهما في حين يشير الخط المستقيم المتقطع إلى الفالق المجاور

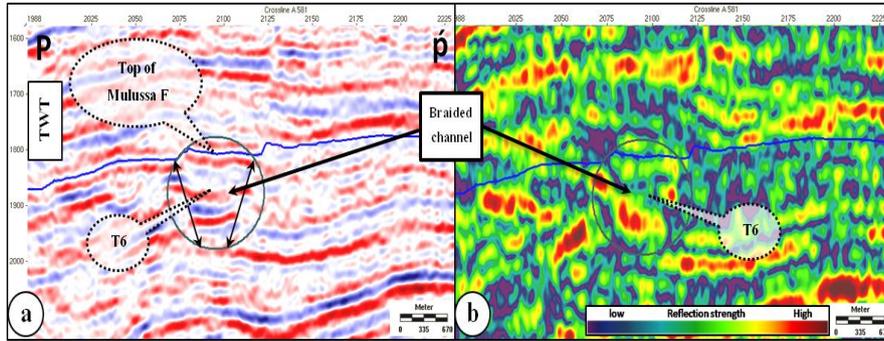
4-3- الجزء الأوسط الغربي لمنطقة الدراسة:

تُبدى خارطة مكاملة الممانعة الصوتية النسبية في هذا الجزء، وكما يظهر واضحاً في الشكل (11-b)، تنوعاً ملحوظاً في أنماط الألفية النهريّة المتشكلة فيه. إذ يُلاحظ وجود للألفية المجدولة متمثلةً بالقناة T_6 ؛ التي يصل طول مجراها إلى 2,3 كم. يشير وجود هذا النمط من الألفية إلى الميل الحاد للأراضي التي تشكلت عليها. وتتميز المياه في هذه الألفية بحمولات رسوبية عالية، وعندما تبدأ هذه الحمولات الكبيرة بالترسب على أرضية المجرى فإنها تُشكل جزراً صغيرة غير مستقرة (Mobile Islands)، وبدوره يؤدي تشكل مثل هذه الجزر إلى انقسام المجرى الرئيس للقناة إلى عدة ألفية فرعية (Walker, 1984). يقدم ذلك تفسيراً لظهور القناة T_6 بعدة ألفية فرعية، إذ يراوح عرض القناة المفردة الواحدة بين 300 و400 متر (الشكل 11-b). وينتجة تطبيق خاصية قوة الانعكاس على المقطع السيزمي PP الوارد في الشكل (12-a)، والمعامد لمجرى القناة T_6 (موقع وامتداد هذا المقطع موضّح في الشكل (11-b))، تكشف الطبيعة الغضارية الصفاحية للتوضعات الموجودة داخل الألفية الفرعية للقناة T_6 (الشكل 12-b). إذ تُبدى هذه التوضعات قوة انعكاس منخفضة على عكس التوضعات الرملية المحيطة بها، التي تظهر بقوة انعكاس عالية نسبياً. تُظهر خارطة مكاملة الممانعة الصوتية النسبية، إلى جانب الألفية المجدولة المذكورة أعلاه، نمطاً آخر من الألفية النهريّة، وهي الألفية الملتحمة متمثلةً بالقناة T_5 (الشكل 11-b). يصل طول هذه القناة، وباستخدام برنامج Geoframe، إلى 2,5 كم. إذ ينقسم المجرى الرئيس لها إلى ثلاث ألفية فرعية شبه متوازية تفصل بينها جزر مستقرة (Stable Islands). تشكلت هذه الجزر بفعل عمليات الحت التي قامت بها الألفية المحيطة، إذ بقيت الأجزاء غير المحتوتة ناهضة مشكلاً هذه الجزر. بذلك يختلف نمط الجزر المتشكلة هنا عن الجزر المتشكلة بفعل الألفية المجدولة؛ فهذه الأخيرة تشكلت بفعل الترسيب، لذلك تكون متحركة غير مستقرة (Mobile Islands)،

أما في حالة الألفية الملتحمة فتتشكل بفعل الحت ،لذلك تكون مستقرة وثابتة (Walker, 1984).



الشكل (11) خارطة خاصة مكاملة الممانعة الصوتية النسبية للجزء الأوسط الغربي من منطقة الدراسة (أعدت هذه الخارطة وفسرت من قبل الباحث، وباستخدام برنامج Geoframe): (a) الخارطة غير المفسرة. (b) الخارطة المفسرة: T₃, T₄, T₇ ألفية متعرجة، T₅ قناة ملتحمة، T₆ قناة مجدولة، PP' مقطع سيزمي

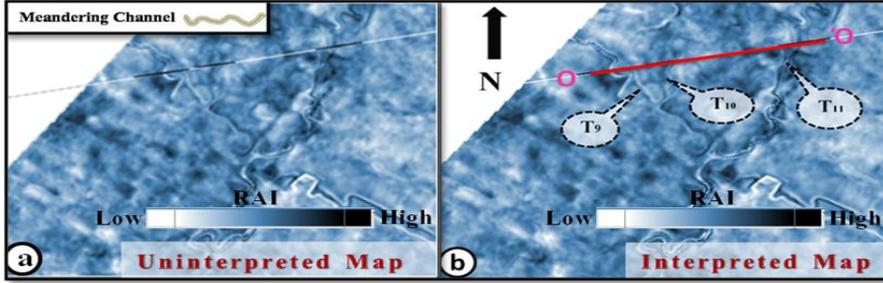


الشكل (12) (a) المقطع السيزمي pp'، يظهر المقطع العرضي لمجرى القناة T₆ (b) المقطع السيزمي pp' بعد تطبيق خاصية قوة الانعكاس

4-4- الجزء الشمالي لمنطقة الدراسة:

أظهرت خارطة الممانعة الصوتية النسبية في هذا الجزء، وكما يظهر في الشكل (13-b) (موقع هذه الخارطة وامتدادها موضح في الشكل (6-a))، وجوداً لنمط واحد

فقط من الألفية النهرية، وهو النمط المتعرج المتمثل بالألفية T_9 ، T_{10} ، T_{11} . تُبدي التوضعات المائلة لهذه الألفية ممانعةً صوتيةً منخفضةً (اللون الفاتح) ناتجة عن طبيعتها الغضارية الصفاحية، في حين تظهر التوضعات المشكلة للحوارج الجانبية لهذه الألفية بممانعة صوتية عالية (اللون الداكن) ناتجة عن الطبيعة الليتولوجية الرملية لتلك التوضعات.



الشكل (13) خارطة خاصة الممانعة الصوتية النسبية في الجزء الشمالي لمنطقة الدراسة: (a) الخارطة غير المفسرة. (b) الخارطة المفسرة: T_9 ، T_{10} ، T_{11} ألفية متعرجة. (أعدت هذه الخارطة وفسرت من قبل الباحث، وباستخدام برنامج Geoframe)

5- خلاصة ونتائج عامة:

شكّلت الخرائط المستخدمة في هذه الدراسة، الناتجة عن تطبيق الأنواع المختلفة للخصائص السيزمية ثلاثية الأبعاد على النافذة الزمنية الحجمية المتغيرة المحددة بين عاكسي المولوسا F وأعلى الضيبيات، أدوات فعّالة في إظهار أنماط الألفية النهرية المتشكلة خلال حقبة الترياسي العلوي. تتمثل هذه الألفية بالألفية المستقيمة والمتعرجة والمجدولة والملتحمة. كذلك أسهمت هذه الخرائط في الكشف عن البنيات المرافقة لتلك الألفية، والمتمثلة بالبحيرات الهالالية والأخاديد الممتدة أو المنبسطة، فضلاً عن الأجسام الرملية المرافقة للألفية المتعرجة (Point bars). بدوره أسهم تحديد الألفية في إعطاء صورة متكاملة ودقيقة عن الوضع الترسبي الذي ساد منطقة الدراسة خلال تلك الحقبة. تجلّى الوضع الترسبي هذا بتراكم لتوضعات رملية

وغضارية صفاحية على طول الألفية النهرية المتشكلة والبنيات المرافقة لها، وهذا ما أشار إليه عدد من الدراسات السابقة (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996). إن التحديد الدقيق لأنماط الألفية النهرية، وارتباط كل نمط من هذه الأنماط بطبوغرافيا محددة للأراضي التي تشكلت عليها، أعطى صورة واضحة عن الطبوغرافيا القديمة لمنطقة الدراسة، وذلك لحقبة الترياسي العلوي. فعلى سبيل المثال أسهم تحديد الألفية المجدولة في إظهار المناطق شديدة الميل، في حين أسهم تحديد الألفية الملتحمة في إظهار المناطق الأقل ميلاً.

أسهم حساب تدرج القناة الرئيسية (تمثلت بالقناة T_1 في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة)؛ التي تشكلت وامتدت على طول الأجزاء المركزية من منطقة الدراسة، في تحديد اتجاه الجريان القديم شمال شرق NE، في الوقت الذي كان فيه الجريان عبر الروافد T_3 ، T_5 ، T_8 ، T_9 ، T_{10} باتجاه تلك القناة. أشارت هذه المعطيات إلى النقاط الرئيسية الآتية:

1- يشير وجود الألفية الرافدة للقناة الرئيسية وتشكلها، في الأجنحة الغربية والشرقية من منطقة الدراسة، وكما ظهر واضحاً على خرائط الأنماط المختلفة للخصائص السيزمية، إلى أن تلك المناطق كانت ناهضة نسبياً مقارنةً بالأجزاء المركزية.

2- أسهمت معرفة اتجاه التدفق عبر القناة الرئيسية، في تحديد ميل السطح الباليوجغرافي خلال تلك الحقبة باتجاه شمال شرق NE، أي أوضحت بأن الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من منطقة الدراسة (الأكثر قريباً من المنطقة المركزية لمنخفض الفرات) كانت مناطق منخفضة نسبياً، وذلك مقارنةً بالأجزاء الجنوبية الغربية (الأكثر قريباً من مرتفع الرطبة).

تشكل البنيات المرافقة للألفية النهرية، المتمثلة بالأخاديد الممتدة أو المنبسطة والأجسام الرملية المرافقة للألفية المتعرجة (Point bars) والحوجز الجانبية للألفية، والغنية بالتوضعات الرملية، مصائد هيدروكربوناتية ستراتيغرافية محتملة، إذ تؤمن

التوضعات الغضارية الصفاحية التي تملأ الأقبية، والتي تنتشر أيضاً انتشاراً واسعاً في مستويات الفيضان المجاورة، الصخر الحاجز الذي يؤمن الإغلاق لهذه المصائد، بذلك يخلق وجود هذه البنيات فرصاً لحفر آبار استكشافية جديدة في منطقة الدراسة. فضلاً عن إظهار طبيعة التوضعات داخل الأقبية النهرية والبنيات المرافقة لها، شكلت خارطة مكاملة الممانعة الصوتية النسبية أداة فعّالة في إظهار توزع التوضعات الرملية والغضارية في مستويات الفيضان المجاورة.

أظهرت خرائط الأنواع المختلفة للخصائص السيزمية، والمقاطع السيزمية المتنوعة، عدة خصائص للأقبية النهرية المتشكلة خلال حقبة الترياسي العلوي، تتلخص هذه الخصائص بما يأتي:

1- تتميز هذه الأقبية بمستوى قاعدي (Base Level) قليل العمق (يعرّف هذا المستوى بأنه المستوى الأدنى الذي تصله عمليات الحث التي تقوم بها المياه في أثناء عبورها المجرى المائي، بعبارة أخرى لا دور لعمليات الحث تحت هذا المستوى (Emery and Myers, 1996)، ظهر ذلك وبوضوح من خلال المقاطع السيزمية التي بينت أن أغلب الأقبية المكتشفة قليلة العمق مقارنةً بأبعادها.

2- التوضعات داخل هذه الأقبية ذات طبيعة غضارية صفاحية تختلف عن طبيعة جدران الأقبية المؤلفة بشكل رئيس من التوضعات الرملية (أشارت إلى ذلك وبوضوح خارطة خاصة الممانعة الصوتية النسبية التي بينت أن التوضعات داخل الأقبية المكتشفة تتميز بممانعة صوتية منخفضة نسبياً مقارنةً بالتوضعات المحيطة).

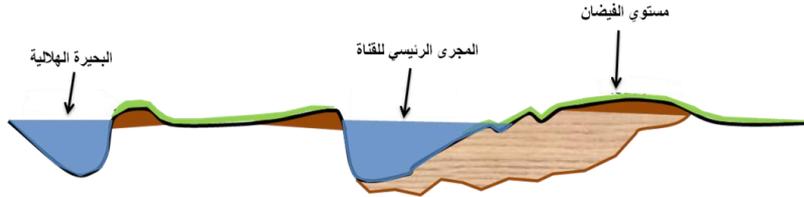
تُشير الخصائص والصفات السابقة إلى طبيعة تلك الأقبية غير الحزبية (Unincised Channels). وبحسب بوسامينتر (Posamentier, 2001) فإن الأقبية الحزبية (Incised Channels) تتشكل نتيجةً لثلاثة عوامل أساسية هي:

1- التناقص في مستوى مياه البحر .

2- العامل التكتوني إذ تترافق معظم هذه الألفية مع عمليات نهوض تكتوني.

3- التناقص المهم في التصريف النهري.

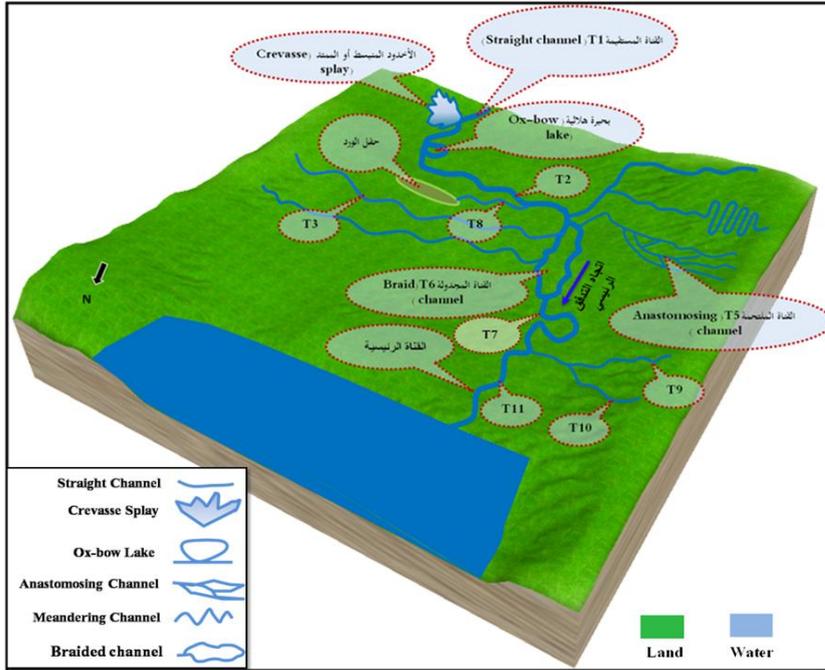
اعتماداً على هذه العوامل، وبحسب الدراسات السابقة (التقارير الداخلية لشركة الفرات للنفط، 1996)، يمكن القول: إن تشكيلة المولوسا F توضع في بيئة قارية نهريّة دلتاوية عبر شبكة من الألفية النهريّة غير الحزبيّة، إذ كان مستوى المياه ضمن تلك الألفية قريباً من مستويات الفيضان المجاورة كما يظهر في الشكل (14).



الشكل (14) شكل تخطيطي يظهر مستوى المياه ضمن الألفية المائية المختلفة

في أثناء ترسب تشكيلة المولوسا F (أعد من قبل الباحث)

بناءً على المعلومات الدقيقة والمتنوعة التي قدمتها الدراسة المفصّلة لمختلف أنماط الألفية النهريّة، بني نموذج ترسيبي لحقبة الترياسي العلوي (الشكل 15). ويظهر هذا النموذج توزع الأنماط المختلفة للألفية النهريّة المحددة انطلاقاً من خرائط الأنواع المختلفة للخصائص السيزمية.



الشكل (15) نموذج ترسيبي لمنطقة الدراسة لحقبة الترياسي العلوي يظهر توزع الأفتنية النهرية $T_1, T_2, T_3, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}$ التي حُددت انطلاقاً من الخرائط المختلفة للخصائص السيزمية الحجمية. يُشير السهم الوارد في الشكل إلى اتجاه الجريان داخل القناة الرئيسية (أعدَ هذا النموذج من قبل الباحث، وباستخدام برنامج Earth Sculptor)

المراجع References

- الشركة السورية للنفط. (2011). التقرير الفني الجيوسيزمي لدراسة منطقة شرق الورد.
- شركة الفرات للنفط. (1996). التقرير الداخلي عن البيانات الجيولوجية المتوافرة لحقول الفرات.
- Allen, J.R.L. (1970). Physical processes of sedimentation. Earth Science Series, 1, Elsevier, New York, 248p.
- Alsouki, M., Taifour, R. (2014). The tectono-depositional evolution of the Syrian Euphrates Graben Area using the 3D seismic data. Arabian Journal of Geosciences, Online.
- Brown, A. (1996). Seismic attributes and their classification. Society of Exploration Geophysicists, (15), 10, 1090P.
- Brown, A. (2001). Understanding seismic attributes. Geophysics, (66), 1, 47-49P.
- Emery, D., Myers, K. (eds) (1996). Sequence stratigraphy, Blackwell Science 297, Oxford.
- Knighton, D. (1998). Fluvial forms and processes: A new perspective. Amazon, London: Arnold.
- Litak, R.K., Barazangi, M., Beauchamp, W., Seber, D., Brew, G., Sawaf, T., Al-Youssef, W. (1997). Mesozoic-Cenozoic evolution of the intraplate Euphrates fault system, Syria: implications for regional tectonics. J. Geol. Soc, (154), 4, 653-666P.
- Molen, I. (2006). Structural evaluation of the central Euphrates graben. Syrian geological conference.
- Pitlick, J. (1993). Response and recovery of subalpine stream following a catastrophic flood. The Geological Society Of America, (105), 5, 657-670P.
- Posamentier, H. W. (2001). Lowstand alluvial bypass systems, incised vs. Unincised. Am Assoc Pet Geol Bull 85, 1771-1793P.
- Rana, S.P., Kumar, A., Bansal, R.S. (2004). Characterization and the Management of Carbonate Reservoir From 3D Seismic and Petro-physical Properties – A Case Study. 5th Conference & Exposition on Petroleum Geophysics. India 829-836P.

- Rosenberg, M.T., (2000) Oxbow Lakes. <http://www.geography.about.com/library/weekly/aa010601a.htm>, accessed 6January 2000.
- Schlumberger (2007a) Interpreter's Guide to Seismic Attributes.http://www.rocksolidimages.com/pdf/attrib_revisited.htm. Accessed 22 June 2006.
- Walker, R. (1984). Facies model. Geoscience Canada, Geological Association of Canada, reprint series 1, Toronto, 71-89p.
- Willett, S. D., Schlunegger, F., Picotti, V. (2006). Messinian climate change and erosional destruction of the central European Alps. *Geology*, (34), 613-616P.