



نقابة الجيولوجيين الأردنيين

جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه

الدكتور عبد القادر عمار

استاذ الجيولوجيا في الجامعة الأردنية

مستشارات نقابة الجيولوجيين الأردنيين

سلسلة الكتب العلمية (١)

جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه

الأستاذ الدكتور عبد القادر عابد
قسم الجيولوجيا التطبيقية والبيئية
الجامعة الأردنية

منشورات
نقابة الجيولوجيين الأردنيين

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعه وبعد،

ففي العقود الماضية نشط العمل الجيولوجي في الأردن. فقد أنشئت ثلاثة أقسام للجيولوجيا في الجامعات الأردنية نشرت الكثير من البحوث ورسائل الماجستير. وفي أواسط الثمانينات بدأ مشروع المسح الجيولوجي ١: ٥٠٠٠٠ في سلطة المصادر الطبيعية الذي صدر عنه ما يربو على ٤٦ خريطة وتقرير تصف بالتفصيل جيولوجية المناطق المدروسة. وفي الفترة ذاتها نشط البحث الجيولوجي المرتبط بالتنقيب عن البترول. وكحصيلة لكل ذلك وغيره تجمع قدر كبير من المعلومات تفوق كثيرا ما كان معروفا من قبل عن جيولوجية الأردن. فافتضى الأمر مراجعة شمولية لهذه المعلومات لوضعها بلغتنا العربية الشريفة بين يدي الطالب والباحث والمخطط.

أما أسلوب الكتابة فقد عممنا أولا ما أمكن التعميم ثم أتبعنا ذلك بالتفصيل أيما تفصيل. وكلاهما مهم تبعا للقارئ. وقد كان الحرص شديدا على رد كل فكرة إلى صاحبها. وبرغم ذلك فقد وضعنا فكريا جديدا أو وافقنا على رأي موجود أو رجحنا رأيا على رأي آخر مما تجد الكثير منه في ثنايا الكتاب. والكاتب عن ذلك مسؤول. وعلى الرغم من كثرة الحديث من البحوث إلا أننا لم نترك القديم. فكان الربط بينهما في ثنايا الكتاب واضحا.

وفي التسميات المتبعة في الكتاب فهي تلك التي وضعها جيولوجيو مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية. وقد حرصنا على ربطها جيدا مع كل ما سبق من تسميات حتى لا ينقطع الدارس عن مراجعنا القديمة نسبيا. وفي هذا السياق فإني أهيب بنقابة الجيولوجيين الأردنيين أن تأخذ زمام المبادرة في تثبيت هذه التسميات رسميا من خلال لجنة "رسمية" يكون من نصوص نظامها أو قانونها أن تغيير التسميات غير مسموح به إلا من خلال هذه اللجنة. أقول ذلك حتى نقطع الطريق على أي وافد جديد يريد أن يخلد نفسه عن طريق اختلاق تسميات جديدة.

يقع الكتاب في ثمانية فصول. الخمسة الأولى منها تناولت تطور الأردن والمنطق المجاورة عبر التاريخ الجيولوجي الطويل. أما الفصل السادس فقد كان في تراكيب الأردن وعلاقتها بتكتونية المنطقة وكيف فسرت مظاهر السطح الرئيسية. وجاء الفصل السابع في ثروات الأردن المعدنية بما ذلك رأي الكاتب في احتمالات البترول والغاز في الأردن. وكان الفصل الأخير في المياه ومصادرها وبعض المشكلات البيئية في الأردن.

والشكر موصول للجامعة الأردنية على تفرغي لكتابة هذا الكتاب. وهو كذلك للزملاء في قسم الجيولوجيا في الجامعة الأردنية على المناقشات المفيدة في أثناء الكتابة.

وبعد، فهذا ما استطعت أن آتي به. فإن صادفت رضا وقبولا فذلك ما كنا نبغي. وإن كانت الأخرى فيكفيني أنني حاولت. والله حسبي هو وليي ونعم الوكيل. وآخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين.

عبد القادر بن محمد بن عابد العواصية البياضي

المقابلين

١. ٨. ٢٠٠٠

المحتويات

الفصل الأول حقبة ما قبل الكامبري

- ١,١ الدرع العربي النوبي
- ١,١,١ بعض خصائصه
- ٢,١,١ نشأة الدرع العربي النوبي وتطوره
- ١,٢,١,١ فرضية أقواس الجزر
- 2.1 الدرع العربي في الاردن
- 3.1 طباقية صخور القاعدة Startigraphy
- 1.3.1 معقد العقبة Aqaba Complex
- 1.1.3.1 الصخور المتحولة Metamorphic rocks
- 2.1.3.1 الصخور النارية الجوفية Plutonic Rocks
- ٢,٣,١ معقد العربية Araba Complex
- 1.2.3.1 مجموعة الصافي Safi Group
- Saramuj Conglomerates أولاً: كونغلواميرات السرموج
- ثانياً: تكوين حبال البركاني الفتاتي
- 2.2.3.1 النسق البلوتوني القلوي او نسق فينان الغرانييتي
- 3.2.3.1 نسق الغوير البركاني Ghuweir Volcanic Suite
- 4.2.3.1 نسق أحيمر-فيرانيقات البركاني
- 4.1 تطور صخور القاعدة الأردنية
- ١,٤,١ تطور الدرع العربي
- 2.4.1 تطور الجزء الأردني من الدرع العربي
- ٥,١ تكوين أم غضاة Um Chaddah Formation
- المراجع

الفصل الثاني حقبة الحياة القديمة (الباليوزوي)

- ١,٢ سياق تاريخي
- 1.1.2 الحجر الرملي النوبي Nubian Sandstone
- 2.1.2 سياق تاريخي في طباقية الباليوزوي
- 2.2 نظرة شمولية لتكشفات الباليوزوي
- 3.2 مجموعة رم Ram Group
- 1.3.2 تكوين سلب Saleb Formation
- 2.3.2 تكوين البرج Burj Formation
- 3.3.2 تكون أبو خشيبة Abu Khusheiba Formation
- 4.3.2 أم عشرين Um Ishrin Formation
- 5.3.2 تكوين الديسي Disi Formation
- 6.3.2 تكوين أم سمح Um Sahm Formation
- 4.2 مجموعة خريم Khriem Group
- 1.4.2 تكوين الحسوة Hiswah Formation
- 2.4.2 تكوين ديبذب Dubaydib Formation
- 2.4.3 تكوين ديبذب Dubaydib Formation
- 3.4.2 تكوين المدورة Mudawwara Formation
- ٤,٤,٢ الرسوبيات الجليدية المترامنة مع تكوين المدورة: عضو عمّار
- 5.4.2 تكوين الخشة
- 5.2 بقية حقبة الباليوزوي
- 6.2 رسوبيات العصر البرمي
- ١,٦,٢ تكشفات العصر البرمي

- ٢,٦,٢ رسوبيات البرمي تحت السطحية
7.2 الباليوزوي تحت السطحي
 1.7.2 سطح عدم التوافق الهرسيني Hercynian Unconformity
 8.2 احتمالات البترول الباليوزوي في الاردن
 المراجع

الفصل الثالث حقبة الحياة المتوسطة

- 1.3 مجموعة الرمثا Ramtha Group
 1.7.1.3 تكوين ماعين Ma'in Formation
 2.7.1.3 تكوين الدردور Dardur Formation
 3.7.1.3 تكوين عين موسى Ain Musa Formation
 4.7.1.3 تكوين حسبان Hisban Formation
 5.7.1.3 تكوين مخيريس Mukheiris Formation
 6.7.1.3 تكوين عراق الأمير Iraq El.Amir Formation
 7.7.1.3 تكوين أم تينة Umm Tina Formation
 8.7.1.3 تكوين أبو رويس Abu Ruweis
 8.1.3 النشاط الماغماتي في الترياسي
 9.1.3 مجموعة الرمثا تحت سطحي
 2.3 مجموعة العزب Azab Group
 7.2.3 تكاوين مجموعة العزب
 1.7.2.3 تكوين الححي Hihi Formation
 2.7.2.3 تكوين نمر Nimr Formation
 ٣ . ٢ . ٧ . ٣ تكوين سلال Silal Formation
 ٣ . ٢ . ٧ . ٤ تكوين الذهب Dhahab Formation
 ٣ . ٢ . ٧ . ٥ تكوين رملة Ramla Formation
 ٣ . ٢ . ٧ . ٦ تكوين حمام Hamam Formation
 ٣ . ٢ . ٧ . ٧ تكوين المغنية Mughanniyya Formation
 ٣ . ٢ . ٨ مجموعة العزب في ماحص والبقعة
 ٣ , ٢ , ٩ مجموعة العزب تحت السطحية
 ٣ . ٣ مجموعة الكرب Kurnub Group
 1.3.3 سياق تاريخي في التسمية
 ٣ , ٣ . ٢ وصف عام للمجموعة
 ٣ , ٣ , ٧ تكاوين مجموعة الكرب
 ٣ . ٣ . ٧ ١ تكاوين الكرب في وسط الأردن وجنوبه
 ١ . تكوين الكرك Karak Formation
 ٢ . تكوين الحمامات Hammamat Formation
 ٣ . تكوين بير فعاس Bir Fa'as Formation
 ٣ , ٣ , ٧ , ٢ تكاوين مجموعة الكرب في شمال الأردن
 أ- تكوين الرمل Ramel Formation
 ٢ . تكوين جرش Jarash Formation
 ٣ . تكوين بير فعاس Bir Fa'as Formation

٨,٣,٣ نظرة إقليمية على مجموعة الكرب

٩,٣,٣ مجموعة الكرب تحت سطحي

٤,٣ مجموعة عجلون Ajlun Group

١,٤,٣ سياق تاريخي في تسمية المجموعة

٢,٤,٣ وصف عام لمجموعة عجلون

٧,٤,٣ أجزاء المجموعة

٨,٤,٣ تكاوين مجموعة عجلون

١,٨,٤,٣ تكوين ناعور Na'ur Formation

٢.٨.٤.٣ تكوين الفحيص Fuheis Formation

٣.٨.٤,٣ تكوين الحمر Hummar Formation

٤,٨,٤,٣ تكوين شعيب Shueib Formation

5.8.4.3 تكوين فحيص- حمر- شعيب F/H/S Formation

6.8.4.3 تكوين وادي السير Wadi As Sir Formation

7.6.4.3 تكوين الخريج Khureij Formation

٣.٥ مجموعة البلقاء Belqa Group

٣.٥ مجموعة البلقاء Belqa Group

١,٥,٣ تسمية المجموعة

١,٥,٣ تسمية المجموعة

٧,٥,٣ تكاوين مجموعة البلقاء

1.7.5.3 تكوين الغدران Ghudran Formation

٢,٧,٥,٣ تكوين عمان Amman Formation

٢,٧,٥,٣ تكوين عمان Amman Formation

٣,٧,٥,٣ تكوين الحسا Al-Hasa Formation

4.7.5.3 تكوين الموقر Muwaggar Formation

5.8.5.3 تكوين الرجام Rijam Formation

6.8.5.3 تكوين الشلالة Shallala Formation

المراجع

الفصل الرابع

حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي)

١,٤ الأردن في حقبة السينوزوي: نظرة جغرافية قديمة عجل

2.4 رسوبيات الباليوسين الإيوسين

٣,٤ مجموعة البحر الميت Dead Sea Group

1.3.4 التسمية

٢,٣,٤ وصف عام للمجموعة

7.3.4 تكاوين مجموعة البحر الميت

١,٧,٣,٤ تكوين ضانا Dana Formation

٢,٧,٣,٤ تكوين أصدوم Usdom or Sedom Formation

4.4 رسوبيات أوليغوسين وميوسين أخرى

1.4.4 تكوين الطيبة Tayiba Formation

- ٢,٤,٤ تكوين القرمة Qirma Formation
 ٥,٤ مجموعة الأردن Jordan Group
 ١,٥,٤ التسمية
 ٢,٥,٤ وصف عام للمجموعة
 ٦,٥,٤ تكاوين المجموعة
 ١,٦,٥,٤ تكوين الشاغور Shagur Formation
 ٢,٦,٥,٤ تكوين غور الكتار Ghor El-Katar Formation
 ٣,٦,٥,٤ تكوين عرق الأحمر Erk El-Ahmar Formation
4.6.5.4 تكوين أبو هابيل Abu Habil Formation
 ٥,٦,٥,٤ تكوين العبيدية Ubeidiya Formation
 ٧,٦,٥,٤ تكوين نهاريم Naharayim Formation
 ٨,٦,٥,٤ تكوين السمرة Samra Formation
 ٩,٦,٥,٤ تكوين اللسان Lisan Formation
 ١٠,٦,٥,٤ تكوين وادي الحمة Wadi Al-Hammeh Sequence
 ١١,٦,٥,٤ تكوين دامية Damya Formation
 ٦,٤ رسوبيات البلايستوسين في باقي مناطق الأردن
 ١,٦,٤ جنوب الأردن
 ١,١,٦,٤ منطقة المدورة (تكوين حالة عمّار Halat Ammar Formation)
 ٢,١,٦,٤ منطقة الجفر (تكوين الجفر Jafr Formation)
 ٣,١,٦,٤ منطقة الحسا-جرف الدراويش (تكوين وادي الحسا Wadi Hasa Formation)
 ٢,٦,٤ شرق الأردن
 ١,٢,٦,٤ منطقة الأزرق
 ١. تكوين الأزرق Azraq Formation
 ٢. حصباء الأودية Gravels
 ٣. غرين الدشة Dashsha silt
 ٤. أعمال الآثاريين
 ٣,٦,٤ شمال الأردن
 ١,٣,٦,٤ سيل الزرقاء
 ١. تكوين دوقرة Dauqara Formation
 ٢. تكوين البيرة Bire Formation
 ٣. تكوين خربة السمرة Khirbet Samra Formation
 ٤. تكوين السخنة Sukhne Formation
 ٢,٣,٦,٤ عجلون-الكورة-اليرموك
 ١. تكوين ارخيم Irkheim Formation
 ٢. بحيرة اليرموك
 ٣. رواهص شتافينا
 ٤,٦,٤ وادي عربة-البحر الميت
 ١,٤,٦,٤ غرندل وادي عربة
 ١. رسوبيات بحيرة غرندل
 ٢. حصباء الريشة Risha Gravels
 ٣. حصباء الأودية
 ٢,٤,٦,٤ منطقة فدان أو قريقرة
 ٢. رواهص نهريّة
 ٣,٤,٥,٤ مناطق أخرى
7.4 رسوبيات الهلوسين
 ١. السهول الفيضية للأنهار والأودية الكبيرة Flood plains
 ٢. المراوح الركامية للأودية Alluvial fans.
 ٣. ركاميات السفوح talus or scree والانزلاقات الأرضية.
 ٤. الكالكريت أو الكاليش أو الناري calcrete
 ٥. الترافرتين travertine

٦. الغطاء الصواني
٧. الكثبان الرملية sand dunes
٨. رواسب القيعان
٩. التربة soil
المراجع

الفصل الخامس بركانيات السينوزوي

- ١,٥ بركانيات غور الأردن-البحر الميت
١,١,٥ قاطع وادي الكرك
٢,١,٥ بازلت وادي الهيدان
٣,١,٥ بازلت زارة-ماعين-سويمة
٤,١,٥ بازلت غور الكتار
٥,١,٥ بازلت اليرموك
٦,١,٥ بازلت الرقاد
٢,٥ بازلت الجبال الغربية
١,٢,٥ بازلت شيحان
٢,٢,٥ بازلت وادي الحسا
٣,٢,٥ بازلت منطقة الطفيلة
٤,٢,٥ بازلت شرق الشوبك
3.5 بركانيات الهضبة الشمالية الشرقية
"المجموعة الكبرى لبازلت حرّات الشام"
١,٣,٥ مجموعة الوساد Wisad Group
٢,٣,٥ مجموعة الصفاوي Safawi Group
3.3.5 مجموعة الأصفر Asfar Group
4.3.5 مجموعة الرماح Rimah Group
٥,٣,٥ مجموعة البشرية Bishriyya Group
4.5 في كيفية نشوء هذا الإقليم البازلتي

المراجع الفصل السادس

- تراكيب الأردن وتطوره
١,٦ حركات ما قبل الكامبري وتراكيبه
٢,٦ حركات حقبة الباليوزوي
١,٢,٦ تسوية سطح ما قبل الكامبري Penetration
2.2.6 الحركة الهرسينية
٣,٢,٦ أحواض الباليوزوي
٣,٦ التراكيب المرتبطة بتكون الصفيحة العربية
١,٣,٦ نظام طي القوس السوري Syrian Arc Fold Belt
٢,٣,٦ نظام الصدع المستعرض Transverse Fault System
١- الصدوع الشمالية الغربية
٢- الصدوع غرب-شرق:
٣,٣,٦ صدع البحر الميت التحويلي Dead Sea Transform
١,٣,٣,٦ سياق تاريخي
٢,٣,٣,٦ نظرية الحركة العمودية: Graben tectonics
٣,٣,٣,٦ نظرية الإزاحة الأفقية Plate tectonics
3.3.3.6 نظرية الإزاحة الأفقية Plate tectonics
٤,٦ صدع البحر الميت شمالا وعلاقة الصفيحة العربية بالصفيحة الأناضولية:
٥,٦ تطور الأردن عبر التاريخ الجيولوجي Evolution of Jordan
١,٥,٦ مرحلة الدرع العربي ٩٥٠-٥٥٠ مليون سنة
٢,٥,٦ إنفراكامبري-كربوني Infracambrian-Carboniferous ٥٤٥-٣٥٤ مليون سنة
٣,٥,٦ مرحلة البرمي-الكريتاسي الأسفل ٢٤٨-١٠٠ مليون سنة

٤,٥,٦ سينوماتي-إيوسين ١٠٠-٣٤ مليون سنة
٥,٥,٦ إيوسين أعلى- الآن ٣٤- صفر مليون سنة

6.6 تضاريس الأردن

١,٦,٦ صدع البحر الميت التحويلي

١,١,٦,٦ خليج العقبة

٢,١,٦,٦ وادي عربة

٣,١,٦,٦ حوض البحر الميت

٤,١,٦,٦ وادي الأردن:

٢,٦,٦ جبال الأردن

١. معدل الرفع Rate of uplift

٢. معدل التعرية Rate of denudation

٣. ليس في نشأتها عمليات بانية للجبال No orogenies

٤. الجبال الجنوبية أعلى من الشمالية

٥. الأودية

٦. جبل الأردن أعلى من جبال فلسطين المقابلة

٣,٦,٦ الهضبة الأردنية

4.6.6 الهضبة البازلتية أو حرات الشام

٥,٦,٦ الصحراء الرملية الجنوبية

٧,٦ زلزالية المنطقة

المراجع

الفصل السابع الموارد المعدنية

1.7 الخامات الفلزية

1.1.7 النحاس

٢,١,٧ المنغنيز

3.1.7 الحديد

٤,١,٧ الذهب

5.1.7 اليورانيوم والمعادن المشعة

١,٥,١,٧ اليورانيوم في الفوسفات الأردني

٢,٧ الصخور الصناعية

1.2.7 الفوسفات

٢,٢,٧ رمل الزجاج Glass Sand

٣,٢,٧ الجبس Gypsum

٤,٢,٧ الكاولين

٤,٢,٧ البنتونيت

٥,٢,٧ باليغورسكيت Palygorskite

٦,٢,٧ البورسلينيت (التربولي) Porcelanite

٧,٢,٧ الفلسبار Feldspar

٨,٢,٧ الزيوليت Zeolite

٩,٢,٧ الطفاة Volcanic tuff

١٠,٢,٧ الحجر الجيري النقي

١١,٢,٧ حجارة البناء Dimesion stones

١٢,٢,٧ الحصباء الصناعية والطبيعية Aggregates

١٣,٢,٧ مواد أخرى

٣,٧ أملاح البحر الميت

١,٣,٧ ملوحة البحر الميت وأملاحه

٢,٣,٧ صناعات البحر الميت

4.7 أهمية الاقتصادية للمعادن والصخور الصناعية

٥,٧ مصادر الطاقة الأحفورية

١,٥,٧ الرمال الزيتية أو القطرانية Oil / Tar sand

- ٢,٥,٧ الصخر الزيتي
 ٣,٥,٧ البترول والغاز الطبيعي
 ١,٣,٥,٧ سياق تاريخي
 ٢,٣,٥,٧ **Source rocks** صخور المصدر
 ٣,٣,٥,٧ احتمالات وجود البترول في الأردن
 ١. بترول الباليوزوي
 ٢. بترول الميزوزوي والسينوزوي
 ٣. احتمالات البترول في حوض البحر الميت
 المراجع

الفصل الثامن المياه والبيئة

- ١,٨ المياه السطحية **Surface Water**
 ١,٨ المياه السطحية **Surface Water**
 ١,١,٨ مناخ الأردن
 ٢,١,٨ الأمطار
 ١,٢,١,٨ كمية الهطل أو حجم الأمطار السنوي
 ٢,٢,١,٨ **Evapotranspiration** التبخر والنتح
 ٣,٢,١,٨ **Runoff** الجريان
 ٤,٢,١,٨ **Infiltration** مياه الرشح
 ٣,١,٨ مياه الجريان في الأودية **Base flow of wadis**
 ٣,١,٨ مياه الجريان في الأودية **Base flow of wadis**
 ٤,١,٨ الأحواض المائية السطحية **Surface water Basins**
 ٥,١,٨ مصادر المياه في حوض وادي الأردن
 ١,٥,١,٨ ميزانية المياه لحوض الأردن
 ٢,٥,١,٨ مشاريع تقسيم مياه حوض الأردن
 ٣,٥,١,٨ معاهدة السلام مع الأردن ١٩٩٤
 ٦,٨ السدود
 ١,٦,٨ السدود السورية في حوض نهر اليرموك
 ٢,٨ المياه الجوفية **Groundwater**
 ١,٢,٨ طباقية الخزانات الجوفية
 ١,١,٢,٨ **Disi Aquifer** خزان الديسة
 ٢,١,٢,٨ خزان خريم
 ٣,١,٢,٨ خزان الزرقاء
 ٤,١,٢,٨ خزان الكرب
 ٥,١,٢,٨ خزانات مجموعة عجلون
 ٦,١,٢,٨ خزانات مجموعة البلقاء
 ٧,١,٢,٨ خزان البازلت
 ٨,١,٢,٨ خزانات الرواهص من أواخر السينوزوي
 ٢,٢,٨ أحواض المياه الجوفية
 ١,٢,٢,٨ مصادر المياه في الأحواض الجوفية
 ٢,٢,٢,٨ **Potential exploitation areas** مناطق مائية جوفية مستغلة جزئياً
 ٣,٨ ميزانية المياه في الأردن
 ٤,٨ **Hot springs** الينابيع الحارة والمياه المعدنية
 ١,٤,٨ كيف تسخن مياه الينابيع الحارة
 ٥,٨ بعض المشكلات البيئية
 ١,٥,٨ نوعية المياه السطحية
 ٢,٥,٨ مكبات النفايات الصلبة والمياه الجوفية
 ٣,٥,٨ تملح المياه الجوفية والسطحية
 ٤,٤,٨ تأثير المياه السطحية الملوثة على المياه الجوفية
 المراجع

ثبت الجداول

- جدول ١,١ تقسيمات صخور ما قبل الكامبري في الأردن
جدول ٢,١ أعمار إشعاعية للصخور المتحولة من شمال الدرع العربي النوبي
جدول 3.1 ملخص لأنساق الصخور البلوتونية في معقد العقبة
جدول ٤,١ أعمار إشعاعية للصخور الغرانيتية من معقد العقبة
جدول ٥,١ التحليل الكيماوي لبعض عينات معقد العقبة
جدول ٦,١ أعمار إشعاعية جمعها مكورت (١٨٨٩) عن معقد العربية
جدول ١,٢ تسميات حقبة الحياة القديمة (الباليوزوي)
جدول ١,٣ التطور التاريخي لتقسيمات الترياسي والجوراسي
جدول ٢,٣ تكاوين البرمي والترياسي والجوراسي في مناطق مختلفة من الأردن
جدول ٣,٣ مقارنة تكاوين الجوراسي في الأردن وما جاوره
جدول ٤,٣ تكاوين مجموعة الكربن وأعمارها
جدول ٥,٣ تقسيمات مجموعتي عجلون والبلقاء
جدول ١,٤ مجموعات وتكاوين حقبة السينوزوي (أوليغوسين-حديث)
جدول ١,٥ تقسيمات مجموعة حرة الشام البازلتية الكبرى في شمال شرقي الأردن
جدول ٢,٥ التحليل الكيماوي لعدد من صخور البازلت من مواقع مختلفة في الأردن والسعودية
جدول ١,٧ تحليل كيماوي لعينتين من القواطع الخضراء في صخور القاعدة في وادي موسى ووادي الحور
جدول ٢,٧ التحليل الكيماوي لعينة متمعدنة من الكوارتزبورفير ٨ كم غربي الطيبة وادي عربية
جدول ٣,٧ التحليل الكيماوي لعينة من حجر رمل تكوين أبو خشبية جيدة التمعدن في وادي أبو خشبية
جدول ٤,٧ التحليل الكيماوي لعينة نحاس من تكوين البرج في سيل الجعار
جدول ٥,٧ معدل تحليل عينتي منغنيز من وادي ضانا
جدول ٦,٧ تركيز اليورانيوم في خام فوسفات الرصيفة
جدول ٧,٧ اليورانيوم في فوسفات الشدية
جدول ٨,٧ التركيب الكيماوي والمعدني لفوسفات الكورة غرب اربد

جدول ٩,٧ التركيب الكيماوي لفوسفات الشدية الرمادي والأحمر

جدول ١٠,٧ التركيب الكيماوي لفوسفات الصحراء الجنوبية الشرقية

جدول ١١,٧ تحليل كيماوي لعدد من عينات رمل الزجاج

جدول ١٢,٧ التحليل الكيماوي لعينات من الصخور الغضارية من بطن الغول

جدول ١٣,٧ التحليل الكيماوي لعينات من البورسلينيت (تربولي)

جدول ١٤,٧ التحليل الكيماوي لعدد من عينات الغرانيت المسحوق من جنوب الأردن

جدول ١٥,٧ التحليل الكيماوي لعدد من عينات شعاب الأويستر من تكوين الحسا من اللبن في وسط الأردن

جدول ١٦,٧ تغيير ملوحة البحر الميت وكثافته بين ١٩٦٠-١٩٨٦.

جدول ١٧,٧ تركيز الأيونات الرئيسية في مياه البحر الميت مقارنة بين عامي ١٩٦٠ و ١٩٨٦ (غم/لتر)

جدول ١٨,٧ تركيز العناصر الثانوية trace elements والرئيسية في مياه البحر الميت ومقارنتها بمعدل تركيز مياه البحار

جدول ١٩,٧ كميات الأيونات في مياه البحر مقدرة بملايين الأطنان

جدول ٢٠,٧ المواد التي أنتجتها شركة بوتاس فلسطين قبل عام ١٩٤٨ (طن متري)

جدول ٢١,٧ نسبة إسهام المعادن والصخور الصناعية في الدخل الوطني ١٩٩٣-١٩٩٨

جدول ٢٢,٧ إسهام قطاع المعادن والصخور الصناعية في مجمل صادرات الأردن (١٩٩٣-١٩٩٨) ونسبة ذلك

جدول ٢٣,٧ كمية الإنتاج وقيمتها لأهم منتجات هذا القطاع في السنوات الثلاثة الماضية (١٩٩٦-١٩٩٨) .

جدول ٢٤,٧ بيانات عن خامات الصخر الزيتي والزييت الصخري المتعلقة باقتصادياته

جدول ٢٥,٧ موجز بأسماء الآبار ومواقعها والتكوين التي اخترقها الآبار التي حفرت للبحث عن البترول في الأردن

جدول ٢٦,٧ بيانات عن آبار البترول التي حفرت في الأردن

جدول ١,٨ حجم الأمطار السنوية مقدرة بملايين الأمتار المكعبة منذ عام ١٩٣٧

جدول ٢,٨ إحصائية بدائية لحجم الهطل السنوي في السنوات الستين الماضية

جدول ٣,٨ توزيع معدل الأمطار حسب المساحة في الأردن

جدول ٤,٨ الأمطار الكلية ومياه التبخر والجريان والرشح

جدول ٥,٨ معدل كمية الهطل والفيضان والجريان الدائم للأودية الرئيسية في الأردن مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

جدول ٦,٨ معدل الجريان السنوي بملايين الأمتار المكعبة في مواقع مختلفة من مجرى نهر الأردن

جدول ٧,٨ ملخص مصادر المياه في وادي الأردن مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

جدول ٨,٨ أهم مشاريع تقسيم المياه في حوض الأردن ونسب التقسيم لكل دولة بملايين الأمتار المكعبة

جدول ٩,٨ المياه في معاهدة السلام مع الأردن ١٩٩٤ مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

جدول ١٠,٨ السدود في الأردن وسعتها بملايين الأمتار المكعبة

جدول ١١,٨ السدود التخزينية على روافد نهر اليرموك في سوريا مقدرة بملايين الأمتار المكعبة

جدول ١٢,٨ الخزانات الجوفية aquifers في الأردن وموقعها الطبقي في السلم الجيولوجي الأردني

جدول ١٣,٨ الاستخراج الآمن من الأحواض المائية الجوفية مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

جدول ١٤,٨ مصادر المياه الجوفية في عام مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا ١٩٨٧

جدول ١٥,٨ كميات المياه المستخرجة من الأحواض المائية واستعمالاتها لعام ١٩٩٥/١٩٩٦ مقدرة بملايين الأمتار المكعبة

جدول ١٦,٨ ميزانية المياه في الأردن ١٩٩٥ بملايين الأمتار المكعبة

جدول ١٧,٨ التركيب الكيماوي لمياه حمة السلم على نهر اليرموك

جدول ١٨,٨ الأيونات الرئيسية في حمة أبو ذابلة قرب طبقة فحل شمالي غور الأردن

جدول ١٩,٨ الصفات الرئيسية لمياه الينابيع الحارة في الأردن

جدول ٢٠,٨ تركيز أشكال الكربون والبرازيات عند مخر خربة السمرة وفي وادي الضليل

جدول ٢١,٨ تركيز الفلزات الثقيلة trace metals في وسط بحيرة سد الملك طلال ١٩٩٨/١٩٩٩

جدول ٢٢,٨ يوضح التغير في مياه آبار الضليل والبادية الشمالية بسبب الضخ الجائر وفائض مياه الري ومياه خربة السمرة

جدول ٢٣,٨ معدل بعض المكونات الكيماوية لآبار الضليل والزرقاء)

ثبت الأشكال

- شكل ١,١ علاقة الدرع العربي بالرواسخ الإفريقية
- شكل ٢,١ فرضية أقواس الجزر في تفسير تكون الدرع العربي
- شكل ٣,١ التوزع الجغرافي لأنساق معقد العقبة في جنوب الأردن
- شكل ٤,١ التوزع الجغرافي لأنساق معقدي العقبة والعربة في أواسط وادي عربة
- شكل ٥,١ التوزع الجغرافي لصخور معقدي العقبة والعربة في شمال وادي عربة
- شكل ٦,١ أ صورة توضح صخور الشست في وادي أبو برقة
- شكل ٦,١ ب صورة توضح حجم حبات الشست في وادي أبو برقة
- شكل ٧,١ تصنيف أنساق معقدي العقبة والعربية كيميائيا
- شكل ٨,١ أ صورة لنسق اليتيم جنوب الراشدية و ٦,١ ب لسطح التسوية
- شكل ٩,١ مخطط يوضح علاقة ازدياد نسبة القواطع في الصخر مع ازدياد العمر. ويوضح تكون الأحواض الرسوبية في نهايات ما قبل الكمبري
- شكل ١٠,١ خريطة للموقع الرئيسي للسرمدج واتجاه النقل وأربعة مقاطع عمودية فيه
- شكل ١١,١ أ صورة توضح استدارة حبات السرمودج و ب. للتطبيق المتقاطع في السرمودج
- شكل ١٢,١ الاستدارة في حبات رواهص السرمودج وعلاقتها بالحجم
- شكل ١٣,١ تطور أحواض الترسيب في نهايات تكون الدرع العربي في الأردن
- شكل ١٤,١ مقطع عمودي في تكوين حيالة يوضح التغيرات الصخرية عموديا
- شكل ١٥,١ صورة توضح تضاريس القاعدة في وادي أيو خشيب
- شكل ١٦,١ أقاليم الدرع العربي ودروزه في جزيرة العرب
- شكل ١٧,١ مراحل تطور الدرع العربي
- شكل ١٨,١ نظام صدوع نجد
- شكل ١٩,١ يوضح بدلالة العناصر الثانوية أن التركيب الكيميائي لمعقد العقبة قد تكون في طور أقواس الجزر.
- شكل ٢٠,١ أ و ب يوضح أن الطبيعة القلوية لصخور معقد العربة
- شكل ٢١,١ أ و ب الوضع التكتوني لمعقد العربة بدلالة العناصر الثانوية
- شكل ٢٢,١ أماكن تكشف تكوين أم غضاة

شكل ٢٣,١ أ وب وج صور لرواهص أم غضاة
شكل ٢٤,١ مقطع شمال-جنوب يوضح مكومات تكوين أم غضاة وسمكة وأماكن تكشفه
شكل ٢٥,١ مقارنة إقليمية لرسوبيات أم غضاة
شكل ٢٦,١ مقطع شمال-جنوب يوضح توزع سحنتي تكوين أم غضاة

شكل ١,٢ ثلاثة مقاطع عمودية في تكوين سلب
شكل ٢,٢ الجغرافية القديمة لعصر الكمبري في الأردن وبيئات ترسيب أجزائه
شكل ٣,٢ مقطع في تكوين البرج في غور الصافي
شكل ٤,٢ صورة لدولوميت تكوين البرج
شكل ٥,٢ مقطع في تكوين أبو خشبية في وادي أبو خشبية
شكل ٦,٢ صورة لآثار السكولتوس الأنبوبية في وادي أو خشبية
شكل ٧,٢ مقارنة مجموعة رم من أقصى الجنوب الشرقي حتى شمال شرق البحر الميت
شكل ٨,٢ صورة الفواصل العمودية الطويلة المشكلة للجروف في تكوين أم عشرين
شكل ٩,٢ مقطعان في تكوين أم عشرين في الجنوب والشمال
شكل ١٠,٢ صورة لقلاب تكوين الديسي
شكل ١١,٢ مقطع في تكوين الديسي جنوب رأس النقب
شكل ١٢,٢ تمييز الحد الفاصل بين الديسي والكرنب
شكل ١٣,٢ مقطع في تكوين أم سحم في جبل الغزلان
شكل ١٤,٢ أ و ب صورتان لحد تكوين الحسوة السفلي والحد العلوي
شكل ١٥,٢ مقطع في تكوين الحسوة شمال جبل مدفوف
شكل ١٦,٢ صورة لسكولتوس الحسوة/ديب
شكل ١٧,٢ مقطع في تكوين ديب في سهل خريم
شكل ١٨,٢ أ مقطع في تكوين ديب في سهل الصوان مع تفصيل لتركيب القنوات
شكل ١٨,٢ ب صورة لقنوات ديب و ١٨,٢ ج صورة للتطبيق المتقاطع الخيمي
شكل ١٩,٢ مقطع في تكوين المدورة يوضح أعضائه الثلاثة
شكل ٢٠,٢ خريطة جيولوجية لجنوب الأردن وعليها أماكن تكشف رواسب عمار الجليدية
شكل ٢١,٢ أربعة مقاطع في تكوين عمار
شكل ٢٢,٢ ور لحصى من الرسوبيات الجليدية وعليها الحزوز وأوجهها مصقولة
شكل ٢٣,٢ مقطع عمودي يوضح رسوبيات الجبل الأحمر
شكل ٢٤,٢ عمق الأودية الجليدية وسمك رسوبيات عمار ٢
شكل ٢٥,٢ مقطع في تكوين الخشة في أقصى الأردن جنوبا
شكل ٢٦,٢ خريطة جيولوجية لتكشفات تكوين أم عرنة البرمي
شكل ٢٧,٢ المقطع الطبقي لتكوين أم عرنة
شكل ٢٨,٢ مواقع آبار البترول التي حفرت حتى ١٩٩١
شكل ٢٩,٢ خريطة توضح المحذب الإقليمي الباليوزوي وتوزع عصور هذه الحقبة تبعا لذلك
شكل ٣٠,٢ خريطة توضح توزع تكاوين الباليوزوي سطحيا وتحت سطحيا في الأردن
شكل ٣١,٢ مقطع شمال غرب-جنوب شرق يوضح سطح عدم التوافق الحثي اهرسيني وتوزع تكاوين الباليوزوي تحته
شكل ٣٢,٢ مقطع مبسط شمال شرق-جنوب غرب يوضح سمك الغطاء الرسوبي في بعض الأماكن المؤهلة للنفط

شكل ١,٣ الأماكن التي سيمر ذكرها في تكاوين الترياسي

- شكل ٢,٣ مقطع عمودي في تكوين ماعين
- شكل ٣,٣ مقطع عمودي في تكوين الدردور
- شكل ٤,٣ تكوين ين موسى
- شكل ٥,٣ تكوين حسابان
- شكل ٦,٣ تكوين مخيريس
- شكل ٧,٣ تكوين عراق الأمير
- شكل ٨,٣ تكوين أم تينة
- شكل ٩,٣ تكوين أبو رويس
- شكل ١٠,٣ الآبار العميقة التي اخترقت الترياسي والجوراسي
- شكل ١١,٣ توزيع سماكات مجموعة الرمثا
- شكل ١٢,٣ أماكن تكشف مجموعة العزب الجوراسية
- شكل ١٣,٣ مقطع عمودي في تكوين الحيجي والتربة القديمة في أسفل الحيجي
- شكل ١٤,٣ مقطع عمودي في تكوين نمر
- شكل ١٥,٣ أ تكوين الذهب و ١٥,٣ ب تكوين الذهب
- شكل ١٦,٣ تكوين رملة
- شكل ١٧,٣ تكوين حمام
- شكل ١٨,٣ تكوين المغنية
- شكل ١٩,٣ مقطع الجوراسي في البقعة
- شكل ٢٠,٣ توزيع سماكات مجموعة العزب (الجوراسي)
- شكل ٢١,٣ مقاطع مقارنة في تكاوين مجموعة الكرنب في شمال الأردن ووسطه وجنوبه
- شكل ٢٢,٣ مقاطع مقارنة في تكاوين مجموعة الكرنب في شمال الأردن
- شكل ٢٣,٣ مقارنة تكاوين مجموعة الكرنب في الأردن وما جاوره
- شكل ٢٤,٣ خطوط شواطئ الكرنب في عصور الألبني والأبتي والبريمي من الكرييناسي الأسفل
- شكل ٢٥,٣ تكاوين مجموعتي عجلون والبلقاء في الجبال الغربية في مقطع شمال-جنوب
- شكل ٢٦,٣ مقطع تكوين ناعور في منطقة عمان
- شكل ٢٧,٣ تكوين الفحيص غرب ناعور
- شكل ٢٨,٣ تكوين الحمر غرب ناعور
- شكل ٢٩,٣ تكوين شعيب في أم الدنانير في البقعة
- شكل ٣٠,٣ تكوين الفحيص/حمر/شعيب F/H/S في وادي الموجب ومستوى الجبس
- شكل ٣١,٣ تكوين وادي السير في الموجب
- شكل ٣٢,٣ تكوين الخريج في جبل الخريج وادي عربية
- شكل ٣٣,٣ تكوين الغدران في الموجب وعجلون
- شكل ٣٤,٣ تكوين عمان في الموجب
- شكل ٣٥,٣ فوسفات الكورة في شمال غرب الأردن: الموقع والتغيرات الجانبية
- شكل ٣٦,٣ فوسفات الرصيفة وتل السور: الموقع والمقارنة
- شكل ٣٧,٣ ثلاثة مقاطع في فوسفات وسط الأردن الأبيض والحسا. ٣٧,٣ أ مواقع خامات وسط الأردن وطبيعتها العدسية.
- شكل ٣٨,٣ رسوبيات الأحواض الفوسفاتية الصغيرة في وسط الأردن وعلاقتها بشعاب الأويستر والصخر الزيتي
- شكل ٣٩,٣ فوسفات الشدية الرمادي والأحمر مقارنا وأماكن توزعها. وشعاب الأويستر التي حصرت حوض الشدية
- شكل ٤٠,٣ حزام فوسفات الصحراء في جنوب شرق الأردن وعلاقته بثنيات طريف

- شكل ٤٠,٣ أ أربعة مقاطع في حزام الفوسفات في شكل ٤٠,٣
- شكل ٤١,٣ ثلاثة مقاطع في تكوين الموقر في وادي راجل والعطارات وغرنل
- شكل ٤٢,٣ مقطعان في تكوين الرجام في جبل الرجام ووادي راجل
- شكل ٤٣,٣ عدة مقاطع مقارنة في تكوين الشلالة
- شكل ٤٤,٣ بيتنا ترسيب الصخر الزيتي في الأحواض المؤكسدة والمرجعة
- شكل ٤٥,٣ مقطع في مجموعة حرد في جنوب الأردن
- شكل ١,٤ مقطع عمودي في تكوين ضانا
- شكل ٢,٤ مقطع في تكوين الطيبة
- شكل ٣,٤ خمسة مقاطع في تكوين القرمة البحيري من الميوسين في منطقة الأزرق
- شكل ٤,٤ المواقع التي وردت في وصف مجموعة الأردن
- شكل ٥,٤ المقطع التفصيلي لتكوين غور الكنار والدورة المثالية المتكررة في صخوره
- شكل ٦,٤ المقطع المثالي لتكوين العبيدية من الجانب الغربي للمحدب
- شكل ٧,٤ مقطع تكوين السمرة قرب أريحا
- شكل ٨,٤ بحيرة اللسان
- شكل ٩,٤ مقاطع عمودية في تكاوين واللسان ودامية
- شكل ٩,٤ ب مقطع تكويني اللسان قرب سد الكرامة ومنحنى الأمطار في تلك الغترة
- شكل ١٠,٤ مقطع جيولوجي على طول الجانب الشمالي لوادي الحمار شمال غرب المشارع يوضح أعمار تكوين الحمة وعلاقته بتكوين اللسان
- شكل ١١,٤ تكوين حالة عمار في أقصى جنوب الأردن
- شكل ١٢,٤ خريطة جيولوجية لقاع الجفر توضح حدود بحيرة الجفر
- شكل ١٣,٤ عدة مقاطع في تكوين وادي الحسا من البلايستوسين
- شكل ١٤,٤ خريطة جيولوجية تري تكتشفات تكوين البلايستوسين في سيل الزرقاء العلوي
- شكل ١,٥ توزيع حقول البازلت الأحدث من ٣٠ مليون سنة في الصفيحة العربية
- شكل ٢,٥ امتدادات حقول البازلت او الحرات في بلاد الشام
- شكل ٣,٥ تكتشفات مجموعات الوساد والصفواي والأصفر البازلتيّة من النيوجين
- شكل ٤,٥ مقطع عمودي في تكوين حسان في تل حسان شمال شرق أزرق الدروز
- شكل ٥,٥ مخطط يوضح تطور إقليم بازلت إثيوبيا الفيضي
- شكل ١,٦ صورة لسطح تسوية القاعدة في جنوب الأردن
- شكل ٢,٦ نظام طي القوس السوري
- شكل ٣,٦ مجموعة مقاطع في تركيبي وادي شعيب والحلابات توضح بعض أشكال الطي
- شكل ٤,٦ بعض أهم الصدوع المستعرضة والصدوع الشمالية الغربية
- شكل ٥,٦ أ الصدوع الرئيسية في شمال الأردن ووسطه
- شكل ٥,٦ ب الصدوع الرئيسية في جنوب الأردن ووسطه
- شكل ٦,٦ الانهدام الإفريقي - السوري
- شكل ٧,٦ نظام صدوع البحر الميت التحويلي
- شكل ٨,٦ نشأة انهدام الأردن حسب فرضية الحركة العمودية graben
- شكل ٩,٦ خطوط شواطئ الكمبري الأوسط (البرج) والترياسي والجوراسي
- شكل ١٠,٦ الصفيحتان العربية والإفريقية وما جاورهما
- شكل ١١,٦ خريطة جيولوجية للمنطقة المحيطة بالبحر الأحمر وتضاريس قاعه
- شكل ١٢,٦ مقطع في خليج السويس يوضح أنواع الصدوع فيه ونشأته
- شكل ١٣,٦ إمكانية حساب الإزاحة بمقدار ١٠٧ كم على طول صدع البحر الميت التحويلي
- شكل ١٤,٦ طبيعة الحركة في صدع البحر الميت التحويلي

- شكل ١٥,٦ نشأة وادي عربية والبحر الميت وغور الأردن
- شكل ١٦,٦ أنواع التراكيب على جانبي صدع البحر الميت التحويلي ومقارنتها
- شكل ١٧,٦ تطور شبكة الصرف (الأودية) منذ انفتاح صدع البحر الميت
- شكل ١٨,٦ أ مجموعة الصدوع التي تتفرع شمال بحيرة الحولة: اليامونة والروم
- شكل ١٨,٦ ب تراكيب صدع البحر الميت التحويلي في سوريا
- شكل ١٩,٦ علاقة الصفيحة العربية بالصفيحة الأناضولية
- شكل ٢٠,٦ خريطة كنتورية لسطح القاعدة البريكمبرية في الأردن
- شكل ٢١,٦ الجغرافيا القديمة في عصر الأردوفيشي ٤٤٠ مليون سنة
- شكل ٢٢,٦ الجغرافيا القديمة في عصري الكمباني-ماسترختي ٧٤ مليون سنة
- شكل ٢٣,٦ الجغرافيا القديمة في عصر الميوسين
- شكل ٢٤,٦ المظاهر الطبوغرافية على طول صدع البحر الميت في الأردن
- شكل ٢٥,٦ تضاريس الأردن
- شكل ٢٦,٦ أ طبوغرافية خليج العقبة وجنوب وادي عربية
- شكل ٢٦,٦ ب طبوغرافية شمال وادي عربية
- شكل ٢٧,٦ طبوغرافية حوض البحر الميت والصدوع التي قسمته إلى أحواض أصغر
- شكل ٢٨,٦ تطور مساحة البحر الميت منذ ١٨٤٨ م
- شكل ٢٩,٦ تكتونية القباب الملحية في البحر الميت
- شكل ٣٠,٦ مواقع مهمة في غور الأردن
- شكل ٣٠,٦ ب تضاريس قاع بحيرة طبرية
- شكل ٣١,٦ زلازل صدع البحر الميت التحويلي بين ٢١٥٠-١٩٨٤ م
- شكل ٣١,٦ ب زلازل القرن العشرين الأكبر من ٥,٩
- شكل ٣٢,٦ الزلازل الرئيسية في المنطقة والدمار المصاحب لها
- شكل ٣٣,٦ زلازل الشرق الأوسط
- شكل ١,٧ خريطة تري الأماكن الأكثر أهمية التي توجد بها الثروات المعدنية في الأردن
- شكل ٢,٧ رواسب المنغنيز في وادي المنيع في جنوب النقب كما رسمها بالك ١٩٣٦
- شكل ٣,٧ خريطة توزيع النحاس في وادي عربية
- شكل ٤,٧ تمعدن النحاس في تكويني البرج وأبو خشبية
- شكل ٥,٧ أماكن الفوسفات عالي التركيز والصخر الزيتي القريب من السطح
- شكل ٦,٧ آبار البترول المحفورة في الأردن
- شكل ٧,٧ خريطة توضح الأماكن التي يحتمل أن يوجد بها البترول في الأردن
- شكل ٨,٧ آبار البترول والغاز في حوض البحر الميت
- شكل ٩,٧ مقطع طبقي عمودي عام في جنوب غرب البحر الميت وليس في وسطه
- شكل ١٠,٧ طباقية حوض البحر الميت وأشكال مصائد البترول فيه
- شكل ١١,٨ توزيع الأمطار شرقي البحر المتوسط
- شكل ١٢,٨ معدلات الأمطار السنوية في الأردن
- شكل ١٣,٨ معدل الأمطار السنوي منذ ١٩٣٧
- شكل ١٤,٨ الأحواض المائية السطحية في الأردن
- شكل ١٥,٨ روافد نهر الأردن
- شكل ١٦,٨ السدود القائمة والتي تحت الإنشاء
- شكل ١٧,٨ طباقية الخزانات الجوفية في الأردن وبعض صفاتها
- شكل ١٨,٨ رسم تخطيطي تقريبي للكيفية التي تفصل بها صخور القاعدة النارية بين خزان الديسي الجوفي ووادي عربية

شكل ٩,٨ رسم تخطيطي تقريبي من الصحراء الجنوبية وحتى الريشة تظهر عليه الخزانات الجوفية الثلاثة

شكل ١٠,٨ خطوط تساوي الضغط في الخزان الجوفي الرملي العميق واتجاه الحركة

شكل ١١,٨ خطوط تساوي الضغط لخزان البازلت

شكل ١٢,٨ الأحواض المائية الجوفية في الأردن

شكل ١٣,٨ مواقع الينابيع الحارة في الأردن

شكل ١٤,٨ رسم تخطيطي لسبخة الأزرق وعلاقة الخزان العذب بالمالح

شكل ١٥,٨ خريطة توضح توزيع ملوحة المياه الجوفية في الأردن

1. شكل ١١,٦ صورة للشست في وادي أبو برقة
2. شكل ١٦,٦ غارنت (السهم) في شست أبو برقة . لاحظ اختلاف حجم حبات التورق
3. شكل ١٦,٦ مغماتيت وادي أبو برقة
4. شكل ١,٨ سطح التسوية (السهم) بين القاعدة وتكوين سلب. G غرانيت رمادي وقواطع لا تقطع تكوين سلب. R غرانيت أحمر أحدث
5. شكل ١١,١ أرواهص السرموج
6. شكل ١١,١ ب تطبق متقاطع في سحنة الحجر الرملي في تكوين السرموج

1. شكل ١٥,١ تضاريس سطح القاعدة في وادي أبو خشبية. Q كوارتزبورفيرى S حجر رمل أبو خشبية. لاحظ فتات الكوارتز بورفيرى (السهم) في الحجر الرملي
2. شكل ٢٣,١ أرواهص أم غضاة (U) فوق تكوين أحيمر البركاني (Q).
3. شكل ٢٣.ب رواهص أم غضاة في وادي أبو خشبية
4. شكل ٢٣,١ ج رواهص أم غضاة تحت رمل تكوين أبو خشبية الأبيض فوق رأس د. عميرة مباشرة

1. شكل ٤,٢ تكوين البرج في حوض البحر الميت. S, D, P أعضاء طيان ونميرة وحنة.
2. شكل ٦,٢ أنابيب السكوليتوس العمودية في تكوين أبو خشبية الرمل في وادي أبو خشبية
3. شكل ٨,٢ شرق القويرة. M, S, B القاعدة سلب وأم عشرين. السهم يشير إلى بداية الديسي. لاحظ الفواصل العمودية المميزة لأم عشرين
4. شكل ٨,٢ بداية السيق وقد نشأ على الفواصل العمودية في أم عشرين واتسع بمياه وادي موسى
5. شكل ١٠,٢ أ قباب الديسي جنوب البتراء
6. شكل ١٠,٢ ب زوج من آثار الكروزيانا من الديسي في رأس النقاب

1. شكل ١٤,٢ أ حد تكويني الديسي وأم سحم (السهم) في قاع الديسي
2. شكل ١٤,٢ ب حد تكويني أم سحم (S) والحسوة (السهم) جنوب شرق قاع الديسة
3. شكل ١٨,٢ أ إحدى قنوات تكوين دبيدب (C). والجزء العلوي منه (السهم)
4. شكل ١٨,٢ ب تطبق متقاطع خيمي في الجزر العلوي من الحسوة في سهل الصوان
5. شكل ١٨,٢ ج منظر علوي لأنابيب السكوليتوس على حد الحسوة ودبيدب. سهل الصوان
6. شكل ٢٠,٢ ب صورة لجبل عمار الجليدي المنشأ في الصحراء الجنوبية

الفصل الأول

حقبة ما قبل الكامبري

PRECAMBRIAN

تشمل هذه الحقبة أقدم صخور الأردن المتكشفة حول مدينة العقبة وعلى طول الكتف الشرقي لوادي عربة. وتعد هذه الصخور آخر ما يظهر من تكشفات صخور الدرع العربي النوبي شمالاً. ومن ثم فإن من الطبيعي أن نلقي بعض الضوء على هذا الدرع قبل دراستنا التفصيلية للصخور الممثلة له في الأردن.

١,١ الدرع العربي النوبي

١,١,١ بعض خصائصه

تتكشف صخور الدرع العربي الغربي جزيرة العرب شرق البحر الأحمر على شكل قوس يصل اتساعه ٧٠٠ كم في جزئه الأوسط. ثم يضيق تدريجياً نحو الشمال ليصل إلى قرابة ١٠٠ كم في شمال غرب الجزيرة وأقل من ذلك بكثير في الأردن. وهو كذلك في جنوب غرب الجزيرة (اليمن) حيث يصل اتساعه قرابة ٢٠٠ كم. ثم يختفي شمالاً وجنوباً وشرقاً تحت الرسوبيات الأحدث عمراً (شكل ١,١)

على الجانب الغربي للبحر الأحمر يوجد الدرع النوبي الذي تتكشف صخوره بكيفية مشابهة للدرع العربي شرقي البحر الأحمر ويمتد من شرق السودان حتى الصحراء الشرقية في مصر وجنوب سيناء إلى أن تنتهي تكشفاًته على بعد ٣٠ كم شمال خليج العقبة على الكتف الغربي لوادي عربة (شكل ١,١). وقد كان الدرعان متصلين جغرافياً قبل أن ينفتح البحر الأحمر ويفصل بينهما في عصر الميوسين أي قبل قرابة ١٥ مليون سنة. وهذا هو سبب ضمهما في اسم واحد هو الدرع العربي النوبي. يشغل الدرع العربي النوبي مساحة تساوي ٣ ملايين كم مربعاً (Bentor, 1985).

صخور الدرع العربي النوبي شديدة التنوع. وبرغم ذلك فإنه يمكن أن توضع في مجموعتين (الشنطي ١٩٩٣). المجموعة الأولى أو الصخور المتطبقة layered rocks أي التي توجد على شكل طبقات. وهي مكونة من الصخور البركانية والفتاتيات البركانية pyroclastics المترسبة في المياه أو على اليابسة والصخور الرسوبية مثل الرواهص conglomerates المكونة من فتات الصخور النارية الجوفية والبركانية والحجر الرملي وحجر رمل الجروك greywacke والحجر الجيري والصوان. وقد عانت هذه الصخور بدرجات متفاوتة من عمليات التحول والتشوه معطية أنواعاً مختلفة من الصخور المتحولة مثل الشست والنايس والأردواز slate وغيرها.

أما المجموعة الثانية فهي الصخور النارية الجوفية التي توجد على شكل قواطع dykes أو محقونات intrusives ذات حجوم مختلفة كالباثوليث التي قد تصل امتداداتها عشرات الكيلومترات. والصخور الجوفية قد تكون قاعدية وفوق قاعدية كالغابرو والبريدوتيت والدونيت أو متوسطة كالديوريت والتوناليت أو حامضية كالغرانيت. وقد تعرضت إلى درجات متفاوتة من التحول والتشوه الذي يلاحظ بوضوح مع تزايد عمر هذه الصخور (الشنطي ١٩٩٣).

يجمع الباحثون على أن أعمار صخور الدرع العربي النوبي تقع بين ١٠٠٠ - ٥٤٠ مليون سنة (Bentor 1985, McCourt 1990, الشنطي ١٩٩٣) على الرغم من وجود دلائل على أن هناك صخوراً قد يصل عمرها إلى ١٦٠٠ مليون سنة. وقد أوضحت الدراسات الجيوكيميائية والمعدنية على الصخور الغرانيتية أنها تقسم إلى ثلاثة أنواع تطورية يمكن أن تمثل ثلاث مراحل زمنية تطورية للدرع العربي النوبي جميعه (Jackson, 1986; Stoesser, 1986; McCourt, 1990; الشنطي 1993).

١- المرحلة الأولى (٩٠٠ - ٦٣٠ مليون سنة) وتشمل الصخور الغرانيتية الأكثر قدماً وهي غير متجانسة التركيب ألا أنها في الغالب كلسقلوية calcalkaline مثل الديوريت

والترنجيوميت.

ب- **المرحلة الثانية** (٦١٠-٦٦٠ مليون سنة) وتشمل الصخور المتوسطة التي ما زالت كلسقلوية وبورفيرية ومخططة من مثل أدامليت ومونزو غرانيت و غرانيت.

ج- **المرحلة الثالثة** أو الأحداث (٦١٠-٥٤٠ مليون سنة) وتشمل الصخور القلوية وفوق القلوية مثل الغرانيت الأحمر والسينيت.

٢,١,١ نشأة الدرع العربي النوبي وتطوره

توجد فرضيتان لتفسير نشأة الدرع العربي النوبي:

الفرضية الأولى: تقضي بوجود جزر قوسية island arcs محيطية التركيب راسخ عبر مناطق غوص وتصادم مما أدى إلى تجمعها على شكل الدرع. وقد صاحب ذلك حدوث المحقونات الجوفية التي بدأت قاعدية وتطورت الى غرانيتية قلوية في المراحل المتأخر كما ذكرنا أعلاه. ويبدو أن أفضل الأمكنة التي تدلل على ذلك المناطق الجنوبية من الدرع العربي وكذلك وجود أحزمة الأفيوليت في أكثر من موقع من الدرع العربي (Gass, 1981; Bakor et al., 1978 الشنطي ١٩٩٣). أنظر شكل ٢,١ . ويبدو أن معظم الأدلة هي لصالح هذه الفرضية. وسنفصل الحديث عن ذلك بعد قليل.

الفرضية الثانية: تقضي هذه الفرضية ابتداء بوجود قارة صغيرة أو أكثر تقطعت إلى أحواض محيطية مع ما يرافق ذلك من صخور أدت في النهاية إلى إغلاقها. وأدلة هذه الفرضية مأخوذة من وسط وشمال الدرع العربي والصحراء الشرقية في مصر (أنظر الشنطي ١٩٩٣ صفحة ٣٥-٦٥).

١,٢,١,١ فرضية أقواس الجزر

تغطي الرواسخ الإفريقية African Cratons جزءا كبيرا من هذه القارة. وتمثل هذه الرواسخ (شكل ١,١) قشرة قارية مוגلة في القدم (أركية). إذ تزيد أعمار بعضها عن ٣٥٠٠ مليون سنة. وان القشرة تحتها هي أيضا قارية سيالية sialic (Clifford, 1970; Cahen et al., 1984; Gass, 1981). يفصل هذه الرواسخ الأركية مناطق مكونة من صخور ما قبل الكامبري التي تقع أعمارها بين ٥٤٠-٦٥٠ مليون سنة (Kennedy, 1964). ولقد أطلق كنيدي على هذه الصخور الحديثة نسبيا مصطلح "الحادثة الحرارية التكتونية عبر افريقيا Pan African tectono-thermal event". غير انه مع تقدم وسائل التأريخ المطلق بالطرق المشعة فقد وجد أن الصخور الناشئة عن هذه الحادثة ذات امتداد عمري أكبر مما ذكر كنيدي عام ١٩٦٤ وأنها في الواقع تمتد زمنيا بين ١٢٠٠-٥٤٠ مليون سنة. أي قرابة ٧٠٠ مليون سنة هي الفترة التي استغرقها الدرع العربي النوبي في التشكل عبر هذه الحادثة الحرارية التكتونية (Gass, 1981).

وتدل البحوث الكثيرة التي أجريت على الدرع العربي النوبي منذ أواخر السبعينات وحتى أواخر الثمانينات من خلال مشروع المطابقة الجيولوجية الدولي IGCP 164 وغيره أنه قد نشأ ثم تحول إلى درع ذي قشرة قارية في مراحل ثلاث متفقة تقريبا مع المراحل الثلاث التي وصفناها أعلاه عند الحديث عن الصخور الجوفية الغرانيتية. وفي ما يلي وصف فيه قدر كبير من التعميم لهذه المراحل. فان أردت التفاصيل فعليك بكتاب أحمد الشنطي "جيولوجية الدرع العربي ١٩٩٣".

المرحلة الأولى: (١٢٠٠ - ٩٦٠ مليون سنة)

تشمل هذه المرحلة الصخور الأكثر قدما أو النشأة المبكرة للدرع. تدل الدراسات الميدانية والبيروغرافية والجيوكيميائية على أن صخور هذه المرحلة كانت أصلا جزرا قوسية island arcs غير ناضجة مفصولة بعضها عن بعض بمياه محيط. وتتحرك مع الغلاف المحيطي لتغوص وتتصادم وتلتحم وتتحول إقليميا تماما كما يحدث في الوقت الحاضر في حركة أقواس الجزر. أنظر شكل ٢,١. أما الصخور التي تمثلها فهي أكثر وفرة في جنوب الدرع العربي النوبي ومنها الغابرو والديوريت والغرانوديوريت من الصخور الجوفية والبازلت والأنديزيت البازلتية قليلة البوتاسيوم من الصخور البركانية tholeiitic (Greenwood et al., 1976, Fleck et al., 1980; Kemp et al., 1982; Nasseef and Gass, 1979). إن سيادة هذه الصخور الثولييتية (قليلة البوتاسيوم) ووجود مجموعتين من أنطقة صخور الأفوليت (وهي قشرة قاع محيط) في هذه المرحلة عمره ١٠٠٠ مليون سنة يؤكد فرضية الجزر القوسية المتحركة والملتحمة أفقيا كأصل لصخور هذه المرحلة. بقي أن نذكر أن عمليات غوص subduction الجزر القوسية وتصادمها ظلت نشطة طوال هذه المرحلة والتي تليها.

المرحلة الثانية او المتوسطة (٦٠٠-٩٦٠ مليون سنة)

يمثل عمر ٩٦٠ مليون سنة سطح انقطاع تكتوني وتركيبى واضح orogenesis. تقع الغالبية العظمى من صخور الدرع العربي النوبي ضمن هذه المرحلة. وتشكل الصخور الجوفية الكلسقلوية ٥٠-٦٠% من صخور هذه المرحلة. ويغلب عليها الديوريت والغرانوديوريت والغرانيت. وقد اندست في الصخور الأقدم المكونة من الأنديزيت والداسيت والريوليت والصخور الرسوبية الفتاتية المشتقة منها. يضاف إلى ذلك صخور الحجر الجيري الستروماتوليتي والصوان. ثم إنه توجد مجموعتان من صخور الأفوليت عمرهما ٨٠٠ و ٦٠٠ مليون سنة. لاحظ أن الصخور الجوفية والبركانية تصبح أكثر غنى بالسليكا كلما قل عمرها. ودون الدخول في تفاصيل أكثر فإنه يمكن التعميم على أن صخور هذه المرحلة نشأت عن غوص والتحام واصطدام وتحول جزر قوسية أكثر نضجا من المرحلة السابقة لتشكل كتلا "قارية بدائية" (Fleck et al., Ramsey et al., 1979; Hashad, 1980; 1979; Bakor et al., 1976).

المرحلة الثالثة او الأخيرة: (٦٠٠-٥٤٠ مليون سنة)

يغلب على صخور هذه المرحلة التركيب الكلسقلوي ممثلا في صخور الغرانوديوريت والغرانيت الجوفية وصخور الريوليت والداسيت والتراكيت والأنديزيت البركانية. يوجد كذلك قدر كبير من الصخور الرسوبية الفتاتية من الرواهص والحجر الرملي الأركوزي وبعض الحجر الجيري الستروماتوليتي. يغلب على هذه المرحلة ان صخورها غير متحولة وغير مشوهة. وفي نهاية هذه المرحلة أصبحت الصخور قلووية وفوق قلووية عند عمر ٥٤٠ مليون سنة مثل الغرانيت الأحمر والريوليت والكوارتز بورفيرى المتزامنين معه. وفي هذه المرحلة اصبح الدرع مكونا من قشرة قارية واضحة (Gass ١٩٨١; Hashad, 1980; Stoesser and Elliott, 1979).

2.1 الدرع العربي في الأردن

يطلق على الصخور الممثلة لهذه الحقبة في الأردن " صخور ما قبل الكمبري " أو صخور " القاعدة ". فهي أقدم صخور الأردن التي تتركز عليها الصخور الرسوبية الأحدث.

تتكشف صخور هذه الحقبة حول مدينة العقبة وعلى طول الجانب الشرقي لوادي عربية (شكل 1-3 ، ١، ٤ ، ١، ٥) فهي تشكل الجبال الواقعة بين العقبة والقويرة في الشمال الشرقي مرورا بوادي اليتيم حتى تنتهي تماما عن الظهور على سطح الأرض قرب قاع الديسي. وفي وادي رم يمكن رؤية أكثر من ١٠م تحت صخور الرمل المكونة لهذه الجبال الشاهقة. وفي وادي عربية فإن صخور ما قبل الكمبري تكون جبالا شاهقة (مثل جبل المهدي 1540م فوق سطح البحر) حتى قبيل غرندل. ثم تظهر ثانية مطلة من الشرق على قاع السعديين وقبالة بئر مذكور (متلة) (شكل ١، ٤) وفيدان - وادي ضانا. ثم تتكشف أخيرا شرق غور الصافي - شركة البوتاس العربية. وهذا هو آخر تكشفات الدرع العربي النوبي جميعه شمالا (شكل ١، ٥).

ولا يظن أن أحد أن صخور هذه الحقبة في الأردن هي هذه الصخور المتكشفة فقط، لأن هذه الصخور تخفي تحت صخور أحدث منها الى الشمال والشرق. وسبب ذلك أن سطح صخور القاعدة هذه يميل ميلا خفيفا نحو الشمال والشرق والجنوب الشرقي بمقدار 5 درجات تقريبا. وبالتالي فصخور هذه الحقبة موجودة تحت الأردن جميعه. فهي في بئر الصفراء المحفور للبحث عن البترول على بعد ٤٢ كم جنوب شرق عمان تقع على عمق ٢١٣٠م. وهي تقع على عمق قريب من هذا العمق في بئر صويلح. ولا شك أنها ستكون موجودة على أعماق أكبر في حوض الأزرق والرويشد والرمثا..

درست صخور ما قبل الكمبري في الأردن منذ فترة طويلة منذ أواسط القرن التاسع عشر (Fuchs, 1915, Blanckenhorn, 1914; Hall, 1886; Lartet, 1869). لقد أفرد Blake and Ionides (1939) عدة صفحات (56-61) لشرح هذه الصخور. فحلا بعض العينات من وادي اليتيم غير انهما وضعاهما طبقيا في بداية حقبة الأركي Archean وهو غير صحيح. ذلك لأنهما لم يعتمدا على العمر المطلق بل على علاقات الصخر ميدانيا. وقد ظهرت صخور هذه الحقبة في خريطتهما الجيولوجية بمقياس 1:1,000,000 بلون مميز غير أن حدودها ليست دائما مطابقة للواقع الذي نعرفه اليوم. لم يصنفا صخور هذه الحقبة غير أنهما وصفا بعض الأنواع المهمة منها مثل الغرانيت الزهري والأحمر والرمادي والقواطع وبعض الصخور المتحولة ووضعوا تحليلات كيميائية ومعدنية لأمتلئة منها. وقد أشار بكار (1941, 1943) الى هذه الصخور في فلسطين والأردن في عجلة سريعة.

لم تختلف الصورة كثيرا عند كوينل (الذي دعا هذه الصخور معقد غرانيت العقبة) إلا في تفاصيل خريطته التي وضعها للأردن شرقي النهر بمقياس 1:250,000 نهاية الأربعينات وأوائل الخمسينات من القرن العشرين حيث ظهرت الملاحظات المفسرة لها منذ 1959 (Burdon, 1959). ولقد استطاعت البعثة الجيولوجية الألمانية إلى الأردن (1968-1961) أن تدرس صخور هذه الحقبة بتفصيل لم يكن موجودا سابقا. فدرست أنواعا كثيرة من الصخور ميدانيا وبتروغرافيا وكيميائيا. وقاست لأول مرة أعمار بعض الصخور بالطرق المشعة وأعطتها أعمارا مطلقة. ووضعت لوادي عربية - العقبة، حيث هذه الصخور - خريطة تفصيلية بمقياس 1:100,000. وقد ظهرت نتائج هذه السنوات من العمل الميداني والمخبري في نشرات كثيرة قد يكون أكملها كتاب جيولوجية الأردن بالألمانية (Bender, 1968).

ومنذ نهاية السبعينات بدأت دراسات تفصيلية لصخور هذه الحقبة بعد أن نشأت أقسام الجيولوجيا في الجامعات الأردنية. وأصبحت الصورة أكثر وضوحاً وأكثر تفصيلاً عندما بدأت سلطة المصادر الطبيعية مشروع المسح الجيولوجي 1:50,000 في أوائل الثمانينات من القرن العشرين. وحتى لا يطول بنا المقام ولأن هذا الكتاب ليس معنياً فقط بصخور هذه الحقبة فإننا سنجعل محور حديثنا عن هذه الحقبة الدراسات والمسوح المشار إليها في هذه الفقرة دون إغفال للدراسات السابقة.

3.1 طباقية صخور القاعدة Startigraphy

أدت الدراسات التفصيلية لصخور القاعدة، وخاصة مسوح سلطة المصادر الطبيعية (McCourt, 1990; Ibrahim, 1988; 1993; Rashdan, 1988) وبعوث قسم الجيولوجيا في الجامعة الأردنية (Jarrar, 1979, 1985, 1992) وغيرها مع زملائه (إلى تقسيم هذه الصخور إلى معقدين رئيسيين (جدول 1.1):

الأقدم : معقد العقبة Aqaba Complex

الأحدث: معقد العربية Araba Complex

وهما مفصولان بسطح عدم توافق رئيسي وإقليمي على عمر 600 مليون سنة تقريباً. أي إن عمر صخور معقد العقبة أقدم من 600 مليون سنة ويمتد حتى 800 مليون سنة. أما معقد العربية فهو أحدث من 600 مليون سنة ويمتد حتى 540 مليون سنة تقريباً. لاحظ أن هذا الحد الفاصل بين المعقدين متفق إلى حد كبير مع الحد الفاصل بين المرحلتين الثانية والثالثة من الدرع العربي النوبي. وأن الصخور الأكثر قدماً التي تمثل بدايات الدرع العربي النوبي (960-1200 مليون سنة) غير ممثلة في الأردن. وسنحاول فيما يلي أن نعرض بعض صفات معقدي العقبة والعربية.

1.3.1 معقد العقبة Aqaba Complex

يشمل هذا المعقد جميع الصخور المتحولة والصخور الجوفية والبركانية الأقدم من سطح عدم التوافق الذي وضع على عمر 600 مليون سنة والذي يقع عند قاعدة صخور تكوين السرموج Saramouj Formation. تتكشف صخور هذا المعقد حول العقبة وفي وسط وجنوب وادي عربة. وسنتبع في وصف هذا المعقد طريقة مكورت (1990) الموضحة في الأسطر التالية: لقد قسم مكورت صخور القاعدة إلى معقدين كما ذكرنا. ثم قسم كل معقد إلى مجموعة من الأنساق (جمع نسق Suite) وهو ما يقابل "المجموعة Group". ثم قسم النسق إلى عدد من الوحدات units تعادل التكوين formation في الصخور الرسوبية. ولا أظنني قادراً على الدخول في تفاصيل الوحدات بل سأكتفي بشرح الأنساق فقط حتى لا يطول بنا المقام. فمن أراد الاستزادة فليرجع إلى مكورت (1990) وغيره من نشرات سلطة المصادر الطبيعية التي أثبتنا الكثير منها في ثبت المراجع في نهاية هذا الفصل.

1.1.3.1 الصخور المتحولة Metamorphic rocks

أولاً : أماكن وجودها وأنواعها

يوضح الجدول 1.1 وجود مجموعة أماكن تتكشف فيها الصخور المتحولة في جنوب

الأردن. وجميعها عائدة إلى معقد العقبة. وقد يكون أشهرها وأكثرها دراسة وفهما الصخور المتحولة في وادي أبو برقة - وادي أم سيالة - وادي مسيمير التي تقع مباشرة شرق قاع السعدين (شكل 4.1).

أ- نسق أبو برقة المتحول Abu Barqa Metasedimentary Suite

يوجد في وادي أبو برقة وما جاوره نوعان من الصخور المتحولة على الأقل:

- صخور رسوبية تحولت وهذا ما نسميه نسق أبو برقة

- صخور نارية متحولة وقد سماها مكورت نسق البسينات

أما نسق أبو برقة فإنه مكون من نوعين من الصخور المتحولة هما الشست schist والبارانابس paragneiss. يتعاقب النوعان في الموقع ذاته interbedded. وهذا يدل على أصلهما الرسوبي. فقد أثبت جرار (1985, 1979) وجرار وآخرون (1983) أن أصل الشست هو الغضار shale وحجر رمل الجريواكي greywackes. وأن أصل البارانابس هو صخور رمل الأركوز arkosic sandstone. أنظر شكل ٦,١ أ وهي صورة لهذه الصخور.

أما التركيب المعدني للشست فهو كوارتز وأوليغوكلاز - أنديزين بلاجيوكلاز وفلسبار بوتاسي والبيوتيت والمسكوفيت مع المعادن المميزة للتحول وهي الغارنت والسلمنيت والكورديريت والاندلوسيت (جرار 1985، فرحات 1979). يتغير حجم حبات الشست ويتغير مع ذلك التركيب المعدني. وهو مؤشر يدل على حجم حبات الصخور الرسوبية الأصلية التي تحولت. أنظر شكل ٦,١ ب .

لا يختلف التركيب المعدني للبارانابس عن الشست إلا في نسبة وجود المعادن المذكورة أعلاه في الشست. أما حجم الحبات فهو أكبر من الشست لأنه أصلاً أكبر. أما درجة التحول فهي تصل إلى التحول عالي الدرجة high grade ممثلاً في سحنات الأمفيوليت amphibolite facies. يتجه التورق الأولي (S1) في اتجاه شرق - غرب وهو اتجاه الطي في وادي أبو برقة لهذه الصخور المتحولة.

ب- نسق البسينات Buseinat Gneiss

ما زلنا في وادي أبو برقة ولكن مع الصخور الغرانيتية المتحولة. تدعى هذه الصخور أورثونابيس orthogneiss. وهذه الصخور بيضاء رمادية مكونة أساساً من بلاجيوكلاز متوسط وكوارتز وبيوتيت مع كميات أقل من الهورنبلند والفلسبار البوتاسي ويمكن ملاحظة تورق خفيف أو طبقات غير جيدة الوضوح موازية لسطوح التورق في الشست. أما العلاقة الميدانية بين نسق البسينات ونسق أبو برقة فهي أن البسينات تمثل صخوراً غرانيتية اندست intrude في الصخور الرسوبية الممثلة لأصل نسق أبو برقة. انظر شكل (٦,١ ب)

عمر التحول يغلب عليه أنه قد يصل إلى 800 مليون سنة. وهو ما ذهب إليه جرار وآخرون (١٩٨٣). أما جدول 2.1 فيوضح مجموعة من الأعمار المقاسة إشعاعياً جمعها مكورت (١٩٩٠). غير أننا سنعود للحديث في هذا الموضوع بعد قليل.

ج- مغماتيت أبو برقة Abu Barqa Migmatites

المغماتيت صخور تعرضت للتسخين فانصهرت جزئياً ثم تبلور الجزء المنصهر منها من جديد. وفي وادي أبو برقة أمثلة رائعة لهذه الظاهرة (شكل ٦,١ ج ، د). ويبدو أن المغماتيت في وادي عربة ناتج عن اندساس صخور غرانيتية بورفيرية في الصخور المتحولة السابقة في وقت لاحق على تشكلها مما أدى إلى حدوث هذه الظاهرة. ثم إن هناك أدلة على وجود

مغماتيت أقدم من ذلك (McCourt, 1990; Jarrar et al., 1983)

د- نسق الجنوب المتحول Janub Metamorphic Suite

يقع هذا النسق في أقصى جنوب الأردن وعلى الحدود مع العربية السعودية (شكل ٣,١). يغلب على تركيبها أنها أصلا صخور رسوبية أصابها التحول الذي أوصلها إلى تحول منخفض الدرجة low-grade ويقع في منطقة سحنات الشست الأخضر المتوسط إلى المنخفض الدرجة. أما صخور نسق الجنوب فهي الشست والكوارتزيت وحجر الغرين والغضار ومعها بعض البركانيات مثل الطفة السيليسية والبركانيات القاعدية المتحولة والريوليت.

تميل الصخور الرسوبية قريبا من العمودي نحو الشمال وتتجه الطبقات في اتجاه شرق غرب تقريبا. ويبدو أن هذه الصخور قد تأثرت بالتحول التماسي contact metamorphism والتحول الإقليمي. ولقد فسر إبراهيم وآخرون (1988) نسق الجنوب على أنه بقايا قديمة محمولة فوق نسق اليتيم المونزوغرانيتي وجرانوديوريت السبيل. وقد أطل محمود حسونة (١٩٩٣) في أطروحة ماجستير في وصف هذه الصخور ونشأتها ومقارنتها مع الدول المجاورة.

المعادن المكونة لهذه الصخور هي الكوارتز والبيوتيت والألبيت والكلوريت والإبيدوت والبايروكسين والسريسييت مع كميات قليلة من الكورديريت الذي يبدو أنه متركز في مناطق تحول التماس.

ثم أن هناك مجموعة من القواطع التي تقطع الصخور المتحولة والصخور الغرانيتية الحاملة لها (McCourt, 1990 ; حسونة ١٩٩٣).

يوجد قريبا من نسق الجنوب صخور عين الهشيم المكونة من صخور الغابرو والدوليريت. أما العلاقة بينهما فغير واضحة (McCourt, 1990).

هـ. نسق دحيلة الهورنبلندي Duheila Hornblende

صخور هذا النسق محدودة الانتشار وموجودة على شكل مكثفات xenoliths في صخور وادي رحمة الغرانيتية أو محمولا عليها على شكل سقوف roofs. فهو لا يغطي إلا مساحات قليلة. وصخوره يغلب عليها الصخور الجوفية الغابروية الغنية بالأمفيبول واضحة المعالم. يرافقها صخور غنية بالأمفيبول والبيوتيت التي تبدي شستية واضحة. ويبدو أنها من أصل بركاني أو قواطع وليس من أصل رسوبي.

و- نسق أبو سقا الشسيتي Abu Saqa Schist Suite

يشبه نسق أبو دحيلة في قلة انتشاره لأنه موجود كمكثفات أو سقوف في معقد العقبة غرب وجنوب غرب القويرة. وهو مكون من صخور الشست البيوتيتي والأمفيبوليت والغابرو المتحول والنائيس ذي الأصل الرسوبي الغضاري. درجة التحول هي من نوع سحنات الشست الأخضر.

ثانيا: مضاهاتها وأعمارها

وخلاصة القول في الصخور المتحولة في معقد العقبة أن أفضلها وأكثرها انتشارا هي الصخور الموجودة في وادي أبو برقة وما حوله خاصة إلى الشمال منه الممتدة تقريبا من شمال غرندل حتى وادي حور شمالا. ورغم ذلك فإن مجموع الصخور المتحولة يصعب مقارنتها أو ربطها بعضها ببعض أو حتى عمل تتابع زمني لها بسبب طبيعتها المتناثرة. وقد قورن شست أبو برقة ذو درجة التحول المرتفعة مع شست إيلات (المرشرش) على الجانب الغربي لوادي عربية والأورثونائيس في وادي أبو برقة مع نائيس طابا الواقعة جنوب المرشرش (McCourt, 1990). وقد أخذت هذه المقارنة دليلا على تحرك الأردن شمالا بالنسبة لفلسطين على طول صدع البحر الميت التحويلي كما سنرى في فصل لاحق

(Garfunkel et al., 1978).
 أما عن عمر الصخور المتحولة في الأردن، فقد قيست الأعمار المطلقة لعدد من العينات الممثلة لهذه الصخور، إلا أنها في مجملها ليست كثيرة العدد (جرار وآخرون Book and Lenz et al., 1972 Ibrahim, 1987; 1983 جدول ٢,١). وقد واجهت طرق التأريخ الإشعاعي مشكلات حقيقية أدت إلى وجود مدى طويل لعمر هذه الصخور (جدول 2.1). ويبدو أن من أسباب هذه المشكلات تعرض هذه الصخور إلى حادثات جيولوجية لاحقة أدت إلى ضياع جزئي لبعض النظائر المشعة المقاسة. الأمر الذي أدى إلى امتداد العمر إلى مدى زمني طويل. ولما كانت القياسات جميعها تقريبا على صخور وادي أبو برقة وما حوله، فقد كانت نتائجها أن عمر هذه الصخور يتراوح بين 608-820 مليون سنة (جرار وآخرون 1983). وحتى لا ندخل في المسائل المتعلقة بمشكلات التأريخ المشع فإن الرأي السائد الآن أن عمر التحول في وادي أبو برقة هو 800 مليون سنة.

جدول ٢,١

أعمار إشعاعية للصخور المتحولة من شمال الدرع العربي النوبي (جرار ١٩٨٥ وجرار وآخرون 1983; Book and Ibrahim, 1987; Lenz et al., 1972)

وصف الصخر	العمر Ma	طريقة التأريخ	المرجع
بارانائيس أبو برقة الأردن	10 ± 579	Rb/sr	Jarrar et al., 1983
متحولة/منطقة عتقة/سيناء	9 ± 587	Rb/sr	Bielski 1982
شست عتقة	11 ± 602	Rb/sr	Ayalon et al., 1987
متحولة وادي كد سيناء	1 ± 609	Rb/sr	Bielski 1982
بارانائيس فيران سيناء	3 ± 632	Rb/sr	Stern & Manton 1987
أورثونائيس الأردن	3 ± 626	U/Pb	Jarrar 1985
بارانائيس فيران	3 ± 632	U/Pb	Stern & Manton 1987
غرانيت/نايس سيناء	25 ± 641	Rb/sr	Bielski 1982
نايس فيورد سيناء	124 ± 642	Rb/sr	Bielski 1982
نايس سولاف سيناء	41 ± 643	Rb/sr	Bielski 1982
بركانيات سعال متحولة سيناء	17 ± 734	Rb/sr	Bielski 1982
بارانائيس أبو برقة الأردن	3 ± 742	U/Pb	Jarrar et al., 1983
نايس فيورد سيناء	785	Rb/sr	Bielski 1982
غرانوديوريت متورق سولاف	7 ± 782	Rb/sr	Stern & Manton 1987
شست إيلات سيناء	48 ± 791	Rb/sr	Bielski 1982
شست إيلات سيناء	43 ± 800	Rb/sr	Bielski 1982
شست إيلات سيناء	24 ± 807	Rb/sr	Halpern & Tristan 1981
شست أبو برقة الأردن	54 ± 820	U/Pb	Jarrar et al., 1983
شست/نايس فيران سيناء	1010	Rb/sr	Siedner et al., 1974

2.1.3.1 الصخور النارية الجوفية Plutonic Rocks

الصخور الجوفية التابعة لمعقد العقبة واسعة الانتشار وتشكل أكثر من ٩٠% من مجموع

صخور هذا المعقد. ويغلب عليها الصخور ذات التركيب الغرانيتي. وقد قسمت الى خمسة أنساق ندرس بعض صفاتها الرئيسية فيما يلي تاركين التفاصيل لمن يريد لها ويجدها في مصادرها (Jarrar, 1987; Brook and Ibrahim, 1987; Bender, 1974; Rashdan, 1988; Ibrahim and Rabb'a, 1988; Ibrahim 1988, 1993; وغيرهم كثير). قسمت صخور معقد العقبة الجوفية الى خمسة أنساق كما هو واضح في جدول 1.1 و (٣,١) (Jarrar, pers. com; McCourt, 1990). وتجد في جدول ٤,١ أعمار عينات من معقد العقبة جمعها مكورت (١٩٩٠).

جدول 3.1

ملخص لأنساق الصخور البلوتونية في معقد العقبة

(McCourt, 1990, Jarrar, Pers.Com).

النسق	العمر	ملاحظات
نسق اليتم	600 Ma	وادي اليتم ويقطعه نسق الحمرة
نسق الرمان	600 Ma	وادي الرمان ويقطعه نسق اليتم
نسق العرف	600 ± 10 Ma	شمال غرب القويرة وجنوب غربها
نسق ضربة	610 ± 5 Ma	جنوب منطقة رحمة وادي عربية
نسق رحمة	620 ± 10 Ma	منطقة رحمة والى الشرق منها

ولم نأخذ بالأعمار التي وضعها مكورت (١٩٩٠) لنسقي اليتم والرمان ذلك لأن صخور هذين النسقين أقدم من صخور تكوين السرموج الذي حدد عمره جرار بين ٥٩٥-٦٠٠ مليون سنة. ومن ثم فان هذين النسقين يجب ان يكونا أقدم من ٦٠٠ مليون سنة (مناقشات مع غالب جرار ١٩٩٩).

وقد قسم كل نسق إلى مجموعة من الوحدات الصخرية. نذكر هنا أن العلاقات بين الأنساق واضحة. غير أن العلاقات بين الوحدات في داخل النسق الواحد كثيرا ما لا تكون واضحة. ولما كانت الوحدات كثيرة، إذ يصل عددها إلى 24 وحدة، فإن من الصعب أن نصفها جميعها في هذه العجالة. ومن ثم سنكتفي هنا بوصف الأنساق مع الإشارة إلى الوحدات بين الحين والآخر. أنظر جدول 1.1 لترى الوحدات المكونة لكل نسق. بقي أن نذكر أننا لم نلتزم تصنيف مكورت وأحدثنا عليه بعض التغيير في وضع الوحدات داخل الأنساق تبعا لبحوث جرار ومناقشاتنا معه كما ستري لاحقا. أنظر (Mccourt 1990) وغيره مما أشرنا إليه أعلاه من نشرات سلطة المصادر الطبيعية للتعرف على صفات الوحدات.

يغلب على تركيب هذه الصخور جميعها أنها من عائلة الغرانيت وهي كلسقلوية calcalkaline في تركيبها الكيميائي (شكل 7.1). ثم أنظر جدول ٥,١ الذي يري تحليلا كيميائيا لبعض العينات الممثلة لصخور معقد العقبة. أما أنواع الصخور المكونة لهذه الأنساق فهي تتراوح بين الغرانيت والغرانوديوريت. أنظر شكل 7.1 المأخوذ من Ibrahim and Rabb'a 1988.

جدول ٤,١

أعمار إشعاعية للصخور الغرانيتية من معقد العقبة (من مكورت ١٩٩٠)

الصخر/ الوحدة	العمر Ma	الطريقة	ملاحظات
غرانيت المبارك	١٠ ± ٥٦٠	Rb/Sr	عمر جيد
غرانيت طابة	72 ± ٥٦٢	Rb/Sr	عمر جيد
بغماتيت قاطع وحدة تربان	١٠ ± ٥٦٤	Rb/Sr	

Reset age	K/Ar	12 ± 564	كوارتز ديوريت المهدي
عمر حقن محتمل	Rb/Sr	5 ± 567	غرانيت الحمرة
الحد الأدنى للعمر	U/Pb	5 ± 573	كوارنزيوريت أم راشيل
	Rb/Sr	11 ± 574	بغماتيت قاطع غرانيت حور
	Rb/Sr	9 ± 576	كوارنزيوريت أم راشيل
Reset intrusive age	Rb/Sr	10 ± 581	غرانيت حور
عمر جيد	Rb/Sr	4 ± 582	غرانيت أبو جدة
Intrusive age أبو جدة	K/Ar	8 ± 582	منزو غرانيت الينم
Reset age	K/Ar	8 ± 584	كوارتز ديوريت المهدي
العمر الأدنى للحقن	Rb/Sr	18 ± 584	نسق ضربة
عمر حقن جيد	Rb/Sr	8 ± 589	مونزو غرانيت عمران
غير جيد	Rb/Sr	36 ± 589	غرانوديوريت السبيل
عمر حقن	Rb/Sr	12 ± 589	غرانيت العقبة
Reset age	Rb/Sr	12 ± 590	غرانوديوريت بورفيري أم سيالة
عمر غير جيد	Rb/Sr	10.2 ± 591	كوارتز ديوريت المهدي
غير جيد	Rb/Sr	22 ± 592	غرانيت القعرة
عمر حقن تقريبي	K/Ar	10 ± 592	مونزو غرانيت بيوتيتي العقبة
عمر حقن محتمل	Rb/Sr	11 ± 596	غرانيت حور
عمر حقن تقريبي	U/Pb	38 ± 608	غرانيت العقبة
عمر حقن	U/Pb	1 ± 610	غرانوديوريت بورفيري أبو برقة
مؤشر لعمر نسق العرف	Rb/Sr	13 ± 610	وحدات فلك وملقان
عمر حقن تقريبي	K/Ar	9 ± 611	كوارتز ديوريت المهدي
عمر وحدة تربان تقريبا	U/Pb	3 ± 615	غرانوديوريت بورفيري رمادي أم سيالة
عمر العرف تقريبا	Rb/Sr	14 ± 620	نسق العرف
عمر غير جيد	Rb/Sr	56 ± 623	وحدة ملقان
عمر غير جيد	U/Pb	63 ± 617	غرانيت حور
عمر موروث	U/Pb	63 ± 817	غرانيت حور
عمر غير واقعي	Rb/Sr	171 ± 839	مونزو غرانيت تربان رحمة

أولاً: نسق رحمة المتورق Rahma Foliated Suite

١. وصف النسق

توجد صخور هذا النسق بشكل رئيسي في وادي عربة حول بلدة رحمة ٤٥ كم شمال العقبة (شكل ٣، ١). غير أنها توجد أيضاً إلى الشمال في وادي عربة وإلى الشرق من بلدة الريشة في وادي أم سيالة - وادي حور (شكل 4.1).

تشمل صخور هذا النسق أقدم صخور معقد العقبة البلوتونية. وتتميز جميعها بما يلي:

- لونها الرمادي أو الرمادي الأبيض
- وجود تورق واضح لمعادن البيوتيت بحيث تصطف حبيبات البيوتيت في اتجاه شرق - غرب ولها ميل شديد.
- عادة ما تكون صخور هذا النسق حاملة لمكتنفات أو كتل أو سقوف من الصخور

المتحولة الأقدم منها مثل نسق أبو برقة ونسق دحيلة سابقى الذكر. ويبدو أن التورق هو الصفة المميزة المصنفة لصخور هذا النسق وأن هذا التورق تكتوني. ولابد أن هذا النسق قد تأثر بأعمال تجيلية (orogenesis). الصخور الرئيسية المكونة لهذا النسق هي الغرانوديوريت والكوارتز ديوريت والسيانوگرانيت والمونزوگرانيت. أكثر وحدات هذا النسق تمثيلاً لصفاته هي وحدة "غرانوديوريت تربان" نسبة إلى وادي تربان الذي يقع مباشرة شمال بلدة رحمة (شكل ٣,١) حيث توجد الصفات الثلاث العليا واضحة فيها. تمتد هذه الوحدة مباشرة شمال وادي رحمة وتتكون من الغرانوديوريت - مونزوگرانيت البورفيرية. البلورات الكبيرة هي من البلاجيوكلاز (أليغوكلاز). هذه الصخور أحدث من الصخور المتحولة في وادي أبو برقة لأنها مندسة فيها وتحمل بقاياها وهي من أسباب حدوث المغماتيت في ذلك الوادي وفي غيره. أما وحدة "مونزوگرانيت طابا" نسبة إلى سبخة طابا المجاورة فهي أحدث من وحدة تربان لأنها تقطعها بقواطع واضحة. وتتميز عنها بأنها أقرب إلى تركيب الغرانيت منه إلى الغرانوديوريت. ثم إنها ليست بورفيرية النسيج وحببياتها تقريبا متساوية وأكثر نعومة من تربان وأقل تورقا ولونها زهري أو فاتح أكثر. أما أقدم الوحدات في هذا النسق فهي وحدة "مونزوگرانيت النبعة" التي يعتقد أنها بقايا أورثوناييس قديمة. لونها قاتم نسبيا وتبدي تورقا شديدا وبلورات كبيرة من الفلسبار البوتاسي الأحمر. اتجاه التورق شرق - غرب. تتكشف الوحدة في منطقة شديدة الوعورة في شرقي وادي رحمة.

وحدة "أم ردمار" غرانوديوريتية وتشبه وحدة تربان إلا أنها لا تبدي النسيج البورفيرى وتقع عند الحافة الغربية لوادي نخيلة. أما وحدة "أم سيالة" فتقع إلى الشمال من وادي أبو برقة حتى وادي حور ٨٥ كم شمال العقبة. وهي مكونة من الغرانيت الذي يقطع وحدة تربان. وهي شديدة التورق الذي يبدي تلونا بأكاسيد الحديد ولا توجد معها بقايا الصخور المتحولة الأقدم منها. أما وحدة "السدره" فهي مكونة من الغرانوديوريت المتورق وتظهر في الجزء الشمالي الغربي من جبل حمرة فيدان في وادي عربة إلى الغرب الجنوبي من الطفيلة أو أن شئت غربي محمية ضانا (شكل 5.1). صفاتها تكاد تكون مماثلة لغرانوديوريت تربان والتورق في البيوتيت يتجه WNW-ESE

٢. عمر النسق ومضاهااته

يبدو أن العمر المقبول حالياً لنسق رحمة المتورق يقع بين 600-630 مليون سنة (Jarrar et al., 1983; Jarrar, 1985; Brook and Ibrahim 1987; Ibrahim, 1988). أنظر جدول 3.1 (McCourt, 1990). ويمكن مقارنة هذا النسق مع صخور الناييس الغرانيتية في إيلات. وأفضل من ذلك مع ناييس سولاف الغرانيتي في سيناء الذي عمره 41 ± 643 مليون سنة والغرانيت الرمادي في وادي عطا الله في شمال صحراء مصر الشرقية والتوناليت - غرانوديوريت في وادي قنا - قصير في وسط الصحراء الشرقية بمصر (Hashad, 1980).

ثانياً: نسق ضربة التوناليتي Darba Tonalite Suite

في هذا النسق وحدتان هما وحدة المهدي ووحدة الوعرة. تقع صخور هذا النسق على الجانب الشرقي من وادي عربة من جبل المهدي (٢٥ كم شمال العربة) حتى يلتقي مع نسق رحمة السابق ذكره إلى الجنوب الشرقي من سبخة طابا (شكل ٣,١). والنسق ليس به تورقا فهو لاحق للتكتونية التي أدت إلى تورق ما سبقه. فهي صخور جوفية موجودة

على شكل بلوتون واحد يغطي المنطقة المشار إليها أعلاه. غير أنها متصدعة بالعديد من الصدوع وتكثر فيها القواطع.

وحدة " المهتدي " هي السائدة. وهي مكونة من صخور الغرانوديوريت - كوارتز مونزوديوريت. ومن ثم فإن بها نسبة جيدة من المعادن المافية (الداكنة) المكونة من البيوتيت والهورنبلند بالإضافة إلى البلاجيوكلاز. وبالتالي يتشكل نسيجها المنقط " Spotted . وتتميز الوحدة بوجود وفير لمكتنفات من الديوريت دقيق الحبات. أما وحدة " الوعة " فتقع موازية لوحدة المهتدي ولكن إلى الغرب منها على طول صدع وادي عربية. وهي مكونة من الغرانوديوريت الذي يتميز عن وحدة المهتدي بلونها الفاتح الزهري نسبة إلى المهتدي. معادنها البلاجيوكلاز المنتشر في أرضية من الكوارتز والفلسبار البوتاسي بالإضافة إلى البيوتيت والهورنبلند الأقل من المهتدي. ثم أن وحدة الوعة تتميز بعدم وجود المكتنفات الموجودة في المهتدي. وهذه الوحدة أحدث من وحدة المهتدي لأنها تقطعها. أنظر شكل 7.1 للتعرف على طبيعة التركيب الكيميائي لهذه النسق (Ibrahim and Rabb'a, 1988).

يبدو أن العمر المقبول لنسق ضربة هو حول ٦١٠ مليون سنة. فالعلاقات الميدانية تدل بوضوح على أنه أحدث من نسق رحمة الذي لا تقل أعمار صخور عن 600 مليون سنة. وقد قاس (Lenz et al., 1972) (عمر معدن البيوتيت من وحدة المهتدي فوجدتها $12 \pm$ 611 مليون سنة. وهذا العمر أقرب ما يكون إلى عمر هذا النسق لأنه ينسجم مع طباقية صخور معقد العقبة بشكل عام عندما يوضع في سياق تطوري مع غيرها من صخور الدرع العربي كما سنرى لاحقاً..

ثالثاً: نسق الرمان الغرانوديوريتي Rumman Granodiorite Suite

يمتد هذا النسق بين وادي الرمان (شكل 3.1) ووادي السبيل ويقع (في نهاية وادي العمران الجنوبية الشرقية) حتى الحدود السعودية الأردنية. أي أنه يشمل الجزء الجنوبي الشرقي من القاعدة البريكمبرية الأردنية. ويتميز ميدانياً بلون صخور الرمامدية المخضرة ذات التضاريس القليلة وبعدد كبير من القواطع. ويوجد في هذا النسق أربع وحدات هي الهبيرة والسبيل والشعار والقارة (جدول 1.1).

تتكون وحدة " غرانوديوريت السبيل " من غرانوديوريت متوسط ذي حبيبات متوسطة الحجم رمامدية مخضرة. وبسبب وجود نسبة مرتفعة من الهورنبلند والبيوتيت، فإن لون الصخر قائم نسبياً. كذلك فإنه يوجد مكتنفات قطرها 1-2 سم مافية التركيب. ويبدو أن نسبة المعادن القائمة والمكتنفات من الصفات الموجودة أيضاً في وحدتي قارة والشعار. تزداد نسبة الكوارتز والفلسبار البوتاسي من وحدة السبيل إلى الشعار إلى قارة ومن ثم فإن نسبة المعادن القائمة تقل في الاتجاه نفسه. كما أن حبات الصخر تصبح أكبر حجماً (Ibrahim and Rabba, 1988). يذكر هنا أن وحدة غرانيت قارة هي أكثر وحدات هذا النسق انتشاراً وتساوي قرابة 60% منه (McCourt, 1990). أنظر شكل 7.1 للتعرف على طبيعة التركيب الكيميائي لهذه الصخور الكلسقلوية. ويقدر الحد الأدنى لعمر نسق الرمان بأنه ٦٠٠ مليون سنة.

رابعاً: نسق العرف البورفيرى Urf Porphyritic Suite

يتميز هذا النسق بعدد كبير من الوحدات تبلغ ثمانية هي وحدات: البراق والمرصد والمحيرد والرييق والفلك والأبيض والحنيك والملقان. معظم وحدات هذا النسق مكونة من

الغرانوديوريت الى المونزوغرانييت البورفيرى إلا وحدة الملقان فهي ليست بورفيرية. يغلب عليه التضاريس المنخفضة ولون التجوية الأبيض الرمادي. كما أنه مقطع بعدد كبير من القواطع. معظم القواطع قاعدية التركيب ولكن توجد القواطع الحامضية غرانيتية التركيب. تنتج البنية البورفيرية عن وجود بلورات فلسبار كبيرة نسبيا من الأورتوكلاز البيرثيتي مع القليل من البلاجيوكلاز. تتضح الصفة البورفيرية أكثر ما يمكن في وحدتي الفلك والربيق. تشذ وحدة الملقان عن جميع الوحدات السابقة. وعلى الرغم من أن لها علاقة واضحة بوحدة "الأبيض" إلا أنها ليست بورفيرية ولونها أبيض وهي شديدة التجوية وكثيرة القواطع. أنظر شكل 1٧. للتعرف على التركيب الكيميائي لهذا النسق. يتراوح عمر نسق العرف حول ٦٠٠ مليون سنة (McCourt, 1990).

خامسا: نسق اليتم الغرانوديوريتي Yutum Granodiorite Suite

نسق اليتم أكثر أنساق معقد العقبة تكشفاً وأسهلها وصولاً. فهو الذي يكون صخور الجبال الواقعة شرقي العقبة مباشرة. وهو الذي يرى على طول الطريق الى العقبة في وادي اليتم وعلى جانبيها. ويستمر ظاهراً على يمين المسافر الى عمان حتى نهاية تكشفات معقد العقبة أو صخور ما قبل الكميري قرب الراشدية (شكل ٨,١ أ صورة جنوب شرق الراشدية). ثم يستمر شرقاً حتى مدخل وادي رم. ويوجد تكشف كبير آخر في أقصى جنوب الأردن (شكل 3.1). من أهم وحداته "مونزوغرانييت أبو جدة" و "مونزوغرانييت العمران. بالإضافة الى عدد أقل أهمية من الوحدات الموجودة في جدول 1.1. أما غرانيت الحمرة و غرانيت المبارك فكلهما تابع لمعقد العربية وليس الى معقد العقبة كما هو مذكور في مكورت (1990).

تتميز صخور هذا النسق بلونها الزهري المحمر وبنسبة عالية من الفلسبار البوتاسي وبعدم وجود البنية البورفيرية أو التورق. كما يتميز بنسج صخوره بأنه متوسط الى خشن الحبات وباللون الفاتح لهذه الصخور بسبب قلة المعادن المافية. التركيب المعدني لمونزوغرانييت العمران هو الكوارتز والفلسبار البوتاسي مع كميات أقل من الهورنبلند والبيوتيت. يوجد به مكتنفات واضحة من غرانوديوريت السبيل. أما وحدة أبو جدة التي تقع في أقصى الجنوب فهي أيضا مكونة من الفلسبار البوتاسي والكوارتز. أنظر شكل 1٧. للتعرف على التركيب الكيميائي لهذا النسق. عمر هذا النسق هو الأحدث في معقد العقبة ولا نظنه يقل عن ٦٠٠ مليون سنة للأسباب التي ذكرناها في عمر النسق السابق.

سادسا: صخور القواطع في معقد العقبة

لا يكاد نسق من أنساق معقد العقبة يخلو من قواطع. غير أن نسبتها متغيرة من نسق لآخر. فهي قليلة جدا في بعضها وتصل الى قرابة 40% من الصخر في بعضها الآخر. أما عن تركيبها فهو جد متغير، غير أنها يمكن أن توضع في المجموعات الرئيسية التالية: بازلتية (دوليريتية) وأنديزيت بورفيرى ولامبروفير وكوارتز بورفيرى و غرانيت ناعم microgranite. أما عن علاقاتها العمرية المتبادلة فالموضوع أيضا معقد. إلا أن الملاحظة التالية تقريبية. فالقواطع البازلتية أقدم من القواطع الغرانيتية وأحدث منها. والغرانيتية تقطع الانديزيتية واللامبروفيرية. القواطع البازلتية القديمة سميكة نسبيا وقد تصبح حباتها في وسط القاطع قريبة من الغابرو. أما البازلتية الحديثة فأقل سمكا. وتدل الملاحظات الميدانية على أن القواطع تزداد نسبة وجودها في الصخر بشكل ملحوظ في نسقي الرمان والعرف

مقارنة بنسق اليتم. كذلك فإنها تكاد تنعدم أو هي قليلة جدا في وحدة منزوغرانيت الحمرة من معقد العربية الذي سندرسه لاحقا. ويمكن القول بشيء من التعميم أن القواطع تزداد نسبتها مع عمر النسق (Abed, 1985)). وهو ما يوضحه شكل ٩,١ المأخوذ من عابد (١٩٨٥).

تمتد القواطع بشكل رئيسي في اتجاه N-S, SW-NE وأقل من ذلك E-W. وهي بهذا تكون بشكل عام موازية لاتجاه الصدوع في المنطقة. وقد ذكر بندر (1974) ثم مكورت (1990) أن هذا الاتجاه ربما كان اتجاه الشقوق في القاعدة اليريكاميرية مسجلة منطقة ضعف نشطت في العصر الثلاثي من جديد وكونت هذه الصدوع الموازية للقواطع. أما عن أعمار القواطع فلم تجر قياسات العمر على عينات من القواطع. غير أن هناك ثلاث حقائق يمكن أن تذكر هنا:

أ- أن القواطع بشكل عام أحدث من صخور معقد العقبة لأنها تقطعها. ولكن يجب الانتباه هنا أن هناك أطوارا للقواطع فهي في أعمار مختلفة أحدث أو أقدم من بعض الأنساق.
ب- أن لا قاطع من هذه القواطع يخترق صخور حقب الحياة القديمة الرملية. فهي أقدم من ذلك.

ج- وهي قطعاً أقدم من سطح التسوية peniplanation surface الذي يمثل سطح عدم التوافق بين صخور القاعدة وصخور الحجر الرملي الباليوزوي (صورة شكل ٨,١ ب).
ويبدو أن هناك طورا واضحا من تشكل القواطع عند نهاية معقد العقبة وقبل أن يبدأ معقد العربية في التكون. غير أن جرار يرى في مناقشة معه (١٩٩٩) أن جميع القواطع التي تقطع معقد العقبة هي في حقيقتها من عمر معقد العربية.

جدول ٥,١

التحليل الكيماوي لبعض عينات معقد العقبة (بندر ١٩٧٤، مكورت ١٩٩٠).

Nb	Y	Ba	Rb	Zr	Sr	K2O	Na2O	CaO	MgO	Fe2O3	Al2O3	TiO2	SiO2	
						٤,٢٦	٣,٨٨	٠,٥٢	٠,١٦	٠,٩٢	١٤,١	٠,٠٥	٧٥,١	١
						٣,٦٤	٤,٥٧	١,٢٧	٠,٦١	١,٤٣	١٦,٧	٠,٢٦	٦٩,٧	٢
						٢,٦٥	٣,٦٩	٢,٧٦	٢,١٩	٣,٦٥	١٦,٢	٠,٤٣	٦٥,٨	٣
١٢	١٥	١٢٠	١٤٠	٦٩	٥٧	٥,١٩	٣,٥١	٠,٥٩	٠,١٩	١,٥٥	١٢,٤١	٠,١٩	٧٥,٩٤	٤
٦	١٣	٧٥٧	١٢١	١٢٢	٢٠١	٤,٨٩	٣,٧٩	١,١٥	٠,٤٤	١,٧١	١٣,٤٩	٠,٢٤	٧٣,٤٥	٥
٧	١٦	١٤٢٩	٩٣	١٨٦	٤٤٤	٤,١١	٤,٢٧	٢,٢٠	٠,٩٢	٣,٢٦	١٥,١٧	٠,٤٨	٦٨,٩١	٦
٥٧	٣٩	٢٠	١٩٥	١٢٢	١٢	٤,١٨	٤,٤٣	٠,٣٣	٠,٠٣	١,٢٦	١٢,٣٠	٠,٠٦	٧٧,٠٦	٧
١١	٣١	١٣٣٧	١٥٤	٢٠٧	١١٠٦	٤,٠٤	٣,٧٥	٦,٨٨	٣,٣٨	٩,٠٠	١٩,٠٩	١,٢٧	٤٩,١٦	٨
٨	٢٠	٧٥٠	٩٤	١٩١	٣٦٠	٣,٥٠	٤,٣٥	٢,٨٨	١,٤٨	٣,٩٣	١٥,٤٧	٠,٤٧	٦٦,٧٣	٩
٩	٢١	٦٩٩	١٢٠	١٤٣	٢٩٥	٤,٠٣	٤,١٢	١,٨٣	٠,٧٨	٢,٩٤	١٤,٤٩	٠,٣٤	٧٠,٩٤	١٠

٢,٣,١ معقد العربية Araba Complex

معقد العربية أحدث من معقد العقبة ويفصلهما سطح عدم توافق إقليمي. وقد وضع الحد الفاصل بينهما حوالي 600 مليون سنة قبل الآن. تسود صخور معقد العربية في شمال وادي عربية وغور الصافي مع وجود تكتشفات محدودة لصخور معقد العقبة في هذه المنطقة (شكل ٥,١). أما الجدول ٦,١ فهو مجموعة من الأعمار الإشعاعية فوق سطح عدم توافق الإقليمي التي جمعها مكورت (١٩٩٠) لمعقد العربية من عدد من الباحثين.

جدول ٦,١

أعمار إشعاعية جمعها مكورت (١٨٨٩) عن معقد العربية من

Brook 1987; Lenz et al., 1972

الصخر أو النسق أو الوحدة	العمر Ma	طريقة التأريخ
بركانيات نسق أحيمر	7 ± 471	K/Ar
مونزو غابرو قتي	210 ± 480	Rb/Sr
بركانيات نسق أحيمر	6 ± 510	Rb/Sr
بركانيات نسق أحيمر	10 ± 525	K/Ar
وحدة ريوليت قصيب	39 ± 532	Rb/Sr
نسق غرانيت فينان الناعم	30 ± 538	Rb/Sr
بركانيات نسق أحيمر	8 ± 542	K/Ar
بركانيات نسق أحيمر	10 ± 560	Rb/Sr
بركانيات نسق أحيمر	8 ± 574	K/Ar
مونزو غابرو قتي	8 ± 585	K/Ar
مونزو غابرو قتي	8 ± 594	K/Ar

يتكون معقد العربية من " مجموعة Group " واحدة هي مجموعة الصافي وهي الأقدم وثلاثة أنساق أحدث منها هي: نسق فينان الغرانيتي (أو النسق البلوتوني القلوي) ونسق الغوير البركاني ونسق القرينفات. لاحظ أن نسق الغوير البركاني قد وضعه مكورت (1990) ضمن معقد العقبة ونضعه هنا تبعا لدراسات جرار (مناقشات شفوية ١٩٩٩). نذكر هنا أن معقد العربية تغلب عليه الصخور البركانية بعكس معقد العقبة الذي يخلو منها. وبنفس الكيفية فإن وحدة سيانو غرانيت الحمرية ومونزو غرانيت المبارك قد وضعها مكورت (1990) ضمن معقد العقبة في نسق الينم. وقد كانت مشكلة له عند تحليل الوضع التكتوني للصخور البلوتونية لمعقد العقبة وكيفية تشكل هذا المعقد. وبوضع هاتين الوحدتين ضمن معقد العربية تنتهي هذه المشكلات لان بإمكاننا عندها أن نفسر نشأتها على أنها من النشاط الماغماتي في داخل الصفيحة within - plate granite . وهي المرحلة التطورية الأقرب إلى الصواب إذا نظرنا إلى تطور الدرع العربي جميعه كما سنعمل في نهاية هذا الفصل (الشنطي ١٩٩٣). وفيما يلي تفصيل لمكونات معقد العربية.

1.2.3.1 مجموعة الصافي Safi Group

سميت بهذا الاسم نسبة الى بلدة الصافي الواقعة قرب النهاية الجنوبية الشرقية للبحر الميت حيث تتكشف أيضا أفضل مواقع هذه المجموعة الممتدة من شرق بلدة الصافي (وادي السرموج) حتى مصنع البوتاس الى الشمال. غير أن هناك اكتشافا آخر مهما للمجموعة في منطقة وادي أبو يرقة شرقي قاع السعيديين وتكتشفات صغيرة في وادي أبو خشبية الى الشمال قليلا (شكل 4.1 و ٥,١). تقسم هذه المجموعة الى قسمين واضحين أطلق على كل منها تكوين formation. وقد عوملت بذلك معاملة تقسيمات الصخور الرسوبية. وهي في الواقع كذلك كما سنوضح بعد قليل. أما التكوينان فهما:

الأقدم: كونغولوميرات (رواهص) السرموج
الأحدث: بركانيات حيالة الفتاتية

أولاً: كونغلوميرات السرموج Saramuj Conglomerates

لقد ذكر كونفلوميرات (رواهص) السرموج أو وصفها خلق كثير بدأ من بلانكنهورن (Jarrar, 1991, McCourt, 1990; Powell, 1988; Bender, 1974 et al., Burdon, 1939; Blake and Ionides (1959)). وقد سميت كذلك نسبة الى وادي السرموج الواقع شرق بلدة الصافي.

أ- وصف التكوين

سمك رواهص السرموج في منطقة غور الصافي هو 200 م تقريباً. غير أن سمك 400 م قد سجل في بئر الصفرا البترولي الجاف جنوب شرق عمان. وهي أقل سمكا في المواقع الأخرى في وادي عربة الموضحة في الشكل ٤,١.

يمكن تقسيم تكوين رواهص السرموج الى سحنتين تتعاقبان في الترسيب هما:

- سحنة الرواهص conglomerate facies
 - سحنة الحجر الرملي الأركوزي arkosic sandstone facies
- غير أن الواقع يشير الى وجود سحنة أخرى تختلط فيها السحنتان بنسب متفاوتة. أنظر شكل 10.1 الذي يوضح عدة مقاطع في السرموج في غور الصافي مع اتجاه النقل فيها (جرار وآخرون 1991).

١. سحنة الرواهص Conglomerate facies

تتكون هذه السحنة من فتات الصخور النارية الأقدم من السرموج. تتفاوت الفتات في حجمها الذي قد يصل الى الجلاميد الذي يزيد قطرها على المتر خاصة في وادي السرموج نفسه. وهي أي الحبات إما متراسة مرتكز بعضها على بعض أو مرتبطة بأرضية من مادة ناعمة من الحجر الرملي الذي عادة ما يكون أخضر اللون. ومن ثم فإن رواهص السرموج ليست جيدة الفرز ويمكن أن يقال أنها ثنائية الحبات bimodal. ومن الصعب أن يتحدث عن ترتيب لحبيبات الصخر إلا في بعض الحالات الخاصة التي وجد فيها أنها تصبح اكبر حجماً نحو الأعلى في بعض الطبقات.

ويبدو أن حبات هذه الرواهص تحوي معظم صخور معقد العقبة خاصة البلوتونية منها. ففي منطقة غور الصافي يمكن أن تحدد أنواع كثيرة من الصخور الغرانيتية المشتقة من نسق اليتم ونسق رحمة المتورق ونسق العرف البورفيري ونسق الرمان بالإضافة الى صخور القواطع المختلفة التي تقطع معقد العقبة. وفي تكشف وادي أبو برقة يمكن ملاحظة وجود فتات الصخور المتحولة أيضاً.

حبات الصخر المكونة لرواهص السرموج جيدة الاستدارة خاصة في الفتات كبيرة الحجم (شكل ١١,١). وتزداد شدة الاستدارة بزيادة الحجم. أو إن شئت يمكن أن ترى حبات أقل استدارة أو مزوّاة في الفتات الصغيرة (شكل ١٢,١). ويمكن أن يلاحظ أن تكشف وادي أبو برقة يبدي حبات أقل استدارة من تكشف غور الصافي. يعتقد البعض (Powell, 1988; McCourt, 1988) أن شدة الاستدارة الملاحظة في السرموج ناتجة عن عملية نقل طويلة أدت الى بري هذه الحبات واستدارتها. لكنني أعتقد أن الترسيب السريع للسرموج وطريقة نشأتها لا تساعد في هذا التفسير. ويمكن أن تفسر الاستدارة الجيدة ولو جزئياً بالتقشر exfoliation الذي يصيب فتات الصخر بسبب طول بقائها تحت حرارة الشمس، خاصة

الكبيرة منها، والذي يؤدي الى استدارة جيدة. ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة الآن في جنوب الأردن حيث جلاميد الغرانيت وحباتها الكبيرة جيدة الاستدارة دون عملية نقل بالمرّة. وسنعود الى هذا الموضوع لاحقا في حديثنا عن بيئة ترسيب السرموج.

٢. سحنة الحجر الرملي الأركوزي arkosic sandstone facies

توجد صخور هذه السحنة على شكل طبقات متعاقبة مع الطبقات الخشنة المذكورة أعلاه. التركيب المعدني لهذه الصخور الرملية يغلب عليه الأركوز وفي بعض المناطق تقل نسبة الفلسبار ليصبح تحت أركوز. أما لونه المخضر فبسبب وجود معادن الإبدوت والسيرسيت والكلوريت. وهذه ناتجة عن عملية تحول منخفض جدا very low grade. حجم حبات هذه الصخور يتراوح بين الخشن الى المتوسط. والطبقات قد تكون كتلية بمعنى أنها لا تحوي تراكيب رسوبية أولية. ويوجد بها التطبق المتقاطع cross-bedding (شكل ١١، ١). وهذا الأخير موجود منه التطبق المستوي planar والمماسي والقاعي trough. وقد أجرى جرار وآخرون قياسات لهذه التراكيب الأولية فوجدوا أن اتجاه التيار الناقل والمرسب لها هو من الجنوب الشرقي الى الشمال الغربي (شكل 10.1). وقد أكد ذلك القياسات التي أجريت على حبات الرواهص في السحنة السابقة التي بها استطالة.

ب- عمر تكوين السرموج

خلص جرار وآخرون (1991) إلى أن عمر تكوين رواهص السرموج يقع بين 595-600 مليون سنة. وقد بنى ذلك على ما يلي:

- قاعدة السرموج تقع فوق صخور معقد العقبة الكلسقلوية المقدر عمرها في العناوين السابقة على أنه يقع بين 600-625 مليون سنة والمفصلة عنها بسطح عدم توافق إقليمي (جدول 1.1).

- وقد وجد في تكشف غور الصافي الرئيسي أن صخور السرموج مقطوعة بجسم ناري تركيبه مونزوديوريت monzodiorite stock عمره المطلق 595 مليون سنة. ومن ثم فإن السرموج يجب أن تكون ترسبت في فترة 5 ملايين سنة بين 595 - 600 مليون سنة. وهذا العمر مخالف لما ذهب اليه مكورت (1990) من أن عمر السرموج هو 560 مليون سنة. ويبدو أن من أسباب ذلك الاختلاف في تحديد عمر مونزوديوريت القنية.

- إعتبر مكورت فئات الغرانيت الأحمر آتية من غرانيت الحمرة حديث العمر حديث نسبيا. غير أن جرار وآخرون (1991) يقولون بأن الغرانيت الأحمر الموجود فئاته في السرموج ليس غرانيت أحمر ولكنه أدامليت من معقد العقبة عمره 600-625 مليون سنة.

- مقارنة بلوتون قني في الأردن (الذي قطع السرموج) بمثيلاته في السعودية ومصر. وقد أخذ مكورت (1990) عمر بلوتون مشابه لقني يقع جنوب العقبة في معقد السودا وعمر 4 ± 553 مليون سنة. في حين حدد جرار وآخرون عمر قني مونزوديوريت على أنها 595 مليون سنة.

ويبدو أن الأدلة أعلاه تشير الى أن عمر السرموج واقع بين 595-600 مليون سنة وليس العمر الأحدث الذي ذهب اليه مكورت.

ج- بيئة ترسيب السرموج

مما سبق يبدو أن السرموج قد ترسبت في فترة قصيرة جدا هي 5 ملايين سنة. وقد أتفق الباحثون على أن الترسيب قاري وليس بحريا. أي أنها ترسبت في أحواض قارية بين جبلية ناشئة عن الصدوع intermontane basins. أما وسيلة النقل فهي أنهار متشعبة (Jarar et al., 1991; Powell, 1988). ان سرعة الترسيب هذه التي أشرنا إليها تسمح بفرز سيء ونقل حبات صخرية قد تصل الى 4 أمتار شوهدت في سحنات الرواهص التي هي

مراوح أودية alluvial fan. هذه شواهد مؤيدة لسرعة الترسيب. ولكنها لا تفسر الاستدارة الشديدة بالنقل الطويل التي أشار إليها مكورت وبويل. وأعتقد أن عملية التقشر بحرارة الشمس في القارة قد تكون المسؤولة عن الاستدارة الجيدة للحبات الكبيرة التي سرعان ما تحمل مسافات قصيرة وترسب. أنظر شكل (13.1) الذي يفسر هذه النشأة في خطوات أربعة (جرار وآخرون 1991). ثم لا بد من الإشارة إلى أن تكشفات السرموج الأربعة موجودة على طول وادي عربة الأوسط والشمال. وهذا ما دعا بندر (1974) إلى افتراض وجود منطقة ضعف على طول وادي عربة منذ زمن ما قبل الكامبري. غير أن وجود السرموج في مناطق بعيدة كبنر الصفر لا يؤيد مثل هذا الفرضية أو على الأقل يؤيد وجود أحواض مماثلة كما هو موجود في وادي عربة منذ ذلك الزمان (Abed, 1985). ومن المناسب ذكره هنا أن هناك توضعات شبيهة بالسرموج في سيناء والصحراء الشرقية (الحمامات) وشمال غرب السعودية (مجموعة مردمة) نشأت بالكيفية ذاتها تقريبا. ويعد هذا دليلا سلبيا على وجود منطقة ضعف موروثية في وادي عربة منذ ما قبل الكامبري (Abed, 1985). بقي أن نذكر أن ترسيب السرموج والنشاط البركاني الذي أعقبها يعد المرحلة النهائية للحادثة الحرارية عبر إفريقيا التي تحدثنا عنها في بداية هذا الفصل.

ثانيا: تكوين حيالة البركاني الفتاتي Haiyala Volcaniclastic Formation

اختصارا ندعوه تكوين حيالة. يقع مباشرة فوق تكوين السرموج وينتهي بسطح عدم التوافق الإقليمي الشهير الذي يفصله عن صخور الحجر الرملي التابعة لحقبة الحياة القديمة. سمي بندر (1974) هذه الصخور تتابع الأردواز - غريواكي Slate-Greywacke Series. يتكشف المقطع المثالي لهذا التكوين على السفح الأسفل الغربي لجبل حيالة الذي يقع مباشرة جنوب وادي أبو برقة ويمكن الارتقاء إليه من على المنحدر الجنوبي لوادي أبو برقة في تسلق ليس سهلا لكنه يرى منظرا أخضر جميل لهذا التكوين. المنطقة واقعة على بعد 80 كم شمال العقبة.

صخور هذا التكوين ليست أردواز ولا هي غريواكي كما ذهب إليه بندر (1974) على الرغم من أنها تبدو كذلك للوهلة الأولى. يعلو هذا التكوين تكوين السرموج في هذا الموقع بسطح عدم توافق. سمك تكوين حيالة 200-220م. وهو مكون من تعاقب طبقات من من الفتاتيات البركانية pyroclastics مع الغضار shale وحجر الغرين siltstone (شكل 14.1). ويمكن ملاحظة السحنتين التاليتين:

أ- سحنات الفتاتيات البركانية التي تبدي تدرجا واضحا graded أو تصبح ناعمة نحو الأعلى في الطبقة الواحدة التي دعاها بندر غريواكي.

ب- سحنات الغضار والغرين الناعمة التي دعاها بندر أردواز. وهي عبارة عن رماد بركاني ناعم ترسب في بيئة بحيرية (McCourt, 1990, Jarrar et al., 1991). هذه السحنة الأخيرة سمك طبقاتها في حدود الملمتر.

أما أدلة أنها ترسبت في بيئة مائية فهي:

- التدرج الموجود في طبقات الفتاتيات البركانية التي قد تصل إلى المتر في سمكها غير أنها ربما لا تزيد عن بضعة سنتيمترات في الكثير من الحالات.
- وجود علامات النيم الموجية wave ripple marks
- وجود تشققات الطين
- وجود آثار نقاط المطر rain drops.

ويبدو أن رواسب تكوين حيالة قد نتجت عن تجمع الفتاتيات البركانية والرماد البركاني المتساقط في بحيرة ربما كانت فوهة بركانية كبيرة أو حوضا صدعيا. يساعد في هذا

التفسير وجود انصبابات بركانية ريوليتية وطبقة من الاغمبريت مصاحبة لتكوين حيالة (Jarrar et al, 1991).

2.2.3.1 النسق البلوتوني القلوي او نسق فينان الغرانييتي

يتكون هذا النسق من مجموعة من الوحدات يقع معظمها في شمال وادي عربية. وتتميز جميعها بأنها قلووية التركيب الكيميائي وليس كلسقلوية مثل معقد العقبة. كما أنها تعد آخر النبضات البلوتونية (الجوفية) في الدرع العربي النوبي أو حادثة عبر إفريقيا الحرارية. أما عمرها فيتراوح بين 540-600 مليون سنة. فهي أحدث من مجموعة الصافي التي وصفناها قبل قليل. يرجى ملاحظة أن هذا النسق يضم وحدتين صنفهما مكورت (1990) ضمن نسق اليتم من معقد العقبة هما وحدة الحمرة Humrat syenogranite ووحدة مونزوغرانييت المبارك.

تتكشف صخور هذا النسق بين وادي حور وجبل حمرة فيدان. أي شمال وسط وادي عربية (شكل 4.1 و ٥,١). يوضح الجدول 1.1 وجود 8 وحدات في هذا النسق. يمتد عمرها بين 540-600 مليون سنة (Jarrar, 1992; 1983; Bender, 1974; Brook and Ibrahim, 1987) (Jarrar et al., 1987)

تشكل وحدة "سيانوغرانييت فيدان" أكثر من ٨٥% من صخور النسق المتكشفة. وهي مكونة من حبيبات متوسطة الحجم ومتساوية تقريبا حمراء اللون. أما "وحدة السيل" فهي مكونة من أبلوغرانييت بيوتيتي هورنبلندي. لونها زهري أبيض وأرضيته ناعمة الحبات سكرية مع حبات خشنة نسبيا من الهورنبلند والبيوتيت. وحدة "هارون" مكونة من غرانييت ناعم بورفيرى الى حد ما يصبح أحمر اللون عندما يتجوى. فيه كوارتز شفاف وفلسبار بوتاسي كبير البلورات نسبيا. أما وحدة "الحمرة" فهي مكونة السيانوغرانييت الأحمر اللون متغير في حجم حباته من ناعم الى متوسط. ومكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي. أنظر الشكل ٧,١ للتعرف على موقع هذا النسق من حيث تركيبه الكيميائي (McCourt, 1990; Barjous, 1988).

تحتل وحدة "مونزوديوريت قنية" وضعاً خاصاً ورد ذكره عند الحديث عن روافض السرموج. فصخور هذه البلوتون قاطعة للسرموج بحيث يوجد منطقة تحول عرضها 1 كم تقريبا (Jarrar et al., 1991). لم يضعها مكورت (1990) ضمن وحدات نسق فينان بينما وضعها جرار. ويبدو أن العمر والتركيب المعدني لصالح وضعها مع هذه النسق. قدر جرار وآخرون عمرها على أنه 595 مليون سنة.

توجد صخور هذه الوحدة عند النهاية الجنوبية الشرقية للبحر الميت قرب وادي قنية. تتكشف صخور وحدة قنية بين صدعين يتجهان 30° في منطقة وعرة. ومن ثم فإن صخورها متأثرة جداً بالتكتونية المحلية. وهي مكونة من صخور غير متجانسة ولكنها في العموم خشنة الحبات المتساوية الحجم أو البورفيرية أحياناً. أما معادنها فهي الفلسبار البلاجيوكلازي والبيوتيت وغيرها من المعادن المافية القاتمة. وقد وصفها جرار وآخرون (1991) على أنه سيانوديوريت وليس مونزوغابرو كما يظهر في مكورت (1990).

وقد يكون من أهم خصائص هذا النسق أنه نادراً ما تقطعه القواطع. ويبدو أن نوعاً واحداً من القواطع الدوليريتية هي التي تقطعه.

3.2.3.1 نسق الغوير البركاني Ghuweir Volcanic Suite

يظهر في شمال وادي عربية عند ملتقى وادي ضانا بوادي الغوير وامتداده في وادي الغوير حيث التسمية. كل ذلك شرقي فيدان أو أن شئت شرقي بلدة القريقرة بحوالي 10 كم (شكل

٥١). وهو مكون من صخور بركانية يغلب عليها اللون الأخضر متوسطة الى قاعدية التركيب (أنديزيت بازليتي الى أنديزيت) يصاحبها الطف البركاني والأغلوميرات. وتقطعها قواطع من صخور الغرانيت الناعم aplite التي تحمل مكتنفات من نسق الغوير. ويبدو ان عدة عمليات قد أسهمت في تعقيد تركيبه الكيميائي والمعدني. منها الانصهار الجزئي لمصدر مافي وتبلور تفاضلي ومحاليل لاحقة وتداخل مع مواد القشرة الأرضية (Barjous, 1988 ; Al-Bakri, 1990 ; Rabb'a 1994). ولمزيد من التفاصيل حول التركيب الكيميائي والمعدني ونشأة الصخور. انظر أطروحة نادية البكري (١٩٩٠).

4.2.3.1 نسق أحيمر-قيرانيفات البركاني volcanic Suite Aheimir and Qirenifat

هذا هو النسق الأكثر حداثة في صخور ما قبل الكمبري في الأردن. ليس من شك أن صخوره قلووية أيضا وهي المكافيء البركاني لنسق فينان البلوتوني. وفيه خمس وحدات تمتد من وسط وادي عربة (وادي قصيب مسيمير اللذين يقعان جنوب أبو برقة) وحتى فينان شمال. ويمتد النسق على شكل نطاق ضيق يتراوح عرضه 2-4 كم. أما طوله فقرابة 70 كم. وهو تقريبا مواز لصدع وادي عربة في ذلك المكان. ولا يمكن للمسافر في وادي عربة إلا أن يراه بلونه الأحمر المميز خاصة شرقي منطقة بير مذكور. جبل الطيبة في هذا الموقع هو من ضمن هذا النسق.

وحدات قصيب ومسيمير تتكشفان في وادي قصيب ومسيمير بين غرندل ووادي أبو برقة 65 كم شمال العقبة في وادي عربة. وكلاهما مكون من صخور بركانية ناعمة ريوليتية على شكل حمم بركانية او جدد Sills. كذلك توجد صخور الطفة البركانية وصخور الاغنبريت والطفة الملتحمة عند النهاية العليا لهاتين الوحداتين، وكذلك توجد بعض الأغلوميرات وصخور الحجر الرملي والغرين والجدد السميكة من الريوليت والفلسيت. أرضية هذه الصخور ناعمة جدا ومكونة من الكوارتز والفلسبار البوتاسي والكثير من الهيماتيت.

أما "وحدة المفرد" فهي مكونة من الرواهص ويمكن أن تعطى اسم تكوين formation. وتقع على الطرف الجنوبي لوادي أو خشبية 100 كم شمال العقبة في وادي عربة. وهي في هذا الموقع توجد متعاقبة مع وحدة مسيمير سابقة الذكر. فتات الصخر المكون لهذا التكوين (المفرد) مزواة وسيئة الفرز. تتراوح حجوماها بين الحصى الكبيرة والجلاميد. أما مصدرها فهو إما سيانو غرانيت نسق فينان أو الصخور المتحولة لنسق أبو برقة أو خليط منهما. يقطع الوحدة بعض القواطع من الدوليريت والبيغماتيت والكوارتز بورفيريت التي يمكن أن يكون مصدرها وحدة البيضا الأحدث في نسق أحيمر.

"وحدة البيضا" لونها أحمر ونسيجها بورفيريت. وهي مكونة من الكوارتز بورفيريت والكوارتز كيراتوفير والأورثوكلاز بورفيريت والفلسبار كوارتز بورفيريت. أما وحدة "رواهص الزبدة" فقد وصفناها بالتفصيل تحت عنوان تكوين أم غضاة (عميرة وعابد ٢٠٠٠) في نهاية هذا الفصل.

أما عن عمر هذا النسق فيبدو أنه المكافيء البركاني لنسق فينان البلوتوني سابق الذكر. ومن ثم فإن عمره يمتد بين 540-600 مليون سنة (جرار وآخرون، Bender, 1974; Brook, 1987; and Ibrahim, 1987; McCourt, 1990).

بقي أن نصف علاقة نسق أحيمر بصخور الباليوزوي الرملية التي تعلوه. فقد ظن بندر أن بعض صخور هذا النسق في وادي أبو خشبية والبيضا تقطع صخور الكمبري الأوسط الرملية. حدث ذلك لسببين: أولهما أن عمر هذه الصخور المطلق قد وجدها بندر مساوية 538 مليون سنة. وهذا العمر هو عمر الكمبري الأوسط في ذلك الزمن الذي كتب فيه بندر

كتابه أي عام 1968. وثانيهما أنه في بعض المواقع (وادي أبو خشبية مثلا) توجد صخور نسق أحيمر على شكل قاطع في صخور تكوين أبو خشبية الرملية من الكمبري الأوسط. وهو ليس كذلك لأن الموقع ذاته ليس فيه ما يدل على حدوث قاطع لهذه الصخور. بل الموجود هو تضاريس سابقة من صخور ما قبل الكمبري ترسب عليها تكوين أبو خشبية وبقيت متداخلة معه. يدل على ذلك فتات نسق أحيمر الموجودة في الصخر الرملي بجوار التضاريس القديمة (شكل 15.1). بقي أن نذكر أن سطح عدم التوافق بين نسق أحيمر في وادي عربة ليس مستويا كما هو الحال في منطقة القويرة وادي رم حيث لا يوجد هذا النسق.

4.1 تطور صخور القاعدة الأردنية

كنا قد تحدثنا في بداية هذا الفصل بشكل مختصر عن نشأة الدرع العربي النوبي والمراحل الثلاث التي مر بها. نعود الآن الى هذا الموضوع في محاولة أكثر عمقا لفهم تطور هذا الدرع. ثم لنحاول بعد ذلك وضع تطور لصخور الأردن البريكمبرية مستفيدين من هذه الصورة الأكبر على اعتبار ان صخور الأردن تشكل الامتداد الشمالي لصخور الدرع العربي في جزيرة العرب.

1.4.1 تطور الدرع العربي

نعلم الآن كبر مساحة الدرع العربي مقارنة بتكشافته في الأردن. ونعلم أيضا كمية البحوث والدراسات العلمية التي أجريت على الدرع العربي في جزيرة العرب وخاصة في مجال تحديد أعمار الصخور إشعاعيا. ومن ثم فإن ما سنورده بعد قليل لا يعدو ان يكون ملخصا قصيرا لتلك الأعمال الكثيرة. ولحسن الحظ فقد قام الدكتور أحمد الشنطي (1993) بوضع كتاب مستقل حول الدرع العربي ضمنه تلخيصا للبحوث السابقة في هذا المجال يقع في قرابة 200 صفحة. وفي آخره أوجز خلاصة رأيه في تطور الدرع العربي والمعلومات الواردة تاليا مأخوذة عنه بشكل مباشر مع التبسيط وبعض الإضافات وحذف المراجع (ص 145-152).

لقد قسم الشنطي (1993) مراحل تطور الدرع العربي النوبي الى خمس مراحل هي من الأقدم:

١. مرحلة انشطار الراسخ الإفريقي

تمتد هذه المرحلة بين 1200-950 مليون سنة. وفيها انشطر حزام الموزامبيق في الراسخ الإفريقي الى جزئين مكونا حوضا محيطيا الى الشمال الشرقي من الراسخ الإفريقي. تذكر أن القشرة تحت الرواسخ تكون قارية سيالية أي غنية بالسليكون والالومنيوم والبوتاسيوم بعكس القشرة تحت الجزر القوسية (المحيطية) التي تكون غنية بالحديد والمغنيسيوم وقليلة البوتاسيوم. ويبدو أن فرضية الانشطار هذه مهمة في تفسير بعض الحقائق العلمية في الدرع العربي. فإقليم عفيف في شرق الدرع العربي (شكل 16.1) إقليم قاري في مجمل صفاته الجيوكيميائية والنظائرية. ولا يمكن تفسيره بفرضية أقواس الجزر. ومن ثم فإن الرأي مستقر الآن على أن إقليم عفيف وأجزاء من الدرع العربي تقع الى الشرق منه مغطاة برسوبيات حقبة الباليوزوي ربما تشكل القارة القديمة التي انشطرت من حزام الموزامبيق القاري. ويبدو التركيب الكيميائي والنظائر لجبل خداع في إقليم عفيف على أنه مثال للقشرة السيلية القارية. أنظر شكل (17.1) أيضا.

٢. مرحلة نشأة وتكون أقواس الجزر

فرضية أقواس الجزر هي القدرة على تفسير التتابع الطبقي للصخور البركانية والرسوبية وتركيبها الكيميائي والنظائري. ويمكن تفسير تتابع صخور الدرع العربي في أقاليم عسير والحجاز ومدين (شكل 16.1) بهذه الفرضية. الامتداد الزمني لنشأة أقواس الجزر وتكونها هو 710-950 مليون سنة. ومن أدلة هذه الفرضية في هذه المرحلة أن تركيب الصخور الكيميائي يشبه التركيب الكيميائي لأقواس الجزر الحالية في أنه أنسيماطي أي محيطي فقير باليوتاسيوم وغني بالحديد والألومنيوم. أما النظائر المشعة فإن نسبها أدنى بكثير من نسب مثيلاتها القارية وتشبه الصخور المحيطية مثل نظائر الروبيديوم والسترونشيوم والرصاص وغيرها. مثال ذلك نسبة نظائر Sr^{87}/Sr^{86} في إقليم عفيف 0.7070-0.7035 بينما هي في أقاليم أقواس الجزر المذكورة أعلاه 0.7035-0.7020. أنظر المرحلة الثانية في شكل 17.1. نذكر هنا أنه كانت توجد ثلاثة أنظمة من أقواس الجزر هي قوس الحجاز وقوس طريب وقوس الطائف.

٣. مرحلة التقارب والالتحام

تمتد هذه الفترة بين 640-715 مليون سنة. في هذه المرحلة تم التحام الأقاليم الخمسة (شكل 16.1) المكونة للدرع العربي. وتحول الدرع العربي في نهايتها إلى راسخ الدرع العربي الجديد أي الذي تشكل لتوه. وبالرغم من عدم وجود أدلة واضحة على أزمة الالتحام إلا أن انعدام النشاط المغماتي بين 640-715 مليون سنة في أقواس الحجاز والطائف. أما في إقليم مدين - وهو الأقرب إلى الأردن (شكل 16.1) - فقد استمر النشاط المغماتي حتى 600 مليون سنة مع استمرار ظروف البيئة المحيطية سائدة إلى الشمال والشمال الغربي من الراسخ العربي الجديد. لاحظ أن عمر 600 مليون سنة هو العمر الأصغر لمعقد العقبة أي أن أحدث صخور معقد العقبة أقدم من 600 مليون سنة. وسنعود إلى هذا الموضوع عند حديثنا عن تطور الدرع العربي في الأردن. يوضح الشكل 17.1 الكيفية التي حدث بها التقارب والالتحام. ويبدو واضحا من الشكل أن العملية هي عملية غوص لصفحة محيطية (قوس) تحت أخرى مما يؤدي إلى اقتراب القوس من القوس الآخر حتى يلتحم به ويصطدم. ويؤكد الشنطي أن الالتحام بين أقواس الأقاليم الثلاث الغربية (عسير والحجاز ومدين) لم تصاحبه عمليات بانية للجبال بمعنى أنه لم يحدث تصادم بين هذه الأقواس ولم تحدث حركات بانية للجبال Collisional orogeny، بينما حدث ذلك في الأقاليم الشرقيين (عفيف والرين).

٤. مرحلة ما بعد تكون الراسخ العربي Intracratonic activities

وقد دعاها الشنطي "النشاط التكتوني داخل الراسخ Intracratonic tectonism" على اعتبار أن النشاط التكتوني في هذه المرحلة كان بارزا وواضحا غير أننا أيضا معنيون بالنشاط الماغماتي فغيرنا العنوان قليلا. تمتد هذه المرحلة من 550-640 مليون سنة. وفي إقليم مدين في شمال غرب الدرع العربي من 540-600 مليون سنة. فإذا جاز لنا اعتبار القاعدة الأردنية امتدادا لإقليم مدين الواقع في شمال غرب الجزيرة العربية، فإن هذه المرحلة تتطابق تقريبا تماما مع مرحلة معقد العربة. وسنبحث ذلك بعد قليل. من الصخور التي نشأت في هذه المرحلة:

أ- **مجموعة مردمة:** وهي مكونة من صخور رسوبية فتاتية من الرواهص والجريواكي والصوان والرخام وغيرها متحولة إلى سحنة الشست الأخضر مع بركانيات متغيرة التركيب الكيميائي بين متوسطة إلى قلوية. وعمرها يتراوح بين 621-660 مليون سنة.

ب- **مجموعة جبلة:** وهي مكونة أيضا من صخور رسوبية قارية من الرواهص والجريواكي وبركانيات فيضية من البازلت القلوي والرخام والدولوميت والصوان غير

المتحولة. وعمرها يقع بين 535-610 مليون سنة.

ج- صخور جوفية من المونزو غرانيت البيوتيتي (610-640 مليون سنة).

د- تكون الكالديرا في شمال الدرع العربي وظهور المحقونات الجوفية القلوية وفوق القلوية 575-625 مليون سنة.

أما النشاط التكتوني المصاحب لذلك فأهمه تكون **نظام صدوع نجد Najd Fault System** بين 550-630 مليون سنة. وهذه الصدوع تمتد في اتجاه جنوب شرق - شمال غرب. فهي تبدأ من جنوب شرق الدرع في اتجاه خليج العقبة وسيناء. طول هذا النظام الصدعي 1100 كم تقريبا وعرضه يصل الى 300 كم. أما عمر النشاط التكتوني الصدعي فهو بين 530-630 مليون سنة. ويعد هذا النظام آخر حدث ترسخي (نسبة الى راسخ craton) في الدرع العربي. صدوع نظام نجد يوجد عليها حركتان: حركة إزاحة أفقية Strike-Slip يسارية تصل في مجموعها (على النظام جميعه) 250-300 كم. والحركة الثانية عمودية أدت الى تشكل أحواض ترسيبية مهمة ترسبت فيها صخور فتاتية رسوبية منها مجموعة جيلة في شمال الدرع العربي التي ذكرناها أعلاه. تذكر هذا الجزء لأننا بحاجة الى إعادة ذكره عند الحديث عن نشأة صخور السرموج. شكل 18.1 يوضح نظام صدوع نجد. وقد شبه بعض الباحثين ما حدث في هذه المرحلة جميعها بما يحدث من تصادم صفيحة الهند بصفيحة آسيا مع ما يرافق ذلك من صدوع تشبه صدوع نجد مع فيوض بركانية ورسوبيات فتاتية.

٥. مرحلة الهبوط القاري Epicontinental Subsidence

اضمحل النشاط التكتوني في الدرع العربي بعد توقف نشاط صدوع نجد. تبع ذلك مرحلة تسوية Peniplanation و هبوط للدرع العربي ليترسب عليها صخور حقب الباليوزوي الرملية.

وكخلاصة لكل ما تقدم نقول لقد انشطرت الحافة الشمالية الشرقية للراسخ الإفريقي مكونة محيطا قبل 950 مليون سنة. نشأ في هذا المحيط أقواس جزء وأنطقة غوص والتحام وتصادم بين 640-950 مليون ترسخ خلالها الدرع العربي. ثم تبع ذلك نشاط داخل الراسخ أدى الى تشكل أحواض رسوبية امتلأت بفتات الصخور ونشاط مغماتي قلوي.

2.4.1 تطور الجزء الأردني من الدرع العربي

لا يوجد عندنا تنوع صخور الدرع ولا امتدادها الجغرافي أو امتدادها الزمني. ومن ثم فإن المرحلة المبكرة جدا من تطور الدرع غير ممثلة في صخور القاعدة الأردنية. لقد أوضحت الدراسات التي قام بها جرار وآخرون (1983) ومكورت (1990) و السفاريني وجرار (1991) وجرار (1992) وغيرهم مضافا إليها المعلومات السابقة التي تحدثنا فيها عن تطور الدرع العربي وخاصة الجزء الشمالي الغربي منه المتمثل في إقليم مدين مجموعة من الأفكار الرئيسية في تطور الدرع العربي في الأردن أضعها في السياق التطوري التالي:

١. المرحلة الأولى أو مرحلة أقواس الجزر

وقد امتدت هذه المرحلة في الدرع العربي من 710-950 مليون سنة. تمثل هذه المرحلة في الأردن الصخور المتحولة التي يقع عمرها بين 750-800 مليون سنة. ولا يوجد في الأردن صخور بلوتونية أو بركانية تمثل هذا العمر حتى نتعرف من تركيبها على الطبيعة التكتونية التي تشكلت فيها. ولقد أشار جرار (١٩٨٥) وجرار وآخرون (١٩٨٣) في دراساتهم

للصخور المتحولة في وادي أبو برقة الى ان تركيبها الكيميائي يشير الى علاقتها بأقواس الجزر. غير أن ما كتبنا سابقا عن الدرع العربي الإقليمي قد يساعد في هذا التفسير.

٢. المرحلة الثانية: مرحلة التحام الجزر وتصادمها

وهي ممثلة بالصخور البلوتونية لمعقد العقبة التي يتراوح عمرها بين 630-600 مليون سنة. وقد ذكرنا عند وصف هذه المرحلة في الدرع العربي أن هذه الفترة من تطوره لم يرافقها نشاط بلوتوني واضح. وعلى الرغم من أن هذه المرحلة قد انتهت في الدرع العربي عند 640 مليون إلا أن الشنطي أورد أنها استمرت في إقليم مدين في شمال غرب جزيرة العرب وسيناء وشمال الصحراء الشرقية حتى 600 مليون سنة.

ويبدو أن هذه الملاحظات متوافقة الى حد لا بأس به مع واقع الدرع العربي في الأردن. أ- فلا توجد صخور بلوتونية في الأردن أقدم من 630 مليون سنة. ويبدو أنه مثلاً يوجد توقف في النشاط الماغماتي بين عملية التحول التي جرت بين 800-750 مليون سنة في الأردن وحتى 630 مليون سنة.

ب- إن النشاط الماغماتي البلوتوني في معقد العقبة قد استمر بين 630-600 مليون سنة. وهذه الفترة (قاربة 30 مليون سنة) هي نهاية مرحلة الالتحام ومن ثم الانتهاء من تشكل الدرع العربي في الأردن.

يوضح التركيب الكيميائي لصخور معقد العقبة أن ملامح هذه المرحلة وعلى النحو الذي وصفناه في "ب" أعلاه مسجلة في هذا التركيب. وسنحاول فيما يلي أن نبرز بعض هذه الخصائص:

أ- فقد اتفق الباحثون أن صخور معقد العقبة الغرانوديوريتية الغرانيتية جميعها من النوع الكلسقولي (I-type calcalkaline granite) وليست قلوية. أي ليست متشكلة من نشاط مغماتي في داخل الصفيحة بل سابق لها (شكل 7.1). وهذه المعلومات مأخوذة من التركيب الكيميائي العناصر الرئيسية.

ب- غير أن العناصر الثانوية trace elements تعطي معلومات أخرى عن الوضع التكتوني الذي صاحب تشكل معقد العقبة. فعندما نوقع كميات التيتانيوم واليتريوم على مخطط خاص (شكل 19.1) فإن جميع العينات التي استعملها مكورت (1990) تقع في مجال غرانيت أقواس الجزر (VAG) volcanic arc granites Syn-collision granites + (Syn-COLG) أو الغرانيت المصاحب لعملية الالتحام أو الاصطدام. واضح من هذا المخطط أنه كلما قلت كمية Ti و Y فإن الصخور البلوتونية تكون أقرب الى الصخور المحيطية. أما القيمتان اللتان تقعان في حيز WPG (أو within plate granites) فهما من وحدة الحمرة ووحدة المبارك اللتين تتبعان معقد العربية وليس معقد العقبة كما صنفهما مكورت كما يتضح من جدول ١، ١.

ج- إن معدل نسبة نظيري Sr^{87}/Sr^{86} الأولية لصخور معقد العقبة هي 0.7038 ± 0.0003 (عن Jarrar et al., 1983) وهي في نظرهم تمثل مصدرا ليس فيه إلا القليل من الأصل السيليالي القاري أو على حد تعبيرهم فإن المصدر القاري السيليالي في أطواره الأولى juvenile.

د- والخلاصة كما تبدو لنا أن الصخور الغرانيتودية المكونة لمعقد العقبة قد تشكلت في المراحل النهائية لالتحام أقواس الجزر وتصادمها. ومن ثم فهي تعكس الى حد كبير كيميائية هذه الأقواس الجزرية المحيطية. ولما كانت مرحلة الالتحام هي المرحلة النهائية لترسخ الدرع العربي وتحوله الى قشرة أرضية قارية، فإن بعض صفات هذه المرحلة الترسخية cratonization قد برزت أيضا في التركيب الكيميائي والنظائر. ولا يفوتنا ان نذكر القارئ أن عملية الالتحام هذه قد استمرت في إقليم مدين حتى ٦٠٠ مليون سنة وهي النهاية الدنيا لمعقد العقبة.

٣. المرحلة الثالثة: مرحلة النشاط التكتوني التمددي extentional

وهذه المرحلة مساوية لمرحلة معقد العربية وتمتد بين 540-600 مليون سنة. وكما ذكرنا سابقا في تطور الدرع العربي أن نشاطا تكتونيا قويا قد ساد هذه المرحلة ممثلا بصدوع نجد التي كانت تمتد في اتجاه جنوب شرق- شمال غرب وتصل الى خليج العقبة وسيناء ومن ثم الى جنوب الأردن فيما يبدو. ومن شأن هذا النشاط التكتوني التمددي أن يؤدي إلى عمليات رفع وخفض مما ينتج عنه أحواض رسوبية جمعت سمكات كبيرة من الرسوبيات الفتاتية مثل مجموعة جبلة في شمال الدرع العربي ومجموعة الصافي (أو السرموج) في الأردن والحمامات في مصر. وهي متزامنة.

أما النشاط الماغماتي البلوتوني والبركاني في هذه المرحلة فإنه من نوع الغرانيت القلوي أو الريوليت القلوي alkali granites أو A-type granites. وهذا ما ذهب إليه جرار (1992) في تفسير ريوليت وادي مسيمير من معقد العربية (شكل 20.1 مأخوذ منه). هذه النتيجة تعني أن الصخور النارية الممثلة لمعقد العربية أصبحت غنية أو أكثر غنى بالبوتاسيوم والسيليكا. وسبب ذلك عائد الى أن مصدرها الماغماتي قاري وليس محيطيا. أي أن الدرع العربي قد أصبح راسخا قاريا في المرحلة السابقة وأن نشاط هذه المرحلة الماغماتي يعكس مرحلة ما بعد الترسخ أو تركيب غرانيت داخل الصفيحة (within plate granites) WPG. وهذا واضح عند رسم مخطط العناصر الثانوية Rb, Nb, Y في شكل 21.1 من جرار (1992) لريوليت مسيمير من معقد العربية. ولوعدنا لشكل 19.1 لغرانيت معقد العقبة لوجدنا النقطتين اللتين تمثلان وحدتي الحمرة والمبارك تقعان أيضا في منطقة WPG مثل ريوليت مسيمير شكل ٢١,١.

واضح إذن أن معقد العربية قد تشكل في مرحلة ما بعد الترسخ في داخل الصفيحة وأنه لذلك كان قلويا (A-type بركانيا وجوفيا). وأن النشاط الرسوبي الذي رسب أكثر من تكوين من الرواهص في معقد العربية ناتج عن النشاط الصدعي التمددي والحت المصاحب له في داخل القارة (intermontane basin) وأن النشاط البركاني الواسع والمسيطر على معقد العربية قد سهل حدوثه هذه الصدوع التمددية النجدية. وقد يكون مناسبا أن نذكر أن اتجاه صدوع نجد الى الشمال الغربي متفق مع النتيجة الذي ذهب إليها جرار وآخرون (1991) في حديثهم عن نشأة أحواض السرموج وأنها ليست شمال - جنوب (كما ذكر بندر) بل أقرب الى اتجاه صدوع نجد. وهو ما ذهب إليه عابد (1985) قبل ذلك في دراسة حول نشأة وادي عربية.

٤. المرحلة الرابعة: تسوية سطح الراسخ أو الدرع العربي

قلنا قبل قليل أنه في المرحلة السابقة سادت عمليات رفع وخفض وحت وترسيب في أحواض قارية صدعية بين جبلية. يتضح من ذلك أن هذه العمليات التكتونية قد أدت الى أن يصبح سطح الدرع العربي في الأردن مضرسا. ثم توقف النشاط التكتوني والماغماتي عند نهايات المرحلة السابقة وسكن الراسخ وانتهت الحادثة الحرارية عبر إفريقيا Pan African Thermal Even. فساد الحت والترسيب. أدى الحت هذا الى تسوية سطح القاعدة الأردنية (شكل 8.1 ب) الذي يشاهد بشكل رائع في جنوب الأردن من وادي أبو برقة حتى وادي رم.

غير أنه لابد من القول أن سطح القاعدة لم يصبح ممهدا أو مستويا في كل مكان من الأردن. ويمكن مشاهدة مناطق ينخفض فيها سطح القاعدة تاركا أحواضا واضحة ترسبت فيها كميات كبيرة من رمال حقبة الباليوزوي مثل منطقة شمال وادي عربية-غور الصافي. أو مناطق مرتفعة لم يترسب عليها إلا القليل من هذه الرمال مثل المنطقة الواقعة بين صدعي ضانا والسلوان ومنطقة وادي أبو خشبية. وسنعرض الى هذه المسألة بالتفصيل في الفصل

الثاني.

5.1 تكوين أم غضاة Um Ghaddah Formation

١,٥,١ التسمية

هذا التكوين جديد على طباقية حقبة الباليوزوي. فلم يصفه أو يسمه من قبل واحد من العاملين في جيولوجية الأردن. وأول من أطلقه هو عميرة وعابد (Amireh and Abed, 1999). وهذا التكوين يصف الصخور الرملية والرواهص والصخور الرملية الراهصية التي تقع تحت تكوين سلب وفوق صخور القاعدة في أحواض معينة مثل تلك التي ترسبت فيها رواهص معقد العربية. وقد أخذ اسم التكوين من " وادي أم غضاة " الذي يقع شرقي بير مذكور مباشرة حيث تتكشف صخور هذا التكوين بشكل واضح ولكن بسمك غير كبير. وفي هذا المكان فإنها مكونة في جزئها السفلي من الرواهص ثم يسود الرمل فيما بعد. والتكوين موجود في وادي المحرقة فوق السرموج مباشرة شرق مصنع البوتاس. غير أن الذي دفع الباحثين على تتبع هذا التكوين هو سمكه الكبير الذي يبلغ مئات الأمتار الذي وجد في آبار البترول في غرب الأردن كما سنرى. وكان يخلط عادة بتكوين سلب لأنه يشبهه من حيث كونهما مكونين من الحجر الرملي. انظر جدول ١,٢ في الفصل التالي.

٢,٥,١ وصف التكوين

درس التكوين في ثلاثة تكشفات سطحية في أودية أبو خشبية وأم غضاة في وسط وادي عربية. ثم في وادي المحرقة الذي يقع شمال شرق مصنع البوتاس مباشرة. في المقطعين الأوليين يوجد التكوين مباشرة فوق صخور ريوليت أحيمر أما في المقطع الثالث فهو فوق السرموج مباشرة. وقد درس التكوين كذلك في أربعة آبار بترول هي بئر عجلون - ١ (AJ - ١) وبئر مرتفعات الشمال (NH-1) وبئر الحمر - ٢ (HM-2) وبئر وادي سرحان - ٣ (WS-3). أنظر شكل ٢٢,١. وبشكل عام فإن التكوين مكون من سحنتين هما:

أ- سحنة الرواهص الريوليتية

ب- سحنة الحجر الرملي الريوليتي

تكون سحنة الرواهص أكثر وضوحا نحو الجنوب ونحو قاعدة التكوين بينما يسود الحجر الرملي نحو الأعلى ونحو الشمال والشرق.

Rhyolite Petromict Conglomerates الريوليتية

تتكون هذه السحنة من فئات من الريوليت الفلسباثي القلوي المشتق من نسق أحيمر الذي يقع تحته مباشرة في وادي أبي خشبية وأم غضاة. يتراوح حجم الحبات بين الحصى والجلاميد وهي مستديرة غالبا إلا أنها قد تكون تحت مزواة أحيانا. أما الأرضية فهي من الرمل الذي له التركيب الصخري نفسه. ويوجد الهيماتيت كمادة لاحمة. لون السحنة أحمر مميز. الرواهص كتلية التطبيق دون أن يرى فيها تطبيق متقاطع أو طبقات رقيقة. لا تصبح الحبات ناعمة أو خشنة نحو الأعلى أو الأسفل. وقد لوحظ بعض توجيه لحبات الرواهص imbrication دل على اتجاه نقل أت من SSE. شكل ٢٣,١ أ صورة لهذه الرواهص في وادي أم غضاة. بينما شكل ٢٤,١ يوضح مقطعا في تكوين أم غضاة في وادي أم غضاة. وفي هذا المقطع فإن التكوين جميعه مكون من سحنة الرواهص الريوليتية دون وجود لسحنة الحجر الرملي. ويبلغ سمكه ٦٠ م. أما في وادي أبو خشبية فسمك التكوين الأقصى ١٥ م وهو أيضا مكون كلية من الرواهص التي تعلو ريوليت أحيمر (شكل ٢٣,١ ب) أو تعلو رواهص السرموج (شكل ٢٣,١ ج)

تتكون الأمتار العشرة السفلى في مقطع وادي المحرقة من سحنة الرواهص الريوليتية التي تعلو رواهص السرموج مباشرة.

ب- سحنة الحجر الرملي الريوليتي Rhyolitic Lithic Sandstone وهذه السحنة مكونة من حجر رملي متوسط الى خشن الحبات الذي يحوي أحيانا بعض الحصى. لون السحنة أحمر بني الى أحمر بنفسجي. وهو يحوي التطبق المتقاطع المستوي planar مع القليل من النوع القاعي والتطبق المتوازي. أما التركيب المعدني لهذه السحنة فهو الكوارتز وفتات الريوليت. ومن ثم جاءت التسمية. لا توجد هذه السحنة في وادي أم غضاة وأبو خشبية في الجنوب. ولكنها تكون العشرين مترا العليا في مقطع المحرقة قرب مصنع البوتاس. يتداخل معها ٤ طبقات من سحنة الرواهص.

٣,٥,١ سمك التكوين

لم يزد سمك التكوين جميعه عن بضع عشرات الأمتار في المقاطع الثلاث المتكشفة. غير أن سمكه يصل الى مئات الأمتار في الآبار الأربعة المدروسة. وهي على النحو الآتي:

بئر	AJ-1	٨٦٢م
بئر	NH 1	٩٠٠م تقريبا
بئر	HM-2	٦٢٥م
بئر	WS 3	٥٤٢م

في بئر عجلون-١ (AJ-1) وصل عمق البئر الى ٣٧٩٢م حيث وجد فوق صخور القاعدة المكونة من شست مسكوفيتي وفليت. تعلوه سحنة الرواهص الريوليتية. وهي تشبه تماما وصفها في المقاطع المتكشفة في الجنوب الا من بعض الفتات النارية القاعدية القليلة. فهي ليست من السرموج قطعاً.

أما في بئر NH-1 فقد كان سطح القاعدة على عمق ٤٠١٥,٥م. وهي مكونة من صخور الريوليت الذي يمكن أن يكون من نسق أحيمر. لا توجد سحنة الرواهص بل جميع المقطع من سحنة الحجر الرملي.

وفي بئر الحمر - ١ لم يصل الحفر الى صخور القاعدة وجميع صخور التكوين من سحنة الحجر الرملي. وكذلك بئر WS-3.

٤,٥,١ صفات مميزة للتكوين

يسهل تمييز تكوين أم غضاة عن تكوين السرموج. فالأخير متميز بفتات صخرية من الصخور الغرانيتية والصخور البركانية من مختلف أنساق معقد العقبة وقواطعه. فهي مكونة من حبات ذات أنواع متعددة جدا. بعكس أم غضاة التي لا يوجد بها غير فتات الريوليت تقريبا. ومن السهل تحديد ذلك في التكتشفات وتحت السطح في آبار البترول. غير أن المسألة الأكثر صعوبة هي تمييز سحنة الحجر الرملي في أم غضاة وهي السائدة في آبار البترول عن صخور تكوين سلب من العصر الكمبري الذي يقع فوقه مباشرة. والصفات التالية قادرة على التمييز بينهما:

أ- تتكون حبيبات الصخر في سحنة الحجر الرملي في أم غضاة وكذلك الأرضية الناعمة في الرواهص من قطع صخرية ريوليتية rhyolitic rock fragments وهي السائدة. في حين لا توجد مثل هذه الفتات أو القطع الصخرية في تكوين سلب وأن وجدت فهي من الكوارتز أو الغرانيت غالبا.

ب- يتميز تكوين سلب باحتوائه على نسبة عالية من الفلسبار. ومن ثم سمي أركوز في حين يصنف الحجر الرملي في أم غضاة على أنه rhyolite lithic arenite والفرق بينهما واضح ومميز تحت المجهر.

ج- لا توجد الرواهص الريوليتية في تكوين سلب بعكس تكوين أم غضاة. وزيادة على ذلك يكثر الكوارتز في تكوين سلب فيما سماه بندر رواهص الأساس basal conglomerates المكونة للجزء السفلي من تكوين سلب. أما في الأجزاء العليا من تكوين سلب تحوي، تبعا للموقع الجغرافي، حصى الكوارتز الكثيرة وهي ليست موجودة في أم غضاة.

٥,٥,١ توزيع التكوين في الأردن ومضاهاته إقليميا

لم يسجل وجود تكوين أم غضاة جنوب وادي أبو خشيبة الواقع في أواسط وادي عربية (شكل ٢٢,١). وقد ذكرنا سابقا وجوده في المنطقة الممتدة بين وادي أبو خشيبة حتى مصنع البوتاس. ثم سجل وجوده في ثلاثة آبار بتروول في غرب الأردن وبئر واحدة في أقصى الجنوب الشرقي في وادي السرحان. وقد ازداد سمكه من بضعة عشرات الأمتار الى ٩٠٠م في شمال غرب الأردن (NH-1).

يعادل تكوين أم غضاة في الأردن تكوين سيناف Zenifim Formation في النقب من جنوب فلسطين. وقد بلغ سمكه الأقصى ٢٠١٤م في محذب الرمان في جنوب غرب النقب (Ramon-1 Well). وبلغ سمكه ٥٠٠م الى الشمال الشرقي في النقب (Qattan-2 Well) (Weissbrod, 1969). أما مكونات سيناف فهي مشابهة لتكوين أم غضاة من حيث وجود سحنتي الرواهص والحجر الرملي كما أسلفنا القول.

وفي جنوب شرق سيناء فان تكوين طابا Taba Formation يكافئ تكوين أم غضاة من حيث العمر والموقع والتكوين الصخري من الرواهص والحجر الرملي (E I-Kelany and Said, 1989; Klitzch and Squyres, 1990). وتكوين أم غضاة يكافئ تكوين الربطتين Rubtayn Formation من مجموعة جبلة في شمال غرب جزيرة العرب (الشنطي 1989; 1993; Husseini). وفي سوريا يمكن مقارنة تكوين أم غضاة بتكوين زابوك Zabuk Formation (Lababidi and Hamdan, 1985) حيث يبلغ سمكها ٢٠٠٠م وتمتد شمالا الى جنوب شرق تركيا. والشكل ٢٥,١ يوضح التوزيع الجغرافي لتكوين أم غضاة وما يكافؤه في المناطق المجاورة. ويتضح منه أن هذا التكوين لم يترسب في كل مكان بل في أماكن معزولة ومتفرقة. ويبدو أنه كان يحكمها وجود أحواض رسوبية في سطح القاعدة أدت الى تجمعها فيها.

٦,٥,١ عمر التكوين

لا يوجد في التكوين مستحاثات من أي نوع. ومن ثم فان عمر هذا التكوين لا يمكن تحديده بهذه الطريقة. غير أن حده الأعلى هو تكوين سلب Sa leb Formation الذي نعلم الآن أن من العصر الكمبري الأسفل Lower Cambrian. أما حده الأسفل فهو صخور القاعدة. وقد علمنا في الفصل الأول من هذا الكتاب أن آخر نشاط في هذه القاعدة هو بركانيات أحيمر وما يعادلها التي حدثت حول عمر ٥٤٠ مليون سنة. ولما كان تكوين أم غضاة يحوي ريوليت أحيمر فهو إذن أحدث منه. فينحصر عمر هذا التكوين بين ٥٤٠ مليون سنة وبين الكمبري الأسفل. وحتى نزيد الصورة تعقيدا فإن آخر مقترحات الاتحاد العالمي للجيولوجيين في تحديد بداية الكمبري قد وضع هذا الحد عند ٥٤٤ مليون سنة. وهذا يعني بكل بساطة أنه لا يوجد فترة زمنية بين صخور القاعدة وبين تكون سلب يسمح بترسيب هذا التكوين خاصة اذا أخذنا المقاطع السميكة التي تصل الى ٩٠٠م في الأردن. وبالتالي فإن الباحثين في هذا الموضوع يقبلون وضع عمر تكوين أم غضاة بكلمات غامضة فيقولون أنه infracambrian.

٧,٥,١ بيئة الترسيب ونشأة التكوين

لقد فسر عميرة وعابد (١٩٩٩) بيانات ترسيب هذا التكوين على أنها

أ- ترسبت سحنة الرواهص الريوليتية في بيئة المراوح الركامية القريبة من مصدر الترسيب proximal alluvial fans. دل على ذلك سوء التطبيق وكبر حجم الفتات وسوء فرزها. وقد ترسبت في أحواض قارية بين جبلية Intermontane basins.

ب- أما سحنة الحجر الرملي فقد ترسب في بيئة الأنهار المتشعبة البعيدة عن المصدر distal braided river أو braidplains. دل على ذلك تناقص حجم حبات الرمل بعيدا عن المصدر وكبر حجم حبات الرمل مع وجود الرواهص الناعمة مصاحبة له وكذلك وجود التطبيق المتقاطع المستوي. وقد ترسبت هذه السحنة أيضا في الأحواض نفسها التي ترسبت فيها السحنة الراهصية.

كيف نشأت هذه الأحواض ومتى نشأت؟ لقد تحدثنا عن ذلك سابقا في تطور الدرع العربي في الأردن. وكيف ان إحدى مراحل تطور الدرع العربي التي امتدت حتى ٥٤٠ مليون سنة قبل الآن كانت مرحلة التكتونية التمددية التي أنتجت فيها صدوع نجد أحواضا ومرتفعات بسبب هذه التكتونية. في مثل هذه الأحواض الصدعية القارية بين الجبلية ترسبت صخور السرموج. وبكيفية مماثلة يمكن أن نفسر تكون أم غضاة. غير أنه ليس لازما أن تترسب أم غضاة في أحواض السرموج نفسها. فقد وجدت فيها من مثل وادي المحرق شرق مصنع البوتاس وفي بئر عجلون البترولي الجاف. ولكنها وجدت فوق الريوليت أو الصخور المتحولة في أماكن أخرى من مثل وادي أم غضاة ووادي أبو خشية وبئر N H-1. ومن ثم فان عملية الرفع والخفض بالصدوع قد استمرت فيما يبدو حتى ترسب هذا التكوين أي من ٦٠٠-٥٩٥ مليون سنة (السر موج) الى ٥٤٠ مليون سنة أو أحدث (أم غضاة). ونضيف الى ذلك أنه حتى تكوين سلب قد تأثر بهذه الظاهرة كما سنرى في الفصل التالي. الشكل ٢٦,١ يوضح هذه الفكرة من عميرة وعابد (١٩٩٩). ومن الطبيعي أن نذكر القاري بأنه من غير الممكن أن يكون عمق الأحواض الصدعية مساويا لسمك تكوين أم غضاة يعني ٩٠٠م في منطقة عجلون أو ٢٠٢٠م في منطقة الرمان في غرب النقب. ولا بد أن تكون عملية خفض subsidence مستمرة كانت مصاحبة للترسيب حتى تخلق حجما أو متسعا مناسباً في الحوض باستمرار، كالذي يجري الآن في حوض البحر الميت حيث عملية الخفض أسرع من عملية الترسيب وبالتالي فإن هناك متسعا للرواسب في حوض البحر الميت باستمرار على الرغم من كبر حجم الأودية والأنهار التي تصب فيه وتجلب إليه الرسوبيات.

المراجع

الشنطي، أحمد محمود، ١٩٩٣، جيولوجية الدرع العربي . مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، العربية السعودية. ١٩٦ صفحة.

عابد، عبدالقادر ، ١٩٨٢، جيولوجيا الأردن. مكتبة النهضة الإسلامية، عمان، الأردن. ٢٢٠ صفحة.

Abed , A. M., 1985. On the supposed Precambrian palaeosuture along the Dead Sea rift, Jordan. *J. Geol. Soc. London*, 142, 527-531.

Al-Bakri, N. M., 1990. *Geochemistry and petrography of the Feinan porphyritic stock, central Wadi Araba, Jordan*. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, 147p.

Amireh, B. S. and Abed, A. M., 2000. Surface and subsurface occurrences of the

- new Infracambrian Umm Gaddah Formation in Jordan. Tectonic implications. *Dirasat*, 27, 1-26.
- Bakor, A., Gass, I., and Neary, C., 1976. Jabal Al-Wask: An Eocambrian, back-arc ophiolite in NW Saudi Arabia. *Earth Planet Sci. Lett.*, 30, 1-9.
- Barjous, M., 1987. *Structural study of the area between Petra and Ash-Shuobak*. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Barjous, M., 1988. Ash-Shawbak 3151-III 1: 50 000 geological map series. Natural Resources Authority, Jordan.
- Bender, F., 1968. *Geologie von Jordan*. Borntraeger, Berlin, 230p.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Borntraeger, Berlin, 196p.
- Bentor, Y. K., 1985. The crustal evolution of the Arabo-Nubian Massif with special reference to the Sinai Peninsula. *Precam. Res.*, 28, 1-74.
- Blake, G. S., and Ionides, M. G., 1939. *The water resources of Transjordan and their deveopment*. The Government of Trnsjordan, 372p.
- Blanckenhorn, M., 1914. *Syrien, Arabien, und Mesopotamien handbook*. Geol. 5, Abt. 4.
- Blanckenhorn, M., 1912. Kurzer abriss de geologie Palastinas zietsch rift. Deutsch Palastinas ver (mit Kart MaBtab 1: 700 000), 113-139.
- Brook, M. and Ibrahim, K., 1987. Geochronological and isotope geological investigation of the Aqaba basement complex of southern Jordan. BGS(NERC) Isotope Geol. Unit Report, 48p.
- Burdon, D. J., 1959. *Handbook of the geology of Jordan*. Government of the Hashemite Kingdom of Jordan. 82p.
- Clifford, T. N., 1970. The structural framework of Africa. In: *African Magmatism and Tectonics* edited by T. N. Clifford and I. Gass, 1-19. Oliver and Boyd, Edinburg.
- Farhat, J. S., 1979. High-grade metamorphic complex in the Wadi Araba, Jordan. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian –Nubian Shield*, edited by A. Al-Shanti, 2, 171-178. Pergamon, Oxford.
- Fleck, R. J., Greenwood, W. R., Hadley, D., Anderson, R., Schmidt, D., 1980. Robidium-Strontium geochronology and plate-tectonic evolution of the southern part of the Arabian Shield. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, 1131, 38p.
- Fuchs, E., 1915. Beitrage zur geologie Palastinas und der edschos province. *M. Jb. Min. Geol. Palaont., Stuttgart*.
- Gass, I., 1981. Pan-African (Upper Proterozoic) plate tectonics of the Arabian-Nubian Shield. In: *Precambrian Plate Tectonics* edited by A. Kroner, 387-405. Elsevier, Amsterdam.
- Greenwood, W. R., Hadely, D. G., Anderson, R. E. Fleck, R. J. and Schmidt, D. L., 1976. Proterozoic cratonization in southwestern Saudi Arabia. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. A*, 280, 517-527
- Hashad, A. H., 1980. Present status of geochronological data on the Egyptian basement complex. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield*, edited by A. Al-Shanti, 3, 31-46. Pergamon, Oxford.
- Hassuneh, M., A., 1994. Geological, petrologica and geochemical investigation of the Janub metamorphic suite rocks in Wadi Es-Sabil and Ain El-Hasheem area, SE Jordan. Unpul. M. Ac thesis, University of Jordan, Amman, 254p.
- Ibrahim, K. M., 1991. *The geology of Wadi Rahma map sheet 3049 IV 1: 50 000*. Natural Resources Authority, Bull. 15, Amman.
- Ibrahim, K. M., 1993, *The geology of Wadi Gharandal area map sheet 3050 II 1: 50 000*. NRA, Bull. 24. Amman
- Jackson, N. J., 1986. Petrogenesis , and evolution of the Arabian felsic plutonic rocks. *Jour. Afr. Earth Sci.*, 4, 47-59.
- Jarrar, G. H., 1979. Petrology and geochemistry of Wadi Um Sayyala, Wadi Araba, Jordan. Unpubl. M. Sc, University of Jordan, Amman, 86p.
- Jarrar, G. H., 1985. Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian-Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW Jordan. *Geol. Jahrb.*, B, 61, 3-87.
- Jarrar, G. H., 1992. Geochemistry and petrogenesis of an alkali-feldspar rhyolite

- suite from Wadi Museimir, central Wadi Araba, Jordan. *Chem. Erde.*, 52, 301-312.
- Jarrar, G. H., Baumann, A., and Wachendorf, H., 1983. Age determination in the Precambrian basement of the Wadi Araba area, southwest Jordan. *Earth and Planetary Sci. Letters*, 63, 292-304.
- Jarrar, G. H., Wachendorf, H., and Zellmer, H., 1991. The Saramuj conglomerates: Evolution of a Pan-African molasse sequence from southwest Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 6, 335-356.
- Kennedy, W. Q., 1964. The structural differentiation of Africa in the Pan African (± 500 m. y.) tectonic episode. Univ. Leeds Res. Inst. Afr. Geol. Dept. Earth Sci., Annu. Rep. Sci. Results, 8, 48-49.
- Lenz, H., Bender, F., Besang, G., Harre, W., Kreuzer, H., Mueller, P., and Wenot, I., 1972. The age of early tectonic events in the zone of the Jordan Geosuture based on radiometric data. *24th Intern. Geol. Cong. Section 3*, 371-379.
- McCourt, W. J., 1990. The geology, geochemistry and tectonic setting of the granitic and associated rocks in the Aqaba and Araba complexes of southwest Jordan. NRA Bull. 10, Amman, 96p.
- Nasseef A. O. and Gass, I., 1977. Granitic and metamorphic rocks of the Taif area, western Saudi Arabia. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 88, 1721-1730.
- Picard, L., 1941. The Precambrian of the north Arabian massif. *Bull. Geol. Dept. Univ. Jerusalem*, 3, 1-30.
- Picard, L., 1943. Structure and evolution of Palestine. *Bulletin of the Geology Department, Hebrew University, Jerusalem* 4, 1-135.
- Powell, J., 1988. The geology of the Karak map sheet 3151 III 1: 50 000. NRA, Bull. 8. 152p.
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral resources of (former) Transjordan. *Colonial Geology and Mineral Resources*, 2.
- Rabb'a, I., and Ibrahim, K. M., 1988. Petrography of the plutonic rocks of the Aqaba Complex. NRA, Bull. 9, 86p.
- Ramsay, C. R., Jackson, N. J. and Roobol, M. J., 1979. Structural/lithological provinces in a Saudi Arabia geotraverse. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian Nubian Shield* edited by S. A. Tahoun, 1, 64-85, Pergamon, Oxford.
- Rashdan, M., 1988. The geology of the Aqaba-Wadi Araba area, map sheet 3049 III 1: 50 000. NRA, Bull. 7, 87p.
- Stoesser, D. B. and Elliot, J. E., 1979. Post orogenic peralkaline and calcalkaline granites and associated mineralization of the Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia. USGS Saudi Arabian Project Rep. SA (IR) – 265, 1-42.

الفصل الثاني

حقبة الحياة القديمة (الباليوزوي)

PALEOZOIC

تمهيد

خلصنا في حديثنا عن حقبة ما قبل الكمبري الى أن الدرع العربي قد ترسخ قبل ٦٠٠ مليون سنة. ثم سادته فترة نشاط تكتوني تمديدي extentional ممثلا في نظام صدوع نجد انتهى قبل ٥٥٠ مليون سنة تقريبا. وقد رافق هذه المرحلة التكتونية تكون أحواض ترسبت فيها الرواهص الناتجة عن حت المناطق المرتفعة من الدرع. وقد إنتهت هذه المرحلة بتسوية سطح الدرع في بعض المناطق وبقاء أحواض فيه قادرة على تجميع رسوبيات حقبة الباليوزوي كما سنرى بعد قليل.

غير أنه يجب أن نذكر هنا ومنذ البداية أن الدرع العربي لم يصبح منطقة منخفضة يستطيع البحر أن يغطيها جميعها. وعلى الرغم من أن البحر غطى أطراف الدرع العربي من كل جانب إلا أن أجزاءه الداخلية لم يغزها ماء البحر قط. وبالتالي فإن الدرع العربي كان يشكل المناطق المرتفعة التي تصدر الرسوبيات في عصور الباليوزوي المتتابعة بغض النظر عن بيئة الترسيب. ومن ثم فإن مصدر الرسوبيات في الأردن مثلا سيكون من الجنوب عموما أما في شرق جزيرة العرب فمصدرها من الغرب. ويمكن القول أن البحر في حقبة الباليوزوي كان يوجد الى الشمال في الأردن والى الجنوب الشرقي في أقصى جنوب الأردن. وسنتطرق الى كل ذلك عندما نتحدث على رسوبيات عصور هذه الحقبة.

١,٢ سياق تاريخي

١,١,٢ الحجر الرملي النوبي Nubian Sandstone

استعمل هذا المصطلح في نهايات القرن التاسع عشر وبدايات القرن العشرين لوصف تتابع من الصخور الرملية الخشنة والحصوية كان من الصعب أن تقسم الى عصور بسبب عدم وجود المستحاثات فيها أو لعدم قدرة الباحثين في ذلك الزمان على رؤية هذه المستحاثات. وقد وصفه الجيولوجي البريطاني سيللي " (Selley 1972) تغطي طبقة متصلة من الرمال أطراف دروع ما قبل الكمبري في الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا وجزيرة العرب. وعادة ما يشار الى هذه الصخور بأنها من عصري الكمبري - الأردوفيشي. ذلك لأنها مغطاة بغضار shale بحري يحوي الغرابتوليت من عصر لاندوفري مغطيا الجزء الأعظم من صحراء شمال إفريقيا. بينما هي من عصر لانفرن في جزيرة العرب".

"ويمكن تتبع هذا الغطاء الرملي من موريتانيا على المحيط الاطلسي مرورا بالجزائر وليبيا ومصر وسيناء والأردن والعربية السعودية واليمن (Power et al., 1966; Bender, 1968; Helal, 1965; Klitzsch, 1966; Corriger and Surcin, 1963; Burollet and Byramjec, 1969; Ratschiller, 1966, 1970).

"ولقد دلت الدراسات أنه في معظم المنطقة المشار اليها فإن التتابع الكمبري - الأردوفيشي مقسم الى سحنتين: السحنة السفلى وتتألف من حجر رملي حصوي ذي تطبيق متقاطع خشن cross - bedding وهذه هي الوحدة II في الجزائر، وحجر رمل حسونة Hassauona Sandstone في ليبيا، وهي تمثل تكاوين سلب وأم عشرين والديسي في الأردن وحجر رمل الساق في السعودية. أما الوحدة العليا فهي أنعم حبات وأجود فرزا مع وجود مجموعة مميزة

من آثار الكائنات الحية القديمة. trace fossils وهذه تتمثل في الوحدة III في الجزائر وحجر رمل حواس Haouas sandstone في ليبيا وحجر رمل أم سهم في الأردن وطبقات الكروزيانا في العربية السعودية".

" أن صخور رمل الكمبري الأردني ذات قيمة إقتصادية فهي حاملة للماء في الأردن فيما هي حاملة للبترول في ليبيا والجزائر والسعودية" إنتهى كلام سيلي.

غير أن الأعمال الجيولوجية المتلاحقة مع تقدم وسائل الحركة الى الميدان والوصول الى أماكن كان يصعب الوصول اليها ومع تقدم وسائل العلم، فإن صخور الحجر الرملي النوبي قد أمكن تقسيمها الى عصور محددة وتكاوين ((Klitzsch, 1990; Bender, 1974). فلم يعد هذا المصطلح مستعملا الا اذا اريد التعميم وعدم الدخول في التفاصيل. بقي أن نذكر أن أول إستعمال لهذا المصطلح كان يشير الى صخور رملية كريتاسية ثم عمم. وفي الأردن فإنه كان يستعمل لوصف الصخور الرملية وغيرها الممتدة من سطح القاعدة الأردنية حتى نهاية رمل الكرب (مثل). (Blanke and Ionides, 1939)

2.1.2 سياق تاريخي في طباقية الباليوزوي

في البداية كانت الصخور الرملية في الأردن التي تمتد من الكمبري حتى النهاية العليا للكريتاسي الأسفل تسمى او تندرج تحت إسم " الحجر الرملي النوبي ". وسبب ذلك عدم القدرة على تحديد عمرها ومن ثم مقارنتها. ويمكن أن ترى ذلك حتى ١٩٣٩ في تقرير بلاك وأيونيدس. ولم تنته هذه الصورة المشوشة الا بالأعمال المضنية التي قامت بها البعثة الجيولوجية الألمانية (١٩٦١-١٩٦٨).

منذ مطلع القرن العشرين كان هناك مستوى واحد واضح ذلك هو صخور الحجر الجيري الحامل لمستحاثات التريلوبيت trilobite التي حدد عمرها منذ ذلك الوقت على أنه الكمبري الأوسط. جاء ذلك في وصف بلانكنهورن (١٩١٤, ١٩١٢) لهذه الصخور في وادي الحسا جنوب شرق البحر الميت. وقد لاحظ (Hull (1886 هذه المستحاثات في وادي الحسا دون إعطاء عمر لها.

وفي عام ١٩٢٣ قام كنج (King, 1923) بوصف المستحاثات التي جمعت بقرب وادي الحسا وشمال مصب وادي زرقاء ماعين بمقدار ٢ كم تقريبا فكانت:

Siphonotreta (?) sp.

Michometra (Paterina) alata (King)

Hyolithus (Orthotheca), species of teretes Group

Anomocare Campbelli (King)

وقد وصف بكارد (١٩٤٢) النوع *Protolenus orientalis* (Picard) :

وحدد King (1923) عمر هذه الصخور بالكمبري الأوسط أما بكارد فإنه قد حدد العمر على أنه قمة الكبرى الأسفل أو قاع الكمبري الأوسط.

وقد وجدت المستحاثات ذاتها في وادي المنيع شمال المشرش (إيلات) في أقصى جنوب وادي عربة (بكارد ١٩٤٣, ١٩٤٢).

لم يستطع بلاك وأيونيدس (١٩٣٩) في تقريرهما عن جيولوجية ومياه شرق الأردن آنذ ان يتكلم عن غير الكمبري. أما بقية الصخور الرملية التي تعلوه وتسفله فبقيت بلا أعمار ولا تكاوين. وبالنسبة لهما فإن صخور الأردنيشي والسيلوري غير موجودة في الأردن وفلسطين. وعلى أساس من وجود ترسبات المنغنيز في وادي ضانا فإن الصخور الحاملة له قد قورنت بصخور العصر الكربوني في أم بقمة في سيناء. وهو غير صحيح. لان هذه الصخور هي من الكمبري لأنها حاملة للتربلوبيت كما ذكر الباحثون قبل قليل.

ثم جاء مجموعة من الباحثين في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات قد يكون أشهرهم بالنسبة لنا هو كوينل (Quennell, 1951) الذي رسم خريطة جيولوجية لشرق الأردن بمقياس ٢٥٠,٠٠٠ : ١ في ثلاثة أجزاء. وهو الذي أعطى إسم " مجموعة حجر جير البرج Burj " Limestone Group للصخور الحجر الجيري والدولوميت والغضار الحاملة للمستحاثات من الكمبري الاوسط التي وصفها الباحثون قبله قرب مصب وادي الحسا وزرقاء ماعين وضانا وغيرها. لاحظ أنه استعمل لفظ " مجموعة وليس "تكوين". أنظر أيضا. (Burdon 1959) وقد حاول كوينل تقسيم الصخور الرملية الى أجزاء يمكن التعرف عليها ميدانيا ومسحها على خريطته الجيولوجية (جدول ١,٢). فكانت على النحو التالي من الأعلى الى الأسفل:

- حجر رمل أم سهم Um Sahm Sandstone

- حجر رمل رم : Rum Sandstone يساوي تكوين الديسي حاليا

- سلسلة القويرة : حجر رمل القويرة العلوي : يساوي تكوين أم عشرين

مجموعة حجر جير البرج : نفسه

حجر رمل القويرة السفلي : يساوي تكوين سلب ليس تماما

ومن المهم ذكره هنا أن " أم سهم " في نظر كوينل تشمل جميع الصخور التي تقع فوق " حجر رمل رم " (الأبيض الذي نسميه الآن تكوين الديسي) وتشمل جميع صخور الأردوفيشي والسيلوري مضافا إليها صخور الترياسي والجوراسي (التي سماها مجموعة الزرقاء). وقد انتهت هذه الفوضى في المضاهاة أو المقارنة وكذلك في الأعمار بأعمال بندر في الستينات من القرن العشرين وما صاحبه أو ما كان متزامنا معه من أعمال. أنظر جدول ١,٢ للتعرف على التسميات المختلفة لهذه الحقبة.

لقد لونت جميع صخور الباليوزوي بلون واحد على خريطة بلاك واينيدس (١٩٣٩) لعدم قدرتهم على وضع التفاصيل. ولم تكن خريطة كوينل (Burdon, 1959) أفضل كثيرا. فقد دخل الترياسي والجوراسي وجميع الأردوفيشي والسيلوري في لون واحد لعدم القدرة على التفاصيل. ودون شك فان خريطة بندر (١٩٦٨) قد فصلت هذه الوحدات الصخرية بشكل محدد وواضح. وازداد الوضوح في خرائط المسح الجيولوجي ١: ٥٠,٠٠٠ الذي تقوم بها سلطة المصادر حاليا والذي بدأ منذ ١٩٨٤ تقريبا.

بقيت كلمة واحدة متعلقة بتسميات الوحدات الصخرية التي تجدها في جدول ١,٢. وكما تلاحظ فان كل وافد على هذا البلد يخترع لنفسه مجموعة من التسميات يعرف بها. وكأنه يريد أن يخلد نفسه من خلال ذلك. وهذا عيب واضح في جيولوجية الأردن ليس في حقبة الباليوزوي بل في جميع السلم الجيولوجي كما سنرى. وما زال تغيير التسميات مستمرا. وقد كان آخرها ما أحدث من تسميات في أوائل الثمانينات من القرن العشرين (جدول ١,٢). والسبب في إعتقادي مرده أن الجيولوجيين الأردنيين ممثلين في نقابة الجيولوجيين الأردنيين (وليس في أي مؤسسة حكومية) حتى هذه اللحظة لم يفكروا بعمل تسميات رسمية formal متفق عليها ولا يجوز تغييرها الا لسبب علمي وموافقة من لجنة علمية أردنية خاصة. والى ان يحدث ذلك فاننا لا نعرف ماذا سيكون عليه المستقبل.

هذه عجالة تاريخية لم يقصد منها الاستقصاء بقدر كونها مقدمة تاريخية تعرف القارئ بشكل مقتضب بكيفية وصولنا الى ما نعلم الآن عن صخور حقبة الباليوزوي.

وأخيرا فاننا لن نستعمل تسميات بندر (١٩٧٤) لأنها تستعمل اسم الصخر وليس المتعارف عليه عالميا من استمال الأسماء الجغرافية. أما تسميات سلطة المصادر الطبيعية فهي طويلة في كثير من الأحيان. ومن ثم فاننا سنكتفي باستعمال الإسم الجغرافي للتكوين الذي ورد في مطبوعات سلطة المصادر الطبيعية مجردا من نوع الصخر. مثلا نقول " تكوين المدورة " ولا نستعمل "

تكون المدورة الغضاري الرملي ". أو نستعمل " تكوين سلب " ولا نستعمل " تكوين حجر رمل سلب الأركوزي ".

٢,٢ نظرة شمولية لتكشافات الباليوزوي

- يقسم تتابع الباليوزوي في الأردن إلى مجموعتين رئيسيتين هما:
- مجموعة خريم وهي الأحدث وتشمل أربعة تكاوين تتبع الأوردوفيشي والسيلوري تجدها متكشفة في أقصى جنوب الأردن. ويغلب الغضار على صخرها إذا ما قورنت بمجموعة رم الأقدم منها.
 - مجموعة رم Ram Group وهي الأقدم وتشمل ستة تكاوين تتبع الكمبري والأوردوفيشي الأسفل. وهي مكونة أساسا من الصخور الرملية.

٣,٢ مجموعة رم Ram Group

هي المجموعة الأقدم في حقبة الباليوزوي في الأردن. وتضم أربعة تكاوين هي من الأحدث:

تكوين أم سحم	Um Sahm Formation
تكوين الديسي	Disi Fromation
تكوين أم عشرين	Um Ishrin Formation
تكوين سلب	Saleb Formation

وفي وادي عربة ندخل تكوينين تحت تكوين ام عشرين وفوق تكوين سلب هما:

تكوين ابو خشيبة	Abu Khusheiba Formation
تكوين البرج	Burj Formation

ندرس أولا مجموعة رم الأقدم ونبدأ بتكوين سلب وهو الأقدم من تكاوينها. أنظر جدول ١,٢

١,٣,٢ تكوين سلب Saleb Formation

1.1.3.2 التسمية

السلب هو الحبل. وقد سمي هذا التكوين نسبة الى قاع أم سلب الذي هو أول قاع يقابل المسافرين الى رم من قرية الراشدية وعلى بعد ٢-٣ كم شرقا منها. وقد كتبه بعض المؤلفين العرب الأردنيين " سالب " ومنهم عابد (١٩٨٢) في كتابه عن جيولوجية الأردن. وهو غير صحيح. والصحيح أن يكتب " سلب " بفتح السين واللام. وأول من استعمله لويد (١٩٦٩). ثم استعمل بعد ذلك خاصة في نشرات قسم المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية تحت اسم طويل هو " تكوين حجر رمل سلب الأركوزي (Saleb Arkosic Sandstone Foramtion) " ولأنه طويل فاننا نستعمل تكوين سلب كما استعمله لويد. وهو يساوي عند بندر (١٩٧٤) مجموع رواهص الأساس Basal Conglomerates ووحجر رمل الأركوز " Arkosic Sandstone " وهو لا يساوي حجر رمل القويرة الأسفل عند كوينل وبردون (١٩٥٩) في كل مكان. ولكنه

يساويه في وادي عربة وأصغر منه في وادي رم وما جاورها. وقد أوضحنا ذلك في جدول ١،٢.

٢،١،٣،٢ وصف التكوين

يختلف التكوين في مكوناته الصخرية وفي سمكه من مكان الى آخر كما هو الحال في منطقة رم ومنطقة غور الصافي في جنوب شرق البحر الميت. وقد وصفه عدد كبير من الباحثين في أماكن تكشفه (Teimeh et al., 1990; Powell, 1988, 1989, Amireh, 1987; Bender, 1974; Lloyd, 1969). ترى في الشكل ١،٢ ثلاثة مقاطع تصف تكوين سلب قرب قاع أم سلب شرق الراشدية وفي وادي ضانا وفي جنوب شرق البحر الميت. يغلب على تكوين سلب اللون الأصفر البني مع وجود ألوان أخرى كالأبيض والأحمر والبنفسجي تبعا للمكان والموقع في المقطع. ويتميز التكوين عما فوقه من صخور رملية وما تحته بأنه:

- أ- يحوي نسبة عالية من الفلسبار مقارنة بالتكوين الأخرى. وهذه النسبة تزيد نحو الأسفل أي بقرب قاعدته القريبة من صخور ما قبل الكامبري.
- ب- يحوي عند قاعدته وفي أجزاء كثيرة منه (تبعا للمكان) طبقات من الرواهص التي يغلب عليها الكوارتز المبلور جيد الاستدارة (فيضان جنوب شرق البحر الميت). غير أن الرواهص يمكن أن تكون من صخور أخرى كما في منطقة قصيب ووادي أبو برقة في أواسط عربة. وهذه الرواهص واضحة في الشكل ١،٢.
- ٧- جيد التطبيق حيث طبقاته متساوية السمك شرقي القويرة بينما يكثر فيه التطبيق المتقاطع القاعي كبير الحجم كما هو الحال في جنوب شرق البحر الميت.

في منطقة شرقي القويرة يبدأ المقطع بطبقة غير منتظمة السمك من رواهص القاعدة المكونة من حصى الكوارتز جيدة الاستدارة أو الغرانيتية في أحيان أخرى التي قد تصل الى حجم الجلاميد. بقية المقطع مكون من دورات رسوبية من الحجر الرملي الحصى في الأسفل يصبح أنعم نحو الأعلى. كما أن هذا المقطع يتميز بالتطبيق المتوازي. وبقرب نهاية المقطع العلوية توجد طبقة من الحجر الرملي الميكاني حاملة لحفر الديدان العمودية (Amireh Skolithos et al., 1994; Selley, 1972, Powell, 1989). يتكشف التكوين في جنوب البحر الميت ويزداد سمكه كثيرا في هذه المنطقة من مثل منطقة السرموج في غور الصافي أو وادي نميرة مقابل مصنع البوتاس. وهو هنا مكون من ثلاث سحنات (Powell, 1988) من الأسفل الى الأعلى:

- أ- حجر رملي خشن الى متوسط الحبات مع طبقات من الرواهص تملأ قنوات قديمة يصل عمتها الى ٣ م. التطبيق المتقاطع من النوع القاعي الذي توجد حصى الكوارتز الأكبر حجما عند قاعه والذي يتعاقب أحيانا مع تطبيق متقاطع مستوي.
- ب- حجر رملي ذو تطبيق متقاطع مستوي يتعاقب مع طبقات من حصى الكوارتز.
- ج- تشبه الوحدة أ في إحتوائها على تطبيق متقاطع قاعي حصوي (شكل ١،٢)

٣،١،٣،٢ سمك التكوين وحدوده

يتراوح سمك التكوين بين ٦٠-١٥ مترا شرقي القويرة. وفي قاع ام سلب حيث المقطع المثالي فان سمكه يساوي ٦٠م (Teimeh et al., 1990) وفي غرب البتراء ٨٠ مترا (Wetzel and Morton 1959) وفي وادي ضانا ٦٥-٦٠م (Amireh, 1987; Bender 1974) وفي جنوب شرق البحر الميت ٢٠٠-٢٥٠م. (Powell, 1988; Wetzel and Morton, 1959) أما في الآبار العميقة فقد وضعت لتكوين سلب سماكات كبيرة نسبيا. ففي بئر صويلح - ١ وصل سمكه الى ٩٣٨م كما في بندر (١٩٧٤) وهو في بئر المرتفعات الشمالية 1543 WH-1 م (Teimeh et al, 1990). ويبدو أن هذا السمك مبالغ فيه كثيرا وأن جزءا كبيرا منه هو تابع لتكوين أم غضاة الذي تحته كما تحدثنا عن ذلك في نهاية الفصل الأول. ذلك لأن تكوين أم غضاة لم يكن معروفا سابقا فأضيفت صخوره الى تكوين سلب. وهو غير صحيح.

أما حده الأسفل فهو السطح العلوي لتكوين أم غضاة إن كان موجودا. وقد وصفنا كيفية تمييز ذلك سابقا. فإذا كان غير موجود فان تكوين سلب يقع مباشرة فوق صخور القاعدة التي قد تكون غرانيتية أو بركانية أو متحولة أو من السرموج تبعا للمكان. أما حده العلوي فمتغير تبعا للمكان أيضا. ففي شرقي القويرة ينتهي تكوين سلب عندما تبدأ صخور تكوين ام عشرين الكتلية البنية العدسية التطبق. بينما في وسط وشمال وادي عربة فانه ينتهي عندما تبدأ طبقات الحجر الرملي الابيض الناعم (تكوين ابو خشبية) أو طبقات الحجر الرملي ذو التطبق المتوازي الواقعة تحت دولوميت تكوين البرج مباشرة. وهو كذلك في منطقة جنوب شرق البحر الميت، أنظر شكل ١،٢.

٤،١،٣،٢ عمر التكوين

يتفق الباحثون على أن عمر التكوين هو الكمبري الأسفل Lower Cambrian لوقوعه تحت تكوين البرج في شمال وادي عربة - البحر الميت. وقد حدد عمر تكوين البرج على أنه أدنى الكمبري الأوسط كما سنتحدث عن ذلك لاحقا. أما في شرقي القويرة فان تكوين البرج غير موجود ويقع تكوين سلب مباشرة تحت تكوين ام عشرين من الكمبري الأعلى. ومن ثم فان عمر تكوين سلب في هذه المنطقة قد يكون أعلى قليلا من الكمبري الأسفل. يعادل تكوين سلب في الأردن تكوين أمودي شلومو Amodi Shelomo Formation في أقصى جنوب النقب على الجانب الجنوبي الغربي لوادي عربة. يتكشف تكوين أمودي شلومو في بعض المناطق مثل وادي المنيعه الواقعة على بعد قرابة ٣٠ كم شمال خليج العقبة وشحوريت على بعد حوالي ١٠ كم شمال خليج العقبة. وصف التكوين هنا لا يختلف فعليا عن وصفه في وادي عربة وشرقي القويرة من حيث السمك (١٠-٤٥م) أو التراكيب الرسوبية.

أما عمره فالكمبري الأسفل ويقع مباشرة فوق صخور القاعدة (Weissbrod, 1969; Katz et al., 1971; Picard, 1943).

5.1.3.2 بيئة ترسيب تكوين سلب

يبدو أن هناك اتفاقا بين الباحثين على ان تكوين سلب قد ترسب عموما في بيئة الأنهار المتشعبة braided rivers (Amireh et al., Powell, 1989; Selley, 1972, 1994). وقد فصل ذلك عميرة وآخرون (١٩٩٤) فاعتبروا رواسب تكوين سلب التي تسودها الرواهص على أنها مرواح ركامية فهي رسوبيات الأنهار المتشعبة البعيدة عن المصدر والتي تشكل الجزء الأعظم من رسوبيات تكوين سلب. وقد ترسبت في بيئتين من بيئات الأنهار المتشعبة هما أ- مسطحات الرمال المترسبة في قنوات متشعبة عريضة. وهي مكونة أساسا من الصخور الرملية المكونة من تطبق متقاطع مستوي بشكل رئيسي.

ب- رسوبيات الأنهار المتشعبة البعيدة عن مصدرها والمكونة أساسا من علامات النيم الكبيرة في الأبعاد الثلاثة ٣.D megaripptes-

بقيت بيئة واحدة مهمة ممثلة لصخور سلب الحاملة لبعض آثار المستحاثات مثل حفر الديدان العمودية التي وجدت شرق القويرة وفي وادي أبو خشبية. ويمكن اعتبار هذه البيئة على أنها وصول لمياه بحر التيثس الى جنوب الأردن اما على شكل خلجان أو لاغون أو ما شابهها (Powell, 1989; Amireh et al., 1994).

بقي أن نذكر أن السمك الكبير لرسوبيات تكوين سلب في جنوب شرق البحر الميت لا يمكن تفسيره الا بوجود أحواض رسوبية مناسبة لتجميع كمية كبيرة من هذه الرسوبيات على الشكلىين أ و ب أعلاه. وفي هذه الحال فان عملية خفض لقاع الحوض لابد أن تكون موجودة لتصنع متسعا لترسيب أكثر من ٢٠٠م من هذه الرسوبيات. وهو مشابه لما ذكرنا في تكوين أم غضاة والسرمدج. ولكن ليس بالضرورة في الأحواض ذاتها. ومن ثم فان النشاط التكتوني التمددي لا شك انه كان ما زال مستمرا ولو بشكل أخف من السابق. كذلك فإن سمك تكوين سلب قليل جدا في منطقة وادي عربة. مما يدل على أن المنطقة كانت مرتفعا في وقت الترسيب الشكل ٢.٢ يوضح بيانات ترسيب تكوين سلب على طول وادي عربة - جنوب الأردن.

٢,٣,٢ تكوين البرج Burj Formation

تكوين البرج هو الوحيد في حقب الباليوزي الذي يحوي صخورا جيرية من الحجر الجيري والدولوميت. ولذلك فانه يعد مستوى طبقياً مميزاً يسهل التعرف عليه في المقاطع المتكشفة على طول وسط وشمال وادي عربة وفي آبار البترول المحفورة في معظم أجزاء الأردن.

١,٢,٣,٢ التسمية

ذكرنا في مقدمة هذا الفصل التاريخية أن الجيولوجيين الأوائل مثل (Hull 1886) وبلانكنهورن (١٩١٤) وبلاك وأيونيدس (١٩٣٩) وغيرهم قد وصفوا هذه الصخور الجيرية ومستحاثاتها وحددوا عمرها. غير أن كوينل (١٩٥١) هو الذي سمى هذا التكوين " البرج " ولكنه لم يعطه اسم تكوين بل مجموعة. وعندما جاءت البعثة الجيولوجية الألمانية الى الأردن ١٩٦٨-١٩٦١ اعطي التكوين اسم وحدة " دولوميت - حجر جيرى - غضار - Dolomite Limestone - Shale Unit " ثم جاءت عملية المسح الجيولوجي ١:٥٠٠٠٠ الذي تقوم به سلطة المصادر الطبيعية فأسموه " تكوين دولوميت حجر جيرى غضار البرج ". وهو كما تري اسم طويل نختصره في " تكوين البرج ". وقد قسمت سلطة المصادر الطبيعية تكوين البرج الى ثلاثة أعضاء رسمية (member). العضو هو وحدة صخرية أصغر من التكوين بحيث يحوي التكوين أكثر من عضو إذا أمكن تقسيمه. والاعضاء الثلاثة من الأحدث:

عضو حنه Hanneh Member نسبة الى جبل طبق حنة شمال وادي نميرة

عضو نميرة Numayri Member نسبة الى وادي نميرة

عضو طيان Tayan Member نسبة الى وادي وجبل طيان شرقي وادي نميرة

والأعضاء الثلاثة متفقة مع وصف بندر (١٩٧٤) ومن ثم التكوين جميعه. ينسب إسم التكوين جميعه الى خربة البرج في أدنى وادي الحسا.

٢,٢,٣,٢ وصف التكوين

لا يوجد التكوين جنوب وادي أبو خشبية في وسط وادي عربة. غير انه موجود مكتشفا من هذا الوادي شمالا حتى شمال وادي زرقاء ماعين شمال شرق البحر الميت. وهو مكون من ثلاثة اعضاء نصفها كما يلي:

أ- عضو طيان Tayan Member

يتراوح سمكه بين ٢-٨٠ م. ويتكون من طبقات رقيقة من حجر الغرين والرمل الناعم الاخضر أو الأحمر وغيرها. تشيع فيه علامات نيم موجية مستقيمة ومتعرجة وتطبق متقاطع وتطبق متواز. وفي طبقات الرمل السميكة نسبيا يوجد تطبيق متقاطع قاعي ثنائي الاتجاه. كذلك سجلت آثار بعض الكائنات الحية على سطوح بعض الطبقات. سطحه العلوي يحدد بابتداء ظهور طبقات الحجر الجيري أو الدولوميت السميكة. أما حدة السفلي فهو حد التكوين الذي يبدأ عندما تظهر طبقات محمرة جيدة التطبيق المتوازي من الغرين أو الحجر الرملي الناعم. وعندما ينتهي تكوين سلب الحامل للحصى والتطبيق المتقاطع القاعي. شكل ٣,٢.

ب- عضو نميرة Numayri Member

هذا العضو هو الذي يميز التكوين جميعه لانه العضو الحامل للصخور الجيرية والدولوميت. يتراوح سمكه بين ٦٠-٣٨ م (شكل ٣,٢). المقطع في بدايته غني بالكوارتز والتطبيق المتقاطع ثم يسود الحجر الجيري والدولوميت أو خليط منهما. وهذا الجزء يحوي مجموعة من المستحاثات مثل البراكيوبود والتريلوبيت و hyolithids. وقرب النهاية العليا يزداد الرمل من جديد. في منطقة وادي ضانا وما يجاورها غرب قرية ضانا فان هذا العضو يحمل معادن النحاس (الملاكيث والازوريت والكرائزكولا) ومعادن المنغنيز الذي تلونه باللون الاسود في بعض أجزائه (شكل ٤,٢ صورة لهذا العضو). وفي المقطع الواقع شمال مصب زرقاء ماعين فان المقطع غير كامل حيث يظهر الجزء العلوي من هذا العضو المكون من ٤٥ م تقريبا. تبدأ بثلاثة أمتار من الحجر الرملي تعلوها ٤ م من الحجر الجيري الحامل للتريلوبيت ثم ٢٥ م رواسب بحرية فتاتية رملية وغضارية وغرينية حاملة للمستحاثات من مثل آثار مستحاثات Harlania. وأخيرا توجد ثلاثة أمتار من الحجر الجيري الحامل للتريلوبيت والبراكيوبود. ثم يأتي حوالي ٥٠ م من الرسوبيات الفتاتية البحرية (عضو حنه. (Powell, 1989))

ج- عضو حنه Hanneh Member

عضو حنه هو الوحدة الصخرية العليا في تكوين البرج. ويتميز في كثير من المواقع بوجود طبقات الغضار أو الغرين shale الأخضر فوق الدولوميت والحجر الجيري من العضو الاوسط. غير أن لونها قد يكون أحمر أو بني. لا يوجد من هذا العضو أكثر من بضعة أمتار في وادي ضانا تزداد الى ٣٠ م في غور الصافي و ٣٨ م في وادي نميرة و ٥٠ م في المقطع شمال مصب وادي زرقاء ماعين. يغلب على هذا العضو الغرين والغضار الغريني والرمل الذي يحوي التطبيق المتقاطع. ولا يخلو المقطع من طبقات أكثر سمكا من الحجر الرملي. كما أنه وجدت به آثار مستحاثات صغيرة عندما يبدأ تكوين أم عشرين بصخوره الرملية الخشنة البنية ذات التطبيق المتقاطع القاعي كبير الحجم وكذلك الطبقات عدسية الشكل.

لا يوجد التكوين جنوب وادي أبو خشية في وسط وادي عربية. ثم يزداد سمكه شمالاً. فهو ٦٥ م في وادي ضانا و ٨٦ م في جنوب شرق البحر الميت و ١٢٠ م في وادي نميرة و ٧٦ م قرب مصب زرقاء ماعين. أما في آبار البترول فالسمك ١٢٤ م في بئر صويلح (SW-1) و ١٢٠ م في بئر GTZ في زرقاء ماعين و ١٣٥ م في بئر الصفرا SA-1 جنوب شرق عمان و ١٢٣ م في بئر مرتفعات الشمال NH-1 و ١١٩ م في بئر وادي الغدفة WG-2 و ١١٤ م في بئر وادي السرحان WS-10. وفي الجفر ٦١ م في بئر (Andrews, 1991; Powell, 1989; JF-1 Bender, 1974; Wetzel and Morton, 1959). لاحظ أن سمك التكوين هو في حدود ١٢٠ م ابتداء من وادي نميرة قرب مصنع البوتاس شمالاً وفي جميع أرجاء الأردن. وطبيعي أن يكون أقل من ذلك في الجفر لأنها إلى الجنوب من ذلك كثيراً.

٤,٢,٣,٢ عمر التكوين

قد تحدثنا في بداية هذا الفصل عن عمر هذا التكوين وأنه كان واضحاً منذ أوائل هذا القرن. ويتفق العاملون أن عمره هو أدنى الكمبري الأوسط أو أعلى الكمبري الأسفل. هذا التكوين هو الوحدة الصخرية الأقدم في الأردن التي يوجد فيها قدر كبير من المستحاثات وآثار المستحاثات التي أفادت في تحديد عمره وكذلك بيئة ترسيبه. وقد تعاقب خلق كثير على دراسة هذه المستحاثات. وآخر الدراسات تفضل أن يكون العمر "أعلى الكمبري الأسفل late Lower Cambrian" (Cooper, 1976; Parnes, 1971) (Soussian Stage) على عينات وادي الحسا والمنبوعة في جنوب غرب وادي عربية. ولقد أكد هذا العمر كيفن وآخرون (Keegan et al., 1990) من عينات في بئر مرتفعات الشمال NH-1 ووادي سرحان WS-3 بواسطة

حيوب اللقاح. (Andrews, 1991)

ومن أهم المستحاثات التي وجدت في هذا التكوين:

تريلوبيت Trilobite

Redlichops blanckenhorn (Richter)

Resserops orientalis (Picard)

Myopsolenus sp.

Kingaspis campbelli (King)

براكيوبودا Brachiopods

Trematobolus palestinensis

Trematsia radifer (Richter)

Psiloria alata (King)

Psiloria davi (Cooper)

هولييثس Hyolithes

Hyolithes fuchonensis (Picard)

طحالب Algae

Girvanella sp.

آثار المستحاثات Trace fossils

Rusophycus

وآثار حفر عمودية وافقية ودائرية.

٥,٢,٣,٢ بينات الترسيب

يتفق الباحثون على أن تكوين البرج يمثل أول تقدم بحري transgression غطى أجزاء كبيرة من الأردن. ويبدو أن عضو الطيان قد ترسب في مسطحات المد أو أعماق قليلة-inter subtidal. يتضح ذلك من وجود آثار الكائنات الحية والتطبيقات المتقاطعة ثنائي الاتجاه وغيرها. أما عضو نميرة فقد كثرت فيه المستحاثات البحرية وكان يمثل قمة التقدم البحري. ويبدو أن بيئة ترسيبه بشكل عام أعماق من عضو طيان مثل اللاغون المتأثرة بالأمواج. ثم عاد البحر فتراجع في أثناء ترسيب عضو حنه إلى وضع يشبه وضع عضو طيان. والشكل ٢،٢ يوضح بيانات ترسيب تكوين البرج (وتكوين أبو خشبية) من شمال شرق البحر الميت وحتى أقصى جنوب الأردن. لاحظ أن التقدم البحري قد وصل إلى حدود السعودية جنوبا وربما عبر الحدود جنوبا (عميرة وآخرون ١٩٩٤). غير أن الأنهار المتشعبة في الجنوب ما زالت موجودة بقرب الدرع العربي وتلقي برسوبياتها في هذا البحر كما يوضح الشكل. ولا نترك هذا العنوان دون أن نذكر أن صخورا مشابهة لتكوين البرج موجودة في جميع الدول المجاورة مما يدل على أن تقدم البحر في ذلك الوقت كان إقليميا أنظر عميرة وآخرون (١٩٩٤).

٣،٣،٢ تكون أبو خشبية Abu Khusheiba Formation

1.3.3.2 التسمية

أول من تعرف على هذه الوحدة الصخرية هو بندر (١٩٧٤). وقد أسماها وحدة "الحجر الرملي الأبيض الناعم White Fine Sandstone Unit" ولما كانت هذه الوحدة غير موجودة إلا في واسط وادي عربية بين وادي قصيب وسيل الجعار وخاصة في وادي أبو خشبية، فإن سلطة المصادر الطبيعية قد أسمتها "تكوين حجر رمل أبو خشبية" وندعوها "تكوين أبو خشبية" اختصارا. ومن المهم أن نذكر أن هذه التسميات جميعها تشير إلى الوحدة ذاتها بالحدود ذاتها السفلية والعلوية (جدول ١،٢).

٢،٣،٣،٢ وصف التكوين

كما يظهر من الاسم الذي وضعه بندر، فإن تكوين أبو خشبية مكون من الحجر الرملي الأبيض الناعم (شكل ٥،٢). وعلى الرغم من أن اللون الأبيض هو السائد إلا أن بعض أجزائه قد تكون رمادية أو زهرية أو خضراء. وهذا اللون الأخير مرده وجود معدن النحاس الملاكيت كمادة لاحمة لحبات الرمل.

أما الصفة الثانية التي تميزه فهي وجود آثار حفر الديدان العمودية المسماة سكوليتس Skolithos وهي في وادي أبو خشبية واضحة جدا على سطوح التطبيق أو في مقطع الصخر العمودي على شكل أنابيب عمودية قد يصل طولها ٧٥ سم أما قطرها فيتراوح إلى بضعة ملمترات (Amireh et al., 1994) شكل ٦،٢). وهي كذلك في وادي مسيمير (Powell, 1989; Ibrahim, 1993) وتعد هذه الآثار العمودية مؤشرا جيدا على بيئة مسطحات المد

والجزر. وقد يوجد في التكوين بعض آثار Cruziana sp..

والصفة الثالثة التي تساعد في تمييزه عن تكوين سلب الذي يقع تحته هي عدم احتواء تكوين أبو خشبية على الحصى التي تكثر في تكوين سلب. وكذلك نعومة حبات رمل أبو خشبية.

يحوي تكوين أبو خشبية التطبيق المتقاطع القاعي والمستوي ولكن بمقياس أصغر كثيرا مما هو موجود في تكوين سلب أو تكوين أم عشرين الذي يعلو أبو خشبية في هذا المكان. بقي أن نشير إلى أنه في واسط وادي عربية وخاصة في وادي أبو خشبية فإن تضاريس قديمة من القاعدة ما

زالت موجودة داخل تكوين أبو خشبية. وتبدو وكأنها من القواطع الريوليتية من تكوين أحمر. وهذا هو تفسير بندر لها. غير أنها ليست الا بقايا القاعدة التي كانت في زمن ترسيب تكوين أبو خشبية مرتفعة أو عالية فترسبت رمال أبو خشبية فوقها وبجانبتها. ويمكن أن ترى فتات صخورها التي اصابها الحت موجودة في رمل تكوين أبو خشبية (شكل ٨، ١ ب). وبالتالي ينتهي الحديث عن نشاط مغماتي في أواسط الكمبري كما ذكر بندر (١٩٧٤). وقد يستدل من كل ذلك على أن أواسط وادي عربة كان مرتفعا في الوقت الذي كانت رمال أبي خشبية تترسب. والشكل (٧ . ٢) .

٣، ٣، ٣، ٢ سمك التكوين وتوزيعه وحدوده

سمك التكون ١١٠م في وادي أبو خشبية (بندر ١٩٧٤). وهو السمك الأكبر لهذا التكوين. يصبح هذا السمك ٥٠م شمالا في وادي ضانا - فينان وجنوبا في وادي مسيمير. ثم يتلاشى تماما كلما ابتعدنا شمالا أو جنوبا. وهو غير موجود البتة في مناطق بعيدة الى الشمال مثل غور الصافي مثلا أو الى الجنوب كالقويرة مثلا. وفي اتجاه الجنوب فان التكوين جنوب غرندل يتداخل جانبا مع الجزء العلوي من تكوين سلب والجزء السفلي من تكوين أم عشرين (شكل ٧، ٢). ومن ثم فانه احيانا ما يقارن مع الجزء العلوي من تكوين سلب في منطقة شرقي القويرة دون يقين. يعتمد تمييز هذه السفلي او العلوي على الموقع الجغرافي. ففي وادي أبو خشبية حيث يوجد تكوين سلب تحت تكوين أبو خشبية، يوضع الحد الفاصل بينهما عندما ينتهي رمل أبو خشبية الابيض الناعم ويظهر رمل تكوين سلب المحمر الحصى. والحد هنا غاية في الوضوح. أما في منطقة وادي ضانا - فينان فيقع التكوين فوق عضو حنه من تكوين البرج الاخضر اللون مباشرة. وفي منطقة البتراء يعلو تكوين أبو خشبية القاعدة مباشرة. أما هذه العلوي فهو واضح ايضا ويوضع عندما تبدأ صخور تكون ام عشرين الرملية البنية الكتلية ذات التطبيق المتقاطع والحصى الصغيرة.

٤، ٣، ٣، ٢ عمره

يبدو أن تكوين أبو خشبية يكافئ تكوين البرج أو قد يكافئ الجزء العلوي منه (عضو حنه). هذا ما يقبل به العاملون في جيولوجية الأردن. (Powell, 1989; Bender, 1974) ومن ثم فانه قد أعطى عمر تكوين البرج أي أدنى الكمبري الاوسط أو أعلى الكمبري الأسفل.

٥، ٣، ٣، ٢ بيئة الترسيب

في الدراسة المعمقة لبيئات ترسيب العصر الكمبري في الأردن. إعتبر عميرة وآخرون (١٩٩٤) أن تكوين أبو خشبية قد توضع في بيئة مسطحات المد والجزر الرملية. دل على ذلك وجود آثار حفر الديدان العمودية (سكوليتوس) (شكل ٢، ٢). تذكر انه الى الشمال من وادي أبو خشبية حيث الموقع المثالي لهذه البيئة، فان هذا التكوين يكافؤ البرج. غير أن البرج قد ترسب في بيئة أكثر عمقا من بيئة المد والجزر. وهذا يعني أن منطقة أبو خشبية أو ان شئت أواسط وادي عربة كانت مرتفعة زمن ترسيب أبو خشبية والبرج مما شكل حائلا أمام تقدم البحر العميق نسبيا الى الجنوب (شكل ٧ . ٢). وهذا دليل آخر على أن أواسط وادي عربة كانت تشكل تضاريس مرتفعة paleohigh في الكمبري الاوسط. ولا نترك هذا العنوان دون أن نذكر القارئ بان تكويني أبو خشبية والبرج يمثلان التقدم الأعظم للبحر في العصر الكمبري جميعه (شكل ٢، ٢).

1.4.3.2 التسمية

إسم " أم عشرين " مأخوذ من جبل أم عشرين وقاع أم عشرين شرقي القويرة. وقد تحدثنا في مطلع هذا الفصل في تاريخ التسمية. لا يساوي هذا التكوين " حجر رمل القويرة الأسفل " الذي وضعه كوينل (١٩٥١) بل هو جزء منه. وأول من استعمل الاسم " تكوين ام عشرين " هو لويدي (١٩٦٩). وقد أسماه بندر (١٩٧٤) في الفترة نفسها تقريبا " الحجر الرملي الكتلي بني التجوية ". ثم سمته سلطة المصادر الطبيعية " تكوين أم عشرين الرملي " ونسميه هنا " تكوين ام عشرين " اختصارا. وجميع هذه التسميات هي للصخور ذاتها دون أدنى اختلاف في حدي التكوين السفلي والعلوي (جدول ١,٢).

٢,٤,٣,٢ وصف التكوين

أجمل ما في تكوين أم عشرين هو أنه قد حافظ على مجموعة من صفاته التي جعلته وحدة صخرية مميزة في طباقية الأردن. إذ من الصعب ان تخطيء التعرف عليه اينما وجدته. فسمكه ولونه وطبيعة طبقاته تبقى تقريبا ثابتة عبر مسافة لا تقل عن ٣٠٠ كم من وادي رم جنوبا حتى شمال شرق البحر الميت. وتكوين أم عشرين هو الذي يعطي وادي رم وكذلك البتراء منظرهما الرائع بسبب الفواصل العمودية الطويلة فيه التي أدت الى حدوث الجروف المرتفعة المميزة لوادي رم (شكل ٨,٢). وهو كذلك التكوين نفسه التي حفرت فيه البتراء. ويبدو أن سيق البتراء ليس الا فاصلا من هذه الفواصل الطويلة الذي عمقته مياه وادي موسى (شكل ٨,٢). لونه الغالب بني وقد تكون بعض أجزائه صفراء أو رمادية أو بنفسجية محمرة. ويمتاز بتكونه من صخر رملي متوسط الى خشن الحبات. لا يوجد به الفلسبار كما في تكوين سلب. ومن ثم فهو حجر رملي كوارتزي. quartzarenite مما يشير الى نضج أعلى كثيرا من تكوين سلب. المادة اللاصقة الى حد كبير هي من الهيماتيت الذي يعطيه اللون البني المحمر. ويتميز عن تكوين سلب في صفة أخرى هي عدم وجود طبقات من الرواهص فيه. غير أن حصى صغيرة من الكوارتز توجد في قاع التطبيق المتقاطع القاعي الكبير. ثم أن الشكل الهندسي للطبقات أيضا مختلف عن تكوين سلب. إذ يغلب على تكوين أم عشرين الطبقات الرملية عدسية الشكل التي تكون سميكة في الوسط ثم تتلاشى جانبا بعد عشرات أو مئات الامتار. في حين تبدو طبقات تكوين سلب متوازية ومستمرة مسافات أطول كثيرا. ويبدو أن سبب التطبيق العدسي الشكل هو القنوات النهرية القديمة التي رسبت تكوين ام عشرين. يدل على ذلك وجود التطبيق المتقاطع القاعي كبير الحجم مع حبات الكوارتز عند نهايته السفلى التي هي تراكيب رسوبية ناتجة عن هذه القنوات. الشكل ٩,٢ أ يوضح المقطع المثالي في منطقة قاع أم عشرين (عميرة ١٩٨٧). وقد قسم Powell (1988) هذا التكوين في وادي نميرة قرب مصنع البوتاس الى ثلاثة وحدات صخرية غير رسمية هي من الأسفل الأعلى:

- أ- ٣٢م من الحجر الرملي متوسط حجم الحبات يحوي التطبيق المتقاطع القاعي الكبير أو المستوي. وفيه تطبيق متقاطع مقلوب.
- ب- ٨٠م من حجر رملي زهري وأبيض متوسط الى خشن حجم الحبات يحوي التطبيق المتقاطع القاعي كبير الحجم يتحول نحو الأعلى الى حجر رملي رقيق الطبقات يحوي علامات نيم وتطبيق متقاطع رقائقي وغيرها مع القليل من آثار المستحاثات.

ج- ٢٠٠م من الحجر الرملي الكتلي البني المتوسط الى خشن الحبات مع التطبيق المتقاطع القاعي والمقلوب احيانا. وهذه الوحدة هي الأكثر سمكا وهي تشبه السحنات الموجودة في جنوب الأردن.

ولقد أوضح عيسى مخلوف وعابد (Makhlouf and Abed, 1991) أن تكوين ام عشرين في شمال شرق البحر الميت (زرقاء ماعين مثلا) مكون من نوعين من السحنات هي:

أ- **الحجر الرملي الكوارتزي quartz arenite**. وهي السحنة السائدة التي لا تختلف عما وصفنا في جنوب الأردن سابقا. وهي قد ترسبت من أنهار متشعبة.

ب- **سحنة الغضار- غرين-حجر رملي** التي توجد بسمك صغير نسبيا يقل في الغالب عن خمس سمك الطبقات الرملية الكوارتزية. فهي سحنة ناعمة ورقيقة عادة ويبدو سمكها ثابتا عبر مسافات أطول كثيرا من السحنة الكوارتزية. يغلب على هذه السحنة اللون الاخضر. كذلك فإن لها مجموعة من التراكيب الرسوبية المميزة. غير أن أهم ما في هذه السحنة الناعمة احتواؤها على مستحاثات *Lingula* من المحاريات *bivalves* وبعض آثار التريلوبيات. كما أنها متأثرة كثيرة بفعاليات الكائنات الحية *bioturbation*. وقد فسر مخلوف وعابد بيئة ترسيب هذه السحنة على أنها مسطحات المد والجزر. وهو فرق واضح عما وصفنا في جنوب الأردن حيث البيئة نهريّة متشعبة لجميع التكوين. شكل ٩,٢ ب (مخلوف وعابد ١٩٩١).

٣,٤,٣,٢ سمك التكوين وتوزيعه وحدوده

يتراوح سمكه في مقطعه المثالي في جنوب الأردن ٣٥٠-٣٠٠م. وهو كذلك تقريبا في وادي نميرة في منطقة البحر الميت الجنوبية الشرقية وفي بئر صويلح البترولية. وفي البتراء ٢٧٠م وفي وادي ضانا ١٠م وفي زرقاء ماعين ١٦٥م (Powell, 1989; Bender, 1974; Wetzel, 1959). أما تحت السطح في شرق الأردن فإن الأرقام التي أوردها أندروز (١٩٩١) لا تختلف كثيرا عما أوردها قبل قليل. ويبدو أن السبب في تدني سمكه في بعض المواقع مرده إزالة الأجزاء العليا من التكوين في عملية الحت الهرسينية التي أتت على أجزاء كبيرة من رسوبيات حقبة الباليوزوي. وسنتحدث عن ذلك في وقت لاحق.

أما عن توزيعه الجغرافي فإنه يمكن القول بطمأنينة أنه لا يوجد مكان في الأردن فوق سطح الأرض أو تحت سطحها إلا وتكوين أم عشرين موجود فيه (Andrews, 1991). تختلف التكوينات التي تقع تحت أم عشرين أو فوقه تبعا للمكان من الأردن. وبالتالي ينبغي ان يعرف ذلك حين البحث عن الحد السفلي أو الحد العلوي للتكوين. ففي شرقي القويرة في جنوب الأردن يكون حده السفلي تكوين سلب وحده العلوي طبقات الحجر الرملي الكتلي الابيض (تكوين الديسي) الذي يظهر على شكل قباب صغيرة. الامر هنا واضح. اما في وسط وادي عربة فحجر رمل ابو خشبية الابيض الناعم هو الذي يقع تحت أم عشرين ويستمر كذلك في ضانا والشمال منها. وفي جنوب شرق وشمال شرق البحر الميت يكون عضو حنه من تكوين البرج. أما فوقه ففي جنوب شرق البحر الميت (وادي نميرة ووادي الكرك مثلا) فيكون الكرب فوقه. وفي شمال شرق البحر الميت (زرقاء ماعين مثلا) فإن تكوين ام عرنة من البرموترياسي هو الذي يعلوه (انظر وصف هذا التكوين لاحقا في هذا الفصل). وقد يكون مناسباً أن نوضح هذه التغيرات الجانبية لجميع مجموعة رم في شكل ٧,٢.

٤,٤,٣,٢ عمر التكوين

لا توجد في تكوين ام عشرين المستحاثات المميزة التي تحدد العمر وعلى الرغم من وجود بعض آثار المستحاثات في بعض أجزائه. غير أن تكوين البرج (أبو خشبية) هو من أدنى

الكمبري الأوسط أو أعلى الكمبري الأسفل. كذلك فإن الجزء العلوي من تكوين الديسي هو من الأردوفيشي الأسفل (Arenigian) كما سترى بعد قليل. ولما كان تكوين أم عشرين واقعا بينهما فإن عمر تكوين أم عشرين يمتد بين الكمبري الأوسط حتى الكمبري الأعلى (جدول ١,٢).

٥,٤,٣,٢ بيانات الترسيب

يجمع الباحثون على ان تكوين أم عشرين في وادي عربة وجنوب الأردن قد رسبته الأنهار المتشعبة (Amireh et al., 1994; Powell, 1989; Bender, 1974; Selley, 1970 a, b, 1972). أما شمال شرق البحر الميت فإن التأثير البحري قد أصبح أكثر وضوحا ويبدو أن التكوين جميعه أو أجزاء كبيرة منه قد ترسبت في مسطحات المد والجزء (Amireh et al., 1994). ويوضح الشكل ٢,٢ بيانات ترسيب تكوين أم عشرين على طول تكشفه. لقد دلل عميرة (١٩٨٧) وبشكل واضح على أن رمال تكوين ام عشرين ناضجة نسيجيا بسبب احتوائها على المعادن الثقيلة المقاومة للتجوية الكيميائية وهي الزركون والتورمالين والروتيل. اما المعادن غير المقاومة للتجوية مثل الابدوت والهوربنلند فهي قليلة أو نادرة. مما يدل على أن مناخ الكمبري الاوسط الأعلى كان مناخا حارا رطبا. وقد يساعد في هذا التفسير كثرة وجود أكاسيد الحديد (الهيماتيت) في التكوين.

٥,٣,٢ تكوين الديسي Disi Formation

1.5.3.2 التسمية

أسماء كوينل حجر رمل Rum Sandstone. وهو نفسه الذي أسماه بندر (١٩٧٤) " الحجر الرملي الكتلي أبيض التجوية " Massive While - Weathered Sandstone " وهو نفسه الذي أسمته سلطة المصادر الطبيعية " تكوين حجر رمل الديسي " ونسميه " تكوين الديسي " اختصارا. (جدول ١,٢). أما الاسم فنسبة الى قاع الديسة الذي يقع شرقي مدخل وادي رم.

٢,٥,٣,٢ وصف التكوين

هذا التكوين هو الوحدة الصخرية المكونة من الصخور الرملية البيضاء التي نعرفها " برمل الزجاج " glass sand والذي كان يعدن لصالح مصنع الزجاج في معان الذي أغلق أخيرا. وهو يعدن ويصدر الى خارج الأردن الآن.

في جنوب رأس النقب على وجه الخصوص يتكشف هذا التكوين على شكل قباب كتلية مميزة (شكل ١٠.٢). وفي هذا المكان وغيره فانه مكون من حجر رملي متوسط الى خشن الحبات. ويسود فيه التطبق المتقاطع القاعي الكبير الحجم الذي يحوي حصى من الكوارتز عند النهاية السفلى لهذا التطبق المتقاطع. حبات الكوارتز جيدة الاستدارة. كما أن التطبق المتقاطع المستوي موجود أيضا ولكن بشكل أقل من القاعي.

غير أن مستويين مهمين من الغضار - الغرين - الحجر الرملي الناعم يوجدان في الثلث العلوي من تكوين الديسي. وتبرز اهميتهما من كونهما يحويان المستحاثات وآثارها. ويمكن ان ترى في كل مكان يتكشف فيه تكون الديسي كاملا. فهي موجودة مثلا في رأس النقب وفي قاع الديسي. وهذا يعني ببساطة أن بحر الأردوفيشي الأسفل قد غطى جميع الأردن عندما ترسبت الطبقتان.

أهم آثار المستحاثات هي (Selley, 1970; Bender, 1974; Cruziana goldfussi (Seilacher, 1970) (شكل ١٠,٢). وأنواع أخرى من الكروزيانا. سمكها في حدود ٤م. الشكل (١١.٢) يوضح مقطعا في هذا التكوين في جنوب الأردن.

٣,٥,٣,٢ سمكه وتوزيعه وحدوده

يبلغ سمك التكوين ٣٥٠-٣٠٠م في جنوب الأردن في مقطعه المثالي. غير أن سمكه يقل عن ذلك كثيرا في وادي عربة. وسبب ذلك ليس ترسيبها ولكن بسبب تعرضه للإزالة في عملية حث رئيسية مصاحبة للحركة الهرسينية (Andrews, 1991) وسنفضل ذلك في وقت لاحق من هذا الفصل. وقد ذكر بندر (١٩٧٤)، وهذا ما توضحه خرائطه، إن تكوين الديسي ينتهي تماما في منطقة وادي ضانا في الجزء الاوسط الشمالي من وادي عربة وان ١٠٠م منه فقط موجود في وادي قصيب في منطقة غرندل. وقد تبعه في ذلك Powell (1989) واندروز (١٩٩١). وهو غير صحيح. فلقد طور عميرة (١٩٩٣) أفكارا في التمييز بينه وبين رمل الكربن الابيض الذي يشبهه ويعلوه في وادي عربة وشمالا. فوجد أن تكوين الديسي يستمر في الوجود متكشفا حتى وادي نميرة الذي يقع شرقي مصنع البوتاس في حوض البحر الميت أي قرابة ١٠٠كم شمال وادي ضانا الذي وضع حدا شماليا لوجود هذا التكوين. وقد رأى الكاتب برفقة عميرة أكثر من ١٥٠م من هذا التكوين في الجزء السفلي من وادي الحسا.

وقد أزيل هذا التكوين بالحت من معظم وسط وشمال الأردن. لكنه موجود في جنوب شرق وشمال شرق الأردن وبسماكة اكبر مما هو موجود في الجنوب والغرب. ولسوء الحظ فان أندروز (١٩٩١) قد وضع له إسما جديدا بعد أن ضمه للتكوين الذي يعلوه وبالتالي يصعب تحديد سمكه لوحده في آبار البترول.

الشكل ٢. ٧ يوضع التكاوين التي تعلوه وتسفله في الأردن. ففي جنوب الأردن يقع فوق تكوين أم عشرين البنى. والحد بينهما غاية في الوضوح لونا. أما حده العلوي في الجنوب فهو عندما يبدأ تكوين أم سهم ذو التطبيق المتوازي الواضح. الى الشمال قليلا وفي رأس النقب مثلا يقع الكربن فوقه ويبقى أم عشرين تحته. والمسألة هنا أن تكوين الكربن مكون من حجر رملي أبيض في جزئه السفلي. وهو يشبه تكوين الديسي بحيث يصعب التفريق بينهما. وقد أوضح عميرة (Amireh, 1994, 1993) بتروغرافيا وميدانيا أن الفرق بينهما واضح. ومن أدلته:

أ- ان الديسي أبيض دائما بينما الكربن لابد وأن يوجد به بعض المستويات الملونة.
ب- ان الديسي يحوي آثار الكروزيانا التي لا يحويها الكربن.
ج- يسود التطبيق المتقاطع القاعي الكبير في الديسي بينما يسود التطبيق المتقاطع المستوي في الكربن.

د- توجد حصى الكوارتز المبلور الذي قد يصل قطر الواحدة منها الى ١٠سم في قاع التطبيق القاعي في الديسي. وهو غير موجود في الكربن.

هـ- الزيادة المفاجئة في المعندين المستقرين الزركون والتورمالين وتناقص الروتيل عبر سطح التماس بين الديسي والكربن.

و- وجود انقطاع واضح في نسبة الزركون الى الروتيل عبر حد التماس بين الكربن والديسي (شكل ١٢,٢ من عميرة ١٩٩٤).

و- اختفاء معدن الدكيت dickite وتناقص درجة تبلور الكاولين
يبقى الكربن فوق الديسي حتى ودي نميرة حيث ينتهي ظهور الديسي بعد ان أزيل بالحت .

٤,٥,٣,٢ عمر التكوين

لا يحوي الجزء الأعظم السفلي من تكوين الديسي أي مستحاثات أو آثارها مميزة للعمر. غير أن طبقتي الغضار - الغرين - الحجر الرملي الناعم تحويان الآثار التالية (Selley 1970; Bender, 1974)

Cruziana furcifera d'Orbigny
Cruziana gold fussi Rounult
Cruziana vilanovae Sapoata
Diplichnites sp.
Merostomichites sp.

وهذه تشير الى الأردوفيشي الأسفل مرحلتي تريمادوسي - ارينيغي (Baldwin, 1976) جدول (١,٢). ولما كانت هذه المجموعة موجودة أيضا في تكوين ام سهم الذي يعلو تكوين الديسي فان المعتقد الآن ان تكوين الديسي هو من مرحلة الارينيغي Arenigian ولكن وبسبب سمك الجزء السفلي غير الحامل لآثار المستحاثات فان عمر التكوين فيما يبدو يمتد من أعلى الكمبري حتى الارينيغي (الأردوفيشي الأسفل). وبالتالي فإن حد عصري الكمبري والأردوفيشي يقع في الجزء ال من تكوين الديسي. وهذا ما ذهب اليه الباشا (١٩٨٧) بناء على حبوب اللقاح. أنظر أيضا ما قاله اندروز (١٩٩١).

٥,٥,٣,٢ بيئات الترسيب

لا تختلف بيئة الترسيب لتكوين الديسي عن تكوين ام عشرين. فهي ايضا قد ترسبت من قنوات الانهار المتشعبة. تبقى بيئة طبقات الغضار الحاملة لآثار المستحاثات الموجودة في الجزء العلوي من التكوين. ويبدو أنها تمثل بيئة بحرية ضحلة. أي ان بحر الأردوفيشي الأسفل قد وصل الى أقصى جنوب الأردن (Seilacher, 1970; Powell, 1989; Baldwin, 1976) أما سبب اختلاف اللون من البني المحمر في ام عشرين الى الابيض في الديسي فقد يكون سببه اختلاف في مصدر الفتات أو اختلاف في المناخ بحيث أصبح المناخ اكثر امطارا في تكوين الديسي حتى يتسنى ازالة الملونات.

٦,٣,٢ تكوين ام سحم Um Sahm Formation

لا يتكشف هذا التكوين الا في جنوب الأردن أي جنوب جرف رأس النقب - بطن الغول. وقد أزيل بالحت في الحركة الهمرسينية من جميع غرب الأردن ووسطه. غير أنه موجود تحت سطح الارض في جنوب شرق الأردن وشمال شرقه.

١,٦,٣,٢ التسمية

الأسم مشتق من جبل ام سحم جنوب شرق رم. وهو ليس " ام سهم " كما أخذناه من المصادر الأجنبية حيث يلفظ الاجانب " الحاء " هاء. والسحم هو الشجر الكبير الموجود على ذلك الجبل الذي دعي به. جعل كوينل (١٩٥١) تكوين ام سحم مساويا لجميع الصخور الموجودة فوق تكوين الديسي واطاف اليه صخور الترياسي والجوراسي من شمال الأردن. غير ان اعمال بندر (١٩٧٤) وبعثته الألمانية الى الأردن (١٩٦١-١٩٦٨) قسمت هذا التتابع السميك فوق الديسي الى مجموعة من التكاوين. وقد سمى بندر هذه الوحدة الصخرية " وحدة الحجر الرملي المتطبق بني التجوية " Bedded Brownish Weathered Sandstone وقد سمي لويد (١٩٦٩) الوحدة ذاتها "تكوين ام سحم". واسمته سلطة المصادر الطبيعية " تكوين حجر رمل ام سحم (Masri, 1988) " ونستعمل هنا " تكوين ام سحم " اختصارا.

٢,٦,٣,٢ وصف التكوين

لون هذا التكوين هو كلون تكوين ام عشرين بنى محمر. ومن ثم يسهل التعرف عليه فوق صخور الديسي البيضاء. لكنه يختلف عن ام عشرين بان طبقاته تبدو متوازية وليست عدسية الشكل ١٣,٢ مقطع ام سحم شرقي قع الديسي.

يغلب على التكوين الحجر الرملي متوسط الحبات ذو التطبيق المتوازي الذي يحوي طبقات متقاطعة مستويا وقاعيا. وتوجد في هذه السحنة حبيبات من الكوارتز متناثرة. يوجد في التكوين اربعة مستويات من الحجر الرملي الناعم والغرين والغضار في وسطه ونحو قمته. هذه المستويات تتميز باحتوائها على آثار الكائنات الحية (Bender, 1974; Powell, 1989; Amireh, 1987 وهي:

Skolithos (Sabellarifex)
Cruziana gold fussi Rouault
Harlania sp.

Arthropycus sp. وقد وصف (Powell 1989)

ثلاث سحنات في هذا التكوين في المقطع المثالي:

أ- حجر رملي متوسط الى خشن الحبات يحوي طبقات متقاطعة قاعيا وحبيبات الكوارتز. هذه السحنة تشبه الديسي لكن لونها بنيا وليس ابيض.

ب- حجر رملي متوسط الى خشن الحبات يحوي طبقات متقاطعة مستويا. هذه السحنة لا تشبه الديسي وهي خاصة بأم سحم.

ج- سحنة الحجر الرملي الناعم- الغرين الذي يحوي آثار المستحاثات.

٣,٦,٣,٢ سمكه وتوزعه وحدوده

في المقطع المثالي يتراوح سمكه بين ٢٥٠-٢٢٠م. وقد قاس عميرة (١٩٨٧) مقطعا في جبل الغزلان الى الشرق من قاع الديسي فكان السمك ٢٤٣م. وقد ذكرنا قبل قليل ان التكوين غير موجود في وادي عربة فوق تكوين الديسي ولا في منطقة البحر الميت فوق ام عشرين. ولم يوجد في آبار البترول في وسط وشمال الأردن. لكنه موجود في الجنوب الشرقي والشمال الشرقي. يزداد سمكه كثيرا هنا. غير أن اندروز (١٩٩١) في دراسته للتكاوين الباليوزوية تحت السطحية قد ضم هذا التكوين مع تكوين الديسي وأسماهما معا تكوين عمود Amud Formation. وبالتالي يصعب تحديد سمكه لوحده على الرغم من أنهما معا لهما سمكا أكبر كثيرا من سمكهما في الصحراء الجنوبية اذ يزيد سمكهما معا عن ١٠٠٠م في بعض آبار وادي السرحان والجفر.

يسهل تمييز حده السفلي مع الديسي (شكل ١٤. ٢ أ) بسبب الاختلاف الكبير في اللون وطبيعة التطبيق. كذلك فان حده العلوي واضح جدا حيث تعلوه صخور الغضار shale الطرية المكونة لتكوين حسوة (شكل ١٤,٢ ب).

٤,٦,٣,٢ عمر التكوين

تدل آثار المستحاثات التي ذكرت في وصف التكوين وكذلك عمر تكوين الحسوة الذي يعلوه مبنيا على الغرابتوليت، بان عمر تكوين ام سحم هو من الأردوفيشي الأسفل او أرنيجي (Powell, 1989; Selley, 1970; Bender, 1974).

5.6.6.2 بيئات الترسيب

يبدو أن بيئة ترسيب هذا التكوين انتقالية بحرية ضحلة واقعة بين التكاوين النهرية السابقة أو الاقدم وبين تكاوين مجموعة خريم البحرية الأعمق. وقد اوضح كثير من الباحثين (Powell,

(1974; Bender, 1970; Sellay, 1987; Amireh, 1989) ان بيئة الترسيب قد تراوحت بين بيئة بحرية قرب شاطئية هادئة مسؤولة عن ترسيب السحنات الناعمة الحاملة لآثار المستحاثات الى بيئة ضحلة ذات طاقة عالية مسؤولة عن ترسيب الحجر الرملي الحامل لحبيبات الكوارتز. وقد توجد العواصف storms لاعادة دفع الرواسب نحو البحر وحمل الحبات الخشنة وبعض الحصى.

٤,٢ مجموعة خريم Khriem Group

كان تكوين ام سحم هو الأخير أو الأعلى في مجموعة رم. فوqe يقع تتابع رسوبي بحري سميك اطلق عليه جميعه مجموعة خريم نسبة الى قاع وجبل خريم في جنوب الأردن. يغلب على المجموعة الغضار shale عند مقارنتها بمجموعة رم الذي يغلب عليها الحجر الرملي. وفي مجموعة خريم اربعة تكاوين هي من الاعلى:

تكوين الخشة	Khushsha Formation
تكوين المدورة	Mudawwara formation
تكوين ديبذب	Dubaydib Formation
تكوين الحسوة	Hiswah Formation

يتراوح عمر مجموعة خريم من الأردوفيشي الى السيلوري الأسفل. وعند تعديل الحدود مع السعودية عام ١٩٦٦ اصبح جزء من السيلوري الذي وصفه بندر في داخل السعودية. ولذلك لن تتعرض لشرحه. التكاوين الاربعة العليا ممثلة في الأردن بتكشفات جيدة في اقصى جنوب شرق الأردن.

ولابد من الاشارة هنا الى وجود رسوبيات جليدية نهريّة جنوب جرف بطن الغول أو شرقي سهل الصوان أدخلت في تكوين المدورة في كل المسوحات الجيولوجية السابقة. وهو غير صحيح. ونقترح ان توضع في تكوين خاص بها أو عضو في تكوين المدورة اقترحنا ان يسمى تكوين عمار Ammar Formation نسبة الى جبلي عمار وعمير في جنوب الأردن (عابد وآخرون ١٩٩٣). وسنفصل ذلك لاحقاً.

أزيلت هذه المجموعة جميعها من غرب الأردن ووسطه بالحت في الحركة الهرسينية. غير أنها موجودة وبسماكات اكبر كثيراً من سمكها في التكشفات في الجنوب الشرقي والشمال الشرقي من الأردن. بعض أجزاء هذه المجموعة يمكن ان يكون صخوراً مصدراً مولداً للبترول. أما أسم المجموعة فقد ظهر بشكل واضح في أعمال المسح الجيولوجي ١:٥٠٠٠٠ الذي تقوم به سلطة المصادر الطبيعية منذ عام ١٩٨٤. (Masri, 1988)

1.4.2 تكوين الحسوة Hiswah Formation

هو التكوين الأقدم في مجموعة خريم. ويتميز بأنه غضاري بشكل عام ويشكل منحدرات سهلة ذات زوايا قليلة فوق تكوين ام سهم الذي يشكل منحدرات وعرة.

ينسب التكوين الى وادي حسوة بحاء مكسورة وسين ساكنة وليس الحصوة كما يقول بعضهم. والحسوة من احتسى بمعنى شرب. ويبدو أن ماء كان في هذا الوادي الذي يقع شمال شرق قاع الديسي حيث يتكشف التكوين.

أول من وصف هذه الوحدة الصخرية بوضوح وحدد معالمها هو بندر (١٩٧٤) وأسمها " وحدة حجر رمل الغرابتوليت " Graptolite Sandstone والوحدة ذاتها هي التي دعتها سلطة المصادر الطبيعية " تكوين حجر رمل الحسوة " (Hiswah Sandstone Formation Masri, 1988) ليس من شك في ان هذه الوحدة تحوي الحجر الرملي غير أنها تتميز بطبقات أو أجزاء سميكة من الصخر الطيني أو الغضار. ومن ثم قد يكون الاسم مضللاً بعض الشيء. على أي حال نختصر الاسم هنا الى " تكوين الحسوة " .

٢,١,٤,٢ وصف التكوين

مثل تكوين ام سحم ينحصر هذا التكوين متكشفاً في الصحراء الجنوبية جنوب جرف بطن الغول - رأس النقب. وقد ازيل بالحت في الحركة الهرسينية من غرب الأردن ووسطه. قلنا قبل قليل أن " الغضار " shale هو المكون السائد في تتابع هذا التكوين. وهو الذي يعطي تكوين الحسوة طراوته بحيث يشكل منحدرات سهلة فوق جروف تكوين ام سحم. وهو الذي (اي الغضار) يعطي التكوين لونه الرمادي الى المخضر برغم وجود اللون الأحمر الناتج عن أكاسيد الحديد في أجزاء مهمة منه. طبقات الغضار رقيقة. ثم يوجد في التكوين حجر الغرين siltstone وكذلك الحجر الرملي الناعم. أهم التراكيب الرسوبية في الحجر الرملي هو التطبيق المتقاطع الخيمي hummocky cross-bedding الذي يتكون في البيئات البحرية بفعل العواصف. وفيه ايضا تطبيق متقاطع قاعي ومستوي وعلامات نيم متداخلة او موجية. غير أن أهم ما يميزه وجود مستحاثات الغرابتوليت وخاصة في الطبقات الأولى أو السفلى منه. يوجد الغرابتوليت بكثرة في هذه المستوى على سطوح التطبيق الرقيقة التي يجب ان تفصل حتى ترى الغرابتوليت. وهو من نوع

Didymograptus bifidus Hall ومستحاثات أخرى

D. Murchisoni

D. Spinulosus

Elkaniidae (? *Broeggeria*)

Ostracods

Vertical and horizontal burrows

(Bender, 1974; Amireh, 1987; Powell, 1989)

دعنا نسمي هذه السحنة الحاملة للمستحاثات المذكورة أعلاه " سحنة " الغضار وحجر الغرين رقيقة التطبيق " . (شكل ١٥,٢).

يعلو هذه السحنة حوالي ١٠ أمتار من حجر الغرين قليل المستحاثات. ويأتي فوق حجر الغرين سحنة الحجر الرملي الناعم بالتراكيب الرسوبية التي ذكرناها في بداية هذا الوصف. لاحظ ان حجم الحبات يزداد خشونة أو كبرا من سحنة الغضار الى الحجر الرملي أي نحو الأعلى. هذه دورة رسوبية. ثم تأتي دورة أخرى شبيهة بها فوقها. وقد وجدت المستحاثات وآثار المستحاثات التالية في سحنة الحجر الرملي الناعم:

Harlania sp.

Lingula sp.

Hanadirella bramkampii

Cruziana traces

Vertical and horizontal burrows

(Ricards, 1990; Rushton, 1991)

يمتاز الجزء العلوي من التكوين بأنه أخشن حبات واسمك طبقات من بقية التكوين. ثم ان آخر ٤ م منها يتميز بلونه الأحمر الحديدي.

٣,١,٤,٢ سمك التكوين وتوزعه وحدوده

سمك تكوين حسوة في جنوب الأردن ٨٠ م في سهل الصوان مثلا جنوب شرق قاع الديسي، او وادي حسوة وبجانب سمكة الحديد (شمال شرق قاع الديسي). غير ان التكوين غير موجود في وادي عربة او حوض البحر الميت. ولا هو موجود في الآبار العميقة في شمال الأردن ووسطه. انما وجد في آبار البترول في جنوب شرق وشمال شرق الأردن حيث يزداد سمكه كثيرا (في الجفر ووادي السرحان والريشة). ولا بد ان نشير هنا الى ان أندروز (١٩٩١) عندما عالج التكاوين تحت السطحية للباليزوي في آبار البترول قد أضاف اسما جديدا بديلا لهذا التكوين له حدود مختلفة. وقد دعاه "تكوين سهل الصوان" وجعله مساويا للثلث السفلي (٣٠م) فقط من تكوين الحسوة المكتشف جنوبا. أي ان "تكوين سهل الصوان" تحت السطحي عند اندروز يكافيء الجزء الغضاري السفلي (ثلث التكوين) فقط. وبرغم ذلك فان سمك هذا الجزء الغضاري في آبار البترول في الجفر ووادي السرحان والريشة ووادي الغدق والضاحكية (في الازرق) يزيد عن ١٠٠م. ويصل الى ١٨٩م في الريشة. لاحظ ان ٣٠م من الغضار في جنوب الأردن اصبحت ١٨٩-١٣٠م في آبار البترول.

أما حد تكوين الحسوة السفلى فيبدأ عندما تنتهي صخور الحجر الرملي المتطبق بني اللون المكون لتكوين ام سحم وهو صلب ويكون جروفا واضحة. ثم فوقه مباشرة طبقات رقيقة ومتوازية من الغضار والغرين حاملة للغرابتوليت وآثار المستحاثات. كذلك يتميز حدة السفلي بتغير واضح في زاوية انحدار السفح من عالية جرفية في ام سحم الى زاوية قليلة في الحسوة. اما حده العلوي فيوضع عندما تظهر طبقات الحجر الرملي الرمادية البيضاء الحاملة لأعداد كبيرة من آثار الديدان العمودية (سابلارفكس = سكوليتوس، شكل ١٦,٢) التي تشكل الجزء السفلي أو قاعدة تكوين ديبذب. وفي سهل الصوان توجد هذه الطبقات الحاملة للسكوليتوس تحت طبقات كتلية سميكة مميزة من الحجر الرملي المميز لتكوين ديبذب.

٤,١,٤,٢ عمر التكوين

يبدو أن الغرابتوليت الذي ذكرناه في وصف التكوين الذي وصفه بندر (١٩٦٣, ١٩٧٤) هو الذي أعطى التكوين عمره من الأردوفيشي الأوسط أو عصر لانفيرني. Llanvirn

5.1.4.2 بيئات الترسيب

قلنا في بيئة تكوين ام سحم أنها بحرية انتقالية بين البيئة النهرية السائدة في تكاوين الديسي وأم عشرين وسلب السفلى وبين تكوين الحسوة البحري الصرف الذي يعلو ام سحم. يتضح ذلك من وجود مستحاثات الغرابتوليت وهي كائنات من العوالق planktons تشير الى بيئات بحرية من الرف القاري المفتوح. open shelf ويبدو أن الجزء السفلي من تكوين الحسوة قد كان الاول في الباليزوي الأردني الذي تسود فيه مياه الرف القاري المفتوح العميقة نسبيا (fully marine). غير أن الغرابتوليت لا يستمر كثيرا نحو الأعلى في الدورة الأولى التي تصبح أخشن حبات نحو الاعلى فيترسب الحجر الرملي الحامل للتطبيق المتقاطع الخيمي hummocky مع آثار المستحاثات الذي يدل على أن الترسيب قد حصل بفعل العواصف في وسط الرف القاري أي ان البيئة أصبحت أقل عمقا. ثم يقل العمق اكثر عندما تكثر علامات النيم الموجية والسلمية

مع آثار الكائنات العمودية والافقية وكذلك وجود البراكيوبود. Lingula وتشير هذه الأدلة الى بيئة بحرية قريبة من الشاطئ. ثم تتكرر هذه الصورة في الدورة الرسوبية الثانية المكونة للحسوة. ومن ثم فان بداية تكوين الديبب الذي يعلو الحسوة كانت أقل عمقا من تكوين الحسوة. فنحن إذن أمام دورتين يقل عمق البحر فيهما نحو الأعلى ويزداد حجم الحبات ايضا نحو الأعلى. وهذا يعني تعمقا واضحا في مياه البحر في أثناء تكوين الحسوة مقارنة بتكوين ام سحم الذي يقع تحته.

٦,١,٤,٢ الحسوة كصخر مولد للبترول Source rock

ان الغضار الموجود في تكوين الحسوة الحامل لعوالق الغرابتوليت يحمل كل الصفات التي تؤهله لأن يكون حاملا للمادة العضوية التي تصح ان تكون صخورا مولدا للنفط. نسبة المادة العضوية في التكتشفات الجنوبية قليلة جدا ولا تصلح لذلك. غير ان ازدياد سمك التكوين كثيرا نحو الشمال الشرقي يعني سيادة هذه السحنة وبالتالي فليس مستغربا أن يوجد غضار حامل للمادة العضوية بنسبة كافية. لم أجد أرقاما للمادة العضوية في الحسوة ولا مرجعا يصف ذلك سوى كلمتين في اندروز (١٩٩١) الذي يتحدث عن هذا الغضار الذي أسماه hot shale في إشارة واضحة الى احتمال توليد البترول منه.

٢,٤,٢ تكوين ديببDubaydib Formation

1.2.4.2 التسمية

أول من وصف هذه الوحدة ووضع حدودها هو بندر (١٩٧٤) وأسمائها وحدة " حجر رمل سابالارفكس. Sabellarifex Sandstone" وهي نفسها الوحدة الصخرية التي أسمتها سلطة المصادر الطبيعية " تكوين حجر رمل ديبب. (Abu Lihie, 1988) "والاسم مأخوذ من جبل ووادي ديبب جنوب شرق سهل الصوان. ونختصر الاسم هنا الى تكوين ديبب.

٢,٢,٤,٢ وصف التكوين

يمكن ان يقسم التكوين الى ثلاثة أجزاء أو وحدات واضحة في الميدان (Powell, 1989; Abu Lihie, 1988, Amireh, 1987). (شكل ١٧,٢). الجزء السفلي مكون من الحجر الرملي ناعم حجم الحبات رمادي مع بعض مستويات حجر الغرين. جيد الطبقات. انما ميزته الكبرى انه مفعم بانابيب الديدان العمودية سابالارفكس او سكوليتوس التي تخترق الطبقة وتدمر التراكيب الرسوبية. توجد بعض آثار Harlania ايضا على سطوح التطبيق. سمك هذا الجزء ٢٧-٣٥ م. تقل حفر الديدان نحو الأعلى ويمكن أن يرى التطبيق المتقاطع وعلامات النيم عند نهاية هذا الجزء العلوية.

الجزء الاوسط من تكوين ديبب مميز بوجود مستويين الى ثلاثة مستويات من الحجر الرملي الكتلي عدسية الشكل أي تتلاشى جانبيا عبر مسافات غير طويلة بحيث تبدأ عدسة أخرى بجانبها وهكذا. أنظر شكل ١٨,٢ أ صورة لهذه القنوات). وهي مميزة لانها ترى من مسافات كبيرة مشكلة جروفا مختلفة عما تحتها (الجزء السفلي) وعما فوقها (الجزء العلوي). وهي في الواقع التي ترشد الى وصول الجيولوجي الى تكوين ديبب في الميدان دون تفحص المقطع الجيولوجي. غير أن هذه العدسات الرملية المميزة لا تشكل جميع الجزء الاوسط. بل يوجد تحتها طبقات من الحجر الرملي الناعم وحجر الغرين الذي يحمل تطبيق متقاطع مستوي وأهم من ذلك تطبيق متقاطع خيمي). hummocky (شكل ١٨,٢ ب). وهذه الاخيرة يوجد معها بعض

أنابيب الديدان العمودية. نعود الى العدسات الرملية السمكية (الكتلية) ونذكر بعض التراكيب الرسوبية فيها. فقد لوحظ وجود القنوات في هذه العدسات التي قد يزيد عمقها عن ٣م مملوءة بفتات صخرية رملية وطينية. ثم ان في بدايتها السفلى يوجد التطبق المتقاطع القاعي الكبير ثم المستوي في الوسط ثم الخيمي في النهاية العليا. يرافق التطبق الخيمي علامات نيم تموجي ومتداخل.

أما الجزء العلوي فمكون من مستويات متعاقبة مكونة من الحجر الرملي متوسط حجم الحبات ذي طبقات رقيقة نسبيا يحوي التطبق المتقاطع الخيمي hummocky واحيانا حفر الديدان العمودية. هذا الحجر الرملي يتعاقب مع الغضار الأخضر (أو حجر الغرين الأخضر). ويمكن أن يلاحظ وجود آثار الهارلينا و *Cruziana sp.* و *Rusophycus sp.* التي أحيانا ما تكون كثيرة. (Amireh 1987; Powell, 1989; Makhoul, 1992) هذا الجزء العلوي بهذا الوصف الذي قدمناه يستمر نحو الأعلى في تكوين المدورة الى ما لا يقل عن ١٠٠م مما يجعل عملية وضع الحد الفاصل بين تكوين ديبذب وتكوين المدورة صعبة ميدانيا. وسنعود لذلك. أنظر شكل ٢ . ١٧ لوصف مقطع التكوين.

٣,٢,٤,٢ سمك التكوين وتوزيعه وحدوده

سمك التكوين في أماكن تكشفه في الجنوب يتراوح بين ١٥٠-١٢٠م (ابو لحية رحمه الله ١٩٨٨) و ١٢٥ (عميرة ١٩٨٧). هو غير موجود في وادي عربية أو وسط الأردن وشماله. إنما هو موجود في جنوب شرق وشمال شرق الأردن في آبار البترول مع زيادة كبيرة في سمكه. غير أننا لن نتحدث عن سمكه لأن التكوين بالحدود التي سنتحدث عنها بعد قليل ليس موصوفا في آبار البترول. فقد استبدل هو جميعه + ثلثي تكوين الحسوة العليا + جميع عضو الطيبليات (من تكوين المدورة) ووضعت جميعها في تكوين تحت سطحي جديد أطلق عليه اندروز (١٩٩١) اسم تكوين ابو طريفة. Abu Tarifa Formation

حد تكوين ديبذب السفلي يمكن التعرف عليه بسهولة بالطريفة التالية. أول الأمر تابع تكوين الحسوة ذا الصخور الطرية نسبيا حتى ترى عدسات الصخور الرملية السمكية التي تكون جروفا واضحة. إبحث عن الطبقات الرملية تحت العدسات وفوق الحسوة حتى تجد الصخور الرملية المفعمة بحفر الديدان العمودية (شكل ١٦,٢). شكل ١٨,٢ ج صورة للسكوليتوس. أول ظهور لهذه الصخور هو بداية ديبذب. اما حده العلوي فمشكلة. ولن نستطيع من يزور المنطقة للمرة الأولى او الثانية من ان يتعرف عليه. ذلك لأن الجزء العلوي من تكوين ديبذب مكون من طبقات الحجر الرملي الفاتح اللون المتعاقب مع الغضار/الغرين المخضر والتي تستمر على هذا المنوال في تكوين المدورة. غير ان العاملين في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية يضعون الحد العلوي لتكوين ديبذب عند بداية مستو سميك (١٥م) من الغضار الغرين المخضر. (ابو لحية ١٩٨٨, ١٩٨٩, Powell, 1989) يخالف ذلك عيسى مخلوف (١٩٩٢) الذي يفضل أن يكون الجزء العلوي من تكوين ديبذب تابعا للمدورة لانه مثله. وهو في نظرنا أفضل.

٤,٢,٤,٢ بيناته الرسوبية

ان الوجود الغزير لأنابيب الديدان في الجزء السفلي من هذا التكوين وكذلك التراكيب الرسوبية تشير الى ان هذا الجزء قد ترسب في بيئة هادئة نسبيا وقريبة من الشاطيء. وهذا التفسير منسجم مع بيئة الترسيب في نهاية تكوين الحسوة السابق. أما الجزء الاوسط المتميز بعدسات الرمل والقنوات وغير ذلك من التراكيب الرسوبية من مثل التطبق المتقاطع الخيمي hummocky يدل ان الجزء الاوسط قد ترسب في بيئة عالية الطاقة بفعل العواصف في وسط

الرف القاري (مخلوف ١٩٩٢). ثم يعود الترسيب من جديد هادئا وقريبا من الشاطئ في الجزء العلوي. (Makhlouf, 1992 ; Powell, 1989; Selley, 1970)

3.4.2 تكوين المدورة Mudawwara Formation

1.3.4.2 التسمية

أخذ اسم التكوين من نقطة حدود المدورة على الحدود الجنوبية الأردنية السعودية. أول من وصف هذا الوحدة الصخرية وحدد حدودها هو بندر (١٩٧٤). وقد أسماها "حجر رمل كونيولاريا. Conularia Sandstone" وقد أسماها لويد (١٩٦٩) تكوين المدورة بالصفات والحدود نفسها. ثم اسمتها سلطة المصادر الطبيعية " (Masri, 1988; Abu Lihie, 1989) تكوين حجر رمل المدورة ". ونختصرها هنا " تكوين المدورة ". وقد قسم أبو لحية (١٩٨٩) والمصري (١٩٨٨) هذا التكوين الى ثلاثة أعضاء رسمية درجت في الاستعمال. وهي من الأعلى الى الأسفل:

- عضو حجر رمل راطية : Ratiya Sandstone Member نختصره الى عضو راطية
- عضو حجر طين البترا : Batra Mudstone Member نختصره الى عضو البترا
- عضو حجر رمل الطيبليات : Tubeiliyat Sandstone Member عضو طيبليات

٢, ٣, ٤, ٢ وصف التكوين

أ- عضو الطيبليات Tubailiyat Member

وهو العضو الأسفل من تكوين المدورة. يبلغ سمكه ١٠٥ م وهو يتكون من تعاقب نوعين من الصخور هما الحجر الرملي اللحمي اللون في مستويات يتراوح سمكها بين ٢-١ م. حجم الحبات متوسط الى ناعم. وتحتوي التراكيب الرسوبية التالية التي أهمها التطبق المتقاطع الخيمي hummocky. كذلك يوجد علامات نيم موجية ومتداخلة وسلمية. وتطبق متقاطع رقيق ومستوي.

أما النوع الثاني من الصخور فهو حجر الغرين أو حتى الرمل الناعم جدا والتي عادة ما نحب ان نسميها غضار shale وهي خضراء مصفرة. يبدأ عضو الطيبليات وكذلك تكوين المدورة جميعه بمستوى سميك من هذا الغضار يصل سمكه الى ١٥ م في المنطقة الجنوبية جميعا. ثم تأتي مستويات الغضار المتعاقبة مع الحجر الرملي والتي هي عادة اكثر سمكا من الحجر الرملي. يوجد في مستويات الغضار نفس التراكيب الرسوبية التي في الحجر الرملي. وقد وصف العاملون في هذا المنطقة ممن أشرنا اليهم عقيدات رملية قطرها ٥-٢ سم عادة ما تحوي البراكيوبودا في مركزها. توجد هذه العقيدات عادة فوق مستويات الحجر الرملي وتكون مصاحبة بالبراكيوبودا لنغيولا المفسفة phosphatised. يمكن بسهولة ان تجد انابيب حفر الديدان (Skolithos) خاصة في طبقات الحجر الرملي لكنها ليست في كثرة ما وصفناه في الجزء السفلي من تكوين ديبذب (انظر ايضا. (Bender, 1974; Powell, 1989) شكل ٢ . ١٩ يصف طباقية التكوين جميعه.

ب- عضو البترا Batra Member

الاسم مشتق من جبل البترا (ليس البترا المدينة الأثرية المشهورة) الذي يقع بجانب طريق معان - المدورة جنوب جرف بطن الغول. والجبل وحيد هناك ومن ثم كان اشتقاق الاسم من العربية بتر أو أبتّر أي المجزوء أو الوحيد وليس من البترا بمعنى الصخر.

توجد تكتشفات عضو البترا الجيدة غربي جبل البترا ٣ كم تقريبا وكلاهما يقع جنوب جرف بطن الغول. غير أنه موجود أيضا الى الجنوب من هذا المكان في أماكن كثيرة حتى الحدود السعودية. وهو يشكل وحدة صخرية يصل سمكها الى ٨ ٠ م وهي شديدة التميز عما فوقها وعما تحتها من صخور رملية وغضار لأنها مكونة من الصخور الطينية الرمادية أو المخضرة. غير أنه توجد مستويات من حجر الغرين أو حتى الحجر الرملي الناعم التي قد تكون حمرة.

والميزة الثانية لهذا العضو هو كثرة وجود الغرابتوليت على سطوح تطبقه. وهو يفوق في هذه الصفة تكوين الحسوة. تذكر ان تكوين الحسوة وعضو بترا هما الوحدتان المكونتان من الصخور الطينية.

والميزة الثالثة ان بهذا العضو نسبة مرتفعة من المادة العضوية. ولذا يبدو في بعض مستوياته بلون داكن نسبيا خاصة في المقاطع تحت السطحية غير المتكشفة كالريشة مثلا حيث سجلت نسبة المادة العضوية ٦,٧% (Andrews, 1991). وسنعود الى هذه الصفة عند حديثنا عن احتمالات النفط الباليوزوي.

والميزة الرابعة لعضو بترا انه يشكل تضاريس سهلة مقارنة بما فوقه وما تحته بسبب تكونه من الصخور الطينية. وأخيرا فإن صخور هذا العضو او ان شئت بعض مستوياته تعدن كخام للكاولين. الشكل ٢ . ١٩ يوضح مقطعا في هذا العضو. (Masri, 1988)

ج- عضو راطية Ratiya Member

هو راطية وليس راتية، نسبة الى وادي راطية الذي يقع الى الجنوب الشرقي من جبل البترا أي شرق طريق معان - المدورة. مكون من ٦٠ م من الحجر الرملي الرقائقي الرمادي والبنّي المحمر والمخضر. يتعاقب هذا الحجر الرملي مع حجر الغرين والصخر الطيني. ولا نشك ان رقائق الجبس وعروقه ثانوية ولا علاقة لها بالترسيب الأولي. وهذه الظاهرة واضحة في بقايا بحيرة المدورة قرب الحدود السعودية. واحد من مستويات الصخور الطينية سميك وغني بمستحاثات الغرابتوليت. أما التراكيب الرسوبية فمن أوضحها التطبيق المتقاطع الخيمي hummocky وعلامات النيم المتداخلة والموجبة. أنظر شكل ٢ . ١٩ لرؤية تفاصيل مكوناته (Masri, 1988).

3.3.4.2 سمك التكوين وتوزعه وحدوده

يتراوح سمك التكوين بين ٢٥٠-٢٢٠ م. ان سمك عضو بترا وعضو راطية لم تقس بشكل جيد لان التكتشفات دائما لا تعطي مقطعا كاملا ولانها في كثير من الاحيان مغطاة برواسب حديثة. لا يوجد التكوين في وادي عربة او وسط الأردن أو شماله. فقد أزيل بالحت في الحركة الهرسينية. لكنه موجود في أقصى جنوب شرق الأردن وفي أقصى شمال شرقه (الريشة). ويزداد سمكه كثيرا خاصة في الريشة. غير أن هناك مشكلة كبيرة في التسميات والتقسيمات التي ادخلت الى تكاوين تحت السطح (اندروز، ١٩٩١). وحتى لا ندخل في خضم هذه المسألة تذكر فقط ان عضو بترا الذي لا يزيد سمكه عن ٨٥ م في جنوب الأردن قد اعطي وضع تكوين " تكوين بترا ". وازداد سمكه كثيرا باضطراد نحو الشمال الشرقي. ففي حوض الجفر يصل الى ٣٤٣ م وفي وادي السرحان يصل الى ٥٧١ م وفي الريشة يصل أقصى سمكه الى ١٥٤٤ م. وعضو البترا في الريشة يحوي مستويين من الغضار الحامل للمادة العضوية التي تصل في حدها الأقصى الى ٦,٧% (اندروز ١٩٩١).

اما حدود التكوين. فالحد السفلي مع تكوين ديبذب مشكلة ولا يسهل التعرف عليه الا للمجرب. وقد وضعها العاملون هناك (أبو لحية، ١٩٨٩ المصري، ١٩٨٨) عند بداية مستوى من الغضار الاخضر الذي يصل سمكه ١٥ م. غير أن مستويات الغضار الأخضر كثيرة جدا في الجزء العلوي من ديبذب وطبيليات. وبالتالي فان من الصعب التعرف على هذا الحد بسهولة (مخلوف ١٩٩٢). اما الحد العلوي فيبدأ عندما تنتهي طبقات عضو راطية الرملية الغرينية تدريجيا وينتهي وجود التطبيق المتقاطع الخيمي ويبدأ الحجر الرملي الأحمر القاتم الغني بأصداف الكائنات الحية المميز لتكوين الخشة (المصري ١٩٨٨).

اما تمييز حدود أعضائه الثلاثة بعضها عن بعض فأسهل الطرق ان تتذكر ان عضو البترا طيني غضاري يقع بين عضوين مكونين من تعاقب الصخور الرملية والغضار المخضر. وقد أوردنا من التفاصيل فيما سبق ما يكفي للتمييز بينها. تذكر أيضا ان عضو الطبيليات يبدأ بالظهور مباشرة جنوب شرق وشرق سهل الصوان ويستمر حتى الحدود السعودية تقريبا في نطاق صدعي يتجه جنوب شرق. أما عضو راطية فلا يظهر الا شرق طريق معان المدورة او ان شئت شرقي سكة حديد الحجاز.

٢,٤,٣,٤ عمر التكوين

ليس من شك في أن هناك تنوعا ملحوظا في المستحاثات وأثارها في هذا التكوين خاصة في عضو البترا. وقد سجل بندر (١٩٦٣ و ١٩٧٤ و Wolfart في بندر (١٩٧٤ صفحة ٥٤) المجموعة التالية من المستحاثات:

Sabellarifex sp.

Metaconularia cf. *aspersa* LINDSTORM

External molds of the ? *Rhipidomella*-like brachiopods

Large, flat brachiopoda shells (? *Strophomenids*)

Lingula ? sp.

Orbiculoides sp.

Protoluella-like problematica

External molds of small orthotetines

External molds of pteriids Parts of pygidium of a homalonotina

Crinoides

Tracks of gastropods

Tracks of arthropods

أما Wolfart 1968 فقد حدد المستحاثات التالية:

Exoconularia ? sp.

Lingulella ? sp.

Trematis tenuiornota n. sp.

Orbiculothyris costellata

Dalmanella sp. Aff. *horderleyensis*

Rostricellula arabica n. sp.

Nautiloidea gen.

Modiolopsis sp.

Brongniartella sp.

Sabellarifex sp.

Cruziana sp.

Crinioidea gen.

وفي الثلث السفلي من التكوين حدد ما يلي:

Conularia sp.

Howellella n. sp.

Nautiloidea gen.

Taxodont lamellibranchiates gen.

Crinoidea gen. Et sp. Indet.

Climatograptus scalaris cf. *scalaris* HISINGER

Climatograptus innotatus jordanensis n.

Monograptus (*Demirastrites*) sp. *Traingulatus* HARKNESS

وقد استنتج بندر من ذلك ان عمر التكوين هو كرادوسي-أشجيلي-لاندوفري-Caradocian-Ashgillian-Lower Llandovery أو أسفل الأوردوفيشي الأعلى-سيلوري أسفل. وقد أورد (1989) Powell المستحاثات التالية:

غريتوليت من عضو البترا

Diplograptus modestus modestus

Glyptograptus ? tenuis وكلاهما يشير ان الى قاعدة اللاندوفري من السيلوري الأسفل.

Monograptus acinaces

من المكان نفسه في عضو البترا وأعطى عمرا أحدث قليلا ولكن في اللاندوفري الأسفل.

اما النوعان التاليان فقد وجدا في عضو راطية في وادي راطية

Rastrites cf. *perfectus* Manek

Monograptus cf. *M. sedgwickii*

وكلاهما يشير الى الجزء السفلي من اللاندوفري الأعلى. ومن ثم يمكن القول ان عضوي بترا وراطية هما من قاعدة السيلوري (الاندوفري). اما عضو طبيليات والرسوبيات الجليدية فمن الأردوفيشي الأعلى (كرادوسي-أشجيلي). وقد دل على ذلك بالإضافة الى المستحاثات التي أوردتها بندر مجموعة من حبوب اللقاح تحت عضو البترا مباشرة.

وختاماً فان حد الأردوفيشي/السيلوري يمكن وضعه في الأمتار العشرة الأولى من عضو بترا.

٢,٤,٥ بيئات الترسيب

قلنا في حديثنا عن بيئة ترسيب الجزء العلوي من تكوين ديبذب المكون من تعاقب مستويات الحجر الرملي والغضار المخضر ان هذه البيئة كانت تتراوح بين بيئة قريبة من الشاطئ متأثرة بفعل الأمواج والتيارات المد والجزر الى بيئة أواسط الرف القاري حيث تأثر الترسيب بفعل العواصف. ويبدو ان مثل هذه البيئات ظلت سائدة في أثناء ترسيب عضو طبيليات. ذلك لأن نوعي الصخر بقيا مستمرين في الطبيليات. وبالتالي فهو حامل للتراكيب الرسوبية الأولية من مثل التطبيق المتقاطع الخيمي وآثار المستحاثات نفسها تقريبا.

غير أن عضو البترا مختلف تماما في بيئته الرسوبية. ان وجود الأعداد الكبير من الغرابتوليت والتنوع فيها وكذلك نسبة الصخور الطينية في العضو وارتفاع نسب المادة العضوية فيه، كل ذلك يدل على ان البحر قد تعمق كثيرا في أثناء ترسيب عضو البترا. ولا نشك ان مستوى سطح البحر كان الأعلى منذ ترسيب الجزء السفلي من تكوين الحسوة. وبكلام آخر فان تقدما

Strangression كبيرا للبحر قد حدث في أثناء ترسيب عضو البترا بحيث أصبح في أعلى

وضع له . highstand relative sea level.

اما في عضو راطية فقد عاد سطح البحر الى الانخفاض من جديد النوضع شبيهه تقريبا بما كان عليه قبل ترسيب البترا.

٤,٤,٢ الرسوبيات الجليدية المتزامنة مع تكوين المدورة: عضو عمار Ammar Member : Glacial Deposits/Mudawwara Formation

عندما وضع احمد المصري (١٩٨٨) وأبو لحية (١٩٨٩) رحمه الله تعالى تفصيلات تكوين المدورة وقسمها الى ثلاثة أعضاء كما أسلفنا الشرح، فانهما كانا يعلمان أن مجموعة من الصخور تتكشف في عدد من الأماكن مثل جبلي عمار وعمير لا تنطبق صفاتها على صفات أي عضو من أعضاء تكوين المدورة الثلاثة. فبقيت هذه الصخور "الشاذة" ضمن المدورة لأنها زمنيا وطبقيا متزامنة مع تكوين المدورة. والدليل الميداني على ذلك قاطع. وقد اعتبرها Powell (1989) صفحة ٦٢ أنها رسوبيات نهريّة Fluvial ترسبت في قنوات متعرجة تقدمت على حساب الرف القاري الضحل في أثناء وضع منخفض لسطح البحر lowstand sea level وذلك قبل ترسب عضو بترا. وهي كذلك في أعمال بندر (١٩٧٤) بحيث اعتبرت هذه الرسوبيات جزءا من وحدة حجر رمل الكونيولاريا. تتكشف هذه الرسوبيات في العديد من الأماكن مثل جبلي عمار وعمير ووادي العريضة وجبال حرد وتلول الشحم وجبل الخراوي وجبل الأحمر. جميع هذه الأماكن تقع غرب سكة حديد الحجاز بعد ان تنزل جرف بطن الغول جنوبا عدا تلول الشحم الواقعة شرقي السكة (شكل ٢٠,٢). وقد قام عبدالقادر عابد وعيسى مخلوف وبلال عميرة وباسم عبدالحفيظ في أوائل التسعينات بدراسة هذه الرواسب وفسروها بأنها رواسب جليدية كما سنرى (Abed et al., 1993).

1.4.4.2 التسمية

جعلت هذه الرسوبيات جزءا من تكوين المدورة ولم يعطها أحد اسما. وقد كان مناسبا أن تعطى وضع عضو رابع في تكوين المدورة أو حتى تكوينا. ذلك لأن بينها وبين تكوين المدورة سطح عدم توافق حتي كبير وواضح. وقد اقترح عابد وآخرون (١٩٩٣) ان تسمى هذه الرسوبيات اسم **تكوين عمار Ammar Formation** نسبة الى جبل عمار وهو المكان الذي يحوي أكبر سمك لهذه الرسوبيات (شكل ٢٠,٢). شكل ٢٠,٢ ب صورة لجبل عمار في الصحراء الجنوبية. غير انه لا بأس ان تكون عضوا يسمى **عضو عمار** حتى لا يعاد تقسيم تكوين المدورة الى أقسام جديدة. وفي هذه الحالة الأخيرة يصبح تكوين المدورة مكونا من أربعة أعضاء. أنظر جدول ١,٢.

٢,٤,٤,٢ وصف تكوين/عضو عمار

يوضح الشكل ٢٤,٢ أماكن تكشف رسوبيات عمار الجليدية. وهي كما ترى تقع في نطاق عرضه قرابة ٤ كم وطوله ٧٥ كم. يمتد هذا النطاق في اتجاه NNW-SSE من جرف بطن الغول حتى الحدود السعودية. الوصف التالي هو للمواقع ١-٧ في الشكل ٢٠,٢. اما الموقع رقم ٨ وهو الجبل الأحمر فنصفه في عنوان لاحق في "ب".

I- رسوبيات عمار وما يعادلها

توضعت رسوبيات عمار في أودية جليدية متباعدة العمق. وقد حفرت هذه الأودية مجاريها في رسوبيات عضو الطيليات بأعماق مختلفة. وفي جميع المقاطع المدروسة لم نجد رسوبيات عمار أو أوديته تقطع عضو بئرا. ولكننا وجدنا عضو البئرا مترسبا فوق هذه الرسوبيات مثل مقطع برقة شكل ٢١,٢. وحتى لا ندخل في تفاصيل المقاطع المقيسة جميعها فانه يمكن ان نقسم رسوبيات عمار الى ثلاث سحنات هي من الأقدم:

السحنة الأولى: رواص قاع القنوات channel lag

وهي مكونة من الرواوص conglomerates يصل سمك السحنة الى المتر في قاع الوادي القديم. وهي مكونة من الحصى الصغيرة والكبيرة التي قد يصل قطرها الى ١٠ سم. والحصى في الغالب من الكوارتز المبلور وأقل كثيرا من ذلك الحجر الرملي أو حجر الغرين أو الغرانيت. هذه الحصى هي أحد أهم الأدلة على أن هذه الرسوبيات هي من أصل جليدي. فقد وجد على سطوحها الحزوز striations الجليدية المثالية (شكل ٢٢,٢). وقد وجدت في جميع المواقع السبع المدروسة. كذلك فان الحصى تتميز بأن وجهها أو وجهين من وجوها قد قصت بشكل مستو ثم صقلت faceted في أثناء عملية النقل الجليدي.

السحنة الثانية: الحجر الرملي الأخضر السميك

وهو المكون الرئيسي في جبل عمار والحبال المماثلة بقربه. وهو مكون من حجر رملي متوسط الى ناعم الى غرين. وتوجد به كرات من المادة نفسها يصل قطر الواحدة منها الى المتر أو أكثر. ولا نشك في انها ناتجة عن عمليات لاحقة للترسيب diagenetic. يصل سمك هذه السحنة الى ٣٠ م في جبل عمار (شكل ٢١,٢). لا يوجد في هذه السحنة أي نوع من المستحاثات. حتى ان بعض العينات منها قد عولجت بحثا عن المستحاثات المجهرية ولكن لم نجد شيئا. كذلك فان هذه السحنة لا تحوي أي شكل من أشكال التطبيق المتوازي او المتقاطع. فهي في الواقع صخور رملية خضراء كتلية تماما. وهي تشبه مستويات الغضار الأخضر في عضو الطيليات في لونها الأخضر فقط. وبمجرد زيارتك لأحد مستويات الطيليات الخضراء فستلاحظ الفرق الشاسع بينهما من مثل وجود أنابيب الديدان skololithos والتطبيق المتقاطع الخيمي وغيرهما في الطيليات المجاورة. من ناحية أخرى فان هذه السحنة لا تشبه صخور التليت tillite المميزة للرسوبيات الجليدية لأنها مكونة من نوع واحد من الحبات الرملية المفروزة جيدا بعكس صخور التليت سينة الفرز. وأغلب الظن انها مسحوق rock flour من صخور الطيليات ترسبت بسرعة في الأودية الجليدية.

السحنة الثالثة: الحجر الرملي البني الفاتح الحامل لعلامات النيم والتطبيق المتقاطع وغيرها من التراكيب الرسوبية التي تدل على ان هذه السحنة العليا قد ترسبت بواسطة الأنهار في بيئة قارية. لا توجد بها المستحاثات ولا آثارها. سمك هذه السحنة يصل الى ١٥ م في جبل الحطية (شكل ٢١,٢). أما في جبل عمار فيبدو ان الحت بعد الرفع قد أزال أجزاء منها.

ب- رسوبيات الجبل الأحمر Jabal Ahmar

يقع الجبل الأحمر في أقصى شمال التكتشفات الجليدية ومعه ثلاثة تكتشفات صغيرة الى الشمال والشمال الغربي منه (رقم ٨ في شكل ٢٠,٢). وهو على بعد ٢ كم تقريبا من خط سكة حديد العقبة على يسار المسافر الى العقبة في وادي بطن الغول. سمك المقطع المكتشف ٧٠ م. والسحنات هنا مختلفة عن السحنات التي وصفناها أعلاه. يتميز هذا المقطع بلونه الأحمر المميز. ويقع بين تلال من عضو طيليات يمكن التمييز بينها وبين الجبل الأحمر بسهولة ويسر. فبمجرد النظر الى رسوبيات طيليات تجد آثار حفر الديدان التي لا تجدها في رسوبيات الجبل الأحمر. ثم ان شكل التطبيق مختلف. فطيليات بحري والآخر نهري واضح.

لم نجد الحصى الجليدية التي وصفت في المواقع الأخرى. كذلك فإن النهاية السفلى غير متكشفة فقد تكون هذه الحصى على عمق أكبر. ولم نجد رواسب التليت tillite فيه أيضا. يتكون مقطع جبل الأحمر من ١١ دورة رسوبية واضحة تصغر حجم حبات كل منها نحو الأعلى fining upwards. لم نجد عليها الحزور الجليدية ربما لأنها طرية. في الدورة الرسوبية السفلى تتجه الحبات إلى ٢م. ليس في هذا المقطع مستحاثات أو آثار مستحاثات. وكل دورة من الدورات مكونة من ٤ سحنات واضحة هي (شكل ٢٣,٢).

السحنة الأولى: رواهص قاع القناة channel lag conglomerates

وهذه السحنة مكونة من فتات صخور طينية ورملية. والفتات عديمة الشكل وسيئة الفرز ومزواة. يصل طول بعضها إلى ٧٠ سم. ويبدو أنها مشتقة من منطقة قريبة جدا ومترسبة من تيار لزج. ولم نجد عليها الحزور الجليدية ربما لأنها طرية. في الدورة الرسوبية السفلى تتجه الحبات ٣١٠؟ أي نحو الشمال الغربي. ويعتقد الباحثون (عابد وآخرون ١٩٩٣) أن هذه الفتات تمثل تليت جرى نقله وإعادة ترسيبه.

السحنة الثانية: الحجر الرملي الكوارتزي متوسط إلى خشن الحبات ذو التطبيق القاعي الكبير الحجم.

السحنة الثالثة: الحجر الرملي الكوارتزي ناعم إلى متوسط الحبات ذو علامات النيم المتناظرة وغير المتناظرة.

السحنة الرابعة: الصخر الطيني الغريني الذي يمثل الجزء العلوي من الدورات الرسوبية. عادة ما أصاب الحت هذه السحنة وترك قنوات بعمق يصل إلى ٢م تترسب فيه السحنة الأولى.

يعتقد عابد وآخرون (١٩٩٣) أن رسوبيات الجبل الأحمر تمثل مرحلة جليدية أقدم من التي وصفناها حول جبلي عمار وعمير في النقطة السابقة. أن التراكيب الرسوبية الموجودة في الجبل الأحمر لا يمكن إلا أن تفسر على أنها رسوبيات أنهار متشعبة وليس جليدية. غير أن الأدلة التالية تشير إلى أصل جليدي نهري: fluvio-glacial

1- وجود واد قديم قاعه على شكل U كما هي الحال في الأودية الجليدية وليس V كما هي الحال في الأودية النهرية. هذا الوادي القديم يمكن ملاحظة آثاره مقابل الجبل الأحمر على يمين المسافرين إلى العقبة وبجانب سكة الحديد مباشرة (١٠-٢٠م). ويظهر في هذا التل أثر الوادي على شكل خط مائل شماله مكون من الطبيليات وجنوبه (المواد المائلة للوادي) من مواد الجبل الأحمر.

٢- احتمال أن تكون فتات الصخور الطينية المكونة لقاع الدورة الأولى هي من صخر التليت الذي أعيد ترسيبه.

٢, ٤, ٣ سمكها وتوزعها وحدودها

أما السمك فمتغير. فقد لا يزيد عن ٨ امتار وقد تصل إلى أكثر من ٣٠م كما يوضح ذلك شكل ٢٥,٢. لاحظ أن النهاية السفلى غير متكشفة. أما الجبل الأحمر الذي نعتقد أنه أقدم من رسوبيات عمار فهو ٧٠م وقاعه غير متكشف أيضا.

أما عن توزيع هذه الرسوبيات فهو موجود في شكل ٢٠,٢. وجميعها في الصحراء الجنوبية جنوب جرف بطن الغول. لا يمكن رؤية هذه الرسوبيات الجليدية شمال بطن الغول لأن

رسوبيات الكريتاسي والثلاثي قد غطتها. غير ان اندروز (١٩٩١) وصف رسوبيات جليدية من منطقة الريشة في أقصى شمال شرق الأردن. وصفها من آبار البترول واطلق عليها تكون طريبيل Trebeel Foramtion. وهي موصوفة في تقرير اندروز في المكان الطبقي نفسه الذي وصفت فيه في جنوب الأردن أي تحت عضو البترا مباشرة. وقد جاءت أهمية تكوين طريبيل من كونها وحدة صخرية مكونة من الحجر الرملي المسامي الخازن للغاز في الريشة. لن ندخل في تفاصيل تكوين طريبيل ونحيل القارئ الى ما كتبه اندروز (١٩٩١).

هذه الرسوبيات الجليدية المتكشفة في جنوب الأردن تعبر الحدود السعودية لتصبح اكثر وضوحا وسمكا. وتبدي أدلة واضحة على أنها جليدية. وقد وضعت في شمال السعودية في تكوينين: الأقدم هو تكوين الزرقا Zarqa Formation الذي يبدو أنه يقابل جبل الأحمر في جنوب الأردن. وتكوين سارة Sarah Formation الذي يقابل رسوبيات عمار وعمير وما جاورها والذي أسماه عابد وآخرون تكوين عمار. (انظر. Vaslet, 1990).

اما حدود تكوين عمار فليس صعبا التعرف عليه. فاذا كان قاع هذا التكوين موجودا فابحث عن الرواهص التي تحوي الحصى المحزرة وتحتها تجد عضو طبيليات وانايب الديدان المميزة والتطبق المتوازي الواضح. ولكن كثيرا ما لا تجد الحد السفلي لهذا التكوين مثل جبل عمار. اما حده العلوي فقد يكون عضو البترا الطيني الحامل للغرابتوليت. والفرق واضح. وقد يكون فوقه رمل الكرنب من الكريتاسي الأسفل مباشرة بسبب ضياع جميع ما فوق تكوين بالحت قبل ترسب الكرنب. والفرق بين الكرنب وبين هذه الرسوبيات ايضا واضح.

٤,٤,٤,٢ عمر التكويني

لا تحوي رسوبيات عمار ولا الجبل الأحمر مستحاثات او آثار المستحاثات. وهذا الأمر طبيعي لانها ترسبات قارية لا تحوي بطبيعتها المسحاثات. غير ان العلاقات الميدانية واضحة تماما. فتكوين عمار يقطع الجزء العلوي من عضو طبيليات على شكل رواسب أودية جليدية (شكل ٢٤,٢). ولم نجد هذه الأودية تقطع عضو بترا ابدا بل يترسب فوقها عضو بترا. ولما كان عضو طبيليات والأمطار الأولى من عضو بترا هي من الأردوفيشي الأعلى (كرادوسي - اشجيلي) فان تكون عمار يجب ان يكون من أعلى الأردوفيشي الأعلى أي أشجيلي. وهو العمر ذاته الذي أعطاه Vaslet (1990) لتكوين سارة في السعودية. واذا كان جبل الأحمر معادلا لتكوين الزرقا في السعودية فان عمره يكون ايضا أشجيلي ولكن من بدايته الدنيا. والعمر المطلق هو تقريبا ٤٣٠ مليون سنة.

٥,٤,٤,٢ بيانات الترسيب

قد أوضحنا ذلك في أثناء الحديث في وصف هذه الرسوبيات. ونكرر هنا ان رواسب تكوين عمار والجبل الأحمر هي رسوبيات جليدية نهريّة. انظر ايضا Powell et al., 1994

5.4.2 تكوين الخشة Khushsha Formation

1.5.4.2 التسمية

أول من وصف هذه الوحدة الصخرية وحدد حدودها هو بندر (١٩٧٤). وقد أسماها وحدة حجر رمل النوتيلويد. Nautiloid Sandstone ثم اسمتها سلطة المصادر الطبيعية (Masri, 1988) تكوين حجر رمل الخشة بالوصف ذاته والحدود ذاتها التي وضعها بندر. ونختصرها هنا الى تكوين الخشة. والخشة جبل موجود الآن على الحدود السعودية الجنوبية الى الشرق من نقطة حدود المدورة. ونذكر هنا ان الحدود الحالية لم تكن موجودة عام ١٩٦٣ عندما سماها بندر ودرسها، بل كانت الحدود بعيدة داخل السعودية. وبعد ان عدلت الحدود عام ١٩٦٦ اصبح جبل الخشة على الحدود. ثم أصبحت الودعتان التاليتان في داخل العربية السعودية وقد أسماهما بندر: "وحدة الحجر الرملي الغضاري البني الأحمر" و"وحدة الحجر الرملي ذي حفر الديدان". تقع هاتان الودعتان في منطقة كلوة في السعودية ولا يغطيها سوى بضعة أمتار من رسوبيات الكريتاسي والثلاثي. فهما أحدث ما ترسب من حقبة الباليوزوي في جنوب الأردن. الأولى منهما سيلوري والثانية سيلوري أعلى. ولن ندرسهما في هذا الكتاب. انظر جدول ١,٢.

٢,٥,٤,٢ وصف التكوين

ذكر المصري (١٩٨٨) و (Powell ١٩٨٩) (ان الجزء السفلي فقط من هذا التكوين هو الذي يتكشف في الأردن. اما البقية ففي شمال العربية السعودية. وهذا الجزء السفلي مكون من تعاقب مستويات من حجر الغرين الرقيق التطبق المخضر مع الحجر الرملي الناعم ذي التطبق المتقاطع المتموج (شكل ٢٥,٢). كلا نوعي الصخور السابقين يصبحان أكثر سمكا نحو الأعلى. اما التراكيب الرسوبية فالتطبق المتقاطع الخيمي وتطبق متقاطع نيمي. والتكوين غني بالمستحاثات من أنواع شتى من الرأسقدميات والمحاريات والبراكيوبودا والمرجان والتريلوبيت وآثار المستحاثات.

٣,٥,٤,٢ سمك التكوين وتوزعه وحدوده

سمك التكوين كاملا هو ١٦٠م كما وصفه بندر قبل تعديل الحدود. غير ان احمد المصري (١٩٨٨) لم يسجل سوى ٣٣م منه في الأردن الآن. لا يوجد هذا التكوين الا في أقصى جنوب الأردن على الحدود السعودية شرقي المدورة. وقد أصابه الحت في وسط وغرب الأردن في الحركة الهرسينية. ويبدو انه موجود في آبار البترول في أقصى جنوب شرق الأردن وأقصى شمال شرقها (الريشة). غير ان التسميات تحت السطحية والحدود هنا مرتبكة جدا لانها ادخلته مع عضو راطية السابق ومع ما فوقها من تكويني السيلوري في اسم جديد هو (Alna Formation اندروز ١٩٩١). ولن ندخل في هذه المتاهة.

اما كيف نعرف حده الأسفل فهو تدريجي مع عضو راطية. ويبدو أن انواع الصخور فيها تشابه كبير غير ان المحتوى العالي والمتنوع من المستحاثات سيساعد على التمييز بينه وبين عضو راطية. كذلك الموقع من الأردن قد يساعد في التعرف على التكوين.

٤,٥,٤,٢ عمر التكوين

كنا قد ذكرنا ان عضو راطية من تكوين المدورة هو من أسفل اللاندوفري الأعلى (سيلوي اسفل). ولما كان تكوين الخشة يقع فوق عضو راطية فهو أحدث منه. وقد دلت المستحاثات فيه على انه من اللاندوفري وبالتالي فان عمره يجب ان يكون من اللاندوفري الأعلى على الاقل (Powell, 1989; Masri, 1988, 1989)

5.5.4.2 بيئات الترسيب

ليس من شك ان هذا التكوين يجري الترسيب. ويدل التنوع الشديد في مستحاثاته وكثرتها على بيئة بحرية مفتوحة قريبة من الشاطئ. وقد تكون اقل عمقا مما سبقها.

٥,٢ بقية حقبة الباليوزوي

انتهينا في العنوان السابق من الحديث عن رسوبيات الخشة العائدة الى السيلوري الأسفل. وقلنا ان تكوينين آخرين اصبحا ضمن أراضي السعودية يعودان الى السيلوري الأعلى. اما بقية عصور الباليوزوي وهي الديفوني والكربوني والبرمي فنلخص الحديث عنهما في الأسطر التالية.

اما الديفوني فلم يسجل في الأردن لا فوق السطح ولا تحت السطح ما يمثل هذا العصر. ولما كان هذا العصر موجودا في منطقة تبوك الى الجنوب والجنوب الشرقي من جنوب الأردن تحت اسم تكوين الطويل وتكوين الجوف (Vaslet, 1990) من الديفوني الأسفل، ولما كانت رسوبيات الديفوني موجودة ايضا في بئر طنف في جنوب سوريا، فانه يعتقد ان رسوبيات هذا العصر قد أزيلت من الأردن كلية بالحث في الحركة الهرسينية.

اما رسوبيات العصر الكربوني فهي ايضا غير موجودة على السطح في الأردن. ولم تسجل في آبار البترول العميقة الكثيرة في الأردن. غير ان بندر (١٩٧٤) قد سجل وجود قرابة ٢٠٠م تابعة للعصر الكربوني في بئر الصفرا - ١ الواقع على بعد ٤٢ جنوب شرق العاصمة عمان. واورد قائمة طويلة بمستحاثاته يمكن ان تراها في بندر (١٩٧٤) او في عابد (١٩٨٢) منقولة عن بندر. وقد فصل اعمار هذه الرسوبيات من العصر الكربوني بواسطة المستحاثات. غير ان السياق العام لجيولوجية الأردن لا يجعل تفسير وجود رسوبيات العصر الكربوني في بئر واحدة أمرا سهلا. وأغلب الظن ان هذه الرسوبيات لا تعود الى العصر الكربوني وانها ناتجة عن مشكلة في حفر البئر. ولا أستبعد ان يكون طين الحفر الذي استعمل في هذا البئر في أوائل الستينات كان مستوردا من منطقة ما في العالم من صخور العصر الكربوني. ومن ثم حدثت المشكلة. على أي حال توجد صخور العصر الكربوني في بئر طنف في جنوب سوريا ولكنها لم تسجل في آبار البترول في الریشه في الأردن. والأرجح ان رسوبيات العصر الكربوني قد ازيلت بالحث ايضا كلية من الأردن.

اما العصر البرمي الذي يمثل النهاية العليا لحقبة الباليوزوي فهو موجود على السطح وتحت السطح في آبار البترول. وهو موضوع العنوان التالي.

٦,٢ رسوبيات العصر البرمي

Permian Deposits

تتكشف صخور هذا العصر شمال مصب وادي الموجب في البحر الميت وحتى موقع الزارة جنوب مصب وادي زرقاء ماعين في البحر الميت. وهي هنا مكونة من تكوين واحد هو تكوين ام عرنة Um Irna Formation التي تقع رسوبياته مباشرة فوق تكوين ام عشرين الكمبري وتحت تكوين ماعين من الترياسي الأسفل. غير أن سماكت أكبر قد وصفت في آبار البترول. نبدأ بدراسة التكتشفات.

1.6.2.1 التسمية

وصف التكوين وحددت بدايته ونهايته وأعطى اسمه "أم عرنة" في بحث لباندل وخوري (Bandel and Khoury, 1981) والاسم مشتق من اسم المنطقة المرتفعة الواقعة بين وادي زرقا ماعين ووادي حمارة الواقع الى الشمال منه قليلا (شكل ٢,٢٦).

١,٦,٢,٢ وصف التكوين

وصف باندل وخوري تكوين أم عرنة وصفا عاما في بحثهما الذي نشر في عام ١٩٨١. غير ان هذا التكوين كان جزءا من رسالة الدكتوراه لعيسى مخلوف الذي قاس العديد من مقاطعة وتعمق في وصف صخوره وتراكيبه الرسوبية وبيئات ترسيبه. الوصف التالي مأخوذ من أعمال عيسى مخلوف (Makhlouf et al., 1991; Makloulf, 1987) ولكن باختصار شديد. قسم التكوين الذي يبلغ سمكه ٦٠ م الى سحنتين رسوبيتين كما يلي. (شكل ٢,٢٧)

السحنة السفلى

يبلغ سمكها ٨ أمتار وهي مكونة من ٥ دورات رسوبية يغلب عليها الحجر الرملي. وفي كل دورة تصغر حبات الدورة الى الاعلى. fining upwards. تبدأ كل دورة من الأسفل بقاع حتى مكون من الحجر الرملي الناعم الى الخشن الحبات مع التطبيق المتقاطع القاعي. يعلو الحجر الرملي حجر الغرين والغضار الغريني. وهذا الغضار الأخير يحوي بقايا وفيرة من النباتات المتفحمة.

السحنة العليا

يبلغ سمكها ٥٢ م وهي مكونة ايضا من ٥ دورات رسوبية تصغر حبات كل منها الى الأعلى. تبدأ كل دورة من الأسفل بقاع حتى مكون من الحجر الرملي الخشن الحصى يتحول تدريجيا نحو اعلى الدورة الى حجر رملي ناعم فحجر غرين فغضار في نهاية الدورة من الأعلى. تتميز الطبقات بانها متوازية وتحوي في داخلها التطبيق القاعي. وقد يكون اهم صفة في هذه السحنة وجود كريات او عقيدات الحديد التي تتركز مع الرسوبيات الناعمة في الاجزاء العليا من الدورات. قطر الكريات يتراوح بين ٢٥-٢ ملم وهي سوداء قاتمة قد يصل تركيز الحديد فيها الى ٦٧,٨% مقيسا على شكل اكسيد الحديد Fe_2O_3 .

3.1.6.2 سمك التكوين وتوزعه وحدوده

ذكر باندل وخوري ان سمك التكوين ٨٥ م غير ان القياسات التي أجراها مخلوف وضعت سمك التكوين ٦٠ م. وقد ذكر باندل وخوري ان سمك هذا التكوين في بئر صويلح البترول قد نقصت الى ٥٥ م.

تكوين أم عرنة غير موجود جنوب وادي الموجب. ويبدو انه يظهر من وادي الموجب الى الشمال والشرق. والمكان الوحيد الذي تتكشف فيه هو حول الزارة في البحر الميت. يسهل تمييز بدايته السفلى في منطقة البحر الميت عن تكوين أم عشرين الكميري الذي يعلوه. فطبيعة التطبيق في التكوينين كفيلة بان ترشد الى وضع الحد بينهما بسهولة. ففي أم عشرين الطبقات الرملية البنية سميكة جدا إذا ما قورنت بسمك طبقات السحنة الاولى من أم عرنة وكذلك توزع حجم الحبات مختلف ووجود بقايا النباتات في أم عرنة وكريات الحديد كل ذلك يساعد في التعرف على الحد السفلي. اما الحد العلوي فانه قد وضع عندما يبدأ تكوين ماعين من

الترياسي الأسفل الذي تتميز طبقاته السفلى بكثرة وجود فعالية الكائنات البحرية bioturbation غير الموجود أبدا في ام عرفة لانها نهريّة قارية الترسيب.

٤,١,٦,٢ عمر التكوين

لا يوجد في الأردن صخور من العصر البرمي متكشفة الا في هذا الموقع. وقد اعطاها مخلوف وآخرون (١٩٩١) عمر جولفي - أتوني Djulfian - Autunian من العصر البرمي.

٥,١,٦,٢ بيئة الترسيب

ترسب تكوين ام عرنة في بيئة قارية وليس بحرية. وقد جرى ترسيبه في السهول الفيضية غير المحصورة لأنهار متشعبة. اتجاه التيار القديم نحو الشمال الغربي والغرب وان مصدر الرسوبيات من الجنوب الشرقي عموما من القارة العربية النوبية (مخلوف وآخرون، ١٩٩١). اما كريات الحديد فيبدو انها نشأت في موقعها باعمال شبيهة باعمال التربة.

٢,٦,٢ رسوبيات البرمي تحت السطحية

قلنا في بداية العنوان السابق أن رسوبيات العصر البرمي المتكشفة لا تحوي إلا تكوينا واحدا هو تكوين أم عرنة الرملي القاري المنشأ الذي يصل سمكه إلى ٦٠ م. غير هذه الرسوبيات تصبح أكثر سمكا شمالا. فقد وجد منها ٢٢٦ م في بئر عجلون-١ وأكثر من ٢٠٠ م في بئر مرتفعات الشمال NH-2 بالإضافة إلى ٢٣٩ م من صخور الدوليريت النارية التي لم تخترق نهايتها السفلى. ثم يقل السمك نحو الشرق في اتجاه الحرة والريشة. ففي بئر ER-1A ١١٥ م وفي بئر RH-2 و RH-11 ١٠ م و ١١ م على الترتيب. أما في فلسطين وسوريا فسمك البرمي أكثر من ذلك بكثير. وفي وسط وجنوب الأردن لا رسوبيات للبرمي لا تحت السطح ولا فوقه. من ذلك يبدو واضحا أن حوض ترسيب البرمي كان في اتجاه شمال الأردن ويمتد نحو الغرب والشمال في كل من فلسطين وسوريا.

في شمال الأردن تختلف طبيعة رسوبيات البرمي لأنها أصبحت في أطراف الحوض الرسوبي البحري مقارنة بتكوين أم عرنة القاري. وقد أعطى أندروز (١٩٩٢) رسوبيات البرمي في الأردن اسم "مجموعة حديب" Hudayb Group نسبة الى عين أم حديب الواقعة على بعد ٣ كم جنوب مصب وادي زرقاء ماعين في البحر الميت. وقد قسمت المجموعة (تحت السطحية) (جدول ٣,٣) الى ثلاثة تكاوين هي من الأسفل (الأقدم: Andrews 1992)) (

1.2.6.2 تكوين عنجرة Anjara Formation

سمي هذا التكوين نسبة الى بلدة عنجرة في عجلون (أندروز ١٩٩٢) ليمثل الجزء القاعدي من رسوبيات العصر البرمي في آبار البترول. هذا التكوين فتاتي في طبيعته ويقع مباشرة فوق سطح الحت الهرسيني. وقد سجل في بئر عجلون-١. وهو يقابل تكوين سعد Sa'ad Formation في النقب.

والتكوين مؤلف من الحجر الرملي الذي يتعاقب مع الغضار الداكن. الحجر الرملي أبيض ناعم الى متوسط الجبات يصبح خشنا وحصويا نحو الأسفل وأحيانا يحوي الغلوكونيت. أما الغضار فداكن الى أسود وأحيانا يحوي البتيومين والبيريت. يصل سمك التكوين في بئر عجلون-١ ٧٤ م. حده السفلي سطح عدم التوافق الهرسيني وبالتالي فقد يعلو أي تكوين باليوزوي. أما حده العلوي فيوضع عندما تنتهي فتاتيات هذا التكوين وتبدأ الكربونات المميزة لتكوين حويرة. لا

يوجد في التكوين ما يساعد على تحديد العمر. غير أنه أعطي عمر برمي مبكر Permian Early من خلال مقارنته بتكوين سعد في النقب. ويبدو أنه ترسب في بيئة غير بحرية.

٢,٢,٦,٢ تكوين حويرة Huwayra Formation

وضع الاسم أندروز (١٩٩٢) ليشمل رسوبيات الكربونات التي تعلو تكوين عنجرة. ويمكن مقارنته بتكوين أركوف Arqov Formation في النقب. وهو مكون من الحجر الجيري الرمادي المستحاثي ناعم الحبات الذي قد يكون طباشيريا أو أوليتيا أو دولوميتيا وأحيانا يتعاقب معه الغضار الداكن. وقد يوجد القليل من الحجر الرملي. سمك التكوين ٩١ م في بئر عجلون-١ و ٨٣ م في بئر NH-2 و ٣٦ م في غربي الريشة. حده السفلي ظهور الصخور الجيرية فوق الصخور الرملية التابعة لتكوين عنجرة. أما حده العلوي فهو بداية ظهور الصخور الرملية لتكوين البويضة فوق صخور الحجر الجيري التابعة لهذا التكوين. عمر التكوين المستنتج من حبوب الطلع في بئر NH-2 هو كنغوري-كازاني Kungurian-Kazanian أعلى البرمي الأسفل-أسفل البرمي الأعلى (Keegan et al., 1987) (في أندروز ١٩٩٢). أما بيئة ترسيبه فيبدو أنها بحرية بسبب وجود الحجر الجيري والمستحاثات المصاحبة له. وبالتالي ففي هذا التكوين حدث أول تقدم للبحر في العصر البرمي.

٣,٢,٦,٢ تكوين البويضة Buwyada Formation

هذا التكوين الثالث في العصر البرمي. وهو فتاتي مكون من الحجر الرملي الناعم الرمادي و الحجر الرملي الأحمر الحديدي اللغيتي الذي يتعاقب مع الغرين والغضار وبعض بقايا النباتات المتفحمة. وقد يكون به بعض الرماد البركاني. سمك التكوين يتراوح بين ٧٤ م في بئر NH-2 الى ٣ م في RH-11 في شرق الريشة. أما عمره فقد حدد بحبوب اللقاح مثل عمر تكوين الحويرة السابق. بيئة ترسيبه فيبدو أنها قارية بسبب عدم وجود المستحاثات وكثرة الأبواغ القارية وبقايا النباتات المتفحمة.

٧,٢ الباليوزوي تحت السطحي

Subsurface Paleozoic

وصفنا في الصفحات السابقة تتابع صخور حقبة الباليوزوي المتكشفة في جنوب الأردن ووادي عربة. ولا شك اننا محظوظون في الأردن بوجود هذه التكتشفات غير الموجودة في سوريا ولبنان والعراق. ويمكن اعتبارها نافذة طبقية لصخور الباليوزوي غير المتكشفة في بقية اجزاء الأردن والدول الواقعة الى شماله.

حفرت في الأردن قرابة ٥٠ بئرا للتنقيب عن البترول (شكل ٢٨,٢). وقد قام اندروز (١٩٩١) ومجموعة من الجيولوجيين العاملين في قسم الجيولوجيا تحت السطحية في سلطة المصادر الطبيعية بدراسة جادة لتوزع صخور حقبة الباليوزوي تحت السطحية في هذه الآبار. والمعلومات التالية مأخوذة من هذا التقرير مع إضافات من مصادر أخرى ورسومات قام بها كاتب هذا الكتاب. والشكر موصول لهم جميعا لان من غير السهل الوصول الى معلومات آبار البترول.

ليت الصورة سهلة. فتكاوين الباليوزوي التي وصفناها في بداية هذا الفصل لا تستمر دون انقطاع شمالا. فقد اعتراها الحت وأزيلت من أماكن كثيرة من الأردن. هذا الأمر واضح من

التكشفات. وبكفي ان تزور وادي الكرك مثلا لترى ان صخور رمل الكرنب من الكريتاسي الأسفل تقع مباشرة فوق تكوين ام عشرين من الكمبري الأعلى او أعلى الكمبري الاوسط. وهذا يعني ان جميع التكاوين من الديسي حتى الخشة قد ازيلت جميعها بالحت. قبل ان يترسب رمل الكرنب. ولو زرت منطقة الزارة في البحر الميت لوجدت ان تكوين ام عرنة من العصر البرمي يقع مباشرة فوق تكوين ام عشرين. مما يشير الى ان عملية الحت قد حدثت قبل العصر البرمي. ويبدو ان عدم وجود رسوبيات العصر الكربوني الذي يقع تحت البرمي يشير الى ان عملية الحت هذه قد جرت في العصر الكربوني نفسه فلم تسمح لرسوبياته بالبقاء وأزالتها. ذلك لأن جميع ما هو أقدم من الكربوني قد تعرض للحت والإزالة حسب موقعه من الأردن بحيث وصل مستوى الحت الى تكوين ام عشرين الموجود تقريبا في جميع ارجاء الأردن.

٢,٧,١ سطح عدم التوافق الهرسيني Hercynian Unconformity

لا يمكن حث هذا العدد الكبير من التكاوين وإزالتها وهي باطن الأرض. إذ لا بد من عملية رفع uplift لها ليسهل حثها والتعامل معها. ويبدو ان الأدلة جميعها تؤيد وجود حركة رفع إقليمية اصابت صخور الباليوزي وحدثت في اواسط العصر الكربوني. فكيف حدث ذلك؟ يبدو أن محدبا إقليميا geanticline " قد تكون في اواسط العصر الكربوني (Gvirtzman and Weissbrod, 1984) وقد كانت قمة هذا المحدب قرب غزة في فلسطين (في حقل بترول برير - حليقات). وكان جانبه يميل نحو الجنوب الشرقي تدريجيا بحيث انتهى الى حوض كبير في منطقة تبوك في شمال غرب السعودية. ويميل جانبه الآخر نحو الشمال الشرقي تدريجيا بحيث انتهى الى حوض آخر في شمال شرق سوريا. وهذا يعني ان أعظم درجات الحت والإزالة لرسوبيات حقبة الباليوزي ستكون عند القمة في منطقة غزة ثم تقل الاجزاء التي ازيلت بالحت نحو تبوك ونحو شمال شرق سوريا. حيث يكون حفظ الرسوبيات هناك كاملا تقريبا لانهما حوضان (شكل ٢,٢٩).

تبدو الصورة هذه سهلة الفهم وبها يمكن تفسير واقع توزع صخور الباليوزي في فلسطين والأردن والمناطق الملاصقة له من سوريا والعراق والسعودية. الشكل ٢,٣٢ هو خريطة توضح توزع عصور حقبة الباليوزي في بلاد الشام تقريبا. لاحظ ان جميع الباليوزي قد ازيل عند قمة المحدب قرب غزة وان الكرنب موجود مباشرة فوق صخور ما قبل الكمبري. ولو سرت في اتجاه الجنوب الشرقي والشمال الشرقي لوجدت ان الكمبري فقط موجود في غرب الأردن (وادي الكرك - زرقاء ماعين - بئر صويلح). ولو تابعت السير جنوبا شرقا لوجدت عصورا جديدا تظهر بحيث لا تظهر رسوبيات السيلوري مثلا الا في اقصى جنوب شرق الأردن وشمال شرقه (الصحراء الجنوبية - وادي السرحان - الريشة). ثم ان المزيد من الذهاب في هذين الاتجاهين يضع القارئ في شمال غرب السعودية وغرب العراق وشمال شرق سوريا حيث الديفوني والكربوني. الشكل ٢,٣٠ هو خريطة توضح هذا الذي ذهبنا اليه في الأردن فقط بحيث وضع على الخريطة الخط التقريبي الذي يبدأ تكوين من تكاوين الباليوزي في ان يكون موجودا أي محفوظا ولم يزل بالحت. فاذا حفرت بئرا الى الغرب من هذا الخط فان التكوين لن يكون موجودا في البئر. والعكس صحيح شرق الخط. فاذا اراد القاري ان يتعرف الى تفاصيل كل تكوين وتوزعه في الأردن فليقرأ تقرير اندروز (١٩٩١).

وحتى نكمل الصورة او نجعلها اكثر وضوحا رسما مقطعا (شكل ٢,٣١) يوضح التغيرات في اتجاه جنوب شرق في الأردن والشكل يوضح سطح عدم التوافق الهرسيني وكيف تزداد التكاوين الباليوزية المحفوظة من الحت والإزالة نحو الجنوب الشرقي. لاحظ ان رمال الكرنب

تعلو سطح عدم التوافق في معظم الوسط والجنوب الشرقي بينما يكون البرمي هو الذي يعلو سطح عدم التوافق نحو الشمال الغربي (في ماعين) (شكل ٣١,٢) عابد (١٩٩٦). انظر ايضا الشكل ٣٥,٢ الذي رسم في اتجاه شرق - غرب من الازرق حتى البحر الميت. وتبدو فيه الصورة ذاتها تقريبا.

٨,٢ احتمالات البترول الباليوزوي في الأردن

قد تكون الخطوة الأولى الجادة في البحث عن البترول هو التأكد من وجود الصخور المولدة للبترول او الصخر الأم Source rock في تلك المنطقة التي يتحرى فيها عن البترول. والصخر الأم صخر رسوبي حامل للمادة العضوية organic matter بنسبة لا تقل عن ٠,٥ % من الصخر والتي تولد النفط إذا دفنت الى عمق مناسب يحدده الممال الحراري الأرضي geothermal gradient في تلك المنطقة.

ولو أمعنا النظر في التتابع الصخري لحقبة الباليوزوي المتكشفة في الصحراء الجنوبية ووادي عربة - البحر الميت التي وصفناها في بداية الفصل، لوجدنا ان ثلاث وحدات صخرية فقط هي التي يمكن ان تحوى المادة العضوية بقدر كاف تجعلها صخوراً للبترول. وهي:

- أ- تكوين البرج من أسفل الكميري الاوسط
- ب- تكوين الحسوة من الأردوفيشي الاوسط
- ج- عضو بترا من تكوين المدورة من السيلوي الأسفل

هذه الوحدات الثلاثة قد ترسبت جميعها عندما كان مستوى سطح البحر عاليا نسبيا relative sea level highstand. هذه الوحدات الثلاثة نعتقد ان بحر التيثس قد غمر جميع الأردن والمناطق المجاورة ولكن ليس بالضرورة بنفس العمق. بمعنى ان التقدم البحري في زمن الوحدات الثلاث وبالتالي عمق مياه البحر لم يكن بالضرورة بالقدر نفسه. ويبدو من طبيعة الرسوبيات وانواع المستحاثات التي فيها ان عضو بترا بما فيه من وفرة الكائنات العالقة من الغرابوليت يدل على بيئة بحرية مفتوحة من الرف القاري. ويشبهه الى حد كبير الجزء الغضاري السفلي من تكوين الحسوة بما فيه من الغرابوليت ايضا. اما تكوين البرج فيبدو في غرب الأردن انه كان قريبا من الشاطئ وليس في الرف القاري المفتوح. وقد تحدثنا عن هذه البيئات في السابق.

لم أجد فيما هو منشور من يحدد نسبة المادة العضوية في هذه الوحدات الصخرية غير ما ذكره أندروز (١٩٩١) من أن بعض أجزاء عضو بترا في الريشة تصل نسبة المادة العضوية فيها الى ٦,٥ %. وأعتقد أن الجزء الغرابوليتي من تكوين الحسوة يجب أن يحمل المادة العضوية في الأجزاء الجنوبية الشرقية والشرقية من الأردن الأكثر قربا من أعماق حوض الترسيب. هاتان وحدتان الصخريتان (بترا والحسوة) قد ترسبتا في وضع مرتفع لسطح البحر relative highstand sea level. في مثل هذا الوضع الترسيبي يكون قاع بيئة الترسيب قليلة الأكسجين أو حتى بدونه وتترسب المادة العضوية وتحفظ على نطاق واسع نسبيا فيما يدعى condensed sections التي كانت صخورا أما في بعض الأحواض البترولية. وبالتالي فإنه في المناطق الحوضية البعيدة عن القارة - نحو الريشة أو نحو شمال شرق سوريا وغرب العراق- إن هاتين الوحدتين يمكن أن تكونا ولدتا النفط الباليوزوي في تاريخهما الجيولوجي. يساعد في ذلك سمك كاف من الغطاء الرسوبي الذي يزيد على ٥ كم (شكل ٣٢,٢). ولما كانت هاتان الوحدتان قد

أزيلتا بالحث من معظم الأردن الا وادي السرحان والريشة فإن من غير المعقول البحث عن البترول الباليوزوي في غير هاتين المنطقتين. أما صحراء الأردن الجنوبية وكذلك تبوك السعودية فإن الغطاء الرسوبي غير كاف لتوليد النفط منهما بالإضافة الى قربهما من القارة وتدني نسبة المادة العضوية فيهما. أما تكوين البرج فبيئاته الرسوبية في التكتشفات ليست أعمق كثيرا من مسطحات المد والجزر وما جاورها. ولم يسجل فيه ما يشير الى ترسيب في الرف القاري المفتوح أو في بيئات تسمح بحفظ المادة العضوية. المعلومات المتوفرة عن البرج أن المادة العضوية متدنية جدا فيه. ومن ثم فإن من الصعب التفكير في أن يكون صخرا أما حتى في البحر الميت حيث الغطاء الرسوبي سميك.

المراجع

الشنطي، أحمد محمود، ١٩٩٣، جيولوجية الدرع العربي . مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، العربية السعودية. ١٩٦ صفحة.
عابد، عبدالقادر ، ١٩٨٢، جيولوجيا الأردن. مكتبة النهضة الاسلامية، عمان، الأردن. ٢٢٠ صفحة.

- Abd Elahamid,G., 1988.Jabal Umm Ishrin sheet, 3049 II, 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Abed, A. M., 1982. *Geology of Jordan*. 1st ed. Al-Nahda Al-Islamieh Library, Amman. 232p.
- Abed, A. M., 1985. On the supposed Precambrian palaeosuture along the Dead Sea rift, Jordan. *Jour. Geol. Soc. London*, 142, 527-531.
- Abed, A. M., 1996. Geology of the deep aquifer in Jordan. In: *Integration of Information between Oil Drilling and Hydrogeology of Deep Aquifers* edited by S. N Al-Beiruti & M. J. Bino. The Inter-Islamic Network on Water Resources Development and management, Amman. P. 113-134.
- Abed, A. M., Makhoulf, I., Amireh, B. and Khalil, B., 1993. Upper Ordovician glacial deposits in southern Jordan. *Episodes*, 16, 316-328.

- Abed, A. M. and Makhoul, I., 1996. Recycled Cambrian, Permian, and Triassic sandstone in Jordan and their relation to the tectonic-sedimentary provenances. *Abhath Al-Yarmouk (Pure Sci. Eng. Ser.)*, 5, 93-114.
- Abu Lihie, O., 1988. Dubaydib sheet, 3148 I, 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Amireh, B. S., 1987. Sedimentological and petrological interplays of the Nubian Series in Jordan with respect to paleogeography and diagenesis. *Bswg. Geol. Palaont. Diss.*, 7, Braunschweig. 232p.
- Amireh, B. S., 1993. New occurrences of the Disi Sandstone Formation (Early Ordovician) in central Jordan. *Dirasat*, 20B, 21-44.
- Amireh, B. S., Schneider, W. and Abed A. M., 1994. Evolving fluvial-transitional-marine deposition through the Cambrian sequence of Jordan. *Sedimentary Geology*, 89, 65-90.
- Amireh, B. S. and Abed, A. M., 1999 in pres *ام غضاة*
- Andrews, I. J., 1991. Paleozoic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. *Subsurface Geology Bull.*, 2, NRA, Amman. 75p.
- Baldwin, C. T., 1976. The stratigraphy and facies associations of trace fossils in some Cambrian and Ordovician rocks from north western Spain. In: *Trace Fossils* edited by T. P. Grimes and J. C. Harper. Geol. Soc. Spec. Issue, 9, 9-40.
- Bandel, K. and Khoury, H., 1981. Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan. *Facies*, 4, 1-26.
- Barjous, M., 1988. *Structural study of the area between Petra and Ash Shawbak*. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Bender, F., 1963. Stratigraphie der Nubischen Sandsteine in sud Jordanien. *Geol. Jb.*, 81, 237-276.
- Bender, F., 1968. *Geologie von Jordanien*. Borntraeger, Berlin, 230p.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Borntraeger, Berlin, 196p.
- Blake, G. S., and Ionides, M. G., 1939. *Geology, soils, minerals, and water resources of Transjordan*. Crown Agents of the Colonies, London, 372p.
- Blanckenhorn, M., 1912. *Naturwissenschaftliche studien am Toten Meer und in Jordantal*, Berlin, Friedlander.
- Blanckenhorn, M., 1914. *Syrien, Arabien Mesopotamien*, Handbook Reg. Geol. S. Heidelberg.
- Burdon, D. J., 1959. *Handbook of the geology of Jordan*. Government of the Hashemite Kingdom of Jordan, Amman, 82p.
- Burollet, P. F. and Byramigee, R., 1969. Sedimentological remarks on the Lower Paleozoic sandstones of south Libya. *Petrol. Explor. Soc. Libya*, 91-102.
- Cooper, G. A., 1976. Lower Cambrian brachiopods from the Rift Valley (Israel and Jordan). *Jour. Palaont.* 50, 269-289.
- Corrigan, J. G. and Surcin, J., 1963. Les Series Cambrio-Ordoviciennes dan le 10 partic orientale du basin de Fort Polgnac. *Rev. Inst. Franc. Petrole.*, 18, 144-49.

- Gvirtzman, G. and Weissbrod, T., 1984. The Hercynian geanticline of Helez and the late Paleozoic history of the Levant. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* edited by J. E. Dixon and A. F. Robertson. Geol. Soc. London Spec. Publ. 17, 177-186.
- Helal, A. R., 1965. General Geology and lithostratigraphy of the Devonian rocks of the Jauf area Sausi Arabia. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 9, 527-551.
- Hull, E., 1886. Memoirs of the geology and geography of Palestine. Survey of Western Palestine. London.
- Ibrahim, K. M., 1993, *The geology of Wadi Gharandal area map sheet 3050 II 1: 50 000*. NRA, Bull. 24. Amman
- King, W. R., 1923. Cambrian fossils from the Dead Sea. *Geol. Mag.*, 60, 504-514.
- Klitzsch, E., 1966. Geology of the northeast flank of the Murzuk basin. In: *South-Central Libya and Northern Chad* edited by J. Williams. Petroleum Exploration Society, Libya. 19-32, 75-87.
- Klitzsch, E., 1990. Paleozoic. In: *The Geology of Egypt* edited by R. Said. Balkema, Rotterdam, p.293-407.
- Lloyd, J. W., 1969. The hydrogeology of the southern desert of Jordan. UNDP/FAW 212, Technical Report No. 1, Rome.
- Makhlouf, H., 1992. Depositional environments and facies in the Dubaydib and Tubeiliyat sandstones, southern desert, Jordan. *Subsurface Geology Bull.* 3, NRA, 32p.
- Makhlouf, I. And Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environments of Umm Ishrin Sandstone Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 71, 177-187.
- Makhlouf, I., Turner, B. and Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environments in the Permian Umm Irna Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 73, 117-139.
- Masri, A., 1988. Al-Mudawwara and Halt Amar sheets, 3248 III and 3248 IV. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman, Bull. 13.
- Masri, A., 1989. Ath-Thliethua't sheet, 2349 III. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Ouran, N., 1996. Petro-microfacies analysis and sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous Ajlun Group, Sw Jordan. Unpubl. M.Sc thesis, University of Jordan, 156p.
- Parnes, A., 1971. Late Lower Cambrian trilobite from the Timna area and Har Amran, southern Negev, Israel. *Israel Jour. Earth Sci.*, 20, 179-205.
- Picard, L., 1942. New Cambrian fossils and Paleozoic problematica from the Dead Sea and Arabia. *Bull. Geol. Dept. Hebrew Univ.* Jerusalem, 4, No. 1.
- Picard, L., 1943. Structures and evolution of Palestine. *Bull. Geol. Dept. Hebrew Univ.* Jerusalem,
- Powell, J., 1988. The geology of Karak sheet 3152 III. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman, Bull. 8.

- Powell, J., 1989. Stratigraphy and sedimentation of the Phanerozoic rocks in central and south Jordan, Part A: Ram and Khreim Groups. *Geol. Map. Div. Bull. 11*. NRA, Amman, 92p.
- Powell, J., Moh'd, B. K. and Masri, A., 1994. Late Ordovician-Early Silurian glaciofluvial deposits preserved in paleovalleys in south Jordan. *Sed. Geol.*, 89, 303-314.
- Powers, R. W., Ramirez, L. F., Remond, C. D., and Elberg, E. L. Jr., 1966. Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary geology of Saudi Arabia. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, 5460-D, Washington.
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral resources of the (former) Transjordan. *Colonial Geol. Min. Res., London*, 2, 85-115.
- Rabba', I., 1988. Al-Quwayra sheet 3049 I. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Ratschiller, I. K., 1966. Correlatin geologico-lithostratigrafissche for Sahara Centrale de Occidentale. *Mem. Museo. Naturali.*, XVI, Facs., 1, 53-208.
- Rushton, A., 1988. Preliminary report on some Cambrian fossils from Jordan. *Brit. Geol. Surv. Tech. Rep. Strat. Ser.* WH/88/63R, 2p.
- Selley, R. C., 1970. Ichnology of Palaeozoic sandstones in the southern desert of Jordan, a study of trace fossils in their sedimentologic context. In: *Trace Fossils* edited by T. P. Crimes and J. C. Harper. *Geol. Jr. Spec. Publ.* 3, p. 477-488.
- Selley, R. C., 1972. Diagnosis of marine and non-marine environments from the Cambro-Ordovician sandstones of Jordan. *Jour. Geol.Soc. London*. 128, 135-150.
- Teimeh, M., Abu Lihie, O., Taani, V., and Abu Saad, L., 1990. A study of the Palaeozoic formations of Jordan at outcrops and in te subsurface. *Subsurface Geology Bul.*, 1, NRA, 72p.
- Vaslet, D., 1990. Upper Ordovician glacial deposits in Saudi Arabia. *Episodes*, 13, 147-161.
- Weissbrod, T., 1969. The Paleozoic of Israel and adjacent countries. *Bull. Geol. Surv. Israel*, 47, 23p and 48, 32p.
- Weissbrod, T., 1970. The stratigraphy of the Nubian sandstone in southern Israel (Timna-Eilat area). *Israel Geol. Surv. Rep.* OD/2/70, 22P.
- Wetzel, R. and Morton, D. M., 1959. Contribution a la stratigraphie de la Transjordanie. *Notes et Mem Moyens Orient*, 7, 95-191.
- Wolfart, R. R., 1968. Stratigraphie und fauna des Ober-Ordovixiums (Caradoc-Ashgill) und Unter Silurs Unter Llandovery) von Sud Jordanien. *Geol. Jb.*, 85, 517-564.
- Yasin, S., 1992. Depositional environments of Wadi Es-Sir Formation (Tutonian) in Azraq basin. Unpubl. M.Sc thesis. University of Jordan, 161p.

الفصل الثالث

حقبة الحياة المتوسطة (الميزوزوي)

MESOZOIC

٣. حقبة الحياة المتوسطة

تشمل هذه الحقبة عصور الترياسي والجوراسي والكريتاسي. وتمتد بين 225-65 مليون سنة من عمر الأرض. تغطي صخور هذه الحقبة مساحات كبيرة جدا من سطح الأردن خاصة صخور العصر الكريتاسي. أما صخور العصرين الترياسي والجوراسي فمحدودة جدا في تكتشفاتها. فيما يلي ندرس صخور هذه الحقبة من الأقدم وعلى شكل مجموعات. نبدأ بدراستها في التكتشفات ثم نعقب ذلك بنظرة سريعة على وضعها تحت سطح الأرض من المعلومات المتوفرة من آبار البترول الكثيرة التي حفرت في معظم أنحاء الأردن.

1.3 مجموعة الرمثا Ramtha Group أو صخور العصر الترياسي Triassic

1.1.3 سياق تاريخي

أول من تحدث عن وجود الترياسي في الأردن هو، Wyllie et al. (1923). وقد قام كوكس (Cox 1924, 1932) بتحديد أسماء المستحاثات وأعمارها التي جمعها ويلي. وقد خرج بقائمة طويلة دلت في النهاية على أن الصخور الموجودة عند شمال شرق البحر الميت هي دون شك من العصر الترياسي. في البداية حدد عمر هذه الصخور بالترياسي الأوسط. الأعلى. غير أنه في مقاله الثاني ذكر أنها قطعا من الترياسي الأسفل (Werfenian). ثم قام فاغنر من شتوتغارت (Wagner 1934) بزيارة منطقة وادي حسان شمال شرق البحر الميت وما جاورها وتفحص مستحاثات المقطع الترياسي هناك وخرج بنتيجة أن هذه الصخور مشابهة تماما لصخور Lower Muschelkalk الألماني. أما بلاك وأيونيدس (1939) فلم يضيفا شيئا لما قاله كوكس وفاغنر بل ذكرا نتائجهما (صفحات 66-69). غير أنهما تحدثا عن صخور الترياسي في وادي نميرة ووادي فينان - ضانا. وهو خطأ لأنها صخور البرج من الكامبري.

أما كوينل (1951) وبردون (1959) فقد اعتبرا صخور الترياسي والجوراسي جزءا من تكوين أم سحم عندهما. وهو غير صحيح بمفهومنا الحالي. ولأن تكوين أم سحم حسب تحديدهما يشمل صخورا من الباليوزوي وحتى قمة الجوراسي وبها عدد من سطوح عدم التوافق وهو مخالف لطرق التسمية. وفي عام 1959 قام فيتزل ومورتون (1959) بإطلاق اسم "مجموعة الرمان Raman Group" على مجموع صخور الجوراسي والترياسي. وقد أخذ الاسم من محدب الرمان (رامون) في النقب في جنوب فلسطين. وقد قسم الترياسي إلى ثلاثة تكاوين هي من الأسفل تكوين حمرة ماعين الدلتائي يعلوه تكوين حسان الجيري ثم فراغ ثم يأتي الزرقاء الجبسي. كما أنهما قسما الجوراسي إلى ثلاثة تكاوين هي من الأقدم تكوين الزرقاء الجبسي (جعلا حد الجوراسي والترياسي في هذا التكوين) يعلوه تكوين الصبيحي الحامل للنباتات ثم تكوين الهونة الجيري الرملي. أما اسم "مجموعة الزرقاء Zarqa Group" الشائع الاستعمال حتى الآن فقد أدخله كوينل (1951) وبردون (1959) ثم بندر (1968, 1974) ثم باركر (1970). وقد قام باركر بتقسيم مجموعة الزرقاء إلى تكوينين هما الأقدم تكوين ماعين (Z1) ويشمل جميع صخور الترياسي في الأردن. والأحدث تكوين العزب (Z2) ويشمل جميع صخور الجوراسي في الأردن. وهو غير جيد إطلاقا. غير أن العاملين في المياه في الأردن ما زالوا يحبون هذه التسمية دون أن يلتفتوا إلى المشكلات الجيولوجية الناتجة عن ذلك. وبكل بساطة هم يستعملون Z1 و Z2 للدلالة

على صخور الترياسي والجوراسي على الترتيب (جدول 1.3). ثم قام الباشا (1980, 1982) بتقسيم مجموعة الزرقاء إلى 4 مجموعات وعدد أكبر من التكاوين تراها في جدول 1.3. ولعل الدراسة التي قام بها باندل وخوري 1981 Bandel and Khoury هي أفضل دراسة لصخور الترياسي. وعلى الرغم من أنهما لم يسميا "مجموعة" لهذه الصخور إلا أنهما قسما صخور الترياسي إلى مجموعة من التكاوين محددة المعالم يمكن أن يتعامل معها الجيولوجي في الميدان. وهي المرة الأولى التي تقسم فيها صخور الترياسي بهذه الكيفية. وستكون تسمياتهما هي ما نتداوله في هذا الفصل مع تعديلات أدخلت عليها في مشروع المسح الجيولوجي الذي يجري في سلطة المصادر الطبيعية (Makhlouf et al., 1996). ولا يفوتنا أن نذكر أن عيسى مخلوف قد درس بعمق كبير بيانات ترسيب الترياسي في رسالة دكتوراه (Makhlouf 1987) وفي بحوث لاحقة لذلك Makhlouf and Abed (1991; Makhlouf et al., 1990; Makhlouf, 1999). بقي أن نذكر أنه بسبب استعمال "مجموعة الزرقاء" في أوضاع كثيرة اسما لمجموعة واسما لتكوين فقد قام الباحثون في سلطة المصادر الطبيعية بوضع اسم "مجموعة" جديد لصخور الترياسي منعاً للبس فأسموها "مجموعة الرمثا" Ramtha (Andrews 1992) Group. وهو الاسم الذي استعملناه عنواناً لهذا الفصل.

2.1.3 التسمية

قد تحدثنا في العنوان السابق عن تسمية المجموعة. وخلصنا إلى أن مجموع صخور الترياسي في الأردن تسمى "مجموعة الرمثا" بدلا من مجموعة الزرقاء التي اختلفت معانيها مع مرور الزمن. ولا داعي للتكرار.

3.1.3 وصف عام لمجموعة الرمثا

تتكشف صخور مجموعة الرمثا من وادي الموجب جنوبا حتى نهر الزرقاء شمالا. ولا شك أن تكشفتها المستمرة تقع بين وادي الموجب وشمال شرق البحر الميت (وادي حسيبان وما جاوره) (شكل 1.3). ثم يوجد تكشفان في وادي البحات. ناعور غرب عمان وتكشف آخر في نهر الزرقاء شمال بلدة الصبيحي. غير ذلك فإن معلوماتنا مأخوذة من آبار البترول. تتكون المجموعة من الصخور الفتاتية الرملية والغرينية والطينية المتعاقبة مع الصخور الجيرية ويغطي قمة المجموعة صخور الجبس السميكة الموجودة في نهر الزرقاء. وسندرس هذه الصخور بالتفصيل في كل تكوين من تكاوين المجموعة بعد قليل. غير أنه يجب أن نذكر منذ الآن أن المجموعة كاملة لا توجد في أي مكان من تكشفتها. فقد اعتري المجموعة عملية حث وإزالة لرسوبياتها عندما ترسب الكرب (سطح عدم توافق الكرب مع الترياسي من وادي البحات حتى الموجب). وكانت كمية الصخور المزالة بالحث تزداد نحو الجنوب بحيث لا نرى في الموجب غير التكوين السفلي من المجموعة وهو تكوين ماعين ثم تزداد التكاوين المحفوظة شمالا. غير أن المجموعة كاملة وجدت في آبار البترول مثل بئر صويلح وآبار شمال غرب الأردن كما سنفصله في وقت لاحق.

4.1.3 حدود المجموعة

في التكشفات على طول شواطئ شمال شرق البحر الميت فإن الحد السفلي للمجموعة يقع فوق تكوين أم عرنة من العصر البرمي الذي وصفناه في الفصل السابق. وهنا تبدأ المجموعة بتكوين ماعين بنفسجي اللون بشكل واضح. أما إلى الشمال في وادي مخيرس (شكل 1.3) ووادي حسيبان عند نهاية البحر الميت الشمالية الشرقية فإن قاعدة الترياسي لا ترى فقد أصبحت تحت مستوى الأرض. وكذلك الأمر في تكشفات وادي البحات ونهر

الزرقاء. أما حدها الأعلى فهو سطح عدم التوافق مع الصخور الرملية التابعة للكرنب إلا في نهر الزرقاء فإن قمة الترياسي الجبسية مغطاة بتربة قديمة بنية من العصر الجوراسي.

5.1.3 سمك المجموعة

لا تمثل تكتشفات المجموعة على شواطئ البحر الميت غير جزء من سمكها الحقيقي بسبب إزالة أعلاها بالاحت كما ذكرنا قبل قليل. ويتراوح سمكها هنا بين 300.250م. يزداد شمالاً ليصل إلى 724م في بئر صويلح (SW-1) و 1043م في بئر عجلون AJ-1 و 1239م في بئر مرتفعات الشمال NH-2. وهو أكبر سمك سجل لهذه المجموعة. نترك هذا الموضوع الآن لنعود إليه في حديثنا اللاحق عن الجيولوجيا تحت السطحية لهذه المجموعة.

6.1.3 بيانات ترسيب المجموعة

يمكن القول وبشكل عام أن بيانات ترسيب هذه المجموعة ناتجة بشكل رئيسي عن تذبذب مستوى سطح بحر التيثس الضحل. فقد ترسب الجزء السفلي من المجموعة في مسطحات المد والجزر إلى البيئة تحت المدية subtidal. ثم ساد المنطقة تقدم للبحر ارتفع فيه مستواه عندما ترسب حجر جير وادي حسبان وعاد البحر إلى التراجع وأصبحت المنطقة قارية وترسبت رمال نهريّة بعد ذلك. ثم عاد البحر وغطى المنطقة عندما ترسبت صخور الترياسي الموجودة في وادي البحات – ناعور. وأخيراً فقد ترسب الجبس المكون لقمة المجموعة في سبخة (Supratidal) سادت المنطقة. هذا الحديث العام سيفصل في العناوين التالية.

7.1.3 تكاوين مجموعة الرمثا

ندرس تحت هذا العنوان تكاوين الترياسي (مجموعة الرمثا) بشيء من التفصيل مبتدئين بأقدمها.

1.7.1.3 تكوين ماعين Ma'in Formation

التسمية

أخذ باندل وخوري (1981) الاسم من وادي زرقاء ماعين شمال شرق البحر الميت (شكل 1.3). وهو التكوين السفلي في مجموعة الرمثا.

وصف التكوين

يتكشف تكوين ماعين على شاطئ البحر الميت بين وادي أبو خشيبية (قليلاً جنوب الزارة) ووادي مخيريس (شكل 1.3). سمكه 55م وأفضل مكان يرى فيه هو وادي مخيريس في أقصى شمال شرق البحر الميت. تعلو صخور هذا التكوين صخور تكوين أم عرنة البرمي. وهو مكون من عضوين سفلي أو عضو حمارة Himara Member وعلوي أو عضو نمرة Nimra Member. ويعلوه تكوين الدردور (Makhlouf, 1987).

أ. عضو حمارة Himara Member

سمي بهذا الاسم نسبة إلى وادي حمارة الواقع على بعد 2 كم تقريبا شمال مصب وادي زرقاء ماعين (Bandel and Khoury 1981). يشكل هذا العضو الجزء السفلي من تكوين ماعين. يتميز بلونه الأحمر البنفسجي. وهو مكون من سحنتين هما السحنة السفلى أو السحنة الرملية والسحنة العليا أو السحنة المختلطة (رمل غرين وطين). شكل 2.3. هاتان السحنتان موجودتان على شكل دورات رسوبية cycles تصبح الحبات فيها أصغر نحو الأعلى fining upwards. كل دورة منها مكونة من حجر رملي خشن الحبات في قاعدة الدورة يعلوه حجر رملي ناعم ثم حجر الغرين فحجر الطين. توجد مجموعة من التراكيب الرسوبية منها الدورية في الترسيب و flaser bedding والتطابق المتقاطع ثنائي الاتجاه herringbone cross-bedding وتشققات الطين وأثار نقاط المطر والستروماتوليت وعلامات النيم ripple marks المتداخلة والسلمية.

ب. عضو نمرة Nimra Member

لونه رمادي ويقع فوق عضو الحمارة الأحمر البنفسجي. سمكه 25م. وهو مكون من خليط من صخور غضارية ورملية ناعمة متعددة الألوان في جزئه الأسفل. ومن صخور رملية خشنة رمادية في جزئه الأعلى. أي أنه يصبح خشنا في حباته نحو الأعلى. صخور الجزء السفلي مكونة من الغضار والغرين والمارل والرمل الناعم. وهي رقيقة التطبق وبها علامات نيم. أما الجزء العلوي فهو مكون من الحجر الرملي الكوارتزي الخشن. المتوسط الحبات سميك الطبقات وبه تطبق متقاطع قاعي. وهو أيضا جيري وحامل للمستحاثات (مخلوف 1987، مخلوف وآخرون 1996، باندل وخوري 1981). شكل 2.3.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يتميز التكوين بلونه الأحمر البنفسجي المميز لعضوه الأسفل (الحمارة) الذي يعلو رسوبيات أم عرنة النهرية من العصر البرمي الغنية بكريات الحديد. أما حده العلوي فيبدأ عندما تنتهي صخور الحجر الرملي الجيرية السمكية وتبدأ صخور تكوين الدردور الغضارية المارلية رقيقة التطبق رمادية مخضرة اللون. أما سمكه فهو 55م. غير أنه لا يزيد عن 35م في الجنوب.

وضع عمر التكوين في الترياسي الأسفل (سكيثي Skythian) بناء على المستحاثات التالية *Hardontina anceps* و *H. biserialis* و *Pachycladina inclunata* و *P. obliqua* و *P. Symmetrica* (بندر 1968، مخلوف وآخرون 1996).

بيئات الترسيب

يبدو أن عضو الحمارة قد ترسب في بيئة المد والجزر. دل على ذلك التراكيب الرسوبية التي ذكرناها في وصف هذا العضو أعلاه. هذه البيئة تعني أيضا أنه في بعض الأحيان كانت المنطقة غير مغطاة بمياه البحر (تشققات الطين وأثار نقاط المطر). أما بيئة عضو نمرة فهي أعمق قليلا أي أنها بيئة تحت مديّة ضحلة بسبب وجود المستحاثات (الفورامينيفرا والمحاريات والبريوزوا والبطنقدمات gastropods والجلدشوكيات echinoids والأوليت). أي أنها إلى حد ما بيئة بحرية مفتوحة قليلة العمق.

2.7.1.3 تكوين الدردور Dardur Formation

التسمية

وضع الاسم باندل وخوري (1981) نسبة لوادي الدردور (شكل 1.3) الواقع إلى الشمال من شمال وادي زرقاء ماعين.

وصف التكوين

يتكشف التكوين على شواطئ البحر الميت الشمالية الشرقية من وادي أبو خشبية حتى وادي مخيريس (شكل 1.3). سمك التكوين 65م. وهو يعلو تكوين ماعين بشكل متوافق ويعلوه تكوين عين موسى. لقد قسم باندل وخوري التكوين إلى أربعة أعضاء. وتبعه في ذلك مخلوف (1987) ومخلوف وآخرون (1996). الأعضاء مكونة من عضوين رمليين وعضوين من الكربونات متعاقبة مع بعضها. وهي من الأقدم عضو الكربونات الأسفل 16م، العضو الرملي الأسفل 12م، عضو الكربونات الأعلى 22م وأخيرا العضو الرملي الأعلى 13م.

1. العضوان الرمليان

يتكون العضوان من الصخور الرملية الخشنة الرمادية ذات التطبيق المتوازي والمتقاطع. المادة اللاصقة من الكربونات. ويمكن أن توصف من خلال خمس سحنات رسوبية رملية (شكل 3.3)

- أ. سحنة الحجر الرملي الناعم ناعمة الحبات رمادية بها تطبيق متوسط السمك إلى رقائقي مع بعض التطبيق المتقاطع.
- ب. سحنة الحجر الرملي الحبيبي يوجد عادة في الثلث السفلي لعضوي الرمل. يتميز بحبيبات من الكوارتز تصل في قطرها إلى 1سم. الطبقات متوسطة السمك إلى سمكية وبها تطبيق متقاطع وتنعم حباتها إلى أعلى وقاعها حتى.
- ج. سحنات مختلطة يتعاقب في هذه السحنة الحجر الرملي الناعم _ الخشن مع حجر الغرين. الحجر الرملي الخشن موجود على شكل عدسات. فوقه وتحت طبعات الحجر الرملي الناعم وحجر الغرين. يوجد في هذه السحنة بعض آثار المستحاثات.
- د. سحنات متأثرة بآثار الكائنات هذه السحنة غنية بآثار المستحاثات التي خربت التطبيق.
- هـ. سحنة الستروماتوليت الرملي توجد هذه السحنة ضمن العضو الرملي الأسفل. وفيه ثلاثة أشكال من الستروماتوليت كروي (45.5سم في قطره) ومنعزل وقببي.

2. عضوا الكربونات

- يقعان تحت عضوي الرمل. وتبدو في التكتشفات مخضرة اللون (لون مميز). وبها سحنتان
- أ. سحنة المارل - الغضار تتكون هذه السحنة من المارل والغضار الغريني. المارل مخضر اللون كتلي وعقدي. يكثر فيها آثار المستحاثات الأفقية والعمودية وأحيانا بعض تشققات الطين.
 - ب. سحنة الدولوميت الرملي طبقاتها تقع ضمن السحنة المارلية السابقة. بها كسارة المستحاثات ومستحاثات (الأوستراكود والمحاريات) بكثرة. كما أنها غنية بآثار المستحاثات. ويمكن أن تجد بها السحنات التفصيلية التالية

- سحنة الدولوميت الحديدي الأوليتي الحامل لكسارة المستحاثات
- سحنة الدولوميت الحديدي الرملي الغريني
- سحنة الدولوميت الرملي

أنظر شكل 3.3 الذي يوضح مقطعاً لهذا التكوين في وادي حمارة ووادي مخيريس

حدود التكوين وسمكه وعمره

يقع تكوين الدردور فوق تكوين ماعين (عضو نمرة) حيث توجد وحدة الكربونات السفلى المخضرة فوق الصخور الرملية الكربونائية المميزة لعضو نمرة. أما حد التكوين الأعلى فيوضع عندما ينتهي عضو الرمل العلوي وتظهر طبقات الرمل السمكة المميزة لتكوين عين موسى. سمك التكوين 65م ينقص نحو الجنوب. أما عمره فهو أيضا من الترياسي الأسفل (سكيثي Seythian).

بيئات الترسيب

مرة أخرى فإن التذبذب في مستوى سطح البحر هو العامل المهم في بيئات ترسيب هذا التكوين. ويبدو أن هذا التكوين قد ترسب بين بيئة المد والجزر حين كان سطحه منخفضا والبيئة تحت المدية عند ارتفاع مستوى سطح البحر. دل على ذلك وجود آثار الكائنات الحية والستروماتوليت في السحنات الرملية مما يرجح بيئة مدية تغذى بكميات وافرة من الرمل. في حين كانت بيئة الدولوميت تحت مدية (Subtidal) بسبب وجود المستحاثات وآثارها في هذه السحنة.

3.7.1.3 تكوين عين موسى Ain Musa Formation

التسمية

سمى هذا التكوين نسبة إلى عيون موسى شمال غرب مدينة مادبا (باندل وخوري 1981).

وصف التكوين

تتكشف صخور التكوين في وادي عيون موسى ولكن ليس جميعه. ومن ثم اضطر باندل وخوري إلى تجميع مقطع التكوين من ثلاثة مواقع متباعدة. ولهذا السبب قسموا التكوين إلى ثلاثة أعضاء هي من الأسفل عضو المحترقة 45م و عضو جملة 15م و عضو سيالة 30م. غير أن مخلوف وآخرون (1996) وجدوا مقطعين كاملين لهذا التكوين في وادي مخيريس ونخلة (شكل 1.3). حيث قيس سمك التكوين في الواديين فكان 102 و 103م أي أكبر من قياسات باندل وخوري. غير أن الحدود التي وضعها باندل وخوري كانت واضحة. ثم أن مخلوف وآخرون (1996) ارتأوا أن يقسموا التكوين ثلاثة أجزاء أسفل وأوسط وأعلى بدلا من الأسماء التي وضعها باندل وخوري. وهو ما سنتبعه تحاشيا لكثرة الأسماء (شكل 4.3).

1. العضو الأسفل

يتكشف هذا العضو في وادي نخلة ومخيريس. سمكه يتراوح بين 38-48م. يتكون أساسا من الغضار المارلي والمارل مع الحجر الجيري الدولوميتي والحجر الرملي. توجد هذه الصخور في ثلاث سحنات هي أ. سحنة الغضار المارلي - الغريني الذي يشكل 50% من هذا العضو خاصة الجزء السفلي منه. لونه مخضر إلى مصفر. به تطبيق رقائقي متموج ومتقاطع. معظم الطبقات متأثرة بآثار المستحاثات.

ب. سحنة الحجر الرملي الناعم مع كميات قليلة من الخشن والمتوسط الحبات. لا تزيد نسبته عن 10% من العضو الأسفل. وتزداد نسبة الرمل نحو الجنوب. هذه السحنة حاملة لأنواع كثيرة من المستحاثات وآثار المستحاثات العمودية والأفقية. ثم أن فيه أنواعا مختلفة

من علامات النيم والتطبيق المتقاطع. ومن هذه السحنة يوجد 5 أمتار من الحجر الرملي الحبيبي تكوّن قاعدة التكوين بحيث تصل حبات الكوارتز فيها إلى 10 سم وتشكل الحد مع تكوين الدردور.

ج. **سحنة الكربونات** التي تشكل 40% من العضو الأسفل. وهي مكونة من الدولوميت الرملي مع القليل من الحجر الجيري الدولوميتي والستروماتوليت. وتزداد نسبة الكربونات نحو أعلى العضو الأسفل.

2. العضو الأوسط

يتكشف في وادي نخلة ومخيريس بسمك 31 و 35 م على الترتيب. وهو مكون من الصخور الرملية بنية اللون على شكل جرف واضح في وسط التكوين. وفيه سحنتان.

أ. **سحنة الحجر الرملي الحبيبي** ذو التطبيق السميك والتطبيق المتقاطع القاعي والقنوات وبقايا النباتات. قطر حبيبات الكوارتز يصل إلى 10 سم. بعض القنوات يصل عمقها 3 م.

ب. **سحنة الحجر الرملي الغريني** المكون من الحجر الرملي الناعم المتعاقب مع حجر الغرين.

3. العضو الأعلى

يتكشف في الوديين المذكورين أعلاه بسمك 35 و 24 م. يزداد سمكه جنوبا وتكثر فيه الرمال نحو الجنوب. وهو مكون من السحنات التالية

أ. **سحنة الغضار المارلي - الغريني** التي تشبه السحنة ذاتها في العضو الأسفل. بها قطع من الأمونيت وآثار المستحاثات.

ب. **سحنة الحجر الرملي** سمكة التطبيق بنية اللون ناعمة إلى خشنة الحبات مع أنواع من التطبيق المتقاطع وبقايا النباتات المنقولة.

ج. **سحنة الكربونات** التي تكون الأمتار الستة السفلى من هذا العضو. وهي مكونة من الحجر الجيري الدولوميتي والغضار المارلي. وبها آثار المستحاثات.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يبدأ التكوين بخمسة أمتار من الحجر الرملي الحبيبي فوق تكوين الدردور (شكل ٤,٣). أما حده الأعلى فينتهي عندما تبدأ صخور الحجر الجيري المميزة لتكوين حسبان. سمك التكوين يتراوح بين 102-108 م. أما عمره فهو أيضا من الترياسي الأسفل (سكيثي). دل على ذلك مستحاثات الكونودونت التالية (مخلوف وآخرون 1996).

Hadrodontina anceps

H. bieserialis

Pachycladina inclinata

P. obliqua ,

P. symmetrica

بيئات الترسيب

يبدو أن العضو الأسفل قد ترسب في بيئة بحرية ضحلة (المد والجزر وما تحتها) بناء على وجود المستحاثات وآثارها. غير أن الجزء الأوسط من هذا العضو المكون من الحجر الرملي عديم المستحاثات ذي التطبيق المتقاطع وحيد الاتجاه يشير إلى ترسيب نهري. وكذلك العضو الأعلى أما بيئة الأوسط فهو يتراوح بين النهري إلى منطقة المد والجزر.

4.7.1.3 تكوين حسبان Hisban Formation

التسمية

أول من أطلق الاسم هو فيتزل (Wetzel 1947) نسبة إلى وادي حسبان (شكل 1.3). ثم استعمله باندل وخوري (1981).

وصف التكوين

هذا التكوين كربوناتي كلية تقريبا. وعليه أجريت معظم الدراسات القديمة التي قام بها كوكس (1932, 1924) وفاغنر (1934) وغيرهم. وعلى الرغم من أن المقطع الذي أورده باندل وخوري من وادي مخيريس ووادي حسبان غير مكتمل بسبب ضياع نهايته العليا بالحت على سطح عدم التوافق مع الكربن، إلا أن مخلوف وآخرون (1996) قد وجدوا مقطعا كاملا بعيدا نحو الجنوب في وادي نخلة. سمكه في وادي حسبان 29م وهو غير مكتمل بينما هو في وادي نخلة 35م. ويقع بين تكوين عين موسى من الأسفل وتكوين مخيريس من الأعلى (شكل 5.3). وهو مكون أساسا من صخور الكربونات من الحجر الجيري الحامل للمستحاثات (محاريات و بطنقدميات وبراكايوبودا) وكذلك آثار المستحاثات. بعض أنواع الحجر الجيري يكاد يخلو من المستحاثات وهو ناعم. والنوع الأخير من الكربونات هو الغضار الدولوميتي الذي يحوي نادرا المستحاثات. وقد أوضح مخلوف (1999) أن السحنات الجيرية وغيرها مرتبة في دورات رسوبية بحيث تصبح بيئة ترسيبها ضحلة نحو الأعلى Shallowing upwards.

حدود التكوين وسمكه وعمره

لا نحتاج إلى وصف حدوده. فهو المستوى الوحيد في هذه المنطقة من شرق البحر الميت المكون كلية من الكربونات. أما سمكه الكامل فهو 35م. أما عمر التكوين فعلى الرغم من كثرة المستحاثات وتعدد الباحثين فقد استقر الرأي على أن يكون عمره من الترياسي الأوسط المبكر (أنيزي Anisian). وقد أورد مخلوف وآخرون (1996) المستحاثات التالية عن فتنزل ومورتون (1959) *Paraceratites binodosus* من عمر أنيزي متأخر إلى لادينى مبكر. أما بارنز (1975) (Parens) فقد حدد العمر بأنه أنيزي مبكر بناء على الأمونيت *Beneckeia levantina*. ثم أن مجموعة كبيرة من المستحاثات غير الدالة على عمر موجودة في التكوين.

5.7.1.3 تكوين مخيريس Mukheiris Formation

التسمية

كان باندل وخوري (1981) أول من أطلق هذا الاسم على مجموعة الرسوبيات الواقعة فوق تكوين حسبان وتحت سطح عدم التوافق الحثي للكربن والجوراسي. وهو التكوين الأخير علويا في منطقة شمال شرق البحر الميت. وسمي نسبة إلى وادي مخيريس (شكل 1.3).

وصف التكوين

يوجد 108م من هذا التكوين في وادي مخيريس على الرغم من أن قمته قد أزيلت بالحت. وقد قسم صخوره باندل وخوري إلى ثلاثة أجزاء سفلي وأوسط وعلوي. بينما يرى مخلوف وآخرون أن الجزأين الأوسط والأعلى متشابهان وبالتالي فإن الأفضل أن يقسم التكوين إلى عضوين أسفل وأعلى فقط.

1. العضو الأسفل

يكون الثلث السفلي من التكوين بسمك 30م. وهو مكون من
أ. **سحنة مكونة من الحجر الرملي يتعاقب مع الغضار المارلي.** تكون هذه السحنة ثلثي
العضو السفلي. الرمل ناعم ويتعاقب مع حجر الغرين والغضار والمارل. وفي السحنة آثار
المستحاثات وعلامات النيم.
ب. **سحنة الحجر الجيري المسيطرة على وسط العضو والمكونة من أصداف المستحاثات**
وهو يشبه الكوكينا.

2. العضو الأعلى

يكون ثلثي التكوين العليا. وهو مكون أساسا من الحجر الرملي المتوسط إلى خشن الحبات
مع القليل من الغرين. هذه الصخور مرتبة في عدة دورات تصغر حباتها نحو الأعلى.
سمكه يزيد على 78م وقمته مقطوعة بسطح عدم التوافق الكرني (شكل 6.3). سحنة الحجر
الرملي هي السائدة. وهي مكونة من حجر رملي خشن إلى متوسط الحبات إلى حبيبي أحيانا
وأحيانا أخرى حصوي. قاع العضو فيه قنوات حثية. وعادة ما يوجد في بداية القنوات
رسوبيات قاع القناة Channel lag الخشنة جدا المكونة من حبات الكوارتز والفتات الداخلية
وأصداف البراكيبود وقطع النباتات المنقولة. وفي السحنة يكون التطبيق متوسطا إلى كثلي
مع تطبيق متقاطع قاعي ومستوي. أما السحنة الأقل شيوعا فهي مكونة من حجر الغرين
والحجر الرملي الغريني. أي رسوبيات فتاتية ناعمة نسبيا تكون الجزء العلوي من الدورات
الرسوبية التي تصغر حباتها نحو الأعلى.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يقع التكوين فوق تكوين حسان الجيري. ولذا يسهل التعرف على حده السفلي. أما حده
العلوي فهو سطح عدم التوافق الحثي مع الكرب. سمك التكوين الأكبر هو 108م في
مخيريس على الرغم من أن باندل وخوري قد وضعاه 90م. ثم أنه توجد منه سماكات أقل
من ذلك في الأودية المجاورة لوادي مخيريس.
أما عمره فقد وضع في الأنيزي (Anisian) (باندل وخوري 1981).

بيئات الترسيب

العضو الأسفل حامل للمستحاثات وآثارها وأشكال أخرى من التراكيب الرسوبية تشير
جميعها إلى بيئة بحرية ضحلة قد تكون بيئة المد والجزر أو ما تحتها قليلا. أما العضو
الأعلى فهو نهري متشعب قليل التعرج. ويمكن تفسير وجود بعض المستحاثات في بعض
أجزائه بأنها منقولة بالأنهار (Makhlouf et al., 1996, Makhlouf and Abed 1991).

6.7.1.3 تكوين عراق الأمير Iraq El-Amir Formation التسمية

سمي هذا التكوين نسبة إلى بلدة عراق الأمير غربي وادي السير (باندل وخوري 1981).

وصف التكوين

لا يتكشف التكوين في منطقة شمال شرق البحر الميت. فقد أزيل بالحث هناك. ولكنه
موجود إلى الشمال الشرقي في الأجزاء الغربية من وادي ناعور. وهو هنا يتكشف منعزل
عما سبقه وعما سيأتي بعده. وقد وجد هنا بسبب تكتوني ناتج عن عملية رفع بصدع رئيسي
وفي محدب واضح في هذه المنطقة (شكل 1.3). كان باندل وخوري قد قسما التكوين إلى
ثلاثة أعضاء أعطيت أسماء رسمية هي من الأسفل عضو البحات 26م ثم عضو أبو يان

58م وأخير عضو الشتا 25م. وقد فضل مخلوف وآخرون عدم استعمالها والاستعاضة عنها بأسفل وأوسط وأعلى تقليلاً للأسماء. وهو جيد (شكل 7.3).

1. العضو الأسفل

قاعدة العضو (والتكوين) غير متكشفة في هذا المكان وسمكه الموجود 27م. يتكون من الغضار المارلي مع وجود طبقتي حجر جيرى دولوميت في جزئه السفلي. تحوي طبقتا الحجر الجيري مستحاثات البراكيبود وقطع الخشب المنقولة وآثار مستحاثات ملتوية.

2. العضو الأوسط

سمكه 19م وهو مكون كلية من الحجر الجيري الناعم المستحاثي الذي به قليل من الرمل. المستحاثات من البراكيبود وبعض العظام. ثم أن به دولوميت خشن مستحاثي من المحاريات والبراكيبود والعظام. وكذلك به غضار مارلي.

3. العضو الأعلى

سمكه أكثر من 16م لكنه مقطوع بسطح عدم التوافق الكربني. معظمه مكون من المارل الغضاري المخضر مع وجود 3م من الحجر الجيري الدولوميتي في قمته.

حدود التكوين وسمكه وعمره

هذا التكوين منعزل ولا يوجد إلا في هذا المكان. ثم أن قاعدته غير موجودة وكذلك فإن قمته مقطوعة بالحت. أما سمكه فهو أيضا غير مكتمل للسببين المذكورين. على أي حال يوجد منه قرابة 62م. وقد وضع عمره باندل وخوري في اللادينى Ladinian من الترياسي الأعلى بناء على مقارنات إقليمية خاصة مع النقب.

بيئات الترسيب

واضح من كثرة الصخور الجيرية وقلة الصخور الرملية أن البيئات النهرية التي كانت موجودة في أعلى تكوين مخيريس قد انتهت. ثم تقدم البحر وغطى المنطقة في أثناء ترسيب هذا التكوين فكانت بيئة بحرية. غير أن هذه البيئات البحرية كانت تتغير في عمقها تبعا للموقع من التكوين.

7.7.1.3 تكوين أم تينة Umm Tina Formation

التسمية

أسماء باندل وخوري (1981) نسبة إلى وادي أم تينة الواقع عند التقاء وادي السليط ووادي ناعور (شكل 1.3).

وصف التكوين

هذا التكوين أيضا معزول عما سواه فوقا وتحتا. وموقعه هنا تكتوني مثل تكوين عراق الأمير. سمك التكوين 51م في الموقع الوحيد الذي يتكشف فيه. وهو يشمل جميع رسوبيات الترياسي الواقعة بين عراق الأمير وتكوين أبو رويس الجبسي في نهر الزرقاء. قاعدته

غير متكشفة وقمته اعترها الحت على سطح عدم التوافق الكربني (شكل 8.3). وهو مكون أساسا من الحجر الجيري. بعض هذه الطبقات حاملة للستروماتوليت. والحجر الجيري أما أن يكون كتليا لا يحوي أي تراكيب رسوبية أو يحوي علامات نيم تموجية و flaser bedding. والحجر الجيري غني بالمستحاثات وأثارها. حتى أن بعض المستويات تعد كوكينا. كذلك فإن بعض طبقات الحجر الجيري أووليتية أو دولوميتية. يضاف إلى سحنة الحجر الجيري السابقة الغضار المارلي الحاملة للأوليت والبيزوليت والستروماتوليت. وهذه السحنة تتعاقب مع سحنة الحجر الجيري السابقة.

حدوده وسمكه وعمره

قلنا أن سمكه 51م. ولكن قاعة غير متكشفة وقمته مقطوعة بالحت الكربني. وهو تكوين منعزل في هذا المكان ولا تحتاج إلا إلى أن تذهب إلى المكان للتعرف عليه. عمره لاديني Lladinian وذلك بناء على الكوندونت *Pseudofurnishius huddlei* و *P. murcianus* و *Gonodolella transita* و *Metapolygnathus mungoensis* (أنظر عيسى مخلوف وآخرون 1996).

بيئات الترسيب

لا شك أنه ترسب في بيئة بحرية وذلك لسيطرة الحجر الجيري وقلة أو انعدام الحجر الرملي. غير أن بيئة الترسيب كانت تتراوح قريبا من الشاطئ (ستروماتوليتي وأوليت وبيزوليت) أو أعمق قليلا عندما تكون المستحاثات أكثر وفرة.

8.7.1.3 تكوين أبو رويس Abu Ruweis

التسمية

تكوين أبو رويس هو التكوين الأخير علويا في مجموعة الرمثا. وهو يتكشف منعزلا في نهر الزرقاء وسمي نسبة إلى وادي أبو رويس كرافد لنهر الزرقاء (باندل وخوري 1981). وقد سميت هذه الصخور أسماء أخرى قبل هذا الاسم تجدها في جدول 1.3.

وصف التكوين

سمك التكوين 80م (مخلوف وآخرون 1996) وهو مكون أساسا من الجبس (تبخرات) مع كميات أقل من الغضار الجيري والحجر الجيري الدولوميتي. يوجد الجبس متطبقا سميكا الطبقات غير أنه أحيانا ما يكون رقائقيا. توجد طبقات رقيقة جدا تقاس بالملترات مكونة من الكربونات (أوليت أو دولوميت). كذلك يتعاقب الجبس مع طبقات من الغضار الأسود الحامل لبقايا النباتات (شكل 9.3). يعدن الجبس لصالح شركة التعدين العامة التي تبيعه لمصنع شركة إسمنت الفحيص. الاحتياطي المحدد هو 1.1 مليون طن أما المحتمل فهو 7.3 مليون طن.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يبدو أن الجزء العلوي الدولوميتي من تكوين أم تينة موجود هنا حيث يعلوه الجبس. أما حده العلوي فهو مستوى من التربة القديمة حامل للبيزوليت وتابع للعصر الجوراسي (تكوين حيحي). سمك التكوين الذي قاسه مخلوف وآخرون هو 80م. ولكن الباشا (Basha 1982)

قد قاس السمك 40-60م في حين كان السمك عند فتزل ومورتون 150م وتبعه في ذلك أبو عجمية وآخرون (1988). واعتقد أن سبب الاختلاف هو أن كلا من هؤلاء لا يقيس سمك الشيء ذاته. بمعنى أن الحد السفلي للتكوين ليس واحدا عندهم. ويبدو أن الذي أعطاه سمك ١٥٠ م قد أضاف إليه ما هو متكشف من تكوين أم تينة. أما سعد الياشا فقد قاس الجزء الحامل للجبس فقط وترك بقية الصخور الجيرية والغضارية التي تعلو الجبس. وأرجح دقة قياس عيسى مخلوف ومجموعته أي ٨٠ م.

أما عمر التكوين فهو من أعلى الترياسي الأعلى (كارني Carnian) وذلك بناء على مقارنته مع تكوين محيلة في النقب. ولقد وجدت الأبوغ التالية في تكوين أبو رويس تحت السطحي التي تشير إلى عمر الكارني كما ذكرنا (Keegan et al., 1987 a, b)

Taeniaesporites noviavlensis,
Pseudenzonalasporites summus

T. acutus,
Camerosporites secatus

Enzonalasporites densus,
Concavissimisporites subgranulatus
Duplicisporites granulatus

بيئة الترسيب

إن وجود الجبس العقيدي والكتلي والرقائقي المتعاقب مع صخور دولوميتية وجيرية وغضار حامل للنباتات يدل على ترسيب للجبس في بيئة السبخة الشاطئية *supratidal*. وبها يمكن تفسير الصخور المشاركة. أما الغضار الأسود الحامل للنباتات فيمكن أن يكون قد ترسب منقولا من بيئات قارية قريبة للسبخة. وأما الحجر الجيري الأوليقي فقد ترسب في بيئات المد والجزر أو البيئة تحت المدية الضحلة. ثم أن جميع أشكال الجبس يمكن تفسير ترسيبها في السبخة الشاطئية. مثل هذه البيئات يدل بوضوح على تراجع في مستوى سطح البحر. فبعد أن كان مرسبا للحجر الجيري المستحاثي في تكويني عراق الأمير وأم تينة أصبح مرسبا للجبس..

8.1.3 النشاط الماغماتي في الترياسي

تقطع صخور نارية صخور الترياسي فقط في العديد من الادوية التي يتكشف فيها الترياسي. ومن هذه الأودية وادي حمارة ووادي حسان ووادي ناعور ونهر الزرقاء. وهذه الأجسام النارية موجودة على شكل قواطع أفقية وعمودية. يمكن في حالات خاصة أن يصل سمك هذه القواطع 20م ولكنها عادة أقل من ذلك بكثير. وهي صخور تحت بركانية يغلب عليها اللون الأخضر خاصة في وادي حمارة.

وهي مكونة من صخور التشينيت *Teschenite* (قريب من المايكروغابرو) والتراخيت والتراخي أنديزيت. أما في وادي حسان فتوجد بضع قواطع أفقية يصل سمكها إلى 2م. وهي من التراخيت الأبيض. الأصفر. وهي أيضا بورفيرية. وفي وادي حمارة يصل سمك القاطع إلى 25م خضراء اللون غير متجوية. وقد رأى الكاتب قاطعا في تكوين أبو رويس في نهر الزرقاء. وقد أصابته التجوية.

هذه الصخور ذات قلوية متوسطة إلى قوية بناء على التحليل الكيميائي لهذه الصخور. ويبدو أن تركيبها الكيميائي والمعدني متفق مع تركيب النشاط الماغماتي المصاحب لحفرة الانهدام. أنظر تفصيل ذلك عند جرار 1991 حيث تجد التركيب الكيميائي والمعدني وآلية التوضع.

يجدر القول أن مثل هذه القواطع الأفقية والعمودية قد وجدت في آبار البترول وقد سجل ذلك أندروز (1992).

9.1.3 مجموعة الرمثا تحت سطحيا

اخترقت صخور الترياسي في العديد من الآبار العميقة (أندروز 1992، مخلوف وآخرون 1996). وفي هذين التقريرين دراسة جيوفيزيائية لسجلات الآبار وكيفية تمييز تكاوين الترياسي بها أو منها. وقد قام أندروز (1992) بإعادة تحديد وتسمية تكاوين مجموعة الرمثا تحت سطحيا. فكانت تعديلاته على النحو التالي تكوين سويمة يعادل تكاوين ماعين + الدردور + عين موسى

تكوين السلط يعادل تكويني عراق الأمير + أم تينة

أي أنه دمج التكاوين الثلاثة السفلى في تكوين واحد هو تكوين سويمة. وفعل ذلك أيضا في تكوين السلط الذي جعله يساوي تكويني أم تينة وعراق الأمير. هذا التغيير لا يلغي الوصف الذي سقناه أعلاه لهذه التكاوين ولكن يعني فقط ضمها معا بوصفها السابق. أما سبب التغيير فهو تشابه التكاوين التي دمجت في سجلات الآبار. وبالتالي تسهيل التعرف عليها تحت سطحيا. وقد فعل الشيء ذاته في الباليوزوي. ومن ثم أصبحت تكاوين الترياسي تحت السطحية من الأقدم سويمة فحسبان فمخيريس فالسلط فأبو رويس.

ومن الدراساتتين السابقتين يتضح أن سمك مجموعة الرمثا يزداد بوضوح نحو شمال الأردن. فقد وجدت أكبر سماكة في بئر مرتفعات الشمال NH.2 وهي 1239م. وليس بعيدا من ذلك سمك المجموعة في شمال الريشة والحرّة (البازلت) حيث السمك في بئر RH.2 (ريشة 2) و QM.1 هو 1165 و 1189. شكل 10.3 يوضح آبار البترول المحفورة بينما شكل 11.3 يوضح توزيع سماكة مجموعة الرمثا.

وتري خريطة السماكة أن حوض الترياسي العميق يتطور في الشمال والشمال الغربي. وهي توضح أيضا تناقص السمك جنوبا نحو شواطئ البحر الميت ونحو الأزرق ونحو حدود العراق بحيث يكون السمك 100-300م. والخريطة توضح أيضا أن الأراضي الأردنية الوسطى والجنوبية جميعها لا تحوي صخور الترياسي لا فوق السطح ولا تحت السطح. ولا نشك أن جزءا من مجموعة الرمثا قد أزيل بالحت عند سطح عدم التوافق الكرني. غير أن المؤكد أيضا أن مجموعة الرمثا لم تترسب أصلا في وسط وجنوب الأردن. ذلك لأن خط شاطئ الترياسي في أزمانه المختلفة لم توجد جنوب وادي الموجب. ومن ثم ففي جنوب وادي الموجب لم تترسب مجموعة الرمثا ابتداء. الخط المتعرج في شكل 11.3 يشير إلى حدود الحث الذي أصاب الترياسي. وهو قريب إلى حد كبير من خط النشاط لهذه المجموعة.

تزداد سماكة معظم التكاوين شمالا. مثال ذلك

تكوين حسبان 55م في الكشف ← 140م - 155م في NH.2 و QA.1

تكوين عراق الأمير + أم تينة 140م في الكشف ← 421م في NH.2

تكوين أبو رويس في الكشف 80م ← 287 و 505 و 458م في NH2 و RH2 و QA1

لاحظ أن التكاوين التي تحوي الكربونات أو الرسوبيات البحرية يزداد سمكها شمالا بسبب وجود حوض الترسيب في الشمال والشمال الغربي.

بقي أن نشير إلى أن تكون أبو رويس يصبح حاملا للملح الصخري في مناطق الحرّة (الصفوي). ففي بئر RH2 (شكل 10.3) يوجد 35م و RH11 23م بينما RH1 7,5م. ولما كان تكوين أبو رويس قد ترسب في سبخة ساحلية، فإنه من السهل أن نتفهم ترسب الملح الصخري في مثل هذه البيئة (بيئة التبخرات) كأن يكون قد ترسب في برك ملحية salt pans.

- وخلاصة القول في توزيع صخور الترياسي في الأردن وبيئاته الرسوبية
١. يمتد خط الشاطئ (الأقصى جنوباً) للترياسي من الموجب غرباً إلى جنوب الأزرق
 ٢. إلى الجنوب من هذا الخط لا يوجد ترياسي فوق أو تحت سطح الأرض
 ٣. الرسوبيات القريبة من الشاطئ يغلب عليها السحنات الرملية والبيئات المتأثرة بقرب خط الشاطئ وتذبذب سطح البحر
 ٤. يوجد أقصى سمك لصخور الترياسي في أقصى الشمال. وهي تكون أطراف الحوض الرسوبي الترياسي الذي يوجد في فلسطين وغرب سوريا وجبال لبنان حيث السماكات هناك تقاس بالآلاف الأمتار.
 ٥. يبدو أن الرسوبيات المشابهة لرسوبيات الترياسي الأردني موجودة في النقب مع إزاحة بمقدار 100 كم كنتيجة لحركة الأردن شمالاً على طول صدع البحر الميت التحويلي في وقت لاحق لترسبها.

2.3 مجموعة العزب Azab Group أو رسوبيات العصر الجوراسي Jurassic

كنا قد تحدثنا في السياق التاريخي للعصر الترياسي عن العصر الجوراسي أيضاً. وقد وضعنا في جدول 1.3 تسميات العصر الجوراسي والترياسي وتطورها تاريخياً. ويبدو أن النقطة الأكثر أهمية هنا هي أن نذكر أن مجموع صخور الجوراسي والترياسي قد وضعت في مجموعة الزرقاء (Z). ثم أن صخور الجوراسي جميعها وضعت في تكوين واحد هو تكوين العزب (Z₂) الذي وضعه باركر (Parker 1970). ثم قلنا أن اسم مجموعة الزرقاء استعمل في مواقع كثيرة وبمعان مختلفة والأفضل أن نتركه. ووضعنا مجموعة الرمثا لصخور الترياسي. وهنا نضع "مجموعة الغرب Azab Group" لجميع صخور الجوراسي. على الرغم من أن العاملين في المياه ما زالوا يحبون أن يستعملوا Z₁ لجميع الترياسي و Z₂ لجميع صخور الجوراسي.

1.2.3 تسمية المجموعة

وضع هذا الاسم "مجموعة العزب" خليل ومنيزل (Khalil and Muneizel 1992) لتشمل جميع صخور الجوراسي في الأردن. ثم استعملها أندروز (1992) وغيره من العاملين في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية. وسنستعمله في هذا الكتاب. نذكر أن باركر (1970) استعمل تكوين العزب ليشمل جميع الجوراسي. وكأني بخليل ومنيزل قد رفعاً رتبة هذه التسمية إلى مجموعة بدل تكوين. وهو صحيح. وادي العزب واد رئيسي يرفد نهر الزرقاء شمال الصبيحي. شكل 12.3.

2.2.3 وصف عام للمجموعة

تتكشف صخور الجوراسي شمال خط يمر تقريباً من عمان إلى شمال وادي السير قليلاً. وتستمر في الظهور حتى نهر الزرقاء. وأكثر أماكن اكتشافها شمال وجنوب العارضة والمناطق الغربية من مجرى نهر الزرقاء (شكل 12.3). وهو تكشف مستمر ومتصل. بالإضافة إلى ذلك يوجد اكتشافان إحدهما في غرب ماحص والآخر في جنوب غرب البقعة. يغلب على صخور الجوراسي صخور الكربونات (الدولوميت والحجر الجيري) والصخور الرملية التي ترسبت في بيئات بحرية قريبة من الشاطئ. وقد قسمها باندل (1981) إلى مجموعة من التكاوين. ثم جاء خليل ومنيزل (1992) وتبنوا هذا التقسيم مع بعض التعديلات لأسباب نذكرها عند حديثنا عن كل تكوين. قبل ذلك توجد تقسيمات كثيرة. وتراها جميعها

واضحة في جدولتي 1.3 و 2.3. ولا داعي للدخول في ذكر أسماء المؤلفين والباحثين هنا فهي مذكورة في الجدولين.

3.2.3 حدود المجموعة

تقع مجموعة العزب (الجوراسية) بين مجموعة الرمثا من الأسفل ومجموعة الكرنب من الأعلى. ومن ثم فإن حد مجموعة العزب السفلي يقع فوق جبس تكوين أبو رويس من الترياسي. وتبدأ المجموعة بتكوين حيحي. نذكر هنا أنه يوجد سطح عدم توافق بين مجموعة الرمثا ومجموعة العزب. وأكثر من ذلك فإن تربة قديمة جوراسية سمكها قرابة 10م هي التي تشكل قاعدة مجموعة العزب فوق سطح عدم التوافق أو إن شئت تشير إلى هذا السطح لأنها تشكلت عليه. هذا هو الوضع في العارضة ونهر الزرقاء. أما في تكشفي ماحص والبقعة فإن بداية التكشف غير ظاهرة. أما حد مجموعة العزب العلوي فهو سطح عدم التوافق مع الكرنب في كل مكان. ولا يوجد مكان يتكشف فيه الجوراسي إلا والكرنب يعلو صخور مجموعة العزب.

4.2.3 سمك المجموعة المتكشف

في التكتشفين الجنوبيين ماحص والبقعة يبلغ سمك صخور الجوراسي 40-60م. تزداد هذه السماكة شمالا فتصل إلى 290م في على نهر الزرقاء و 400م قرب دير علا في النهايات الغربية لنهر الزرقاء. وهي في حدود 300م في وادي أم بطمة الواقع على بعد 20 كم جنوب نهر الزرقاء أو جنوب غرب طريق العارضة. وسنتكلم عن سمك المجموعة تحت السطحي في وقت لاحق.

5.2.3 عمر المجموعة

درس صخور الجوراسي في الأردن خلق كثير. ومنهم 1925 Cox, 1925 MuirWood, 1939; Avnimelech 1945; Wetzal and Morton 1959; Blake and Ionides 1981 1983; Bandel 1981; Bender 1968, 1974. قام كل من هؤلاء الدارسين بتحديد مجموعة من المستحاثات وحدد عمر الصخور الجوراسية التي درسها. ويبدو أن خلاصة الرأي في هذا السياق أن صخور الجوراسي في الأردن تمثل جميع فترة الجوراسي عدا قمته العليا أي عصري Tithonian – Kimmeredgian (جدول 3.3). ويبدو أنها توضع ثم أزيلت بالاحت على سطح عدم التوافق الكرنبي. وسنتحدث عن هذه الأعمار عند حديثنا عن كل تكوين.

6.2.3 بينات الترسيب

انتهت مجموعة الرمثا بسبخة رسبت تبخريات تكوين أبو رويس. ثم ارتفعت المنطقة في بداية الجوراسي وأنحسر البحر قليلا نحو الشمال وأصبحت المنطقة قارية وتطورت تربة قديمة مثلت بداية العصر الجوراسي. أما بقية مجموعة العزب فقد ترسبت في بينات بحرية مفتوحة بسبب كثرة المستحاثات وتنوعها. غير أنها ليست بيئة عميقة أي أننا ما زلنا في بيئة الرف المفتوح الداخلي أي القريب من الشاطئ. ثم أن هناك أدلة كثيرة على تذبذب في مستوى سطح البحر انخفاضاً وارتفاعاً مع زيادة كبيرة أحيانا في الرسوبيات الرملية التي تشير إلى قرب كبير من القارة وحتى في بعض المراحل كانت بعض أجزاء التكاوين قد ترسبت نهريا كما سنرى.

7.2.3 تكاوين مجموعة العزب

فيما يلي وصف لتكاوين مجموعة العزب من الأسفل أو الأقدم.

1.7.2.3 تكوين الححي Hih Formation

التسمية

كان باندل (1981) قد استعمل عضو الهونة Huni Member لوصف هذه الصخور وجعله العضو الأسفل في تكوين دير علا. ولما كانت بلدة دير علا مقامة على أرض غور الأردن فوق صخور اللسان فإن اسم التكوين دير علا ليس جيدا. ومن ثم قام خليل ومنيزل (1992) برفع سوية هذا العضو إلى تكوين. وقد سمي نسبة إلى وادي الححي الذي يقع على بعد 1.5 كم شرقي وادي الهونة على نهر الزرقاء. فقد وضعوا تكوين الححي بدل عضو الهونة من تكوين دير علا. ذلك لأن اسم الهونة قد استعمل من قبل كثيرا. أنظر جدولي 1.3 و 3.3. وقد قارن خليل ومنيزل هذا التكوين بتكوين مشحور Mishor Formation في النقب وبتكوين مرات في السعودية

(Abed 1978 ,Moshrif 1987; Druckman 1977; Goldberg and Friedman 1974).

وصف التكوين

وصف خليل ومنيزل هذا التكوين في عدة مواقع حول وادي العزب. يتكون الجزء السفلي من التكوين صفر - 10م من تربة قديمة (Amireh 1987). شكل 13.3. تبدأ التربة القديمة فوق صخور الجبس الترياسية (تكوين أبو رويس) بقرابة 3 أمتار من المواد الطينية الحمراء التي لا تري طبقا ويكثر فيها بيزوليت التربة وبعض الناتروألونيت. ثم قرابة نصف متر من المواد الطينية الكتلية الحاملة لقطع الخشب ويغطيها قشرة حديدية. ثم طبقة رملية تغطيها قشرة حديدية غير منتظمة قد تصل إلى نصف متر أيضا. ثم تعود السحنة الأولى من الصخور الطينية الرملية التي تحوي ألوانا عديدة وتشققات الطين وتغطيها قشرة حديدية وأخيرا قرابة المتر من الحجر الرملي غير المتماسك الذي يحوي الناتروألونيت. هذه هي مكونات التربة القديمة. ثم يتقدم البحر على المنطقة ويبدأ بترسيب الحجر الجيري المستحاثي والغضار وفوقهما ترسب الحجر الرملي الحديدي الحامل لآثار المستحاثات ويبيدي تطبقا متقاطعا قاعيا في قنوات قد يصل عمقها إلى 5م. يعلو رسوبيات القنوات طبقة من الغضار بها الالونيت تشكل النهاية العليا لهذا التكوين. وفي بعض المقاطع قد يكون الحجر الجيري المستحاثي دولوميتيا. الشكل 13.3 يوضح عدة مقاطع في تكوين الححي.

حدود التكوين وسمكه وعمره

على الرغم من صعوبة تحديد بداية التكوين إلا أنه يقع فوق صخور الجبس المكونة لتكوين أبو رويس من الترياسي. ثم أن الجزء السفلي يري صفات التربة القديمة. أما حده العلوي فينتهي عند ظهور صخور الكربونات المستمرة التابعة لتكوين نمر. سمك التكوين 20م في منطقة نهر الزرقاء (وادي العزب-وادي الهونة). وقد وجد منه 51م في بئر عجلون 1.1. AJ. (أندروز 1992).

أما عمر التكوين فغير معروف يقينا. لقد قارنه باندل (1981) وفيتزل ومورتون (1951) بتكوين مشحور في النقب ومن ثم أعطوه عمر جوراسي أسفل (جدولا 1.3 و 3.3). وعلى الرغم من وجود بقايا نباتات ومحاريات في التكوين إلا أنها لم تغد في تحديد العمر.

بيانات الترسيب

يتضح من وصف التكوين أعلاه أن المنطقة كانت قارية في أعقاب ترسيب سبخة أبو رويس الترياسية. ومن ثم تطورت تربة الحيحي القديمة التي تشكل نصف صخور هذا التكوين السفلى. أما بقية الأمتار العشرة العليا فتحتوي المحاريات وأثار المستحاثات والحجر الجيري التي تدل مجتمعة على بيئة بحرية ضحلة مع عودة إلى البيئة القارية النهرية ممثلة بقنوات مملوءة بالرمل. ثم عادت البيئة النهرية لترسيب طبقة الصخر الطيني الحاملة للمستحاثات ثم مرة أخرى عادت الترسيبات القارية الحاملة للألونيت. ثم تقدم البحر لترسيب الصخور الجيرية الممثلة لتكوين نمر الذي يعلوه. أنظر أيضا بيانات ترسيب التكوين عند أبو الخير (Abul Khair 1996).

2.7.2.3 تكوين نمر Nimr Formation

التسمية

وضع باندل اسم عضو نمر في تكوين دبر علا. وقام خليل ومنيزل برفع رتبة هذا العضو إلى تكوين نمر. ذلك لأن رسوبياته مختلفة تماما عن تكوين الحيحي الذي يقع تحته (جدولا 1.3 و 3.3).

وصف التكوين

يتكشف التكوين في وادي نمر جنوب طريق العارضة. وهو أيضا متكشف في نهر الزرقاء بين وادي الحيحي وتل الذهب (شكل 12.3). ويتميز التكوين برسوبيات الكربونات جيدة التطبيق التي تشكل جروفاً واضحة فوق تكوين الحيحي الطري (شكل ١٤,٣). وعلى الرغم من وجود بعض الاختلاف بين تكشف وادي نمر وتكشف نهر الزرقاء فإننا نصف هنا مقطع وادي نمر. يبدأ التكوين من الأسفل (فوق الحيحي) بمستوى مستحاثي من الحجر الجيري الناعم الطيني (٤٠سم) يعلوه مستوى من الحجر الجيري الدولوميتي في أعلاه علامات نيم تموجية ثم يأتي فوقه ٧٠ سم حجر جيري ناعم به أثار المستحاثات في أعلاه ١٠ سم من الصلصال. يعلو ذلك دورة رسوبية تصبح ضحلة نحو الأعلى مكونة من عدة أنواع من الحجر الجيري وسمكها ٣٠ سم نهايتها العليا حجر جيري ناعم مستحاثي. ثم تتكرر هذه الدورية عدة مرات على طول ٨ م من التكوين حيث يوجد في نهاية كل دورة طبقة طينية ١٠-٣٠ سم لا تحوي المستحاثات. أما بقية مقطع هذا التكوين العلوية فمكونة من تعاقب الدولوميت وحجر الغرين الطيني. توجد طبقة من الحجر الرملي الخشن جداً سمكها ٣٠ سم تقع تحت النهاية العليا للتكوين بعده أمتار. سمك الدولوميت وحجر الغرين الطيني يصل إلى ٢٠ م.

حدود التكوين وسمكه وعمره

حد التكوين السفلي مكون من الحجر الجيري المستحاثي الواقع فوق نهاية تكوين الحيحي العليا المكونة من الحجر الرملي والبيزوليت الحديدي والصخور الطينية المرافقة. أما حدة العلوي فيبدأ عندما تنتهي صخور الدولوميت والغرين (٢٠م) المكونة لأعلى تكوين نمر وبداية ظهور الحجر الرملي المكون لقاعدة تكوين سلال الذي يحوي التطبيق المتقاطع وعلامات النيم وأثار المستحاثات. سمك التكوين يتراوح بين ١٧-٢٠م في وادي نمر ونهر الزرقاء. وفي بئر عجلون ٢٦م. أما عمره عند باندل (١٩٨١) فهو لياسي أوسط Middle Liassic بناء على مقارنته مع تكوين أردون Ardon Formation في النقب. وقد أعطاه فينزل ومورتون عمراً قريباً من ذلك Laissic بناء على مستحاثات نباتية أخذت من نهر الزرقاء (خليل ومنيزل ١٩٩٢).

بيانات الترسيب

التكوين حامل للمستحاثات وأثار المستحاثات العمودية والأفقية والمائلة. ولا نشك في أن مستوى سطح البحر قد ارتفع في أثناء ترسيب تكوين نمر وتقدم ليغطي المنطقة. أن كثرة وجود الصخور الجيرية في التكوين وقلة الصخور الرملية يدل على أن شاطئ البحر كان بعيداً إلى جنوب وادي نمر وأن التكوين قد ترسب في بيئات المد والجزر واللاغون. كما أن وجود الدورات الرسوبية التي تصبح ضحلة نحو الأعلى يدل على دورية في مستوى سطح البحر كانت تنتهي بترسيب صخور طينية عديمة المستحاثات في منطقة فوق المد Supratidal . كما أن وجود طبقة من الرمل الخشن نحو نهاية التكوين يدل أيضاً على قرب الشاطئ من وادي نمر في أثناء ترسيب هذه الطبقة.

٣. ٢. ٧. ٣ تكوين سلال Silal Formation

التسمية

سمى هذا التكوين خليل ومنيزل نسبة إلى وادي سلال الواقع على بعد ١ كم غرب وادي الهوني، وهو يعادل تكوين الزرقاء عند باندل (١٩٨١) . وقد غير الاسم لأن اسم الزرقاء قد أمتن بكثرة الاستعمال. وهو جيد (جدول ٣، ١، ٣، ٣).

وصف التكوين

يتكشف التكوين على طول نهر الزرقاء بين تل الذهب و ٣ كم شرق وادي الهوني. كما يظهر أيضاً في وادي نمر جنوب طريق العارضة شكل (١٢، ٣). وهو يتميز بصخوره الفتاتية التي يغلب عليها الحجر الرملي ثم الصخور الطينية. وهو يشكل تضاريس سهلة فوق تكوين نمر الجرفي. وفي مقطعة المثالي في وادي سلال وما حوله في نهر الزرقاء فقد وصف خليل ومنيزل ١٠ دورات رسوبية تصغر حباتها نحو الأعلى سمك كل منها يتراوح بين ٦، ١-٨ م. قاعدة كل دورة عادة حتية يعلوها حجر رملي كتلي به تطبق متقاطع قاعي يملأ القنوات. يعلو هذا الحجر الرملي الخشن حجر رملي ناعم ثم حجر الغرين ثم صخور طينية. عادة ما توجد آثار المستحاثات في هذه الرسوبيات الأنعم و Flaser bedding. كذلك وجد بها قطع خشب وطبعاتها. وفي الدورات الكاملة توجد الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي الغلوكونيتي المستحاثي. غير أن هذه الكربونات أحياناً ما تكون غير مترسبة (دورة ناقصة). أما المستحاثات الموجودة فهي المحاريات والبطنقدميات والمرجان. وقد قسم باندل هذا التكوين إلى ثلاثة أعضاء. وتبعه في ذلك خليل ومنيزل. وهي على النحو التالي من الأسفل (شكل ١٥، ٣ أ)

أ. عضو الحمرة Humra Member

سمكه ٢٥ م ويتكون من ثلاث وحدات رملية كتلية مفصولة بالحجر الرملي القنواتي الذي به Flaser bedding و آثار المستحاثات وبعض المحاريات. نهاية هذا العضو طبقة من الدولوميت الكتلي.

ب. عضو أم بطمة Um Butma Member

سمكه ٢٥ م ويتكون من وحدة رملية (١١ م) في وسط العضو. تحتها تتابع من الحجر الرملي والغرين والطين مع كميات وفيرة من بقايا النباتات. وفوق وحدة الرمل وعند نهاية العضو توجد طبقة حجر رملي دولوميتي سمكها ٢ م بها آثار المستحاثات.

ج. عضو فاروش Farush Eormation

سمكه ٢٥م ويتكون من الحجر الرملي ذي التطبق المتقاطع الخشن والحصوي المتعاقبة مع الحجر الرملي ذي آثار المستحاثات Flaser bedding. ثم يأتي صخر طيني غريني خال من آثار المستحاثات وأخيراً طبقة من الحجر الرملي ذي التطبق المتقاطع القاعي وآثار المستحاثات.

حدود التكوين وسمكه وعمره

حده السفلي يوضع عند التغير من الرسوبيات الكربونائية (تكوين نمر) إلى الرسوبيات الرملية (تكوين سلال) شكل ١٥,٣ أ. أما حده العلوي فيوضع عند التغير من الحجر الرملي ذي التطبق المتقاطع القاعي وآثار المستحاثات (تكوين سلال) وظهور طبقات الكربونات التابعة لتكوين الذهب. سمكه يتراوح بين ٥٩-٧٥ (باندل 1981 و خليل ومنيزل ١٩٩٢) يزداد سمكه نحو الجنوب في وادي نمر وأم بطمة. أما عمره فقد حدده الباشا (Basha 1980) على أساس من الأوستراكود *Microneumatocythere Cf. M. convexa* فكان أليني Aalenian (جدول ١,٣ و ٣,٣).

بيئات الترسيب

أن كثرة وجود أو سيطرة الصخور الرملية يدل على أن خط الشاطئ في هذا الزمن لم يكن بعيداً عن وادي نمر. وكان الترسيب في منطقة المد والجزر في العضو الأسفل وأحياناً اعرق قليلاً خاصة عندما توجد الكربونات وآثار المستحاثات والمستحاثات. هذه البيئة جيدة لنهر الزرقاء. أما منطقة وادي نمر في جنوب العارضة فكان الترسيب إلى حد كبير نهري مع قليل من التأثير البحر. أما في وادي أم بطمة الواقع إلى جنوب وادي نمر (شكل ١٢,٣) فهو كلية نهري.

بيئة العضو الأوسط لا تختلف عن بيئة العضو الأسفل فهي نهريّة أساساً في وادي نمر ووادي أم بطمة مع قليل من التأثير البحري. يبقى العضو الأعلى فقد تراجع البحر نحو الشمال واصبح خط الشاطئ عند نهر الزرقاء.

٣. ٢ . ٧ . ٤ تكوين الذهب Dhahab Formation

التسمية

سمى هذا التكوين باندل (١٩٨١) نسبة إلى تل الذهب في نهر الزرقاء (شكل ١٢,٣). وقد استعمل في نشرات سلطة المصادر الطبيعية. (أنظر جدول ١,٣ و ٣,٣) للتعرف على مزيد من التسميات التي أصبحت غير مستعملة تقريباً.

وصف التكوين

الحجر الجيري هو المكون الرئيسي لهذا التكوين. ويتكشف التكوين كاملاً على مجرى نهر الزرقاء من تل الذهب غرباً حتى سد الملك طلال. وكذلك يتكشف في روافد نهر الزرقاء كوادي العزب والهوني. ثم أن يتكشف في وادي نمر وأم بطمة جنوب طريق العارضة. قسم باندل (١٩٨١) هذا التكوين إلى أربع وحدات صخرية (A - D) وتبعه في ذلك خليل ومنيزل. وهي كما يلي من الأقدم (شكل ١٥,٣ ب)

الوحدة A مكونة من الحجر الجيري الدولوميتي السميكة الطبقات. سمك الوحدة ٦ - ١٠م. وفي وادي أم بطمة سمكها ١٠ م مكونة من الحجر الجيري الناعم المستحاثي (محاريات وبطنقدميات وآثار المستحاثات) ثم تزداد نسبة الدولوميت نحو الأعلى وتقل نسبة المستحاثات.

الوحدة B سمكها ١٠ م تقريباً مكونة من المارل الرمادي والطين الأخضر. وفي وادي أم بطمة في الجنوب حجر الغرين وحجر الغرين الجيري الدولوميتي وسمكها ٨م.

الوحدة C سمكها ٢٩ م مكونة كلية من الحجر الجيري الدولوميتي. وفي وادي أم بطمة هي ٢٥ م ومكونة أساساً من الدولوميت الكتلي مع آثار المستحاثات ثم الحجر الجيري الغني بالمستحاثات.

الوحدة D سمكها ١٠-٧ م مكونة من الحجر الجيري الناعم المستحاثي والحجر الجيري الأوليتي بها طبقات رقيقة من المارل. توجد آثار مستحاثات ومحاربات وبقايا ورمال ورمال. وفي وادي أم بطمة سمكها ١٢ م مكونة من حجر جيري أوليتي مستحاثي غني جداً بآثار المستحاثات مع شيء من طبقات المارل.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يوضح الوصف السابق أن تكوين الذهب يكاد يكون جبرياً خالصاً. وهو بهذا يتميز بوضوح عن تكوين سلال الرمل الخالص تقريباً. أما هذه الأعلى فيوضح عند انتهاء صخور الكربونات المستحاثية وظهور الصخور الطينية والرملية التابعة لتكوين رملة الذي يعلو هذا التكوين. أما سمك تكوين الذهب فهو ٥٧ م في نهر الزرقاء و ٤٣ م في وادي بطمة. يبدو أن هناك اتفاقاً على أن عمر هذا التكوين هو باجوسي Bajocian (باشا ١٩٨٠ و Aqrabawi, 1987) وقد قورن هذا التكوين بتكوين دايا Daya Formation في النقب.

بيئات الترسيب

أن سيطرة الحجر الجيري ووجود أنواع متعددة من المستحاثات وآثار المستحاثات واختفاء الصخور الرملية إلى حد كبير تدل جميعها على ارتفاع في مستوى البحر ليصبح خط الشاطئ في هذا الزمن بعيداً إلى الجنوب من وادي نمر ووادي أم بطمة. ومن ثم فإن هذا التكوين قد ترسب في بيئة بحرية عادية مفتوحة. وأحياناً كانت أقرب إلى الشاطئ بسبب وجود الأوليت.

٣. ٢. ٧. ٥ تكوين رملة Ramla Formation

التسمية

كان باندل قد اسماه "تكوين أم مغارة". غير أن خليل ومنيزل قد وضعاً هذا الاسم أي تكوين رملة نسبة إلى وادي رملة الذي هو الامتداد الغربي لوادي أم بطمة جنوب طريق العارضة (شكل ١٢، ٣). أنظر جدول ٣، ١ و ٣، ٣) للتعرف على التسميات الكثيرة الأخرى.

وصف التكوين

يتكشف تكوين الرملة في نهر الزرقاء ٥ كم شرقي دير علا وحتى ٢ كم غربي سد الملك طلال. وكذلك يتكشف في وادي الرملة ووادي السمرة جنوب طريق العارضة. هذا التكوين أساساً رملي وطيني مع القليل من طبقات الحجر الجيري والدولوميت الرقيقة (شكل ٣، ١٦). يبدو التكوين متجانساً في جميع تكشافته. تبدأ الأمتار الدنيا من هذا التكوين بصخور الطين الرمادية وحجر الغرين الحمراء الحاملة للبيزوليت الحديدي. وأحياناً ما توجد بعض طبقات الرمل في هذه الوحدة. بقية التكوين مكونة من دورات رسوبية تصغر حباتها نحو الأعلى (شكل ١٦، ٣). ويمكن تمييز ثلاث سحنات في كل دورة

السحنة السفلى مكونة من الحجر الرملي الكوارتزي خشن الحبات أو حتى الحبيبي سميك الطبقات (٥-٨ م) يوجد به التطبق المتقاطع المتوازي وأقل من ذلك القاعي. ويمكن ملاحظة التطبق المتقاطع ثنائي الاتجاه herringbone.

السحنة الثانية تعلو تدريجيا السحنة السفلى وهي مكونة من الحجر الرملي المتوسط إلى ناعم الحبات مع تطبيق نيمي إلى متموج.

السحنة الثالثة مكونة من حجر الغرين وحجر الطين التي تبدي تورقا متموجا، مع بعض الحجر الرملي الناعم.

السحنة العليا أو الرابعة وهي مكونة من الكربونات (حجر جيرى أو دولوميت). وهي ليست موجودة في كل دورة خاصة في الأجزاء الوسطى والسفلى من التكوين حيث لا تكون موجودة إلا قليلا غير أنها تصبح واضحة في الثلث الأخير من التكوين حيث يبلغ سمكها 4-0.5 م. وبها آثار المستحاثات والتطبيق الرقائقي الطحلي ومستحاثات المحاريات.

حدود التكوين وسمكه وعمره

مرة أخرى نحن أمام تكوين فتاتي رملي إلى حد كبير مع الصخور الطينية والقليل جدا من الكربونات موجود فوق تكوين الذهب الجيري كلية. ومن ثم فالحد السفلي واضح وهو تغير من الحجر الجيري إلى الصخور الطينية أما الحد العلوي فيوضع عندما تنتهي الصخور الفتاتية الرملية الطينية ويبدأ ظهور صخور الكربونات الناعمة الحاملة للكثير من المستحاثات. سمك التكوين ٨٠-٨٥ م. ولو قرأت باندل (١٩٨١) لوجدت أن السمك ١٣٠ م. ويبدو أن السبب هو أن تكوين رملة في وضعه الحالي الذي وصفناه قبل قليل لم يشمل صخور الكربونات التي وضعها خليل ومنيزل في تكوين جديد هو تكوين حمام. عمر التكوين عند العقرباوي (١٩٨٧) باجوسي. غير أن باندل وزايس (Bandel and Zeiess) قد وضعوا عمر باثوني bathonian. ويبدو أن العمر الأخير هو الأقرب إلى الصحة أو أن هناك مشكلة في تحديد بدايات ونهايات التكوين حسب المؤلفين (أنظر جدول ١,٣). وقد جاء عمر باندل وزايس أيضا من معادلة هذا التكوين والذي يعلوه (حمام) مع تكوين شريف في النقب.

بيئات الترسيب

يشير المحتوى الفتاتي الكبير (الرمل والطين) وقلة الكربونات إلى قرب مواقع الترسيب من القارة. ولا يوجد في التكوين ما يشير إلى ترسيب نهري. ومن ثم فإن الأدلة الرسوبية المتوفرة وآثار المستحاثات وبعض المستحاثات يدل على ترسيب في مسطحات المد والجزر التي تغذى بالفتاتيات النهرية القريبة المصدر. ثم أن الكربونات الموجودة أيضا قد ترسبت في مسطحات المد والجزر بسبب تراكيبيها الرسوبية.

٣. ٢. ٦ تكوين حمام Hamam Formation

التسمية

وضع خليل ومنيزل اسم " تكوين حمام" بديلا لجزء من تكوين العارضة الذي وضعه باندل، وذلك لأن اسم العارضة قد ابتذل بكثرة الاستعمال خاصة في تسميات مجموعة الكربن كما سنرى. والاسم نسبة إلى وادي الحمام الواقع على بعد ٥-٣ كم جنوب شرق بلدة معدي (شكل ٣. ١٢) أنظر جدول ١,٣ و جدول ٣,٣ للتعرف على مزيد من التسميات.

وصف التكوين

يتكشف التكوين في منطقة عين خنزيرة على طريق العارضة وفي وادي نمر ووادي أم بطمة جنوب طريقة العارضة (شكل ٣, ١٢). التكوين مختلط فهو مكون من الكربونات والصخور الفتاتية الرملية والطينية. مقطع شكل ٣, ١٧). وقد وصف التكوين خليل ومنيزل من خلال تقسيمه إلى عشر وحدات صخرية (H-A). وهي من الأقدم، ولا اعتقد أن هذه الحروف مهمة ولكنها لتسهيل الحديث في وصف التكوين.

يبدأ تكوين حمام **بالوحدة A** السفلى التي سمكها أكثر من ١٩م. وتتميز بأنها مكونة كلية الحجر الجيري المستحاثي. هذا المستوى الجيري السميك في بداية التكوين مهم في تحديد حده السفلي عن تكوي رملة الفتاتي. الحجر الجيري رمادي وشديد الصلابة. يعلوه قرابة ١٤م من الحجر الطيني الجيري الرمادي الرقائقي الغني بالمستحاثات أيضا (براكيوبود وآثار مستحاثات). الأمتار الثمانية العليا من هذا المستوى الطيني تحوي البيتومين والعنبر ومستويات الفحم. وفي رأي خليل ومنيزل أن هذه الأمتار الثمانية يمكن أن تكون صخوراً مولدة للنفط في مكان آخر. لاحظ أن الوحدة A جميعها قد وضعها باندل في تكوينه أم مغارة الذي لم نستعمله.

الوحدة B التي تعلو وحدة A سمكها ٢٠م. أسفلها (١٣م الدنيا) رملية كتلية بها قنوات وتطبق متقاطع مع الغرين والطين بين الرمل. الأمتار السبعة الباقية علويا مكونة أيضا من الحجر الرملي الأصفر بدون قنوات ولكن معه آثار المستحاثات.

الوحدة C سمكها ٨-٤م مكونة من الحجر الجيري الرمادي جيد التطبيق (سمك الطبقة ١٥-٣٠سم) مستحاثي وبه آثار المستحاثات وعلامات نيم.

الوحدة D ٥-١م مكونة من ٣ طبقات من الحجر الرملي الدولوميتي.

الوحدة E ٧م مكونة من الحجر الجيري المستحاثي.

الوحدة F ٥-٣م مكونة من طبقتين من الحجر الرملي الكتلي ذي آثار المستحاثات وبيزوليت حديدي.

الوحدة G ٦م مكونة من الحجر الرملي رقيق التطبيق.

الوحدة H ٢م من الدولوميت رقيق التطبيق.

الوحدة I ٧م من الحجر الطيني الأسود وعديد الألوان رقائقي جيري.

حدود التكوين وسمكه وعمره

حد تكوين حمام السفلى يبدأ بمستوى جيري صلب سميك مستحاثي فوق صخور الحجر الرملي من تكوين رملة. أما حده العلوي فيوضع عندما تنتهي طبقة الحجر الطيني السمكة (٧م) وتظهر طبقات جيرية دولوميتية رملية من تكوين المغنية التالي. أما سمك التكوين فهو ٧٦م في منطقة الدراسة عمر التكوين باثوني (Bandel and Zeiss 1987) بناء على وجود الأمونيت *Micromphalites Jordanicum*. على الرغم من أن العقرباوي (١٩٨٧) قد وضعه باجوسي وباتوني (جدول ١، ٣).

بيئات الترسيب

تكوين حمام مختلط من الكربونات والصخور الفتاتية والرملية. ويبدو أن ترسب قريبا من الشاطئ في وضع كان أي تغير في مستوى البحر يؤدي إلى تقدمه أو تراجع شمالا. جنوبا. ويمكن القول أن التكوين قد ترسب في مسطحات المد والجزر مع تغذية جيدة بالفتاتيات. ويمكن أيضا أن نرى تأثير الترسيب النهري في التكتشفات الجنوبية مثل وادي أم بطمة.

٣. ٢. ٧. تكوين المغنية Mughanniyya Formation

التسمية

وضع هذا الاسم خليل ومنيزل نسبة إلى تل المغنية في النهايات الغربية لنهر الزرقاء (شكل ٣. ١٢). وتكوين المغنية يحل محل جزء من تكوين العارضة وجميع تكوين معدي اللذين وضعهما باندل. ويبدو أن سبب التغيير هو ابتذال اسم العارضة بكثرة الاستعمال وبعد بلدة معدي عن مكان التكتشف لأنها مقامة في غور الأردن على اللسان. تكوين المغنية

هو التكوين العلوي أو الأخير في مجموعة العزب. أنظر جدول ١,٣ و ٣.٣ لترى مزيدا من التسميات .

وصف التكوين

يتكشف التكوين على طول نهر الزرقاء تحت الكرب مباشرة من ٢ كم غربي سد الملك طلال حتى قرب محطة أبو الزيغان على قناة الغور الشرقية. ثم هو متكشف في الأودية الواقعة شمال طريقة العارضة. يغلب على التكوين الصخور الجيرية والدولوميتية والمارل ولكن أيضا بها صخور طينية. وقد قسمه باندل إلى عضوين. تبعه في ذلك خليل ومنيزل. والعضوان هما عضو شعبان Shaban Member السفلي الذي يتكشف في وادي بالاسم ذاته وعضو الطاحونة Tahuna Member العلوي نسبة إلى وادي الطاحونة (أنظر شكل ٣. ١٢ لتحديد موقعيهما). أنظر شكل ٣. ١٨ لوصف المقطع.

أ. عضو شعبان Shaban Member

يتكون من وحدات صخرية خمسة هي على النحو التالي من الأسفل.

وحدة A ٢٠ م مكونة بشكل رئيسي من الحجر الجيري المستحاثي والدولوميت مع بعض مستويات الصخور الطينية. قاعدة التكوين تبدأ بمترين من الحجر الرملي الدولوميتي. ثم تأتي صخور دولوميتية حاملة للمرجان والغلوكونيت. ثم ٣ أمتار من الصخور الطينية وباقي الوحدة صخور جيرية مستحاثية مع القليل جدا من مستويات طينية رقيقة.

وحدة B ١٠-٣ م مكونة كلية من الصخور الطينية الرقائقية المستحاثية مع طبقة دولوميت سميكة نحو البداية.

وحدة C ٦ م مكونة من حجر جيري دولوميتي إلى حجر جيري في قاعدتها تطبق متقاطع.

وحدة D ١٣ م مكونة من المارل مع مستويات رقيقة جدا من الحجر الجيري.

وحدة E ٨. ١٢ م مكونة من الحجر الجيري المستحاثي.

ب. عضو الطاحونة Tahuna Member

وصف خليل ومنيزل هذا العضو في وادي شعبان على النحو التالي

وحدة F ١٢ م هذه الوحدة طينية متعددة الألوان مع مستويات رقيقة من الحجر الجيري والجبس.

وحدة G ١٩ م. وهي وحدة جيرية، الأمتار الخمسة الأولى جيرية ناعمة ثم يأتي 2.5 م كوكينا بها أيضا آثار المستحاثات والتطبيقات المتقاطعة. ثم يعود الحجر الجيري الناعم. ثم يأتي مستوى دولوميتي كتلي وتنتهي الوحدة بمتر واحد من الصخور الطينية.

وحدة H 9.6 م تبدأ بالدولوميت ٣.٦ م رقائقية ويحتمل أن يوجد في نهايتها العليا تشققات الطين. باقي الوحدة (٦ أمتار العليا) مكونة من الحجر الجيري الدولوميتي. يوجد في نهايتها العليا قنوات مملوءة بالرمال عمقها ١ م. ثم يأتي سطح عدم التوافق مع الكرب. أنظر الشكل ١٨,٣.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يبدأ التكوين بطبقات من الحجر الرملي الدولوميتي والدولوميت سمكها ٢ م فوق صخور حمام الطينية السميكة. أما حده العلوي فسطح عدم التوافق الحثي مع الكرب. سمك التكوين ١٠ م أما العمر فهو كلوفي. أكسفوردي. كمرجي (أسفله فقط). أنظر جدول ١,٣ جدول ٣ (٣) عقرباوي ١٩٨٧ والباشا ١٩٨٠ وباندل ١٩٨١, (Bandel and Zeiss 1987). وقد دلت مستحاثات البراكيوبود على العمرين الأولين

Edesia cf. *Douvilli* Farag
E. cf. paradouvilli Farag Callovian
Kingenia Cubica Quenstedt
K. Orbis Quenstedt Oxfordian
K. cf. triangularis Krumbeck

أما عصر الكمرجي Kimmeridgian فقد أثبتته الباشا بناء على مستحاثات الأوستراكودا *Cytherelloidea besireensis*.
وقد قارنها الباشا (١٩٨٣) بتكوين كدود في النقب. وذكر عددا كبيرا من مستحاثات الفورامنيفرا العائدة لفترة كلوفي- كمرجي كما ذكرنا في البداية.

بيئات الترسيب

يبدو أن الوحدة A الدنيا قد ترسبت في بيئة المستنقعات أو اللاغون ثم ارتفع مستوى البحر واصبح الترسيب بحري مفتوح (Subtidal). وكذلك معظم عضو شعبان أما عضو الطاحونة فهو يتراوح بين مسطحات المد وبيئة ما تحت المد يدل على ذلك كثرة المستحاثات.

٣. ٢. ٨ مجموعة العزب في ماحص والبقة

تتكشف مجموعة العزب الجوارسية في غرب ماحص وغرب عين الباشا في منخفض البقة منعزلة تماما عن التكشف الرئيسي المتصل في الشمال (شكل ٣ - ١٢ لتحديد الموقعين).

وصف الصخور

لم يتم أحد بتقسيم صخور هذين الموقعين إلى تكاوين. بل تدرس المجموعة بلا تقسيم. سمكها هنا متواضع. فهو ٣٣ م في البقة و ٢١ في ماحص. أول من تحدث عن تكشف البقة هو عابد (١٩٨٧) أما تكشف ماحص فمعروف قديما (أنظر بندر ١٩٧٤ كمثال). المقطعان متشابهات إلى حد كبير جدا. إذ أن الغالبية العظمى من صخورهما مكونة من الدولوميت الصلب الأصفر قليل المستحاثات جدا.

مقطع البقة قاعدته غير متكشفة. وقد تكشف المقطع في مركز محدب غير متناظر في الجزء الجنوبي الغربي من منخفض البقة. يبدأ التكشف بصخور رملية ملونة تشبه صخور الكرنب ثم تسود صخور الدولوميت مع بعض صخور الحجر الجيري القليلة والدولوميت الرملي وطبقة من الصخور الحديدية الأوليتية، الشكل ٣ - ١٩ يوضح مقطع البقة.

أما **مقطع ماحص** فهو أيضا يتكشف في مركز محدب ماحص. وصفه كوصف البقة غير أن طبقات الرمل السفلية غير متكشفة. قاعدة التكشف غير مرئية وقمته تنتهي بطبقة من التربة القديمة على سطح عدم التوافق مع الكرنب. بيئات ترسيب المقطعين لا شك أنها قريبة جدا من خط شاطئ الجوارسي الذي لا يبعد كثيرا نحو الجنوب (مسطحات المد وما فوق المد).

٣, ٢, ٩ مجموعة العزب تحت السطحية

اخترقت مجموعة العزب في عدد كبير من آبار البترول تراها في شكل (10.3). أما شكل ٣, ٢, ٩ فيوضح توزيع سماكات مجموعة العزب في الأردن.

نبدأ بقول أن أقصى تقدم جنوبي لخط شاطئ جوارسي لم يتعد عمان وادي السير جنوب (شكل 20.3) ومن ثم فإن مجموعة العزب لم تترسب جنوب هذا الخط لا فوق السطح ولا تحت السطح . أي أن معظم الأراضي الأردنية لا تحوى صخور مجموعة العزب الجوارسية.

أما شمال هذا الخط فإن السمك يزداد نحو الشمال ويزداد معه المحتوى الجيري. فهي بضع عشرات الأمتار في منطقة البقعة وماحصى تزداد إلى قرابة ٤٥٠ م في أقصى التكتشفات شمالا في نهر الزرقاء. غير أن أقصى سمك لها قد سجل في بئر عجلون AJ.1 وهو ٥٩٨ م يليه بئر مرتفعات الشمال 2 NH. ٤٨٨ م. وهذا يعني أن حوض الجوارسي يمتد نحو شمال غرب الأردن. ويمكن مقارنة ذلك برسوبيات النقب بسبب الإزاحة على صدع البحر الميت التحويلي. غير أنه إذا نظر إلى سمك رسوبيات الجوارسي في منطقة رأم الله في الضفة الغربية فإنها تصل إلى أكثر من ٣٠٠٠ م. وتوجد سماكات قريبة من ذلك في جبل الشيخ وجبال لبنان مما يشير إلى أن حوض الجوارسي هو نحو الغرب والشمال الغربي. نعود إلى الأردن لنرى أن سمك مجموعة العزب يتناقص تدريجيا نحو الشرق أي نحو الريشة. هنا لا يزيد سمكها عن ١٤٥ م. ثم يستمر التناقص شرقا بحيث يصل سمكها إلى قرابة ٣٠ م في أقصى شرق الريشة عند حدود العراق حيث وضع أندروز (١٩٩٢) خط الشاطئ ضمن الحدود الأردنية وليس في العراق.

بقيت نقطة واحدة وهي وضع الجوارسي في الأزرق. فعلى الرغم من أن أندروز (١٩٩٢) يقول بعدم وجود مجموعة العزب في حوض الأزرق وأن خط الشاطئ يقع إلى شمال الأزرق، إلا أن وجود ٥٠ - ١٥٠ م من الصخور الرملية غير المتماسكة موجودة في العديد من الآبار يدعى أندروز أنها تابعة للكربن. بينما أتبعها آخرون في بئر الضاحكية 1 DH. إلى الترياسي. وفي بئر وادي السرحان 2-WS أتبع إلى الكربن. وعلى الرغم من كل ذلك فإن Core. Lab وضعت هذه الصخور الرملية في الجوارسي الأوسط. تبقى هذه المسألة مفتوحة فإذا كانت تابعة للجوارسي فإن خط شاطئ الجوارسي في الشكل ٢٠.٣ يجب أن يزاح إلى جنوب الأزرق قليلا.

٣.٣ مجموعة الكربن Kurnub Group

أو رسوبيات الكريتاسي الأسفل

LOWER CRETACEOUS

1.3.3 سياق تاريخي في التسمية

أول من استعمل لفظ "الكربن" هو دامسين Damesin عام ١٩٣٣ في تقرير غير منشور لشركة نفط العراق (في ١٩٨٩ Powell). والكربن لفظ عربي لموقع أو محدب في وادي الحثيرة في شمال النقب شرقي بئر السبع. هذا ما تشير إليه الخرائط. وهذا ما أخبرني به أعراب بئر السبع في زمن مضى. ثم استعمل شو (Shaw 1947) اسم "حجر رمل الحثيرة (الكربن)" للدلالة على هذه الصخور. وفي عام ١٩٥١ استعمل كوينل (Quennell 1956) اسم "حجر رمل الكربن" لوصف الصخور المشابهة في الأردن شرقي النهر. وتبعه في ذلك بردون (١٩٥٩) وولفارت (١٩٥٩) وعابد (١٩٧٨, ١٩٨٢, ١٩٨٥) وغيرهم كثير. أما فتزل ومورتون (١٩٥٩) فقد أسماها هذه الصخور تكوين الحثيرة الرملية HATHIRA SANDATONE FORMATION. لاحظ أنهما أعطيا هذه الصخور وضع "تكوين" وقد استعلا الاسم المستعمل في النقب. وقد سمي المصري (١٩٦٣) هذه الصخور "تكوين البقعة". أما بندر فقد ترك جميع الأسماء الجغرافية واستعمل اسما طبقيًا هو "حجر رمل الكريتاسي الأسفل". وقد قسمه إلى وحدتين سفلى بيضاء كتلية وعليا متعددة الألوان.

حتى ذلك الوقت لم يشير أحد إلى هذه الصخور على أنها "مجموعة" وقد استعمل لفظ "مجموعة الكرب" في النقب أولاً (Bentor and Vroman 1964). واخذ ذلك مكدونالد (MacDonald et al., 1965 a, b) لوصف الصخور في شمال الأردن وحدد تكوينين لم يعطيا أسماء. ثم استعمل باركر (Parker 1970) مجموعة الكرب وقسمها في شمال الأردن إلى تكوينين هما العارضة والصبيحي. ولم يستطع العاملون في مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية استعمال هذين التكوينين لأغراض المسح الجيولوجي (Powell 1989). وفي التسعينات قام عميرة (Amireh 1997, 1999) بتقسيم مجموعة الكرب إلى ثلاثة تكاوين في شمال الأردن وثلاثة تكاوين أخرى في وسط جنوب الأردن على النحو التالي

شمال الأردن وسط الأردن وجنوبه

تكوين بير فغاس Bir Fa'as Fm تكوين بير فغاس Bir Fa'as Fm
تكوين جرش Jarash Fm تكوين الحمامات Hammamat Fm
تكوين الرمل Ramel Fm تكوين الكرك Karak Fm
وستتبع في دراستنا لمجموعة الكرب تقسيمات بلال عميرة هذه التي وصفناها. أنظر جدول ٣ . 4 . للتعرف على التسميات ومقابلاتها.

٣. ٣. ٢ وصف عام للمجموعة

لا يكاد واد من أودية جبال الأردن الغربية من عجلون شمالاً وحتى جنوب غرندل وادي عربية يخلو من تكتشفات مجموعة الكرب. ثم هي متكتشفة على طول جرف رأس النقب- بطن الغول وإلى الشرق من ذلك وفي مواقع كثيرة جنوب ذلك الجرف. ثم أن تكتشفات منعزلة موجودة في زقيمات الحصاة جنوب شرقي باير وفي وادي عرنة شرق الجفر. ولما كان الوصف هنا عاماً فإنه يمكن القول أن مجموعة الكرب تتكون من وحدتين رمليتين واضحتين وحدة رملية بيضاء كتلية في الأسفل ووحدة رملية متعددة الألوان في الأعلى. وهذا هو وصف بندر (١٩٦٨، ١٩٧٤). هذا الوصف جيد في وسط الأردن وجنوبه من منطقة مأدبا تقريباً وإلى الجنوب. غير أن الصورة في الشمال فيها اختلاف واضح. إذ يدخل على محتوى مجموعة الكرب عدة مستويات بحرية مكونة من الدولوميت والحجر الجيري والغلوكونيت وغيرها تتعاقب مع الصخور الرملية التي نعرفها مكونة للكرب. وسنفصل ذلك بعد قليل.

٣. ٣. ٣ حدود مجموعة الكرب

يحد مجموعة الكرب من الأسفل سطح عدم توافق حتى. وبالتالي فإن هذه المجموعة توجد فوق عدد كبير من التكاوين تبعاً للمكان. فشمال عمان يوجد الكرب فوق صخور مجموعة العزب الجوراسية وقد ترى تربة قديمة تفصل بينهما كما هو الحال في غرب ماحص والعارضة (عميرة، ١٩٩٣)، وإلى الجنوب من ذلك وحتى وادي الموجب توجد صخور مجموعة الرمثا الترياسية تحت الكرب (وأحياناً تكوين أم عرنة البرمي، في هذه المنطقة فإن التكوين الترياسي الذي يقع تحت الكرب يزداد عمره نحو الجنوب. ففي وادي ناعور- البحار يوجد تكوين أم تينة أو عراق الأمير من الترياسي الأعلى تحته بينما في شمال شرق البحر الميت يوجد تكوين مخيريس مثلاً (أو غيره) تحت الكرب. ونحو الموجب قد يكون تكوين ماعين من الترياسي الأسفل تحته. وإلى الجنوب من وادي الموجب يكون تكوين أم عشرين الكميري تحت الكرب كما هو الحال في وادي الكرك مثلاً. وابتداءً من وادي نميرة الواقع قبالة مصنع البوتاس وإلى الجنوب حتى رأس النقب يقع تكوين الديسي الأردوفيشي تحت الكرب. أما إذا ذهبنا مزيداً نحد الجنوب الشرقي فسيكون واحداً من تكاوين مجموعة

خريم تحته. وقد تحدثنا عن هذا الموضوع في الفصل السابق ورسمنا أشكالاً توضح كيفية إزالة صخور الباليوزوي في حركة تجبلية Orogeny في وسط العصر الكربوني. أما حده العلوي فهو دائماً صخور عجلون الجيرية في جميع أرجاء الأردن عدا المناطق الواقعة في أقصى الجنوب الشرقي (جنوب مناجم فوسفات الشدية) حيث يصبح التمييز بين الكربن وعجلون ليس سهلاً كما سنرى لأن كليهما يصبح رملياً الشكل ٢١,٣ يوضح ذلك. بقيت واحدة. وهي أن الكربن السفلي مكون من حجر رملي أبيض كتلي يشبه تكوين الديسي الأردوفيشي الرملي الأبيض الكتلي. ولما كان الكربن يعلو الديسي في حوض البحر الميت (وادي نميرة وإلى الجنوب) وعلى طول وادي عربة حتى رأس النقب فإن التمييز بين هاتين الودعتين المتشابهتين أمر مهم. وهنا فإنني أعيد القارئ إلى كيفية التمييز بينهما التي وصفناها بشكل مفصل عندما تحدثنا عن تكوين الديسي في الفصل الثاني من هذا الكتاب (Amireh 1993).

٣,٣,٤ سمك مجموعة الكربن

تحدث خلق كثير في سمك مجموعة الكربن. وقد جمع بويل (Powell 1989) هذه الأرقام (صفحة ١٢). وعنده تبلغ سماكة الكربن في شمال الأردن ٣٢٠ م في العارضة والصبيحي و ١٦٨ م في نهر الزرقاء و ١٦٥ م في الكرك و ٢٣٠ م في وادي ضانا و ٢٩٠ م في الشوبك و ١٢٠ م في رأس النقب و ٢٢٠ م في بطن الغول. غير أن هذه الأرقام لا تتفق مع سمك مجموعة الكربن التي قاسها عميرة (١٩٩٩, ١٩٩٧) في ٢١ مقطعاً من جرش شمالاً حتى وادي المشبة جنوب شرق رأس النقب (شكل ٢١,٣). اعتقد أن سببين يقفان وراء هذا الاختلاف الذي هو جوهري في معظم الأحيان: أولهما أن بويل (١٩٨٩) والعاملين في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية قد اعتبروا وحدة " الدولوميت الرملية الغلوكونيتية" الموجودة في نهاية الكربن العليا جزءاً من تكوين ناعور (التكوين السفلي في مجموعة عجلون) وأطلقوا عليها عضو الجهرة أو الجهرة Juhra Member. بينما اعتبر عميرة وقبله عابد (١٩٨٢) هذه الوحدة جزءاً من الكربن وقد أسماها عميرة تكوين بئر فعاس. إن إضافة أو حذف هذه الوحدة سيؤثر في سمك الكربن المقيس عند الباحثين. وثانيهما أن حد الكربن السفلي عندما يكون فوق الديسي (في ضانا مثلاً) قد أدى إلى مزيد من الاختلاف في القياس. ففي حين وضع عميرة مجموعة من الضوابط للتمييز بين الديسي والكربن أدت مثلاً إلى وجود الديسي من وادي ضانا حتى وادي نميرة نجد أن بويل أضاف هذه الصخور الرملية البيضاء الأردوفيشية إلى مجموعة الكربن. أرجو أن يكون في هذا تفسير لاختلاف القياس حتى لا يضل القارئ عند استعمال أرقام مراجع الباحثين.

٣,٣,٥ عمر مجموعة الكربن

يجمع الباحثون على أن عمر مجموعة الكربن هي من الكريتاسي الأسفل. غير أن في ذلك تفصيل للفترة من الكريتاسي الأسفل التي ترسبت فيها مجموعة الكربن. كان إدواردز (Edwards 1923) أول من أعطى هذه الصخور عمر الكريتاسي الأسفل بناء على وجود المستحاثات النباتية *Weichselia reticulata* من شمال الأردن. وقد وجد فتزل ومورتون (١٩٥٩) الأمونيت *knemiceras sp* في صخور الدولوميت في عين خنيزيرة في العارضة. وحددا عمر الكربن هنا أبتي - ألبى، وفي النقب (Greenberg 1968) وجد *Protocardia judaica* ٨٨ م فوق قاعدة الكربن. وهي من عمر أبتي أسفل. ووجد

الأمونيت *Knemiceras sp* و *K. dubertreti* على ارتفاع ١٧٦ م و ٣١٠ م من قاعدة الكرب على الترتيب. وكلاهما يدل على عمر أبتي - ألبى للجزء العلوي من الكرب. وفي منطقة طوباس- وادي الفارعة غربي نهر الأردن مقابل نهر الزرقاء توجد بركانيات التياسير (أنظر عابد ووشاحي ١٩٩٩) المتداخلة مع قاعدة الكرب في شمال شرق فلسطين. وقد قيس عمرها بالنظائر المشعة (بوتاسيوم-أرغون) فكان 144 ± 5 و 148 ± 7 مليون سنة لقاعدة البازلت و 133 ± 4 و 134 مليون سنة لقمة البازلت. مما يدل على أن عمر قاعدة الكرب في هذا الموقع هي بريازي - فلانجيني Berriasian. Valanginian (Lang and Mimran 1985). وقد حدد عمر المجموعة في النقب على أنه أبتي - ألبى وقاعدته بريازي- فراكوني (Grader and Reiss 1958). وفي السهل الساحلي لفلسطين في عينات من الآبار العميقة أعطيت قاعدة مجموعة الكرب عمر فلانجيني- هوتريفي وقمتها (Brenner and Beckoff 1992). ثم حدد عمر قاعدة المجموعة في نهر الزرقاء على أساس من حبوب اللقاح (Al- Said and Mustafa 1994) على أنها من النيوكومي. وأخيرا حدد عميرة وآخرون (١٩٩٨) عمر قمة الكرب في شمال الأردن بالنظائر المشعة (بوتاسيوم - أرغون) على الغلوكونيت فوجدوه 96.1 ± 1.1 مليون سنة أو من الألبى. من كل ذلك يبدو أن عمر قاعدة الكرب هي من النيوكومي Neocomian (هوتريفي- بريمي) في الأردن. وقد تكون أقدم من ذلك قليلا في فلسطين (بريازي- فلانجيني). أما قمته فهي من الألبى. جدول ٤,٣ .

٦,٣,٣ بيانات الترسيب عامة

لو أردنا أن نتحدث في بيانات ترسيب مجموعة الكرب بكلمات عامة فإنه يمكن القول أن الجزء الأعظم من هذه المجموعة في وسط الأردن قد ترسبت من أنهار متشعبة في جزئه السفلي وأنهار متعطفة Meandering في جزئه العلوي. نضيف إلى ذلك ترسيب بحري ضحل لقمة الكرب. أما في شمال الأردن فإن البحر كان قريبا وقد تعاقبت البيئات النهرية مع بيئات بحرية ضحلة عدة مرات في منطقة شمال العارضة - نهر الزرقاء- جرش. وسنأتي على تفاصيل كل ذلك عندما ندرس تكاوين مجموعة الكرب في العنوان التالي. أنظر مثلاً بندر (١٩٧٤) وبويل (١٩٨٨ , ١٩٨٩) وعابد (١٩٧٨ , ١٩٨٢) وعميرة (١٩٩٧ , ١٩٩٩) وعميرة وعابد (١٩٩٩).

٧,٣,٣ تكاوين مجموعة الكرب

قد أوضحنا في المقدمة التاريخية وفي جدول ٣. ٤ تقسيمات الكرب لعدد من الباحثين . وقد يكون أوضح ما كتب في هذا السياق ما وضعه بندر (١٩٧٤ , ١٩٦٨) من تقسيم الكرب إلى وحدتين صخريتين هما وحدة الحجر الرملي الأبيض الكتلي في الأسفل ووحدة الحجر الرملي متعدد الألوان في الأعلى. هذا التقسيم جيد. غير أنه يصبح مرتبكا في شمال الأردن حيث توجد التداخلات البحرية. وعلى الرغم من أن الوحدة العليا متعددة الألوان تبقى واضحة بل وجميلة إلا أن الوحدة البيضاء الكتلية السفلى لا تبقى بذلك الوضوح الذي في وسط الأردن وجنوبه. ثم أن باركر (١٩٧٠) قد قسم الكرب في شمال الأردن إلى تكوينين هما العارضة (أسفل) والصبيحي (أعلى). وتبعه في ذلك بويل (١٩٨٩) إلى حد ما، أقول برغم كل ذلك فإننا نرى أن تكاوين عميرة (١٩٩٧ , ١٩٩٩) أكثر وضوحا ويمكن تتبعها في جميع الأردن. وقد تحدثنا قبل قليل عن تكاوين عميرة فذكرنا أسماءها. وفي هذا العنوان فإننا نصف مجموعة الكرب جميعها في أرجاء الأردن من خلال وصف تكاوين عميرة.

٣. ٧. ١ تكاوين الكرب في وسط الأردن وجنوبه

قسم عميرة مجموعة الكرب في وسط البلاد وجنوبها إلى ثلاثة تكاوين هي من الأعلى تكوين بير فعاس وتكوين الحمامات وتكوين الكرك. وهذه التسميات سائدة من حمامات ماعين تقريبا حتى جنوب البلاد.

١. تكوين الكرك Karak Formation

التسمية

وضع هذا الاسم عميرة (١٩٩٩) ليشمل الجزء السفلي من مجموعة الكرب في وسط وجنوب البلاد وهو يعادل " وحدة الحجر الرملي الأبيض الكتلي" عند بندر (١٩٧٤).

وصف التكوين

التكوين كلية رملي خشن الحبات مع سحنات راهصية متطبقة مع الحجر الرملي وبعض مستويات حجر الغرين والطين. السحنة الرملية هي السائدة وتكون معظم التكوين. وهو موجودة على شكل طبقات متركمة عمودية وأحيانا على شكل قنوات. وعادة ما يكون قاع كل جسم رملي وقمته حتية ويتراوح سمكه بين ١٠-٢ م. أما التراكيب الرسوبية في السحنة الرملية فهي التطبق المتقاطع المتوازي ١٠-١٤ سم في سمكه. وأقل من ذلك القاعي. ويمكن أن يلاحظ دورات تصغر فيها حجم الحبات نحو الأعلى ولكنها ليست جيدة الوضوح. تأتي سحنة حجر الغرين وحجر الطين في النهاية العليا للأجسام الرملية أو بينها. وهي في العادة حاملة لبقايا النباتات المتفحمة وآثار المستحاثات قارية المنشأ. أما سحنة الرواهص والحجر الرملي الراهصي فتحتوي حبات من الكوارتز قد يصل قطرها ٣ سم وفئات غرينية طينية داخلية قد يصل قطرها إلى ١٧ سم. توجد هذه السحنة على شكل قنوات بين سحنة الحجر الرملي السابقة. عرض القناة قد يصل إلى ١٠ م وعمقها ٢ م. أما رسوبياتها فقاعها حتى ومكونة من تطبق متقاطع متوازي.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يتراوح سمك تكوين الكرك بين ١٠٠ م في الشمال إلى ٢٥ م جنوب شرق رأس النقب في وادي المشبة. وبالتالي فإن سمكه يتناقص تدريجياً نحو الجنوب شكل (٣. ٢١). حد التكوين السفلي هو قاعدة مجموعة الكرب في وسط البلاد وجنوبها. وقد وصفنا التكاوين التي تقع تحت الكرب عند حديثنا عن حدود التكوين (عنوان ٣. ٣. ٣ السابق) فعد إليه أن شئت. أما حده العلوي فيبدأ عندما تنتهي السحنات الرملية والراهصية البيضاء وتبدأ رسوبيات الحجر الرملي متعددة الألوان. أما عمره فإنه من الكريتاسي الأسفل (نيوكومي) بناء على ما أوردناه في حديثنا عن عمر التكوين في فقرة ٣. ٣. ٥ من أن قاعدة مجموعة الكرب هي من النيوكومي.

بيئات الترسيب

أن وجود الحجر الرملي الخشن الحبات والرواهص والحجر الرملي الراهصي وكذلك التطبق المتقاطع المتوازي والقاعي والقنوات وغياب المستحاثات وآثار المستحاثات البحرية واتجاه التيار القديم الأحادي الاتجاه تدل جميعها على أن هذا التكوين قد ترسب في بيئة الأنهار المتشعبة (عميرة، ١٩٩٩). وقد يكون مناسباً أن نذكر أن هذا التكوين قد ترافق مع فترة النهوض التي صاحبت بداية مجموعة الكرب في المنطقة وأدت إلى عملية حث قارية

لأجزاء من الترياسي والجوارسي وإعادة ترسيبها على شكل رواسب مجموعة الكربن السفلي (تكوين الكرك) . وسنعود إلى هذا الموضوع في نظرة أكثر شمولاً وإقليمية.

٢. تكوين الحممامات Hammamat Formation

التسمية

وضع الاسم عميرة (١٩٩٩) نسبة إلى حممامات ماعين ليشمل صخور الحجر الرملي المكونة للوحدة الثانية علوياً أو الوسطى في مجموعة الكربن. وهي تعادل "وحدة الحجر الرملي متعدد الألوان" عند بندر (١٩٧٤).

وصف التكوين

يتميز التكوين بالحجر الرملي وحجر الغرين وحجر الطين متعددة الألوان بنفسجية وزهرية ورمادية ومصغرة ومخضرة. وقد حدد عميرة ١٣ دورة رسوبية واضحة تصغر حباتها نحو الأعلى. وهو فرق واضح بين تكوين الحممامات وتكوين الكرك الذي لا يري هذه الصفة إلا بصعوبة. ويبدو أن كثرة الصخور الغرينية والطينية هي التي ساعدت على وضوح هذه الصفة في تكوين الحممامات. نسبة الغرين والطين: الرمل تتراوح بين ٢:٣ إلى ١:١. وهذه صفة تامة تميز الحممامات عن تكوين الكرك. يتراوح سمك الدورات الرسوبية بين ٤ - ٨ م. تبدأ الدورة من الأسفل بقاع حتى غير منتظم (قناة) يترسب عليه رسوبيات قاع القناة الخشنة Channel lag يعلوها الحجر الرملي الخشن. الناعم الذي يعلوه في نهاية الدورة الغرين فالطين. التطبيق المتقاطع في الجزء الرملي عادة متوار ولكن قد يكون قاعياً. اتجاه التيار القديم في جنوب الأردن N – NW أما في وسط الأردن نهر NNW. تتميز الأجزاء الناعمة من الدورات الرسوبية (الغرين والطين) بالتطبيق الرقائقي المتوازي أو الرقائقي النيمي أو انعدامهما. كما توجد به آثار المستحاثات القارية. ويتميز باحتوائه على قدر جيد من بقايا النباتات التي تجعل له اسوداً أحياناً وأحياناً أخرى ما يكون على شكل مستوى من فحم اللغثيت. أنظر شكل 21.3.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يشمل التكوين السحنات الرملية - الغرينية. الطينية متعددة الألوان. ومن ثم يوضع حده السفلي عند انتهاء سحنة الحجر الرملي الكتلي وبداية ظهور هذه السحنات الفتاتية الملونة. أما حده العلوي فينتهي بظهور طبقات الدولوميت والدولوميت الرملي والغلو كونيتي التابعة لتكوين بير فعاس. سمك التكوين يتراوح بين ١٢٠ م في الشمال إلى ٤٧ م في أقصى الجنوب شكل (21.3). فهو أيضاً يتناقص في سمكه نحو الجنوب. عمر التكوين أبتي ألبى. أنظر فقرة ٥,٣,٣.

بيئات الترسيب

أن كثرة الصخور الناعمة الغرينية والطبقية والغياب الكامل للمستحاثات و آثار المستحاثات البحرية وكثرة بقايا النباتات والدورات الرسوبية التي تصغر حباتها نحو الأعلى والاتجاه الأحادي للتيار القديم تشير جميعها إلى أن رسوبيات تكوين الحممامات قد توضع من أنهار متعرجة أو متعطفة قليلة التعرجات (عميرة ١٩٩٩).

٣. تكوين بير فعاس Bir Fa'as Formation

التسمية

مرة أخرى وضع الاسم عميرة (١٩٩٧. ١٩٩٩) ليشمل السحانات البحرية الصفراء المخضرة العليا من مجموعة الكرب في جميع تكشفات الأردن. أي أن التكوين مستمر من شمال الأردن حتى أقصى جنوبه. والاسم مأخوذ من وادي بير فعاس في منطقة العارضة شمال عين خنيزيرة. ويجب أن يكون واضحاً منذ البداية أن هذه السحانات البحرية الدولوميتية الغلوكونيتية قد أسماها بويل (١٩٨٨، ١٩٨٩) وخليل (١٩٩٢) وغيرهما من العاملين في مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية عضو الجهرة أو الجهيرة Juhra= Juhayra Member. وجعلوها جزءاً من مجموعة عجلون التالية. أي جعلوها الجزء السفلي من تكوين ناعور التابع لمجموعة عجلون. غير أن بلال عميرة وبناء على عمر هذه الوحدة (٩٦. ١ مليون سنة) الغلوكونيتي وجد أنها ما زالت تابعة للعصر الألبى الذي ترسب فيه الكرب الأعلى. ثم أن سحانات هذه الوحدة تشبه إلى حد كبير جدا السحانات البحرية الدولوميتية الغلوكونيتية الموجودة في وسط مجموعة الكرب في العارضة ونهر الزرقاء وجرش دون فروق رئيسية. ومن ثم فإن عميرة يرى أن هذه الوحدة يجب أن تبقى ضمن مجموعة الكرب مكونة الجزء الأعلى منه وأطلق عليها تكوين بير فعاس. إذن تكوين بير فعاس (عند عميرة) = عضو الجهرة عند جيولوجي سلطة المصادر. لقد ذهب بويل إلى أن بيئة ترسيب هذه الوحدة انتقالية نحو البيئة البحرية المفتوحة في تكوين ناعور. ومن ثم اعتبر أن هذه الوحدة قد ترسبت في بداية تقدم البحر السينوماني على الأردن. غير أن بيئة ترسيب هذه الوحدة هو في الواقع تكرر إلى تذبذب مستوى سطح البحر الذي حدث في الكرب في شمال الأردن وليس هو جزءاً من التقدم الكبير الذي حدث في السينوماني ورسب الصخور الجيرية لتكوين ناعور في كل الشرق الأوسط. وبالتالي فإنني اعتقد أن وضعها مع الكرب (تكوين بير فعاس) أصح من وضعها مع تكوين ناعور. وهذا ما ذهبنا إليه في هذا الكتاب.

وصف تكوين بير فعاس

الوصف هنا يشمل جنوب الأردن ووسطه وشماله أي جميع الأردن (عابد ومنصور ١٩٨٢، عميرة ١٩٩٧، ١٩٩٩، عميرة وعابد ١٩٩٩). يتكشف التكوين في جرش ونهر الزرقاء والعارضة والبقعة وماحصر وجميع الأودية الجنوبية التي يتكشف فيها الكرب تحت تكوين ناعورة في شمال الأردن. يشمل التكوين طبقات متعاقبة من الدولوميت الرملي والدولوميت الغضاري والصخور الطينية والمارل والغضار الأسود والحجر الرملي الناعم الملون والغلوكونيت. يغلب على التكوين اللوم المصفر المخضر في أرجاء الأردن جميعها. السحانات الرملية والدولوميتية الرملية تحوي التطبق المتقاطع القاعي ثنائي الاتجاه (Herringbone) والتطبق الرقائقي المتوازي والتموج وFlaser bedding. ثم أن بها آثار الحجر الحديدي الأوليتي ٥-١٥ سم في السمك. أما الغضار الأسود فهو عشرات السنتمترات إلى عدة أمتار في سمكها. وهي غنية ببقايا النباتات المتفحمة وطبقات الأوراق والعنبر والبيريت. كذلك تحوي مستحاثات مثل البطنقدميات والجلد شوحيات والمحاريات. نذكر أن الغلوكونيت يوجد بشكل واضح في أعلى هذا التكوين وأحياناً ما يكون على شكل طبقة خضراء يصل سمكها إلى أكثر من المتر في شمال العارضة (عابد ١٩٨٢). وهذه الطبقات متأثرة جداً بأفعال الكائنات الحية. شكل ٢٢، ٣.

أما في وسط وجنوب الأردن فيقل السمك عن شمال الأردن ولكن تبقى صخور الدولوميت والدولوميت الغلوكونيتي والرملي وبعض طبقات الرمل هي المكونات الرئيسية لهذا التكوين. يبدأ التكوين هنا بالصخور الطينية الرملية الغلوكونيتية الخضراء ثم صخور طينية ومارل غير متماسكة. هاتان السحنتان تتعاقبان مع العديد من طبقات الدولوميت والدولوميت الرملي الصفراء اللون والغلوكونيت. يوجد بها آثار المستحاثات. ثم تصبح السحانات الرملية الناعمة أكثر وضوحاً نحو الجنوب. وهي متعددة الألوان (شكل ٢١، ٣ و ٢٢، ٣).

حدود التكوين وسمكه وعمره

نبدأ بحد التكوين العلوي لأنه سهل. إذ تغطي صخور الحجر الجيري الرمادية اللون التابعة لتكوين ناعور هذا التكوين في كل مكان من الأردن عدا شرقي رأس النقب. بطن الغول حيث تصبح الصورة رملية مختلفة. وسندرسها في تكوين فصوعة في مجموعة عجلون لاحقاً. إذن يوضع حد التكوين العلوي عندما تنتهي السحنات الصفراء المخضرة الدولوميتية الغلوكونيتية وتبدأ الصخور الجيرية العادية المكونة لناعور.

أما حد التكوين السفلي فهو مختلف في شمال الأردن عنه في وسط الأردن وجنوبه ، ففي جنوب الأردن ووسطه نضع الحد السفلي عندما تنتهي الصخور الرملية الملونة التابعة لتكوين الحمامات وتبدأ الطبقات المتوازية الطينية الغلوكونيتية الدولوميتية. أما في شمال الأردن فإننا نضع الحد السفلي لهذا التكوين عندما تبدأ الصخور المتوازية الدولوميتية الغلوكونيتية الصفراء فوق الصخور الرملية الملونة النهرية التابعة لتكوين جرش (شكل ٢٢,٣). أنظر وصف تكوين جرش بعد قليل للتعرف على حده العلوي.

سمك التكوين متغير. لكنه شمال الأردن ٦٠ - ٦٦ م أكبر من سمكه في وسط البلاد وجنوبها ٣٠ - ٦ م. أنظر شكل 21.3 للتعرف على تغيرات سمك التكوين في مقطع شمال- جنوب في الأردن.

ويبدو أن أكبر سمك في وسط البلاد وجنوبها في منطقة وادي نميرة ثم يعود إلى التناقص جنوباً ثم يزداد مرة أخرى في وادي قصيب جنوب وادي عربة. عمر التكوين من الألبى كما ذكرنا في فقرة ٥,٣,٣.

بيئات الترسيب

أن وجود الدولوميت والغلوكونيت والمستحاثات وآثار المستحاثات والتطبيق المتقاطع ثنائي الاتجاه وغيرها تشير بشكل واضح إلى ارتفاع مستوى سطح بحر التيثس ليغطي معظم الأردن حتى جنوب شرق رأس النقب قرابة ٢٥ كم (وادي المشبة). إذن فقد ترسب هذا التكوين بشكل عام في بيئة بحرية شاطئية. ويبدو أن الدلائل تشير إلى أن معظم التكوين قد ترسب في مسطحات المد والجزر. غير أن بعض أجزائه الحاملة للمستحاثات لا شك أنها ترسبت في بيئة تحت مدية اعماق قليلاً من السابقة. وفي بعض مناطق الأردن خاصة الشمالية حيث يكثر الغضار الأسود الغني باللغنيت والعنبر وغيرها يمكن أن تكون ترسبت في المستنقعات الشاطئية (عميرة ١٩٩٩ وعميرة وعابد ١٩٩٩).

٢,٧,٣,٣ تكاوين مجموعة الكرب في شمال الأردن

وهي ثلاثة تكاوين من الأقدم الرمل وجرش وبير فعاس.

١. تكوين الرمل Ramel Formation

التسمية

وضع الاسم عميرة (١٩٩٧ ، ١٩٩٩) نسبة إلى وادي الرمل في شمال العارضة ليشمل صخور مجموعة الكرب السفلية. وهذا التكوين يعادل وحده " الحجر الرملي الأبيض الكتلي" عند بندر (١٩٧٤). غير أن الحجر الرملي هنا ليس أبيضاً ولا كتلياً. لكنه يحوي مستويات بحرية ونهرية كما سنرى في العنوان التالي.

وصف التكوين

يتكشف التكوين في العارضة وجرش ونهر الزرقاء. ثم تختلف الصورة إلى الجنوب قليلاً في ماحص مثلاً. التكوين كما يظهر في العارضة وجرش يبدأ بطبقة غير مستمرة مكونة رواص الأساس Basal Conglomerates مكونة من حبات الكوارتز التي قد تصل إلى حجم الحصى الكبيرة (عشرات السنتيمترات) غير أن معظمها من حصى الكوارتز (بضع سنتيمترات في قطرها). سمك هذه الطبقة ١٠.٥ م. وهي لا تعدو أن تكون رواسب قاع القناة Channel lag بسبب عدم وجودها في كل مكان (أيضاً ١٩٨٢ Abed).
يعلو سحنة الرواخص مستوى من الصخور الرملية الخشنة الناضجة المكونة من تراكم طبقات رملية عمودياً بها تطبق متقاطع قاعي وأقل من المتوازي. اتجاه التيار القديم NNW وسمك السحنة ٢٠-٣٠ م (عابد ١٩٨٢، عميرة ١٩٩١، ١٩٩٧).
ثم يأتي مستوى كربوناتي سمكه ١٥-١٨ م مكون من الدولوميت الرملية والحجر الرملية الملتحم بالدولوميت. يوجد في السحنة هذه تطبق متقاطع ثنائي الاتجاه وأثار مستحاثات متنوعة. وكذلك قطع خشب متفحمة. ثم يأتي فوق المستوى الكربوناتي مستوى رملية جديد يشبه المستوى الرملية السفلي في وصفه أي أن تكون الرمل مكون من وحدتين رمليتين سفلية وعلوية بينهما وحدة كربوناتية (شكل ٢٢,٣). نذكر هنا أن الوحدة الكربوناتية لا توجد في غرب ماحص أو ناعور مثلاً. فهي فقط موجودة في العارضة وما يليها شمالاً.

حدود التكوين وسمكه وعمره

حدود التكوين السفلي هي حدود مجموعة الكرب في شمال الأردن. ويوضع الحد السفلي فوق سطح عدم التوافق مع صخور الجوارسي (وأحياناً توجد تربة قديمة على هذا الحد) وظهور رواص الأساس. أما حده العلوي فيوضع عندما تنتهي طبقات مستوى الرمل الثاني وظهور مستوى سميكة من الرسوبيات البحرية الكربوناتية.
سمك التكوين واضح في شكل ٢٢,٣ وهو يتراوح بين ٧٥-٩٥ م في العارضة وجرش على الترسيب. أما عمره فهو عمر قاعدة مجموعة الكرب كما ذهبنا إلى ذلك في فقرة ٥,٥,٣ ولا داعي للتكرار.

بيانات الترسيب

ترسب المستويان الرمليان في بيئة نهريّة بسبب خلوهما من المستحاثات وأثار المستحاثات والتراكيب الرسوبية التي تشير إلى بيئة بحرية. بينما المستوى الكربوناتي قد ترسب في بيئة المد والجزر إلى حد كبير (أنظر عابد ١٩٧٨، ١٩٨٢، عميرة ١٩٩٧، عميرة وعابد ١٩٩٩).

٢. تكوين جرش Jarash Formation

التسمية

وضع الاسم عميرة (١٩٩٧) نسبة إلى مدينة جرش ليشمل الجزء الأوسط من مجموعة الكرب. ومن ثم فإنه يعادل وحدة الحجر الرملية متعدد الألوان عند بندر (١٩٧٤) على الرغم من الاختلاف الواضح الناتج عن وجود مستوى كربوناتي بحري سميكة في أسفل التكوين مع الصخور الرملية الملونة.

وصف التكوين

يتكشف التكوين بشكل جيد في العارضة ونهر الزرقاء وجرش. وهو مكون من وحدتين صخريتين واضحتين. الوحدة السفلى كربونائية مكونة من الحجر الرملي الناعم الذي يتعاقب مع المارل والصخور الطينية والغضار الأسود والدولوميت الرملي والطينية وبعض مستويات الحديد الأوليتي والغلوكونيت. وصف هذه السحنات يشبه وصفها في تكوين بير فعاس في شمال الأردن. وقد فصلناه قبل قليل. ولا داعي للتكرار. نضيف إلى ذلك وجود بعض القنوات في هذا المستوى التي قد يصل عرضها ١٢٠ سم وعمقها ١٠ م. أفضل مكان لرؤية الجزء السفلي من هذه الوحدة هو جسر نهر الزرقاء وإلى الغرب منه حيث موقع العنبر الشهير (باندل وحدادين ١٩٧٩). يعلو هذه الوحدة الكربونائية وحدة رملية خالصة مكونة من تراكم رواسب القنوات عموديا وأفقيا وكذلك تراكم عمودي لطبقات الرمل. يوجد التطبيق المتقاطع المتوازي أحادي الاتجاه الذي يشير إلى اتجاه الشمال. توجد بقايا النباتات وآثار المستحاثات القارية. وهذه عادة ما توجد في طبقات الغرين والغضار التي تمتد مسافات كبير وسمك لا يزيد عن ٤ م للمستوى الواحد .

حدود التكوين وسمكه وعمره

حد التكوين السفلي يوضع عند ظهور أول طبقة رمل أفقية متوازية (يعلوها بقية وحدة الكربونات) فوق صخور الحجر الرملي الكتلية النهرية من تكوين الرمل السفلي. وينتهي التكوين عند ظهور أول طبقة دولوميت من تكوين بير فعاس فوق وحدة الرمل الكتلية التابعة لهذا التكوين (شكل ٢٢،٣). سمكه يتراوح بين ٨٤-٦٠ م في العارضة وجرش. وقد سجل عميرة (١٩٩٧) وعابد (١٩٨٢) أن الوحدة الكربونائية موجودة في البقعة وماحص بسمك لا يزيد عن ١ م . ولكنها لا تصل إلى ناعور (شكل ٢٢،٣). أما عمره فهو أبتي ألبى كما ذهبنا إلى ذلك في الفقرة ٥،٣،٣ سابقا.

بيئات الترسيب

يغلب على بيئة الكربونات (السفلى) بيئة المد والجزر وأحيانا بيئة المستنقعات التي ترسب فيها الغضار الأسود واللغيت والعنبر. وقد وجد بها بدايات ظهور النباتات البذرية Angiosperms. وهي من الأماكن في العالم التي سجل فيها البدايات المبكرة لهذه النباتات الزهرية التي سادت في حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي). أما بيئة وحدة الرمل (العلوي) فهي نهريّة.

٣. تكوين بير فعاس Bir Fa'as Formation

قد فصلنا القول فيها سابقا عند حديثنا عن وسط الأردن وجنوبه (فقرة ١،٧،٣،٣) فعد إليها إن شئت.

٨،٣،٣ نظرة إقليمية على مجموعة الكرب

قد تركنا رسوبيات الجوارسي وبيئات ترسيبها على أنها بحرية في تكوين المغنية وهو آخر تكوين في الجوارسي موجود في الأردن . غير أن شاطئ الجوارسي الأقصى جنوبا لا يذهب كثيرا أبعد من مدينة عمان عاصمة الأردن. جنوبها كانت المنطقة مرتفعة قارية لم يترسب فيها الجوارسي. أما شمالها فإننا أيضا لا نجد نهاية العصر الجوارسي العليا فهي مزالة بالحت.

في هذا الوضع نأتي إلى زمن مجموعة الكربن. ويبدو أن عملية رفع شاملة قد حدثت في المنطقة عموماً بحيث انحسر بحر التيثس شمالاً إلى نحو حدود البحر المتوسط الحالية أو أبعد قليلاً. وأصبحت المنطقة قارية. فاعتراها الحت الذي أزال بعض أجزاء الجوارسي العلوية تبعاً للموقع من الشرق الأوسط. وقد أضاع أيضاً أجزاء من الترياسي في المناطق التي يقع فيها الكربن فوق الترياسي مثل شمال شرق البحر الميت ووادي ناعور. وقد تعارفنا على تسمية هذا السطح سطح عدم التوافق الحتي الكربني. أدى الحت السريع للمناطق التي ارتفعت والترسب في المناطق المنخفضة نسبياً إلى توزيع رسوبيات الكربن السفلى التي كانت نهريّة متشعبة في معظمها تكوين الكرك والجزء السفلي من تكوين الرمل. غير أن البحر عاد وارتفع فتقدم على المنطقة فغمر الأجزاء الشمالية ورسب المستويات الكربوناتيّة في تكويني الرمل وجرش مع انحسار أيضاً أدى إلى رسوبيات نهريّة في التكوينين وبعض المستنقعات. غير أن هذه التقدّمات البحرية لم تصل إلى جنوب ووسط البلاد فبقي تكوين الحمامات نهري متعرج لم تصله مياه البحر. وأخيراً حدث تقدم كبير نسبياً في أثناء بير فعاس غطى معظم الأردن والدول المجاورة ورسب رسوبياتها المدية وتحت المدية والمستنقعية. الشكل ٢٣,٣ يوضح مقارنة للسحانات الرسوبية البحرية والنهرية في مجموعة الكربن في المنطقة (عميرة ١٩٩٧). بينما الشكل ٢٤,٣ يوضح خطوط الشاطئ للكربن في الأردن والنقب والإزاحة الناتجة عن صدع البحر الميت التحويلي بمقدار ١٠٠ كم. لمزيد من التفاصيل أنظر عميرة ١٩٩٧ و ١٩٩٩ وعميرة وعابد ١٩٩٩.

٩,٣,٣ مجموعة الكربن تحت سطحي

ليس سهلاً أن نتحدث في هذا الموضوع على الرغم من كثرة ما كتب فيها وذلك لسبب واحد بسيط هو أن الحد السفلي للتكوين ما زال يشمل أجزاء من تكوين الديسي وأن حده العلوي قد أضيف إلى تكوين ناعور عند بعض المؤلفين. وبالتالي فإن خرائط توزيع سماكة مجموعة الكربن يعثرها عدم الدقة في سمك المجموعة. غير أن القارئ يمكن أن يقرأ ما كتبه أبو سعد والبشيش (Abu Saad and Al. Bashish 1996) من قسم الجيولوجيا تحت السطحية في سلطة المصادر الطبيعية حيث أفردا نشرة كاملة لدراسة الكربن سطحيًا وتحت سطحيًا ورسمًا مقاطعًا وتوزيع سمكته. فارجع إليها أن شئت. وباختصار يمكن أن نقول أن سمك الكربن يتناقص نحو الجنوب والجنوب الشرقي. وكذلك وبشكل أقل نحو الشرق (الريشة والأزرق).

٤,٣ مجموعة عجلون Ajlun Group

أو رسوبيات الكريتاسي الأعلى
UPPER CRETACEOUS

١,٤,٣ سياق تاريخي في تسمية المجموعة

تغطي صخور مجموعة عجلون أجزاء كبيرة من مرتفعات الأردن الغربية. وهي مكونة أساساً من الصخور الجيرية التي تقع فوق صخور الكربن الفتاتية الرملية. ويأتي فوقها صخور مجموعة البلقاء من الصوان والفوسفات والصخور الجيرية. كان كوينل (Burdon 1959 و Quennell 1951) أول من أطلق لفظ "مجموعة عجلون" على الصخور الجيرية والمارلية المكونة للكريتاسي الأعلى (سينوماني-توروني). وقد

أطلق أيضا لفظ "مجموعة البلقاء" على صخور الكريتاسي الأعلى - الثلاثي التي تعلوها. غير أنه لم يقسم هذه المجموعة إلى تكاوين بل تحدث عنها من خلال حديثه عن العصور الجيولوجية التي تتبعها المجموعتان. وقد أسماها فتزل ومورتون (1959) "حجر جير جوديا" نقلا عن جيولوجية فلسطين. وفي عام 1959 أيضا قسمت المجموعة إلى سبعة تكاوين A7.A1 (Wolfart, 1959). تبعه في ذلك ماكدونالد (1965,a,b). غير أن المصري (1963) هو الذي أعطى أسماء جغرافية لهذه الأجزاء أو التكاوين. وهي التكاوين التي نعرفها ناعور والفحيص والحرر وشعيب ووادي السير. أنظر جدول 5.3. وقد كانت أسماء المصري موفقة فتبعه في ذلك خلق كثير. وهي الأسماء التي تبناها مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية منذ أواسط الثمانينات. نعود إلى البعثة الجيولوجية الألمانية (بندر 1963، 1968، 1974) التي لم تستعمل أسماء المصري بل وضعت تسميات خاصة بها معتمدة على التركيب الصخري وبعض صفاته الأخرى. وهي أكبر سمكا من تكاوين المصري على النحو التالي:

تكوين ناعور والفحيص = وحدة الحجر الجيري العقيدى عند بندر.

تكوين الحرر وشعيب = وحدة الحجر الرملي الإكنويدي.

تكوين وادي السير والغدران = وحدة الحجر الجيري الكتلي.

أنظر جدول 5,3. غير أن تسميات بندر أصبحت الآن شبه غير مستعملة لتعارضها مع الفكرة الأساسية في التسميات الدولية. وستتبع تسميات المصري في كتابنا هذا. بقي أن نذكر أن اسم المجموعة مأخوذ من "عجلون" بينما أسماء جمع أجزائها مأخوذة من منطقة عمان أو البلقاء.

٣,٤,٢ وصف عام لمجموعة عجلون

تركنا مجموعة الكربن وقد تقدم بحرهما وغطى أجزاء واسعة من الأردن بمياه ضحلة رسبت الدولوميت والغلوكونيت (Mansour 1982) وAbed and (غيرها) تكوين بير فعاس) في بيئة مدية وما تحتها قليلاً مع الترسيب أحيانا في بيئة المستنقعات في شمال الأردن. كان ارتفاع سطح البحر متواضعا ومن ثم فقد كانت كميات الصخور الرملية ما زالت كبيرة حتى في أعلى الكربن. كل ذلك حدث في العصر الألبى.

غير أن مجموعة عجلون قد بدأت في الترسيب في أثناء ارتفاع كبير لمستوى البحر عالميا مع بداية العصر السينوماني من الكريتاسي الأعلى. لقد كان الأردن جزءا من الرف القاري العريض epicontinental لبحر التيثس. ولا نشك في أن البحر كان شمالا وغربا حيث كان التقدم من هذا الاتجاه نحو الجنوب. غمر هذا البحر معظم الأردن عدا أجزاءه الجنوبية جدا. وقد كان خط الشاطئ أكثر جنوبا من رأس النقب - بطن الغول.

ترسبت الصخور الكربوناتيّة من مياه هذا البحر وكونت مجموعة عجلون. ففي شمال ووسط الأردن تكونت المجموعة أساسا من تعاقب دوري لصخور الحجر الجيري (أو الدولوميت) مع صخور المارل المصفرة المخضرة. حتى إذا وصلنا إلى جنوب الأردن أو منطقة رأس النقب وما جاورها شمالا ازدادت نسبة المواد الرملية في هذه المجموعة. ثم ازدادت أكثر نحو الشرق في منطقة بطن الغول بحيث أصبح من الصعب التعرف على التكاوين المعروفة شمالا في هذه المجموعة. ونحو جنوب شرق الشديدة يكاد الأمر يختلط بين مجموعة الكربن ومجموعة عجلون من حيث أنهما مكونتان أساساً من الصخور الفتاتية الرملية. ويبدو أننا في هذه الأماكن الجنوبية الشرقية نكون قريبين من خط شاطئ مجموعة عجلون.

ولما كان الترسيب بحريا كلية فإن المستحاثات موجودة بكثرة وبتنوع كبير في جميع أجزاء التكوين. وكذلك آثار المستحاثات. الشكل ٢٥،٣ يوضح صورة عامة لوضع مجموعة عجلون في الأردن شمالا - جنوبا.

٣،٤،٣ سمك مجموعة عجلون

تبلغ مجموعة سمكها الأقصى في شمال الأردن. فهي ٦١٠ م في نهر الزرقاء و ٥٨٥ م في بئر الرمثا ٩٠ م تنقص إلى ٣٢٥ م في منطقة عمان ثم تزداد في وسط الأردن إلى ٤٥٠ م في وادي الموجب و ٣٩٥ م في وادي الكرك و ٣٤٠ م في وادي الحسا. وهي قريبة من ذلك ٣٣٥ م إلى الغرب في وادي البستاني قرب ضانا. وفي رأس النقب ١٨٠ م. وهي أقل كثيراً من ذلك جنوب شرقي الشدية. أما في جنوب شرق الأردن فهي أقل سمكا من جميع أرجاء الأردن. ففي شمال وادي السرحان ١٠١ م. وفي وقت الصوان شمال باير ١٢٠ م وفي زقيمات الحصة ١٦ م فقط. ويبدو أن منطقة باير كانت مرتفعة في أثناء مجموعة عجلون والبلقاء بحيث لم يترسب منها إلى بضعة عشر مترا في زقيمات الحصة. وهي تكاد تكون صفرا في محذب وادي عرفة شرق الجفر قريبا من مخفر عناب. وسنזור هذه المنطقة وهذه الفكرة مرة أخرى في مكان آخر من هذا الكتاب. إذن وباختصار ينقص سمك المجموعة جنوباً بالتدرج وجنوب شرق بشكل سريع. أنظر شكل ٢٥،٣.

٣،٤،٤ حدود المجموعة

نضع الحد السفلي لهذه المجموعة عندما تنتهي طبقات تكوين بئر فعاس الكربني الصفراء المكونة من الدولوميت الرملي والغلوكونيت والغضار الأسود وبعض طبقات الرمل. وظهور صخور الحجر الجيري العادي (الرمادي) المستحاثي الممثلة لقاعدة المجموعة. وبهذا التعريف فإن وحدة الدولوميت - الغلوكونيت الصفراء هي من مجموعة الكربن. وقد وصفناها هناك. وهي ليست جزءا من تكوين ناعور أو بشكل أدق هي ليست العضو السفلي في مجموعة ناعور الذي سمي عضو الجهرة.

أما حدها العلوي فيوضع عندما تنتهي طبقات الحجر الجيري المستحاثي الجرفي المكون لقمة وادي السير وقمة المجموعة وظهور مستوى سميك من الطباشير يشكل قاعدة مجموعة البلقاء (تكوين الغدران). هذا الحد العلوي الواضح لا يبقى كذلك واضحا جنوب وادي الحسا وفي مناجم الحسا شرقا. إذ يختفي مستوى الطباشير ونضع الحد العلوي هنا عند نهاية قمة وادي السير الجيرية الكتلية (لم تتغير كثيرا) وظهور صخور البورسيلينيت (تربولي والصوان والحجر المستحاثي) التابعة لتكوين الغدران. وسنفصل القول في هذا الحد عندما ندرس تكوين الغدران في مجموعة البلقاء.

٣،٤،٥ عمر المجموعة

في جملة واحدة نقول أن عمر المجموعة يشمل عصري السينوماني والتوروني من الكريتاسي الأعلى Cenomanian - Turonian. غير أننا إذا أردنا التدقيق فإن بداية المجموعة يجب أن تكون من السينوماني حسب التعريف الذي وضعناه في حدود المجموعة. أي عندما تكون وحدة الدولوميت - الغلوكونيت (عضو جهرة = تكوين بئر فعاس) تابعة للكربن هذه الوحدة الصخرية من العصر الألبى. وهو السبب الذي دفعنا لوضعها مع مجموعة الكربن وليس مع عجلون. واعتقد أنه أقرب إلى الصحيح. إذن يبقى حد المجموعة السفلى حسب تعريفنا (أيضا عميرة ١٩٩٧، ١٩٩٩) هو بداية السينوماني.

أما حدها العلوي فهو توروني. غير أن بعض الباحثين يضيفون جزءاً صغيراً من بداية الكونياسي إلى المجموعة. أنظر (Powell, 1989). وسنتحدث في موضوع الحد العلوي عند حديثنا عن تكوين وادي السير في وقت لاحق من هذا الفصل.

٦,٤,٣ بيانات الترسيب

لا نشك في أن الترسيب بحري لهذه المجموعة بشكل عام. دل على ذلك تكون المجموعة من الحجر الجيري والمارل وانعدام الحجر الرملي في وسط وشمال الأردن. كذلك كثرة المستحاثات وتنوعها وكثرة آثار المستحاثات. ويمكن القول أن الترسيب قد حدث في الريف القاري المفتوح أو القريب من الشاطئ أو في مسطحات المد والجزر تبعاً لتذبذب مستوى سطح البحر مع الزمن. وسيكون لنا تفصيل لهذه البيانات في حديثنا عن التكاوين. بقي أن نذكر أن سبخة كبيرة قد وجدت في مرحلة متأخرة من المجموعة في بداية التوروني شملت كل الأراضي جنوب وادي الوالة تقريباً. لكنها لم تكن موجودة شمال ذلك. وسنعود إلى هذا الموضوع.

٧,٤,٣ أجزاء المجموعة

قلنا في الفقرة ٢,٤,٣ أننا سنتبع تقسيمات المصري (١٩٦٣) في دراسة هذه المجموعة وهي مفصلة في جدول ٥,٣ وهي من الأسفل تكوين ناعور A1.2 وتكوين الفحيص A3 وتكوين الحمر A4 وتكوين شعيب 6-A5 وتكوين وادي السير A7.

٨,٤,٣ تكاوين مجموعة عجلون

في هذا العنوان فصل القول في كل تكوين من تكاوين المجموعة. ونبدأ من الأقدم.

١,٨,٤,٣ تكوين ناعور Na'ur Formation

التسمية

وضع الاسم المصري (١٩٦٣) نسبة إلى بلدة ناعور جنوب غرب عمان. وهو معادل لوحدة A1-2 عند لفارت (١٩٥٩) وماكدونالد (١٩٦٥)، ثم استعمله بعد ذلك خلق كثير من مثل باركر (١٩٧٠) وباشا (١٩٧٨) وعابد وشنايدر (١٩٨٢) وعابد (١٩٨٤) والعاملون في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية (Powell, 1988, 1989) وخلييل (١٩٩٢) كمثال. وهو يعادل الجزء السفلي من "وحدة الحجر الجيري العقدي Nodular Limestone عند بندر (١٩٧٤) أنظر جدول ٥,٣ لمقارنة التسميات.

وصف التكوين

يمكن القول أن تكوين ناعور مكون من تعاقب مستويات مختلفة السمك (لا تزيد عن ٣٠ م) من الحجر الجيري (أو الدولوميت) مع المارل. هذه هي الصورة العامة للتكوين غير أن في ذلك تفصيل. ونظراً لكثرة من وصفوا التكوين فإننا نأخذ هنا

وصف بويل (١٩٨٩) الذي هو خلاصة أعمال المسح الجيولوجي التفصيلي ١: ٥٠٠٠٠ الذي ما زالت سلطة المصادر الطبيعية تقوم به على أجزاء مختلفة من الأردن.

قسم تكوين ناعور إلى أربع وحدات صخرية من الأسفل D-A كما يلي **الوحدة A** وهي السفلى. وقد أعطيت وضع تكوين الجهرة Juhra Member وقد جعلنا هذه الوحدة جزءاً من مجموعة الكربن (الجزء العلوي = تكوين بير فعاس عند عميرة ١٩٩٧) ووصفناها هناك. ولن نعود إلى ذلك. فعد إليها أنت إن شئت.

الوحدة B بداية هذه الوحدة السفلية هي البداية الحقيقية لتكوين ناعور أي أنها تكون الحد السفلي لتكوين ناعور. وهي وحدة كربونانية صلبة مكونة للجروف فوق مجموعة الكربن. تتكون من الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي والحجر الجيري مع القليل من عقيدات الصوان. تبدأ هذه الوحدة بالحجر الجيري المستحاثي (محاريات وأويستر) يعلوه الحجر الجيري الدولوميتي الكتلي الغني بآثار المستحاثات على شكل حفر ديدان أسطوانية ومتشعبة بقطر قد يصل إلى عدة سنتيمترات. هذه الآثار مكونة من الدولوميت بينما بقية الصخري من الحجر الجيري. ولما كان الدولوميت أصلب قليلاً من الحجر الجيري في هذا الوضع، فقد نتج عن هذا المظهر العقيدي nodularity المميزة لتكوين ناعور (أنظر عابد وشنايدر ١٩٨٢ لتفصيل كيفية تشكل العقيدات الجيرية). وفي وسط الأردن سجل عابد وشنايدر (١٩٨٢) وعابد (١٩٨٤) وجود مظاهر رسوبية في وسط الوحدة تدل على أن منطقة وادي الموجب على الأقل كانت فوق مستوى سطح البحر أي على شكل جزيرة. من هذه المظاهر تشققات الطين في الحجر الجيري ووجود واد أو قناة عميقة مملوءة بفتات الدولوميت تتجه شمال غرب وغيرها من المظاهر التي تدل على بيئة المد والجزر وبيئة ما فوق المد (Supratidal). ويبدو أن عملية رفع لهذه المنطقة من وسط الأردن قد أدت إلى هذه المظاهر الرسوبية في حين كان شمال الأردن مغموراً بمياه البحر. أنظر شكل ٢٦،٣ وهو مقطع في تكوين ناعور في أكثر من موقع. يتراوح سمك هذه الوحدة بين ١٢ م في الجنوب إلى ٤٧ م في الموجب و ٢٤ م في غرب عمان.

وحدة C وهي وحدة طرية مكونة من المارل المخضر وحجر الغرين الجيري وحجر الجير الناعم الطيني والقليل من طبقات الحجر الجيري الدولوميتي الرقيق. سمك الوحدة لا يتغير كثيراً شمالاً = جنوباً. فهو ٢٠ م جنوب غرب عمان و ٤٠ م في الموجب ثم ٣٥ إلى الجنوب من ذلك. ولما كانت صخورها عموماً طرية فإنها عادة ما تشكل منحدرات سهلة فوق جروف الوحدة B. يوجد في وسط الوحدة ٨-١٠ م من الحجر الجيري الدولوميتي المستحاثي الصلب المكون للجروف. تكثر في هذه الوحدة المستحاثات الكبيرة من نوع المحاريات (*Exogyra sp*) والجلدشوكيات والبطنقدميات وبعض الرودست.

الوحدة D وهي وحدة مكونة من الكربونات عموماً من الدولوميت الرمادي والحجر الجيري الدولوميتي والحجر الجيري وبعض عقيدات الصوان. وهي كما ترى مكونة من صخور جيرية مكونة للجروف فوق الوحدة C الطرية وتحت تكوين الفحيص المارلي الطري. هذه الوحدة تكون قمة تكوين ناعور ويمكن تتبع هذه الوحدة من شمال الأردن حتى رأس النقب وهي الوحدة التي أقيم عليها سد الموجب. سمك الوحدة يتراوح بين ٢٢ م جنوب غرب عمان وتبقى كذلك في وسط الأردن (الموجب) ثم تزداد كثيراً في منطقة ضانا (وادي البستاني) حتى ٤٠ م ثم تعود إلى سمكها في منطقة عمان جنوب ذلك في منطقة رأس النقب وما حولها. تكثر المستحاثات في هذه الوحدة من المحاريات والبطنقدميات وغيرها. وفي وادي أبو خشبية غرب مادبا يوجد مستوى من الرودست غير المنقول bioherm الذي يمكن تتبعه حتى ضانا.

حدود التكوين وسمكه وعمره

الحد السفلي للتكوين يبدأ بطبقات الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي (وحدة B) فوق تكوين بير فعاس المصفر المكون من الدولوميت الرملية والغلوكونيتي التابع للكرنب. أما حدها العلوي فهو نهاية الوحدة D المكون من الصخور الجيرية الدولوميتية المستحاثية الكتلية الجرفية الواقعة تحت مارل تكوين الفحيص المصفر. وهو حد شديد الوضوح. أما سمك التكوين فقط وضعه باركر (1970) 220 م في منطقة عمان. غير أن بويل (1989) لم يقبل بذلك ووضع السمك 86 م فقط (أنظر شكل 26,3). يزداد السمك إلى 146 م في جنوب مأدبا ووادي الموجب ثم يتناقص تدريجياً إلى 126 م في وادي الكرك و 96 م في وادي الحسا و 70 م في الشوبك و 59 م في غرندل وادي عربية و 39 م في رأس النقب. أما في جنوب شرقي الأردن فهو 15 م في وقف الصوان شمال باير وحوالي 11 م في زقيمات الحصاة جنوب باير وقل كثيراً إلى صفر في شرقي الجفر (محدب وادي عرنة). أما عمر التكوين (عند استثناء عضو الجهرة للأسباب التي ذكرناها سابقاً) فهو سينوماني أسفل (Shahrour 1996, Powell, 1989, Basha 1978).

بيئات الترسيب

لا شك أن هذا التكوين قد ترسب في أثناء ارتفاع واضح لمستوى سطح البحر فوق مجموعة الكرنب الرملية. إن كثرة المستحاثات وتنوعها وآثار المستحاثات والحجر الجيري وانعدام الرمل يدل على ترسيب في بيئة بحرية تحت مستوى المد والجزر (Subtidal) في رف قاري عريض مفتوح. لكننا نضيف إلى ذلك أن وسط الوحدة B يحوي مظاهر رسوبية أشرنا إليها سابقاً تدل على أن وسط الأردن قد عانى من انكشاف كامل وأصبح فوق مستوى البحر كجزيرة وفي أقصى الجنوب وإلى الشرق من رأس النقب يسود الرمل في هذا التكوين وتصبح الصورة قريبة من خط الشاطئ. إن وجود شعاب الرودست قرب مأدبا جنوب غرب يدل أيضاً على مياه ضحلة جداً قرب الشاطئ. غير أنه لا بد من القول أن بيئة ترسيب مستويات الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي والدولوميتي هي أقل عمقاً من بيئة ترسيب مستويات المارل. يدل على ذلك تنوع المستحاثات في المارل وكثرة مستحاثات الفوراميفيرا القاعية والعالقة (Shtewi 1994).

٢.٨.٤.3 تكوين الفحيص Fuheis Formation

التسمية

سمي التكوين نسبة إلى بلدة الفحيص شمال غرب عمان (المصري 1963). ويساوي A3 عند ولفارت (1959) ومكدونالد (1965). ويعادل الجزء العلوي من "وحدة الحجر الجيري العقيدي" عند بندر (1974). أنظر جدول 5,3.

وصف التكوين

تكوين الفحيص أساساً مارلي. فهو يتكون من المارل الأخضر وحجر الغرين الجيري والقليل من الحجر الجيري المستحاثي والعقيدي. وفي بعض الأماكن حجر جيري من الكوكينا المكونة من الأويستر. ولما كان المارل هو المسيطر في التكوين وهو صخر طري فإن التكوين عادة ما ينتج عنه منحدرات سهلة. أنظر شكل 27,3 الذي يوضع عدة مقاطع في هذا التكوين شمال - جنوب. ففي منطقة غرب العامرية (بضعة كيلومترات غربي ناعور) قاس شتيوي (1994) مقطعاً في تكوين الفحيص (شكل 27.3). وهو يتكون من تعاقب مستويات من المارل والحجر الجيري المارلي.

وفي الجنوب الغربي من مأدبا في وادي أبو خشبية يوجد المارل في بداية التكوين يعلوه حجر جيرى مستحاثي متعاقب من المارل غني بأنواع كثيرة من المستحاثات منها الرودست. ثم يعود المارل ليكمل بقية التكوين العلوية التي يوجد بها ١ م من الحجر الجير الغني بالأويستر.

وفي وادي الموجب تصبح الصورة مغايرة قليلاً إذ يبدأ التكوين بالمارل والغرين الجيري (٤١ م) فوق قمة تكوين ناعور الجيرية الكتلية. ثم يأتي ٣٥ م من الحجر الجيري العقيدى أحياناً والذي يتعاقب أحياناً مع بعض المارل أو الغضار الأخضر. هذا المستوى يشكل جرفاً واضحاً في تكوين الحمر. وقد دعاه بويل (١٩٨٨ و ١٩٨٩) و خليل (١٩٩٢) عضو الكرك Karak Member. ثم يعلو هذا الجرف مزيد من طبقات المارل والطين والغضار والغرين الطرية التي تسبب الانزلاقات الأرضية الكثيرة في وادي الموجب (شكل ٣، ٢٧). توجد أنواع وأعداد كبيرة من المستحاثات في عضو الكرك. تستمر هذه الصورة التي وصفناها في وادي الموجب في أودية الكرك والحسا وما حولها من وسط الأردن مع تغير في سمك المستويات المختلفة. غير أننا إذا ذهبنا إلى الجنوب أكثر من ذلك أي إلى رأس النقب والمناطق الشمالية منها مثل دلاغة وراجف وغيرها فإن من الصعب أن نرى تكوين الحمر بصورته التي نعرفها. وقد استقر رأي العاملين في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية أن تكوين الفحيص يبقى مستعملاً حتى جنوب وادي الوالة فقط. ومن وادي الوالة جنوباً تصبح تكاوين الفحيص والحمر وشعيب متداخلة وليس من السهل تحديد الحدود بينها. وقد اعتبروها وحدة واحدة لأغراض المسح الجيولوجي أطلقوا عليها "تكوين فحيص/حمر/شعيب أو F/H/S" وهي الحروف الأولى من التكاوين الثلاثة. ومن ثم فسندرس هذا التكوين الجديد المساوي للتكاوين الثلاثة في وسط وجنوب الأردن في عنوان مستقل بعد اكتمال وصف التكاوين هذه في شمال الأردن.

حدود التكوين وسمكه وعمره

يقع تكوين الفحيص فوق مستوى الجير/ الدولوميت الكتلي المكون لقمة ناعور. ولما كان الفحيص مارلياً فالتعرف على الحد السفلي أمر ميسور. أما الحد العلوي فإنه يوضع عندما ينتهي تتابع صخور المارل والحجر الجيري المارلي المخضرة ويظهر مستوى سميكة من الصخور الجيرية الدولوميتية المكونة لتكوين الحمر. هذا في شمال الأردن. سمك التكوين ٨٠ إلى ٩٠ م في اربد و ٨٠ م في صويلح و ٥٧ م في جنوب غرب عمان و ٧٠ م في زرقاء ماعين و ٥٥ م في وادي أبو خشبية جنوب غرب مأدبا. أما عمره فهو السينوماني (فتزل ومورتون ١٩٥٩، باشا ١٩٧٨، Dilley ١٩٨٥، Sharhrou 1996).

بيئات الترسيب

إن كثرة المستحاثات وتنوعها ووجود الفوراميفرا القاعية والعالقة جميعها تشير إلى بيئة بحرية مفتوحة في الرف القاري الداخلي. وقد دلل شتيوي (١٩٩٤، Shtewi) بما لا يدع مجال للشك أن مستويات المارل في مجموعة عجلون جميعها أكثر عمقاً من مستويات الصخور الجيرية والدولوميت. وبالتالي فقد كانت بيئة تكوين الفحيص أكثر عمقاً من بيئة ترسيب تكوين ناعور. غير أنه لا يجب أن يغرب عن بالنا أن بعض مستويات الحجر الجيري المستحاثي في الفحيص قد ترسبت في بيئة أقل عمقاً من بيئة التكوين بشكل عام ولكنها بحرية ضحلة.

٣.٨. ٤، ٣ تكوين الحمر Hummar Formation

التسمية

سمي التكوين نسبة إلى قرية الحمر الواقعة بين صويلح والفحيص (المصري ١٩٦٣). ويساوي A4 عند ولفارت وماكدونالد . ويعادل الجزء السفلي من وحدة " الحجر الجيري الإكنويدي" عند بندر (١٩٧٤). أنظر جدول ٥,٣.

وصف التكوين

الصفة الرئيسية لتكوين الحمر أنه جيري صلب مكون للجروف فوق تكوين الفحيص الطري المارلي. سيقصر وصفنا لهذا التكوين على شمال الأردن حتى وادي الموجب. أما بقية الأردن فتحدث عنه في عنوان F/H/S لاحقاً. يتكون الحمر من الحجر الرمادي والحجر الجيري الدولوميتي الناعم والدولوميت. يوجد مع هذه الصخور الكربوناتية الصلبة طبقات رقيقة من الحجر الجيري الطيني أو المارلي نحو قاعدة التكوين.

ففي مقطع أم الدناير غربي البقعة (شتيوي ١٩٩٤) يبدأ التكوين بالحجر الجيري المارلي الغني بالمستحاثات من المحاريات والبطنقديات فوق مارل الفحيص (١٧م). ثم يسود الحجر الجيري والحجر الجيري الدولوميتي لا يقطعه سوى مستوى رقيق (٢م) من المارل. وفي نهاية التكوين (الأمتار الخمسة العليا) يوجد الحجر الجيري المارلي. وفي منطقة العامرية (شتيوي ١٩٩٤) توجد وحدة جيرية في بداية التكوين مكونة من تطبق متقاطع كبير أو أفضل من ذلك هي Clinoform. (شكل ٢٨,٣).

وفي وادي أبو خشبية جنوب غرب مادبا (بويل ١٩٨٩) لا يتغير الوصف كثيراً عما ذكرناه أعلاه. نضيف فقط أن الجزء العلوي جرفي دولوميتي أو جيري ناعم يحوي طبقات غنية بالأوبستر والروست والمرجان. ويبدو أن الروست تكون شكلاً متواضعاً من الشعاب في هذه المنطقة وفي منطقة كتم في شمال الأردن (باركر ١٩٧٠).

حدود التكوين وسمكه وعمره

حده السفلي هو الحد الفاصل بين مارل الفحيص الغني بالمستحاثات (تحت) مع طبقات الحجر الجيري الناعم قليل المستحاثات (فوق) الممتدة لبداية الحمر. أما نهايته العليا فتوضع عند انتهاء الصخور الجيرية والدولوميتية (وأحياناً بها بعض المارل) الكتلية الجرفية وابتداء ظهور مارل تكون شعيب المصفر.

سمك التكوين ٦٠- ٦٥ م في الحمر وصويلح وما جاورها. ينقص إلى ٤٢م في وادي أبو خشبية جنوب غرب مادبا و ٣٦ م في وادي الوالة. بعد ذلك ومن الموجب جنوباً يتداخل هذا التكوين مع الفحيص وشعيب (F/H/S).

عمر التكوين ما زال سينوماني ولكن أعلى Upper Cenomanian باشا ١٩٧٨ و Dilley (1985, Shahrour 1996).

بيئة الترسيب

في دراسة معمقة لسحنات هذا التكوين سجل شتيوي (١٩٩٤) السحنات التالية من الأقدم: ١. مكريت قليل المستحاثات، ٢. حجر جيري مليوليدي و ٣. حجر جيري مستحاثي ذو تطبق متقاطع. وجميعها تشير إلى بيئات قريبة جداً من الشاطئ. أولاًها تبدو أنها ترسبت في بيئات بحرية شاطئية محصورة وكذلك الثانية. أما الثالثة فبيئتها ذات طاقة عالية ولكنها ضحلة قد تكون تحت مدية فوق مستوى قاعدة الأمواج. هذه البيئات اقل عمقا من بيئات تكوين الفحيص التي تحوي قدراً كبيراً من الفورامنيفرا العالقة التي تدل على ترسيب في الرف القاري الداخلي المفتوح. فإذا أضفنا إلى ذلك ملاحظات بويل (١٩٨٩) عن وجود شعاب الروست وبعض المرجان في نهاية التكوين ازداد الدليل وضوحاً على أن بيئات ترسيب هذا التكوين اقل عمقا من تكوين الفحيص بشكل واضح. ومن ثم فقد يكون مستوى سطح البحر قد هبط في أثناء ترسيب هذا التكوين نسبة إلى مستوى بحر تكوين الفحيص.

٤,٨,٤,٣ تكوين شعيب Shueib Formation التسمية

سمي هذا التكوين بالنسبة لوادي شعيب (المصري ١٩٦٣) . وهو يساوي ٦ - A5 عند ولفارت (١٩٥٩) وماكدونالد (١٩٦٥) . ويعادل الجزء العلوي من وحدة " الحجر الجيري الإكنويدي " عند بندر (١٩٧٤) . أنظر جدول ٥,٣.

وصف التكوين

لاحظ أن ولفارت وماكدونالد قد تحدثنا عن وحدتين صخريتين في هذا التكوين هما A5 و A6. ولم أر مكانا أفضل ولا اجمل من رؤية هاتين الوحدتين غير مقطع أم الدنانير في مجموعة الطبقات شديدة الميل في جنوب غرب البقعة مباشرة فوق نبع أم الدنانير. شكل ٣. ٢٩ (شتيوي ١٩٩٤).

الوحدة السفلى (A5) تتكون من تعاقب أربعة مستويات مارلية مع أربعة مستويات جبيرية . سمك الوحدة هنا قرابة ٥١ م. ونسبة المارل إلى الحجر الجيري ١:١ . المستويات الجبيرية تتراوح في السمك بين ٣-٥ م وهي مكونة من الحجر الجيري الواضح العقيدية والكتلي والناعم وتحتوي مستحاثات كبيرة من البطنقدميات والمحاريات والأمونيت. أما المارل فهو مصفر وغير متكشف جيدا لأنه مزروع بأشجار الزيتون.

الوحدة العليا (A6): ما زلنا في أم الدنانير. سمك هذه الوحدة هنا قرابة ٢٩ م. وهي مكونة من طبقات رقيقة وأحيانا رقائقية من نوعي الصخور الحجر الجيري و (أحيانا الحجر الجيري المارلي) والمارل. هذان النوعان من الصخور يتعاقبان بسرعة في دورات قليلة السمك تقاس بالسنتيمترات أو عشرات السنتيمترات. ويغلب على الوحدة جميعها أنها طرية لكثرة المارل فيها حيث نسبة المارل حجر جيري ١:٢ . ومن ثم فهي تشكل طبوغرافية منخفضة ومزروعة أحيانا ، وبالتالي فإنها من النوع المانع أو غير المنفذ للمياه. تنتهي هذه الوحدة علويا بطبقة سميكة من الحجر الجيري المارلي تحت تكوين وادي السير (شكل ٢٩,٣).

لا تبقى الصورة كذلك نحو الجنوب، فإذا تركنا شتيوي وأم الدنانير فإن بويل (١٩٨٩) قد وصف التكوين حتى وادي الموجب. ومما ذكره أن وسط التكوين يحوي طبقتين من الحجر الجيري الناعم المستحاثي. العليا منهما تحوي الأمونيت يفصلهما ٣٣ م من المارل في وادي أبو خشبية جنوب غرب مادبا. فلم تبقى الصورة التي ذهبنا إليها في أم الدنانير.

وأهم من ذلك فقد وصف عابد والحياري (١٩٨٦) والحياري وعابد (١٩٨٦) وجود مستوى حامل للجبس في أعلى تكوين شعيب يبدأ في وادي الوالة ثم إلى الجنوب حتى جنوب الطفيلة (عين لحظة). هذا المستوى يقع تحت تكوين وادي السير بضعة أمتار. وهو مكون من قرابة ٥ م في وادي الوالة و ٢٨ م في وادي الموجب ثم يتناقص جنوباً إلى بضعة أمتار. الجبس عقيدى ورقائقي وجيد التطبيق وجيد التبلور. يرافقه الدولوميت عديم المستحاثات والطين الأخضر والأحمر عديم المستحاثات. ويرافقه أيضا مستويات رقيقة جدا تقاس بالملمتر من الحجر الجيري الأوليتي ذي التطبيق المتقاطع والحجر الجيري الأوستراكوذي الخالص. وفي هذا المستوى أيضا تشققات الطين في الدولوميت . هذه الوحدة الجبسية غير موجدة في شمال وادي الوالة (شمال وادي الوالة).

حدود التكوين وسمكه وعمره

في شمال الأردن وحتى الموجب يسهل الحديث عن تكوين شعيب كوحدة صخرية محددة المعالم تبدأ بمستوى من المارل المصفر فوق صخور الحجر الجيري/ الدولوميتي

المستحاثي المكونة لأعلى تكوين الحمر. وينتهي عند انتهاء الصخور المارلية الجيرية الرقيقة (يغلب عليها المارل) وبداية ظهور صخور الحجر الجيري المستمرة المكونة لتكوين وادي السير الجيري.

أما سمكه فهو ٦٥م في عجلون و ٦٠ م في أم الدنانير (البقعة) و ٧٢ م في ناعور ومثلها في وادي أبو خشبية و ٦٥م في الوالة و ٥٥ م في الموجب. و ٣٣- ٦٥ م في الأزرق. عمر التكوين عن الباشا (١٩٧٨) وفتزل ومورتون (١٩٥٩) و Dilley (١٩٨٥) و Powell (١٩٨٩) هو التوروني الأسفل Lower Turonian. وقد بنى هؤلاء الباحثين رأيهم على وجود الأمونيت التالية

Pseudotissotia aff. Segnis

Thomasites Sp.

Fagesia sp ١٩٥٩ فتزل ومورتون

Choffaticeras luciae trissellatum

Thomaasites rollandii rollandii

Fagesia lenticularis lenticularis 1989 بويل

وقد وجدت هذه الأمونيت في طبقة جيرية في التكوين تمتد من وادي الحسا إلى شمال الأردن. وأن هذه الطبقة يجب أن تكون من التوروني الأسفل. ومن ثم فمن غير الواضح ما إذا كان جميع التكوين كذلك. ويبدو أن الجزء السفلي أو بعض الأمتار السفلى ما زالت تابعة للسينوماني الأعلى. أما الباشا فقد بنى عمر التوروني في الأسفل على أساس من مستحاثات الفورامنيفرا.

بيئة الترسيب

لما كانت صخور هذا التكوين فيها الكثير من المارل الحامل لأنواع كثيرة ومتنوعة من المستحاثات وعلى الأخص الفورامنيفرا العالقة والقاعية وخاصة الأولى، فإن بيئة الترسيب تعود هنا إلى الرف القاري المفتوح الداخلي. أي أنها أكثر عمقاً من بيئة ترسيب تكون الحمر. هذا في شمال الأردن. لكننا عندما نصل إلى وادي الوالة ووادي الموجب وإلى الجنوب من ذلك فإن "وحدة الجبس" التي أشرنا إليها في وصف التكوين (عابد والحياري ١٩٨٦) قد ترسبت في سبخة ضخمة زاد امتدادها على ١٠٠ كم في اتجاه شمال جنوب. ونعتقد أنها تصل إلى الأزرق شرقاً حيث طبقات الجبس الموجودة في قاع تكوين وادي السير في أبار حمزة لا بد أنها هي نفسها المكافئة لصخور تكوين وادي شعيب العليا) سهى ياسين (١٩٩٢). وهذه السبخة أيضاً موجودة في جنوب النقب بإزاحة واضحة نحو الجنوب بسبب صدع البحر الميت التحويلي. وعندما نقول سبخة فإننا نعني سبخة شاطئية مكونة من رسوبيات المد وما فوق المد. وهي تشبه في سحناتها سبخات الخليج العربي حالياً. وهذا يعني أن وسط وجنوب الأردن قد عاني من عملية رفع في بداية التوروني أدت إلى انخفاض مستوى البحر وتحول المنطقة إلى سبخة في حين بقي شمال الأردن مغموراً ببحر عميق نسبياً.

5.8.4.3 تكوين فحيص- حمر- شعيب F/H/S Formation

التسمية

لم يستطع ماكدونالد (١٩٦٥) ولا باركر (١٩٧٠) وصف تكاوين فحيص والحمر وشعيب كما تبدو في شمال الأردن. فجمعوها في وحدة صخرية واحدة. أطلق عليها جيولوجيو المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية تكوين F/H/S. وهي الأحرف الأولى من أسماء تكاوين فحيص والحمر وشعيب بالأجنبية. وذلك تحاشياً لوضع اسم جديد لها ولتبقى صلتها بالتكاوين الأصلية قائمة. وعندما عمل العوران (Ouran 1996) رسالته شمال رأس

النقب على صخور الكريتاسي الأعلى وجد الشيء ذاته لكنه أسمى هذه الصخور تكوين عين غرنندل Ain Garanal Formation. أقيمت على اسم F/H/S لأنه أكثر شيوعاً الآن بسبب كثرة نشرات السلطة وأعمالها الجيولوجية ومنعاً للبس.

وصف التكوين

على الرغم من أن المتتبع لهذه التكاوين الثلاثة في وادي الموجب وما يليه جنوباً يستطيع أن يربطها بأصولها في الشمال، إلا أن الحدود لم تعد سهلة التمييز وتحتاج إلى قدر كبير من الجهد. وبالتالي فإن هذه التكاوين قد وضعت في وحدة واحدة. يغلب عليها عموماً صخور المارل وحجر الغرين الجيري والغضار المخضر والصخور الطينية والمستويات الجيرية أو الدولوميتية. فهي وحدة مختلطة التكوين. لكنها تجمع الصخور الطرية عموماً بين قمة ناعور الجيرية الجرفية وتكوين وادي السير الجيري الواضح. الشكل ٣٠،٣ يوضح أكثر من مقطع في هذه الوحدة. الوصف التالي مأخوذ من بويل (1989، 1988) و خليل (١٩٩٢) والعوران (١٩٩٦) والوصف يتركز شمال وجنوب الكرك وشمال رأس النقب.

فوق جرف ناعور العلوي المكون من الحجر الجيري الدولوميتي الصلب (قراءة ٢٠م) يوجد مستوى من الصخور الطرية المكونة من المارل الأخضر (٢١م) الذي يحوي بعض طبقات الحجر الجيري الناعم. يعلو هذا المستوى الطري مستوى جرفي من الحجر الجيري العقيدي به القليل من المارل والغضار أسماه بويل عضو الكرك Karak Member. وهو ٣٥ م في الموجب و ١٨ م في وادي الكرك. وهو أيضاً غني بالمستحاثات. يعلو هذا العضو ١٣ م من المارل المصفر بها بعض طبقات الحجر الجيري الدولوميتي الرقيقة حاملة للأمونيت والبطنقدميات. وفوق هذا المستوى المارلي يوجد عضو الوالة Wala Member بسمك ٨،٥ م المكون من الحجر الجيري الناعم المستحاثي (محاريات وأمونيت و بطنقدميات وبريوزوا). يعلوه ١١ م من المارل الأخضر الذي ينتهي بطبقات رقيقة من الحجر الجيري الدولوميتي والغلوكونيت مع مستحاثات نادرة. يعلو ذلك وحدة الجبس التي تكلمنا عنها في تكوين شعيب التي يصل سمكها إلى ٢٠ م في المعدل في وسط الأردن (٢٨ م في الموجب). بها أربع مستويات جبس في الموجب ومستوى واحد في الأودية إلى الجنوب من ذلك. يصاحب الدولوميت والحجر الجيري والطين الأخضر والأحمر. هذه الصخور الطينية الحمراء والخضراء هي التي ترشد المنقبين عن الجبس في وادي الموجب والحسا لبيعه لمصنع اسمنت الرشادية في الجنوب. وقد قلنا أن هذه رسوبيات سبخة كبيرة في وسط الأردن. لم يسجل بويل وجود صخور الجبس حول رأس النقب على الرغم من أن العوران (١٩٩٦) وجد عدة مستويات رقيقة جداً (سنتمترات) من الجبس والكالكرت (تربة جيرية) في دلاغة وغرنندل وادي عربة. وقد سجل عابد والحياري (١٩٨٦) بداية ظهور الصخور الرملية في هذه الوحدة في وادي الحسا وإلى الجنوب. حيث توجد في وادي الحسا طبقة رملية واحدة بسمك ١م في وحدة الجبس. وقد فسر الرمل على أنه ترسيب نهري لعدم وجود المستحاثات أو ما يشير إلى أنها بحرية. غير أن الصخور الرملية تصبح مهمة في المنطقة حول رأس النقب وغرنندل. نعود إلى التتابع وتقول بأنه يوجد ٤ م من المارل تغطي قمة F/H/S تحت تكوين وادي السير الجيري الدولوميتي الأبيض الرمادي. شكل ٣٠،٣.

حدود التكوين وسمكه وعمره

لما كنا قد دمجتا تكاوين الفحيص والحرر وشعيب في تكوين واحد (F/H/S) فإن قاعدته المارلية (٢١م) تقع فوق جرف جيري دولوميتي من قمة تكوين ناعور وقمته المارلية (٤م) تحت الصخور الدولوميتية الجيرية البيضاء الكتلية المكونة لوادي السير. أي أنه يشمل جميع الصخور المارلية الطرية والصخور الجيرية التي بينها الواقعة بين مستويين جيريين واضحين في قمة ناعور وقاع وادي السير.

أما سمك التكوين فهو ١٣٣م في وادي الموجب و ١٣٠ م في الذراع شرقي اللسان و ١٠٢ م في وادي الحسا و ٨٠ م في غرندل وادي عربة و ٥٢م في رأس النقب. أي يتناقص السمك نحو الجنوب. عمر التكوين هو عمر التكاوين الثلاثة التي وصفناها سابقا أي سينوماني - توروني) أسفل.

بيئات الترسيب

سيطول بنا الحديث لو أردنا أن نصف بيئات ترسيب كل مستوى ذكرناه في الوصف السابق. ولكن يكفي أن نقول أن كثرة المستحاثات وتنوعها في صخور المارل وبعض مستويات الحجر الجيري تدل على ترسيب في بيئة ما تحت المد واللاغون تبعا لتذبذب مستوى سطح البحر في هذا الرف القاري العريض. ولا شك أن بعض مستويات الحجر الجيري والدولوميت الغلوكونيتية قد ترسبت في بيئات أكثر طاقة مثل بيئات المد والجزر. ثم توجد بيئة السبخة في أعلى التكوين كما وصفناها في تكوين شعيب سابقا. ونضيف إلى كل ذلك ازدياد نسبة الرمل من وادي الحسا جنوبا الذي يبدو أنه على الأقل جزئيا قد ترسب في بيئة نهريّة. وقد فصل العوران (١٩٩٦) بيئات ترسيب هذا التكوين حول رأس النقب- غرندل بناء على السحنات الصخرية الميدانية والسحنات المجهرية في رسالة ماجستير في الجامعة الأردنية فارجع إليها إن شئت المزيد.

6.8.4.3 تكوين وادي السير Wadi As Sir Formation

التسمية

سمي التكوين نسبة إلى بلدة وادي السير غرب عمان (المصري ١٩٦٣). وفي الوقت ذاته تقريبا كان بندر يسمي هذه الوحدة الصخري "الحجر الجيري الكتلي Massive Limestone Unit". نذكر القارئ أن تسمية بندر تشمل سحنة الطباشير التي تعلو تكوين وادي السير حسب المصري. أنظر جدول ٥،٣.

وصف التكوين

ولنبدا بوصف التكوين في منطقة عمان ثم نقارنه بالشمال والجنوب. فقد وصف عابد (Abed 1982) تكوين وادي السير شمال غرب صويلح ووصف سحناته المجهرية. سمك التكوين 80-90م. يتكون الجزء السفلي من الحجري الجيري جيد التطبق. تسود في هذا الجزء سحنة الحجر الجيري الناعم (مكريت) الذي لا يحوي المستحاثات. تعلوها سحنة مجهرية من الحجر الجيري بيلويدي (peloidal grainstone.wackostone). ثم توجد بضعة أمتار من الحجر الجيري رقيق الطبقات تسود فيه سحنة الحجر الجيري المليويدي Miliolid limestone. وأخيراً فإن قمة وادي السير مكونة من جرف سمكه 8-10م مكونة من كسارة المستحاثات المتنوعة مثل المحاريات والبطنقدميات والجلدشوكيات والديدان وغيرها (grainstone-packstone)).

أما في شمال الأردن، فقد درس التكوين باسم خليل (Khalil, 1985) في ثلاثة مواقع هي منطقة اشتيفينا في عجلون والجزء الشرقي من وادي الطيبة ومقطع تبنة قرب دير أبو سعيد. سمك التكوين يصل إلى 120م. ويوجد تغيرات واضحة بين هذه المقاطع. ودون الدخول في التفاصيل فإنه يمكن القول أن الجزء السفلي من المقاطع الثلاثة متشابهة ومكونة من الحجر الجيري الحامل للمستحاثات الكبيرة. أما الجزء العلوي من التكوين فإنه مختلف في المقاطع

الثلاثة. ففي مقطع اشتيفينا الذي يمتد عبر وادي اليابس شمالاً وشرقاً فإنه لوحظ وجود مستويين جبريين يحملان الرودست. السفلي منهما منقول والعلوي في مكانه. ثم فوق هذا الجزء توجد دورات رسوبية تصبح ضحلة نحو الأعلى *shallowing upwards*. لوحظ في أعلى هذه الدورات وجود الحجر الجيري رقيق الطبقات به تشققات الطين. أما مقطع الطيبة فإنه لم يلاحظ فيه الرودست غير أن الجزء العلوي منه مكون أيضاً من دورات رسوبية تصبح ضحلة نحو الأعلى بها الدولوميت الناعم وتراكيب رسوبية تدل على أنها ترسبت في منطقة المد والجزر. أما مقطع تبنه فإنه شبيه بمقطع صويلح حيث الجزء العلوي منه مختلف عن مقطعي الطيبة وعجلون في أنه يحوي أنواعاً كثيرة المستحاثات. مما يدل على ترسيب في بيئة أكثر عمقاً مثل المنطقة تحت المدينة وليس بيئة المد والجزر التي وجدت في مقطعي اشتيفينا وشرق الطيبة.

وقد فسر خليل هذه التغيرات في الجزء الأوسط والعلوي من تكوين وادي السير على أن منطقة عجلون - شرقي الطيبة - أربد كانت أعلى من منطقة تبنه التي كانت حوضاً رسوبياً. وبكلام آخر فإن قاع بحر التيثس في شمال الأردن كانت غير مستوية فهي مرتفعة في عجلون وأربد وتعمق إلى الغرب في منطقة دير أبو سعيد وتبنه. وسنرى أهمية مثل هذه الوضع الرسوبي في أثناء ترسيب الفوسفات في مجموعة البلقاء التالية. في وسط الأردن (الموجب.-الحسا) (Powell, 1989). سمك التكوين في وادي الموجب 146م. جزؤه الأسفل من الحجر الجيري قليل المستحاثات مع شيء من الدولوميت. يعلو ذلك الحجر الجيري الناعم مع آثار المستحاثات وعدسات من الحجر الجيري المستحاثي وبعض المارل. يساوي ذلك في وادي الكرك الطبقات الرقائقية الطحلبية بها نسيج عين الطير *bird's eye texture* الدال على بيئة المد والجزر. أما في وادي الحسا فآثار المستحاثات أكثر شدة. نعود إلى وادي الكرك والموجب حيث يوجد فوق ما وصفنا طبقات يتراوح سمكها بين 1-2م من الجبس الشبيه بوحدة الجبس في أعلى تكوين شعيب. يرافق الجبس الرودست وبعض طبقات الأوليت. ثم يأتي من جديد حجر جيري أوليتي متعاقب من طبقات رقائقية طحلبية. ثم حجر جيري غني بأنواع كثيرة من المستحاثات وأخيراً يوجد جرف واضح مكون من كسارة المستحاثات شبيه الجرف الموجود في منطقة صويلح في أعلى التكوين. ولو ذهبنا شرقاً نحو مناجم الحسا، لوجدت الجزء العلوي من وادي السير به بعض الرمل.

وعند الذهاب إلى جنوب الأردن فتزداد بشكل واضح نسبة الدولوميت والحجر الرملي. ففي منطقة دلاغة مثلاً الواقعة شمال غرب رأس النقب يمكن القول أن النصف السفلي من تكوين وادي السير به نسبة واضحة من الحجر الرملي. وتزداد هذه النسبة نحو رأس النقب حيث يمكن رؤية الحجر الرملي ذي التطبيق المتقاطع في هذا التكوين. ثم يسيطر الحجر الرملي على التكوين شرق رأس النقب خاصة في منطقة بطن الغول وما يجاورها شرقاً وغرباً. في هذه المنطقة تصبح مجموعة عجلون كلها رملية.

في شرقي الأردن شمال وجنوب باير فإن سمك التكوين يقل كثيراً وخاصة في زقيمات الحصة حيث لا يوجد أكثر من 16م تمثل التكوين (Powell, 1989; Khalifa 1994). ويبدو أنه غير موجود في محذب وادي عرفة شرق الجفر.

حدود التكوين وسمكه وعمره

تكوين وادي السير جيري بشكل عام ويبدأ عندما تنتهي الطبقات المارلية المكونة لتكوين شعيب في كل أرجاء الأردن. أما نهايته العليا فتتميز بوجود جرف واضح من الحجر الجيري أو الحجر الجيري الدولوميتي الغني بكسارة المستحاثات في طول البلاد وعرضها (إلا في أقصى الجنوب والجنوب الشرقي بطن الغول والسرхан). يعلو هذا الجرف الجيري

الكتلي مستوى سميك نسبياً من الطباشير في شمال الأردن ووسطه يتحول إلى مزيج من البورسيلانيت (تربولي) وغيرها نحو الجنوب. أما في منطقة بطن الغول فهو الرمل وستحدث عن ذلك في وقت لاحق.

سمك التكوين 120م في شمال الأردن و 80-90م في منطقة عمان يرتفع إلى 145م في وادي الموجب ثم يتناقص جنوباً إلى 62م في رأس النقب.

عمر التكوين هو التوروني. ويبدو أن هناك اتفاقاً على ذلك. فقد اثبت هذا العمر التوروني على أساس من الفورامينيفرا (Shahrour 1996; Dilley 1985; Basha 1978). وعلى أساس من الأمونيت *Inoceramus labiatus* (بندر 1974) والأمونيت التوروني الموجود في أعلى شعيب كما وصفناه سابقاً. وقد قارن بويل (1989) تكوين وادي السير بتكويني جيروفيت وزيحور اللذين يمتد عمرهما من التوروني حتى الكونياسي في النقب. ومن ثم فإن عمر تكوين وادي السير يمتد من التوروني الأسفل حتى بدايات أو أسفل الكونياسي. وسنعود إلى هذا الموضوع عند مناقشة عمر تكوين الغدران الذي يعلو وادي السير.

بيئات الترسيب

يمكن القول أن تكوين وادي السير قد ترسب في رف قاري عريض وضحل شمل الأراضي الأردنية حتى رأس النقب. لم يكن عمق الرف القاري واحداً في كل الأماكن بل كانت هناك مناطق منخفضة (أحواض basins) ومناطق مرتفعة (Swells أو highs) منها حوض الكورة (تبنه ودير أبو سعيد) ومرتفع عجلون - اربد.

ففي الجزء السفلي من التكوين يبدو تشابهاً لا بأس به في معظم المناطق من حيث بيئة الترسيب مما يدل على أن الرف القاري كان متشابه العمق والترسيب. أما نحو وسط التكوين وأعلى فقد أصبحت صورة هذه الأحواض والمرتفعات أكثر وضوحاً. فعجلون واربد كانت مرتفعة وحتى أنه يمكن القول أن منطقة اشتفينا ووادي الطيبة قد خضعت إلى فترات من انحسار البحر عنها كلية في حين كانت منطقة الكورة (دير أبو سعيد) بحرية (حوض). وكذلك منطقة عمان ووسط الأردن. أما في منطقة رأس النقب فإن بعض مستويات الحجر الرملي يشير أيضاً إلى فترات من انحسار البحر عنها كلية. وبشكل عام فإنه يبدو أن مستوى سطح البحر قد أصبح ضحلاً جداً قرب نهاية التكوين مما ساعد في حت بعض أجزاء التكوين في منطقة عمان ووسط وجنوب الأردن قبل أن يعود البحر مرة أخرى. أن هذه الأحواض والمرتفعات واضحة جداً في النقب وتدمر في سوريا وهي ناتجة من حركة جزيرة العرب في الكريتاسي الأعلى مصاحبة لتكون القوس السوري كما نشرحه بالتفصيل في فصل لاحق.

7.8.4.3 تكوين الخريج Khureij Formation

التسمية

هذا الاسم جديد وقد وضعه العاملون في مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية (Ibrahim and Rashdan, Powell et al., 1988a). والاسم مأخوذ من جبل الخريج الواقع مباشرة جنوب بلدة الريشة في أواسط وادي عربة. ويبدو أن تكوين الخريج محصور فقط في جبل الخريج ولم يسجل في أي مكان آخر من الأردن. نذكر هنا أن جبل الخريج جميعه واقع إلى الغرب من صدع البحر الميت التحويلي وليس إلى شرقه أي في صفيحة فلسطين-سنياء. وقد وصف بندر (1974) الجزء السفلي من هذا التكوين واعتبره من النيوجين (ثلاثي). هذا التكوين يعادل تكوين وادي السير جزئياً. أنظر الشكل (٣، ٣٢).

وصف التكوين

يتراوح سمك تكوين الخريج بين 100-120م. الوصف التالي جميعه منقول عن بويل (1989). يتكشف الجزء السفلي من التكوين في النهاية الجنوبية لجبل الخريج ويتكون من الحجر الجيري الناعم (مكريت) الذي يكون مارليا أو طينيا أو دولوميتيا. وهو رقيق التطبيق. تتعاقب هذه السحنة نحو الأعلى مع الدولوميت الناعم وحجر الغرين الرقائقي وطبقات صلبة من الحجر الجيري والحجر الجيري الأوليتي ذي التطبيق المتقاطع. هذا الصخر الأخير غني بالمحاريات والجلدشوكيات والبطنقدميات والأويستر. وتتكون النهاية العليا من قرابة 20م من الحجر الجيري الكتلي الجرفي الناعم الغني بالمستحاثات (شكل ٣٢,٣). هذا المستوى الجيري يحوي جلد شوكيات وأوستراكود من عمر التوروني المتأخر والكونياسي الأسفل (Powell 1989)). وقد اعتبر بندر (1974) أن الأمتار الاربعين السفلى هي من عمر النيوجين غير أن المستحاثات التي وجدت به دلت بشكل واضح على أنها من الكريتاسي الأعلى كما ذكرنا قبل قليل. ثم يوجد تكوين الغدران كاملا فوق هذا التكوين.

حدود التكوين وسمكه

لا يتكشف قاع التكوين في جبل الخريج لأنه مغطى برسوبيات حديثة. أما قمة التكوين فتوضع عند نهاية مستوى الحجر الجيري السميك وأول ظهور لمستوى طباشير تكوين الغدران كما هو واضح في شكل ٣٢,٣. هذا الحد العلوي هو تماما الحد العلوي لتكوين وادي السير في معظم الأراضي الأردنية. أما سمكه في جبل الخريج فهو 100-120م.

عمر التكوين

يبدو أن العمر الأكثر قبولا هو التوروني الأعلى. وكونياسي. وعلى الرغم من ذلك فإن هناك شكاً في أن يكون العمر أحدث قليلاً بحيث يوضع في عصري كونياسي - سانتوني وذلك بسبب وجود مستحاثات إلوستراكود *Cythereis cf. Cytherell cf. austinensis* و *diversereticulata*. ومن المقارنة مع التكاوين المماثلة في جنوب النقب يبدو العمر الأول هو الأكثر قبولا (توروني متأخر - كونياسي).

بيئة الترسيب

تبدو بيئة ترسيب الجزء السفلي المكون من الصخور الجيرية الطينية أكثر عمقا من الجزء السفلي من وادي السير. ومرد ذلك هو أنها ترسبت في حوض يتعمق تدريجياً. ونحو أعلى التكوين حدثت عمليات رفع أدت إلى رسوبيات ضحلة نسبياً من مثل الصخور الجيرية الأوليتية ذات التطبيق المتقاطع والمستحاثات المتنوعة مما يدل على ترسبها في بيئات المد والجزر وتحت المد. وبشكل عام فإنه يمكن القول أن بيئة الترسيب كانت تزداد ضحالة نحو الأعلى مما أدى إلى فجوة ترسيبية صغيرة بين قمة تكوين الخريج وتكوين الغدران الذي يعلوه. وهو بهذا يشبه ما حصل مع قمة تكوين وادي السير من منطقة عمان نحو الجنوب.

مجموعة بطن الغول Batn Al-Ghoul Group

لما كانت هذه المجموعة تشمل أيضاً تكوين الغدران من مجموعة البلقاء بالإضافة إلى ما يعادل مجموعة عجلون فإننا سنتحدث عن مجموعة بطن الغول بعد أن نفرغ من مجموعة البلقاء حيث نفصل الحديث عن تكوين الغدران.

٣. ٥ مجموعة البلقاء Belqa Group

رسوبيات الكريتاسي الأعلى - الثلاثي

UPPER CRETACEOUS-TERTIARY

تضم هذه المجموعة رسوبيات أعلى الكريتاسي الأعلى والثلاثي. ومن ثم فإن حد حقبة الميزوزوي وحقبة السينوزوي تقع ضمن هذه المجموعة. ولما كان العاملون السابقون في جيولوجية الأردن قد جعلوها مجموعة واحدة، فإننا سنعالجها هنا في حقبة الميزوزوي مع إشارة أخرى مثل هذه الإشارة في بداية الفصل القادم.

١,٥,٣ تسمية المجموعة

على الرغم من أنك تجد وصفا لصخور هذه المجموعة في البحوث والدراسات القديمة مثل بلاك واينيدس (١٩٣٩) وغيرهما ، إلا أن كوينل (١٩٥١) وبردون (١٩٥٩) هما أول من أطلق لفظ "مجموعة البلقاء" على صخور هذه المجموعة. وهي نسبة إلى منطقة البلقاء في شمال غرب الأردن. لم يقسم كوينل هذه الصخور إلى تكاوين بل تحدث عنها من خلال العصور الجيولوجية التي تتبعها المجموعة. كذلك لم يقسمها فتنزل ومورتون (١٩٥٩) إلى تكاوين. كان أول من قسمها إلى أجزاء قابلة للمسح هو ولفارت (Wolfart 1959) حيث قسمها إلى خمسة أجزاء أعطاها الرموز B1- B5 أو بقاء ١-5. وقد سمي المصري (١٩٦٣) تكوينين منها في منطقة عمان-الزرقاء، بسبب أن الأجزاء الأحدث ليست متكشفة في منطقة دراسته. والتكوينان هما تكوين عمان الذي شمل عند المصري جميع الصخور التي تعلو تكوين وادي السير الحاملة للصوان. وبهذا التعريف فإن تكوين عمان عند المصري قد شمل تكوين الغدران و عمان والفوسفات في التسميات الحالية التي نعرفها. أما التكوين الثاني الذي سماه المصري فهو تكوين الموقر الذي بقي معادلا تماما لتكوين الموقر على ما نعرفه اليوم. أنظر جدول ٥,٣.

وفي الوقت ذاته تقريبا كانت البعثة الجيولوجية الألمانية قد قسمت مجموعة عجلون (دون أن تتحدث عن مجموعة) إلى خمسة أجزاء بناء على صفات صخرية في كل وحدة منها (بندر 1963, 1968, 1974, 1975). نذكر هنا أن حدود أسماء بندر هي تقريبا ذاتها حدود ولفارت مع شيء من التغيير في بداية ونهاية تكوين عمان B2. وقد أكد تقسيمات ولفارت كل من ماكdonالد (١٩٦٥) وباركر (١٩٧٠) بحيث أصبحت هنا بعد هذين الباحثين خمسة أسماء تشير إلى خمسة تكاوين في مجموعة البلقاء.

وأخيرا كان مشروع المسح الجيولوجي ١: ٥٠٠٠٠ في سلطة المصادر الطبيعية الذي بنى على أسماء المصري وماكدونالد وباركر وولفارت. وزاد على ذلك تقسيم بعض التكاوين إلى أعضاء. جدول ٥,٣ يوضح تطور تسميات مجموعة البلقاء.

لاحظ أنه قد أصبح لدينا ستة أعمدة أو سبعة في جدول ٥,٣ في مدى ٣٠ عاما. مما يشير إلى عدم استقرار التسميات في هذه المجموعة. وهو ما حدث أيضا في كل المجموعات السابقة. ومن أسباب ذلك الرئيسية أن كل وافد يدرس جيولوجية الأردن يحاول أن يترك أثرا له في هذه التسميات. وعلى الجيولوجي المحلي أن يحفظ كل هذه الأسماء إذا أراد أن يفهم ما يكتبه ذلك الوافد ليقارنه بما كتب قبل ذلك أو ما يكتب بعد ذلك. والصحيح أنه لا بد أن تكون في الأردن لجنة تسميات لا تسمح لأحد أن يغير أو يبدل التسميات إلا بمسوغ علمي مقبول من اللجنة. وعادة ما تنبثق هذه اللجنة من الجمعيات الجيولوجية المحلية في دول العالم. أي من نقابة الجيولوجيين الأردنيين في الأردن وليس من الحكومة وأجهزتها كما هو الحال الآن. وهو غير معمول به في الأردن. وما زال الباب مفتوحاً بحيث يستطيع أن يقوم أي جيولوجي بتسمية الوحدات الصخرية دون إذن أحد.

وصف عام لمجموعة البلقاء

كانت مجموعة عجلون جيوية خالصة تقريبا خاصة في شمال الأردن. أما مجموعة البلقاء فتمتاز باحتوائها على أنواع كثيرة من الصخور مثل الطباشير والصوان والبورسلينيت (

تربولي) والفوسفات والصخر الزيتي والحجر الجيري والمارل والحجر الرملي. شكل ٢٥،٣. فلماذا تنوعت الصخور بهذا القدر في مجموعة البلقاء في حين كانت جييرية مارلية فقط في مجموعة عجلون؟

يحضرني سببان لهذا التنوع:

أولهما أن قاع الرف القاري الجنوبي لبحر التيثس الذي كنا جزءا منه لم يكن مستويا. بل أصبح في أثناء ترسيب مجموعة البلقاء مكونا من مناطق منخفضة (أحواض basins أو lows) ومناطق مرتفعة (highs أو swells). ويبدو أن سبب ذلك ناتج عن التضاضات الناتجة عن حركة جزيرة العرب (مع إفريقيا) شمالا في الكريتاسي الأعلى منذ التوروني (تكوين وادي السير). ولكنه كان واضحا بعد ذلك خاصة في الكمباني والماسترختي. هذه الطبوغرافية القديمة لقاع الرف القاري كانت مصاحبة لتكون طبقات القوس السوري الذي سنتحدث عنه بالتفصيل في الفصل الخامس (تراكيب الأردن). وطبيعي أن يكون الترسيب مختلفا في الأحواض عنه في المناطق المرتفعة نسبيا. ومن أمثلة ذلك الواضحة جدا الحوض الذي رسب تكوين الغدران في وسط الأردن بسمك كبير ولم يرسب الصخور ذاتها ولا السمك ذاته في شمال أو جنوب أو حتى شرق وسط الأردن. ومنها أيضا ما أشرنا إليه في حديثنا عن تكوين وادي السير في شمال الأردن حيث اتضح هناك أن منطقة دير أبو سعيد - تبنة كانت منخفضة بالنسبة لعجلون - شرقي الطيبة- اربد. ومثله أيضا مرتفع بابير في جنوب شرق الأردن مقارنة بحوض واضح جدا في الأزرق. ومنها أيضا حوض الرصيفة مقارنة بمرتفع تل السور مباشرة جنوب الرصيفة. وسنتحدث عن مثل هذه الأحواض والمرتفعات في أماكنها عند وصف التكاوين التابعة لمجموعة البلقاء.

وثانيهما أن مياهها باردة محملة بالمواد الغذائية من السليكا والفوسفور كانت تصعد من بحر التيثس العميق في الشمال والغرب على شكل تيارات صاعدة (upwelling currents) وتنتشر فوق الرف القاري الذي كان الأردن جزءا منه. مثل هذه المياه الباردة الحاملة للغذاء الوفير قد أدت إلى ترسيب الفوسفات والصوان والصخر الزيتي والبورسيلنيت تبعا لوجود حوض أو مرتفع. يكفي هذا القدر. وسيكون لنا عود إلى هذا الموضوع أيضا.

تتكشف صخور مجموعة البلقاء لتغطي أكبر رقعة من الأردن. فهي قليلة التكشف في الجبال الغربية بسبب عملية رفع هذه المنطقة مع نشأة حفرة الانهدام وإزالة مجموعة البلقاء بالحت لأنها هي العليا. غير أن تكشفات المجموعة تبدأ بشكل كثيف من أواسط الجبال الغربية أو أطرافها الشرقية وتمتد مغطية بقية أجزاء الأردن الأوسط والشمال والشرقي والجنوبي الشرقي. لاحظ أن معظم المدن الرئيسية في الأردن مقامة على صخور هذه المجموعة مثل إربد وعمان والزرقاء ومأبدا والكرك ومعظم قرى وبلدات الشوبك ومعان.

تبدأ المجموعة من الأسفل عموماً برسوبيات الطباشير يعلوها رسوبيات الصوان والفوسفات فالصخر الزيتي ثم المارل والطباشير وأخيراً الطباشير والصوان والحجر الجيري. هذا كلام عام جدا سيكون له تفصيل عند دراسة التكاوين.

بقي أن نذكر أن بحر التيثس أو بشكل أدق الرف القاري الجنوبي له في معظم بلاد الشام (عدا أطرافها الشمالية والغربية) قد أغلق وأصبحت المنطقة قارة في عصر الإيوسين الأعلى. وتوقف الترسيب. ومن ثم فإن رسوبيات مجموعة البلقاء هي آخر رسوبيات بحر التيثس في الأردن التي يمكن تتبعها على شكل تكاوين تغطي البلد جميعه. بعد ذلك أصبح الترسيب في معظمه قاريا محليا متقطعا تصعب مقارنته.

٣،٥،٣ حدود المجموعة

انتهت مجموعة عجلون بتكوين وادي السير الجيري حيث تتميز قمته بجرف جيري كتلي مستحاثي في معظم أرجاء الأردن. هذا هو الحد العلوي لمجموعة عجلون. عندها تبدأ

مجموعة البلقاء بمستوى سميك قد يصل إلى ٣٥م من الطباشير من تكوين الغدران (B1) . هذا الحد واضح جدا لأنه يشير إلى شكل من عدم التوافق وانتقال من بيئة بحرية تحت مدية ضحلة في نهاية عجلون إلى تقدم بحري واضح في طباشير الغدران فوق معظم الأردن عدا جنوبه البعيد). أما حد مجموعة البلقاء العلوي فلا حاجة لنا به لأنه لا يوجد فوقه رسوبيات بحرية تعم أرجاء الأردن بسبب انحسار البحر كلية عن المنطقة. على أي حال التكوين الأخير أو الأعلى من مجموعة البلقاء هو تكوين الشلالة (B5) المكون من الطباشير والصوان وبعض النميوليت وغيرها. غير أن أهم من ذلك أي أهم من تحديد الحد العلوي هو أن نقول أن مجموعة البلقاء قد اعتراها الحت بسبب رفع المنطقة في وقت لاحق. وبالتالي فإنك لن تجد التكوين ذاته في قمة مجموعة البلقاء في كل مكان بسبب الحت والإزالة. وعليه فقد تجد رسوبيات قارية موضعية على سطح الحت هذا فوق أي تكوين من تكاوين مجموعة البلقاء تبعا لنسبة الحت والإزالة. وكقاعدة عامة يمكن القول أن التكاوين الأقدم في مجموعة البلقاء هي التي بقيت بعد الحت والإزالة في أواسط وشرقي الجبال الغربية (تكوين عمان و الفوسفات في أربد وعمان والكرك ..). والتكاوين الأحدث في المناطق الشرقية البعيدة (الرجام والشلالة في أقصى الشرق والشمال الشرقي).

٤,٥,٣ سمك المجموعة

يتغير سمك مجموعة البلقاء تبعا لوجود حوض أو مرتفع في المنطقة في أثناء الترسيب مما أشرنا إليه بسرعة في وصف المجموعة (فقرة ٢,٥,٣). والسماكات التالية لا تشير إلى سمك المجموعة كلها بل إلى ما هو موجود منها. وقد جمع بويل (١٩٨٩) بعض سماكات هذه المجموعة نأخذ منها ما يلي. ففي إربد أكثر من ٦٠٠م وفي الذراع شرقي لسان البحر الميت ٤٠٠ - ٤٥٠م وفي ضانا ٥٢٠م وفي الشوبك ٥٥٠ - ٦٠٠م وفي غرندل وادي عربية أكثر من ٣٢٠م. أما في وادي السرحان ومثاله زقيمات الحصاة جنوب باير فهي ١٧٥م. وأقل من ذلك شرقي الجفر. وأقل كثيرا من ذلك شرقي الشدية. وفي بعض الآبار العميقة:

وادي العرب (غرب اربد)	أكثر من ٦٠٠م
حوض الأزرق غربي صدع الفلوق	أكثر من ٦١٩م
حوض الأزرق شرق صدع الفلوق	
(آبار حمزة ١ و ٢ و ٥)	٢٦٨٩ - ٣٠٢٨م
وادي راجل (WR-1) شرق الفلوق	٢٤١٨م.
وادي الغدف WG-1 (جنوب غرب الأزرق)	١٣٨٣م

لاحظ التغيرات الكبيرة في السمك بين غربي الأزرق (مئات الأمتار) وشرقي الأزرق (آلاف الأمتار) وقارن ذلك مع ١٧٥م في زقيمات الحصاة في أطراف وادي السرحان الجنوبية.

5.5.3 عمر المجموعة

إذا أردنا أن نذكر عمر مجموعة البلقاء في جملة واحدة فإننا نقول أنها امتدت بين عصر الكونياسي Coniacian من الكريتاسي الأعلى وانتهت في الإيوسين الأعلى Upper Eocene من الثلاثي (أو الباليوجين) . ومن ثم فهي تشمل العصور التالية كونياسي وسانتوني وكمباني وماسترختي وجميعها من الكريتاسي الأعلى والباليوسين والإيوسين من الثلاثي من حقبة الحياة الحديثة (الميزوزوي). وقد ذكرنا عند حديثنا عن عمر تكوين وادي السير - الخريج أن هناك احتمالا لأن تكون قمة الخريج جزئيا من العصر الكونياسي. وأن

بعض أجزاء هذا العصر قد أزيلت على سطح عدم التوافق بين المجموعتين وأن الجزء السفلي من طباشير الغدران لا بد أن يكون جزئياً من العصر الكونياسي. أنظر بندر (١٩٧٤) وبويل (١٩٨٩). وسنعود إلى تحديد أعمار التكاوين بالتفصيل.

٦,٥,٣ بيئات ترسيب المجموعة

لا نشك في أن طبوغرافية قاع الرف القاري الجنوبي لبحر التيثس الذي ترسبت فيه المجموعة كان لها دور كبير في بيئات ترسيب المجموعة. ونضيف إليه مستوى سطح البحر ارتفاعاً وهبوطاً. وثالثاً دور التيارات الصاعدة الباردة الحاملة للمواد الغذائية مما قد تكلمنا عن بايجاز في الفقرة ٢,٥,٣. وقد نضيف إلى كل ذلك قرب المكان أو بعده عن الشاطئ. ومن ثم نسبة الصخور الرملية في هذه المجموعة المجلوبة من القارة العربية النوبية في الجنوب. وبما أننا سنتكلم عن بيئات ترسيب كل تكوين في العناوين التالية ، فإننا نذكر هنا بيئات الترسيب في إطار عام جداً.

فبعد أن أصبحت قمة مجموعة عجلون (قمة تكوين وادي السير) تحت مدية ضحلة ارتفع مستوى البحر وتقدم على مناطق كبيرة من الأردن في أثناء ترسيب طباشير الغدران وكانت المياه أكثر عمقا في شمال الأردن منه في جنوب وشرق الأردن حيث لا توجد الطباشير الغدرانية. ثم حصل انخفاض عام في مستوى سطح البحر في أثناء ترسيب الصوان والفوسفات. فترسبت هذه السحنات الرسوبية في بيئات ضحلة مترافقة أحيانا في بعض المناطق مع شعاب الأويستر في وسط شرقي الأردن. حدث ذلك في عصري الكمباني وباديات الماسترختي. غير أن ارتفاعاً جديداً لمستوى سطح البحر صاحب ترسيب طباشير ومارل تكوين الموقر- الصخر الزيتي في معظم أرجاء الأردن. وأيضاً كان الشمال أكثر عمقا من الوسط والجنوب. ثم عاد البحر لينخفض تدريجياً حتى أغلق نهائياً في أعلى الإيوسين بسبب عمليات الرفع في الأجزاء الداخلية لبلاد الشام. وفي ذلك تفصيل في مواضعه.

٧,٥,٣ تكاوين مجموعة البلقاء

في مجموعة البلقاء ستة تكاوين موضحة في جدول 5.3 وهي من الأسفل أو الأعلى الغدران و عمان والحسا والموقر والرجام والشلالة. وفيما يلي تفصيل لكل تكوين منها.

1.7.5.3 تكوين الغدران Ghudran Formation

التسمية

الاسم وضعه باركر (١٩٧٠) نسبة إلى وادي أم غدران الذيب جنوب غربي اربد. وقد سماها ماكدونالد (a ١٩٦٥) تكوين الرصيفة على الرغم من عدم وجودها في منطقة الرصيفة ولكنها موجودة إلى الغرب قليلاً في عين غزال شمال شرق عمان. وهي تعادل B1 عند ولفارت (١٩٥٩). وهي تعادل الجزء العلوي من وحدة "الحجر الجيري الكتلي" عند بندر (١٩٧٤). وهي تعادل تكوين المالحة (منوحة) في جنوب فلسطين (أنظر عابد ووشاحي ١٩٩٩). هذه الأسماء جميعها موجودة في جدول ٣. ٥. اسمها الحالي تكوين الغدران (B1). وأخيراً فقد قسمها جيولوجيو سلطة المصادر الطبيعية إلى ثلاثة أعضاء خاصة في وسط الأردن (وادي الوالة- الموجب- الحسا). وهي من الأقدم عضو طباشير الموجب وعضو الطفيلة وعضو طباشير ذيبان. هذه الأعضاء الثلاثة ليست واضحة في شمال الأردن وجنوبه وشرقه.

وصف التكوين

يتميز هذا التكوين بتغيرات جانبية (أفقية) كبيرة من شمال الأردن عبر وسطه وجنوبه وجنوب شرقه. بحيث يتغير سمك التكوين ووصفه تغيراً جذرياً أحياناً. ومن ثم سنصف التكوين في أجزاء الأردن التي ذكرناها قبل قليل كل على حدة.

في شمال الأردن حتى مادبا تقريبا. يتكون الغدران في هذه المنطقة من وحدة صخرية واحدة فقط هي الطباشير الكتلي في الغالب. يبلغ سمكه في اربد قرابة ٥٠م وفي عجلون ٢٥م وفي منطقة عمان ١٨-٢٠م. يوجد في عجلون واربد اكثر من طبقة من كوكينا الأويستر في الجزء العلوي من التكوين. هذه الطبقات تتعاقب مع الطباشير الذي يحوي القليل من الفوسفات. غير أن هذه السحنات الفوسفاتية والكوكينا غير موجودة في منطقة عمان. يبدو قاع التكوين متوافقاً مع قمة وادي السير على الرغم من أن هناك احتمال وجود ضياع في الترسيب على هذا الحد *disconformity*. ينتهي التكوين عند ظهور أول طبقة صوان سمكية تابعة لتكوين عمان الذي يعلو الغدران (شكل ٣. ٣٣).

في وسط الأردن من مادبا حتى جنوب وادي الحسا (أودية الوالة والموجب والكرك والحسا). ويجب أن تذكر أن شرق وسط الأردن (مناجم الحسا والأبيض والقطرانة) مختلفة تماماً ولا تدخل ضمن هذا الوصف. أي أننا نتكلم هنا عن غرب وسط الأردن. في هذه المنطقة يصبح تكوين الغدران سميكا نسبياً. وقد قسم العاملون في سلطة المصادر هذا التكوين إلى ثلاثة أعضاء هي من الأسفل.

عضو طباشير الموجب Mujib Chalk Member

عضو الطفيلة Tafila Member

عضو طباشير ذيبان Dhiban Formation

قد تكون الزيادة في السمك مجرد تلاعب في الحدود لتكوين الغدران وتكوين عمان الذي يعلوه كما سنرى في الأسطر التالية.

أ- **عضو طباشير الموجب:** نسبة إلى وادي الموجب (بويل ١٩٨٨، ١٩٨٩ خليل، ١٩٩٢). وهو مكون من الطباشير الكتلية البيضاء وفي وادي الوالة السوداء بسبب كثرة المواد العضوية فيه. فهو في وادي الوالة يشبه الصخر الزيتي تماماً. يوجد به بعض المواد المنقولة من أصداف المحاريات الصغيرة وأسنان الأسماك وحبيبات الفوسفات. ينتهي هذا العضو بظهور طبقة كتلية سمكية ٣-٢م من كوكينا غنية بالقواقع المختلفة. وقد أصابت عملية السيلسة *Silicification* هذه الطبقة فأصبحت كالصوان، هذه الطبقة في شمال الأردن هي بداية تكوين عمان. ولو أن جيولوجي السلطة أبقوا على حدود تكوين عمان الأصلية عند من سبقهم لانتهى تكوين الغدران هنا وأصبح مساوياً فقد لعضو الموجب. لكنهم أضافوا إليه العضوين التاليين. إذن فالمسألة في اعتقادي هي مسألة اتفاق على الحدود.

ب. **عضو الطفيلة Tafila Member** هذا العضو سميكا نسبياً. وهو مكون من وحدتين صخريتين واضحتين لا يمكن أن يخطئهما من يدرس جيولوجية الموجب والوالدة. وقد درس التتابع كريشان (1988 kraishan) وعابد وكريشان (1991 Abed and kraishan) هذا التتابع بالتفصيل الممل من حيث الوصف الصخري الميداني والدراسة المجهرية والمعدنية والكيميائية. وقد أسمينا الوحدة السفلي التي تقع فوق "طباشير الموجب" بالوحدة المختلطة *heterogeneous or mixed mineralogy*. أما الوحدة الثانية التي تعلوها فأسميناها "وحدة البورسيلينيت أو التربولي".

الوحدة المختلطة مكونة من قرابة ٢٠م من عدد الصخور منها الصوان والدولوميت ذو التطبيق المتقاطع الرقائقي والصوان ذو الأصل الجيري الذي يحوي الرقائق الطحلبية وطبقة عظام مدلمتة بها تطبق متقاطع والكالكريت والسلكريت واخيرا الصوان البريشي brecciated chert . وقد وجد كريشان وعابد أن هذه الصخور وبالترتيب المذكور تشكل دورات رسوبية تصبح ضحلة نحو الأعلى shallowing upwards. وقد سجلنا ٨ دورات من هذا النوع في هذه الوحدة (شكل ٣. ٣٣) ويمكن الاستدلال أو ملاحظة هذه الدورية في الترسيب من تعقب طبقات الدولوميت ذي اللون المصفر والحبيبات بحجم الغرين التي تتكرر ٨ مرات في هذه الوحدة. وكذلك من تكرار ظهور طبقات الصوان. وتتراوح بيئة الترسيب بين البيئة تحت المدية subtidal في أسفل كل دورة إلى بيئة المد والجزء ثم بيئة ما فوق المد supratidal في نهاية كل دورة .

أما الوحدة الثانية من عضو الطفيلة وهي وحدة البورسيلينيت أو التربولي فهي حوالي ٢٥ - ٣٠م في السمك. وهي مكونة من البورسيلينيت والصوان والدولوميت. لاحظ أننا استعملنا مصطلح بورسيلينيت procellanite بدلا من تربولي tripoli لأنه الاسم الأصح عالميا بينما اسم تربولي اسم محلي من الأفضل تجنبه. لا يوجد البورسيلينيت في الوحدة المختلطة السفلى بل فقط في هذه الوحدة. وهو أساس التقسيم. الصوان في هذه الوحدة في الواقع حجر جيري ناعم في الأصل تحول إلى صوان وبقيت فيه الرثاقية الطحلبية. أما الدولوميت فهو ناعم جدا. وقد وجدت بقايا الفورمنيبرا في البورسيلينيت. وكذلك معدل الأوبال CT. لاحظ أن عضو الطفيلة في وحدتيه يحوي قدراً جيداً جداً من الصوان. ولما كان التعريف الأصلي لتكوين عمان (المصري ١٩٦٣) هو أن يشمل جميع التتابع الحامل للصوان، فإن الأولى أن يكون عضو الطفيلة هو العضو السفلي في تكوين عمان بدلا من أن يكون في الغدران. هي مسألة اتفاق وحدود كما ترى.

ج. عضو طباشير ذيبان Dhiban Chalk Member سمي هذا العضو بالنسبة لبلدة ذيبان الواقعة على مشارف الموجب شمالا. وهو مكون من الطباشير الأبيض وأحيانا المحمر الكتلي الذي يشبه طباشير الموجب. وقد يكون أقل صلابة منه. وقد وضع كريشان سمكه قرابة ٣٠م. الأمتار الخمسة الأولى منه مكونة من الدولوميت المتعاقب مع الحجر الجيري والصوان مع رسوبيات قاع متصلب hardground في وادي الموجب. وينتهي في بداية تكوين عمان الصواني. شكل ٣. ٣٣. أما الوصف الباقي فمثل طباشير الموجب مع وجود مستحاثات الأويستر المنقولة في وسط التكوين.

في جنوب الأردن من أطراف وادي الحسا وفي اتجاه رأس النقب. وأيضا في شرق وسط الأردن. أهم ملاحظة هنا هي أن عضوي الطباشير (مستويا الطباشير) الواضح في وادي الموجب وما حوله انتهاء ولم يعودا موجودين. ويصبح تكوين الغدران محتويا على طبقات من التربولي والحجر الرملي. يزداد الأخير في اتجاه الجنوب خاصة في الجزء السفلي من التكوين المساوي لطباشير الموجب. وقد سمي الطراونة (١٩٨٨) وبويل (١٩٨٨ و ١٩٨٩) هذه الوحدة الجديدة الرملية عضو عالية Alia Member الذي يعلو عضو الطفيلة. ولا يوجد عضو ذيبان هنا (شكل ٣. ٣٣). وفي منطقة شرق وسط الأردن (غربي مناجم الحسا في وادي الحسا) لا يوجد الطباشير والغدران هنا تغلب عليه صخور الصوان والحجر الجيري والبورسيلينيت والكوكينا.

أما شرقي رأس النقب فيصبح تكوين الغدران إلى حد كبير رملي وقد أدخله العاملون في سلطة المصادر في تسميات جديدة ضمن مجموعة جديدة هي مجموعة بطن الغول التي سنفرد لها عنوانا مستقلا.

حدود التكوين

في شمال الأردن يسهل التعرف على تكوين الغدران (B1). فهو يقع فوق جرف وادي السير الجيري وتحت أول طبقة صوان كتلية من تكوين عمان (B2) الذي يعلوه. أما في وسط الأردن (الموجب وما حولها) فالحد السفلي يبقى صحيحا كما في شمال الأردن. ثم نضيف إلى التكوين عضو الطفيلة الحامل لكثير من الصوان وعضو ذيبان الطباشيري ونضع الحد العلوي عندما ينتهي هذا المستوى الطباشيري العلوي ويبدأ تكوين عمان المكون من الصوان المتعاقب مع الحجر الجيري بنسبة ١:١ تقريبا. وفي جنوب الأردن يبقى الحد السفلي جيدا من حيث وجود جروف وادي السير الكتلية الجيرية الدولوميتية ولكننا لا نجد الطباشير فوقها بل الصخور الرملية ذات التطبق المتقاطع وآثار المستحاثات والمارل وغيرها. ثم يأتي عضو الطفيلة. وينتهي التكوين هنا عند ظهور طبقات صوان تكوين عمان السمكة. ونترك تكوين فصوعة إلى موضع آخر.

سمك التكوين

يتغير سمك التكوين شمالا - جنوبا. فهو في حدود ٥٠ م في اربد ووادي أم غدران الذيب. وقراية ٣٥ م في عجلون و ٢٠ م في عمان. ثم يزداد السمك كثيرا في الموجب وما حولها بحيث يصبح قريبا من ١٠٠ م وحوالي ٧٠ م في جنوب الأردن. أما في وقف الصوان في منطقة باير في جنوب شرقي الأردن فهو ٧٥ م وصفر تقريبا في زقيمات الحصاة جنوب شرق باير. وهو ٧ م في بئر الصفرا ٤٢ كم جنوب شرق عمان و ١٧ م في الأزرق.

عمر التكوين

عمر طباشير عضو الموجب هو سانتوني Santonian (فتزل ومورتون ١٩٥٩ و Burdon 1959, 1970 Parker بنذر ١٩٧٤). غير أن بويل (١٩٨٩) قارن هذا العضو مع الصخور المائلة في النقب ويرى أن الجزء السفلي من طباشير الموجب هي من عمر الكونياسي الأعلى. أما عضو الطفيلة فهو سانتوني. وعضو طباشير ذيبان سانتوني-كمباني.

بيئات الترسيب

في شمال الأردن يمثل تكوين الغدران تقدما واضحا للبحر أو ارتفاعا واضحا في مستوى سطح البحر فوق نهاية وادي السير. وتشير الطباشير وكثرة الفورامنيفرا العالقة planktonic إلى أن طباشير الغدران في شمال الأردن (شمال مأدبا) قد ترسبت في الرف القاري المفتوح الخارجي outer shelf أو بيئة بيلاجية. على الرغم من أن وجود بعض مستويات الكوكينا يدل على أن الترسيب كان قريبا من الشاطئ في بعض أجزاء التكوين العلوية. أما في وسط الأردن فإن طباشير عضوي الموجب وذيبان تحوي أيضا الفورامنيفرا العالقة وبعض الأويستر في وسط التكوين. مما يشير إلى مياه عميقة نسبيا وهادئة لكللا العضوين مع قرب من الشاطئ في بعض الأحيان. غير أننا في وسط الأردن نتحدث عن حوض محصورة يوجد فيها هذان العضوان (بين وادي الحسا ووادي الوالة). أي أننا نتحدث عن حوض عميق نسبيا في وسط الأردن رسب هذين العضوين الطباشيريين. جنوبه وشرقه المياه قليلة العمق وقريبة الشاطئ. وقد تحدثنا عن طبوغرافية قاع البحر وأن بها أحواضها ومرتفعات. وبعد هذا الحوض مثالا عليها. أما عضو الطفيلة في وسط تكوين الغدران فهو أقل عمقا من عضوي الطباشير. إذ تراوح الترسيب في بيئات ما تحت المد إلى بيئات ما فوق المد تبعا للموقع في العضو. وهذا يعكس انخفاضا في مستوى سطح البحر في أثناء ترسيب عضو الطفيلة. أما في شرق وسط الأردن وفي جنوب

الأردن فالبينة قريبة من الشاطئ بسبب وجود الصخور الرملية في الجنوب والكوكينا في الشرق.

أصل البورسيلينيت (التربولي)

كان بندر (١٩٧٤) ومن سبقه يعتقدون أن التربولي هي رسوبيات متبقية ناتجة عن إذابة الحجر الجيري residual. وقد اعتقد خوري (١٩٨٦ ١٩٨٧) أن أصل التربولي ناتج عن تفاعل صخور الصوان في تكوين عمان مع مياه قلوية قد تصل درجة الحموضة إلى ١١ أو أكثر pH=11. عند هذه الدرجة من الحموضة تذوب صخور الصوان ثم تترسب في مستويات أدنى عندما يهبط مستوى درجة الحموضة إلى أقل من ٩. غير أن الدليل الميداني والمخبري لا يقبل هذا الأصل. فقد وجد كريشان (١٩٨٨) وعابد وكريشان (١٩٩١) مستحاثات الديانوم في التربولي. وهي طحالب بحرية عالقة سيليسية. وكذلك بعض اشواك الاسفنج السيليسي. كذلك فإنه في وسط الأردن توجد صخور التربولي في مستوى طبقي ثابت أي تحت طباشير عضو ذيبان. وهذا يعني أنها أصلية ناتجة عن عمليات الترسيب الأولي وليس عن تفاعلات لاحقة كما يشير خوري. والرأي في هذا الموضوع أن التربولي رسوبيات عضوية سيليسية قد ترسبت في بيئة بحرية مفتوحة لكنها قريبة من الشاطئ. هذا الأصل متفق مع أصل البورسيلينيت في أرجاء العالم مثل تكوين المونتري في غرب أمريكا الشمالية. أنظر عابد وكريشان (١٩٩١) لمزيد من التفاصيل.

٢,٧,٥,٣ تكوين عمان Amman Formation

التسمية

وضع اسم هذا التكوين المصري (١٩٦٣) في دراسته لمنطقة عمان- الزرقاء. وقد كان التكوين كبيراً عند المصري بحيث شمل كل التتابع الرسوبي الذي يحوي الصوان. أي يمتد بين أول ظهور للصوان المتطبق الكتلي حتى انتهاء آخر صوان تحت مارل وطباشير تكوين الموقر. غير أن ولفارت (١٩٥٩) قسمه إلى جزأين مع إبقاء وضع التكوين كما عند المصري. وأعطاه الرمز B2a لجزئه السفلي كثير الصوان (فوق الغدران) و B2b للجزء العلوي كثير لفوسفات تحت الموقر. وهو ما استقر عليه الرأي عند باركر (١٩٧٠). أما بندر فلم يستعمل اسم "تكوين عمان" واستعاض عنه بوحدين استعملها في تكوين خريطته الجيولوجية. وهما "وحدة الحجر الجيري السيليسي Silicified Limestone Unit في الأسفل وهي تعادل B2a " ووحدة الفوسفوريت Phosphorite Unit في الأعلى لتعادل B2b. ثم قام جيولوجيو المصادر بإعطاء هاتين الوحدتين أسماء رسمية. فسموا الوحدة السفلي تكوين عمان (الذي يعادل B2a) والوحدة العليا تكوين الحسا لتعادل B2b. أنظر جدول 5.3 للتعرف على علاقات هذه الأسماء بعضها ببعض. وعلى الرغم من التسميات فالحدود بينها ثابتة. ولا يفوتنا أن نذكر أنه في فلسطين المحتلة فإن جميع الصخور الحاملة للصوان قد أعطيت اسم تكوين واحد في شمال النقب (المنطقة المماثلة لما عندنا) هو تكوين مشاش Mishash Formation وضعوا فيها سحنتين صوانية وفوسفاتية أنظر عابد ووشاحي (١٩٩٩). أي كما وضعها المصري (١٩٦٣) في الأصل. لكننا هنا سنتبع ما ذهب إليه جيولوجي سلطة المصادر من جعل هذا التتابع تكوينين هما عمان والحسا على الرغم من عدم قناعتنا. وسنورد الأسباب في وصف التكوين في العنوان التالي.

وصف التكوين

يتغير محتوى تكوين عمان أفقياً من شمال الأردن إلى جنوبه. غير أن هذه التغيرات قليلة إذا قيست بتغيرات تكوين الغدران (تحت) وتغيرات تكوين الحسا الفوسفات (فوق). شكل ٣.

٣٤ يوضح وصفا لهذا التكوين في اكثر من موقع. الصوان هو الصخر الرئيسي في هذا التكوين بحيث إذا ذكر تكوين عمان قفز الصوان إلى الذهن. يوجد الصوان في تكوين عمان وفي كل مكان موجود فيه متعاقبا مع صخور الحجر الجيري الذي قد يكون من الكوكينا والطباشير والدولوميت.

الصوان عادة بني وقد يكون أسودا أو ابيضاً. وهو موجود على شكل طبقات مختلفة السمك بين السميكة الذي قد يزيد على المتر وبين الرقائق. حتى أن بعض الصوان السميكة يمكن أن يكون رقائقيا laminated أو cross laminated. بعض أنواع الصوان كتلي لا يبدي تراكيب رسوبية داخلية. وبعض أنواعه الأخرى يكون على شكل بريشة صوانية طبقية bedded brecciated chert. وهو مكون من معدن الكالسيدوني ومعدن الكوارتز الناعم جدا. وقد وجد في صخور الصوان في حالات قليلة مستحاثات الفوراميفرا والمحاريات والبطنقدميات. وقد تحول تركيبها الجيري إلى صواني Silicification. ولن ننسى وجود عقيدات الصوان الصغيرة والكبيرة التي قد تقاس بأكثر من المتر في مستويات مختلفة من التكوين. ولا شك أنها ناتجة عن التغيرات المبكرة التي حدثت لهذه الرسوبيات بعيد الترسيب مباشرة. كذلك نذكر الطيات المحدبة والمقعرة التي ترافق هذا التكوين تقريبا في كل مكان والتي نسميها undulations. وهذه الطيات ليست موجودة في الصخور التي تعلو أو تسفل تكوين عمان. مما يشير إلى أنها متعلقة بترسيب الصوان وليس بأحدث تكتونية في المنطقة. بعض أنواع الصوان الأسود يحمل نسبة جيدة من المادة العضوية كما هو الحال في وادي الوالة والذراع شرقي اللسان.

أما أصل الصوان فهو دون شك عضوي. غير أن في ذلك تفصيل. لقد درس كريشان (١٩٨٨) وعابد وكريشان (١٩٩١) هذه المسألة في تكوين عمان والغدران في وادي الموجب. وخلصنا إلى أن المستحاثات السيليكية مثل الدياتوم وأشواك الاسفنج والراديو لاريا والداينوفلاجلات dinoflagellates قد كانت موجودة بكثرة في المياه البحرية فماتت وانضمت إلى رسوبيات قاع البحر. ثم أذيت هذه الأصداف (لأنها غير موجودة الآن إلا نادراً) وأصبحت المياه الخلالية interstitial أي المياه البحرية الموجودة بين حبات الرسوبيات، أصبحت غنية جداً بالسيليكا. فحلت هذه السيليكا محل الرسوبيات الموجودة في قاع البحر وحولتها إلى صوان. الصخور القديمة التي حدث عليها الإحلال هي في أغلب الأحيان صخور جبرية غير متماسكة. وقد حدثت عملية الإحلال في وقت مبكر جدا من الترسيب أي تكاد تكون مصاحبة للترسيب. وباختصار فإن صخور الصوان في الأردن هي صخور جبرية استبدلت بالصوان في وقت مبكر جدا بعد الترسيب. لا تنس أن أصل السيليكا عضوي وأن أصل الصوان هو إحلال. يدل على كل ذلك ما أثبتته كريشان (١٩٨٨) وعابد وكريشان (١٩٩١) من وجود تراكيب رسوبية مثل الرقائقية الطحلبية algal lamination والرقائقية المتقاطعة cross lamination والرقائقية عموما التي توجد في الصخور الجبرية وهي موجودة الآن في الصوان كدليل على عملية الاستبدال. أنظر أيضا عابد (١٩٩٤). وهو ما ذهب إليه العاملون في فلسطين المحتلة وغيرها من العالم (Kolodny and Garrison 1994). غير أن أصل الصوان البريشي أكثر تعقيدا. فطبقات الصوان هنا مكونة من قطع زاوية من الصوان مغموسة في أرضية ناعمة من الصوان. يمكن رؤية مثل هذا النوع قبالة استراحة وادي الموجب. ويبدو أن الترسيب قد تم في طورين مختلفين. الطور الأول يشبه ما وصفناه في الفقرة السابقة. ثم تكسر الصوان وترسبت الأرضية الصوانية بفعل غزو مياه عذبة meteoric غنية بالسيليكا في بيئات ضحلة جداً قد تكون سيخات. دل على ذلك نظائر الأكسجين المستقرة في نوعي الصوان (حبات الصوان والأرضية). أنظر مرة أخرى Kolodny and Garrison 1994. هذا عن الصوان. فما هي الصخور الأخرى الموجودة معه؟

النوع الثاني من الصخور الذي يتعاقب مع الصوان هو الحجر الجيري. وهو أنواع كثيرة. منها الحجري الجيري الناعم (المكريت) أو الناعم الحاوي لبعض المستحاثات الكبيرة وآثار المستحاثات. كما أنه يتميز بوجود عقيدات الحجر الجيري التي قد تصل ١,٥ م. وجد على السطح العلوي المقوس لهذه العقيدات مستحاثات في وضع نمو (كريشان ١٩٨٨) في وادي الموجب وآثار مستحاثات في الذراع (بويل ١٩٨٨) مما يدل على أن هذه العقيدات قد نمت مصاحبة للترسيب. ومن أنواع الحجر الجيري أيضا المارل والطباشير. هذه الصخور عادة ما تكون رقائقية وحاملة للبتيومين (مومني ١٩٩٧ و طراونة ١٩٨٨). وقد لاحظ بويل (١٩٨٩) وجود مستوى طباشيري يصل سمكه ٣٢ م في منطقة غرنندل وادي عربية يستمر حتى ضانا. ومن أنواع الصخور الجيرية الأخرى الحجر الجيري الكوكيني المكون أساسا من كسارة أصداف الأويستر خاصة في شرق وسط الأردن (الأبيض والحسا). وقد أشار الحيارى (١٩٨٥) إلى وجود طبقة أو مستوى من هذه الكوكينا في هذه المناطق يصل سمكها إلى ٨ أمتار سماها عضو المترمل أو كوكينا المترمل. وهي موجودة في وسط تكوين عمان. حتى إذا ذهبنا غربا نحو وادي الموجب لا نجدها بهذا الوصف بل نجد العديد من الطبقات بسمك عشرات السنتيمترات متعاقبة مع الصوان (كريشان ١٩٨٨، عابد وصدقة ١٩٩٨). ولو ذهبنا نحو الغرب أكثر لما وجدنا لمثل هذا النوع من الصخور أثرا (منطقة الذراع شرقي اللسان، بويل ١٩٨٨). مما يدل على أن مصدر الأويستر هو المناطق الشرقية الضحلة جدا حيث كانت الأويستر تشكل بعض الشعاب في هذه المناطق. وقد أصابها الحت وانتقلت بالعواصف مثلا إلى الغرب إلى المياه العميقة. ومن الصخور الجيرية الأخرى الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي. وهي موجودة بكثرة في الجزء السفلي من التكوين في وادي الموجب وكذلك في جزئه الأوسط.

وقرب نهاية التكوين العلوية يوجد الفوسفات الجببي على شكل طبقات رمادية تكون صلبة في كثير من الأحيان بسبب المادة اللاحمة السيليسية في الموجب مثلا. وتزداد طبقات الفوسفات أهمية في السمك والكثرة نحو الأعلى تدريجيا.

حدود التكوين

يسهل وضع الحد السفلي لهذا التكوين في شمال الأردن. فهو يوضع عندما تظهر أول طبقات الصوان الكتلي فوق طباشير الغدران. أما الحد السفلي في وسط الأردن كالموجب مثلا فيوضع عندما ينتهي مستوى الطباشير السميك الثاني (عضو طباشير ذيبان) وتبدأ طبقات الصوان والحجر الجيري (والدولوميت) متعاقبة بسمك عشرات السنتيمترات وبنسبة ١:١ تقريبا. لاحظ أن تكوين الغدران تحت هذا الحد يحوي الكثير من الصوان في عضو الطفيلة. وفي جنوب الأردن تصبح الصورة أكثر صعوبة خاصة في جنوب غرب الأردن كالشوبك وغرنندل ورأس النقب. فتكوين الغدران هنا لا يحوي الطباشير ونهايته العليا مكونة من الصوان المتطبق المتعاقب مع الصخور الجيرية والذي قد لا يختلف كثيرا عن مكونات تكوين عمان. ابحث عن البورسيلينيت (تربولي) تحت هذا الصوان أو معه ليساعدك في التعرف على أنك ما زلت في الغدران وليس في عمان. واعتقد أنه كان يجب ضم الغدران وعمان في تكوين واحد في جنوب غربي الأردن.

أما الحد العلوي مع تكوين الحسا الفوسفاتي فهو أكثر تعقيدا وأكثر صعوبة من الحد السفلي. العامل المميز الذي وضعه بندر (١٩٧٤) لهذا الحد، وتبعه فيه جيولوجي سلطة المصادر، هو ظهور الفوسفات بشكل واضح في طبقات تكوين الحسا وعدم وجوده بشكل كبير في تكوين عمان. ولما كان تزايد وجود الفوسفات نحو الأعلى بين التكوينين تدريجيا فمن الصعب اختيار خط واضح فاصل بين التكوينين في جميع أرجاء الأردن. إن عدم وضوح هذا الحد الفاصل (كونه تدريجيا) هو الذي جعل جيولوجي فلسطين المحتلة يضعون تكوين عمان (سحنات الصوان) وتكوين الحسا (سحنات الفوسفات) في تكوين واحد هو تكوين

مشاش في النقب. ثم إنهم يقسمونه إلى سحنتين صوانية وفوسفاتية. لكنه على الخرائط تكوينا واحدا. على أي حال نعود إلى الأردن، ففي وسط الأردن وخاصة شرق وسط الأردن فإن جيولوجي سلطة المصادر قد وضعوا الحد بين تكوين عمان وتكوين الحسا على قاعدة مستوى من الصوان الأبيض الرمادي بسمك ٢-٣ م تعلوه طبقة من الحجر الجيري الحامل لمستحاثات واضحة من البطنقدييات (الحباري ١٩٨٥، برجوس ١٩٨٦، خليل ١٩٨٦، بويل ١٩٨٩) وبالطبع من قبلهم بندر (١٩٧٤). لكن هذا المستوى الصواني الأبيض موجود فقط في شرقي وسط الأردن مناجم الحسا والأبيض والقطرانة) وغير موجود في معظم أرجاء الأردن. تبقى المسألة قائمة على هذا الحد. ومن ثم فإن الكثير من خرائط مشروع المسح الجيولوجي تسمح تكوين عمان والحسا مجتمعين للخروج من هذه المسألة.

سمك التكوين

ليس من السهل التحدث عن سمك هذا التكوين بسبب إعادة تعريف حدود التكوين من جيولوجي سلطة المصادر. فقد أضيف إليه أجزاء من الغدران الأعلى وأخذ منه أجزاء أو جميع وحدة الفوسفات.

على أي حال يبدو أن أكبر سمك لتكوين عمان (دون الغدران ودون الحسا) موجودة في وادي الموجب حيث يصل سمكه إلى ١٠٠ م (بويل ١٩٨٩) والغريب أن كريشان (١٩٨٨) (وضع سمك التكوين في وادي الموجب ٥٠ م. ولما كان الحد السفلي واضح جداً فوق طباشير ذيبان، فإن المشكلة هي في أين انتهى كل منهما في قياس سمك التكوين. أعلم أن كريشان قد وضع الحد الأعلى لهذه السحنة (ليس تكويناً عند كريشان) عند استراحة الموجب. ومن ثم فقد يكون بويل قاس جميع المقطع حتى نهاية الموجب العليا. لن أتكلم عن سمك التكوين إذن. ولكنني اكتفي بالقول أن سمكه يقل تدريجياً نحو الجنوب. وعلم أن مستوى الصوان الممثل لتكوين عمان في رأس جرف بطن الغول (تحت الدفاع المدني مباشرة) لا تزيد عن ٢٥ م. وهي لا تزيد عن ٦ م شرقي الشدية. وهي كذلك شرقي الجفر في منطقة وادي عرنة وهي كذلك في زقيمات الحصاة جنوب باير. أي أن السمك قد نقص كثيراً جداً نحو جنوب وشرق الأردن. أنظر عابد وعبدالله ١٩٩٨ وخليفة ١٩٩٤ وعابد وعميرة ١٩٩٩. وسنعود إلى هذا الحديث عندما نتكلم عن الفوسفات.

عمر التكوين

يتفق العاملون على أن عمر التكوين هو الكمباني Comanian من أعلى الكريتاسي الأعلى (فنز ومرتون ١٩٥٩، بردون ١٩٥٩، بندر ١٩٧٤) أنظر أيضاً عابد ووشاحي (١٩٩٩) في عمر تكوين مشاش في النقب وهو كمباني أيضاً.

بيئة الترسيب

لقد تحدث كريشان (١٩٨٨) وعابد وكريشان (١٩٩١) وعابد (١٩٨٩) وعابد وصدقة (١٩٩٨) عن بيئات ترسيب الصوان في أماكن مختلفة من الأردن، ولو بدأنا بشرقي وسط الأردن (مناجم الحسا والأبيض والقطرانة وما جاورها غرباً) لوجدنا كثرة صخور الكوكينا الحاملة للأويستر التي تدل على بيئات بحرية ضحلة قريبة من الشاطئ قد لا تزيد عمقها عن ٢٠ م. ويبدو أن بيئات أكثر عمقا ولكن ليست كثيراً كانت سائدة في الموجب وغربي وسط الأردن. كما أن بيئة الترسيب لن تكون أكثر عمقا بل قد تكون أقل عمقا في جنوب شرقي الأردن (بطن الغول والشدية وشرقي الجفر وزقيمات الحصاة). يبقى شمال الأردن التي قد تكون أكثر عمقا نحو الرف القاري المفتوح ولكن ليس الرف القاري الخارجي.

ولدينا أدلة قوية في بعض مناطق شمال الأردن مثل تل السور (٢-٣ كم جنوب الرصيفة) باندل ومقبل ١٩٨٥ ، عابد ١٩٨٩) حيث طبقات الصوان الراهصي Chert Conglomerates والكالكريت والسلكريت وغيرها التي تدل على ترسيب على الشاطئ أو حتى فوق مستوى سطح البحر أحيانا. وسنعود إلى ذلك في حديثنا عن الفوسفات. بقيت واحدة. وهي أن جيولوجي فلسطين المحتلة (ومنهم Steinitz 1977) قد سجل وجود بقايا رسوبيات التبخرات (جبس وأنهيدريت) في تكوين المشاش (عمان) في النقب. وفسره هذا الباحث على أنه رسوبيات سبخة. دلالة على نوع بيئة الترسيب الضحلة جدا في بعض أجزاء تكوين عمان في المنطقة. ولكن يجب أن نذكر أن رسوبيات الصوان في العالم ليست بالضرورة بهذا العمق القريب من الشاطئ بل قد تكون عميقة جدا (٢٠٠٠-١٠٠٠ م) كما هو الحال مثلا في تكوين مونتري في غرب الولايات المتحدة والمكسيك (Kolodny and Garrison 1994). دعنا نضيف واحدة أخرى، وهي أن نسبة الصوان إلى الرسوبيات الأخرى المرافقة له تزداد في المرتفعات وتنقص في الأحواض. أنظر عابد (١٩٨٩ ، ١٩٩٤). وسنعود إلى ذلك.

٣,٧,٥,٣ تكوين الحسا Al-Hasa Formation

التسمية

قد تحدثنا عن ذلك في تسمية تكوين عمان. ونقول هنا أن هذا التكوين يشمل الرسوبيات الحاملة للفوسفات من تكوين عمان عند المصري (١٩٦٣). فهو جزء من تكوين عمان عند المصري. وهو يعادل B2b عند ولفارت (١٩٥٩) وماكدونالد (١٩٦٥) وباركر (١٩٧٠). أي أن جميع هؤلاء قد اعتبروا مستوى الفوسفات الجزء العلوي من تكوين عمان سالف الذكر. غير أن بندر (١٩٧٤) وضع الفوسفات في وحدة مستقلة أسماها " وحدة الفوسفوريت ". وتبعه في ذلك جيولوجي سلطة المصادر الذين رفعوا رتبة هذه الوحدة إلى تكوين ليكون التكوين الثالث في مجموعة البلقاء وأسموه تكوين الحسا الفوسفاتي. وسنتبع تسميتهم ونسميه أيضا تكوين الحسا في محاولة لتقليل الاضطراب في التسميات على الرغم من قناعتنا بأن إبقاء الفوسفات في تكوين عمان هو الأفضل. ثم يعامل بعد ذلك على شكل سحنة رسوبية متغيرة وليس تكوينا. أنظر جدول ٥,٣، للتعرف على هذه التسميات وغيرها ومقارنتها.

وصف التكوين

نظراً لأهمية الفوسفات في الأردن كخام رئيسي جالب للعمالات الصعبة ومشغل لعدد كبير من الأردنيين، فقد درسه خلق كثير. سنحاول أن نذكر طرفاً من دراساتهم وبحوثهم. قد يكون تكوين الحسا مثل الغدران يعاني كثيرا من التغيرات الأفقية. فهو في شمال الأردن مختلف في وصفه عن وسط الأردن وعن جنوب الأردن. وعن جنوب شرق الأردن. ثم أن هناك بحثاً تصف هذا التكوين في جميع هذه الأماكن. وسنحاول تعقبه في هذه الأماكن الأربعة نظراً لأهمية الموضوع.

ليس من شك في أن تكوين الحسا قد ترسب فوق الأردن جميعه من أقصى شماله حتى أقصى جنوب شرقه. وهو في هذا لا يختلف عن تكوين عمان الذي تحته ولا التكاوين الأخرى التي فوقه. ومن ثم فإن عدم وجوده في بعض المناطق مرده رفع تلك المناطق في أزمنة متأخرة مصاحبا لنشوء حفرة الانهدام الأردنية (إيبوسين-حديث) . مثالها عدم وجوده في منطقة عجلون وفي الكثير من غرب جبال الأردن الغربية حيث وصل الحث إلى

مجموعة عجلون وأزال أحيانا كل مجموعة البلقاء وأحيانا وصل إلى ما هو أدنى منها كثيرا.

في شمال الأردن: إربد ولواء الكورة (دير ابي سعيد وما حولها). لم يتحدث أحد من العاملين في جيولوجية الأردن عن وجود وحدة الفوسفوريت (تكوين الحسا) في شمال أو شمال غرب الأردن. وقد مسحوا هذه المنطقة في خرائطهم الجيولوجية على أن صخور الصوان الموجودة هنا هي من تكوين عمان بمعناه الضيق (B2a) بندر (١٩٧٤). وكان أول من تحدث عن الفوسفات الاقتصادي في وحدة الفوسفوريت (تكوين الحسا) هو مقبل (رحمه الله) وعابد (١٩٨٥) . ثم درس هذا التكوين بالتفصيل الأغا (Al- Agha 1985) في رسالة ماجستير في الجامعة الأردنية ثم عابد والأغا (١٩٨٩) فعابد (١٩٩٤) شكل ٣. ٣٥.

يتكشف تكوين الحسا أفضل ما يمكن في لواء الكورة (دير أبو سعيد وما حولها حتى وادي اليباس جنوبا ووادي الطيبة شمالا). ثم كفر أسد نحو الشمال الشرقي شكل ٣. ٣٥). سمك التكوين ٨م تقريبا. الأمتار الخمسة السفلى مكونة من رسوبيات فوسفاتية دورية. كل دورة يبدأ قاعها برسوبيات فوسفاتية خشنة تحولت إلى صوان أحيانا. وتنتهي برسوبيات فوسفاتية رقائقية. أما الأمتار الثلاثة الأخيرة فهي مكونة من طبقة واحدة عديمة التراكيب فوسفاتية حبيبية. الفوسفات في هذه الطبقة غير صلب Friable. قد يصل نسبة P_2O_5 في هذه الطبقة إلى ٣٤% . غير أن معدل جميع الطبقات هو في حدود ٢٠% (٤٨. ٢ - ٩٥. ٣٤%) عابد والأغا (١٩٨٩). وهذه الطبقة دون شك تشبه أفضل الفوسفات في وسط وجنوب الأردن. تتميز طبقات الفوسفات هنا باحتوائها على نسبة مرتفعة من المادة العضوية قد تصل إلى ٦,٤%. كما أن نسبة كبيرة من عظام الفقاريات موجودة في هذه الطبقات. وتدل الصخور الجيرية المرافقة على أن هذا التكوين قد ترسب في حوض الكورة. أما اذا ذهبنا نحو إربد فإننا لا نجد أكثر من ٥ أمتار في منطقة وادي حوفة وأقل من ثلاثة أمتار في وادي الغفر. ولما كانت منطقة إربد تمثل مرتفعا في هذا الزمان فقد فل ترسيب الفوسفات فيها ولكنه ازداد سمكه نحو وسط حوض الكورة (شكل ٣, ٣٥). وسنرى أن هذه سمة واضحة في ترسيب الفوسفات الذي يترسب عادة على جوانب الحوض ولكن ليس في أعماق مناطق الحوض ولا في أعلى المرتفعات إلا بكميات قليلة. لأنه في الحالة الأولى تزداد الكربونات التي تؤدي إلى تخفيف تركيزه. وفي المناطق المرتفعة يزداد الصوان على حساب الفوسفات. قدرت كمية الفوسفات في لواء الكورة وما حولها أوليا بمقدار ٣٠٠ مليون طن (مقبل وعابد ١٩٨٥). ولكن تحريات جديدة أثبتت امتدادات كبيرة لهذا الخام الذي قد يكون أكثر من ذلك مرات عديدة.

في شمال الأردن: عمان-الرصيفة- صويلج. لا يوجد تكوين الحسا بين إربد وعمان لأنه الحث قد أصابه. ولا توجد في هذه المنطقة البيئية سوى صخور مجموعة عجلون والكرنب والجوراسي والترياسي.

غير أن الفوسفات في منطقة عمان-الرصيفة. مشهور جدا. وقد اكتشف مبكرا مع مطلع القرن العشرين مرافقا لأعمال مد الخط الحديدي الحجازي. وقد درس تكوين الحسا في الرصيفة خلق كثير جدا قد لا نستطيع تتبعهم جميعهم. فقد ذكره ولفارت وماكدونالد والمصري ويردن وكوينل وفتزل ومورتون ممن ذهبنا إلى ذكر أسمائهم في البداية. ثم بندر الذي أسماه وحدة الفسفوريت. وقد عدن هذا الخام في الثلاثينات والأربعينات وصدر إلى حيف. وفي الخمسينات من القرن العشرين عدن بالأنفاق من شركة مناجم الفوسفات. ثم استعملت طريقة الحفرة المفتوحة الذي استمرت حتى الثمانينات من القرن العشرين حيث توقف التعدين على الرغم من وجود كميات من الخام تقدر بعشرات ملايين الأطنان في المنطقة الواقعة جنوب طريق عمان-الزرقاء السريعة.

على أي حال الفوسفات هنا مكونة من أربع طبقات دعيت من الأسفل A1-A4 . وهي مكونة من الفوسفات الحبيبي يفصل بينها مستويات من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي الغني بآثار المستحاثات. والمستوى الجيري بين A3-A4 فيه الدولوميت والصوان ووجد به الأمونيت (شكل 36.3). سمك التكوين في مناجم الرصيفة شمال وجنوب طريق عمان. الزرقاء السريع ٣٠م تقريبا (Karam 1967, Reeves and Saadi 1971). غير أن المعلومات الموجودة هنا مأخوذة من عابد (١٩٨٩، ١٩٩٤).

نترك المناجم ونذهب جنوبا حيث سلسلة التلال الواقعة جنوب الرصيفة (قراءة ٣كم). هذه المنطقة تدعى تل السور (شكل ٣٦,٣). الفوسفات هنا موجود فوق صوان تكوين عمان ولكن لا يزيد سمكه عن ٦م في تلتين متجاورتين شمالا وجنوبا. وكلاهما موجود ضمن حزام تكتوني اسمه تركيب عمان-الحلابات. يتميز تكوين الحسا في تل السور (وهو تل روماني أثري) بقله سمكه وصلابته ووجوده في دورات تصبح حباتها اصغر نحو الأعلى. وتكثر فيه نسبة الصوان بحيث توجد طبقة سمكها أكثر من ١ م من رواهص الصوان فوق الفوسفات. زد على ذلك أن الفوسفات موجود في أجسام عدسية الشكل تتلاشى في كل الاتجاهات في مسافات قصيرة. وزيادة على ذلك فإن الدورات التي تصبح حباتها اصغر نحو الأعلى تنتهي بمستوى من الصوان يحوي شقوق الطين (في الصوان) والكالكرت. هذه المستويات أيضا وجدت مزالة بالحث في مسافات قصيرة. ثم يوجد بعد كل ذلك مستوى سميك (٢٠م) في التل الجنوبي و ٣م (في التل الشمالي) من شعاب الأويستر التي توجد أو تنمو عادة على الشاطئ. كل ذلك يشير إلى أن فوسفات تل السور قد ترسب في بيئات تحت مدية ضحلة إلى مسطحات المد والجزر. وأحيانا فإن المنطقة كلها كانت جزيرة غير مغمورة بالماء. وهذا مثال آخر على وجود المرتفعات والأحواض في مرحلة ترسيب الفوسفات. لاحظ أن الفوسفات في حوض الرصيفة أو جوانبه اقتصادي تجاري سميك (٣٠م) في حين لا يزيد على ٦م في تل السور مع كثرة الصوان.

في وسط الأردن: القطرانة-الأبيض-الحسا ونضيف إليها المنطقة الواقعة قبالة مطار الملكة علياء الدولي غربي الطريق الصحراوي. تشمل هذه المنطقة مناجم الحسا والأبيض الذي بدأ التعدين فيها منذ ١٩٦٥ وما زال على الرغم من أن الخامات بدأت تنفد. تكوين الحسا هنا مختلف في تكوينه عن سائر مناطق الأردن. فهو أكثر سمكا وأشد تنوعا في صخوره. ومنذ ١٩٦٢ قامت شركة بارسون (١٩٦٢) إلى تقسيم الصخور الحاملة للفوسفات (فوق صوان عمان) إلى ثلاث وحدات صخرية هي الأسفل

العضو الأسفل كثير الصوان قليل الفوسفات.

العضو الأوسط شعاب الأويستر.

العضو الأعلى كثير الفوسفات قليل الصوان.

هذه الأعضاء الثلاثة تساوي وحدة الفسفوريت عند بندر أيضا. ثم قام جيولوجيو سلطة المصادر بإعطاء هذه الأعضاء الثلاثة أسماء رسمية (مثلا الحيارى ١٩٨٥) بعد أن أعطوا وحدة الفوسفوريت اسم تكوين الحسا. والأعضاء الرسمية هي من الأسفل

العضو الأسفل: عضو فسفوريت السلطاني Sultani Phosphorite Member

العضو الأوسط: عضو كوكينا البهية Bahiya Coquina Member

العضو الأعلى: عضو فسفوريت القطرانة Qatrana Phosphorite Member

هذه الصورة أيضا موجودة في سواقة إلى حد ما (برجوس ١٩٨٦) وقبالة مطار الملكة علياء الدولي غربي الطريق الصحراوي (ملاحظات الكاتب).

أ. عضو السلطاني Sultani Member

يتكون من الصوان بشكل رئيسي مع طبقات من الفوسفات غير التجاري المتصلب والحجر الجيري الكوكيني الرقيق. وهو يقع فوق تكوين عمان الصواني. أما الحد فهو صعب تحديده. وقد شرحناه في حدود تكوين عمان السابق . أنظر شكل ٣٧,٣ لوصف هذا العضو.

ب. عضو كوكينا البهية Bahiya Member

هذا العضو شديد الوضوح في وسط الأردن. فهو يكون مستوى جيري لا يوجد فيه سوى أصداف الأويستر الكاملة في أسفله والمكسرة الناعمة في طبقات رقيقة في أعلاه. سمك هذا العضو قد يصل إلى ٤٠ م. وطبقاته دائما تقريبا على شكل تطبق متقاطع كبير Large Scale Cross- bedding. وقد نفسرها على شكل Clinofolds لو اردنا استعمال مصطلحات Sequence Stratigraphy. وقد فسر عابد وصدقة (١٩٩٨) على أنه شعاب من الأويستر. يميل هذا التطبق تقريبا دائما نحو الجنوب الشرقي إلا في حالات قليلة. لا يوجد الفوسفات مع هذا العضو إلا في حالات قليلة مثل خامات ١ و ٢٠ و ٢٧ و ٢٨ والامتياز القديم). في هذه الخامات يوجد الفوسفات التجاري السميك بين مستويين من كوكينا البهية . أفضل مكان لرؤيته هو الامتياز القديم الواقع شرقي مدينة الحسا (الإسكان) عندما عدن الخام بطريقة الأنفاق التي ما زالت موجودة. أنظر شكل ٤٠,٣ لوصف هذا العضو.

ج. عضو القطرانة Qatrana Member

هو العضو الأعلى في تكوين الحسا. وهو العضو الحامل لمعظم الفوسفات التجاري في وسط الأردن. ففي معظم الخامات الثلاثين الموجودة في الأبيض والحسا وما حولها يوجد الفوسفات التجاري في هذا العضو العلوي. يوجد الفوسفات التجاري هنا في طبقة واحدة قد يصل سمكها إلى ١١ م ولكنها في العادة عدسية الشكل بحيث يكون سمكها أكثر ما يمكن في مركز الخام الذي يتناقص في كل الاتجاهات ليصبح بضع عشرات السنتيمترات بعيداً عن المركز بضع مئات الأمتار حسب كبر الخام أو صغره. ومن الصفات الجديرة بالذكر هنا أن مركز خام الفوسفات (السمك الأكبر له) لا يوجد فوق السمك الأكبر أو مركز كوكينا البهية بل على جانبه الجنوبي الشرقي. أي على جانب الكوكينا في اتجاه مركز الحوض عندما تصبح رقيقة نسبياً . كذلك لا يوجد مركز خام الفوسفات (سمكة الأقصى) في مركز حوض الترسيب لأن الترسيب هنا يصبح جريباً إلى حد كبير. وبكلام آخر يوجد الفوسفات السميك التجاري على Flanks of the Coquina. ويبدو أن سبب ذلك هو أن الفوسفات المترسب أولاً أعيد تحريكه ونقله فلم يترسب إلا القليل فوق قمة شعاب أويستر البهية لأن طاقة المياه عالية والعواصف والأمواج حركته نحو الحوض (جنوب شرق) فترسب على أطراف الكوكينا لخشونته ولم يصل منه إلى قاع الحوض إلا القليل. وقد فصل هذا الموضوع عابد وصدقة (1998). فوق طبقة الفوسفات التجاري يوجد المارل والحجر الجيري وأحياناً الصخر الزيتي تبعاً لطبيعة الحوض الذي جرى فيه الترسيب. فإذا كان الحوض مفتوحاً وحركة المياه البحرية منه وإليه حرة لم يترسب إلا المارل الأصفر. وعندما يكون الحوض محصوراً نسبياً وتكون حركة المياه غير سهلة يتكون الصخر الزيتي مثل حوض اللجون وما به من صخر زيتي. أنظر شكل 38.3. سنعود إلى هذا الموضوع في بيئة الترسيب.

ولن يفوتنا أن نذكر أن هذه الصورة التي وصفناها في وسط الأردن موجودة في شمال وادي الموجب. فقد تتبع الكاتب الفوسفات السفلي في نهاية وادي الموجب العليا الشمالية. ثم إلى الغرب قرب قرية الشقيق. يوجد عضو كوكينا البهية وبه كل مواصفات هذه الشعاب التي في مناجم الحسا والأبيض إلا أن الأويستر صغيرة الحجم نسبياً. ثم يوجد عضو فوسفات القطرانة (العضو العلوي). في المنطقة ذاتها غير أن المنطقة مأهولة بالسكان.

في جنوب الأردن: الشدية. تقع الشدية جنوب شرقي معان على أطراف جرف بطن الغول والقارة الرملية العربية النوبية. وهي منطقة منبسطة ليس بها تضاريس. ولولا عمليات

الحفر التي تمت هنا لما استطعنا دراسة هذه الخامات. يصل الخام هنا إلى قرابة 1200 مليون طن من الفوسفات. وجهد شركة الفوسفات يتركز الآن في هذه المنطقة.

شمال غرب منطقة الشدية يشبه إلى حد ما منطقة وسط الأردن من حيث أن تكوين الحسا هنا مكون من ثلاثة أعضاء. ولكنها مختلفة جداً عما وصفنا أعلاه. أما المنطقة الجنوبية الشرقية فإن من الصعب أن تقسم إلى أعضاء. وقبل أن نصف فوسفات الشدية نقول أن أول أعمال الاستكشاف هنا بدأتها سلطة المصادر الطبيعية بين عامي 1974 – 1975 (حداين والبهداري (رحمه الله) 1976 تقرير غير منشور). ثم قامت شركة مناجم الفوسفات بعدة من برامج استكشاف من 1976. وفي عام 1980 درس حسين خالد تفصيلياً فوسفات الشدية في الحفرة التجريبية الأولى (TCI) (خالد 1980 ثم خالد وعابد 1982). ثم جرى بعد ذلك فيض من الدراسات نذكر منها عابد (١٩٩٤) وعابد والفاخوري (1996) وعابد وأبو مري (1997) وعابد وعبد الله (1998) وعابد وآخرون (1992) وعابد وعميرة (1999) بالإضافة إلى أعمال الشركات مثل سفرومين التي هيأت لبداية تعدين خامات الشدية في عام 1988 حيث بدأت التعدين هناك. الوصف هنا مأخوذ من المراجع التي ذكرناها قبل قليل.

ففي شمال غرب الشدية قسم تكوين الحسا إلى أربعة مستويات فوسفاتية أعطيت الرموز من الأسفل A_3 , A_2 , A_1 ثم A_0 . يفصل بين مستويي A_1 , A_0 طبقة سمكة من الكوكينا الناعمة نسبياً. وبالتالي هذه المنطقة تشبه الحسا في أن بها طبقة من الكوكينا تصل إلى 2 م في سمكها. شكل 3-41. الطبقة السفلى A_3 مكونة من الفوسفات الرملي ويوجد الفوسفات الصواني عند نهايتها السفلى. سمكها في حدود 4 م ونسبة الفوسفات متدنية فيها بسبب كثرة الرمل. أما المستوى A_2 فهو مكون من طبقة جيدة من الفوسفات سمكها قرابة المترين لكنه متغير. فوسفاتها لا يختلف كثيراً عن فوسفات وسط الأردن. وهي التي تباع حالياً. أما المستوى A_1 فهو مكون من عدد من الطبقات الفوسفاتية أطلق عليها A_{1d} , A_{1c} , A_{1b} , A_{1a} ، يفصلها مواد غير فوسفاتية مثل البورسيلينيت (تربولي) والصوان والحجر الجيري وغيرها. ثم تأتي طبقة الكوكينا وفوقها طبقة فوسفات دعيت A_0 . سمكها أحياناً صفر وقد تزداد في بعض المواقع إلى 1 م. ولكنها لا تعدن. فوق كل ذلك يوجد مستوى من المارل الأصفر المتصلب قليل أو منعدم المستحاثات يصل سمكه إلى بضعة أمتار. ثم تأتي رسوبيات حديثة من رواص الصوان والتربة الحمراء. المقطع 39.3 يصف هذا التتابع. الفوسفات هنا رمادي عادي.

حتى إذا ذهبنا إلى جنوب شرقي الشدية اختفت طبقة الكوكينا كلية وتناقص سمك طبقة المارل العلوي إلى أقل من المترين وزاد سمك التربة الحمراء إلى 10 م تقريباً. وبقيت المستويات الفوسفاتية الثلاثة السفلى A_3 , A_2 , A_1 على حالها الذي وصفناه ولكن مع فارق واحد مهم هو أن الفوسفات هنا أصبح لونه أحمرأ بسبب امتزاجه في فترة متأخرة جداً مع محاليل علوية حاملة للطين الأحمر. وقد سبب ذلك تدني في نسبة الكالسيوم والكربونات والسترونشيوم. لكنه لم يؤثر في نسبة P_2O_5 . أنظر تفاصيل ذلك في عابد وعبد الله (١٩٩٨). شكل ٣٩,٣.

وقد أكدت ختام الزغول (١٩٩٧) في رسالة ماجستير في الجامعة الأردنية وكذلك عابد وعبد الله (١٩٩٨) على أن حوض الشدية يجب أن يكون محصوراً من الشمال والشمال الغربي عن المياه العميقة نسبياً التي كانت موجودة في ما يعرف Jafr Trough. واستقر رأي هؤلاء الباحثين على أنه يجب أن توجد شعاب الأويستر في شمال مناجم الشدية الحالية بينها وبين الجفر. وهو ما ثبت الآن وجوده عند إنشاء طريق الشدية – الجفر. في هذه المنطقة لا بد أن تكون طباقية الصخور قريبة الشبه بما وصفنا في الحسا والأبيض في وسط الأردن. إلا أن أحداً لم يدرس هذا الموقع حتى الآن تفصيلياً.

وحتى نزيد الصورة تعقيداً فإن عابد وعميرة (١٩٩٩) يدعيان بأنه إلى الشرق من خام الشدية الذي يعدن الآن وإلى الغرب منه (تحت محطة الدفاع المدني) فإن فوسفاتاً تجاري

موجود في مستوى أقدم من تكوين الحسا (يساوي تكوين الغدران إلى حد كبير). وأن به بضعة أمتار قرابة الأربعة تزيد نسبة P_2O_5 عن ٢٠% وقد تصل إلى أكثر من ٣٠%. وهذا المستوى الأقدم نسبياً قد تتبعه عابد وعميرة (١٩٩٩) من بطن الغول غربي الشدية إلى نقب عتيق جنوب شرقي الشدية (٣٥ كم) إلى وادي عرنة شرقي الجفر إلى زقيمات الحصاة جنوب باير إلى وقف الصوان شمال باير. أي ما يزيد على ٢٠٠ كم شكل 40.3. الموضوع يحتاج إلى المزيد من البحث وخاصة الحفر لأن المنطقة منبسطة - فإذا ثبت ما يدعيه عابد وعميرة فإن كميات جديدة من الخام ستكون موجودة في المنطقة. التفاصيل كثيرة جداً وتحتاج إلى كتاب مستقل عن الفوسفات.

حدود التكوين

قد تحدثنا عن حدود التكوين السفلى عند حديثنا عن حدود تكوين عمان العليا. فعد إليه إن شئت. أما حده العلوي فهو مارل وطباشير (وصخر زيتي) تكوين الموقر الغني بالمستحاثات العالقة. وهو واضح في جميع الأردن حيث يوجد التكوينان.

سمك التكوين

في شمال وشمال غرب الأردن لا يزيد سمك تكوين الحسا عن ١٠م. وفي منطقة الرصيفة - عمان ٣٠م في حوض الرصيفة و ٦ م من تتابع الفوسفات وما بينه + ٢٠م كوكينا فوقه في تل السور المنطقة التي كانت تشكل مرتفعاً في أثناء الترسيب. ثم يزداد سمك التكوين في وسط الأردن ليتراوح بين ٤٠-٦٠م. وفي رأس النقب ٢٢م وفي الشدية قرابة ١٧م في الشمال الغربي ينقص إلى قرابة ١٠-١٢م في الجنوب الغربي. أما الفوسفات الأقدم من تكوين عمان في زقيمات الحصاة فهو ٦-٥م وفي وادي عرنة شرقي الجفر ٥,٥م (عابد وعميرة ١٩٩٩).

عمر التكوين

في الأردن يكاد الرأي يكون مجمعاً على أن رسوبيات تكوين الحسا هي من الكمباني الأعلى-الماسترختي الأسفل (كوينل ١٩٥١، حمام ١٩٧٧، بيرباوم ١٩٧٧، عابد وعاشور ١٩٨٧). على الرغم من أن بندر يضعه جميعه في الكمباني وكذلك العاملون في النقب في فلسطين المحتلة (عابد ووشاحي ١٩٩٩).

أصل الفوسفات أو نشأته

سأحاول في الأسطر أن أجيب على السؤال التالي: كيف ينشأ الفوسفات ابتداء. لقد أصبحت الإجابة على هذا السؤال ميسورة إلى حد ما بسبب حجم الأعمال الجيولوجية التي تراكمت في هذا الموضوع طيلة ربع القرن الماضي أي منذ أن نشأت مشاريع المطابقة الجيولوجية العالمية IGCP حيث احتل موضوع الفوسفات مكاناً مميزاً في هذه المشاريع. وقد كتب في هذا الموضوع ووصفت رسوبيات الفوسفات في العالم آلاف الصفحات، غير أننا لن نسترسل.

أولاً: مصادر الفسفور

الفسفور موجود في مياه البحار والمحيطات ذائباً فيها على شكل أيونات PO_4 أو غيرها. ولما كان الفسفور عنصراً مهماً جداً للكائنات البحرية العالقة Planktons، فإنه لو لم يأت إلى البحر باستمرار فوسفور جديد لاستهلكته هذه الكائنات فوسفور المحيطات منذ زمن بعيد. نذكر القارئ أن عنصر الفسفور يدخل في تركيب الحموض النووية والبروتينات

المكونة لبروتوبلازم هذه الكائنات. فهي لا تعيش بدونها. ومن ثم لا بد من تزويد البحار والمحيطات بكميات من الفسفور باستمرار. ومن هذه المصادر وقد يكون أهمها مياه الأنهار التي تجلب الفوسفور من القارات وتلقى بها إلى البحار. ومن الأمواج والتيارات البحرية التي تنحت شواطئ البحار. ومن مصادره البراكين تحت البحرية. ومنها أيضا الرياح التي تلقي بحمولتها مباشرة في البحار. وأخيراً المصادر غير الأرضية حيث يهطل على سطح البحار والمحيطات كميات لا بأس من المواد الاتية من الكون مثل النيازك إن جاز التعبير التي حجمها صغير جداً. كل ذلك يؤدي إلى إضافة كميات من الفوسفور كل سنة إلى مياه المحيطات والبحار.

ثانياً: دورة الفوسفور في مياه البحار العميقة

قلنا قبل قليل أن الكائنات العالقة لا تقوى على العيش بدون الفوسفور والسيلكون أيضاً. ولما كانت هذه الكائنات العالقة تعيش في ١٠٠ م العليا من مياه البحار والمحيطات حيث الضوء اللازم لعملية التمثيل الضوئي للعوالق النباتية Phytoplanktons مثل الدياتومات. ولما كانت العوالق الحيوانية Zooplanktons تعيش على النباتية. فإن المجموع الكلي للكائنات العالقة يعيش في المياه السطحية. ومن ثم فإن أي ذرة فسفور أو أيون من أيوناته يصل إلى المياه السطحية يجد أفواهاها جائعة بانتظاره. وعليه فإن تركيز الفسفور والسيلكون في مياه البحار والمحيطات السطحية يكاد يكون صفراً. تموت هذه الكائنات فتهبط نحو الأسفل. ويبدأ الأكسجين والمحللات بالتفاعل مع أجسادها الرخوة ووقائعها الصلبة. ولا تلبث أن تذوب تماماً إذا كانت المياه عميقة نسبياً. وتصبح المياه البحرية العميقة ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ م غنية بالعنصرين الفسفور والسيلكون. أي أن المياه البحرية العميقة تعد خزاناً أو مستودعاً لهما. فإذا ارتفعت هذه المياه العميقة إلى السطح أكلتها العوالق وعادت الدورة من جديد.

ثالثاً: التيارات الصاعدة Upwelling currents

من وسائل رفع الفوسفور والسيلكون من المياه العميقة إلى سطح البحر التيارات الصاعدة الباردة. فعندما تهب الرياح على سطح البحر وتحرك المياه السطحية بشدة في اتجاه معين تصعد المياه العميقة الباردة لتحل محلها. هذه المياه الصاعدة تكون غنية بالفسفور والسيلكون عشرات المرات أكثر من غنى المياه السطحية. ومن المناطق الحالية التي توجد بها التيارات الصاعدة جميع غربي إفريقيا من المغرب حتى جنوب إفريقيا. وشواطئ تشيلي والبيرو في غرب أمريكا الجنوبية والشواطئ الشمالية للقارة المتجمدة الجنوبية وأقل من ذلك بحر العرب جميعه من عدن حتى عمان وكذلك شواطئ الصومال. وليس غريباً أن تكون هذه الأماكن مصائد سمك ممتازة. بل هي أفضل أماكن صيد السمك في العالم. ذلك لأن الهرم الغذائي هنا كامل.

رابعاً: دورة الفوسفور في الرف القاري (مناطق بحرية غير عميقة). ترسيب الفوسفات

هنا أن التيارات الصاعدة الغنية بالفسفور والسيلكون قد أرسلت مياهها إلى منطقة بحرية غير عميقة كالرف القاري الذي كان سائداً في الأردن (وبلاد الشام) في زمن ترسيب الفوسفات. ستفرح العوالق بذلك لأن الغذاء صار وفيراً فتكثر جداً bioproductivity. وتموت كثيراً تبعاً لذلك. وتهبط إلى الأسفل. غير أن عمق المياه هنا ليس كبيراً وبالتالي فإن المادة العضوية الناتجة عن هذه الكائنات ستصبح جزءاً من رسوبيات قاع الرف القاري الضحل. وسيقوم الأكسجين وأنواع من البكتيريا بتحليل هذه المادة العضوية فيتحرر الفوسفور على شكل أيونات ويصبح جزءاً من المياه الخلالية الموجودة بين حبيبات الرسوبيات. وسيكون تركيز الفوسفور فيها أعلى كثيراً جداً (عشرات المرات) تركيز الفوسفور في مياه قاع البحر. وتبعاً للظروف السائدة في هذه الرسوبيات فإنه في العادة ما

يترسب الكالسيت أولاً ثم تتحول الكبريتات الموجودة في هذه المياه أصلاً من مياه البحر إلى كبريتيدات وتترسب على شكل البيريت Pyrite . وقد يترسب الدولوميت جزئياً. لاحظ أنه كلما ترسبت المواد من المياه الخلالية كلما ازداد تركيز أيونات الفوسفات في هذه المياه. إلى أن تصل إلى تركيز مناسب لترسيب معدن الأباتيت الذي هو معدن الصخور الفوسفاتية. ويتشعب الطريق هنا إلى مسارين:

المسار الأول أن يترسب معدن الأباتيت من المياه الخلالية وذلك بين مسامات الصخور على شكل مكورات أو عقيدات أو رسوبيات فوسفاتية ناعمة جداً أو متورقة ... الخ. هذا النوع من الترسيب نسميه authigenic. وهو ترسيب مباشر من المياه الخلالية الغنية بأيون الفوسفات وليس من مياه البحر نفسه. لأن تركيز الفوسفات في مياه البحر حتى العميقة أقل كثيراً من أن يترسب منها معدن الأباتيت مباشرة.

المسار الثاني أن تقوم المياه الخلالية الغنية بأيونات الفوسفات بالتفاعل مع الرسوبيات التي هي ضمنها وتحولها إلى رسوبيات الفوسفات. وبكلام آخر فلو أن الرسوبيات الموجودة في قاع البحر هي رسوبيات جيرية وأن المياه الخلالية بين حباتها أصبحت غنية بأيونات الفوسفات. تفاعلت هذه المياه مع الرسوبيات الجيرية وحولتها إلى رسوبيات فوسفاتية. وتسمى هذه العملية diagenetic. في هذا المسار يمكن ملاحظة أن مكونات الحجر الجيري الأصلية قد أصبحت فوسفاتية على الرغم من أن شكلها الأصلي ما زال باقياً. مثال ذلك أن تجد أصداف القواقع الجيرية قد أصبحت فوسفاتية.

نضيف إلى المسارين السابقين أن بعض مكونات الصخور الفوسفاتية هي عظام وأسنان الفقاريات كالأسمك مثلاً التي تموت وتتضم بقاياها الصلبة إلى رسوبيات الفوسفات. وهي كثيرة في الأردن. وكذلك براز هذه الكائنات Coprolites الذي يرى على شكل مكورات أسطوانية في صخور الفوسفات.

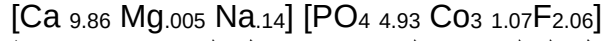
مكونات الفوسفات الأردني وأصله

يتكون الفوسفات الأردني (وبلاد الشام) من ثلاثة أنواع من الحبيبات هي المكورات Peloids التي تكون شبه كروية تصل إلى مئات الميكرونات في قطرها. أي قرابة نصف المليمتر. والنوع الثاني هو فتات الفوسفات الداخلي intraclasts التي تكون بأشكال كثيرة (لا شكل لها) وقد تحوي مكونات صخرية أخرى مثل العظام أو حبيبات الكربونات. وتدل على عمليات إعادة تحريك للفوسفات الطري الذي ترسب أصلاً ثم أصابه الحث والنقل إلى موقع ترسيبه الأخير. والنوع الثالث هو عظام وأسنان الفقاريات كالأسمك. والنوع الرابع هو براز الفقاريات (كوبروليت) وهو قليل الشيوخ. وقد دلت دراساتنا الكثيرة في هذا الموضوع على أن النوع الأول أي المكورات ليست إلا أشكالاً خاصة كروية من النوع الثاني. أي هي فتات فوسفاتية استندارت في أثناء عملية النقل. أنظر عابد وفاخوري (١٩٩٦) لتوضيح أسباب ذلك مما لا يمكن شرحه هنا. ومن ثم فإن الفوسفات الأردني يبدو للناظر إليه في الميدان وكذلك تحت المجهر حبيباً granular. وهذه الصفة تكاد تكون صفة مميزة لمعظم فوسفات العالم. لماذا حدث ذلك؟ ولماذا لا يوجد الفوسفات على شكل صخور ناعمة كالحجر الجيري (المكريت)؟ الحق أن النوع الناعم من الفوسفات mudsphorite نادر الوجود. ولا أذكر في الأردن إلا بعض المستويات الرقائقية laminated الموجودة في مقطع تبنة وما جاورها في فوسفات لواء الكورة. والسبب وراء هذه الظاهرة العالمية في تكوين الفوسفات أن العاملين في هذا الموضوع يصرون على أنه بعد مرحلة الترسيب الأولى (authigenic or diagenetic) تتعرض رسوبيات الفوسفات الطرية نسبياً إلى عملية إعادة تحريك reworking ثم نقل. وفي هذه الأثناء تحدث عملية تركيز لحبيباته التي تكون عادة في حجم حبات الرمل أو أكبر قليلاً Winnowing التي تؤدي إلى أن تتجمع حبيبات الفوسفات بعضها مع بعض في أجسام طبقية أو طبقات تبعاً للبيئة المحلية. هذه العملية

الأخيرة تطرد الحبات الناعمة جدا وتركز الحبيبات الفوسفاتية المتوسطة في ما نسميه خامات الفوسفات. فقد تكون بداية الترسيب ليست غنية بالفوسفات ولكن بعد عمليات إعادة التحريك والنقل والتركيز تتكون الخامات. وهو ما جرى تقريباً لخاماتنا الأردنية. وقد فصلنا ذلك في أكثر من بحث لنا من مثل عابد والأغا (١٩٨٩) في فوسفات لواء الكورة وعابد وصدقة (١٩٩٨) في فوسفات الحساد والأبيض في وسط الأردن.

التركيب المعدني للفوسفات الأردني Mineralogy

مادة الفوسفات في الصخور الفوسفاتية الأردنية مكونة من معدن واحد لا غير هو معدن الفرانكوليت Francolite. وهو أحد أنواع مجموعة الأباتيت المكون من كربونات فلور أباتيت. وقد وضعت الصيغة الكيميائية لهذا المعدن في الفوسفات الأردني محسوبة من عدد كبير من العينات من جميع أماكن تكشفتها (عابد وفاخوري ١٩٩٦) وهي



لاحظ إحلال المغنيسيوم والصوديوم محل الكالسيوم والكربونات محل الفوسفات. ولاحظ أيضاً كمية الكربونات والفلور المرتفعة.

لا داعي للمزيد من الحديث في هذا الموضوع سوى القول أن معدن الفرانكوليت هو معدن الأباتيت الوحيد الموجود في جميع الرسوبيات البحرية في العالم.

بيئة ترسيب الفوسفات الأردني

تشير جميع المؤشرات إلى تيارات صاعدة وباردة غنية بالفوسفور والسيلكون قد خرجت من مياه بحر التيش العميق في الشمال والغرب وغطت الرف القاري الجنوبي الضحل في بلاد الشام عموماً. وقد أدت هذه التيارات إلى ترسيب الفوسفات الأردني حسب الخطوات التي شرحناها أعلاه ولا حاجة للتكرار. ولكننا نذكر أن جميع الأدلة تشير إلى أن الفوسفات الأردني قد ترسب بطريقة المسار الأول authigenic لأننا لم نجد تراكمات أو أنسجة جيرية كالأصداف وغيرها قد تحولت إلى فوسفات. كان الرف القاري مكوناً من أحواض ومرتفعات مثل حوض الكورة ومرتفع عجلون وإربد وحوض الرصيفة ومرتفع تل السور. أما في وسط الأردن فقد كونت شعاب الأويستر الأطراف المرتفعة لأكثر من ٣٠ حوضاً صغيراً في هذه المنطقة. وفي كل هذه الأمثلة كان الفوسفات يترسب في بيئات غير عميقة لا يزيد عمقها عن ٤٠-٥٠ م ثم يعاد تحريكها ونقلها وترسيبها على شكل رسوبيات حبيبية على أطراف الحوض flanks. أما شواهد العمق القليل فهو وجود شعاب الأويستر التي تعيش على الشاطئ وهي موجودة أيضاً في مرتفع تل السور في الطرف الجنوبي للرصيفة. أنظر تفصيل ذلك في عابد وصدقة (١٩٩٨).

بقيت واحدة. وهي لماذا هذا التلازم بين صخور الصوان وصخور الفوسفات ليس في الأردن فقط بل في كل العالم؟ السبب بسيط. وهو ما ذهبنا إليه سابقاً في شرحنا لأصل الفوسفات. فقد كان الحديث عن عنصر الفسفور والسيلكون على اعتبار أنهما عنصران لا تعيش العوالق البحرية بدونهما. وبهذه الكيفية نفس أيضاً وجود البورسيلينيت (تربولي) في تكاوين عمان والحسا والغدران. إن تلازم الصوان والرسوبيات السيليسية العضوية الأخرى مع صخور الفوسفات يعد مؤشراً على وجود الفوسفات. وتستعمل في البحث عن الفوسفات عالمياً.

لم أتحدث عن تلازم وجود الصخر الزيتي في الأردن مع صخور الفوسفات. لكنني تركته لتفصيل ذلك في كيفية تشكل الصخر الزيتي في العنوان التالي لأننا أطلنا كثيراً في حديثنا عن الفوسفات.

4.7.5.3 تكوين الموقر Muwaggar Formation

التسمية

وضع الاسم المصري (١٩٦٣) ليصف صخور المارل والطباشير التي تقع فوق تكوينه عمان أو فوق تكوين الحسا الآن. أما بندر (١٩٧٤) فقد سمى الصخور ذاتها "وحدة المارل والطباشير". وقد أعطاها ولفارت (١٩٥٩) رمز B₃ أو بقاء ٣. أنظر جدول 5.3 للتعرف على المزيد من التسميات لمزيد من الباحثين. وقد استعمل جيولوجيو سلطة المصادر اسم المصري واسم بندر مجتمعين "تكوين الموقر الطباشيري المارلي". وهو كما ترى اسم طويل. والأفضل أن نبقى على المصري "تكوين الموقر".

وصف التكوين

عموماً لا يتكشف تكوين الموقر في الجبال الغربية إلا نادراً وذلك بسبب عمليات الرفع والحت والإزالة التي رافقت تكون صدح البحر الميت التحويلي. ولم ينج هذا التكوين إلا في بعض المناطق المتأثرة بالأحداث التكتونية مثل وجوده شمال سد وادي شعيب غرب عمان مباشرة في تركيب وادي شعيب وفي التواء الخرزة غربي الكرك أو شرقي اللسان وفي مقعر غرنذل وادي عربة. لكننا لا نجده في الجبال نفسها وأطرافها الشرقية حتى الطريق الصحراوي تقريباً. هو موجود في بعض الحالات غربي الطريق الصحراوي تقريباً هو موجود في بعض الحالات غربي الطريق الصحراوي في اللجون مثلاً بين الكرك والقطرانة. لكنه يصبح مسيطراً شرقي الطريق الصحراوي ويغطي مساحات كبيرة من الهضبة الأردنية شرقاً بسبب الميل القليل للطبقات نحو الشرق. يختلف عن ذلك شمال غرب الأردن بحيث نجد تكوين الموقر في كثير من الأودية غربي إربد مثل وادي العرب ووادي زقلاب ونهر اليرموك.

أما صخور تكوين الموقر فإنها دون تفاصيل مكونة من صخور طرية من المارل والطباشير المصفرة البيضاء. وفي كثير من المواقع في وسط الأردن وشماله فإن الجزء السفلي من التكوين يكون أسوداً بسبب كثرة المادة العضوية فيه. وهو ما نسميه محلياً "الصخر الزيتي". ولو أردنا التفصيل لوجب أن نتكلم عن مناطق بعينها ولطال بنا المقام. ففي نهر اليرموك مثلاً قاس ياسيني (Yassini 1979) وعميرة (١٩٧٩) وعابد وعميرة (١٩٨٣) وباركر (١٩٧٠) ودراسات أساسيات سد المقارن (سلطة وادي الأردن) مقاطع في هذه المنطقة حيث سمك التكوين أكثر من ٣٠٠ م مكونة من المارل البنيوميني الأسود في معظم التكوين عدا الجزء العلوي الذي يصبح مصغراً لخلوه من المادة العضوية. أنظر شكل 41.3 وقد وجد في بعض المستويات آثار المستحاثات والقليل من المستحاثات الكبيرة من المحاريات في بعض المستويات (عابد وعميرة ١٩٨٣). بالإضافة إلى أعداد كبيرة جداً من المستحاثات المجهرية من الفورامنيفرا العالقة. تزداد نسبة الفوسفات في الجزء السفلي القريب من تكوين الحسا لكنها ليست موجودة على شكل طبقات.

في وسط الأردن شرقي الطريق الصحراوي أي في معظم الهضبة الأردنية فإن قاعدة التكوين متوافقة فوق تكوين الحسا ويبدأ التكوين بالمارل الأصفر أو الزهري أحياناً حيث يكثر الفوسفات في طبقات رقيقة جداً تقاس أحياناً بالسنتيمترات أو تكون مبنوثة على شكل حبيبات فوسفاتية. ثم تسود سحنات المارل والطباشير الرمادية البيضاء بقية التكوين بشكل متجانس بشكل ممل. توجد أحياناً طبقة أو اثنتان من الصوان وبعض طبقات الحجر الجيري المارلي الأبيض المصفر. أما الصفة الأكثر أهمية في هذه المنطقة فهي عقيدات الحجر

الجيري الناعم الصلبة التي تكثر جداً في هذا التكوين والتي قد يصل قطرها في بعض الأحيان 1.5م. وقد قام بعض العاملين في حجارة البناء بجمعها وقصها وبيعها. وقد يتطور الجزء العلوي من التكوين في بعض المناطق الشرقية إلى حجر جير طباشيري يكون رقائقياً أحياناً مع بعض الغلوكونيت وبقايا عظام الأسماك. وقد وجد الكثير من المستحاثات الكبيرة في هذه المنطقة خاصة في الأجزاء الأكثر صلابة (الحجر الجيري المارلي أو حتى الحجر الجيري الذي فتحت فيه بعض مقالع حجر البناء شرقي وسط الأردن وغربي الأزرق). ومن هذه المستحاثات الهيكل العظمي لأسماك كاملة قد يزيد طولها على المترين. وقد وجد الأمونيت *Baculites* sp. و *Inocermas* sp. وآثار المستحاثات المختلفة. وفي زقيمات الحصاة جنوب شرق باير توجد نسبة مرتفعة من المواد الفوسفاتية الحبيبية وطبقات الصوان الرقيقة.

وفي منطقة وسط الأردن جنوب ضبعة وخان الزبيب وإلى الجنوب من ذلك في السلطاني القريب من القطرانة جنوباً وإلى الغرب من ذلك في اللجون ٢٠ كم شرقي الكرك يمتاز تكوين الموقر بأن معظم التكوين وخاصة السفلي مكون من الصخر الزيتي الأسود الفاحم اللون. وهي الخامات التي يعول عليها الأردن كثيراً كمصدر للطاقة. وسنتكلم عن صفات الصخر الزيتي ونشأته بعد قليل. التكوين هنا متجانس وهو من المارل الأسود الأقرب للنهاية العليا حيث يصبح أصفراً مع كثرة فتات الفوسفات المبتوث في قاعدة التكوين فوق تكوين الحسا.

لم يبق إلا أطراف حفرة الانهدام. فهو شمال سد الكفرين مكون من المارل الأصفر. وفي الخرزة شرقي اللسان مكون من المارل الأسود إلى حد كبير مشبهاً بذلك رسوبيات اللجون. أما في غرندل وضانا فلا تختلف كثيراً عن الخرزة من عدم احتوائها على الصوان ووجود المارل الأسود في كثير من المستويات. لكن أيضاً يوجد المارل والطباشير الصفراء البيضاء لعدم احتوائها على المادة العضوية.

ولن يفوتنا أن نذكر منطقة ضبعة في وسط الأردن (٥٠ كم جنوب عمان) والمقارن شمال إربد على نهر اليرموك. في هاتين المنطقتين يبدو أن صخور تكوين الموقر قد أصابها في الماضي (في ضبعة) وما زال يصيبها الآن (في المقارن) احتراق للمادة العضوية مما ينتج عنه تحول احتراقي *Combustion metamorphism*. أدت هذه الحادثة إلى تحول صخور المارل والحجر الجيري المارلي والطباشير إلى رخام بألوان عديدة خضراء وسوداء ومصفرة وغيرها. وهو موجود في السوق خاصة في صناعة البلاط. وقد درس هذا الموضوع تفصيلاً نصر ١٩٨٠ وخوري ونصر ١٩٨٢. وحددا عدداً كبيراً من المعادن غير الشائعة في هذه الصخور المتحولة مثل إترنجيت $\text{Ca}_6\text{Al}_{12}(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ وهاشميت $\text{Ba}(\text{Sr},\text{S})_{\text{O}_4}$.

هذه المنطقة شبيهة بما حدث في الصخور ذاتها في الخان الأحمر شرقي مدينة القدس.

حدود التكوين

حد التكوين السفلي يبدأ عندما تنتهي صخور تكوين الحسا المكونة من الصوان والفوسفات والحجر الجيري وأحياناً المارل الأصفر. وبداية ظهور صخور المارل الطباشيرية المتجانسة الصفراء البيضاء والزهرية أو السوداء. وصخور المارل الطباشيرية الممتلئة لتكوين الموقرة غنية بالفورامينيفرا العالقة بخلاف صخور تكوين الحسا التي تحتها. أما نهايته العليا فهي عندما تنتهي هذه الصخور المارلية الطباشيرية المصفرة المتجانسة وظهور أول طبقة صلبة من الحجر الجيري الطباشيري التي يعلوها ظهور الصوان الطبقي. أحياناً ما يكون أول ظهور للصوان الطبقي أعلى بحوالي ١٥م من بداية ظهور صخور الجير الصلبة. واعتقد أن أفضل طريقة للاهتمام إلى نهاية تكوين الموقر العليا هو

البحث عن الصوان الطبقي الذي يمثل بدايات تكوين الرجام ثم ننظر تحته قليلاً لنجد صخور الحجر الجيري الصلب ونضع الحد هناك.

سمك التكوين

ليس من شك أن سمك تكوين الرجام ما زال متأثراً بطبوغرافية قاع الرف القاري الجنوبي لبحر التيثس. فهو أكثر سمكاً في الأحواض وأقل سمكاً في المرتفعات. والأرقام التالية مأخوذة من بويل (١٩٨٩) وبعض البحوث الأخرى. ففي اليرموك ٣٣٢م وفي إربد ٢٤٠م. وفي منطقة سواقة- خان الزبيب والجيزة. وفي الذراع شرقي اللسان ١٥٨م. وفي وادي البستاني جنوب ضانا ١٩٤م وغرندل ٩٤م. وفي منطقة اللجون حتى ١١٥م. في رأس النقب ٢٠م وفي زقيمات الحصاة ٧٥م. أما في الآبار العميقة فإن ما يلفت الانتباه سمك التكوين في حقل حمزة ٧٨٢م شرقي صدع الفلوق أما غربه ٣٥١م.

عمر التكوين

يبدأ التكوين من أسفله في العصر الماسترختي من أعلى الكريتاسي الأعلى أي أن الجزء السفلي من التكوين ما زال من حقبة الميزوزوي. غير أن أعلاه تابع لعصر الباليوسين من الثلاثي من حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي). أي أن حد الكريتاسي/الثلاثي (K/T) يقع ضمن هذا التكوين. أو إن شئت حد حقبة الميزوزوي / السينوزوي تقع ضمن التكوين. وممن عمل على تحديد عمر تكوين الموقر ياسيني (Yassini 1979) خاصة في شمال الأردن على أساس من الفورامنيفرا. وكذلك بندر (١٩٧٤). ففي منطقة الكرك وضع عمر قاعدة التكوين في الماسترختي بناء على الفورامنيفرا القاعية *Siphogenerinoides* sp. والفورامنيفر العالق *Globotruncana gagnebini* (Dilley and Abu Azzam 1985) وقد أوضح ياسيني أن قمة التكوين تابعة للباليوسين الأعلى.

بيئات الترسيب وتشكل الصخر الزيتي

تركنا تكوين الحسا الفوسفاتي وقد ترسبت صخوره في بيئات قريبة من الشاطئ على أطراف أحواض كبيرة أو صغيرة. وفي كثير من المواقع خاصة في وسط الأردن فإن صخور تكوين الحسا الجيرية المارلية تكاد لا تحوي إلا النزر اليسير من المستحاثات. مما يدل فعلاً على أنه ترسب في بيئات شاطئية أو أحواض غير عميقة محصورة. ثم جاءت رسوبيات الموقر التي تمتاز في الأردن جميعه بكثرة الفورامنيفرا العالقة والقاعية وخاصة في شمال البلاد. ومعنى هذا الكلام أن بداية تكوين الموقر شكل ارتفاعاً واضحاً في مستوى سطح البحر وبالتالي تجاوزاً واضحاً لبحر عميق أو أكثر عمقاً من الذي رسب الفوسفات في تكوين الحسا. ولكن يبدو أن مستوى سطح البحر قد عاد إلى الانخفاض نحو نهاية التكوين فترسب الغلوكونيت وبعض الفوسفات وآثار المستحاثات وغيرها التي تدل على ذلك.

ولكن كيف تشكل الصخر الزيتي في هذا التكوين؟

تذكر أن الصخر الزيتي في الأردن لا يختلف عن بقية صخور تكوين الموقر إلا في احتوائه على نسبة مرتفعة من المادة العضوية (البتيومين والكيروجين) التي تجعل لونه أسوداً. ومن ثم فإن نشأة أو تشكل الصخر الزيتي ينصب على فهم كيفية تراكم المادة العضوية في الصخر واحتفاظه بها.

دعنا نتحدث عن طريقتين تتراكم بها المادة العضوية في الرسوبيات في قاع البحر وتحفظ بها في الصخر بعد ذلك.

ففي الطريقة الأولى تكون المياه البحرية (أو حتى البحرية) الموجودة في قاع الحوض مرجعة أو مختزلة (reducing = anoxic). وبكلام آخر فإن المياه السفلى لا تحوي الأكسجين بل كبريتيد الهيدروجين ومثالها الجيد الآن هو البحر الأسود. نعود إلى بداية

الطريقة ونقول أن المادة العضوية تنتج في طبقة المياه السطحية أو الضوئية كما ذكرنا في حديثنا عن نشأة الفوسفات. حتى إذا ماتت هذه العوالق النباتية والحيوانية نزلت إلى قاع الحوض غير العميق. فتمر في طبقة المياه السفلى غير الحاملة للأكسجين فلا تتأكسد وتندمج مع الرسوبيات وتصبح جزءاً منها. في مثل هذا الوضع يكون سطح الترسيب (سطح قاع البحر) تحت سطح H_2S/O_2 . فتكون البيئة صديقة للمادة العضوية وتحتفظ بها. أنظر شكل (42.3).

أما الطريقة الثانية فإن مياه حوض الترسيب تكون جميعها حاملة للأكسجين. في مثل هذا الوضع فإن المادة العضوية المنتجة في الطبقة المائية السطحية تمر في بيئة معادية في أثناء هبوطها نحو قاع الحوض الرسوبي. فتتأكسد وتتحول إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء. ولا يمكن إنتاج صخور غنية بالمادة العضوية في مثل هذا الوضع. دعنا ندخل عاملاً جديداً وهو التيارات الصاعدة الباردة كثيرة الغذاء (P, Si). تتكاثر العوالق النباتية والحيوانية بأعداد كبيرة في هذا الوضع لكثرة الغذاء. أي تصبح المنطقة ذات إنتاجية عالية bioproductivity من العوالق ومن ثم من أجسادها الميتة التي تهبط إلى أسفل. وفي أثناء هبوط أجساد العوالق إلى أسفل تستهلك قدراً جيداً من الأكسجين من الطبقة المائية الواقعة تحت الطبقة الضوئية. غير أن الأجزاء العميقة من الحوض ما زال بها الأكسجين. ويمكن حفظ كميات من المادة العضوية في رسوبيات مثل هذا الحوض بسبب ارتفاع معدل الترسيب high sedimentation rate الناتج عن معدل الموت العالي للعوالق الناتج عن الإنتاجية العالية للعوالق بسبب كثرة الغذاء. معدل الترسيب العالي يتغلب على وجود الأكسجين في قاع الحوض وبالتالي تصل كمية من المادة العضوية لتتضم إلى الرسوبيات. ولكنها في العادة أقل نسبة من المادة العضوية المنضمة إلى الرسوبيات في الطريقة الأولى. أنظر شكل 42.3.

وتطبيق ذلك في الأردن قد فهم من خلال دراسات أجريت على تكوين الموقر في شمال الأردن (اليرموك) واللجون (شرقي الكرك) (عميرة ١٩٧٩، عابد وعميرة ١٩٨٣، عابد والعاروري ١٩٩٤). وفي فلسطين المحتلة قد يكون أفضل ما كتب Almogi-Labin *et al.*, 1993.

وقد كان واضحاً في اللجون وما شابهه من الأحواض المجاورة مثل السلطاني وإلى الشمال من ذلك أنها جميعها أحواض صغيرة نسبياً وغير عميقة أيضاً إذا ما قورنت بشمال الأردن. ويبدو أن التيارات الصاعدة قد وصلت إلى هذه المنطقة بدليل وجود الفوسفات والصوان والبورسيلينيت تحتها في تكوين الحسا بكثرة. إذن نحن أمام إنتاجية عالية في حوض غير عميق. حيث استهلك جميع الأكسجين في مياه الحوض السفلي وأصبح سطح H_2S / O_2 أعلى من سطح الترسيب (قاع الحوض) فترسبت المادة العضوية الآتية من الأعلى بالطريقة الأولى وبنسب عالية جداً أحيانا قد تصل إلى ٣٠% في بعض المستويات في اللجون. لمزيد من التفاصيل أنظر عابد وصدقة (١٩٩٨) حول هذا الموضوع وعلاقة شعاب الأويستر بذلك.

أما في اليرموك فنحن أمام الرف القاري المفتوح الخارجي Open shelf. وعمق المياه أكبر بكثير من عمقها في اللجون (أكثر من ١٠٠م) واتساع الحوض لا يمكن أن يقارن باتساع حوض اللجون. لا شك أن التيارات الصاعدة قد غطت هذه المنطقة في طريقها إلى اللجون. ومن ثم نحن أمام إنتاجية عالية – غير أن العمق الكبير لم يساعد في استهلاك الأكسجين في جميع عمود الماء تحت الطبقة السطحية المنتجة للمادة العضوية. وبكلام آخر فإن سطح H_2S / O_2 هو على سطح الترسيب (قاع البحر) أو تحته بقليل في الرسوبيات نفسها (شكل 42.3). وبالتالي فإن المادة العضوية التي ترسبت في نهر اليرموك في تكوين الموقر قد خضعت للطريقة الثانية أي بسبب ارتفاع الإنتاجية العضوية وارتفاع الموت وبالتالي ارتفاع معدل الترسيب في المنطقة. ولأن الصخر الزيتي في الشمال قد نشأ بهذه

الطريقة الثانية فإن نسبة المادة العضوية أدنى كثيراً منها في اللجون بحيث لا تزيد في المعدل عن ١٤% (عابد وعميرة ١٩٨٣)، ولأن الحوض في شمال الأردن متسع فإننا نجد رسوبيات الصخر الزيتي تغطي مساحات شاسعة في شمال الأردن. وسنعود إلى الصخر الزيتي صناعياً في فصل لاحق.

5.8.5.3 تكوين الرجام Rijam Formation

التسمية

أول من وضع اسم "الرجام" هو باركر (١٩٧٠) نسبة إلى جبل أم رجام جنوب شرق جرف الدراويش في جنوب الأردن. لم يذكره المصري (١٩٦٣) لأنه لا يتكشف في منطقة عمان - الزرقاء التي وضع فيها المصري أسماء تكاوينه. وهو يعادل B₄ عند لفارت (١٩٥٩) ووحدته "الصوان - الحجر الجيري" عند بندر (١٩٧٤). أنظر جدول ٥,٣ لترى مزيداً من التسميات ومن سموها.

وصف التكوين

طبيعي أن يتكشف تكوين الرجام إلى الشرق أكثر من تكوين الموقر في الهضبة الأردنية بسبب ميل الطبقات القليل نحو الشرق وجنوب الشرق. وبالتالي فهو موجود في الجنوب الشرقي من الأردن بعيداً إلى الشرق من الطريق الصحراوي. وهو كذلك متكشف بكثرة في الريشة في اتجاه العراق إذ يكاد يكون هو الموجود هناك. غير أننا لا نعدم بعض المناطق في الغرب التي توجد فيها رسوبيات تكوين الرجام محفوظة في مناطق تكتونية مثل التواء الخرزة شرقي اللسان فوق الموقر. وفي حوض غرندل وادي عربة وفي جنوب غرب وغرب معان وفي ضانا (وادي البستاني).

لو أردنا أن نصف التكوين في جملة واحدة تميزه عما تحته تكوين الموقر لقلنا أنه مكون من تعاقب الصوان الطبقي مع الطباشير والحجر الجيري الطباشيري والحجر الجيري وبعض الفوسفات. لاحظ وجود الصوان الطبقي في هذا التكوين. وهو أساس تفريقه عن تكوين الموقر تحته.

يبدأ التكوين من الأسفل بمستوى سميك كتلي من الحجر الجيري الطباشيري أو المارلي (٥ - ٢٠م) التي يمكن أن تكون حاملة للغلوكونيت والليمونيت في بعض المواقع. هذا المستوى يشكل قاعدة التكوين. ثم تظهر أول طبقة صوانية فوق هذا المستوى. بعد ذلك يصبح التكوين مملاً بحيث يتكون من تعاقب طبقات الصوان مع الحجر الجيري الطباشيري أو الطباشير أو الحجر الجيري الصلب. الصوان يكون على شكل طبقات مستمرة وأحياناً على شكل مستوى مكون عقيدات غير متصلة. ومن الصفات المميزة لهذا التكوين عن تكوين عمان الحامل للصوان هو أن طبقات الصوان رفيقة بالنسبة للصخور الكربونائية التي تتعاقب معها. ويمكن القول أن نسبة الصوان للصخور الكربونائية هي ١:١٠ تقريباً. أو بكلام آخر فإن سمك الصوان يتراوح بين ٥ - ٢٠سم في حين سمك الصخور الكربونائية قد يصل إلى ١٥٠سم (بويل ١٩٨٩). في تكوين عمان يكون الصوان أكثر وفرة بحيث تكون النسبة في بعض الحالات ١:١ كما في قاع مقطع الموجب مثلاً. ومن أجمل المقاطع التي ترى فيها تتابع تكوين الرجام مقطع الخرزة شرقي اللسان. أنظر شكل 43.3 الذي يوضح عدداً من المقاطع من أسبخم شمال شرق الأزرق ووادي الرويشد في منطقة الريشة في أقصى شرقي البلاد.

ونضيف هنا أنه في بعض المناطق فإن الصخور الكربونائية تصبح حجراً جبرياً صلباً أبيضاً ممتازاً كحجر بناء كما في حجر معان. وكذلك في حجر بناء لا يقل كثيراً في جودته موجود في هذا التكوين في الرويشد (شكل 43.3).

حدود التكوين

حدود تكوين الرجام السفلي واضحة ونضعها عند التغير من صخور المارل الطباشيرية المصفرة المتجانسة إلى صخور الحجر الجيري الكتلية والصوان الطبقي. ونميز تكوين الرجام عن تكوين عمان وكلاهما حامل للصوان بنسبة الصوان المتدنية في الرجام. أما حده العلوي فهو مشكلة. ذلك لأن تكوين الرجام يقع في مكان مرتفع في التتابع الطبقي في جيولوجية الأردن. ومن ثم فإن قد اعتراه الحت في مناطق كثيرة من الأردن. وبالتالي فحده العلوي في كثير من المناطق هو سطح الحت الذي بدأ منذ الأوليغوسين وما زال مستمراً. غير أنه في بعض المناطق الشرقية والشمالية التي نجى فيها التكوين وما فوقه من أعمال الحت والإزالة، فإن حده العلوي يوضع عندما ينتهي تعاقب طبقات الصوان والصخور الكربونائية وتظهر صخور تكوين الشلالة المكونة من الحجر الجيري المارلي والحجر الجيري مع عقيدات الصوان وتنتهي بمستوى من المارل الطباشيري أي يخفي الصوان الطبقي ويظهر مستوى من الكربونات غير حامل للصوان الطبقي على الرغم من وجود عقيدات منه. وهو غير منتشر بكثرة في الأردن (أي الشلالة) لأنه التكوين الأعلى ومن ثم فقد أزيل من كثير من المناطق.

في بعض المناطق الغربية مثل الخرزة والشوبك ينتهي تكوين الرجام علوياً وفوقه تعاقب سميك جداً من رواهص ضانا (تكوين ضانا) الذي لا يمكن أن يخطئ من يراه في تحديد الحد بينهما. وسندرس هذا التكوين في الفصل القادم.

سمك التكوين

هذه الأرقام مأخوذة من بويل (١٩٨٩). في إربد ٢٢٠م وفي الخرزة شرقي اللسان ٢٤٧م وفي جبل أم رجام شمال معان أكثر من ٤٠م وحول معان ٦٥م وفي وادي البستاني ضانا ١٢٢م وفي غرندل وادي عربية ١٤٥م. وفي جبل ثلثوات باير أكثر من ٦٠م. أما في الرويشد وشرقي الأزرق فهي موضحة في شكل 43.3 على الرغم من أن النهاية العليا غير موجودة.

عمر التكوين

يتراوح عمر التكوين بين الباليوسين الأعلى والإيوسين الأوسط بناء على عدد كبير من مستحاثات الفورامنيفرا ومنها النميوليت. أما طبقات النميوليت في غرندل والهبر والضاحكية جنوب شرق الأزرق فإن عمرها يمتد من الإيوسين الأوسط إلى الإيوسين الأعلى.

بيئات الترسيب

يتميز التكوين بترسيب منتظم من الصوان والكربونات المتعاقبة معه في معظم أرجاء الأردن. وهذا يشير إلى أن الرف القاري لبحر التيثس ما زال موجوداً. أن كثرة الفورامنيفرا العالقة والقاعية وغيرها يدل على أن مياه البحر ما زالت مفتوحة وعميقة نسبياً. أي الرف القاري المفتوح. إن ترسب الصوان في طبقات رقيقة ووجود بعض طبقات الفوسفات يدل على أن قدراً من التيارات الصاعدة ما زال يؤثر على المنطقة ولكنها أضعف كثيراً مما كان في تكوين الموقر وتكوين الحسا. غير أن عدم وجود أو ندرة وجود المستحاثات الكبيرة القاعية يدل على أن مياه الرف القاري لم تكن مياه بحر عادية في ملوحتها. غير أننا نضيف أن وجود شعاب النميوليت في الأجزاء العليا من لتكوين الشلالة التالي يشير بوضوح إلى تدني عمق الرف القاري لأن هذه الشعاب لا يمكن أن تتشكل في مياه تزيد عن ١٠ - ٤٠م. وليس هذا بمستغرب فإن نهاية تكوين الشلالة الذي يعلو هذا التكوين قد شهدت انغلاق هذا

الرف القاري في منطقتنا. بقي أن نذكر أن انتظام الترسيب فوق الأردن بشكل عام يدل على أن أحواض ومرتفعات قاع البحر التي تحدثنا عنها منذ تكوين الغدران أو حتى أعلى تكوين وادي السير في التوروني لم تعد موجودة بشكل واضح في الإيوسين الأردني. على الرغم من وجودها بشكل واضح جداً في النقب في جنوب فلسطين المحتلة (عابد ووشاحي ١٩٩٩).

6.8.5.3 تكوين الشلالة Shallala Formation

التسمية

هذا هو آخر تكوين رسبه الرف القاري لبحر التيثس في الأردن حيث خرج هذا البحر ولم يعد حتى الآن وأصبحت معظم أرجاء الأردن قارية. وضع باركر (١٩٧٠) هذا الاسم نسبة إلى وادي الشلالة شمال إربد وهو أحد روافد نهر اليرموك. وهو يعادل B5. أنظر جدول 5.3

وصف التكوين

لما كان هذا التكوين هو التكوين البحري الأعلى الذي شهد خروج بحر التيثس من المنطقة. ولما كانت المنطقة قد خضعت لعملية رفع مستمرة منذ الإيوسين الأعلى، فإن هذا التكوين قد اعتراه الحت والإزالة في معظم أرجاء الأردن. ووضعه سيء إلى حد كبير. على أي حال فإنه مكون من قرابة ٧٠م من الحجر الجيري الطباشيري والحجر الجيري المارلي في جزئه السفلي وأحياناً الحجر الجيري. يوجد في هذه المكونات عقيدات الصوان. ثم يأتي فوق ذلك قرابة ٣٠م من المارل والمارل الطباشيري تحت سطح الحت. بقيت واحدة. وهي أنه في بعض المناطق قد تطور الترسيب بحيث أدى إلى تشكل شعاب من النميوليت Nummulite bioherm. ولا أعرف غير موقعين منهما في الأردن. واحدهما في مدخل وادي غرندل وادي عربة. والثاني وهو أجمل كثيراً حفظه لنا بركان تل الهبر على الحدود الأردنية السعودية مباشرة شرق هضبة البازلت في جنوبها الشرقي. شكل 44.3 .

حدود التكوين

الحد السفلي غير واضح، ويمكن أن نضعه عندما تنتهي طبقات الصوان الرقيق المتعاقب مع صخور الكربونات المكونة لتكوين الرجام. وظهور صخور تكوين الشلالة الذي لا يحوي طبقات الصوان. إذن طبقات الصوان هي العامل المحدد في التعرف على التكوين فوق الرجام. أما حده العلوي فهو نهاية طبقات المارل الطباشيري البحر المنشأ التي يعلوها سطح الحت الذي يمكن أن يكون فوقه الرسوبيات القارية مثل التربة أو رسوبيات الأودية أو الكالكريت أو ما شاكل ذلك.

سمك التكوين

يصل سمك التكوين إلى قرابة ٧٠م في وادي الشلالة.

عمر التكوين

إيوسين أوسط إلى إيوسين أعلى.

بيانات الترسيب

واضح أننا أمام انغلاق للرف القاري لبحر التيثس في هذه المنطقة. ومن الطبيعي إذن أن تصبح رسوبياته أقل عمقاً من رسوبيات تكوين الرجام التي رسبت في الرف القاري العميق نسبياً فوق معظم الأردن. ومن ثم فإن بيئات الترسيب ستصبح أقل عمقاً نحو الأعلى. وبالتالي فليس مستغرباً أن نرى شعاب النيموليت في هذا التكوين. لكننا لا نعلم كم أزيل من تكوين الشلالة بالحت لأننا لا نجده في مكان بسمكه الكامل.

٦,٣ مجموعة بطن الغول Batn Al-Ghoul Group

١,٦,٣ التسمية

مجموعة بطن الفول بهذا الاسم جديدة على السلم الطبقي الأردني. فقد وضع الاسم أول مرة المصري (Masri 1998) من جيولوجي مشروع المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية. وقد وضع الاسم لوصف التتابع الرسوبي الفتاتي الرملي بشكل عام في المنطقة الواقعة بين إلى الشرق من رأس النقب وامتداده شرقاً في على طول جرف بطن الغول وجنوب الشدية وجنوب شرقها. أي في أقصى تكشفات الكريتاسي الأعلى جنوباً. وهي تعادل مجموعة عجلون وتكوين الغدران. ولما كان من المتعذر تمييز تكاوين عجلون والغدران بعضها عن بعض في هذه المنطقة لأنها أصبحت عموماً رملية - كما سنرى - فقد وضعت المجموعة لتسهيل عمل الجيولوجي في هذا المكان من الأردن.

٢,٦,٣ وصف المجموعة

قد وصفنا مجموعة عجلون سابقاً وكانت صفتها الرئيسية أنها كربونائية مكونة من الحجر الجيري أو الدولوميت والمارل وبعض الصخور الغضارية. تستمر هذه الصفة البارزة حتى رأس النقب على الرغم من دخول الرمل كمون مهم في بعض أجزائها خاصة جنوب وادي الحسا وفي منطقة شمال رأس النقب بالقرب راجف ودلاغة (Ouran 1996) وبندر (١٩٧٤). غير أنه برغم ذلك يمكن تمييز أجزاء مجموعة عجلون بوضوح: تكاوين ناعور و F/H/S ووادي السير. حتى إذا سرنا من رأس النقب نحو الشرق تبدأ زيادة واضحة في نسبة الرمل. تستمر زيادة نسبة الرمل وتناقص الكربونات حتى يصبح من المتعذر تمييز تكاوين عجلون. يحدث ذلك إلى الغرب قليلاً من بطن الغول. هنا تسود رسوبيات مجموعة بطن الغول كما سنصفها في تكوينين بعد قليل.

أما تكوين الغدران فإنه قد وصف بالتفصيل سابقاً. ولن نعود لذلك. لكننا نقول أن تكوين في محتواه من البورسلينيت والكوكينا والقليل جداً من الطباشير يستمر إلى الشرق من رأس النقب ليتحول شرقاً قريباً من بطن الغول إلى رسوبيات رملية أيضاً. تنضم هذه الرسوبيات المكافئة للغدران إلى الرسوبيات المكافئة لعجلون لتكون مجموعة بطن الغول (شكل ٤٥,٣).

ويمكن أن نصف هذه المجموعة من خلال حديثنا عن التكوينين المكونين لها وهما:

تكوين حرد وهو الأقدم

تكوين فصوة وهو الأحدث

٣,٦,٣ حدود المجموعة وسمكها وعمرها

الحد السفلي لمجموعة بطن الغول هو السطح العلوي لمجموعة الكربن. وعلى الرغم من أن المجموعتين مكونتان من الحجر الرملي بشكل رئيسي، إلا أن التمييز بينهما ليس صعباً. غير أن المصري (١٩٩٢) قد ضم المجموعتين سوية في خريطة التليثوات الواقعة جنوب الشدية ومسحهما كوحدة واحدة فيما يبدو لصعوبة التمييز بينهما في الأجزاء البعيدة نحو الشرق. ويرى الكاتب أن الكربن سهل التمييز مثلاً تحت نقب عتيق ٣٥ كم جنوب شرق

مناجم فوسفات الشديدة. قد نعود لهذا الحد لاحقاً. أما حدها العلوي فهو سهل جداً ويوضع عند ظهور صوان تكوي عمان الذي وصفناه جيداً فيما سبق. سمك المجموعة يتناقص نحو الشرق. وقد ذكر المصري (١٩٩٨ و ١٩٩٢) أن سمكها هو ١٢٧ م في غرب خريطة و ١١٦ في شرقها. أما عمرها فيمكن مقارنته بمجموع عمر مجموعة عجلون وتكوين الغدران أي سينوماني-سانتوني Cenomanian-Santonian .

٤,٦,٣ بيئة الترسيب

يقال التأثير البحري نحو الشرق ويزداد الترسيب النهري في الاتجاه ذاته. إن وجود التطبيق المتقاطع القاعي والدورات التي تصغر حباتها نحو الأعلى مع عدم وجود المستحاثات أو آثارها يدل على ترسيب نهري لهذه المستويات الرملية. ولكن توجد مستويات متعاقبة معها تحمل آثار المستحاثات وكذلك توجد مستويات مكونة من الكوكينا مما يدل على ترسيب بحري ضحل. نذكر القارئ بوجود جذوع أشجار كبيرة في المجموعة سنفردها لها عنواناً خاصاً.

٥,٦,٣ تكاوين مجموعة بطن الغول

قلنا قبل قليل أن المجموعة بها تكوينان هما:
الأقدم: تكوين حرد
والأحدث: تكوين فصوة

١,٥,٦,٣ تكوين حرد Harad Formation

يمكن أن تجد بدايات استعمال اسم تكوين حرد بشكل غير رسمي عند المصري (١٩٩٢) ثم استعمله رسمياً بعد ذلك (المصري ١٩٩٨ والمصري وآخرون ٢٠٠٠) نسبة إلى جبال حرد في جنوب الأردن.

يمكن رؤية تتابع تكوين حرد بشكل جيد على طول طريق معان-المدورة تحت استراحة الدفاع المدني. ينحدر الطريق بسرعة ليخترق جرف بطن الغول حيث يقطع مجموعة من المستويات الرملية الملونة بالأحمر الزهري والأصفر والمخضر والأبيض على شكل أحزمة متوازية سطوح التطبيق بشكل جيد. يوجد في بعضها التطبيق المتقاطع القاعي. ويمكن ملاحظة تناقص حجوم حبات الرمل نحو الأعلى وكذلك وجود القنوات الرملية. وفي بعض المستويات يمكن بسهولة ملاحظة وجود آثار المستحاثات. ويمكن أن تعزى السحنات الأولى إلى الترسيب النهري بينما المستويات الحاملة لآثار المستحاثات إلى الترسيب البحري في بيئة ضحلة. سمك التكوين قرابة ١٠٠ م تنقص نحو الشرق (شكل ٤٥,٣). ويمكن تمييز تكوين حرد عن الصخور الرملية المكونة لمجموعة الكربن بعدم وجود آثار المستحاثات في الكربن. كما الأحزمة جيدة التطبيق غير موجودة في الكربن الذي يغلب عليه التطبيق العدسي.

٢,٥,٦,٣ تكوين فصوة Fassua Formation

سمي التكوين نسبة إلى محطة فصوعة على خط سكة الحديد الواقعة على بعد بضعة كيلومترات غربي جرف بطن الغول. ويبدو أن الاسم فصوعة هو للمنطقة وأن المحطة سميت بها. أستعمل تكوين فصوعة قديما (Parker 1970) لوصف التتابع الرملي الموجود في جرف رأس النقب-بطن الغول. أي أنه بهذا التعريف يسوي جميع مجموعة بطن الغول. وقد استعمله Powell (١٩٨٩) لوصف الجزء العلوي فقط من مجموعة بطن الغول. وهو ما سار عليه جيولوجيو المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية (مثلا المصري ١٩٩٢، ١٩٩٨، والمصري وآخرون ٢٠٠٠).

وبهذا التعريف الأخير لتكوين فصوعة فإنه يشمل الجزء العلوي من التتابع الرملي الواقع مباشرة تحت صوان تكوين عمان. وهو مكون من ٢٥-٣٠ م من الحجر الرملي الناعم والغرين الطيني والطين الغريني مع عقيدات الصوان التي قد تتحول جانبيا إلى طبقات صوان والحجر الجيري الرملي الذي يتناقص شرقا. تتلون هذه الرسوبيات باللون الأخضر الفاتح والرمادي المتعاقبة. تتميز الرسوبيات بقنوات عريضة قليلة الميل بها علامات نيم تطبق متقاطع رقائقي. ويبدو أنها ترسبت في بيئات بحرية ضحلة. ينتهي التكوين بظهور صوان تكوين عمان التابع لمجموعة البلقاء الذي لا يزيد سمكه عن ١٠ م في منطقة بطن الغول لكنه أكثر سمكا نحو الغرب. ومن ثم فتكوين فصوعة معادل لتكوين الغدران نحو الغرب. ولما كان تكوين عمان تابعا لعصر الكمباني وتكوين الغدران هو من الكونياسي-سانتوني فإن تكوين فصوعة من الكونياسي-السانتوني. أنظر شكل ٤٥،٣ .

٦،٦،٣ جذوع الأشجار في مجموعة بطن الغول

اكتشف مجموعة من الزملاء (خالد المومني وأحمد المصري وخالد الطراونة) العاملين في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر الطبيعية جذع شجرة كبير في هذه المجموعة عام ١٩٩٧. غير أن قطعا أصغر من جذوع الشجر موجودة بكثرة في هذه المجموعة كما ذكر الزملاء.

ففي تكوين الغدران إلى الشرق من رأس النقب في منطقة جبل البتراء سجل المومني أكثر من ١٥ موقعا تتكشف فيها هذه الجذوع في الصخر الرملي مع الأوراق والثمار أو توجد على سطح الأرض (مومني ٢٠٠٠ ومقال في مجلة "الجيولوجيون" لخالد المومني تموز ١٩٩٩ ص ١٤). توجد الجذوع في هذا المكان في الجزء العلوي من تكوين الغدران المكون من أساسا من الحجر الرملي ثم الحجر الرملي الجيري والغلوكونيت والغضار والرمل الدولوميتي.

أما في تكوين فصوعة الذي يعادل تكوين الغدران كما أسلفنا القول أي إلى الشرق نحو بطن الغول فقد ذكر الزملاء الثلاثة المذكورة أسماؤهم أعلاه في بحث لهم في المؤتمر الجيولوجي الأردني السادس (المومني وآخرون ٢٠٠٠) وجود جذع شجرة كبير بين طبقات الرمل والطين الغريني الرمادي المخضر في هذا التكوين. وقد وجد في مكانه في الصخر. طول الجذع ٧ م على الأقل وعرضه ٣٥ سم. والجذع مكون كلية من مادة السيليكا (صورة). ويبدو أن الشجرة من النباتات البذرية التي حملتها الأنهار إلى بيئة فصوعة البحرية الضحلة. ويبدو أن هذا الجذع وما سجل في تكوين الغدران إلى الغرب تابعة لعصر السانتوني. وهذه هي المرة الأولى التي يتحدث فيها عن جذوع أشجار بهذه الضخامة في صخور الكريتاسي الأعلى في الأردن. وهي وغيرها من الجذوع في تكويني الغدران وفصوعة بحاجة إلى مزيد من الدرس والتوثيق. وقد وضع الجذع في متحف سلطة المصادر الطبيعية.

المراجع

عابد ، عبدالقادر وصايل وشاحي، ١٩٩٩. جيولوجية فلسطين. مجموعة الهيدروولوجيين الفلسطينيين. رام الله. ٤٦١ صفحة.

- Abed, A. M., 1978. Depositional environments of the Kurnub (Lower Cretaceous):
1- A coal horizon at the lowermost Kurnub in northern Jordan. *Dirasat*, 5, 31-44.
- Abed, A. M. 1982a. Depositional environments of the Wadi Sir Formation. *Facies* 7, 229-236.
- Abed, A. M., 1982b. Depositional environments of the Early Cretaceous Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. *Sed. Geol.*, 31, 267-279.
- Abed, A., M., 1984. Emergence of Wadi Mujib (central Jordan) during lower Cenomanian times and its regional tectonic implications. In: *The Geologic Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication of the Geological Society, London*, 17. Blackwell, Oxford. 213-217.
- Abed , A. M., 1985. On the supposed Precambrian palaeosuture along the Dead Sea rift, Jordan. *J. Geol. Soc. London*, 142, 527-531.
- Abed, A. N., 1987. New occurrence of the Jurassic in the Baqa'a depression. *Dirasat*, 14, 265-274.
- Abed, A. M., 1988. paleogeography of Jordan in the phosphorite times. *Guidebook to the 11th International Phosphorite Workshop and Symposium, IGCP 156, Jordan*, 1988, p.71-80.
- Abed, A. M., 1989. On the genesis of the phosphorite-chert association in the Amman Formation in Tel es Sur area, Ruseifa, Jordan. *Science Geologie Bulletin, Strasbourg* 42, 141-153.
- Abed, A. M., 1994. Shallow marine phosphorite-chert-palygorskite association, Late Cretaceous, Amman Formation, Jordan. In *Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic* (eds Iijima, A., Abed, A. M. & Garrison, R.), pp.205-324 (VSP, Zeist, Netherlands).
- Abed, A. M. & Schneider, W., 1982. The Cenomanian nodular limestone member of Jordan: from subtidal to supratidal environments. *N. Jb. Geol. Palaeontol. Monatsh*, 9, 513-522.
- Abed, A. M. & Mansour, H., 1982. Petrography and chemistry of some Lower Cretaceous glauconites from Jordan. *Dirasat*, 9, 67-80.
- Abed, A. M. and Amireh, B., 1983. Petrography and geochemistry of some oil shales from north Jordan. *Jour. Petrol. Geol.*, 5, 261-
- Abed, A. M. & El-Hiyai, M., 1986. Depositional environments and paleogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west-central Jordan. *Sed. Geol.*, 47, 109-123.
- Abed, A. M. & Ashour, M., 1987. Petrography and age determination of the NW Jordan phosphorite. *Dirasat*, 14, 247-263.
- Abed, A. M. & Al-Agha, M. R., 1989. Petrography, geochemistry and origin of the NW Jordan phosphorite. *Journal of the Geological Society, London*, 146, 499-506
- Abed, A. M. & Kraishan, G. M., 1991. Evidence for shallow marine origin of a "Monterey Formation type" chert-phosphorite-dolomite association: Amman Formation, Late Cretaceous, Central Jordan. *Facies*, 24, 25-38.
- Abed, A. M., Al-Hawari, Z., Sadaqah, R., and Abu Murry, O., 1992a. The red phosphorite of Esh Shidiya, SE Jordan. *Geology of the Arab World*, Cairo University, p. 489-506.
- Abed A. M., & Al-Aroui, Kh. R., 1994. Organic geochemistry of central Jordan Upper Cretaceous phosphorites: Phosphogenesis and source rock. *2nd Int. Conf. Geology of The Arab World, Cairo*. 321-338
- Abed, A. M. & Fakhouri, K., 1996. On the chemical variability of phosphatic particles from the Jordanian phosphorites. *Chemical Geology*, 131, 1-13.

- Abed , A. M. and Abu Murry, O.,1997. Rare earth element geochemistry of the Jordanian Upper Cretaceous phosphorites. *Arab Gulf J. Scient. Res.*, 15, 41-61.
- Abed, A. M. & Abdalla, R., 1998. On the state of weathering of red phosphorites from Eshidiya, southern Jordan. *Journal of African Earth Sciences* (in press).
- Abed. A. M. & Sadaqah. R., 1998. Role of oyster bioherms in the deposition and accumulation of high-grade phosphorites in central Jordan. *Jour. Sed. Research*. 68, 1009-1020.
- Abed. A. M. & Amireh, B. S., 1999. Sedimentology, geochemistry, economic potential and paleogeography of an Upper Cretaceous phosphorite belt in the southeastern desert of Jordan. *Cretaceous Research*, 20, 119-133.
- Abu Ajamieh, M., Bender, F. and Eicher, R., 1988. *Natural Resources in Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 224p.
- Abul Khair, H. M., 1996. *Facies analysis, petrography and paleogeography of the Jurassic sediments in northern Jordan*. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan, 182p.
- Abu Saad, L. & Al-Bashish, M., 1996. Surface and subsurface lithostratigraphic relationships of the Kurnub sandstone Group in Jordan. NRA, *Subsurface Geol. Bull.*, 9, 74p.
- Al-Agha, M. R., 1985. Petrography, Geochemistry and origin of the NW Jordan phosphorites. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan. 212p.
- Al-Saad, D., Sawaf, T., Gebran, A., Barazangi, M., Best, J., & Chaimov, T., 1992. Crustal structure of central Syria: the intracontinental Palmyride mountain belt. *Tectonophysics*, 207, 345-358.
- Al-Said, F. & Mustafa, H., 1994. Pollen and spores from the Kurnub Sandstone Formation (Lower Cretaceous) in north Jordan. *Abhath Al-Yarmouk*, 3, 125-192.
- Amireh, B. S., 1987. Sedimentological and petrological interplays of the Nubian series in Jordan with regards to paleogeography and diagenesis. Unpubl. Ph.D thesis, Braunschweig Tech. Univ., 232p.
- Amireh, B. S., 1992. Sedimentology and mineral composition of the Kurnub sandstone in Wadi Qsieb, SW Jordan. *Sed. Geol.*, 78, 267-283.
- Amireh, B. S., 1993. Sedimentology and mineral composition of the Kurnub sandstone in Wadi Qsieb, SW Jordan. *Sed. Geol.*, 78, 267-283.
- Amireh, B. S., 1997. Sedimentology and palaeogeography of the regressive-transgressive Kurnub Group (early Cretaceous) of Jordan. *Sedimentary Geology*, 112, 69-88.
- Amireh, B. S., 1999. The Early Cretaceous Kurnub Group of Jordan: Subdivision, characterization and depositional environment development. *N. Jh. Geol. Palaont. Mh.*, , 289-300.
- Amireh, B. S. Schneider, W., & Abed, A. M., 1994. Diagenesis and burial history of the Cambrian-Cretaceous sandstone series in Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 192, 151-181.
- Amireh, B. S., Jarrar, G., Henjes-Kunst, F., & Schneider, W., 1998. K-Ar dating, X-ray diffractometry, optical and scanning electron microscopy of glauconies from the early Cretaceous Kurnub Group of Jordan. *Geological Jour.*,33, 49-65.
- Amireh, B. S. & Abed, A. M., 2000. Depositional environments of the Kurnub Group (Early Cretaceous) in northern Jordan. *Jour. African Earth Sci.*,
- Andrews I. J., 1992. Permian, Triassic and Jurassic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. NRA, *Subsurface Geol. Bull.*, 4, 60p.
- Aqrabawi, M. 1987. Biostratigraphy of the Jurassic rocks in Jordan. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan. 137p.
- Avnimelech, M. 1945. New Jurassic outcrops in the Jordan Valley. *Geol. Mag.*,82, 81-83.

- Baker, K. & Burnett, W. C., 1988. Distribution, texture and composition of modern phosphatic pellets from Peru shelf muds. *Marine Geology*, 80, 195-213.
- Bandel, K., 1981., New stratigraphic and structural evidence for lateral dislocation in the Jordan Rift Valley connected with the description of the Jurassic rock column in Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Abb.*, 161, 271-308, Stuttgart.
- Bandel, K. and Haddadin, A., 1979. The depositional environments of the amber-bearing rocks in Jordan. *Dirasat*, 6, 39-65.
- Bandel, K. & Khoury, H., 1981. Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan. *Facies*, 4, 1-26.
- Bandel, K. & Mikbel, Sh., 1985. Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa, Jordan. *Publication Geologie und Palaontologie Institut, Universitat Hamburg* 59, 167-188.
- Bandel, K. and Zeiss, 1987. Über die ersten Ammoniten-Funde aus dem Jura Jordanien. *Neus Jahrbuch für Geologie und Palaontologie*, 9, 513-526.
- Barjous, M., 1986. The geology of the Siwaga map sheet No. 3252 IV. NRA, Mapping Project Bull. 4., 70p.
- Barjous, M., 1988. The geology of the Ash-Shawbak area, map sheet No. 3151 III. NRA, Mapping Project Bull., 19, 80p.
- Bartov, Y. & Steinetz, G., 1977. The Judea and Mount Scopus groups of the Negev and Sinai with trend surface analysis of the thickness data. *Israel Journal of Earth Science*, 26, 119-148.
- Bartov, Y., Eyal, Z., Garfunkel, Z. & Steinetz, G., 1972. Late Cretaceous and Tertiary stratigraphy of southern Israel. *Israel Journal of Earth Science*, 21, 69-97.
- Bartov, Y., Lewy, Z. and Steinitz, G., 1980. Mesozoic and Tertiary stratigraphy, paleogeography and structural history of the Jebel Areif en Naqa area, eastern Sinai. *Israel Journal of Earth Science*, 29, 114-130.
- Basha, S. H., 1978. Foraminifera from the Ajlun Group of east Jordan. *Jour. Geol. Soc. Iraq*, 11, 67-91.
- Basha, S. H., 1980. Ostracoda from the Jurassic System of Jordn including a stratigraphic outline. *Rev Esp. Micropal.*, 14, 35p.
- Basha, S. H., 1981. Distribution of Triassic rocks in Jordan and the Levant. *Dirasat*, 9, 49-67.
- Basha, S. H., 1983. Jurassic foraminifera and microfacies of Jordan. *Rev. Espan. Micropaleontol.*, 15, 185-203.
- Basha, S. H., 1983. Contribution ot the Jurassic shoreline in Jordan and nearby countries and its oil implications. *Iraqi Jour. Sci.*, 24, 161-177.
- Baturin, G. N., 1982. *Phosphorites on the sea floor*, x + 343 pp. Developments in Sedimentology 33, (Elsevier, Amsterdam).
- Beerbaum, B., 1977. Die Genese der marl-sedimentaren Phosphatlagerstätte von Al Hasa (Westliche Zentral Jordanien). *Geologisches Jahrbuch*, 24, 58 pp.
- Belayouni, H., & Beji-Sassi, A., 1987. Genesis of Tythyeen phosphorites and associated petroleum source rocks, Tunisia. *Guidebook, 10th International Field Workshop and Symposium, IGCP 156, Phosphorites, Tunisia*, 1987, 138 p.
- Bender, F., 1963. Stratigraphie der Nubischen Sandsteine in sud Jordanien. *Geol. Jb.*, 81, 237-276.
- Bender, F. 1968. Geologie von Jordanien. Borntraeger, Berlin, 230p.
- Bender, F., 1974a. *Geology of Jordan*, pp. 196. (Borntraeger, Berlin).
- Bender, F., 1974b. Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan 1:100 000, 3 sheets. *Geol. Jahrbuch*, 10, 3-62.

- Bentor, Y. K., 1980. Phosphorites: the unsolved problems. *Marine phosphorites* (ed Bentor, Y.K.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications*, 29, 3-18.
- Bentor, Y. K. and Vroman, A. J., 1960. The geological map of Israel, 1:100 000, Sheet 16, Mount Sedom. Jerusalem, Geological Survey of Israel:
- Best, J., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T. & Gebran, A., 1993. Continental margin evolution of the northern Arabian platform in Syria. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 77, 173-193.
- Birch, G. F., 1980. A model for penecontemporaneous phosphatization by diagenetic and authigenic mechanism from the western margin of southern Africa. In *Marine phosphorites* (ed Bentor, Y.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications*, 29, 70-100
- Blake, G. S. & Ionides, M. G., 1939. *Report on the water resources of Transjordan and their development*, 372 pp. (Crown Agents for the Colonies, London).
- Bowen, R. & Jux, U., 1987. *Afro-Arabian geology*, 295 pp. (Chapman and Hall, London).
- Brenner, G. J. & Bickoff, I. S., 1992. Palynology and age of the Lower Cretaceous basal Kurnub from the coastal plain to the northern Negev of Israel. *Palynology*, 16, 137-185.
- Burdon, D. J., 1959. *Handbook of the geology of Jordan*, 82 pp. (Government of the Hashimite Kingdom of Jordan, Amman).
- Burnett, W. C., 1990. Phosphorite growth and sediment dynamics in the modern Peru shelf upwelling system, In *Phosphorite deposits of the world, v. 3, Neogene to modern phosphorites* (eds Burnett, W.C. & Riggs, S.), pp. 62-74 (Cambridge University Press, Cambridge).
- Chaimaov, T. A., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T., & Gebran, A., 1992. Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold-thrust belt, Syria. *Geological Society of America Bulletin*, 104, 704-715.
- Cox, J. R., 1925. A Bajocian-Bathonian outcrop in the Jordan valley and its molluscan remains. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 9, 69-181, London.
- Cox, J. R., 1932. Further notes on the Transjordan Triassic. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 10, 93-113, London.
- Dilley, F. C., 1985. Cretaceous correlations in the Hamza Wells 1-5. NRA, Paleontological Report, 4.
- Dilley, F. C. & Abu Azzam, H., 1985. Fourteen outcrop samples from the Karak area. NRA, Paleontological Note No. 1.
- Druckman, Y., 1977. Differential subsidence during the deposition of the Lower Jurassic Ardon Formation western Jordan, southern Israel and northern Sinai. *Israel Jour. Earth Sci.*, 26, 45-54.
- Edwards, W. N., 1929. Lower Cretaceous plants from Syria and Transjordan. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 10, 394-405.
- El-Hiyari, M., 1985. The geology of Jabal El-Mutarammil, map sheet No. 3252 III. NRA, Mapping Project Bull. 1, 51p.
- El-Hiyari, M. and Abed, A. M., 1986. Distribution and geology of the gypsum horizon in west central Jordan. *Proc. 2nd Jord. Geol. Conf.*, 369-419.
- Flügel, E., 1982. *Microfacies analysis of limestones*, xiv + 63pp. (Springer, Berlin).
- Flicoteaux, R. & Lucas, J. 1984. Weathering of phosphate minerals,. In: *Phosphate minerals* (eds Nriague, J.O. & Moore, P.B.) pp. 292-317 (Springer, Berlin).
- Garfunkel, Z., 1978. The Negev:: Regional synthesis of sedimentary basins, Sedimentology of Israel, Cyprus and Turkey. *Field Guidebook, Part 1, 10th International Congress of Sedimentology, Jerusalem, 1978*, pp. 35-110.

- Glenn, C. R., 1990. Depositional sequences of the Duwi, Siba'iya and Phosphate Formations, Egypt: Phosphogenesis and glauconitization in a Late Cretaceous epeiric sea. In *Phosphorite research and development* (eds Notholt, A.G.J. & Jarvis, I.) *Geological Society, London, Special Publication* 52, 205-23.
- Glenn, C. R., & Arthur, M. A., 1990. Anatomy and origin of a Cretaceous phosphorite-green sand giant, Egypt. *Sedimentology*, 37, 123-148.
- Glenn, C. R., Follmi, K. B., Riggs, S. R., Baturin, G. N., Grimm, K. A., Trappe, J., Abed, A. M., Galli-Oliver, C., Garrison, R. E., Ilyin, A. V., Jehl, C., Rohrlach, V., Sadaqah, R., Schidlowski, M., Sheldon, R., and Siegmund, H., 1994. Phosphorus and phosphorites: Sedimentology and environments of formation. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 87, 747-788.
- Grader, P. & Reiss, Z., 1958. On the Lower Cretaceous of Heletz area. *Geol. Surv. Isr.*, 37,43-52.
- Goldberg, M. and Friedman, G., 1974. Paleoenvironments and paleogeographic evolution of the Jurassic System in southern Israel. *Israel Geol. Surv. Bull.*, 61, 44p.
- Gulbrandson, R. A., 1970. Relation of carbon dioxide content of apatite of the Phosphoria Formation to regional facies. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 700B, B9-B13.
- Hamam, K., 1977. Foraminifera from the Maastrichtian-bearing strata of El-Hasa, Jordan. *Journal of Foraminiferal Research*, 7, 34-43.
- Jacobs International, 1992. *Al Jalamid phosphate project: Feasibility study, geology and reserves*. 2, 2.1.1- 2.5.39.
- James, N. P., 1979. Shallowing upwards sequences in carbonates. In: *Facies models* (ed Walker, R. G.), *Geoscience Canada, Reprint Series* 1, 109-120.
- Jarrar, G. H., 1991. Petrology and geochemistry of Trassic subvolcanic suite from central Jordan, east and northeast of the Dead Sea. *Mu'tah*, 6, 183-196.
- Jaser, D., 1986. The geology of Khan Ez-Zabib, map sheet No. 3253 III. NRA, Mapping Project Bull., 3, 47p.
- Khaled, H., 1980. Petrography, mineralogy and geochemistry of Esh-Shidya phosphorites. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Khaled, H. & Abed, A. M., 1982. Petrography and geochemistry of Esh-shidiya phosphates. *Dirasat*, 9, 81-102.
- Khalifa, M. K., 1994. Surface and subsurface geology of the Upper Cretaceous rocks in the Wadi Sirhan Basin, eastern Jordan. Msc thesis, University of Jordan, Amman, 131 pp. (Unpublished).
- Khalil, B. M., 1985. Sedimentology and microfacies of the Wadi As Sir Formation in the Ajlun-Irbid area with a review of Turonian lithostratigraphy in the Middle East. Unpubl. M.Sc thesis, Univ. of Jordan, Amman, 112p.
- Khalil, B. M., 1992. The geology of the Ar-Rabba area, map sheet No. 3152 IV. NRA, Mapping Project Bull., 22, 106p.
- Khalil, B. M., 1993. The geology of the Wadi Gharandal area, map sheet No. 3050 II. NRA, Mapping Project Bull., 24, 80p.
- Khalil, B. & Muneizel, S. S., 1992. Lithostratigraphy of the Jurassic outcrops of north Jordan (Azab Group). NRA, Geological Mapping Division, Bull. 21, 50p.
- Khoury, H., 1986. The origin of tripoli in Jordan. *Sedimentary Geology*, 48, 223-235.
- Khoury, H., 1987. Tripolization of chert in Jordan. *Sedimentary Geology*, 53, 315-320.
- Khoury, H. & Nassir, S., 1982. High temperature mineralization in the bituminous limestone in the Magarin area, N Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Abb.*, 144, 197-213.
- Kolodny, Y. & Garrison, R. E., 1994. Sedimentation and diagenesis in paleo-upwelling zones of epeiric sea and basinal settings: A comparison of the

- Cretaceous Mishash Formation of Israel and the Miocene Monterey Formation of California, In *Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic* (eds Iijima, A., Abed, A. M. & Garrison, R.), pp. 133-158 (VSP, Zeist, Netherlands).
- Kraishan, G., 1988. Sedimentology and geochemistry of the Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpubl. M.Sc thesis, Univ. of Jordan, Amman, 168p.
- Krenkel, E., 1924. Der Syrische Bogen. *Zentralbulletin für Mineralogie Geologie und Palaontologie* 9, p. 274-281, 10, 301-313.
- Land, B. & Mimran, Y., 1985. An early Cretaceous volcanic sequence in central Israel and its significance to the absolute date of the base of the Cretaceous. *Jour. Geol.*, 93 179-184.
- Lucas, J., Flicoteaux, R., Nathan, Y., Prevot, I. & Shahar, Y. 1980. Different aspects of phosphorite weathering. In *Marine phosphorites* (ed Bentor, Z.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications*, 29, 41-51.
- MacDonald, Sir M. and Partners, 1965a. East Bank water resources. 6 volumes. Central Water Authority, Amman.
- MacDonald, Sir M. and Partners, 1965b. East Bank water resources. Hydrogeological survey of the Madaba-Ma'an area. 3 volumes. Central Water Authority, Amman.
- Makhlouf, I., 1987. *The stratigraphy and sedimentation of Upper Middle Cambrian, Permo-triassic, and Lower Triassic rocks along the northeastern margin of the Dead Sea basin*. Unpubl. Ph. D thesis, Newcastle Upon Tyne Univ., 315p.
- Makhlouf, I., 1999. Shallowing upward facies of the Triassic Hisban Formation in Jordan. *Al-Manarah*, 4, 259-274.
- Makhlouf, I. And Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environments of Umm Ishrin Sandstone Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 71, 177-187.
- Makhlouf, I. Turner, B., & Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environment in the Permian Umm Irna Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 73, 117-139.
- Makhlouf, I., Al-Hiary, A., Al-Bashish, M. & Abu Azzam, H., 1996. Sedimentology and lithostratigraphy of the Triassic strata of Jordan at outcrops and in the subsurface. NRA, *Subsurface Geology Bull.* 7, 96p.
- Masri, A. 1992. The geology of Ath-Thulaythuwat area, map sheet 3249 III. Geological Mapping Project, Bull. 23, NRA. 31p.
- Masri, A., 1998. Batn El Ghul (Jabal al Harad) map sheet 3149 IV. Geological Mapping Project, NRA.
- Masri, M., 1963. *The Geology of the Amman-Zerqa area*, 74 pp. (Central Water Authority, Amman, Jordan, Unpublished Report).
- McArthur, J. M., 1985. Francolite geochemistry, compositional controls during formation, diagenesis, metamorphism and weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49, 23-35.
- McClellan, G. H. & Van Kauwenbergh, S. J. 1990. Mineralogy of sedimentary apatite. In *Phosphorite research and development* (eds Notholt, A. & Jarvis, I.), *Geological Society, London, Special Publication* 52, 23-31.
- Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1985. Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. *Dirasat*, 12, 125-124.
- Moshirif, M. A., 1987. Sedimentary history and paleogeography of the Lower and Middle Jurassic rocks, central Saudi Arabia. *Jour. Petrol. Geol.*, 10, 335-350.
- Moumani, K., 2000. Geology of Jabal Batra (Jabal Thalaja), map sheet 3149 IV. Geological Mapping Project, NRA.

- Moumani, K., Masri, A., and Trawneh, K., 2000. First record of an enormous drifted tree trunk from the Upper Cretaceous of Batn El Ghul area, SE Jordan. *6th Jord. Geol. Conf. In press*).
- Muir wood, H. M., 1925. Jurassic brachiopoda from the Jordan Valley. *Ann. Mag. Nat. Hist., Series*, 9, 15, 181-192.
- Nassir, S. & Khoury, H., 1982. Geology, mineralogy and petrology of the Daba marble, Jordan. *Dirasat*, 9 107-130.
- Nathan, Y., 1981. Structural position of the trace elements in apatite-Implications for their recovery. *Israel Journal of Earth Science*, 3, 31-34.
- Ouran, N.,
- Parker, D. H., 1970. The hydrogeology of the Mesozoic-Cenozoic aquifers of the western highlands and plateau of east Jordan. UNDP/FAO technical reports, 424p.
- Powell, J. H., 1988. *The Geology of the Karak area, map sheet No. 3152 III.* (Geology Directorate, Natural Resources Authority, Amman, Jordan) *Bulletin* 8, 171 pp.
- Powell, J. H., 1989. *Stratigraphy and sedimentation of the Phanerozoic rocks in central and south Jordan, part B: Kurnub, Ajlun and Belqa Groups.* (Geology Directorate, Natural Resources Authority, Amman, Jordan), *Bulliten* 11, 130 pp.
- Powell, J. H., et al 1988
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral rsrces of the (former) Transjordan. *Colonial Geology and Mineral Resources, London*, 2, 85-115.
- Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1985. Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. *Dirasat*, 12, 125-124.
- Reeves, M. J. & Saadi, T., 1971. Factors controlling the deposition of some phosphate bearing strata from Jordan. *Economic Geology*, 66, 451-465.
- Riddler, G. P. & Van Eck, M., 1983. *Sirhan-Turayf phosphate project. progress report for 1982-1983 program. Open File Report RF-OF-04-6*, 38 pp. (Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Jeddah, Saudi Arabia). 38p.
- Riggs, S. R., 1980. Intraclast pellet phosphorite sedimentation in the Miocene of Florida. *Journal of the Geological Society, London*, 137, 741-748.
- Riggs, S. R., Ambrose, W. G., Cook, J. W., Snyder, S. C., & Snyder, St. W., 1998. Sediment production on sediment-straved continental margins: The interrelationship between hardbottoms, sedimentological and benthic community processes, and storm dynamics. *Journal of Sedimentary Research*, A68, 155-168.
- Schneider, W., Abed, A. M. & Salameh, I., 1984. Mineral content and diagenetic pattern- useful tools for lithostratigraphic subdivision and correlation of the Nubian series, results of work in Wadi Zarqa Ma'in, Jordan. *Geol. Jb.*, B53, 53-75.
- Shahrour, Y. T., 1996. *Lithostratigraphy, foraminiferal biostratigraphy and geological history of the Upper Cretaceous in west Jordan.* Unpubl. Ph. D thesis, Kingston Univ., England, 464p.
- Shaw, S. H., 1948. The geology and mineral resources of Palestine. *Bull. Imp. Instit. London*, 46, 87-103.
- Shawly, S. J., 1986. *Petrography and sedimentology of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary phosphate bearing sedimentary sequence, north Saudi Arabia.* MSc thesis, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia, 273 pp. (Unpublished).
- Sheldon, R. P., 1993. *Tectonic development of Arabia during its Cretaceous to Recent override of the Tethys mantle upwelling spreading ridge.* (U. S. Geological Survey Mission to Saudi Arabia), 56 pp. (Unpublished.).
- Slansky, M., 1986. *Geology of sedimentary phosphates*, 210 pp. (Elsevier, Amsterdam).

- Soudry, D., Nathan, Y., & Roded, R., 1985. Ashosh-Haroz facies and their significance for the Mishash Formation paleogeography and phosphorite accumulation in the northern and central Negev, southern Israel. *Israel Journal of Earth Science*, 56, 429-441.
- Steinitz, G., 1977. Evaporite-chert association in Senonian bedded chert, Israel. *Israel Journal of Earth Science*, 26, 55-63.
- Tarawneh, B., 1988. The geology of Al-Tafila area, map sheet No. 3151 IV. NRA, Mapping Project Bull., 12, 55p
- Wagner G., 1934. Deutcher Muschelkalk am Toten Meer. *Natur U. Volk*, 62, 449-454, Frankfort.
- Wetzel, R., 1947. Stratigraphic sections of Jordan Valley and Dead Sea. Unpubl. Rep. *Petroleum Develop.*, (Transjordan) Paris.
- Wetzel, R. & Morton, D. M., 1959. Contribution a la geologie de la Transjordanie. *Notes et Memoirs sur le Moyen Orient* , 7, 95-191.
- Wolfart, R., 1959. Geology and hydrogeology of the Irbid District (Hashemite Kingdm of Jordan). Bundesanstalt fur Bodenforschung, Hannover.
- Wyllie, B. K., Campbell, K. A., & Lees, G. M., 1923. Petroleum prospect in Syria, Palestine, and Transjordan. Anglo-Persian Pil Company. Unpubl. Report, 12p.
- Yasin, Suha,
- Yassini, I., 1979. Maastrichtian-Lowe Eocene biostratigraphy and the planktonic foraminiferal biozonation in Jordan. *Rev. Esp. Micropal.*, 11, 5-57.

الفصل الرابع
حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي)

CENOZOIC

٤. حقبة الحياة الحديثة

هذه هي الحقبة الرابعة من تاريخ الأرض. وتبدأ قبل ٦٥ مليون سنة. وما زالت مستمرة. وهي مكونة من العصرين الثلاثي والرابعي. العصر الثلاثي مكون من الباليوجين (باليوسين وإيوسين وأوليغوسين) والنيجوجين (ميوسين وبلويسين). والعصر الرابعي مكون من البلايستوسين والهولوسين.

وقد تحدثنا في الفصل السابق عن رسوبيات الباليوجين (باليوسين وإيوسين) ضمن مجموعة البلقاء التي امتدت من الكريتاسي الأعلى حتى الإيوسين الأعلى. وذكرنا أن تكوين الموقر يمتد عمره بين أعلى الكريتاسي الأعلى (ماسترختي) حتى الباليوسين دون انقطاع. فلا معنى إذن أن نقطع هذا التكوين ليكون جزءا منه في حقبة الميزوزوي وجزء في السينوزوي. وحتى يسهل الرجوع الى هذه التكوين نذكرها هنا ونشير الى مكانها في الفصل السابق.

أنظر مجموعة البلقاء ٥,٣ من الفصل السابق. تكوين الموقر ٤,٨,٥,٣ وتكوين الرجام ٥,٨,٥,٣ وتكوين الشلالة ٦,٨,٥,٣ من الفصل السابق. ولا داعي لتكرار ما سبق أن فصلنا فيه القول.

٤,١ الأردن في حقبة السينوزوي: نظرة جغرافية قديمة عجل

قبيل نهاية حقبة الميزوزوي الماضية ترسب الصوان والفسفات في مياه بحرية ضحلة نسبيا بسبب التيارات الصاعدة الباردة في نهايات العصر الكمباني وأوائل الماسترختي (تكويننا عمان والحسا). ثم ارتفع مستوى سطح البحر بشكل واضح مع بداية تكوين الموقر من الماسترختي فأصبح الأردن جزءا من الرف القاري المفتوح في شماله والأحواض الصغيرة شبه المغلقة أحيانا في جنوبه ووسطه. واستمرت التيارات الصاعدة وترسبت كميات كبيرة لا حصر لها من الصخر الزيتي في بدايات تكوين الموقر في شمال الأردن والأزرق ووسط الأردن. وما أن جاء تكوين الرجام (حتى الإيوسين الأوسط) حتى بدأ مستوى سطح البحر بالهبوط التدريجي بسبب بداية رفع المنطقة المصاحب للإرهاصات الأولية لنشأة صدع البحر الميت التحويلي. ومع استمرار عملية الرفع خرج البحر كلية من المنطقة مع نهايات الإيوسين أي بعد ترسيب تكوين الشلالة.

أصبح الأردن منذ الإيوسين الأعلى أو إن شئت بداية الأوليغوسين أرضا مكشوفة قارية لا يغطيها البحر. واستمرت عملية الرفع حتى الآن. أي أن سطح الأردن قد أصبح مسرحا للعمليات القارية والرفع حتى الآن. هذا الوضع الجديد يعني أن العمليات الجيولوجية التالية كانت وما زالت فاعلة في سطح الأردن منذ الأوليغوسين حتى الآن:

1. استمرار عملية الرفع حتى يومنا الحاضر خاصة في منطقة الجبال الغربية.
2. نشأة صدع البحر الميت التحويلي في وقت لاحق نذكره في الفصل السادس.
3. أعمال الحت القاري بالمياه الجارية والرياح وبداية تكون الأودية واستمرارها. وما زالت المناطق الغربية الجبلية تعاني من عملية الحت حتى الآن وإزالة الرسوبيات الأكثر قدما.
4. أعمال الترسيب القاري في مجاري الأودية والمنخفضات التي تكونت لاحقا مثل وادي عربة-البحر الميت-غور الأردن ومنخفض الأزرق ومنخفض الجفر وغيرها. هذه المنخفضات قد حوت المياه (بحيرات) في بعض الأزمنة وكانت جافة في أزمنة أخرى.
5. لم يحدث ترسيب بحري يشمل الأردن جميعه كما كان الحال في أزمنة مجموعتي عجلون والبقاء لأن البحر لم يكن موجودا عندنا.

6. ومن ثم فإن الترسيب في الأردن بعد الإيوسين كان موضعياً أي في أماكن محدودة. ومن الصعب مقارنة هذه الرسوبيات في طول البلاد وعرضها كما سيتضح من العناوين التالية.

2.4 رسوبيات الباليوسين الإيوسين

وتشمل تكاوين الموقر (جزئياً) والرجام والشلالة البحرية المنشأ من مجموعة البلقاء. وقد تحدثنا عن كل ذلك في الفصل السابق مع مجموعة البلقاء لأسباب ذكرناها هناك وفي مقدمة هذا الفصل.

٣,٤ مجموعة البحر الميت Dead Sea Group

1.3.4 التسمية

هذا الاسم "مجموعة البحر الميت" غير مستعمل حتى الآن في جيولوجية الأردن. وهو مستعمل لوصف رسوبيات الثلاثي الأعلى أو النيوجين تحت البحر الميت وحوله في الجزء الغربي منه في فلسطين المحتلة. وأقترح استعمال هذا الاسم لوصف رسوبياتنا المماثلة تسهيلاً للدراسة (Horowitz 1979) والمراجع الموجودة فيه). تشمل هذه المجموعة الجديدة عندنا تكوين ضانا الأقدم وتكوين أضدم الأحدث. وقد يضاف إليها ما هو أحدث مع تقدم البحث الجيولوجي في الأردن خاصة لوصف الرسوبيات الفتاتية الأحدث قليلاً من تكوين أضدم التي توجد تحت البحر الميت التي لا نعرف عنها شيئاً تقريباً. نترك ذلك للزمن المستقبل.

٢,٣,٤ وصف عام للمجموعة

قد تكون السمة الأكثر أهمية لهذه المجموعة هي أنها ترسبت في أثناء النشاط التكتوني المصاحب لنشأة صدع البحر الميت التحويلي. لذا فإنها محصورة غالباً في منطقة البحر الميت وما جاوره من الأراضي التي بدأت بالانخفاض (منطقة الانهدام) أو التي بدأت بالارتفاع (منطقة الجبال الشرقية والغربية). رسوبيات المجموعة عادة لا تشكل تكشفات ذات انتشار جغرافي كبير كما كان الحال في مجموعتي عجلون والבלقاء. فهي موجودة في أحواض محلية في العادة صغيرة وغير متصلة. ثم إن هذه الرسوبيات يغلب عليها الطابع الفتاتي لأنها حدثت في فترة الرفع والخفض حيث يلزمهما حت المرتفع من المنطقة ونقله وترسيبه في الأحواض المنخفضة. هذه هي سمة تكوين ضانا الرئيسية. أما تكوين أضدم فهو ليس فتاتي بل كيميائي تبخري بسبب وضع تكتوني خاص به سنتحدث عنه بعد قليل. لا يوجد التكوينان فوق بعضهما البعض في منطقة الجبال. بل الذي يوجد هو تكوين ضانا فقط في الجبال. أما تحت البحر الميت فهما فوق بعضهما مفصولين بسطح عدم توافق حتي.

3.3.4 حدود المجموعة

حدها الأسفل واضح ويوضع عند ظهور الرواهص السمكية عديمة المستحاثات فوق رسوبيات تكوين الرجاء المثالية أو فوق شعاب النميوليت في غرنندل وادي عربية. أما حدها العلوي فهو نهاية الملح الصخري والرسوبيات التبخرية المكونة لتكوين أضدم. فإذا ضيفت إليها الفتاتيات الأحدث من أضدم أصبح حده العلوي تكوين السمرة. هذا الحد لا يوجد في الأردن إلا تحت السطح.

٤,٣,٤ سمك المجموعة

في جبال الأردن الغربية الجنوبية لا يزيد سمك تكوين ضانا على ٤٥٠ م في الشوبك. ولا يزيد تكوين الحصب المعادل له في النقب عن ٢٠٠ م. أما تحت البحر الميت فقد بلغ سمك تكوين ضانا أكثر من ٢٥٠٠ م في جانبه الغربي (Garfunkel 1997) بينما بلغ سمك تكوين أصدم تحت شبه جزيرة اللسان أكثر من ٣٦٧٢ م في بئر بترول اللسان-١. ولم يخترق الحفر قاع الملح الصخري. هذا الرقم لا يركن إليه لأن البئر يمكن أن يكون قد حفر في طبقات الملح العمودية على طرف قبة ملح اللسان. غير أن أكبر سمك سجل في غربي البحر الميت ٢٠٠٠ م فيكون سمك المجموعة تحت البحر الميت قرابة ٤٥٠٠ م. وقد يكون سمكها أكبر من ذلك إذا أضيفت للمجموعة الفتاتيات تحت السمرة. أنظر عنوان البترول في الفصل السابع.

5.3.4 عمر المجموعة

يمتد عمر المجموعة من الأوليغوسين المتأخر حت البليوسين المبكر. وهو عمر تكويني ضانا وأصدم. نضيف إلى ذلك الفتاتيات من البليوسين المبكر حتى البلايستوسين الأعلى (قاع تكوين السمرة). أنظر جدول ١,٤. وأنظر أيضا مناقشة عمر تكويني المجموعة في العنوانين التاليين.

٦,٣,٤ بيانات ترسيب المجموعة

انحسر بحر التيثس عن المنطقة قبيل ترسيب هذه المجموعة. ومن ثم فقد ترسب تكوين ضانا في أحواض صغيرة بين جبلية intermountain basins منعزلة مملوءة بالمياه العذبة الى نصف المالحة. فهو ترسيب قاري في بحيرات كما سنوضحه بالتفصيل في بيئة التكوين نفسه. وقد ترسب تكوين أصدم الملحي في لاغون شاطئ متصل بالبحر المتوسط. أنظر لاحقا.

7.3.4 تكاوين مجموعة البحر الميت

قلنا سابقا أن في المجموعة الآن تكوينين هما تكوين ضانا الأقدم وتكوين أصدم الأحدث.

١,٧,٣,٤ تكوين ضانا Dana Formation

قد يكون تكوين ضانا هو التكوين الأقدم من بين الرسوبيات القارية المترسبة في الأردن بعد انحسار بحر التيثس عن المنطقة. ولذلك نبدأ بدراسته.

التسمية

أول من تحدث عن هذه الرسوبيات وقاس مقطعا لها هو ماكdonald (1965b) الذي ألحقها بمجموعة البلقاء وأعطاهها رمز B5. وهو غير صحيح لأن رسوبيات مجموعة البلقاء جميعها بحرية وهذه رسوبيات توضع بعد خروج البحر من المنطقة. ثم جاء باركر (١٩٧٠) الذي استعمل موقع ماكdonald في وادي البستان شمال الشوبك وقاس مقطعه وسمى الرسوبيات بهذا الاسم "تكوين ضانا" ورفض ضمه الى مجموعة البلقاء. وقد تتبع بندر (١٩٦٨، ١٩٧٤) هذه الرسوبيات وسمها "الرواهص المصاحبة للتكتونية Syntectonic Conglomerates" على طريقته في إعطاء أسماء ليثولوجية لوحداته الصخرية. وأخيرا فقد أكد جيولوجيو سلطة المصادر اسم "تكوين ضانا" (Powell 1988; Barjous 1988; Khalil 1992; Ibrahim 1993). وقد قسم بندر هذه الرسوبيات الى وحدتين سفلى وعليها حيث اعتمد هذا التقسيم في أعمال المسح الجيولوجي في سلطة المصادر. إلا ان برجوس (١٩٨٨) قد أعطى هاتين الوحدتين أسماء رسمية. فسمى الوحدة

السفلى عضو وادي البستان والوحدة العليا عضو ذراع ابن صالح. ولا بأس من نستعمل العضو الأسفل والعضو الأعلى تقليلا للأسماء. تكوين ضانا يعادل تكوين الحصب (Hazeva Formation) في حوض البحر الميت وما جاوره جنوبا في فلسطين المحتلة (Garfunkel 1997، Zak and Freund 1981).

وصف التكوين

يتكشف تكوين ضانا في عدة مواقع في الجبال الغربية من وادي الكرك جنوبا. ولم تسجل تكشفات له شمال ذلك. تتميز تكشفات هذا التكوين بأنها غير متصلة بل هي موجودة في أماكن متفرقة مثل وادي البستان (المقطع المثالي) بين الشوبك وضانا وفي الخرزة (أو الذراع) شرقي اللسان وفي غرندل وادي عربية. الصفة المميزة لتكوين ضانا كثرة الرواهص فيه. ولنصف التكوين من خلال وصف عضويه السفلي والعلوي.

1. العضو الأسفل

سمك المقطع المثالي في وادي البستان (برجوس ١٩٨٨) ٣٥٠ م. يقع فوق تكوين الرجام بسطح عدم توافق حتي. ويبدأ التكوين بطبقة من الرواهص سمكها ٤-١٠ م لأنه يتغير جانبيا (شكل ١،٤). مكونات الرواهص هي من الكربونات والصوان المشتقة من تكوين الرجام الذي يسفله ويصل حجمها الى الجلاميد ملتحمة بمواد كربونائية. فوق هذه الطبقة الأولى تصبح الرواهص أقل سمكا وأكثر تباعدا في المقطع. غير أنها تبقى مهمة في الثلث السفلي من العضو الأسفل وتكاد تتلاشى تماما بعد ذلك. أما الصخور التي تتعاقب مع الرواهص في أسفل العضو ثم تسود بقيته فأهمها صخور الرمل الجيري (كالك أرينيت calcarenite). وهو صخر جيري فتاتي حباته بحجم حبات الرمل. ثم الحجر الرملي الجيري والحجر الجيري الناعم الحامل لأثار المستحاثات والحجر الجيري الرقائقي والمارلي والصخور الطينية والصوان الرقيق التطبيق. هذه الصخور متعددة الألوان. الشكل ١،٤ يوضح وصفا جيدا لهذا العضو دون دخول في تفاصيل أكثر. لكننا نضيف أن بعض الطبقات بها تطبق متقاطع وتشققات الطين والدورات الرسوبية التي تكبر أو تصغر حباتها نحو الأعلى. كذلك بها أثار مستحاثات وبقايا أسماك وحتى أسماك كاملة (برجوس ١٩٨٨). يتكشف العضو الأسفل أيضا في منطقة غرندل وادي عربية وما حولها بسمك لا يزيد عن ٩٠ م. في هذه المنطقة يعلو هذا العضو أحيانا شعاب النموليت المشهورة هناك ويحوي فتاته الكبيرة. مازالت الرواهص تميز هذا العضو بحيث تشكل تقريبا ربع الثلث السفلي منه والباقي من المارل. بعض حبات الرواهص قد يصل الى المترين. وتوجد طبقة من الصوان يصل سمكها قرابة نصف متر. هذا الوصف لا يختلف كثيرا عن وصف وادي البستان في الشوبك.

غير أن صورة العضو الأسفل تختلف في مكوناتها الى حد ما في منطقة الخرزة-الذراع شرقي اللسان. أفضل مكان لرؤية تتابع هذا العضو هو وادي الخرزة. وهو هنا مكون من طبقات الرواهص الخشنة المشتقة من الرجام تتعاقب مع مستويات أكثر سمكا من صخور الحجر الجيري الفتاتي. أكثره حجر الرمل الجيري وحجر الغرين الجيري وأقله حجر الطين الجيري. يزداد اللون الأحمر المميز لهذا التكوين في الخرزة من الرمل الجيري نحو الطين الجيري. توجد ٤ مستويات رئيسية من الرواهص يبلغ سمك كل منها بضعة أمتار وخاصة الرابع منها. غير أن طبقات قليلة السمك (أقل من متر) توجد في مستويات الحجر الجيري الفتاتي. وعلى الرغم من عدم وجود تدرج في حجم حبات الرواهص إلا أنه في بعض الحالات يمكن أن يلاحظ ازدياد في حجمها نحو أعلى الطبقة. أما المستويات الجيرية الفتاتية فيمكن أن يلاحظ بها التطبيق المتقاطع وآثار المستحاثات وعلامات النيم. سمك هذا العضو

هنا هو ١٦٠ م وهو موضح في شكل ١,٤. هذا العضو يعلو صخور تكوين الرجام المثالية بسطح عدم توافق حتي واضح. تكوين ضانا وما تحته من تكاوين حتى أواسط مجموعة عجلون متكشفة في طبقات شديدة الميل نحو الشمال الغربي ضمن ما يسمى التواء الكرك أو التواء الخرزة الذي ندرسه في تراكيب الأردن في وقت لاحق.

2. العضو الأعلى

يكاد هذا العضو يكون مكونا كلية من الرواهص الخشنة جدا مع القليل من الرسوبيات الجيرية الفتاتية الناعمة. ففي المقطع المثالي في الشوبك يبدأ العضو الأعلى بسطح عدم توافق زاوي فوق العضو الأسفل وكذلك في الذراع وما يليها شمالا في وادي الكرك. ثم يأتي ٦٥ م من الرواهص الخشنة شديدة التراص grain-supported مع بعض مستويات التربة. ثم يأتي ٣٥ م من الرواهص الصلبة الملتحمة بالمواد الجيرية matrix-supported دون مستويات تربة (برجوس ١٩٨٨). وهي كذلك في الذراع إلا أن سمكه هنا ٧٥ م فقط. شكل ١,٤.

حدود التكوين

لا يقع تكوين ضانا فوق تكوين واحد بسبب عمليات الحت التي سبقت توضع. ففي الشوبك والذراع يعلو بشكل واضح تكوين الرجام. ويدل وجود صوان تكوين الرجام في الأجزاء السفلى من رواهص ضانا على أن جزءا من الرجام قد أزيل بالحت وتوضع في تكوين ضانا. أما في غرندل وادي عربة فيعلو نميوليت تكوين الشلالة أو الرجام. أما حده العلوي فتشديد التغير. فهو من البازلت في الشوبك ومن الرسوبيات الحديثة في الذراع.

سمك التكوين

سمك التكوين في المقطع المثالي في الشوبك حسب برجوس (١٩٨٨) هو ٤٥٠ م منها ٣٥٠ م في العضو الأسفل و ١٠٠ م في العضو الأعلى بينما قاسه بندر ٣٧٥ م في المكان ذاته. وفي الذراع لا يزيد عن ٢٥٠ م منها ١٦٠ م في العضو الأسفل وأكثر من ٦٥ م في العضو الأعلى (بويل ١٩٨٨). وفي شمال الذراع في وادي الكرك لا يتكشف سوى ١٣٣ م السفلى من التكوين (خليل ١٩٩٢) وفي غرندل ٩٠ م (بندر ١٩٧٤ وإبراهيم ١٩٩٣). وفي بئر عنيزة - ٢ القريب من الطريق الصحراوي عندما يتفرع الى الشوبك والبتراء قاس باركر سمك التكوين فكان ٢٣٦ م (١٩٦ م و ٤٠ م لعضويه).

من ناحية أخرى فقد أعطي تكوين الحصب (Hazeva Formation) الذي يقابل تكوين ضانا في فلسطين المحتلة سمكا يزيد على ٢٥٠٠ م في حوض البحر الميت خاصة جنوبه. و ٢٠٠ م ف شمال النقب. وهي رسوبيات بحيرية-نهرية كما ذهبنا الى بيئتها في الأردن (Zak and Freund 1981; Garfunkel 1997).

عمر التكوين

وجد بندر في العضو الأسفل في مقطع الشوبك مستحاثات من البطنقدميات gastropods ومستحاثات نباتية بحيرية هي

Oogonia of characea

Tectochara meriana stipitata Madler

Tectochara meriana helvitica Madler

وهي من الطحالب الخضراء البحرية التي تدل على أن عمر العضو السفلي التي وجدت فيه يتراوح بين عصر روبيلي Rupelian من عصر الأوليغوسين وحتى تورطوني Tortonian من الميوسين.

أما في غرنديل وادي عربة فقد وجد بندر في العضو الأعلى فورامنيفرا *Ammonica becarii* التي تدل على عمر يمتد من الأوليغوسين المتأخر إلى الميوسين المبكر. ومن ثم فالعضو الأسفل لا بد أن يكون من الأوليغوسين. وهي مؤشر على بيئة بحرية أو بحيرية مسوس *brackish*. نعود إلى مقطع الشوبك حيث وجد بازلت وأدوات صوانية بشرية من البلايستوسين الأوسط فوق التكوين. مما يشير إلى أن عمر التكوين لا يمكن أن يحدد بشكل أفضل من أوليغوسين متأخر إلى بلايستوسين متوسط. وهو ما توصل إليه خليل (١٩٩٢) وبويل (١٩٨٨) في عمر مقطع الذراع حيث قطعه قاطع بازلت وادي الكرك الذي أرخ على أن عمره ١٩ مليون سنة أي أن عمر العضو الأسفل المقطوع هنا هو أوليغوسين متأخر إلى ميوسين مبكر كما ذكرنا في غرنديل والشوبك. وفي النقب وباختصار أعطي تكوين الحصب المساوي لتكوين ضانا عمر الميوسين المبكر إلى المتأخر (أنظر مراجعة لعمر التكوين في Horowitz 1979; Garfunkel 1997).

بيانات الترسيب

هناك مجموعة من الملاحظات الميدانية التي تساعد في فهم بيئة ترسيب تكوين ضانا. أ- وجود مستحاثات بحيرية عذبة إلى مسوس ذكرناها قبلا. مما يدل على أن تكوين ضانا قد ترسب في أجسام مائية بحيرية وليست بحرية. ب- تكشفات التكوين متقطعة وغير متصلة ومحصورة في أماكن بعينها مما يدل على أن الأجسام المائية التي رسبتها لم تكن بحيرة واحدة بل بحيرات أو إن شئت عدة أحواض حوت الماء. وأن هذه الأحواض قد وجدت في المنطقة الغربية الجنوبية من الأردن. ت- كثرة الرواهص المشتقة من التكاوين البحرية الأقدم (مجموعة البلقاء) مما يدل على عملية رفع لهذه التكاوين الأقدم وتعرضها للحت والنقل والترسيب في أحواض محلية صغيرة نسبيا مملوءة بالماء كما ذكرنا في "ب". غير أن السمك الكبير نسبيا لهذا التكوين (٤٥٠ م) لا يمكن أن يتوضع دون عملية خفض مستمر لقرع هذه الأحواض لتتمكن من استيعاب هذا السمك. وهذا يعني أن المنطقة كانت تعاني من عملية رفع عامة أدت إلى نشاط الحت والنقل والترسيب في الأحواض. وقد أدى ثقل الرسوبيات في الأحواض إلى استمرار انخفاضها لاستيعاب المزيد من الرسوبيات. وهذا هو ما ذهب إليه بندر عندما سمى هذه الرسوبيات "الكونغلوميرات المصاحبة للتكتونيك". ث- بقي أن نذكر أن مستويات الرواهص السميكة يمكن تفسيرها على أنها ركاميات مروحية *alluvial fans* ترسبت على أطراف البحيرات في الفترات التي تكون فيها عمليتي الرفع والخفض على أشدهما (فترة نشطة تكتونية). بينما الرسوبيات الجيرية الفتاتية والمارل والحجر الجيري الناعم والغضار قد ترسبت نحو وسط البحيرة في بيئة هادئة نسبيا وفي الفترات الأقل تكتونية.

مقارنة إقليمية

يعادل تكوين ضانا في جنوب غرب الأردن تكوين الحصب (*Hazeva*) في النقب وادي عربة والبحر الميت. وله عمر مماثل وسمك متغير وتكشفات متقطعة وبيئة ترسيب مماثلة. وهو أيضا يعادل تكوين البيضا في شمال غرب الضفة الغربية (عابد وشاحي ١٩٩٩).

٢,٧,٣,٤ تكوين أضدم *Usdom or Sedom Formation*

وصف التكوين

رسوبيات تكوين أضدم الرئيسية هي الملح الصخري *rock salt* لكنه لا يتكشف في أي مكان من الأردن. غير أن صخوره المتكشفة موجودة في أقصى جنوب غربي البحر الميت

فيما يعرف جبل أصدوم. طول هذا التكشف الصدعي قرابة ٢ كم وارتفاعه قرابة ٢٤٠ م. ٨٠% من صخوره من الملح الصخري والباقي هو من الجبس والمارل والطباشير والدولوميت ومستويات قليلة من الحجر الرملي (Zak 1967). وقد سجل بندر (١٩٧٤) وجود الكارناليت ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) في بئر البترول العميق لسان-١ الذي حفر في اللسان عام ١٩٥٦. ويبدو أن نسبة الرسوبيات الفتاتية في تكوين أصدوم قليلة جدا على الرغم من عدم وجود معلومات جيدة في هذا الصدد. مما يدل على أن الترسيب كان كيميائيا خالصا تقريبا. وقد يكون أحد أسباب ذلك أن معدل ترسيب التبخريات أسرع كثيرا من معدل ترسيب الرسوبيات الفتاتية. فلو أريد حساب فترة تكون ٢ كم من الهاليت أو الملح الصخري من مياه شبيهة بمياه البحر الميت الحالية وعلى منطقة ١٠ كم x ٥٠ كم لوجدنا أن ذلك يمكن أن يحدث في 0.20 مليون سنة. وحتى لو كان معدل الترسيب ١٠ مرات أبطأ فإن فترة الترسيب ستكون ٢-٣ مليون سنة. وهي فترة قصيرة جدا لا تسمح بحت ونقل وترسيب كميات كبيرة من الرسوبيات الفتاتية التي يمكن أن تصل الى وسط حوض البحر الميت حيث يترسب الملح الصخري (Garfunkel 1997). لقد عانت صخور الملح الصخري من تكتونية القباب الملحية في شبه جزيرة اللسان وفي جبل أصدوم. وسنترك هذا الموضوع الى الفصل التالي.

سمك التكوين

يبدو أن الملح الصخري التابع للتكوين موجود تحت حوض البحر الميت جميعه. غير أن الجزء الجنوبي الذي يبدأ من شمال اللسان مباشرة وبطول قرابة ٧٠ كم كان سمك التكوين فيه أكبر من الحوض الشمالي. مما قد يشير الى وجود صدع مستعرض في هذا الموقع. وكذلك الحال نحو أطراف الحوض. سمك التكوين في منطقة جبل أصدوم قرابة ٢ كم وفي شبه جزيرة اللسان أكبر من ٣٦٧٢ م لأن البئر قد توقف الحفر فيه قبل اختراق جميع الملح الصخري (بندر ١٩٧٤).

عمر التكوين

حدد عمر تكوين أصدوم على أساس من حبوب اللقاح الموجودة فيها فوضع في البليوسين المبكر Early Pliocene (Horowitz 1987) أي ٥-٤ مليون سنة قبل الوقت الحاضر. غير أن تحديد عمر البازلت المتداخل مع رسوبيات بحرية متزامنة جنوب بحيرة طبرية دفعت عمر التكوين الى الميوسين المتأخر أو ٧-٦ مليون سنة (Shaliv 1991). وهو بهذا يكون متزامنا جزئيا مع أعلى تكوين ضانا (الحصب). جدول ١، ٤.

بيئة الترسيب

أن سيطرة الملح الصخري على رسوبيات تكوين أصدوم يدل على ترسبه من بحيرة أو لاغون (بحيرة شاطئية متصلة بالبحر) شديدة الملوحة تشبه في ملوحتها البحر الميت الحالي. غير أن السمك الكبير للملح (أكبر من ٤٠٠٠ م) لا يمكن أن يفسر بوجود بحيرة أو حوض عمقه مساو لهذا العمق. وحتى لو كان ذلك صحيحا فإن عمق المياه المالحة يجب أن يكون أضعاف هذا الرقم ليتسنى ترسيب هذا السمك من الملح. وهو غير ممكن. نضيف الى ذلك أن التركيب الكيميائي للملح الصخري يكاد يخلو من عنصر البروم وهو عكس ما هو عليه البحر الميت الحالي. فمياه البحر الميت الحالي غنية جدا بهذا العنصر بدليل أنه يستغل اقتصاديا الآن (عابد ١٩٨٥). وهذا ببساطة يعني أن رسوبيات تكوين أصدوم لا يمكن أن تكون قد ترسبت من بحيرة داخلية معزولة كالبهر الميت الحالي. ويجمع الباحثون على أن المنطقة في أثناء ترسيب التكوين كانت متصلة بالبحر المتوسط عن طريق خليج عكا- وادي جزريل (مرج ابن عامر) ثم جنوب بحيرة طبرية عبر غور الأردن الى منطقة

الترسيب أي حوض البحر الميت الحالي. ولا بد أن نذكر أن الجبال الغربية والشرقية أيضا لم تكن قد ارتفعت الى ما نراه اليوم من ارتفاعات. ذلك لأن التاريخ كان الميوسين المتأخر أي بعد قليل من بداية انفتاح حفرة الانهدام. ونضيف أيضا أن الشواطئ الشرقية للبحر المتوسط كانت الى الشرق مما هي عليه الآن. وأن خليج عكا كان يشكل خليجا اكبر مما هو عليه الآن أيضا. هذه الصورة الجغرافية الطبوغرافية القديمة توضح أن حوض البحر الميت القديم كان على شكل لاغون أو بحيرة شاطئية متصلة بالبحر المتوسط. وأن مياه البحر المتوسط العادية كانت بعد وصولها الى اللاغون القديم تعاني تبخرا شديدا أوصلها الى تركيز ترسيب الهاليت. وأن المياه شديدة الملوحة الباقية بعد ترسيب الهاليت كانت تعود الى البحر المتوسط في تيار ثقيل سفلي تحت التيار العلوي الذي يوصل المياه البحرية للاغون. ونجد الآن أمثلة على ذلك (وجود تيارين علوي خفيف وسفل ثقيل) في مضيق باب المندب ومضيق جبل طارق. وقد ذكرنا كل ذلك لنفسر عدم وجود تراكيز عالية للبروم في ملح تكوين أصد. بقي أن نذكر أن ترسيب الملح الصخري بمعدل ترسيب مرتفع لا بد وأن كان مصاحبا بهبوط مستمر لقاع حوض البحر الميت القديم في أثناء الترسيب. وبهذا نفسر كيفية ترسيب السمك الكبير للملح الصخري في حوض ينخفض قاعه باستمرار. على أي حال فإن عملية خفض قاع صدع البحر الميت التحويلي هي عملية مستمرة حتى قبل ذلك وما زالت مستمرة حتى الآن. وكذلك رفع المناطق الجبلية المجاورة. وإلا كيف نفسر هذا الفراغ الكبير الآن على طول هذا الصدع أو حفرة الانهدام.

4.4 رسوبيات أوليغوسين وميوسين أخرى

في موقعين آخرين توجد رسوبيات تابعة لعصري الأوليغوسين والميوسين. لكننا لا نضمهما لمجموعة البحر الميت لوجودهما في أماكن بعيدة.

1.4.4 تكوين الطيبة Tayiba Formation

سمي التكوين نسبة إلى بلدة الطيبة غربي إربد (خليل ٢٠٠٠). وهو أول من أعطاها وضع تكوين. وقد وصفها قبل ذلك فتزل ومورتون (١٩٥٩) و Wiesemnn and Abdullatif (١٩٦٣). يتكشف التكوين مباشرة شرقي طريق الزميلية-الشونة الشمالية وكذلك في عدة مناطق صغيرة متصدعة شمال بلدة الطيرة. سمك التكوين ٦٥ م في منطقة الطيبة. ويمكن أن يقسم التكوين إلى عضو سفلي غلوكونيتي وعلوي جيرى (شكل ٢,٤).

أ- العضو الأسفل

يبدأ من الأسفل بالحجر الرملي الجيري الغلوكونيتي والحجر الجيري الحامل للبراكيوبود والرخويات مع وفرة من آثار المستحاثات (٨-٦ م). بقية العضو مكونة من تعاقب الحجر الجيري المارلي الغلوكونيتي وحجر الغرين الجيري. وكلاهما به آثار المستحاثات.

ب- العضو الأعلى

وبه ثلاثة جروف من الحجر الجيري. الجرف الأدنى (١٢ م) مكون من الحجر الجيري الكتلي الذي يكون عقيديا في قاعدته وبه الكثير من آثار المستحاثات. يعلوه بعض المستويات الجيرية الرقائقية التي تفصله عن الجرف الأوسط (١٦ م) المشابه للجرف الأدنى في مكوناته إلا في قمته التي بها الصوان. ثم الجرف العلوي سميك الطبقات إلى

كتلي مع آثار المستحاثات والأويستر وغيرها. وهو غير متماسك ويمكن خلطه بالحجر الرملي.

الحد السفلي للتكوين غير متوافق مع تكوين الشلالة ويتميز بوفرة الغلوكونيت والمستحاثات. أما حده العلوي فهو سطح الحت الحالي. توجد أعداد كبيرة من المستحاثات في التكوين. وقد ذكر فتزل ومورتون (١٩٥٩) وفيزمان وعبداللطيف (١٩٦٣) ما يلي:

Chlamys (Aequipecten) judaica Cox من العضو الأسفل

Echinoids, oysters, fish fragments, trace fossils

Textularia sp., *Operculina* sp. من العضو الأعلى

Bryozoa, oysters, pecten, corals, large foraminifera

وقد أعطى فتزل ومورتون التكوين عمر أوليغوسين. أما بيئة الترسيب فهي بيئة بحرية ضحلة جاءت بعد بيئة بحرية مفتوحة لتكوين الشلالة. مما يدل على هبوط أو انحسار لمستوى البحر. لاحظ أننا نتكلم عن بحر وليس بحيرة. ويبدو أن امتدادا واضحا للبحر المتوسط كان مازال موجودا في شمال غرب الأردن. وقد يكون هذا الموقع هو الوحيد في الأردن الذي وجد فيه البحر في الأوليغوسين. فهو خليج كبير من البحر المتوسط. تذكر أننا تحدثنا عن شيء من ذلك في تكوين أضمد ولكن على شكل لاغون شاطئي.

٢,٤,٤ تكوين القرمة Qirna Formation

سمى باركر (١٩٧٠) هذه الصخور "تكوين السرحان" بينما أطلق عليه بندر (١٩٧٤) وحدة tt4. وسمى: تكوين الضاحكية" من العاملين في سلطة المياه (Ayed 1986). ثم أسماه إبراهيم (١٩٩٦) تكوين القرمة نسبة إلى تل قرمة الواقع في جنوب شرق الأزرق ليخرج من مشكلة استعمال الأسماء العليا في وصف صخور أخرى. وقد حدد إبراهيم هذا التكوين بأنه يشمل الرسوبيات المتوسطة بعد بركانيات الوساد ولكن قبل بركانيات الصفوي.

يتكشف التكوين على شكل تلال صغيرة ومناطق منبسطة فاتحة اللون مغطاة بالجبريت في جنوب شرق الأزرق حول وادي راجل وإلى الجنوب والجنوب الشرقي من ذلك. وقد وصف إبراهيم التكوين في عدد من المواقع مرسومة في شكل ٣,٤. ففي مفرش القرمة يوجد ٦,٥ م مكونة أساسا من الحجر الرملي مع شيء من الحصى. وفي مصب وادي القطافي شرقي المفرش يوجد ٧,٥ م لها تكوين مشابه لتتابع المفرش. ولعل المقطع المقيس على الجانب الجنوبي الغربي لتل القرمة-وادي راجل هو أكثرها سمكا حيث يقارب ٢٨ م. معظم مكوناته من الحجر الرملي الحصى في الأعلى به أحيانا أصداف من البطنقدميات وبدون حصى في الأسفل. غير أن بهذا المقطع ثلاثة مستويات من الحجر الجيري المكريتي الرملي. ويعلوه بازلت الصفوي. أما مقطع وادي الغمر فسمك التكوين ١٦ م مكونة من الحجر الرملي كما سبق وصفه عدا أعلى ٣,٥ م فهي من الحجر الجيري المكريتي به تشققات الطين نحو القاعدة وطبقات رقيقة من الجبس نحو القمة. هذه الأوصاف مرسومة في الشكل ٣,٤.

سمك ما يتكشف من التكوين في منطقة جبل القرمة حسب تقديرات إبراهيم ٣٨-٤٤ م. وهي مشابهة لبندر وباركر. غير أن إبراهيم يضيف إلى ذلك أن سمك التكوين الحقيقي هو ٢١١ م كما هو الحال في آبار بترول حقل حمزة (Andrews 1992).

حده السفلي هو سطح عدم التوافق مع بازلت الوساد بينما حده العلوي بازلت الصفوي أو سطح عدم التوافق مع تكوين الأزرق البني اللون.

أما عمر التكوين فقد حدد بوجود مستحاثتي البطنقدييات التاليتين (إبراهيم ١٩٩٦) في تل القرمة وجنوب قاع العمري: *Discerbinella montereyensis* و *Valvulineria casetasensis*. وقد ذكرهما Baker and Harza 1958 في آبار المياه في الأزرق. وهما من عمر التورتوني Turtonian من الميوسين. يؤكد ذلك أن عمر البازلت تحت التكوين ١٣ مليون سنة وعمره فوق التكوين هو ٨ مليون سنة. هذا المدى الزمني يقع في الميوسين الأوسط إلى الأعلى (إبراهيم ١٩٩٣, Moffat 1988).

أما بيئة الترسيب فالأغلب أنها بحيرية وليس بحرية. وقد دلل إبراهيم على أن ما قاله بندر من أن هذه الرسوبيات بحرية سببه وضع بندر لجزء من تكوين الشلالة البحري مع هذا التكوين. ومن ناحية أخرى ليس سهلاً أن تصل مياه البحر المتوسط إلى هذه المنطقة الداخلية بعد عملية الرفع التي عانت منها في الإيوسين الأعلى والأوليغوسين.

٥,٤ مجموعة الأردن Jordan Group

١,٥,٤ التسمية

نسمي هذه المجموعة نسبة لنهر الأردن. هذا الاسم غير مستعمل سابقاً في جيولوجية الأردن ونستعمله الآن لوصف رسوبيات العصر الرباعي (البلايستوسين) المكتشفة في غور الأردن بين نهر اليرموك والبحر الميت. أستخدم هذا الاسم لوصف رسوبيات غربي النهر التي لها العمر ذاته (Horowitz 1979 والمراجع الأخرى فيه) مع اختلاف في التكاوين المشمولة بالمجموعة. وقد تحدث بندر مثلاً عن رسوبيات هذه المنطقة دون أن يضعها في مجموعة. فوصف كل وحدة بشكل مستقل وسماها وحاول تحديد عمرها. ثم استجدت معلومات أخرى عن المنطقة سنذكرها في حينه دون تغيير في الأسماء ليبقى الربط مع القديم ميسوراً. غير أن جمع هذه الوحدات المتعددة في مجموعة واحدة يسهل الحديث عنها بشكل عام. ومن ثم كان هذا الاسم "مجموعة الأردن".

تضم مجموعة الأردن الوحدات الصخرية التالية من الأقدم: تكوين الشاغور وتكوين غور الكتار وتكوين أبو هابيل وتكوين طبقة فحل وحصباء كفرنجة وتكوين السمرة وتكوين اللسان وتكوين دامية. فهو يحوي ٨ وحدات صخرية. وسنصف أيضاً ثلاثة تكاوين أخرى في المنطقة ذاتها وهي تكوين عرق الأحمر وتكوين العبيدية غربي النهر بقليل. وتكوين نهاريم Naharayim Formation الذي يتكشف في منطقة الباقورة التي استعبدت حديثاً إلى الأردن. أنظر جدول ١,٤ للتعرف على تسمية هذه التكاوين وعلاقاتها العمرية.

٢,٥,٤ وصف عام للمجموعة

تتصف المجموعة أولاً بأن تكاوينها لا يشكل الواحد منها تكتشفات متصلة عبر مسافات جغرافية كبيرة. فهي موضعية جداً في أغلبها إلا في حالات تكاوين السمرة واللسان ودامية. وثانياً بغلبة الرسوبيات الفتاتية من الرواهص والصخور الرملية والغرينية والطينية عليها إلا في حالات التكاوين الثلاثة السابقة الذكر أيضاً. وثالثاً بأن هذه التكاوين لا توجد جميعها في موقع واحد يعلو بعضها بعضاً بل هي متناثرة في غور الأردن من جنوبه إلى شماله. إلا في منطقة غور الكتار حيث يمكن تتبع تكتشفات تكوين غور الكتار وجزء من تكوين السمرة وجميع تكويني اللسان ودامية في الموقع ذاته. ورابعاً باحتوائها على أدوات حجرية من صنع الإنسان القديم في العصور الأثرية المتتابعة.

هذه هي الصفات العامة التي تربط المجموعة. أما الوصف الصخري لها فسيوضح عند وصف كل تكوين منها بعد قليل. إلا أنه يمكن التعميم على أنها تتكون أساساً من الرواهص

أو من الرواهص المتعاقبة مع صخور فتاتية أنعم كما في غور الكتار والعبيدية أو من الرسوبيات الكيميائية كما في تكوين اللسان.

٣,٥,٤ حدود المجموعة

لا يمكن الحديث عن حد سفلي واحد لهذه المجموعة. فقد توجد تكاوينها فوق أي تكوين من التكاوين التي وصفناها من مجموعات الكربن وعجلون والبلقاء تبعا للمكان. وسنحدد ذلك في كل تكوين. أما الحد العلوي للمجموعة فهو حتي لأنه لا يعلو رسوبيات المجموعة أي تكوين آخر. لكنك قد تجد التربة أو بعض رسوبيات الوديان فوقها.

٤,٥,٤ عمر المجموعة

يتفق الباحثون على أن عمر تكاوين المجموعة جميعها من عصر البلايستوسين. وليس من بينها ما يصل الى عصر الهلوسين أو الحديث. أي أن ترسيب المجموعة قد انتهى قبل ١٠٠٠٠ سنة من الوقت الحاضر وهو حد البلايستوسين والهلوسين. أنظر جدول ١,٤.

٥,٥,٤ بيانات ترسيب المجموعة وسمكها

لقد بدأ تكون صدع البحر الميت التحويلي في أواسط الميوسين (١٥ مليون سنة قبل الآن تقريبا) بينما ترسبت المجموعة بين ٢-١,٠ مليون سنة. ومن ثم فقد أصبح هذا الصدع في مراحل تطور متقدمة بحيث أصبح قريبا من شكله الحالي خاصة في المراحل المتأخرة من عمر المجموعة. وبالتالي فقد أصبح غور الأردن منطقة منخفضة محاطة من الغرب والشرق بالجبال المرتفعة. فانعزلت منطقة الغور وبقية الصدع عن مياه البحر المتوسط كلية.

يؤكد الباحثون أن رسوبيات تكاوين مجموعة الأردن جميعها هي نهريّة إلى بحيرات قديمة صغيرة تحتل جزءا صغيرا من الغور في مرحلة معينة أو كبيرة تحتل جميع غور الأردن من طبرية وحتى جنوب البحر الميت في مرحلة أخرى. مصدر المياه هو الأمطار فقط. ومن ثم فإن رسوبيات هذه المجموعة يمكن أن تستعمل كمؤشرات مناخية لعصر البلايستوسين. وسنفعل ذلك بعد قليل. إن كون مياه الأمطار هي مصدر مياه البحيرات القديمة لا يعني أن تكون مياه البحيرات دائما مياهها عذبة. فقد تتدخل عوامل أخرى كشدة التبخر أو التكتونية أو قلة الأمطار التي تؤدي إلى تحول هذه المياه إلى مالحة أو نصف مالحة. وستكون لنا أمثلة على ذلك. بقي أن نذكر أن ترسب هذه المجموعة في منطقة نشطة تكتونية (خفض الغور ورفع الجبال المجاورة) هو الذي يفسر سيطرة الرواهص على رسوبيات هذه المجموعة خاصة تلك التكاوين التي توضع في أحواض مائية صغيرة على أطراف الحبال أو بينها كالشاغور وكفرنجة وأبو هابيل.

أما عن سمك المجموعة فمن العبث الحديث في هذا الأمر من خلال المعلومات المتوفرة حاليا. فكما قلنا سابقا لا توجد هذه الوحدات الصخرية في موقع واحد. وبالتالي لا قيمة لجمع سماكات التكاوين وجعلها ممثلا لسمك المجموعة. وأفضل من ذلك أن ننتظر تطور دراسات جيولوجية العصر الرباعي في غور الأردن. فقد تحفر بئر عميقة في الغور تدرس من خلالها رسوبيات العصر الرباعي وسمكها.

٦,٥,٤ تكاوين المجموعة

بعد هذه المقدمة في وصف مجموعة غور الأردن دعونا نصف تكاوينها.

١,٦,٥,٤ تكوين الشاغور Shagur Formation

لم أجد من سمى هذا التكوين قبل بندر (١٩٧٤). يتكشف التكوين في أكثر من موقع في أقصى جنوب غور الأردن بين جنوب شرق الكفرين وجنوب شرق سويمة. ومن هذه المواقع وادي أبو كراف Wadi Abu Qaraf على بعد ٣ كم جنوب شرق الكفرين. و٢,٥ كم جنوب شرق سويمة. و٣ كم شرق الشاغور (شكل ٤,٤). وهو مكون أساسا من الرواهص الخشنة التي قد يصل قطرها الى المتر ملتحمة بمواد جييرية رملية سيليسية. وهي تعلو بسطح حتي ذي تضاريس واضحة رسوبيات حقبة الميزوزوي. تتعاقب الرواهص عموديا وأحيانا جانبيا مع الترافرتين الصلب سميك الطبقات والحجر الرملي الراهصي. ويبدو أن سمك تكوين الشاغور يعتمد على طبيعة تضاريس سطح الحت السفلي. لكنه قد يزيد على ١٠٠ م في سمكه الأقصى (بندر ١٩٧٤). ثم إن صخور التكوين متأثرة بالنشاط التكتوني. وقد وجدت المستحاثات التالية في تكشف الشاغور:

Melanopsis cf. Praemorsa Linnei

Trichia

Poiretia

Ostracods

بقايا نباتات من النخيل

وقد دلت المستحاثات وكثرة الرواهص وتعاقبها مع الصخور الرملية الناعمة ووجود الترافرتين على أن صخور تكوين الشاغور قد ترسبت في بحيرات مائية عذبة (المستحاثات). لكن كثرة الرواهص كبيرة الحجم قد يشير الى مراوح ركامية ترسبت على شواطئ البحيرة أو بقربها. في حين ترسب الحجر الرملي في البحيرة نفسها أو في الفترات الأكثر هدوءا. ثم إن الترافرتين لا بد أن يكون من رسوبيات ينابيع حارة كانت نشطة وقت ترسيب الرواهص فترسبت فوقها أو بجانبها قاريا. فبيئات التكوين إذن بحيرية عذبة-نهرية-وينابيع حارة.

أما عمر التكوين فيرى بندر (١٩٧٤) أنه من أسفل البلايستوسين الأسفل الذي قد يصل الى نهايات البليوسين العلوية. ولم نجد من أضاف جديدا الى هذا العمر.

٢,٦,٥,٤ تكوين غور الكتار Ghor El-Katar Formation

التسمية

هناك إشارات سريعة وعابرة لهذه الرسوبيات عند الكثير من الباحثين السابقين. فقد سماها بلاك وأيونيدس (١٩٣٩) ودانيال (١٩٦٣) Grain Sabt Series. لا أعلم معنى لهذه التسمية. هل هي عربية بمعنى أن "قرين" هي مصغر "قرن". ولكن ما السبب؟ وقد وجدتني تنسى أيضا ظهرة القرين. وقد حولت "ظهرة" إلى "زهرة" في بعض المراجع من باب لفظ الظاء بالزاي. وقد قسم بلاك وأيونيدس هذا التتابع الى قسمين سفلي وعلوي سمكهما ٥٠٠ م و ١٨٠ م على الترتيب. وهو غير صحيح. وكان بندر هو من أدخل اسم تتابع غور الكتار Ghor El-Katar Series. وعلى الرغم من أن هذا التتابع سميك إلا أن من الصعب تقسيمه إلى تكاوين أصغر سمكا بسبب تشابه رسوبياته في المقطع جميعه كما سنرى. وبالتالي فإننا نفضل هنا أن نعطيه وضع تكوين ونسميه "تكوين غور الكتار" Ghor El-Katar Formation.

وصف التكوين

قلنا قبل قليل أن المعلومات المتوفرة عن هذا التكوين لا تعدو أن تكون نتفا متناثرة في أعمال السابقين التي أشرنا إليها. ومن ثم فالوصف التالي جميعه مأخوذ من عابد (١٩٨٧).

فقد قاس المؤلف مقطعا كاملا في هذا التكوين ودرس صخوره وبيئات ترسيبه. وهذه خلاصة لذلك.

يتكشف التكوين على شكل قبة أو محدب ٣ كم x ٢ كم ترتفع ٤٠-٥٠ م عما جاورها من أراض. يقع هذا التكشف على بعد ٢٧ كم تقريبا شمال البحر الميت أو إن شئت فإن هذا الكشف يشكل الجانب الغربي لبحيرة سد الكرامة (شكل ٤,٤). سمك القدر المتكشف من التكوين هنا هو ٣٧٥ م (بندر ٣٥٠ م) تقريبا. يوجد تكشف مماثل سمكه قرابة ٧٥ م مباشرة جنوب القرن وفي جزء من مجرى قناة الملك عبد الله أو على بعد ٢ كم جنوب غرب بلدة كريمة. ولا يختلف الكشفان إلا في كثرة الحجر الجيري وقواقع مستحاثات المياه العذبة في تكشف القرن. وهو موجود أيضا شمال شرق بلدة المشارع مباشرة.

هذه التكتشفات متأثر بشدة بمرور صدع وادي الأردن (وهو جزء من صدع البحر الميت التحويلي) بجانبهما الشرقي. بحيث ينعطف الصدع قليلا نحو اليمين right bend. مما أدى إلى أن يصبح التكتشفان ما يسمى "ظهر تضاعط pressure ridge". فارتفعت منطقتهما فوق ما جاورها من أراض على شكل ظهر وأصاب صخورها الطي والتكسر. وهي واضحة أيما وضوح في التكتشفين الأوليين. وسنعود إلى هذا الحديث في تراكيب الأردن. لكننا نضيف هنا أن اندفاعا بازلتيا يوجد في وسط غور الكتار وفي اتجاه شمال-جنوب مواز لاستطالة الظهر. ويبدو أن الاندفاع حدث في منطقة ضعف في هذا التركيب. تميل طبقات تكوين غور الكتار إلى الشرق وإلى الغرب على جانبي البازلت. مما جعلها تبدو كمحدب. وهو الذي دفع بلاك وأيونيدس إلى قبول اندفاع البازلت كمسبب لهذا التكتشف. غير أن تكشف القرن ليس فيه بازلت. وبالتالي فالتفسير التكتوني السابق هو الصحيح في نظرنا. تميل طبقات غور الكتار قريبا من العمودية قرب البازلت ثم يخف الميل بحيث يصبح ٣٠-٤٠ درجة قرب بحيرة سد الكرامة وأقل من ذلك أحيانا. وقد وجدت صخور تكوين اللسان تعلوه بسطح عدم توافق زاوي. مما يؤكد أن ميل صخور الكتار قد حدث قبل ترسيب اللسان وأن صخور الكتار كانت مرتفعة على شكل جزيرة في زمن اللسان. غير أن صخور القرن مشوهة أكثر من ذلك بكثير.

نعود إلى تكشف غور الكتار. فقد وجد أنه مكون من ٢٨ دورة رسوبية تصغر حباتها إلى الأعلى. الشكل ٥,٤ يوضح مقطعا في التكوين. والدورة الواحدة تبدأ عادة بالرواهص ثم حجر الرمل الجيري calcarenite فحجر الغرين الجيري فحجر الطين الجيري (شكل ٥,٤) والنوعان الأخيران قد يكون لونهما أسودا في بعض الدورات المتوسطة. غير أن اللون الأحمر الذي يشبه تربة الجبال الشرقية (تربة البحر المتوسط) هو اللون المميز والسائد لهما. وهو اللون الأحمر المميز لهذا التكوين. سمك الدورة الواحدة يتراوح بين ١ م إلى أكثر من ٢٠ م. وفيما يلي وصف لصخور الدورة من الأسفل.

أ- طبقات الرواهص مكونة من فتات الحجر الجيري مع القليل من الصوان المشتقة جميعها من صخور الميزوزوي والسينوزوي المتكشفة في الجبال المجاورة. وفي حالات قليلة وجدت حبات من رمل الكرنب. يتراوح قطر الحبات حتى ٧٠ سم غير أن معظمها بين ٥-١٠ سم. وفي أكثر من طبقة لوحظ أن حبات الرواهص منتظمة في ميل نحو الشرق imbricated. مما يدل على أن مصدرها هو الجبال الشرقية. وهذا منطقي. ثم إن معظم طبقات الرواهص تصغر حباتها نحو الأعلى fining upward. أما سمك الطبقة من الرواهص فيتراوح بين ١-١٥ م. والطبقة الواحدة ليست متجانسة تماما عموديا ولا أفقيا. فقد تتحول عموديا إلى رواهص ناعمة أو حتى مختلطة مع الطين الجيري. وهي كذلك أفقيا حيث يمكن أن ترى بعض عدسات الرمل الجيري كامتداد طبيعي للرواهص.

ب- أما صخور الرمل الجيري فيوجد بها بعض فتات الصوان والكوارتز. هذه الصخور أو المستويات قليلة الأهمية. فهي نادرا ما تزيد على المتر في سمكها. وفي كثير من الدورات السفلى توجد كجزء من طبقة الرواهص التي تحتها. غير أنها تزداد أهمية نحو الدورات العليا. بعض هذه المستويات الرملية تبدي تطبقا متقاطعا قاعيا و primary current lineation. لونه غالبا ما يكون أبيض مصفرا.

ج- تشكل مستويات الغرين والطين الجيريين الجزء الأكبر في التكوين بحيث تزيد نسبتهما على ٥٠% من صخور التكوين. وهي بلونها الأحمر تعطي التكوين لونه الأحمر. سمك المستوى الواحد منها متجانس وقد يتراوح بين بضعة أمتار إلى عشرات الأمتار. لم يلاحظ فيها تراكيب رسوبية أولية. غير أنه وجد في بعضها مستحاثات من الطحالب الخضراء المائية العذبة Chara و Melanopsis بالإضافة إلى الأوستراكودا وأصداف الفورامنيفرا المنقولة المكسرة. هذه المستويات في معظمها مكونة من فتات جيرى ناعم مع القليل من الكوارتز والطين السيلكاتي. وقد وجد أن هذه المستويات تحوي الدولوميت جزئيا. ويبدو أنها عملية لاحقة للترسيب. فالدورة الدنيا المجاورة للبازلت تحوي أكبر قدر من الدولوميت بسبب وفرة المغنيسيوم.

د- مستويات الطين الجيري الأسود تبدو مثل الغضار الأسود على الرغم من أنها مكونة من الحجر الجيري الفتاتي الناعم. يوجد بها بقايا نباتية. وتبلغ نسبة المادة العضوية ٣٠-٤٥% من الصخر مقيسة بالحرق على ٥٥٠ درجة مئوية. وقد لوحظ بها وجود مواد حديدية سوداء على شكل كريات مجهرية وعروق موازية للطبقات أو مائلة عليها. ويبدو أن المواد الحديدية غير مبلورة. وفي بعض الحالات فإن هذه المواد الحديدية السوداء وجدت متأكسدة إلى مواد حمراء من أكاسيد الحديد ولكن على نطاق موضعي وتقع فوق صخور لها التركيب نفسه ولكنها

رمادية اللون. يتراوح سمكها بين ١-٤ م. وفي الدورة السادسة تكررت هذه المادة السوداء ثلاث مرات في ثلاث دورات صغيرة غير كاملة ضمن دورة كبيرة. وفي كل الدورات التي توجد فيها هذه المستويات السوداء فإنه يوجد فوقها المستويات الحمراء red beds.

هـ- الطبقات الحمراء التي تشكل جزءا مهما من صخور غور الكتار. وهي دائما تقع في قمة الدورات الرسوبية تحت طبقات الرواهص بسطح حاد لكنه حتي. ونادرا ما توجد داخل الرواهص. أما علاقتها بالمستويات السوداء فهو تدريجي. وهي مكونة أساسا من الغرين والطين الجيريين مع بعض المكونات المجهرية من قواقع الفورامنيفرا المنقولة المكسرة والأوستراكودا والكوارتز والصوان. ويمكن أن ترى كريات كاذبة (pseudopellets) من الطين الجيري محاطة بأغلفة من أكاسيد الحديد الحمراء. وقد تكونت هذه الكريات المجهرية من خلال تكون العروق الضيقة الحاملة لمياه مؤكسدة أدت إلى إذابة المادة الأصلية ورسبت الحديد المؤكسد حول هذه الجسيمات المجهرية. ويعتقد عابد (١٩٨٧) أن هذه الطبقات الحمراء كانت سابقا كالسوداء التي خضعت إلى عمليات تكون التربة pedogenic فأصبحت حمراء. ومن أدلة أن هذه المستويات الحمراء هي تربة قديمة وجود بيزوليتات التربة pisolites وعقيدات الهيماتيت والليمونيت ومستويات هيماتيت رقائقية تشبه مستويات التربة الحديدية تحت السطحية وكثرة العروق المترسب فيها الهيماتيت وتشققات الطين الكبيرة التي حولت أجزاء من هذه المستويات إلى ما يشبه الكرات الكبيرة التي تبدي ظاهرة التقشر exfoliation.

بيئات الترسيب ومناخ غور الكتار يشير الوصف السابق إلى أن بيئات الترسيب قد تكررت ٢٨ مرة في الدورات الثمانية والعشرين المكونة لهذا المقطع. وتوضح صفات الرواهص على أنها تمثل مراوح ركامية alluvial fans لأنهار متشعبة في فترات حث قوي ناتج عن مناخ مطير. حيث استطاع نظام الأودية الشرقية من حمل هذه الفتات الخشنة إلى مركز حوض غور الكتار في وسط الغور. إن استمرار هذا المناخ المطير وقتا كافيا سيؤدي إلى خلق بحيرة مائية عذبة في حوض غور الكتار. هذه هي بداية الدورة. لا نعلم اتساع هذه البحيرة بسبب صغر مساحة التكشف (٦ كم مربع تقريبا). أما إذا كان تكشف القرن وتكشف المشارع تابعين لها وأن مثل هذه الصخور مستمر تحت السطح بين التكتفين فستكون بحيرة كبيرة.

العضو الثاني في الدورة هو رسوبيات الحجر الرملي الجيري الذي يحوي التطبيق المتقاطع القاعي ويلازم الرواهص عموديا وجانبيا ويفسر على أنه الرسوبيات البعيدة للأنهار المتشعبة التي رسبت الرواهص. يبدو أن هذه الأنهار لم تعد تقوى على حمل حبات الرواهص لأن البحيرة أصبح بها الماء غير العميق وأن الرواهص قد أصبحت تترسب نحو الشرق من مركز البحيرة.

تمثل رسوبيات الغرين والطين الجريين الناعمة الاتساع الأكبر للبحيرة العذبة بحيث لم يعد يصل إلى وسط البحيرة غير الرسوبيات الناعمة بينما الرسوبيات الخشنة يجب أن تكون ترسبت على أطراف البحيرة بعيدا نحو الشرق. هذه الرسوبيات هي التي وجد بها مستحاثات المياه العذبة التي ذكرناها في وصفها أعلاه.

أما رسوبيات الطين الجيري الأسود فيبدو أنها ترسبت في مستنقعات بعد أن تحول المناخ إلى نحو قلة الأمطار. فتحوّلت البحيرة إلى مستنقعات حوت بقايا النباتات التي حفظت في بيئة مرجعة. ومع استمرار قلة الأمطار جفت البحيرة تماما وخضعت هذه الرسوبيات السوداء إلى عمليات تكون التربة من أكسدة وإذابة وترسيب فأصبحت حمراء بفعل تأكسد الحديد الموجود في الطبقات السوداء. وهذا شبيه بالعمليات التي تؤدي إلى تشكل ما هو معروف في أدبيات علم الرسوبيات بالطبقات الحمراء red beds. تنتهي هنا الدورة الرسوبية. ثم تبدأ دورة جديدة بترسيب الرواهص فوق التربة الحمراء بسطح حتي واضح. وهكذا حتى اكتمال ترسيب صخور غور الكتار.

قد يقول قائل إن جفاف البحيرة بسبب قلة الأمطار وازدياد التبخر سيؤدي إلى تكون بحيرة مالحة في أواخر عمرها بدل المستنقعات. غير أننا لم نعثر ميدانيا على أي رسوبيات أولية من التبخرات في هذا التكوين. وهذا يكفي للرد على هذا القول.

عمر التكوين وسمكه

وضع بندر (١٩٧٤) تكوين غور الكتار من عمر البلايستوسين المبكر بناء على وجود مستحاثات الماء العذب *Melanopsis praemorsa* والأوستراكونا وبقايا عظام الفقاريات سيئة الحفظ وبقايا النباتات. المستحاثات السابقة موجودة بكثرة في تكشف القرن في صخور الحجر الجيري أكثر مما في تكشف غور الكتار. ثم إن صخور تكشف غور الكتار مقطوعة باندفاع بازلي قدر عمره من البلايستوسين الأوسط. وهي لا شك أقدم منه.

أما سمك التكوين فهو ٣٧٥ م تقريبا في غور الكتار و٧٥ م في تكشف القرن. على الرغم من أن قاعدة التكوين غير متكشفة. كما أن قمته قد خضعت للحت في أوقات لاحقة. يثبت ذلك علاقة عدم التوافق الزاوي بينه وبين تكوين اللسان من البلايستوسين المتأخر.

وحتى نزيد الصورة تعقيدا فإن صخورا لها الألوان الحمراء ذاتها والدورية المشابهة موجودة في وادي الحمة الواقع مباشرة شمال طبقة فحل في بلدة المشارع (ليس الحمة الموجودة على نهر اليرموك). فهل تكشف الحمة هذا يعتبر كشفا ثالثا لتكوين غور الكتار؟ إن العمليات الجيولوجية التي وصفناها قبل قليل يمكن أن تتكرر لأنها خاضعة للمناخ

وتكتونية المنطقة. وكلاهما موجودان على طول التاريخ الجيولوجي لغور الأردن. مما قد يعني أنه ليس بالضرورة أن تكون جميع هذه التكتشفات من العمر ذاته. ولك أن تتذكر رسوبيات تكوين ضانا التي هي فعليا لا تختلف كثيرا في لونها ودوريتها عن هذه الرسوبيات على الرغم من أن عمرها أوليغوسيين متأخر ميوسين. وحتى يقوم من يحدد أعمارا جيدة لهذه التكتشفات تبقى الصورة يعترضها الشك الذي ذهبنا إليه في الأسطر السابقة.

٣,٦,٥,٤ تكوين عرق الأحمر Erk El-Ahmar Formation

يتكشف تكوين عرق الأحمر غربي نهر الأردن مباشرة في موقع ليس بعيدا الى الجنوب الغربي عن مصب نهر اليرموك فيه (شكل ٤,٤). أول من درس صخور التكوين وتكوين العبيدية ومستحاثاتها هو بلانكنهورن (١٩١٤) Blanckenhorn and Oppenheim 1927) حيث سميت *Melanopsis Stufe* أي الحاوية على الكثير من قواقع الميلانوبسيس. بعد ذلك درس تكوين عرق الأحمر خلق كثير من مثل بكارد (Picard 1932, 1943, 1965) وغيره كثير. غير أن أول من أدخل اسم تكوين عرق الأحمر هو هوروفتس (Horowitz 1974).

لا يتكشف التكوين إلا في موقع واحد كما في شكل ٤,٤. سمكه ٨٠-٩٠ م. وهو مكون كلية من الصخور الطينية والمارل ونادرا ما يوجد الحجر الرملي والغرين. طبقات التكوين متأثرة بالحركات التكتونية التي جرت في أواسط البلايستوسين. ومن ثم فإن طبقاته تميل نحو الشرق بمقدار ٢٥-٤٠ درجة أي نحو نهر الأردن. السطح العلوي للتكوين متأثر بالحت ومن ثم فهو مقطوع بسطح عدم توافق حتي واضح. وبالتالي فإن سمكه الحالي لا يمثل غير جزء من سمكه الحقيقي.

التكوين غني بمستحاثات من الرخويات mullusks التي وجد منها ١٨ نوعا في عدة مستويات من التكوين. وهي تشير إلى أن عرق الأحمر قد ترسب في بحيرة عذبة. ويؤكد ذلك محتوى الرسوبيات من حبوب اللقاح (Horowitz 1979).

عمر التكوين فيه أكثر من رأي. غير أن خلاصة القول في ذلك حسب هوروفتس (١٩٧٩) أن تكوين عرق الأحمر يقع فوق بازلت الغطاء Cover Basalt الذي حدد عمره إشعاعيا ١,٧ مليون سنة. ومن ثم فعمره أحدث من ذلك أو ١,٦ مليون سنة. هذا الرقم الأخير أساسه أن التكوين قد ترسب في فترة مطيرة. والفترة المطيرة التي لها هذا العمر هو العصر الجليدي الأوروبي "Gunz". فهو إذن من البلايستوسين الأسفل.

4.6.5.4 تكوين أبو هابيل Abu Habil Formation

توجد هذه الرسوبيات قرب بلدة أبو هابيل ١٥ كم جنوب المشارع (شكل ٤,٤). ومن ثم كانت التسمية. وتتكون من حجر جيرى صلب راهصي وأحيانا بيزوليتي. وتعلو صخور غور الكتار في الموقع ذاته بسطح عدم توافق (بندر ١٩٧٤). وحسب بندر (١٩٧٤) فإنها أقدم من بازلت غور الكتار من البلايستوسين الأوسط. ولم يذكر دليلا. وقد وجد هوكره (١٩٦٦) في جزئها العلوي أدوات حجرية بشرية pebble tools artifacts من حضارة Oldowan & Munzenberger التي دعت بندر إلى إعطائها البلايستوسين الأوسط. هذه الصخور ليست موجودة في الغور نفسه بل بين التلال الشرقية المطلة على الغور على ارتفاع +٢٥٠ م. ومن الطبيعي أن نذكر أن ترسيب هذه الصخور قد حدث عندما كانت منطقتها على سوية أرض الغور. ثم استمر الغور غربي الصدع في الانخفاض وهي في الارتفاع. هذا المستوى +٢٥٠ م توجد عليه كثير من الرسوبيات التي توضع في البلايستوسين الأوسط. ويبدو أنها رسوبيات نهريّة-بحيرية عذبة. إن زيارة سريعة لموقع

هذا التكوين تري مقدار التشويه التكتوني الذي أصابها. فهي مطوية ومتصدعة بشدة. وهي في هذا تشبه غور الكتار في المشارع أو حتى أشد تشويها. مما يدل على أنها يجب أن تكون من البلايستوسين الأوسط أو أقدم منه. وحديثا فقد وصف محيسن (Muheisen 1988) أدوات حجرية من العصر الحجر القديم الأسفل Lower Paleolithic. ثم أُرِدِف مستنتجا بأن عمر أبو هابيل يتراوح بين ٠,٦ - ١,٨ مليون سنة. الحد الأدنى للعمر جيد أما الحد الأعلى فإنه لا دليل عليه. ولا يمكن أن يذهب التكوين إلى هذا القدم. ننتظر دراسات أكثر جدية. وأخيرا فإننا نعتقد أن هذا التكوين أقدم من تكوين طبقة فحل بشكل واضح مخالفين بذلك ما ذهب إليه ماكمبر (١٩٩٢).

٥,٦,٥,٤ تكوين العبيدية Ubeidiya Formation

قد يكون بلانكنهورن (١٨٩٧) أول من تحدث عن هذه الصخور وخاصة كثرة أصداف الميلانوبسيس فيها. غير أن بكارد وبيضا (١٩٦٦) هما اللذان أعطياها وضع تكوين. وقد درست هذه الصخور كثيرا لاحتوائها على الكثير من بقايا الفقاريات والطيور وأدوات الإنسان القديم. ومن ثم فقيمتها الأثرية والمناخية كبيرة. يتكشف تكوين العبيدية غربي نهر الأردن مباشرة إلى الشمال قليلا من تكشف تكوين عرق الأحمر أي جنوب بحيرة طبرية (شكل 4.4). سمك التكوين ١٩٠ م (هوروفتس ١٩٧٩). وهو الحد الأدنى للسمك على اعتبار أن قاعدته غير متكشفة وقمته مقطوعة بالحت. وقد قسم إلى أربعة أعضاء بحيرية ونهرية (شكل ٦,٤) كما يلي (Picard and Beida 1966).

1. عضو الطين والغرين والحجر الجيري

هو الأقدم. سمكه ٥٢ م وبدايته غير متكشفة. وهو مكون من رقائق varves الطين والغرين ثم الحجر الجيري الأوليتي والطباشير والمارل ولكن نادرا ما يحوي الرمل. جميع طبقات هذا العضو غنية بمستحاثات المياه العذبة وبقايا عظام أسماك المياه العذبة عدا الرقائق الطينية والغرينية. أصداف الميلانوبسيس كثيرة في هذا العضو. ثم إن هناك بقايا نباتات في الطبقات الرقائقية من مثل: *Rhus tripartita* و *Pistacia lentiscus* وغيرها. هذا العضو بحيري المنشأ.

2. عضو الرواهص والطين المختلط

يعلو العضو الأول ويتراوح سمكه بين ٢٢-٣٠ م. يبدو أن به تغيرا في السحنات الصخرية بين جانبي محدب العبيدية. فالجانب الغربي مكون كلية من الرواهص والطين. بعض الطبقات تحوي أدوات حجرية بشرية (choppers and cores) وبقايا عظام الفقاريات جيدة الحفظ. وهي كذلك تحوي الكثير من أصداف المياه العذبة من البطنقدميات والأوستراكودا وعظام فقاريات المياه العذبة. وأخيرا فإن بعض طبقات الطين حمراء اللون وتشبه التربة القديمة. أما الجانب الشرقي من محدب العبيدية فتقل فيه الرواهص ويصغر حجم حياتها وتصبح طبقات الرواهص غنية بالرمل والغرين. ويصبح الطين المتعاقب من الحجر الجيري والطباشير سائدا في الجنب الشرقي. وقد فسر ذلك بأن رسوبيات الجانب الغربي نهريّة تتحول تدريجيا إلى مستنقعات وبحيرية نحو الشرق أي نحو نهر الأردن. مازالت أصداف الميلانوبسيس كثيرة هنا أيضا. وقد وجد في الجانب الشرقي أدوات حجرية من عصر Olduvan. ثم بقايا عظام عدد كبير من الفقاريات قد وجدت من مثل: *Crocota*

و *Bison* sp. و *Equus stenonis* و *Megantereon megantereon* sp. و *Camelus* sp. و *Stegodon* sp. و *Archidiscodon* sp. و *Dicerorhinus* cf. و *Cervus ramosus* و *C. philisii* و *C. senezensis* و *Dama* sp. و *Megaceros* sp. و *Gazellospira* sp. و *Etruscus* cf. و *Ursus* sp. و *Leptobus* sp. و *Hipparion* sp. و *Sus strozzi* و *Giraffa* cf. و *camelopardalis* و *Hippopotamus amphibius* وبعض القوارض (هوروفتس ١٩٧٩). لاحظ أن هذه الأنواع تحوي الغزال والجمل والزرافة ووحيد القرن والكلاب والذئاب والثيران البرية وغيرها.

3. عضو الغرين الرئيسي

سمك العضو ٥٦ م ويتكون أساسا من رسوبيات الغرين البيضاء والصفراء جيدة التطبيق بحيرية المنشأ. يحوي الأوستراكودا في معظم أجزائه. يكثر في جزئه السفلي الطين والطباشير والمارل الغنية بالأوستراكودا والبطنقدميات وبقايا الأسماك.

4. عضو الرواهص العلوية

يتكون العضو من ١٦ م من الرواهص التي يتراوح سمكها بين الحبيبات والجلاميد من البازلت أساسا والصوان والحجر الجيري بشكل أقل. وهي مكونة من طبقات تبدي تدرجا في حجم حباتها. لا توجد المستحاثات ولا الأدوات الحجرية البشرية فيها. ويبدو أنها نهريّة المنشأ.

قد وصفنا التكوين وتحدثنا عن بيئاته البحرية والنهرية ومستحاثاته. ونضيف إلى الأخيرة أن في التكوين حبوب لقاح يغلب عليها (٨٠%) حبوب لقاح البلوط. يعلوه إما تكوين نهاريّ أو تكوين اللسان وكلاهما أفقي الطبقات والعلاقة مع العبيدية هي علاقة عدم توافق حتي وزاوي. وقد بدا واضحا في حديثنا أن تكوين العبيدية قد تأثر بحركة أواسط البلايستوسين التي أدت إلى طيه فأصبح محدبا.

أما عمر تكوين العبيدية فهو أحدث من عرق الأحمر. ويبدو أن بازلت اليرموك Yarmouk Basalt يعلوه أي أحدث منه. وقد حدد عمر هذا البازلت إشعاعيا فكان $690,000 \pm$ سنة (١٤٠,٠٠٠ سنة (Siedner and Horowitz 1974). أي أن تكوين العبيدية يجب أن يكون أقدم من ٧٠٠,٠٠٠ سنة وأحدث من ١,٦ مليون سنة عمر تكوين عرق الأحمر.

٦,٦,٥,٤ تكوين طبقة فحل Tabaqat Fahl Formation

تقع طبقة فحل في الأغوار الشمالية مباشرة شرقي بلدة المشارع (شكل ٤,٤). وهي موقع آثار مشهور. وقد قامت بعثة آثار أسترالية في العقدين الماضيين بالكثير من الحفريات التي صاحبته أعمال جيولوجية أدت إلى فهم أوضح لطبيعة رسوبيات هذه المنطقة. المعلومات التالية مأخوذة من أعمال البعثة (Macumber and Head 1991; Macumber 1992). يبدو أن اسم "تكوين طبقة فحل" قد وضعه الجيولوجي ماكمبر المرافق للبعثة الأسترالية. تتكشف صخور التكوين في بلدة المشارع على الجانب الشرقي لطريق الغور الرئيسي ثم يمتد إلى الأعلى ليكون طبقة فحل نفسها. وهو أيضا موجود في وادي الجرم والحة جنوب وشمال الطبقة على الترتيب. وقد قسم ماكمبر التكوين إلى عضوين: عضو سفلي مكون من الرواهص

و عضو علوي مكون من الحجر الجيري (توفا).

سمك التكوين جميعه ١٢٠ م تقريبا. يكون عضو الرواهص الجزء السفلي منه. وهي رواهص بيضاء متماسكة وصلبة مكونة من حصى من الحجر الجيري والصوان ملتصمة بمواد جيرية وسيليسية. يتناقص سمك الرواهص غربا نحو الغور حتى تكاد تختفي تماما على طريق الغور الرئيسية. سمك هذه الوحدة تقريبا ٤٠ م.

يعلوها عضو الحجر الجيري التقي بسمك قد يصل إلى ٨٠م. وهو حجر جيري أبيض كتيم ومتجانس تقي tuffaceous. وقد ترى فيه مستويات جيرية عقيدية. ويتكشف بوضوح على طريق الغور الرئيسي في بلدة المشارع. ويبدو أن جزءا من الحجر الجيري يعادل الرواهص أفقيا نحو غرب تكشف التكوين.

يقع التكوين إما فوق صخور الموقر أو الكريتاسي أو غور الكتار بسطح عدم توافق واضح. طبقات التكوين لم تعان من الحركات التكتونية إلا قليلا.

وقد فسر ماكمبر بيئة ترسيب هذا التكوين على أنها كانت رواسب وديان للرواهص أو ببساطة نهريّة fluvial. بينما ترسب الحجر الجيري من مياه الينابيع الكثيرة أي من نظام مياه جوفية متسع يتدفق إلى بحيرة مجاورة كانت تحتل الغور. مياه الينابيع الجوفية رسبت الحجر الجيري التقي بينما رسبت البحيرة الحجر الجيري الكتيم المتجانس.

لا يوجد تحديد مباشر لعمر التكوين. غير أن ماكمبر تحدث طويلا عن وجود أدوات حجرية وبأعداد كبيرة من مثل handaxes , bifacial flacks في الجزء العلوي من عضو الحجر الجيري أي في أعلى تكوين طبقة فحل. وقد اعتبرها ممثلة للحضارة الأشولية المتأخرة late Acheulian. ثم ذكر أنه حدد بنظائر اليورانيوم والثوريوم عمر مثل هذه الحضارة الأشولية المتأخرة في الأزرق فوجدها ٢٠٠ ألف سنة تقريبا. ولما كان هذا العمر هو لأعلى التكوين فإن قاعدة التكوين ستكون أقدم من ذلك. وقد ذكر في خاتمة بحثه (١٩٩٢) أن عمر التكوين قد بدأ ٥٠٠ ألف سنة قبل الآن.

وقد قارن ماكمبر بين تكوين طبقة فحل وتكوين أبو هابيل الذي لا يبعد أكثر من ١٥ كم نحو الجنوب. وهو يعتقد أنهما من عمر واحد بسبب وجود غور الكتار تحتها وبسبب تشابه في المواد المكونة لهما. غير أنني لا أوافق هذا الرأي لسبب واحد بسيط هو أن تكوين أبو هابيل قد تعرض لتشويه تكتوني شديد من الطي والتصدع لا نراه في تكوين طبقة فحل. مما يدل على أن تكوين أبو هابيل قد تعرض لتكتونية واسط البلايستوسين التي لم يتعرض لها تكوين طبقة فحل. ومن ثم يكون أبو هابيل في اعتقادي أقدم من طبقة فحل.

٧,٦,٥,٤ تكوين نهاريم Naharayim Formation

يتكشف التكوين على الجانب الجنوبي لنهر اليرموك وشرقي نهر الأردن على بعد ٢ كم تقريبا من مصب نهر اليرموك في نهر الأردن قرب مشروع كهرباء روتنبرغ (شكل ٤,٤). أي أنه في الأراضي الأردنية التي استعبدت أخيرا من اليهود. أي في أراضي بلدة الباقورة المستعادة. وقد كانت معهم منذ ١٩٤٨. وهذا هو سبب الاسم العبري للتكوين. فهل نبقى هذا الاسم أم نسميها اسما محليا عربيا أردنيا؟ لقد اشتهر الاسم العبري. ثم إن الكثير من أسماء التكاوين عندهم مازالت عربية لشهرتها من مثل تكاوين عرق الأحمر والعبودية والسمره واللسان وغيرها. سأبقى الاسم كما هو. غير أنه إذا أريد تغييره فقد يكون اسم "تكوين الباقورة" أو "تكوين النهر" مناسبين.

قد تحدث عن تكوين نهاريم كثيرون. غير أن من أعطاه وضع تكوين هو بكارد (١٩٦٥). يتراوح سمك التكوين بين ٢٠-٣٠ م مكونة من الحصباء gravel والطين والغرين البنية اللون. وفي التكوين القليل من الميلانوبسيس وحبوب اللقاح. وتشير جميعها إلى ترسب التكوين في فترة مطيرة. يتناقص سمك التكوين نحو الغرب بحيث لا يوجد منه فوق تكوين العبيدية سوى ١-٢ م من الطبقات الأفقية غير المتأثرة بالحركات التكتونية. ثم لا يوجد بعد

ذلك غربا. وقد وصف بندر طبقات من الرواهص معادلة لها إلى الجنوب أيضا من اليرموك وشرقي الموقع الذي حددناه أعلاه حيث ذكر وجود أدوات حجرية آشولية Acheulian. يقع تكوين نهاريم فوق بازلت اليرموك وتحت بازلت الرقاد. ويبدو أن رسوبيات هذا التكوين تمثل بقايا دلتا كبيرة لنهر اليرموك في أزمنة مطيرة سابقة. أي أنه ليس بحيريا بل نهري المنشأ دلتائيا. يتراوح عمر التكوين بين ٦٩٠,٠٠٠-٧٠,٠٠٠ سنة. هذان العمران هما لبازلت اليرموك وبازلت الرقاد على الترتيب (هوروفتس ١٩٧٩).

٨,٦,٥,٤ تكوين السمرة Samra Formation

أخذ بكارد (١٩٤٣) اسم السمرة من خربة السمرة الواقعة على بعد ٦ كم شمال شرق أريحا غربي النهر (شكل ٤,٤). وقد كان سماها تتابع السمرة Samra Series. ثم أعطيت وضع تكوين عام ١٩٦٠ (Bentor 1960 ; Bentor and Vroman 1960). وقد وصفها بكارد بإيجاز في ثلاثة مواقع. اثنان منها جنوب أريحا والثالث هو خربة السمرة وأعطاهما سمكا يتراوح بين ٦-١٠ م. غير أن دراسة بيغن (١٩٧٥) هي الأكثر تفصيلا. سمك تكوين السمرة في خربة السمرة هو ٣٥ م تقريبا (بيغن ١٩٧٥). يعلو صخور مجموعة البلقاء بسطح عدم توافق ويعلوه تكوين اللسان أيضا بعدم توافق. تميل صخور التكوين قليلا نحو الشمال الشرقي بمقدار ٥ درجات تقريبا. وهي بهذا لا تشبه الصخور المطوية مثل غور الكتار والعبيدية وعرق الأحمر وأبو هابيل. تغلب الصخور الفتاتية الجيرية المختلفة في حجم حباتها على صخور تكوين السمرة. هذه الفتات مشنقة بشكل رئيسي من مجموعتي عجلون والبقاء على جانبي النهر. ومن ثم فليس غريبا أن نجد فتات الحجر الجيري بكثرة مع كميات أقل من فتات الصوان والفسفات وغيرها. الشكل ٧,٤ يوضح مقطعا عموديا في التكوين قرب أريحا. واضح من المقطع تكونه من الرواهص المتطبقة والحصباء gravel وحجر الرمل الجيري calcarenite وحجر الغرين الجيري calcisiltite وحجر الطين الجيري calcilutite. كل هذه الصخور فتاتية المنشأ. وقد وصفنا مثلها في تكويني ضانا وغور الكتار لأن المصدر هو ذاته والعمليات الجيولوجية هي ذاتها مع اختلاف العمر. بالإضافة لهذه الفتاتيات توجد طبقة واحدة من الأولوليت وأخرى من المارل. قد يصل حجم حبات الرواهص إلى ٣٥ سم. وهي صلبة وملتحمة حباتها في الغالب بمواد جيرية. وفي نهاية التكوين العليا فإن الرواهص غير متماسكة أي حصباء. بعض المستويات الفتاتية الناعمة تبدي رقائقية واضحة laminated. تبدي طبقات التكوين وخاصة صخور الرمل الجيرية التطبق المتقاطع المتوازي والقاعي وعلامات النيم وغيرها.

يبدو أن هذا التكوين قد ترسب في بيئة نهريّة وبحيرية عذبة. فرسوبياته تخلو من التبخرات مثل الجبس والهاليت. قاس كاوفمان وآخرون (Kaufman et al., 1992) عمر تكوين السمرة المطلق بنظائر اليورانيوم-ثوريوم المشعة فكان ٣٥٠,٠٠٠-١١٦,٠٠٠ سنة قبل الآن. ولما كان عمر بداية تكوين اللسان الذي يعلو السمرة هو ٧٠٠٠٠ سنة، فإن الفرق الزمني بين النهاية العليا للسمرة وبداية اللسان السفلى يمكن تفسيره بانقطاع عدم التوافق بينهما. ومن ثم فالتكوين من عصر البلايستوسين الأعلى وليس بليوسين-بلايستوسين كما ذهب إلى ذلك بيغن (١٩٧٥). ومما يؤكد ما ذهبنا إليه من عمر بلايستوسين أعلى عدم طي طبقات السمرة بينما تعرضت جميع التكاوين من البلايستوسين الأوسط وما قبله إلى طي شديد من جراء النشاط التكتوني في أواسط البلايستوسين مصاحبا لصدع البحر الميت. نضيف إلى كل ذلك وجود جزء صغير متكشف من تكوين السمرة تحت تكوين اللسان بين جسر دامية وغور الكتار. وهي هنا لا تحوي الرواهص بل الصخور الجيرية الفتاتية الحاملة لأصداف المياه العذبة. ويمكن رؤية ذلك مباشرة عند مزرعة شعشاعة الواقعة على

نهر الأردن غربي غور الكتار. ولا بد من الإشارة إلى أن تكوين السمرة قد وصف في الآبار التي حفرت في أساسات سد الكرامة تحت تكون اللسان.

٩,٦,٥,٤ تكوين اللسان Lisan Formation

التسمية

أخذ الاسم من شبه جزيرة اللسان في البحر الميت حيث الرسوبيات المثالية للتكوين. أول من استعمل الاسم هو لارتيه (Lartet 1869) في القرن التاسع عشر الميلادي عندما أطلق على هذه الرسوبيات مارل اللسان Lisan Marl. ولا يكاد يخلو عمل جيولوجي عن المنطقة بعد ذلك من الإشارة إلى هذا الرسوبيات (Qennell 1951; Picard 1943; Blake and Ionides 1939; Blanckenhorn 1914; Hull 1886 Bentor and Vroman (1960) تكوين اللسان. بينما سماها بندر (١٩٧٤) طبقات اللسان Lisan Beds. وقد أصبح متعارفا أخيرا في المنطقة على تسميتها تكوين اللسان.

وصف التكوين

يوجد عدد كبير من الدراسات لهذا التكوين لسببين: أولها سعة انتشاره وتكشفه. فهو يمتد متكشفا كلية تقريبا من بحيرة طبرية شمالا حتى قرابة ٢٠ كم جنوب البحر الميت أي بطول يصل إلى ٢٢٠ كم. وهو كذلك موجود على جانبي الغور شرقي النهر وغربيه. يصل عرض التكتشف إلى ١٧ كم من جنوب البحر الميت حتى القرن (مرمى فياض) شمال دير علا أو قرب كريمة. يضيق التكتشف شمال ذلك إلى قرابة ٧ كم (شكل ٨,٤). وسنحدث عن سبب ذلك لاحقا. وثاني كثرة أسباب دراسته استعمال رسوبياته للتعرف على مناخ المنطقة في أواخر عصر البلايستوسين القريب من زماننا كما سنرى بعد قليل. وعلى الرغم من كثرة الدراسات التاريخية التي لن نحاول التطرق إليها جميعها حتى لا يطول بنا المقام ولأنها لن تزيد من فهمنا لهذا التكوين. فإننا نقول أن من بين أفضل من درسوا هذا التكوين بيغن وآخرون (Begin et al., 1974, 1985) الذين تتبعوا تكوين اللسان في الجانب الغربي من الغور من طبرية حتى صدع خنيزيرة على بعد قرابة ٢٠ كم جنوب البحر الميت. وقد تتبع التكوين عابد (١٩٨٣) على الجانب الشرقي للغور من اللسان حتى الشونة الشمالية. نحن إذن أمام بحيرة مغلقة كبيرة تحدها الجبال من الجانبين ولم يكن عمق الماء فيها واحدا في جميع أجزائها. وبالتالي فإن رسوبياتها تتغير في اتجاه شمال-جنوب بشكل واضح وكذلك من أطراف الغور حتى وسطه. ومن ثم سندرس التكوين في عدة مناطق.

نبدأ بالمقطع المثالي وهو شبه جزيرة اللسان (شكل ٨,٤). يستطيع الباحث أن يجد أكثر المقاطع سمكا غربي غور المزرعة في شبه الجزيرة وهو قرابة ٢٥ م وقاعدة التكوين غير متكشفة (شكل ٩,٤). وهو هنا مكون كلية من الرسوبيات الكيميائية المنشأ التي ترسبت من مياه بحيرة اللسان على شكل رقائق varves. سمك الرقيقة الواحدة من رتبة المليمتر أو أقل أو أكثر أحيانا. والرقائق لوانان رمادي مكون من الأراغونيت والكالسيت ترسب في فصل الأمطار وأبيض من الجبس ترسب في فصل الصيف. يوجد كذلك بعض طبقات الجبس الأكثر

سمكا (بضع سنتمترات) تتكرر عدة مرات في المقطع شكل ٩,٤ (عابد ١٩٨٣). وقد سجل وجود الستروماتوليت غربي البحر الميت قرب مسعدة (بيغن وآخرون ١٩٧٤). بينما توجد عدة مستويات من الستروماتوليت في مقطع التكوين في النهاية الشمالية لشبه جزيرة اللسان أي في طرف اللسان الشمالي. رأى الكاتب هذه الطبقات في زيارة حديثة لهذا الموقع الذب لم أره من قبل. ويبدو أنه يقع تحت الجزء المتكشف من تكوين اللسان غربي غور

المزرعة. ولو ذهب شرقا شبه جزيرة اللسان واقتربت قليلا من الجبال الشرقية لوجدت تعاقب طبقات اللسان الكيميائية المثالية أي الرقائقية مع الرسوبيات الفتاتية التي توضع عند أطراف بحيرة اللسان. ويعكس هذا التعاقب التذبذب في مستوى سطح البحيرة. هذا المظهر يتكرر على طول الغور شرقه وغربه. ولن نترك موقع المقطع المثالي قبل أن نؤكد أنه من غير الممكن تقسيم التكوين إلى أعضاء كما فعل بيغن وآخرون غربي البحر الميت. بقي أن نذكر أن مياه بحيرة اللسان في هذه المنطقة كانت مالحة جدا تسمح بترسيب الجبس أي ٣-٤ مرات ملوحة مياه البحار والمحيطات (١٠٠-١٢٠ %).

ولو ذهبنا إلى الجنوب قرابة ٢٠ كم أي في منطقة صدع خنيزيرة المستعرض (شكل ٨,٤) الذي يفصل حوض البحر الميت عن وادي عربة لوجدنا أن الرسوبيات الرملية تصبح وفيرة وأن رسوبيات اللسان الكيميائية تدل على أن بحيرة كانت أقل ملوحة مما هو موجود في شبه جزيرة اللسان. ربما بسبب تدفق مياه عذبة من المناطق الجبلية إلى الشرق. أما المنطقة إلى الشمال من البحر الميت حتى القرن (شكل ٨,٤) فإنه يمكن تقسيم رسوبيات اللسان فيها إلى عضو رقائقي (أسفل) Laminated Member وعضو الجرف الأبيض White Cliff Member (أعلى). هذا التقسيم وضعه بيغن وآخرون (١٩٧٤) ليس لهذه المنطقة فقط بل لجميع رسوبيات اللسان من جنوب البحر الميت حتى طبرية. ولنصف رسوبيات هذه المنطقة الوسطى من الغور قبل أن نوضح عدم دقة تقسيم بيغن. فالعضو الرقائقي يتكون من رقائق ملمترية من الأراغونيت مع زيادة واضحة في الفتاتيات الناعمة وحتى بعض طبقات الرمل الكوارتزي الرقيقة مع تناقص واضح في رقائق الجبس شمالا. حتى إن رقائق الجبس لا تعود موجودة في منطقة جسر دامية وما دونها جنوبا قبالة غور الكتار. هنا تصبح الرقائق الفتاتية البنية اللون أكثر أهمية وتتعاقب مع رقائق الأراغونيت البيضاء (صورة ١). قد يصل سمك هذا العضو إلى ٤٠ م. أما عضو الجرف الأبيض فهو فعليا جرف أبيض مكون من ٥-٧ م من رقائق الأراغونيت والجبس. وقد تكون أجمل مناطق رؤيته غرب غور الكتار-جسر دامية (صورة ٢). كذلك تقل نسبة الجبس في العضو الأبيض شمالا ولكنه يبقى موجودا نحو الشمال تقريبا في جميع هذه المنطقة الوسطى (شكل ٩,٤).

غير أنه في أثناء حفريات سد الكرامة اتضحت صورة مختلفة لما ذكره بيغن وآخرون عن تكوين اللسان في منطقة غور الكتار وما حولها شمالا وجنوبا. فالتكوين هنا لا يمكن قسمته إلى عضوين فقط بسبب وجود مستوى طيني أسود سميك في وسط التكوين لم يذكره بيغن. وبالتالي فقد قسمه عابد وياغان (٢٠٠٠) إلى ثلاث وحدات صخرية غير رسمية هي من الأسفل (شكل ٩,٤ ب):

١. الوحدة الرقائقية السفلى. سمكها ١٥ مكونة من تعاقب رقائق الغرين الجيري البني والأراغونيت الأبيض والقليل من طبقات الرمل الكوارتزي. لا تزيد نسبة الأراغونيت في الوحدة عن ٣٠ % والجبس غير موجود.
٢. وحدة الطين الكتلي. سمكها ٩ م مكونة كلية من الطين الأسود الذي لا يبدي الرقائقية إلا أحيانا. المعادن الطينية هي إليت-سمكتيت والقليل من الكاولين. تصل نسبة المادة العضوية إلى ٦ % ولا يوجد الجبس.
٣. الوحدة الرقائقية العليا. سمكها ١٨ م مكونة من الغرين الجيري والأراغونيت مع طبقات رقيقة من الرمل والطين. الجرف الأبيض يشكل قمة هذه الوحدة ويوجد فيه الجبس.

يكفي هذا القدر عن الغور الأوسط ولنستمر شمالا إلى ما بعد القرن وحتى بحيرة طبرية (شكل ٨,٤) أو الأغوار الشمالية. ينتهي الجبس تماما من جميع التكوين حتى من الجرف الأبيض في قمة التكوين. ويصبح التكوين مكونا من رقائق الأراغونيت والدياتوميت. والدياتوميت مكون من أصداف الدياتوم diatoms. وقد حدد بيغن قرابة ١٥٠ نوع من

الدياتوم في رسوبيات التكوين في شمال الغور. إن عدم وجود الجبس كلية يدل على أن مياه بحيرة اللسان في الأغوار الشمالية كانت عذبة. وهو ما يثبت وجود الكم الكبير من دياتومات المياه لعذبة فيها.

وصف بحيرة اللسان ومياهها

كان واضحا من الوصف السابق أن مياه بحيرة اللسان كانت عذبة شمال القرن ومختلطة و متذبذبة في الوسط ومالحة جدا في منطقة البحر الميت الحالي. فكيف يمكن أن تكون بحيرة واحد وملوحتها غير متجانسة إلى هذا الحد الكبير؟ يقبل الباحثون أن شمال الغور كان أكثر أمطارا من جنوبه كما هي الحال الآن. كذلك فإن منطقة القرن كانت مرتفعة في زمن اللسان وقبل ذلك. في هذه المنطقة يضيق الغور إلى قرابة ٧ كم فقط (شكل ٨, ٤). فكان مرتفع القرن يشكل حاجزا جزئيا لمياه البحيرة من الجريان بسهولة نحو الجنوب. أدى هذا الوضع إلى تجمع المياه العذبة في الحوض الشمالي. أما منطقة البحر الميت فهي أعلى حرارة وأقل أمطارا ولا يصل إليها إلا جزء من المياه الشمالية عبر مرتفع القرن. كل ذلك أدى إلى سيطرة التبخرات في رسوبيات اللسان في منطقة البحر الميت.

عمر بحيرة اللسان

يوجد عدد من الأعمار الراديوجينية على رسوبيات اللسان معظمها غربي البحر الميت. فقد وضع الحد السفلي للتكوين بين ٦٣-٦٠ ألف سنة قبل الآن باستعمال نظائر $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$ (Kaufman 1971; Kaufman et al., 1992;). غير أن Stein et al., 1992 قد وضع الحد الأسفل على ٦٨ ألف سنة. أما قمة التكوين فعمره بالنظائر نفسها ونظائر الكربون المشع ١٧-١٥ مليون سنة (Vogel 1978, Kaufman 1971; Kaufman et al., 1992). ومن ثم فإن عمر البحيرة يقع على الأرجح بين ٦٣-١٦ ألف سنة قبل الوقت الحاضر.

وقد حدد عمر الجرف الأبيض الموجود في قمة التكوين فوجد أنه ترسب بين ٣٣ أو ٣٥ وحتى ١٥ ألف سنة لبدائته ونهايته على الترتيب (المراجع السابقة). وقد وجد عابد وياغان (٢٠٠٠) أن هذا الامتداد الزمني للجرف الأبيض في الأغوار الوسطى طويل. فسمكه في هذه المنطقة كما أسلفنا ٥-٧ م. أما سمكه في غربي البحر الميت فهو ١٥ م. وفي شبه جزيرة اللسان فإن جميع المقطع (٢٥ م) هي كرسوبيات الجرف الأبيض. إذن قد يكون عمر الجرف الأبيض في منطقة البحر الميت صحيحا. أما في الأغوار الوسطى فقد حدد عابد وياغان امتداده الزمني بتحديد معدل الترسيب له بقياس عدد الرقائق في سمك معين منه. فوجدا أن معدل الترسيب يساوي ١,١ ملم في السنة. ولو قسم الامتداد الزمني للتكوين جميعه (٤٨ ألف سنة) على سمك التكوين جميعه (٤٠ م) لكان معدل الترسيب ١,٢ ملم في السنة. فإذا كان سمك الجرف الأبيض ٥-٧ م فتكون بدايته في الأغوار الوسطى ٢٣-٢٢ ألف سنة قبل الآن. أي أن الجرف الأبيض في الأغوار الوسطى قد ترسب بين ٢٣ أو ٢٢-١٥ ألف سنة قبل الآن.

مناخ غور الأردن في أثناء بحيرة اللسان

تركنا بحيرة السمرة التي سبقت اللسان ذات المناخ المطير والرسوبيات الخالية من التبخرات. أما رسوبيات بحيرة اللسان ومياهها فلم تكن متجانسة لا أفقيا ولا عموديا. وبالتالي فإن مناخها كان مختلفا أفقيا وزمنيا. أفقيا أو جغرافيا كانت بحيرة اللسان في شمال الغور عذبة وفي منطقة البحر الميت الحالية مالحة جدا وفي الأغوار الوسطى عذبة ومالحة. وقد تحدثنا في ذلك سابقا. ويمكن تفسيره بعلاقة مياه الجريان إلى جزء البحيرة والتبخر منه. وهو واضح.

أما التغير مع الزمن فقد يكون الأنسب أن ندرس تغير مناخ الأغوار الوسطى لأنها تعكس بصورة أفضل هذه التغيرات. لا تحوي رسوبيات اللسان في هذه المنطقة (غور الكتار-جسر دامية) أي تبخريات من قاعدة التكوين وحتى بداية الجرف الأبيض. وهذا يشير إلى أن مياه البحيرة كانت عذبة أو قليلة الملوحة لا تسمح بترسيب الأملاح (عابد وهلمداخ ١٩٨١). فإذا أضفنا إلى ذلك وجود مرتفع القرن الذي كان يغلق الحوض الشمالي من البحيرة بصورة جزئية، فيعني أن كمية وفيرة من المياه كانت تمر عبر هذا المرتفع. مما يدل على مناخ مطير في هذه الفترة (٢٣-٦٣ ألف سنة). ثم جاء العضو الأبيض الحامل للجبس والذي لا يحتوي أي المستحاثات مما يدل على أن البحيرة أصبحت مالحة تماما بين ٢٣-١٥ ألف سنة أي زمن ترسيب العضو الأبيض. وهذا ببساطة يعني أن هذه الفترة كانت جافة جدا (عابد وياغان ٢٠٠٠). أنظر منحني الأمطار النسبي في شكل ٩,٤ ب.

عالميا تتميز الفترة بين ٢٠-١٥ ألف سنة قبل الآن بأنها باردة وجافة. وتعرف باسم آخر قمة جليدية last glacial maximum ويتمركز أقصى التبريد حول ١٨ ألف سنة من الآن (Dawson 1994; Yan and Petit-Maire 1994; Zhuo et al., 1994). وقد ذهب عابد وياغان إلى أن مناخ غور الأردن وربما المنطقة بأجمعها كانت جافة وباردة في أثناء ترسيب الجرف الأبيض أو إن شئت في زمن آخر قمة جليدية (شكل ٩,٤ ب). هذا الرأي مخالف لما ذهب إليه هوروفتس (١٩٧٩ و ١٩٩٢) وبيغن وآخرون (١٩٧٤) وNeev and Emery 1967 من أن المنطقة كانت باردة ولكنها رطبة كثيرة الأمطار. ويبدو أن الأدلة تؤكد رأي عابد وياغان. وقد جاء جزء من هذه الأدلة بالإضافة إلى ما ذكرنا أعلاه من وجود بحيرة عذبة عظيمة في قاع الجفر تصل مساحتها إلى ١٠٠٠-١٨٠٠ كم مربع قبل ٢٧ ألف سنة من الآن (Huckriede and Wiesemann 1968). وقد جفت في فترة آخر قمة جليدية. والدليل الآخر جاء من الصحراء الكبرى وجنوب شرق آسيا حيث العديد من البحوث التي أثبتت أن هذه المناطق كانت باردة وجافة في أثناء آخر قمة جليدية (McClure 1976; Gasse et al., 1987; Prell and Kutzbach 1987; Sanlaville 1992; El-Baz 1998; Yan and Guo 1997; 1996). وغيرهم كثير. وقد عزا هؤلاء هذا الرأي إلى الأمطار الموسمية monsoon التي كانت تؤثر على الصحراء الكبرى وجزيرة العرب وجنوب شرق آسيا. ولما كانت الأردن قريبة من هذا النظام فقد أخذ به عابد وياغان لتفسير ما ذهبوا إليه. أما اللذين يقولون بالمناخ البارد الرطب في أثناء الفترات الجليدية ممن ذكرنا سابقا فيعتبرون المنطقة تابعة لمناخ أوروبا في تلك الفترة. لمزيد من التفاصيل والنقاش أنظر عابد وياغان (٢٠٠٠).

١٠,٦,٥,٤ تكوين وادي الحمة Wadi Al-Hammeh Sequence

يتكشف تتابع من صخور الرواهص والحجر الجيري التفي tuffaceous في وادي الحمة (ليس حمة اليرموك بل المشارع) ووادي الحمار الذي يرفده شمال شرق بلدة المشارع. يقسم التتابع إلى قسمين: سفلي مكون من الرواهص المكونة من حصى وجليد من الحجر الجيري والصوان. يعلو وحدة من الحجر الجيري التفي. وفي بعض المناطق يتحول الحجر الجيري إلى صخور طينية سوداء. طبقات التتابع أفقية لم تتعرض لأعمال تكتونية ذات بال مما يدل على حداثة عمرها.

يوضح شكل ١٠,٤ أن الحد بين وحدتي الرواهص والحجر الجيري يزداد قدما نحو الغرب. فهو ١٤٩٧٠ سنة شرقا و ٣١٢٨٠ سنة نحو النهاية الغربية للوادي. هذه الأعمار قيست بنظائر الكربون المشع. وفي مواقع أخرى في تتابع وادي الحمة كان عمر الرواهص من الوحدة السفلى ٣٥٣٠٠ إلى ٨٠٠٠٠ سنة بينما كانت قمة التتابع ١١٠٠٠ سنة. وهذا ببساطة يعني أن هذا التتابع مترامن مع تكويني اللسان ودامية (Macumber and Head

1991). وقد ترسب التتابع في بيئة نهريّة للرواهص وبيئة ينابيع ومياه جوفية كثيرة تتدفق مجاورة لبحيرة اللسان-دامية التي كانت تغطي الأغوار إلى الغرب. وقد وجدت أدوات حجرية من حضارات متعاقبة في هذا التتابع هي من الأقدم: العصر الحجري القديم الأوسط والأعلى والكيباري Kebaran والنطوفي Natufian . بقي أن نذكر أن هذا التتابع يعتبر مثالا على ترسبات الأودية المتزامنة مع بحيرة اللسان-دامية. ويمكن أن يرى مثل ذلك في أكثر من واد. غير أن المياه الكثيرة في وادي الحمة قد ساعدت في هذا الترسيب السميك الذي يحوي أعدادا كبيرة من الأدوات الحجرية.

١١,٦,٥,٤ تكوين دامية Damya Formation

أول من أطلق اسم تكوين دامية هو عابد (١٩٨٥) ليصف الرسوبيات التي تعلو تكوين اللسان. وهو آخر تكوين في غور الأردن. ولا يعلوه إلا الرسوبيات الحديثة كالتربة أو رسوبيات الوديان. وقد ذكره بيغن وآخرون دون اسم بينما سماه هوروفنس فصايل (Fatzael) نسبة إلى بلدة عربية في غور الأردن الأوسط غربي النهر مقابل غور الكتار. يبلغ سمك التكوين حده الأقصى في منطقة دامية-غور الكتار وهو ١٤ م. ثم هو ينقص شمالا وجنوبا وكذلك شرقا وغربا. تشبه رسوبياته لون التربة المحمرة. طبقاته أفقية لم تعان من أعمال تكتونية لحداثته. غير أنه في المناطق التي بها صدع البحر الميت التحويلي قد عانى من حركات تكتونية واضحة. وهو مكون من رسوبيات فتاتية من الحجر الجيري الغريني الطيني وأحيانا الرملية (شكل ٩,٤). أما الرواهص فيبدو أنها توجد نحو الشرق والغرب عند أطراف بحيرة دامية. لم يترسب الجبس في هذا التكوين مما يدل على بيئة مياه عذبة. يدل على ذلك أيضا وجود مستحاثات الماء العذب *Melanopsis* sp. وأوسترأكود المياه العذبة إلى نصف المالحة *SARS 1890 Ilyosypris bradyi* و *Cypridae* (عابد ١٩٨٥). وقد أجمع العاملون على أن بحيرة دامية كانت عذبة (بيغن وآخرون ١٩٧٤ ، هوروفنس ١٩٧٩ ، نيمي ١٩٩٧ والمراجع الموجودة في المرجع الأخير). يمتد عمر تكوين دامية بين ١٦-١٢ ألف سنة من الآن (هوروفنس ١٩٧٩).

أما عن مناخ المنطقة في زمن بحيرة دامية فهي كما يلي:

1. تركنا نهاية بحيرة اللسان في زمن الجرف الأبيض (١٦-٢٢ ألف سنة) وقد ساد المنطقة فترة جافة باردة أدت إلى هبوط شديد في مستوى بحيرة اللسان بمقدّر ٢٠٠ م ووصل مستوى سطحها إلى -٣٧٠ م تحت مستوى البحر المتوسط. تذكر أن مستواها الأعلى كان -١٨٠ م تحت مستوى البحر المتوسط. أي أصبحت على شكل سبخة عظيمة (بيغن وآخرون ١٩٧٤ ، نيمي ١٩٩٧).
2. وعندما بدأت بحيرة دامية في التكون وامتألت بالمياه العذبة قبل ١٥ ألف سنة كان مستواها -١٦٠ م تحت مستوى البحر المتوسط. أي أن مناخا مطيرا جيدا قد ساد المنطقة في أثناء دامية.
3. ثم جفت أو إن شئت هبط مستواها إلى -٧٠٠ م تحت مستوى البحر المتوسط عند قرابة ١١ ألف سنة من الآن. أي نزل مستوى الماء بسبب الجفاف وقلة الأمطار إلى مستوى قريب من مستوى قاع البحر الميت الحالي. يجدر التأكيد أن هذه الفترة ١٠-١٢ ألف سنة قبل الآن كانت أيضا باردة وجافة كما ترى (the Younger Drayas). مما يؤكد مرة أخرى ما ذهبنا إليه في تفسير مناخ فترة الجرف الأبيض من أنها كانت باردة وجافة وليس باردة ورطبة.
4. وعندما انتهت بحيرة دامية بدأت مرحلة البحر الميت الحالية أو عصر الهلوسين عند حوالي ١٠,٥ ألف سنة.

٦,٤ رسوبيات البلايستوسين في باقي مناطق الأردن

لا توجد دراسات جادة كثيرة لرسوبيات عصر البلايستوسين في مناطق الأردن الأخرى عدا غور الأردن. الرسوبيات هنا متناثرة في أماكن معزولة عن بعضها بمسافات كبيرة ومن الصعب الربط بينها أو مقارنتها على أساس محتواها الصخري فقط ولأنها تمثل رسوبيات لم تحدد أعمارها بدقة. ومن ثم فقد تكون الطريقة الأسهل أن نعرض هذه الرسوبيات حسب مناطقها الجغرافية ونقارنها مع غيرها قدر المستطاع وعندما تسمح المعلومات المتوفرة.

١,٦,٤ جنوب الأردن

١,١,٦,٤ منطقة المدورة (تكوين حالة عمار Halat Ammar Formation)

وصف المصري (١٩٨٨) رسوبيات البلايستوسين في أقصى جنوب الأردن في منطقة المدورة الحدودية مع السعودية. وقد وضع هذه الرسوبيات تحت اسم "تكوين حالة عمار". وهو أول من وصفها وسماها.

سمك التكوين يتراوح بين ٨-١٠ م. يبدأ التكوين من الأسفل بسطح عدم توافق حتي وزاوي مع رسوبيات السيلوري من الباليوزوي. يعلوه الحجر الرملي الناعم المخضر المصفر الحاوي على حصي من الصخور النارية وآثار مستحاثات بحيرية. ثم ٢,٥ م تقريبا من المارل الأحمر الحاوي على عروق ثانوية من الهاليت ورقائق الجبس. ثم مستوى من المارل المخضر الغني بالجبس الخيطي. قمة التكوين مكون من الرواهص المشتقة من الصخور المجاورة. وقرب نهاية التكوين توجد طبقة أو عدة طبقات مهمة مكون من أصداف المياه العذبة ومتعاقبة مع الرمل وبعض الحصباء. أنظر شكل ١,٤.

وقد سجل المصري المستحاثات التالية (٩٥ % من المحاريات و ٥ % من البطنقدميات):

Cerastoderma edula *Scrobicularia* sp. *Mytilus* sp.
Belgarandia ? marginata *Abra (syndosmya)* *Hydrobiidae* (gastropod)
Ostracod: *Cyprides*
Foraminifera: *Elphidium?* *Ammonia beccarii* *Nonion* sp.

عمر هذا التكوين أقدم من ١٠٠ ألف سنة. وقد حدد هذا العمر على قواقع المحاريات في الطبقة العليا من التكوين بنظائر اليورانيوم-ثوريوم (عابد وآخرون ٢٠٠٠). أي أن طبقة القواقع هذه قد ترسبت في الفترة المطيرة من البلايستوسين التي يرمز لها عادة G5 (قمة أمطار هذه الفترة عالميا ١٣٥ ألف سنة). ويبدو أن القواقع عاشت في بحيرة عذبة في أقصى جنوب الأردن وتدخل السعودية شرقي حالة عمار الحدودية بمساحة قد تصل إلى ١٠٠ كم مربع. وقد أسميناها بحيرة المدورة. وما زالت هذه البحيرة وأهميتها المناخية قيد الدراسة في رسالة دكتوراه للطالبة سهى ياسين في الجامعة الأردنية. ما فهمته منها حتى الآن أن مياه البحيرة قد تكون ناتجة عن الأمطار الموسمية وليس أمطار منخفضات البحر المتوسط. وقد فسر المصري (١٩٨٨) رسوبيات هذا التكوين على أنها رسوبيات بحيرية ذات ملوحة متفاوتة مع الزمن وذلك بسبب وجود الجبس وخلو الطبقات السفلى من المستحاثات. وهو جيد. كما أنه فسر طبقة الرواهص العليا وطبقة الرمل السفلى بأنها نهريّة ترسبت على أطراف البحيرة.

ولكننا لا نجد عمرا لبداية التكوين. ولما كان المصري لم يتحدث عن سطوح عدم توافق في التكوين ولم يلاحظ انقطاعا في الترسيب على الرغم من صعوبة ذلك في الطبقات الأفقية. فإن ترسيب ١٠ م وهو سمك التكوين جميعه لن يأخذ أكثر من ١٠ آلاف سنة بمعدل ترسيب

١ ملم في السنة في مثل هذه المنطقة قليلة الخفض والرفع تكتونيا. تذكر أن معدل ترسيب بحيرة اللسان كان ١,١-١,٢ ملم في السنة في منطقة نشطة تكتونيا. وهذا يضع جميع بحيرة المدورة حول عمر ١٣٥ ألف سنة وهي الفترة المطيرة في البلايستوسين الأعلى. وبناء على ذلك فإننا نقارن بحيرة المدورة مع بحيرة السمرة في غور الأردن. ولن نترك هذا المقام قبل أن نشير إلى وجود عدد كبير من الأدوات الحجرية من الحضارة الموسستيرية حول بحيرة المدورة. لوصفها أنظر رسالة الدكتوراه لسهى ياسين.

٢,١,٦,٤ منطقة الجفر (تكوين الجفر (Jafr Formation)

منذ عام ١٩٦٨ وصفت بحيرة عذبة كبيرة في قاع الجفر (Huckriede and Wieseemann 1968). وصل اتساع البحيرة إلى ١٠٠٠-١٨٠٠ كم مربع (شكل ١٢,٤). وقد رسبت هذه البحيرة الحجر الجيري والمارل بسبك ٢٥ م في وسطها تغطي قرابة ٤٠٠ كم مربعاً. بينما كان سمك الرسوبيات في الطرف الشمالي الغربي ١٣ م مكونة من المارل الأخضر والغرين والمارل الأبيض والحجر الجيري. وفي أحد الأودية إلى الجنوب وصف التتابع التالي (من الأعلى):

- ٧٠ سم حجر جيري به ثقب يشبه القشرة الجيرية.
- ١ سم مارل جيري إلى حجر جيري مثقب فاتح اللون.
- صفر - ٧٠ سم مارل بني به جذور نباتات بدون مستحاثات.
- ٣٥ سم مارل جيري به ثقب ومسام وفراغات ناتجة عن جذور وسيقان النباتات.
- ٢٠-٣٠ سم مارل طيني أخضر
- بضع سنتمترات من الغرين المسامي الحامل للأوستراكودا والأصداف الكثيرة من مثل:

Pridium casertanum, *Galba truncatula*, *Radix sp.*, *Gyraulus sp.*,

- ١٠٠-٢٠ سم مارل طيني أخضر مع حبيبات من الصوان والحجر الجيري.
- وقد وصفت مجموعة أخرى من المستحاثات تحت ذلك.
- سطح عدم توافق مع صخور العصر الثلاثي البحرية من تكوين الرجام.

ولسوء الحظ لم يرسم هوكریده وفيزمان مقطعاً لهذه الصخور غير هذا الوصف الذي سقناه قبل قليل. وإن كانا قد وصفا أعداداً كبيرة من المستحاثات التي يصعب نقلها جميعها هنا. وقد ذكرنا أنه لا يوجد كاليش أو تربة حمراء فوق صخور تكوين الرجام. وعلى أي حال فإن سمك هذه الطبقات يزداد من أطراف البحيرة نحو مركزها. ثم تحولت البحيرة إلى نصف مالحة حيث ظهرت كمية كبيرة من قواقع المحاريات. ثم غطت القواقع طبقات من الرواهص دلالة على انحسار الكتلة المائية البحيرة. وقد جفت البحيرة كلية بعد ذلك.

وقد حدد عمر بحيرة الجفر بنظائر الكربون ١٤ على عينة واحدة من الحجر الجيري فكان 27700 ± 870 سنة من الآن. ثم جفت البحيرة عند حوالي ٢٠ ألف. وسادت ظروف جافة منطقة الجفر. وهذا متفق تماماً مع ما قلنا عن بحيرة اللسان. وبكلام آخر فإننا نقارن بحيرة الجفر ببحيرة اللسان قبل ترسيب الجرف الأبيض.

لم يعط الباحثان إسماً لهذه الصخور وأقترح أن تسمى "تكوين الجفر". غير أن هذا العمل يحتاج إلى جهد أكثر تفصيلاً خاصة في وسط بحيرة الجفر لرسم مقطع مثالي لها مما يحتاج إلى بعض الحفر للوصول إلى بداية التكوين.

٣,١,٦,٤ منطقة الحسا-جرف الدراويش (تكوين وادي الحسا Wadi Hasa Formation)

لا بد في البداية من التفريق بين تكوين الحسا الذي يمثل تتابع فوسفات الكريتاسي الأعلى (الفصل الثالث) وتكوين وادي الحسا الذي يشمل رسوبيات عصر البلايستوسين في وادي الحسا وما يليه من المنطقة الجنوبية في جرف الدراويش وتل برمة والمناطق المجاورة. قد يكون المومني (Moumani 1996a, b, 1997) أفضل من درس هذا التكوين. ومعلوماتنا هنا مأخوذة تقريبا كلية منه إلا إذا أشير إلى غير ذلك. وقد عزا المومني اسم التكوين إلى (Vita-Vinzi (1966. وقد استعمله بعد ذلك الطراونة (١٩٩٦) لوصف الرسوبيات نفسها في وادي الحسا والمومني لوصفها في جرف الدراويش ووادي الحسا. وقد قسم المومني هذا التكوين إلى عضوين:
العضو الأسفل أو: عضو جرف الدراويش
العضو الأعلى أو: عضو برمة

١. عضو جرف الدراويش Jurf Ed Darawish Member

يتكشف هذا العضو حول جرف الدراويش وفي الجزء الشمالي من وادي برمة وحول قلعة الحسا غربي بلدة الحسا. السمك الأقصى للعضو هو ١٠ م. يصعب وجود مقطع يتكشف فيه جميع العضو في مكان واحد ويمكن رؤية شيء من ذلك على بعد ١ كم جنوب شرق قرية جرف الدراويش. يبدأ العضو من الأسفل فوق تكوين الموقر بسطح عدم توافق حتي. أما مكوناته فهي الرواهص والغرين والكالكريت (كاليش) والغرين الحصى والمارل. ويمكن تقسيمه إلى ٤ وحدات يفصل بينها سطوح حثية. الرواهص هي الأكثر وجودا. وهي سينة الفرز مخرسة إلى شبه مستديرة مكونة من الحصى الصغيرة والكبيرة والجلاميد المشتقة من الصوان والفوسفات والبازلت جيدة الترابط. حبات الصخر موجهة وتدل على تيار آت من الغرب والجنوب الغربي أي من جهة مرتفعات الشوبك. يوجد ٨٠ سم من الكالكريت في قمة العضو تحت عضو برمة. وقد عزا المومني بيئة ترسيب هذا العضو إلى بيئة نهريّة متشعبة تشبه بيئة الأودية الحالية. التفاصيل التي أوردها المومني (١٩٩٦) في رسالة الماجستير كثيرة لا يمكن وضعها هنا. فليرجع إليها من يهتم بذلك. شكل ١٣,٤ يوضح مقطع في التكوين.

٢. عضو برمة

يتكشف عضو برمة حول جرف الدراويش ووادي برمة وفي وادي الحسا قرب القلعة. وهو مكون من رسوبيات ناعمة من الرمل الناعم والغرين والمارل المتعاقب مع الكالكريت. نادرا ما يرى فيه الحصى. يعلو عضو جرف الدراويش بشكل متوافق. سمكه الأقصى ١٣ م. وفي وادي برمة حيث المقطع المثالي توجد طبقة واضحة من الكالكريت تقسم العضو إلى جزء سفلي سمكه ٣,٥ م مكون من المارل المخضر والغرين مع بعض الحصى. ثم يأتي الكالكريت التي يمكن أن ترى به تشققات الطين ثم الجزء العلوي وسمكه ٦ م مكون في الأسفل من المارل الأخضر ثم يصبح أحمر في الأعلى. وقد وجدت أدوات حجرية في أدنى هذا العضو. وقد وصف المومني (1996a) بالتفصيل سحنات مكونات العضو والكالكريت والمعادن الطينية والتحليل الكيماوي مما يصعب نقله هنا. على أي حال، لقد ذكر وجود المستحاثات التالية من المارل من عضو برمة:

Candona cf. neglecta from the ostracoda.

Bythinia cf. tentaculata, *B. opercula*, *Lymneatrunculata*, *Pupilla sp.*,
Gyraulus ehrenbergi from the gastropods.

Charophyte,

بالإضافة إلى كسارة المستحاثات الموجودة في المقطع. يدل جميع ذلك على بيئة بحيرية عذبة.

أما عمر التكوين فقد حدده المومني بطريقة (optical stimulating luminescence (OSL على ٣ عينات من عضو برمة جنوب شرق جرف الدراويش. وكانت النتائج على النحو التالي:

العينة السفلى ١١ م تحت السطح العلوي للتكوين: 182 ± 63 ألف سنة.

العينة الثانية من طبقة فوق العينة الأولى : 166 ± 13 ألف سنة.

العينة الثالثة من ٤ م تحت قمة التكوين : 82 ± 6 ألف سنة.

ثم إن الأدوات الحجرية المصاحبة للعينة الوسطى أعلاه حدد عمرها من العصر الحجري القديم Paleolithic. وهذا يؤكد نتائج التواريخ المطلقة أعلاه كما يقول المومني.

وهذا يعني أن عضو برمة قد ترسب بين ١٨٢-٨٢ ألف سنة من الآن وأن عضو جرف الدراويش أقدم من ذلك. وبما أن عدة سطوح انقطاع موجودة في عضو جرف الدراويش فمن الصعب التحدث عن عمر له. غير أن المومني يرى أنه ربما يصل إلى ٢٥٠ ألف سنة كبدائية له. وعلى أي حال فإن بحيرات الحسا وجرف الدراويش والجهيرة كانت عذبة ولا بد أنها وجدت في عصر مطير ربما المرحلة ٥ من مراحل البلايستوسين النظائرية. وهذا يضعها في مقابل بحيرة السمرة في غور الأردن (وليس بحيرة اللسان-دامية كما ذكر المومني لأن عمر بحيرة اللسان لا يزيد عن ٧٠ ألف سنة) وجزئيا بحيرة المدورة في جنوب الأردن.

٤,١,٦,٤ جبل البتراء - معان

جبل البتراء هو المنطقة المرتفعة (١٦٥٠ م) التي تقع شرق رأس النقب. وهو غير منطقة البتراء المدينة الأثرية المشهورة. ولا هو جبل البترا الذي يقع على بعد قرابة ١٠ كم جنوب جرف بطن الغول على يسار المسافر إلى المدورة.

المعلومات التالية كتبها الجيولوجي خالد المومني من سلطة المصادر الطبيعية. وهي جزء من عمله في مسح هذه المنطقة جيولوجيا (خالد المومني ٢٠٠٠ أ تحت الطبع).

"يتكشف في خمسة مواقع في منطقة جبل البتراء رسوبيات بحيرات من البليستوسين المتأخر. سمكها الأقصى ١٠ م. يتكون جزؤها الأسفل غالبا بالفتاتيات الخشنة جيدة التماسك ورديئة الفرز. يعلوها تعاقب من الغرين الطيني رمادي إلى أخضر اللون والمارل مع أنواع مختلفة من الكالكريت (كاليش). يظهر الكالكريت على شكل نسيج منشوري. كما يوجد كالكريت كتلي وعقيدي وراهصي. ويمكن متابعة التغيرات الرأسية والأفقية في هذه الرسوبيات بوضوح. ويمكن أن تؤخذ رسوبيات المارل والغرين الطيني واسعة الانتشار على أنها رسوبيات فترات مناخية رطبة أدت إلى وجود بحيرات ضحلة. أما رسوبيات الكالكريت فتدل على فترات مناخية جافة."

"توجد مثل هذه الرسوبيات البحرية أيضا في عدد من المواقع في منطقة معان. ويبدو أن ٩٠ % من مدينة معان قد بني فوق هذه الرسوبيات البحرية (د. خالد الطراونة بالاتصال المباشر). ثم إن رسوبيات بحيرية متباعدة تتكشف إلى الغرب والجنوب الغربي من مدينة معان. يصل سمك هذه الرسوبيات البحرية في منطقة معان إلى ١٥ م. وهي لا تختلف في محتواها الصخري عن الرسوبيات البحرية في وادي الحسا وجرف الدراويش (تكوين وادي الحسا أعلاه). وهي تشبه رسوبيات البحيرات التي وصفناها في جبل البتراء في الفقرة السابقة."

"تشبه هذه الرسوبيات ما وصفناه سابقا في جرف الدراويش ووادي الحسا (المومني ١٩٩٦، ١٩٩٧، ٢٠٠٠ ب). ويبدو أن لها العمر ذاته وأنها تشكلت تحت الظروف المناخية ذاتها الرطبة والجافة. الاختلاف هو في حجم الأحواض التي تشكلت فيها البحيرات." هذه الرسوبيات وغيرها كثيرة في الأردن وتحتاج إلى مزيد من الجهد لتحديد عمرها وبالتالي ربطها بالتغيرات المناخية بشكل أو ثقل

٢,٦,٤ شرق الأردن

١,٢,٦,٤ منطقة الأزرق

الرسوبيات التي تعلو تكويني الرجام والشلالة البحريين التابعين لعصر الإيوسين غير مدروسة جيدا. فصورتها الطباقية غير واضحة. نضيف إلى ذلك تعدد التسميات وتضاربها. هذه المنطقة تستحق مزيدا من العناية. فقد حفر فيها العديد من آبار البترول الجافة وآبار المياه المنتجة. ثم إن بها الكثير من الثروات المعدنية. ومع ذلك ففهمنا لتطور حوض الأزرق بعد الإيوسين (أي منذ قرابة ٤٠ مليون سنة) لا يعدو أن يكون هامشيا. قلنا سابقا أن منطقة الأزرق كانت حوضا في الباليوزوي. وقد انتهت هذه المرحلة بالحركة الهرسينية في أواسط العصر الكربوني تقريبا. ولم تعد منطقة الأزرق حوضا إلا في العصر التوروني من الكريتاسي الأعلى. فجمعت رسوبيات سميكة جدا في أعلى الكريتاسي والثلاثي. وبقيت كذلك حتى الآن. فهي منطقة ترسيب ولا شك. ومن ثم فإنها مهمة جدا لفهم ما جرى بعد الإيوسين وخاصة العصر الرباعي والتغيرات المناخية التي حدثت فيه باعتبار المنطقة انتقالية بين الجزيرة العربية والصحراء الكبرى. على أي حال أذكر فيما يلي الصورة الطباقية المعروفة الآن.

١. تكوين الأزرق Azraq Formation

وصف بندر (١٩٧٤) هذا التتابع في فيضة الساحكية في منطقة العمري على الحدود السعودية في الشرق وأعطاه سمك ٥٥ م. لكنه لم يسمه. وقد سميت "تكوين السمرة" في آبار البترول التي حفرت في حقل حمزة في الثمانينات. وأعطيت عمر بلايستوسين وحدد سمكها ١٢٠ م. التسمية غير صحيحة لأنها استعملت لتكوين السمرة في غور الأردن قبل ذلك. وقد سماها باركر (١٩٧٠) تكوين الأزرق ثم تبعه في ذلك العاملون في المسح الجيولوجي في سلطة المصادر (Ibrahim 1996).

يتكشف التكوين في مناطق عديدة في منطقة الأزرق وبدايات وادي السرحان الشمالية الشرقية. قد يكون المقطع الأفضل هو مقطع فيضة الساحكية الذي وصفه بندر (١٩٧٤) وإبراهيم (١٩٩٦) في الموقع ذاته. وهو كما يلي من الأسفل:

- بداية التكوين غير متكشفة. يبدأ الجزء المتكشف بالرواهص المكونة من حصى الكوارتز جيد الاستدارة. هذا المستوى غير معروف السمك.
- يعلو الرواهص ٢٠ م من الصخور الطينية الرملية مع المارل وطبقات جبس رقيقة.
- ثم ٢٠ م أخرى حجر رملي أبيض جبسي وبه بعض الحصى مكون للجروف.
- يعلو الحجر الرملي ١٠ م من الحجر الجيري الكتيم رقيق الطبقات.
- وأخيرا يتوج التكوين ٥ م مكونة أساسا من أصداف Cardium من المحاريات بها التطبق المتقاطع. وهي متصلبة بيضاء. غير أنها تتداخل جانبيا مع الرواهص والحصاء الخشنة وتتداخل محليا مع البازلت. هذا الموقع يقع على يسار المسافر إلى السعودية قرب مخفر العمري.

وقد وصف إبراهيم (١٩٩٦) عدة مواقع في المنطقة يتكشف فيها التكوين يربطها جميعها وجود الرواهص والمادة الجبسية التي تربطها أو تربط المواد التي تحتها أو فوقها. ومنها جبل عويند غربي أزرق الشيشان. والتكوين هنا مكون من الرواهص يعلوه طين جبسي وجبس طبقي. غير أن أهم مظهر هنا وجود تكوين المدحلة البازلتي Madhala Formation فوقه. ومنها وادي راجل ووادي الشومري وشمال قاع العمري. أما في جنوب قاع الشومري فتوجد الرواهص فحجر جيرى مكريتي فالمارل الجبسي فالحجر الجيري الحامل لأصداف البطنقيات. ثم وصفه قرب عين البيضاء شرقي أزرق الدروز. وفي شمال غرب عين السيل فوق الحرة ذكر وجود ١,٥ م من أصاف الكارديوم يعلوها طين أحمر جبسي. ثم ذكر وصفا غير مفيد للتكوين في آبار التنقيب عن البنتونيت أهم ما فيها وجود البازلت والطفة في ثلاثة آبار في منطقة البيضاء. وتحدث عن ٢٤-٣٠ م من الطين الغريني والجبسي الحامل للدياتوم. ويضيف أن السمك المتكشف من التكوين هو جزء من السمك الأصلي الذي يصل إلى ٨٠ م مأخوذاً من آبار التنقيب عن البنتونيت. يساورني شك في أن جميع هذه التكتشفات متزامنة. فليست الرواهص أو الجبس أو طبقة الكارديوم تعتبر دليلاً على تزامنها. لقد أشار بندر (١٩٧٤) في رده على فتزل ومورتون (١٩٥٩) أن وجود مستحاثات *Cardium edule paludosa* لا يدل على ترسيب بحري من عمر الثلاثي الأعلى لأن هذه المستحاثات مازالت تعيش حتى الآن في بحيرة قارون بمصر. أما الجبس فيمكن ترسيبه في فترات المناخ الجاف. ومن ثم نحتاج إلى تحديد أعمار هذه التكتشفات للتأكد من تزامنها.

على أي حال هذا ما نعلمه الآن. حد التكوين السفلي هو سطح عدم التوافق مع التكاوين البحرية الأقدم. أما حده العلوي فالحث الذي يعتريه باستمرار. ويبدو أن التكوين قد ترسب في بحيرة مغلقة تغيرت ملوحتها تبعاً للمناخ.

وقد وضع إبراهيم عمر التكوين بناء على وجود البازلت التابع لمجموعتي الأصفر والصفراوي ووجود أدوات حجرية آشولية وموسستيرية إلى أنه يمتد من الميوسين الأعلى وحتى البلايستوسين الأعلى. هذه فترة طويلة. وهذا يزيد شكوكي في تحديد التكوين.

٢. حصباء الأودية Gravels

توجد هذه الرسوبيات على شكل مساطب من الحصباء بسمك يصل إلى ١٥ م على أطراف الأزرق من الغرب والجنوب الغربي والشرق. ويبدو أنها رسوبيات الأودية القديمة ومراوحها الركامية عندما كانت بحيرة الأزرق تغمر منطقة كبيرة نسبياً. ويبدو أنها من عمر البلايستوسين.

٣. غرين الدشة Dashsha silt

أو كثنان الغرين. توجد على أطراف قاع الجفر. قد يصل سمكها إلى ٦ م وهي مكونة من الغرين المترابط بالجبس مشبهة بذلك الجبريت gypcrete. وهي موجودة على شكل تلال ترتفع عما يجاورها وفي كثير من الأحيان توجد نباتات البيئة المالحة مثل *Nitraria retusa* و *Tamarix passerionoides* في وسط الكثيب. هذه الكثنان تسمى نبخة Nabkha. مثل هذه النباتات تعيش الآن على أطراف سبخة طابا مثلاً في جنوب وادي عربة (عابد ١٩٩٦). وفي الحالتين الأزرق وطابا توجد على شكل نبخات. ويبدو أن سبب وجودها مرتفعة عما سواها هو وجود النباتات في وسطها وعملية التضرية deflation بالرياح لما يجاورها. وبكلام آخر فقد عملت التضرية الريحية لخفض قاع الجفر بضعة أمتار وتحويله إلى سبخة عارية من النباتات لأنها أصبحت قريبة جداً من سطح المياه الجوفية المالحة جداً (٢-١ م). هذه التلال موجودة على أطراف السبخة المالحة جداً حيث الملوحة أقل من ذلك وتسمح بعيش هذه النباتات. وفي سبخة طابا كانت ملوحة المياه الجوفية تحت

هذه النباتات ١٥٠٠٠ ملغم/لتر أو ١٥ % (عابد ١٩٩٦). ويبدو أن عمر غرين الدشة هو أيضا من البلايستوسين.

٤. أعمال الآثاريين

قام عدد كبير من علماء الآثار بدراسات كثيرة في منطقة الأزرق ومنذ زمن بعيد. خلاصة الموضوع مما له علاقة بجيولوجية العصر الرباعي وكما فهمته قد لخصت في المرجعين التاليين (Copeland and Hours 1988; Garrard et al., 1988). ولمن أراد المزيد فليعد إلى المراجع الموجودة في هذين العملين.

كانت مواقع هذه الدراسات وغيرها المساطب القديمة التي تدرس مباشرة أو بحفر بضعة أمتار قليلة. وفي أمثلة أخرى جرى الحفر في قاع الأزرق أيضا بضعة أمتار. ومن ثم فهذه الأعمال وأمثالها تعنى بالأجزاء غير القديمة من البلايستوسين.

ففي وادي الرتم الذي يصب بين الأزرقين وفي رواهص المساطب النهرية القديمة وجدت أدوات حجرية متنوعة تعود إلى الحضارة الأشولية المتأخرة من العصر الحجري القديم الأسفل أي يصل عمرها إلى ٤٥٠ ألف سنة. وأدوات حجرية في مساطب تعلوها من العصر الحجري القديم الأوسط أي ٧٥-٣٠ ألف سنة. ومن الأدوات الحجرية cores, flakes, blades, biface, bifacial cleavers, picks وغيرها. ويبدو أن وضعا مشابها يوجد في وادي الجنب وما جاوره من أودية شرق وشمال شرق قصر الخرانة. مما يدل في رأي الباحثين على أن المنطقة كانت أكثر نباتات من الوقت الحاضر مما ساعد الإنسان الصياد على العيش بعيدا عن قاع الأزرق. كذلك وجدت أدوات الحضارة الأشولية المتأخرة في وادي البطم.

وفي وادي الجيلات وهو رافد لوادي الضبع ٢٠ كم تقريبا جنوب قصر الخرانة حدد قراراد وآخرون (١٩٨٨) خمس مصاطب نهرية. وقد حدد عمر المسطبة الثالثة أو الوسطى بالكربون المشع 21150 ± 400 سنة قبل الآن. وهو أقدم عمر حصل عليه. ولا شك أن المسطبتين الأولى والثانية أقدم من ذلك. أما أحدث عينة قدر عمرها فكانت 7430 ± 100 سنة قبل الآن أي من العصر النيوليثي. وقد وجدوا عظام كثير من الحيوانات التي عاشت في المنطقة وسجلوا وجود طبقة الأصداف في الوادي. وأن المناخ كان يتناوب بين الرطب والجاف.

وفي وادي العويند وعلى بعد ٥٠٠ م جنوب غرب قصر عويند الروماني كما يقول قراراد كان العمر السائد ١٩٨٠٠-١٨٤٠٠ سنة قبل الآن. وقد سجلوا أيضا أسماء بعض الحيوانات التي وجدت عظامها مثل الحصان والغزال وغيرها.

ثم حفر قراراد والعاملون معه حفرتين بعمق ٥ م في منطقة النباتات المحيطة بقاع الأزرق مباشرة قرب جدار الأسلاك الشائكة التي وضعته جمعية حماية الطبيعة حول برك الأزرق. ولم يتحدث عن رسوبيات بحيرة عذبة قديمة إلا في أدنى ١,٥ م من الحفرتين مع الدياتوم. ثم حفرت حفرة أخرى إلى الجنوب الشرقي من أزرق الشيشان قرابة ١٠ كم قرب ما سمي نبع C. فكان التتابع التالي من الأعلى:

■ ٩,٥-٠ م غرين ريحي تشبه الرسوبيات الريحية الحالية وجد بها أدوات النيوليثي B ما قبل عصر الفخار Pre-Pottery. عمر هذه الفترة في وادي الجيلات بالكربون المشع كان ٨٥٢٠-٨٨١٠ سن قبل الآن. وقد استنتج أن مناخ الأزرق كان جافا في هذه الفترة.

■ ٤,٠-١ م غرين وطين مخضر مع أدوات من عصر Epi-Paleolithic توضع في بيئة مستنقعات مالحة marsh حتى ١٣ ألف سنة.

- ٢م تقريبا وجد بها سطح عدم توافق يعلوه طبقة رقيقة من الرمل مما قد يشير إلى فترة زمنية طويلة غير موجودة.
- ١,٠٠,٨ م طين وغرين مخضر ترسب في بيئة المستنقعات مالحة marsh.
- ١,٠ م غرين رمادي أزرق توضع في بيئة المستنقعات المالحة مع أدوات حجرية من الحضارة الأشولية المتطورة evolved Acheulean.
- ٢٠ سم غرين أصفر غنية جدا بالأدوات الحجرية bifacial and flakes التي قد تكون الحضارة الأشولية المتأخرة ويمكن أن يصل عمرها إلى ٢٣٠ ألف سنة قبل الآن.
- ثم طبقة من الرسوبيات النهرية التي لم يحدد سمكها بسبب كثرة المياه في الحفرة.
- على أي حال فإن غرارد والعاملون معه قد استنتج أن الرسوبيات الموصوفة أعلاه لا تحتاج مناخا شديد الاختلاف عن مناخنا. وأنه لا يوجد دليل على وجود بحيرة ضخمة ضمن هذه الفترة. إن وجود سطح عدم توافق قد يشير إلى رسوبيات ضائعة تمثل بحيرة قديمة كبيرة. هذا الموضوع يحتاج إلى المزيد من الدراسة.
- وفي موقع بين كثنان الغرين التي وصفناها سابقا وجدت أدوات حجرية مذرّاة deflated من عصر Epi-Paleolithic من الحضارة النطوفية. وهي متجانسة على طول المقطع. ولم يعرف ما إذا كانت متزامنة مع الكثنان. أو أن الإنسان استوطن المكان بعد تشكل الكثنان.
- من كل ما تقدم يبدو واضحا أن الإنسان قد عاش في منطقة الأزرق منذ العصر الحجر القديم الأسفل. وأن المنطقة قد مرت في مناخات أكثر رطوبة ومناخات مشابهة لما نحن عليه اليوم. غير أن توقيت تشكل البحيرات في الأزرق يحتاج إلى تأريخ للرسوبيات الحاملة لما يدل على ذلك من مثل طبقة الأصداف الموجودة في قمة تكوين الأزرق.

٣,٦,٤ شمال الأردن

١,٣,٦,٤ سيل الزرقاء

المعلومات المتوفرة هنا مأخوذة من أعمال فريق فرنسي من الآثاريين اللذين عملوا في المنطقة في الثمانينات من القرن العشرين (Copeland and Hours 1988; Besancon et al., 1984; و Besancon and Hours 1983). المنطقة تقع بين خربة السمرة شمالا ثم الهاشمية فالسحنة فالبيرة إلى الجنوب الغربي فالغرب. هذه المواقع موضحة في شكل ١٤,٤. وتقع على سيل الزرقاء والأودية الرافدة له مثل وادي الضليل. البازلت موجود هنا في ٤ انسيابات واضحة مفصولة عن بعضها. يتراوح عمرها حتى ٢,٩ مليون سنة. فهي أقدم من البلايستوسين. ومن ثم فعمليات التأريخ مرتكزة أساسا على الأدوات الحجرية. وقد حدد العاملون ثلاثة تكاوين جديدة في هذه المنطقة. أنظر شكل ١٤,٤ لتوضيح أماكنها وجدول ١,٤ لتحديد أعمارها والحضارات الحجرية التابعة لها. وهي من الأقدم:

١. تكوين دوقرة Dauqara Formation

وهو مكون من الرواهص الصلبة من جلاميد الحجر الجيري في أرضية حمرة اللون وترتفع فوق مجرى سيل الزرقاء الحالي ٥٠-٧٠ م. وهي أعلى المساطب النهرية في المنطقة أي أقدمها وتقع فوق الانسياب البازلتي الرابع. وجد بها القليل من الأدوات الحجرية من الحضارة الأشولية المتوسطة. يبدو أن عمرها يمتد من أعلى البليوسين وحتى البلايستوسين الأسفل. وقد وضع عمرها الأدنى عند حوالي ٦٠٠ ألف سنة قبل الآن (Besancon et al., 1984; Baubron et al., 1985).

٢. تكوين البيرة Bire Formation

يبدأ ظهور التكوين على شكل مساطب نهريّة من خربة السمرة شرقاً. غير أنها تصبح أكثر وضوحاً إلى الغرب حيث توجد تحت تكوين دوقرة. وهو مكون من حصي وجماميد من البازلت المجوّ والصوان والحجر الجيري في أرضية سوداء طينية غرينية. وقد وجد في التكوين أدوات حجرية من الحضارة الآشورية المتأخرة. وبناء على هذه الأدوات أعطيت عمر بلايستوسين أوسط وحتى ٢٠٠ ألف سنة.

٣. تكوين خربة السمرة Khirbet Samra Formation

نسبة إلى خربة السمرة التي بها محطة التنقية المشهورة قرب الهاشمية. لا تخط هذا التكوين بتكوين السمرة في غور الأردن. لقد أبقينا كلمة "خربة" للتمييز بينهما. يبدو أنها مكونة من ركاميات السفوح أكثر من كونها نهريّة. وهو يشكل مسطبة منخفضة قرب مجرى سيل الزرقاء غير متصلبة. وهي تحوي أدوات حجرية من العصر الحجري القديم مختلطة. وجعلها الباحثون ممثلة لحضارة Late-Early Levalloiso-Mousterian. ثم إن موقع الرسوبيات فوق رسوبيات الهلوسين (تكوين السخنة) يدل على أنها أحدث من تكوين البيرة. وقد أعطيت عمر العصر الحجري القديم الأوسط تقريباً بين ٧٥-١٠ آلاف سنة قبل الآن. مما يجعل هذا التكوين ممثلاً لآخر العصور الجليدية قبل أن يبدأ الهلوسين. وهي بهذا تعادل تكويني اللسان ودامية في غور الأردن.

٤. تكوين السخنة Sukhne Formation

نسبة إلى بلدة السخنة على مجرى سيل الزرقاء. وعلى الرغم من أن هذا التكوين من عصر الهلوسين فإننا سنصفه هنا تكمة لهذا الموقع وليبقى السياق واضحاً. يتكون من مسطبة أدنى من مسطبة تكوين خربة السمرة. وهي غير متصلبة. وعلى الرغم من أنها تشبه رسوبيات خربة السمرة إلا أنها تحوي أدوات حجرية أحدث تابعة لما يسمى Epi-paleolithic وفخاريات من العصر البرونزي أي أحدث من ١٠ آلاف سنة.

٤, ٣, ٢, ٤ عجلون-الكورة-اليرموك

١. تكوين ارخيم Irkheim Formation

سميت بهذا الاسم نسبة إلى خربة ارخيم الواقعة شمال غرب دير أبو سعيد أو شرقي سد زقلاب. قد يكون أفضل تكشف للتكوين موجوداً في النهاية العليا الشمالية والشمالية الشرقية لوادي زقلاب أي شمل غرب غربي دير أبو سعيد. غير أنه موجود في قمة وادي زقلاب الجنوبية أيضاً. ويبدو أنه موجود شمالاً حتى طريق أربد-الشونة الشمالية.

سمك التكوين متغير بين ١٠-٤٠ م (شكل ١٥, ٤) تبعاً للمنخفض الذي ترسب فيه أو لمقدار الحث الذي أصاب قمته. إذ لا يعلوه إلا الكالكريت والتربة. وهو مكون من الحجر الجيري الرقائقي أو متوسط السمك الحامل لسيقان نبات chara والحجر الجيري الستروماتوليتي والحجر الجيري الكتلي الأونكوليتي oncolite والحجر الجيري الفقاعي والطين المارلي والترافرتين والكالكرت. يوجد المستوى المارلي بين مستويين من الحجر الجيري.

يحده من الأسفل سطح عدم توافق حتي واضح مع التكاوين البحرية الأقدم. وفي الأعلى التربة والكالكرت. يوجد في التكوين الطحالب والبطنقدميات والكارا وغيرها. ويبدو أنه جزئياً على الأقل ناتج عن ترسيب بحيري عذب. إن وجود سيقان كبيرة من النباتات في هذا التكوين يدل على بيئة مائية عذبة بحيرية غير عميقة. أما عمر التكوين فغير معروف. إلا أن مكانه المرتفع في مستوى بلدة دير أبو سعيد قد يضعه في البلايستوسين الأسفل.

٢. بحيرة اليرموك

وصف رسوبيات هذه البحيرة باسم خليل (اتصال شخصي). تتكشف رسوبيات البحيرة في غربي نهر اليرموك. وتوجد تكشفتها في الأردن وسوريا وفلسطين. قد يكون أفضل تكشف لها موجودا هو ذلك الذي غرب بلدة عقربة. سمك الجزء الباقي من هذه الرسوبيات هو ٧ م. وهي مكونة من الحجر الرملي مع بقايا نباتات (٢,٥ م) ثم الحجر الجيري الرقائقي (١ م) ثم الحجر الجيري المستحاثي المتعاقب مع الحجر الجيري الراهصي ثم الحجر الجيري الطباشيري فالبحر الجيري الطيني. ويبدو أنها بقايا رسوبيات بحيرة متغيرة العمق تبعا للمناخ. أما عمرها فغير معروف. إلا أن موقعها المتدني في أسفل نهر اليرموك قد يشير إلى عمر بلايستوسين أوسط أي مقارنا بتكوين نهاريم عند مصب نهر اليرموك في نهر الأردن.

٣. رواهص شتافينا

يوجد تكشف من الرواهص شمال غرب بلدة شتافينا على الطريق الرئيسي إلى لواء الكورة وعلى الكتف الشمالي لوادي اليباس. ويوجد تكشف آخر غير بعيد من ذلك الموقع ولكنه هنا قد أصاب الرواهص الطي والتشويه. وفي كلا الموقعين فالرواهص مكونة من فئات الحجر الجيري والصوان متفاوتة الحجم. الموقع المرتفع لهذه الرواهص والتشويه يجعلهما قديمتين نسبيا.. وقد تكونان من البلايستوسين الأسفل.

٤,٦,٤ وادي عربية-البحر الميت

كانت هذه المنطقة نشطة تكتونيا في البلايستوسين ومازال الت. ومن ثم فليس غريبا أن يوجد قدر كبير من الرواهص النهرية أو النهرية البحرية في هذه المنطقة. غير أن الأمثلة المدروسة المعروفة محدودة. ومن ذلك:

٤,٦,٤,١ غرنندل وادي عربية

تقع هذه المنطقة على بعد ٦٥-٨٥ كم شمال العقبة. وفيها رسوبيات من البلايستوسين. وقد ذكر بندر (١٩٧٤) جزءا منها دون تفصيل. ثم درسها بشكل أفضل باسم خليل (١٩٩٣) وقسم هذه الرسوبيات إلى ما يلي من الأقدم:

١. رسوبيات بحيرة غرنندل

سماها خليل (١٩٩٣) "تكوين اللسان" بسبب تشابه هذه الرسوبيات مع رسوبيات اللسان. غير أنه يعلم أنها ترسبت من بحيرة أخرى غير بحيرة اللسان. ومن ثم فإنني لا أوافق في ما ذهب إليه في التسمية لأن ذلك يعني امتداد بحيرة اللسان إلى ذلك المكان البعيد جنوبا. وهو غير صحيح. ومن ثم وضعتها هنا تحت اسم رسوبيات بحيرة غرنندل. تتكشف هذه الرسوبيات على جانبي وادي غرنندل وفي مناطق أخرى إلى الجنوب الشرقي. وقد وجدها خليل في وادي غرنندل تساوي ٢٠ م بينما وضع بندر سمكها ٤٠ م على بعد ٣ كم نحو الجنوب الشرقي. وهي مكونة من الحجر الرملي الأصفر الناعم والتخريجات الرقائقية التي تحوي بعض رقائق الفحم ثم الصخور الطينية والرواهص الحصوية في الجزء السفلي منها يعلوها المارل الأخضر الرمادي الحوي على رقائق الجبس وجذور النباتات والمارل الرملي الرمادي الأبيض.

حدها السفلي سطح عدم توافق زاوي مع التكاوين الأقدم منها أما حده الأعلى فهو سطح الحت الحالي. وقد وضع بندر عمرها في البلايستوسين دون تحديد لجزء منه. ويرى خليل أنها قد تكون من البلايستوسين الأوسط-الأعلى. لاحظ أنها أقدم كثيرا من بحيرة اللسان. واضح من الرسوبيات أنها قد ترسبت في بحيرة قديمة. ويبدو أن عزل موقع البحيرة عن وادي عربية قد يكون تكتونيا مما أدى إلى تجمع المياه وتشكيل البحيرة. ولولا ذلك لكانت الرسوبيات نهريّة كما هو الحال في كثير من المواقع على طول وادي عربية.

٢. حصباء الريشة Risha Gravels

الريشة هذه هي بلدة تقع على بعد ٨٠ كم تقريبا شمال العقبة في وادي عربية. وهي ليست الريشة التي على حدود العراق. يمر من وسط هذه البلدة صدع وادي عربية المشهور. وهو جزء من صدع البحر الميت التحويلي. وإليه يعزى كشف قرابة ٨٠ م من هذه الحصباء غير المتماسكة جيدا. ويمكن أن يرى ذلك مباشرة شمال بلدة الريشة على شكل تل يمتد شمالا-جنوبا مع أثر الصدع fault scarp. هذا التكشف مكون من تعاقب طبقات من الحصباء سمك الواحد منها قرابة المتر مع الحجر الرملي العدسي ذي سمك في حدود ٥٠ سم. طبقات الحصباء يكبر حجم حباتها نحو الأعلى. والحبات مشتقة من صخور ما قبل الكامبري النارية مع الحجر الجيري والحجر الرملي. يوجد تطبق متقطع مستو وسطوح حت وبعض طبقات الطين. وقد وضع خليل عمرها من البلايستوسين الأسفل-الأوسط. وهي رسوبيات نهريّة متشعبة.

٣. حصباء الأودية

توجد في الغالب على شكل مساطب مرتفعة نسبيا على جوانب الأودية كوادي رابية ووادي قصيب ووادي غرنل. يتراوح سمكها بين ١٠-٢٠ م. وهي مكونة من رواص سيئة الفرز وغير متصلبة. المادة الرابطة مكونة من الحجر الرملي بني اللون. ويبدو أنها من عمر البلايستوسين ومن ترسيب أودية قديمة.

٢,٤,٦,٤ منطقة فدان أو قريقة

١. رسوبيات بحيرة فدان

ذكر بندر وجود ١٥-٢٠ م من الصخور الطينية والمارل والحجر الرملي والرواوص جنوب منطقة فدان التي يوجد فيها الآن بلدة تسمى قريقة. وقد ذكر بندر أن بها المستحاثات التالية:

Bulimus sp., Melanopsis ex.gr. bucoinoidea, OLIVER, charophyte stems ostracod fragments. وهي مستحاثات بحيرية.

ثم وصفها إبراهيم أبو رباح (Rabba' 1994) واعتبرها تكشفا من تكشفات تكوين اللسان. ولم يذكر بندر ذلك. وهي ليست كذلك. لأن من الصعب تصور وصول بحيرة اللسان إلى هذا المكان البعيد جنوبا ولأن المكان أعلى من أعلى ارتفاع وصل إليه سطح بحيرة اللسان. فبلدة القريقة تقع على ارتفاع ١٢٠ م فوق سطح البحر. بينما وصل أعلى ارتفاع لمستوى سطح لبحيرة اللسان - ١٨٠ م تحت سطح البحر. فهي بحيرة مستقلة وجدت في منطقة فدان. والأفضل أن نسميها بحيرة فدان. ولو سمي هذه الرسوبيات تكوين فدان لكان أفضل وأصح. على أي حال لقد قاس أبو رباح ٢٠ م كسمك لهذه الرسوبيات مكونة أساسا من المارل مع تبخريات ثانوية المنشأ. مما يدل على أن البحيرة كانت عذبة. أما عمرها فيبدو أنها من البلايستوسين دون تحديد.

٢. رواص نهريّة

تغطي المنطقة الواقعة شرقي القريقرة وعلى جانبي وادي فدان رواهص أو حصباء ليست جيدة الفرز ولا هي جيدة التماسك سمكها قرابة ١٢ م. يوجد بها أحيانا بعض الرمل. ويبدو أنها أقدم من رسوبيات بحيرة فدان أعلاه لأنها تقع تحتها. وهي رسوبيات أودية من البلايستوسين.

٣,٤,٥,٤ مناطق أخرى

توجد رواهص نهرية من البلايستوسين في منطقة حمرة ماعين يصل سمكها إلى ٢٠ م. كذلك توجد مثل هذه الرسوبيات مغطية مناطق كبيرة في منطقة الشوبك حتى جبل عنيزة البركاني. يصل سمكها إلى ٥٠ م في محجر الدوسق جنوب طريق نجل-عنيزة الرئيسي (Barjous 1992). وهي مكونة من الحصى والجلاميد من الحجر الجيري والصوان والبازلت والفوسفات في بعض المواقع. بها التطبيق المتقاطع القاعي وحباتها تصغر نحو الأعلى. ويبدو أنها رسوبيات أودية متشعبة (برجوس ١٩٩٢).

7.4 رسوبيات الهلوسين

يشمل عصر الهلوسين الرسوبيات التي توضع منذ ١٠٠٠٠ سنة وحتى يومنا هذا. فهي تمثل آخر التوضعات أو أحدثها في السلم الجيولوجي. رسوبيات هذه الفترة جميعها تقريبا قارية مثل البلايستوسين بسبب عدم وجود مناطق بحرية ضمن البلاد الأردنية. للأردن قرابة ٢٠ كم من شاطئ خليج العقبة. على أي حال فإنني على يقين من أن كثيرا من الرسوبيات التي توضع ضمن هذا العصر هي أقدم قليلا من ذلك بحيث يمكن أن تكون من البلايستوسين الأعلى. وسبب ذلك عدم وجود تأريخ فعلي لهذه الرسوبيات. بقي أن نذكر أن الحديث هنا عام جدا كما ستري. ولم توضع هذه الرسوبيات في وحدات صخرية أو تكاوين يسهل الرجوع إليها.

١. السهول الفيضية للأنهار والأودية الكبيرة Flood plains

قد تكون الرسوبيات الفيضية لنهر الأردن هي المثال الأفضل. فالمنطقة المنخفضة على جانبي نهر الأردن التي يفيض فيها النهر في الشتاء تسمى محليا الزور Zor. الرسوبيات هنا يصل سمكها ٨-٦ م على شكل مساطب نهرية مكونة من الغرين والطين البنية اللون وأحيانا الرملية والتربة السوداء بسبب كثرة المادة العضوية. نادرا ما توجد الحصباء إلا في المناطق التي يلتقي فيها نهر الأردن مع روافده. ممال gradient النهر قليل مسببا عدم قدرته على حمل الحصباء. كذلك فإن الصخور المتكشفة على جانبيه هي تكشفات تكويني اللسان ودامية اللذين لا يحويان صخورا صلبة. هذه الرسوبيات هي فعليا من الهلوسين لأنها أحدث من تكوين دامية الذي انتهى قبل حوالي ١٢ ألف سنة.

غير أن الأنهار والأودية الكبيرة الأخرى كاليرموك والزرقاء والموجب والحسا وغبرها تحوي مساطب حديثة لكنها خشنة جدا (حصباء) إذا ما قورنت برسوبيات نهر الأردن الفيضية. والسبب هو ارتفاع زاوية ممال هذه الأودية التي تخترق الجبال الغربية لتصب إما في نهر الأردن أو البحر الميت أو وادي عربة. هذه الجبال في ارتفاع مستمر ومنطقة صدع البحر الميت التحويلي في انخفاض مستمر. ومن ثم سيبقى ممال هذه الأودية مرتفعا. وقد كان كذلك في البلايستوسين أيضا.

ويمكن أن نضيف إلى ذلك أيضا رسوبيات الأودية الصحراوية التي ترفد القيعان الداخلية أو الصحراوية.

٢. وليس بعيدا من ذلك المراوح الركامية للأودية **Alluvial fans**. وأجملها ما هو موجود عند مصاب الأودية الكبيرة والصغيرة في وادي عربة والبحر الميت وغور الأردن (صورة). والعلاقة طردية بين كبر المروحة الركامية وكبر الوادي (طوله وعرضه). فبعض المراوح لا يزيد طولها عن بضعة عشرات الأمتار وبعضها يتراوح طولها بين ١-٣ كم. والحقيقة أن منظرها ممتع خاصة في الثمانين كيلومتر الجنوبية من وادي عربة على يسار المسافرين جنوبا. تقسم المروحة عادة إلى قسمين: الجزء القريب proximal من مصب الوادي الفرعي في وادي عربة مثلا. يتكون هذا الجزء من الحصباء الخشنة التي قد يصل قطر حباتها عدة أمتار تبعا لكبر الوادي. يصغر حجم الحصباء بعيدا عن فم الوادي الفرعي. ثم يأتي الجزء البعيد distal الذي يتكون في الغالب من الحبيبات وأكثر من ذلك الرمل والغرين وربما الطين في أقصى الأماكن بعدا عن فم الوادي الفرعي. والسبب واضح. يجدر القول أن هذه المراوح تكون عادة حاملة للماء الذي لا يكون بعيدا في جوف الأرض. وهذا يفسر وجود أعداد أكبر كثيرا من الأشجار الشوكية مثل الطلح على هذه المراوح تشكل شبه غابة صغيرة مثل المنطقة الواقعة شرقي سبخة طابا على بعد ٣٥ كم شمال العقبة. وهو يفسر أيضا حفر آبار المياه في المراوح مثل آبار رحمة (ضربة) على بعد ٤٠ كم تقريبا شمال العقبة التي لا تزيد ملحوتها عن ٩٠٠ ملغم/لتر.

يصعب الحديث عن سمك المراوح وبالتالي عن امتدادها الزمني. غير أنني لا أشك في أنها أقدم من الهلوسين. فقد بدأت في التشكل عندما أصبحت طبوغرافية المنطقة بالشكل الذي نراه اليوم. وقد كانت كذلك منذ البلايستوسين الأوسط والأعلى على الأقل. فما الذي يمنعها من التوضع والتشكل؟ غير أن الترسيب ما زال مستمرا حتى الآن. نضيف إلى كل ذلك المراوح الركامية للأودية التي تصب في حوض الأزرق وقاع الجفر والقيعان الداخلية الكبيرة.

٣. ركاميات السفوح **talus or scree** والانزلاقات الأرضية. وهذه ناتجة عن أعمال الجاذبية بشكل عام. وقد كانت موجودة منذ البلايستوسين وما زالت مستمرة حتى اليوم.

٤. الكالكريت أو الكاليش أو الناري **calcrete** لمن لا يعرفها هي الرسوبيات الجيرية في التربة تحت السطحية. وتنتج من إذابة الكربونات من الحجر الجيري أو من التربة السطحية وترسيبه في المستوى B أو ما يعرف بالتربة تحت السطحية. لا يتشكل الكالكريت إذا كان معدل الأمطار أقل من ٢٥٠-٣٠٠ ملم في السنة. وبالتالي فهذه الرسوبيات موجودة بكثرة في غربي الأردن وشماله. في بض الأمثلة في عجلون يوجد قرابة ٤ م من هذه الرسوبيات وفي حوض البقعة قرابة ٣ م. ولما كان الكالكريت يترسب في التربة التي تكون في العادة مرتبطة بطبوغرافية المكان، فإن الكالكريت يكون عادة مطابقا لطبوغرافية المكان. فعلى السفوح مثلا يكون مائلا كميل السفح مما يمكن أن تراه في سفوح حوض البقعة. وقد وجدنا الكالكريت في المناطق الصحراوية التي تقل الأمطار فيها عن ٥٠ ملم في السنة. غير أن ذلك موجود فقط في مجاري الأودية الصحراوية. ثم إننا وصفنا وجود الكالكريت في تكوين وادي الحسا من البلايستوسين الأعلى في وادي الحسا وجرف الدراويش. ولا أشك أن جزءا مهما من الكالكريت في الأردن قد تشكل في البلايستوسين في الفترات التي كانت أكثر أمطارا.

٥. الترافرتين **travertine** الذي هو رسوبيات المياه الساخنة. وهو شائع في الأردن. ولا يكاد يخلو نبع ساخن من هذه الرسوبيات. والترافيرتين موجود منذ البلايستوسين الأسفل مثاله تكوين الشاغور سالف الذكر وما زال يترسب حتى الآن مثل حمامات زرقاء ماعين. الترافرتين الموجود جنوب مثلث العارضة متطبق. ويبدو أنه ترسب من مياه بحيرة مياهها

ساخنة مما يدل على أن المياه الساخنة قد حجزت وشكلت تجمعا مائيا رسب طبقات متعاقبة من الترافرتين. وهو مائل قليلا مما يدل على أنه أقدم من الهلوسين. وليس بعيدا من ذلك رسوبيات التوفا tuffaceous sediments الكثير المسامات الذي تستطيع أن تراه على ضفة اليرموك الأردنية في منطقة الحمة الأردنية.

٦. **الغطاء الصواني** لمساحات شاسعة جدا من وسط الأردن وشرقه. يبدو أن مصدر قطع الصوان هو رسوبيات تكويني الرجام والشلالة. وهو يغطي السطح بسمك قرابة نصف متر. ويبدو أن الصوان قد تركز بعد تذرية deflation ريحية للمادة الناعمة كالباشير والمارل وبقي الصوان. ولكن ما بال هذا السطح مستويا ؟ أو إن شئت كيف نفسر استواء سطح وسط الأردن وشرقه الحامل لهذا الصوان ؟ أكثر الآراء قبولا هو أن هذا السطح يمثل قاع الرف القاري لبحر التيثس. والمعروف أن الرفوف القارية الآن لا تميل إلا بجزء صغير من الدرجة.

٧. **الكثبان الرملية sand dunes** التي توجد في عدة مناطق مثل وادي عربة والقيوة شرقا وشمالا وبطن الغول-المدورة شرقا وغربا وفي مناطق محدودة في منطقة الرويشد والأزرق-الضاحكية. قد تكون المنطقة الواقعة بين غرندل وادي عربة (٦٥ كم شمال العقبة) وغرب رحمة-سبخة طابا (٤٠ كم شمال العقبة) أفضل مكان في الأردن ترى فيه أنواعا كثيرة من الكثبان الرملية البرخان والسيف والمستعرضة والنبخة وغيرها. فهذه المنطقة تمثل حقل كثبان جيد. مصدر الرمل هو صخور حلبة الباليوزوي على الجانب الشرقي لوادي عربة. وفي منطقة القيوة لون الرمل والكثبان أحمر لأنه مشتق من تكوين أم عشرين بينما لونها أبيض شمالا قرب الحميمة لأنه مشتق من تكوين الديسي. وهكذا في منطقة بطن الغول-المدورة.

٨. **رواسب القيعان:** القيعان جمع قاع Gaa' أو mud flat. وهي مناطق منخفضة نسبيا عما يجاورها بحيث يصبح نظام الصرف المحلي إليها. ويؤدي تجمع المياه فيها إلى ترسيب رقائق من الغرين أو الطين وأحيانا الرمل الناعم. في معظم الأحيان تخلو هذه الرقائق من التراكيب الرسوبية الأولية كالتطابق المتقاطع مثلا لأنها ترسبت من مياه غير متحركة إلى حد كبير. غير أن ذلك لا يعني عدم وجود رسوبيات ريحية مصاحبة للترسيب المائي. وتتميز القيعان بانبساط سطحها مع ميل خفيف جدا نحو مركز القاع يصعب قياسه بالبوصلية. القيعان عادة مغلقة بحيث تغذيها المياه ولا تخرج منها مثل قاع الجفر. غير أن كثيرا منها تحوي أودية لصرف مياهها إذا ارتفعت عن مستو معين في ذلك القاع مثل قاع الحفيرة في وسط الأردن. قد يكون مهما أن نذكر أن القاع ليس سبخة. والفرق بينهما أن السبخة مالحة لا تزرع ومياهها الجوفية مالحة أيضا. بقي أن نقول أنه على الرغم من أن القيعان في الأردن مازالت حتى الآن تتلقى رسوبياتها إلا أنها كانت موجودة أيضا منذ البلايستوسين أو حتى أقدم من ذلك. وقد تحدثنا عن رسوبيات البلايستوسين في قاع الجفر في عنوان سابق. ومن ثم فالقيعان أماكن ترسيب وليس حت وبالتالي فهي جيدة لدراسة المناخ القديم.

٩. **التربة soil** وهي تمثل الغطاء الأخير لكل شيء ترسب قبلها. وهي ليس موضوع هذا الكتاب. وبرغم ذلك نقول مثلا أنه عندما يوجد قرابة ١٠ م من التربة الحمراء terra rosa في منطقة الشدية التي يقل معدل الهطل السنوي فيها عن ٥٠ ملم فإن من غير الممكن أن نقبل أنها تشكلت في عصر الهلوسين. بل لا بد أنها نشأت في فترة مطيرة من البلايستوسين الأعلى.

المراجع

- عابد، عبدالقادر، ١٩٨٥. جيولوجيا البحر الميت. دار الأرقام. عمان.
- عابد ، عبدالقادر وصايل وشاحي، ١٩٩٩. جيولوجية فلسطين. مجموعة الهيدروlogيين الفلسطينيين. رام الله.
- Abed, A. M., 1983. Paleoclimates of the Jordan Rift in the uppermost Pleistocene. *Second International Congress on the Archeology of Jordan*, Ministry of Archeology, Amman, 2:
- Abed, A. M., 1985. Geology of the Damya Formation. *Dirasat*, 12: 99-108.
- Abed, A. M. and Helmdach, F. 1981. Biostratigraphy and mineralogy of the Lisan Series (Pleistocene) in the Jordan Valley. *Berlines. Geowiss. Abh. A.*, 23: 123-133.
- Abed, A. M., Carbonel, P., Collin-Girard, J., Fontugne, M., Petit-Maire, N., Reyss, J. C., and Yasin, S., 1999. Un paleolac du dernier interglaciaire Pleistocene dans l'extreme sud hyperaride de la Jordanie. *Academy of Science Bull. Paris* (in press).
- Abed, A. N. and Yagan, R. 2000. On the paleoclimate of the Jordan valley during the last glacial maximum.
- Al-Masri, A., 1988. The geology of Halat Ammar and Mudawwara, map sheet Nos. 3248 III, 3248 IV. NRA, Geological Mapping Bull., 13, 60p.
- Al-Sayari, S. S., and Zötl, J. G., 1978. *The Quaternary Period in Saudi Arabia*. Springer, Vien, pp. 233.
- Andrews, I., 1992. Cretaceous and Paleogene lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. NRA, Subsurface Geology Bull., 5, 60p.
- Ayed, R., 1986. Surface water resources in Azraq basin. Unpubl. Report, Water Authority, Amman. 196p.
- Baker, Jr. and Harza, Eng., 1958. Princess report, definitive plan report, Amman. 188p.
- Baubron, J. C., Besancon, J., Copeland, L., Hours, F., Macaire, J. and Sanlaville, P., 1985. Evolution de la moyenne vallee du Zarqa (Jordanie) au Neogene et au Quaternaire. *Revue de Geologie Dynamique et du Geographie Physique*, 26, 273-283, Paris.
- Barjous, M. O., 1988. Structural study of the area between Ash-Shawbak and Petra. M. Sc. Unpubl. Univ. of Jordan.
- Barjous, M. O., 1992. The geology of the Ash-Shawbak area, map sheet No.3151 III. NRA, Geological Mapping Bull. 19, 80p.
- Begin, Z. B., Ehrlich, A., and Nathan, Y., 1974. Lake Lisan, the Pleistocene precursor of the Dead Sea. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 63: 30p.
- Begin, Z. B., Broecker, W., Buchbinder, B., Druckman, Y., Kaufman, A., Magaritz, M. and Neev, D., 1985. Dead Sea and Lake Lisan levels in the last 30,000 years. *Geological Survey of Israel, Preliminary Report GSI/29/85*: 18p.
- Begin, Z. B., 1975.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Brontraeger, Berlin, 119pp.
- Bender, F., 1968. *Geologie von Jordanie*. Brontraeger, Berlin.
- Bentor, Y. K. and Vroman, A. J., 1960. The geological map of Israel, 1:100 000, Sheet 16, Mount Sedom. Jerusalem, Geological Survey of Israel: 117p.
- Besancon, J., Copeland, L., Hours, F., Macaire, J. and Sanlaville, P., 1984. The Lower and Upper Paleolithic in the upper Zarqa/Khirbet Samra area of northern Jordan 1982-83 survey results. *Annual of the Department of Antiquities*, 28, 91-142.

- Besancon, J. and Hours, F., 1983. Prehistory and geomorphology in northern Jordan. In: A. Hadid (Ed.), *Studies in the History and Archaeology of Jordan*, 2 London, Routledge and Kegan Paul, p. 69-76.
- Blake, G. and Ionides, M., 1939. Report on the Water resources of Transjordan and their development incorporating a report on geology, soils, minerals and hydrogeological conclusions. Crown Agents for the Colonies, London. 372p.
- Blanchet, G., Sanlaville, P., and Traboulsi, M., 1998. Le Moyen-Orient de 20,000 ans BP à 6,000 ans BP essai de reconstitution paleoclimatique. *Paleorient*, 23: 187-196.
- Blanckenhorn, M., 1887. Zur Kenntnis der Suesswasserablagerungen und Mollusken Syriens. *Palaeontographica*, 1, 71-144.
- Blanckenhorn, M., 1914. Handbuch der Regionalen Geologie: Syrien, Arabien, and Mesopotamien, Heidelberg 159p.
- Blanckenhorn, M. and Openheim, P. 1927. Neune Beitræge zur Kenntnis des Neogens in Syrien und Palaestina. *Geol. Palaeont. Abh.*, 15, 321-358.
- Bowman, D., 1978. Quaternary geology. Pergamon, Oxford. 221p.
- Bowman, D., 1990. Climatically triggered Gilbert-type lacustrine fan deltas, the Dead Sea area, Israel. *SEPM Special Publ.* 10: 273-280.
- Burdon, D. J., 1959. Handbook of the geology of Jordan, Hashemite Kingdom of Jordan. 61p.
- Chapman, R. W., 1974. Calcareous duricrust in Al-Hasa, Saudi Arabia. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85: 119-130.
- COHMAP Members, 1988. Climatic changes of the last 18,000 years: observations and model simulations. *Science*, 241: 1043-1052.
- Copeland, L., Hours, F., 1988. The Palaeolithic in north-central Jordan, an overview of survey results from the Upper Zarqa and Azra 1982-83. In: A. N. Garrard & H. G. Gebel (Eds.) *The Prehistory of Jordan, The State of Research in 1986*. Part ii, BAR Intern. Ser. 196(ii), p.287-309
- Daniel, E. J., 1963. International Lexicon stratigraphy for Jordan. *Lex. Strat. Int. Asie, III (f. 10)*, 195-399.
- Dawson, A. D., 1994. *Ice age earth: Late Quaternary geology and climate*. Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn, London,
- El-Baz, F., 1998. Sand accumulation and groundwater in the eastern Sahara. *Episodes*, 21: 147-151.
- El-Isa, Z. and Mustafa, H., 1986. Earthquake deformations in the Lisan deposits and seismotectonic implications. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 86: 413-424.
- Frumkin, A., 1997. The Holocene history of the Dead Sea levels. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 237-248.
- Gardosh, M., Reches, Z., and Garfunkel, Z., 1990. Holocene tectonic deformation along the western margins of the Dead Sea. *Tectonophysics*, 180: 123-137.
- Garfunkel, Z., 1981. Internal structures of the Dead Sea leaky transform (rift) in relation to plate kinematics. *Tectonophysics*, 80: 81-108.
- Garfunkel, Z., 1997. The history and formation of the Dead Sea. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 36-56..
- Garrard, A. N., Betts, A., Byrd, B., Colledge, S. and Hunt, C., 1988. Summary of the palaeoenvironmental and prehistoric investigations in the Azraq basin. *BAR International Series* 396 (ii), 311-337.
- Gasse, F., Fontes, J. C., Plaziat, J. C., Carbonel, P., Kaczmarek, I., De Deckker, P., Soulie-Marche, I., Callot, Y., and Dupeuple, P., 1987. Biological remains geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from the Northern Sahara. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 60: 1-46.
- Gasse, F., Tehet, R., Durand, A., Gilbert, E., Fontes, J., 1990. The arid-humid transition in the Sahara and the Sahel during the last deglaciation. *Nature*, 346: 141-146.
- Goodfriend, G. A. and Magaritz, M., 1988. Paleosols and the late Pleistocene rainfall fluctuations in the Negev desert. *Nature*, 332: 144-146.

- Henry, D. O., 1986. The prehistory and paleoenvironments of Jordan: an overview. *Paleorient*, 12: 5-26.
- Henry, D. O., 1998. Prehistoric human ecology in the southern Levant east of the Rift from 20,000-6,000 BP. *Paleorient*, 32: 107-119.
- Horowitz, A., 1974. The Late Cenozoic stratigraphy and paleogeography of Israel. Tel-Aviv Univ.
- Horowitz, A., 1979. *The Quaternary of Israel*. New York, Academic Press, 394pp.
- Horowitz, A., 1987. Subsurface palynostratigraphy and paleoclimate of the Quaternary Jordan valley fill. *Israel Jour. Earth Sci.*, 36, 31-44.
- Horowitz, A., 1992. *Palynology of arid lands*. Amsterdam, Elsevier, 546pp.
- Huckriede, R. and Wiesemann, G., 1968. Der jungpleistozäne Pluvial-See von El-Jafr und weitere Daten zum Quartär Jordaniens. *Geologica et Palaeontologia*, 2: 73-95.
- Hull, E., 1886. Memoire of the geology and geography of Palestine., survey of western Palestine. London.
- Ibrahim, K., 1993. The geology of Wadi Gharandal area, map sheet No. 3050 II. NRA, Geological Mapping Bull., 24, 77p.
- Ibrahim, K., 1996. The regional geology of Al Azraq Wadi area, map sheet No. 3353 I. NRA, Geological Mapping Bull., 36, 67p.
- Kaufman, A., 1971. U-series dating of Dead Sea basin carbonates. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 35: 1269-1281.
- Kaufman, A., Yechieli, Y., and Gardosh, M., 1992. Revaluation of the lake-sediment chronology in the Dead Sea basin, Israel, based on new Th/U dates. *Quaternary Research*, 38: 292-304.
- Khalil, B., 2000. The geology of Irbid and Ash Shuna Ash Shamaliyya (Waqgas), map sheet 3154 II and 3154 III. Geological Mapping Project Bull 46, NRA.
- Kronfield, J. Vogel, J. C., Rosenthal, E., and Weinstein-Evron, M., 1988. Age and paleoclimatic implications of the Bet Shean travertines. *Quaternary Research*, 30: 298-303.
- Kutzbach J. E. and Street-Perrott, F. A., 1985. Milankovitch forcing of fluctuations of tropical lakes from 18 to 0 kyr BP. *Nature*, 317: 130-134.
- Lartet, L., 1869. Essai sur la geologie de la Palestine et des cotrees avoisinante, tellesque l'Egypte et l'Arabie, Comprenant les observations reueillies das le cours de l'expedition du Duc de Luynes a lar Mer Morte. These, Victor Masson et fils, 109p.
- Macdonald, Sir M. and Partners, 1965. East Bank water resources. Hydrogeological survey of the Madaba-Ma'an area. V.1-3, Central Water Authority, Amman.
- Macumber, P. G., 1992. The geological setting of Paleolithic sites at Tabaqat Fahl, Jordan. *Paleorient*, 18, 31-44.
- Macumber, P. G. and Head, M. J., 1991. Implications of Wadi Al-Hammeh sequences for the terminal drying of Lake Lisan, Jordan. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 84, 163-173.
- McClure, H. A., 1976. Radiocarbon chronology of the late Quaternary lakes in the Arabian Desert. *Nature*, 263: 755-756.
- Moffat, D. T., 1988. A volcanotectonic analysis of the Cenozoic continental basalts of northern Jordan: implication for hydrocarbon prospecting in the block B area. ERI Jordan EJ88-1, 73p.
- Moumani, K. A., 1996a. Quaternary sediments of the Jurf Ed Darawish area, centra Jordan. Unpubl. M. Phil., Wales Univ., Cardiff, Britain, 181p.
- Moumani, K. A., 1996b. Al-Hussaynniya Al-Janubiyya area map sheet 3151 II., NRA, Mapping Project, geological map.
- Moumani, K. A., 1997. Geology of the Al-Hussaynniya Al-Janubiyya area map sheet 3151 II. NRA, Mapping Project Bull., 69p.
- Moumani, K. A., 2000a. Geology of Jabal Al-Batra (Jibal Thalaja). Map sheet 3149 IV. Geological Mapping Project, NRS (In press).
- Moumani, K. A., 2000b. Quaternary sediments of Jurf Ed Dararawish and Wadi Al Hasa areas, central Jordan: An overview of Wadi Hasa Marl Formation; Anew stratigraphic unit. *Proc. 6th Jord. Geol. Conf. (In press)*.
- Muhsen, M., 1988. The Epipalaeolithic phases of Kharraneh IV. *BAR International Series* 396 (ii), 353-367.

- Muheisen, M., 1988. Survey of prehistoric caves in the southern Jordan Valley (1985).. . *BAR International Series* 396 (ii), 503-523..
- Neev, E. and Emery, K., 1967. The Dead Sea: Depositional processes and environments of evaporites. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 41: 147p.
- Neev, E. and Emery, K., 1995. *The destruction of Sodom, Gomorrah, and Jericho*. New York, Oxford University Press, 175pp.
- Niemi, T. M., 1997. Fluctuations of the late Pleistocene Lake Lisan in the Dead Sea Rift. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 226-236.
- Niemi, T. M. and Ben-Avraham, Z., 1997. Active tectonics in the Dead Sea basin. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 73-81.
- Parker, B. H. 1970. The hydrogeology of the Mesozoic and Cenozoic aquifers in the western highlands and plateau of east Jordan. UNDP/FAO, AG 2: SF/JOR 9 Technical report No. 2, 424p, Rome.
- Petit-Maire, N. and Guo, Z. T., 1997. Holocene paleoprecipitation over the present-day Sahara desert. In: Continental signals in paleomonsoon dynamics in Africa, Inter-Hemispheric Perspectives. SIWA Workshop, Paleomonsoon Project 33.
- Picard, L., 1932. Zur Geologie des Mittleren Jordantales. *Ztschr. Dtsch. Palest. Ver.*, 52, 169-236.
- Picard, L., 1943. Structures and evolution of Palestine with comparative notes on neighbouring countries. *Jerusalem, Hebrew University, Department of Geology Bulletin* 4: 1-134.
- Picard, L., 1965. The geological evolution of the Quaternary in the central-northern Jordan graben. *Am. Geol. Soc. Special Papers*, 84, 337-366.
- Picard, L. and Baida, U., 1966. Geological report on the Lower Pleistocene deposits of the Ubeidiya excavations. *Proc. Israel Acad. Sci. Hum. (Sci. Sect.)*, 4, 1-39.
- Prell, W. L. and Kutzbach, J. E., 1987. Monsoon variability over 150 000 years. *Journal of Geophysical Research*, 92: 8411-8425.
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral resources of the (former) Transjordan. *Colonial Geol. Miner. Res.*, 2, 85-115. London.
- Quennell, A. M., 1958. The structures and geomorphic evolution of the Dead Sea rift. *Geological Society of London Quarterly Journal*, 14: 1-24.
- Rabba', H., 1994. The geology of the Qurayqira (Jabal Hamra Faddan), map sheet No. 3051 II. NRA, Geological Mapping Bull., 28, 60p.
- Sanlaville, P., 1992. Changements climatiques dans la Peninsule Arabique durant le Pleistocene superieur et l' Holocene. *Paleorient*, 18: 5-26.
- Sanlaville, P., 1995. Marge septentrionale du desert arabique: la zone sud -levantine eu Pleistocene superieur et a l'Holocene. *Mem. Soc. Geol. France*, 167: 57-66.
- Sanlaville, P., 1996. Changements climatiques dans la region Levantine a la fin du Pleistocene superieur et au debut de l'Holocene. Leurs relations avec l'evolution des societes humaines. *Paleorient*, 22: 7-30.
- Schramm, A., Stein, M., and Goldstein, S. L., 1997. C14 time-scale calibration and relation to global paleoclimate: Evidence from U-series and C dating of Lake Lisan (pale-Dead Sea) sediments. *Terra Nostra*, 4, 1-3pp (extended abstract).
- Siedner, G. and Horowitz, A., 1974. Radimetric ages of Late Cainozoic basalts from northern Israel. Chronostratigraphic implications. *Nature*, 250, 23-26.
- Stein, M., Goldstein, S. L., Ron, H., and Marko, S., 1992. Precise TIMS ²³⁰Th/²³⁴U ages and magnetostratigraphy of Lake Lisan sediments (paleo Dead Sea). *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 73: 155.
- Wetzel, R. and Morton, D. M., 1959. Contribution a la geologie de la Transjordan. *Notes et Memoires de la Moyen Orient*, 7, 95-191.
- Wiesemann, G. and Abdullatif, A., 1963. Geology of the Yarmouk River, north Jordan.
- Vita-Vinzi, C., 1966. The Hasa Formation: an alluvial deposit in Jordan. *Man*, 1, 386-390.
- Vogel, J. C., 1979. Dating the Lisan Formation. In: *The Quaternary of Israel* edited by Horowitz, A. New York, Academic Press, 151-153.
- Vogel, J. C., 1980. Accuracy of the radiocarbon time scale beyond 15,000 BP. *Radiocarbon*, 2: 210-218.
- Vogel, J. C. and Waterbolk, H. T., 1972. Groningen radiocarbon dates- Geological samples Dead Sea Series (Lisan). *Radiocarbon*, 14: 46-47.

- Yan, Z. W. and Petit-Maire, N., 1994. The last 140 ka in the Afro-Asian climatic transitional zone. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 110: 217-233.
- Yechieli, Y., Magaritz, M., Levy, Y., Weber, U., Kafri, U., Woelfli, W., and Bonani, G., 1993. Late Quaternary geological history of the Dead Sea area, Israel. *Quaternary Research*, 3: 59-67.
- Zak, I., 1967. The geology of Mount Sedom. Unpubl. Ph. D Thesis, Hebrew Univ., Jerusalem (English abstract).
- Zak, I. And Freund, R., 1981. Asymmetry and basin migration in the Dead Sea rift. *Tectonophysics*, 80, 27-38.
- Zhuo, Z., Baoyin, Y., and Petit-Maire, N., 1998. Paleoenvironments in China during the last glacial maximum and the Holocene optimum. *Episodes*, 21: 152-158.

الفصل الخامس

بركانيات السينوزوي

CENOZOIC VOLCANISM

٥. بركانيات السينوزوي

كما قد تحدثنا عن النشاط البركاني في حقبة ما قبل الكامبري في الفصل الأول من هذا الكتاب. أما في حقبة الميزوزوي فالنشاط البركاني محصور في عصري البيرمي والترياسي وقد تحدثنا عن ذلك في الفصل الثالث. وفي هذا الفصل نتحدث عن ظاهرة البركنة الواسعة الانتشار في الأردن في أخريات حقبة السينوزوي. فهي من عصر الميوسين وما يليه من عصور أحدث منه. وقد درست هذه الصخور في العقدين الأخيرين بشكل مفصل وكذلك مثيلاتها في جزيرة العرب. يجدر القول أن هذه البركانيات الواسعة الانتشار في الأردن قليلة جدا في فلسطين. وليس من شك في أن بركانيات الصفاوي هي الأكثر انتشارا في الأردن. على أي حال سنبدأ بالحديث عن هذه الصخور من الغرب إلى الشرق.

١,٥ بركانيات غور الأردن-البحر الميت

تتكشف الصخور البازلتية في عدة مواقع في هذه المنطقة. منها

- وادي الكرك-الخرزة.
- وادي الهيدان.
- منطقة عيون زارة ووادي زرقاء ماعين.
- جنوب شرق سويمية.
- غور الكتار مباشرة غربي سد الكرامة.
- قريبا من مثلث العارضة.
- وادي العرب.
- بازلت اليرموك حتى مصبه في نهر الأردن.
- بازلت الرقاد عند التقاء النهرين وحول هذه المنطقة.

١,١,٥ ١,١,٥ قاطع وادي الكرك

يتضح لمن يزور وادي الكرك-الخرزة وجود قاطع زيتوني اللون يقطع صخور مجموعتي عجلون والبلقاء. وقد يكون أجمل أماكن رؤيته النهاية الغربية للخرزة قبالة اللسان. وهو موجود خاصة على الجانب الجنوبي لوادي الكرك. ويمكن أن ترى بعض أجزائه بعيدا عن الكرك نحو الجنوب الشرقي على طول صدع الكرك-الفيحاء. يتميز بأنه أصبح سيئ التماسك بسبب التجوية الكيميائية. وقد درسه برييري وآخرون (Barberi et al., 1979) فذكروا أنه متوسط حجم الحبات بحيث يمكن رؤية حبات الأوليفين بالعين المجردة. أما معادنه فهي أوليفين وبلاجيوكليز وأوجيت وماغنيتيت. وقد سماه برييري دوليريت أوليفيني قلوي alkali olivine dolerite أو هواييت hawaiiite. وقد حددوا عمره المطلق بنظائر الأرغون-بوتاسيوم فكان $18,9 \pm 0,8$ مليون سنة. أي أنه من الميوسين المبكر Early Miocene. والعمر جيد لأنه منسجم مع ما وجدته باسم خليل (1992) من أنه يقطع صخور تكوين ضانا (العضو الأسفل) من عمر الأوليغوسين المتأخر. وهو جيد لأن النشاط البركاني السينوزوي في جزيرة العرب جميعها هو ميوسين أو أحدث.

٢,١,٥ بازلت وادي الهيدان

الحديث هنا يدور حول البازلت الموجود على طول مجرى وادي الهيدان بضعة كيلومترات غربي جسر الوالة. ويمكن أن تراه مكونا جروفا مرتفعة في مجرى الوادي. فهو ببساطة قد اندفع بعد أن أصبح وادي الهيدان في وضع قريب من وضعه الحالي. وبالتالي فهو أحدث كثيرا من البازلت الموجود على حافتي وادي الموجب والذي تستطيع أن ترى نهايته الشمالية في أعلى وادي الهيدان على سوية ما هو موجود في وادي الموجب. بازلت الموجب هذا أقدم من وادي الموجب وعمره ٦-٧ مليون سنة. ومن ثم فإن بازلت وادي الهيدان لا بد أن يكون من البلايستوسين الأوسط على أكثر تقدير تبعا لهذا الوصف الذي ذكرناه. وقد وصفته منى عبدالجابر (١٩٨٩) بأنه بازلت أوليفيني قلوي (ثولييتي). وقد وصفت أيضا بازلت طقي (pyroclastic) على طول وادي الهيدان.

٣,١,٥ بازلت زارة-ماعين-سويمة

في الزارة توجد انسيابات البازلت التي تتجه شمال شمال غرب متعاقبة عدة مرات مع الطفة والرواهص. إن موقعها المتدني الذي لا يرتفع كثيرا فوق سطح البحر الميت الحالي وتداخلها مع الرواهص يدل على عمر حديث نسبيا قد لا يزيد عن البلايستوسين الأوسط. أما البركان الذي يقع قرابة ٥ كم جنوب شرق سويمة فإن اللابة قد سالت نحو البحر الميت مما يدل على أن التضاريس كانت قريبة من وضعها الحالي. مما قد يعطي هذا البركان عمر بلايستوسين أوسط. أما منطقة ماعين فهناك الانسياب الموازي لوادي زرقاء ماعين وعلى جانبه الجنوبي. واضح أن الانسياب أقدم من الوادي وإلا لتدفق البازلت فيه مما يجعل عمره أقدم من نشأة الوادي. قدر عمره ٣,٧ مليون سنة. التحليل الكيماوي لعينتين من زرقاء ماعين تجده في جدل ٢,٥.

٤,١,٥ بازلت غور الكتار

يتكشف في وسط تكوين غور الكتار في اتجاه شمال جنوب قرابة الكيلومتر ويعرض متفاوت لا يزيد على ٢٠٠ م. ويبدو أنه اندفع بعد تشكل غور الكتار. وقد وضع بندر عمره من البلايستوسين الأوسط.

٥,١,٥ بازلت اليرموك

قد لاحظ بلانكنهورن (١٩١٤) هذا البازلت وسماه لابة الزياتين. ثم شاع استعمال بازلت اليرموك (بندر ١٩٧٤). يرى هذا البازلت على شكل انسياب واضح أو مسطبة قرب نقطة التقاء اليرموك بالأردن. ويستطيع المسافر إلى الحمة الأردنية من الشونة الشمالية أن يراه واضحا على شكل مسطبة ترتفع قرابة ٢٠٠ م فوق مجرى اليرموك الحالي. ويمكن أن ترى أيضا على طول وادي اليرموك. وهو بازلت أوليفيني قلوي مثل غيره في المنطقة. ويبدو أنه اندفاع واحد وسمكه ٥-٢٥ م. عمره المطلق 680000 ± 50000 سنة (Siedner and Horowitz 1974). وفي تحديد آخر للعمر كان 560000 سنة. ما يعني أنه من البلايستوسين الأوسط.

٦,١,٥ بازلت الرقاد

قد لاحظته أيضا بلانكنهورن (١٩١٤) وسماه بازلت الرقاد. يرى بسهولة قرب التقاء نهري اليرموك والأردن. وفي هذا المكان توجد رسوبيات تكوين اللسان فوقه. وقد قدر عمره ٧٠٠٠٠ سنة قبل الآن. سمي نسبة إلى وادي الرقاد إلى الشرق قليلا. سمكه ٢٠-٣٩ م يملا كثيرا من الجروف في مجرى اليرموك والأودية التي ترفده. ويتميز عن بازلت اليرموك

السابق الذكر بأنه أدنى منه. فهو عادة على ارتفاع ٣٠-٦٠ م من مجرى اليرموك الحالي. وهو من البازلت الأوليفيني القلوي.

٢,٥ بازلت الجبال الغربية

هذا النوع من البازلت أكثر انتشارا واتساعا من المجموعة السابقة. وهو موجود بين وادي الهيدان شمالا وحتى بركان جبل عنيزة الواقع غرب تقاطع البتراء-الطريق الصحراوي شمال معان. طول هذه المنطقة قرابة ١١٠ كم وعرضها قرابة ٢٠ كم. فهذه المجموعة من الاندفاعات البازلتية تغطي المناطق الغربية الجنوبية من الهضبة الأردنية. بعضها يغطي عشرات الكيلومترات المربعة بشكل متصل مثل منطقة شيحان. ومن هذه الاندفاعات نذكر

١,٢,٥ بازلت شيحان

تشمل بركانيات جبل شيحان والموجب وجنوبا وشمالا التي تطل على وادي الهيدان شمال قرية الشقيق. وتستطيع أن تراها شرق وجنوب شيحان تحت التربة الحمراء مثل تلك التي في منطقة اللجون ٢٠ كم شرق الكرك. يبدو شيحان بركانا مرتفعا كان مركزا لتدفق اللابة البازلتية لمسافات بعيدة نسبيا. سمك البازلت قد يصل إلى ١٠٠ م كما ذكر خليل (١٩٩٢). ويمكن أن يشاهد جزء منها على جانبي الموجب حيث توجد عدة اندفاعات مفصولة بالكاليش مع وجود تربة محروقة في القاعدة. البازلت هنا من نوع البازلت الأوليفيني القلوي. هذا البازلت أقدم من وادي الموجب لأنه موجود على جانبي الوادي. ولو كان الوادي موجودا لتدفق فيه البازلت. عمره ٦-٧ مليون سنة.

٢,٢,٥ بازلت وادي الحسا

في منطقة التنور غرب جسر الحسا توجد رقبة بركان volcanic neck عراها حت وادي الحسا لمجره. ويبدو أن البازلت الموجود على كتف وادي الحسا الشمالي ناتج عن هذا البركان. مرة أخرى هذا البركان أقدم من وادي الحسا وإلا لرأينا البازلت متدفقا في وادي الحسا. ومن ثم فعمره قد يكون مشابها لبازلت الموجب.

٣,٢,٥ بازلت منطقة الطفيلة

وهي موجودة شمال وجنوب وشرق الطفيلة على شكل انسيابات في أودية قديمة.

٤,٢,٥ بازلت شرق الشوبك

هذه منطقة كبيرة بها أنواع من النشاط البركاني المتفاوت في عمره ونوعه. فالمنطقة أولا مطرزة بعدد من البراكين الكبيرة التي ترتفع عاليا فوق أرض الهضبة وتسمى جبالا. ومن هذه الجبال البركانية: جبل الكيرانة (١٣٦٦ م) وجبل الرديسية (١٥٨٥ م) وجبل القادسية (العطاطة سابقا ١٦٤١ م) وتل الجهيرة (١٣٥٥ م) وجبل عنيزة (١١٤٤ م) وتل برمة قرب جرف الدراويش (١٠٧٧ م) وغيرها. وهي موجودة عموما غرب جرف الدراويش وجنوبه الغربي. بعضها مكون من الانسيابات البركانية بشكل رئيسي إلا أن معظمها يحوي جزءا مهما من الفتاتيات البركانية pyroclastics مثالها جبل عنيزة. هنا يمكن لك بسهولة أن تعيد تصور البركان وترسم فوهته بمساعدة طبقات الفتاتيات البركانية الكثيرة فيه وكذلك انسيابا اللابة. أنظر التحليل الكيماوي في جدول ٢,٥.

وثانيا يوجد الانسيابات التي لم تشكل جبالا من مثل تلك التي تراها قرب جرف الدراويش ووادي الخدية. تذكر أنها تشبه بازلت الغطاء.

3.5 بركانيات الهضبة الشمالية الشرقية

"المجموعة الكبرى لبازلت حرّات الشام"

Harrat Ash-Shaam Basaltic Super-Group

تتكشف الصخور البركانية في شمال شرقي الأردن مغطية مساحة ١١٠٠٠ كم^٢. وهو جزء من إقليم بازلتي كبير مساحته ٤٥٠٠٠ كم^٢ يمتد من جنوب دمشق ومغطيا حوران وجبل الدروز والجولان في سوريا. ثم يعبر الأردن في أماكن كثيرة في المنطقة الواقعة بين الرويشد والأزرق وإربد والزرقاء بطول يصل إلى ١٨٠ كم وعرض قد يصل إلى ٧٠ كم. ثم يعبر السعودية ويستمر هناك ٢١٠ كم على الجانب الشرقي لوادي السرحان. تدعو العرب المنطقة التي تتكشف فيها صخور البازلت السوداء "حرّة" وجمعها "حرّات". وقد تكون حوران في جنوب سوريا مشتقة من ذلك مع التحريف. أنظر شكل ١,٥ وشكل ٢,٥. لقد تلقت هذه الصخور قدرا جيدا من الدراسة خاصة في العقدين الماضيين. فقد ذكرها جميع العاملين السابقين في جيولوجية الأردن. وقد يكون ما قام به Van Den Boom and Suwwan (١٩٦٦) العمل الأكثر شمولاً حتى ذلك الوقت. فقد تعرفا على ٦ مراحل في الاندفاعات البازلتية أعطيت رموز B1-B6. الثلاث السفلى منها غير متكشفة على سطح الأرض لكنها معروفة من الآبار. وقد تحدثوا عن سماكاتها وسمك التربة التي تفصل بينها وأنواع الاندفاعات وصفاتها.

ثم درست هذه المنطقة بشكل أكثر تفصيلاً في مشروع المسح الجيولوجي التفصيلي الذي تقوم به سلطة المصادر الطبيعية. يوجد الآن عدد من التقارير تصف مناطق محددة من هذه المنطقة الكبيرة المغطاة بالبازلت. وقد وضعت تسميات محددة لهذه الصخور البازلتية وفق الطريقة العالمية في التسمية (Ibrahim 1993). فقد سماها إبراهيم (١٩٩٣) "حرّات الشام" كإسم جامع لكل هذه الصخور البركانية. وهذا التقسيم هو ما سنتبعه في وصف صخور المنطقة.

تتكون مجموعة حرّات الشام الكبرى من ٥ مجموعات بازلتية هي من الأقدم: الوساد فالصفاوي فالأصفر فالرماح فالبحرية (جدول ١,٥). مكونات هذه المجموعة الكبرى جميعها تابعة للبازلت الأوليفيني القلوي الذي يتشكل عادة في داخل الصفيحة intra-plate flood basalts. والاندفاعات هي انسيابات أو فتاتيات بركانية خرجت من شقوق طويلة في ثلاثة اتجاهات رئيسية NE-SW, NW-SE, NNW/N-SSE/S أو فوهات بركانية محددة. أما عمرها فالراجح الآن أن أقدمها له عمر ١٣,٧ مليون سنة وأحدثها أحدث من ٠,٥٦ مليون سنة بنظائر K-Ar (Barberi 1979; Mofat 1988). وقد سجلت في حوران في جنوب سورية اندفاعات عمرها ٢٠٠٠ سنة. وقد ثار بركان المدينة المنورة على ساكنها الصلاة والسلام، سنة ٦٥٤ هجرية (عابد ١٩٧٨).

سمك البازلت جميعه في هذه المنطقة متفاوت من مكان لآخر تبعاً لوجود الاندفاعات جميعها أو بعضها. الحد الأقصى لسمك ٤٦٩,٥ م كما سجل في بئر QA-1 و ٩٩ م في بئر ماء تل حسان شمال شرق أزرق الدروز. المعلومات التالية مأخوذة من إبراهيم (١٩٩٣) إلا إذا أشير إلى غير ذلك. وقد وضعنا بعض التحاليل الكيماوية للبازلت من منطقة الضليل والأزرق في جدول ٢,٥.

تقسيمات مجموعة حرة الشام البازلتية الكبرى في شمال شرقي الأردن ومقارنتها مع تقسيمات فان دن بوم وصوان (١٩٦٦) (من إبراهيم ١٩٩٣). لاحظ أن المجموعات الخمسة الجديدة تساوي الأطوار الثلاثة المتكشفة فقط. أما الأطوار الثلاثة B1-B3 فهي معروفة من الآبار فقط ولم تدخل هذا التصنيف الجديد.

حرة الشام البازلتية الكبرى			
بندر ١٩٧٤	العمر	مجموعة	تكوين
B5/B6 B6	٠,١-١,٤٥ Ma	البشرية Bishriyya	بازلت فهدة الفقاعي Fahda vesicular Basalt
			بازلت وادي المناسف Wadi Manasif Basalt
Bt Bt	٢,٠١-٢,٩٤ Ma	الرماح Rimah	فتاتيات الأريتئين البركانية Aritayn Volcaniclastic
			سكوريا حسان Hassn Scoriaceous
B5 B5/B4 B5 B5 B6/B5	١,٩٦-٣,٤١ Ma	الأصفر Asfar	بازلت المحدة Mahadda Basalt
			بازلت المدحلة الأوليفيني Madhala Olivine Basalt
			بازلت الهاشمية Hashimya Basalt
			بازلت أشيحب Ushayhib Basalt
			بازلت أفيمح الزينوليثي Ufayhim Xenolithic Basalt
B5/B4 B5 B5	٨,٤٥-٩,٣ Ma	الصفراوي Safawi	بازلت سلمان الفيضي Salaman Flood Basalt
			بازلت العبد الأوليفيني Abed Olivine Basalt
			بازلت على الدولريتي Ali Doleritic Basalt
tt4			تكوين الحجر الرملي الجيري من تكوين القرمة Qirma Formation
B4	١٠,٥٣-٩,٣٧ Ma	الوساد Wisad	لم تقسم إلى تكاوين

١,٣,٥ مجموعة الوساد Wisad Group

تشمل مجموعة الوساد جميع البازلت الأقدم من مجموعة الصفراوي. ومن ثم فهي لا تساوي تماما طور B4 عند بوم وصوان (١٩٦٦). ومن أهم صفاتها أنها شديدة التجوية وتتكشف في جنوب شرقي حرة الشام في منطقة الوساد وشمال شرق آبار الهزيم (شكل ٣,٥). وهي مكونة من انسيابات حبلية pahoeheo غير مركبة. بها براكين واضحة لكنه قد أصابها الحت. كما أن القواطع موجودة فيها على طول الصدوع. ثم إنه تعلوها رسوبيات بحيرية من تكوين القرمة (إبراهيم ١٩٩٣). لون البازلت رمادي إلى رمادي فاتح في العينة اليدوية. وهي ناعمة إلى متوسطة الحبات مع وجود بلورات أوليفين كبيرة. عمر المجموعة المطلق بنظائر K--Ar يتراوح بين ٩,٣٧-١٠,٥٣ مليون سنة (Moffat 1988).

جدول ٢,٥

التحليل الكيميائي لعدد من صخور البازلت من مواقع مختلفة في الأردن والسعودية (عابد ١٩٧٧، سفاريني وآخرون ١٩٨٧)

الأزرق			الضليل		زرقاء ماعين		جرف الدراويش		المدينة المنورة		
٤٧,٠٨	٤٨,١٠	٤٧,٠٧	٤٧,٢٧	٤٤,١٥	٤٣,٤٥	٤٣,٠٨	٤٥,٢٥	٤٠,٥٦	٤٣,٣٣	٤٤,٥٠	SiO2
٢٠,٧	١,٩٢	٢٠,١	٤,١١	٢,٤٤	٢,٦٩	٣,٠٢	٢,١٩	٣,٣٨	٢,٠١	٢,٩٧	TiO2
١٤,٨١	١٦,٢٦	١٤,٨١	١٣,٢٩	١٤,٥٣	١٣,٩٨	١٣,٥٣	١٢,٩٤	١٢,٤٥	١٥,٣١	١٥,٨٨	Al2O3
١٢,٤٩	١١,٩٠	١٢,٦٧	١٥,٢٧	١٢,٨٨	١٢,٩٩	١٣,٤٠	١٢,٣٦	١٤,٠٦	١٣,٩٤	١٥,٨٠	Fe2O3
٠,١٦	٠,١٧	٠,١٧	٠,١٩	٠,١٧	٠,١٨	٠,١٧	٠,١٦	٠,١٧			MnO
٩,٣٥	٦,٠٤	٩,٤٤	٣,٩٦	٩,٨٤	٩,٠٢	٨,٩٠	٩,١٠	٩,٢٤	٩,٥٥	٧,٠١	MgO
٩,٦٩	١٠,٩٥	٩,٦٦	٩,١١	٩,٨٤	٩,٤٣	٩,٢٠	١١,٣١	١٠,٩٩	٩,٣٨	٨,٢٦	CaO
٣,٢٤	٣,٤١	٢,٩٤	٤,٠٣	٣,٧٥	٤,٠٤	٤,٨٠	٣,٢٨	٤,٠٢	٣,٤٩	٤,٥٨	Na2O
٠,٨٩	٠,٥٩	٠,٧٣	١,٢٨	١,٥٣	١,٤٢	١,٦٠	١,١٧	٠,٩٩	٠,٧٥	٠,٩٠	K2O
٤٨٠	٤٥٠	٣٤٩	٤٣٨	٦٦٣	٨٠٣	٩٨٣	٦٠٨	١٢١٣	٥٧٣	٦٠٧	Sr
١٣٧	١٢٥	١٢٩	٢٣٧	١٩٤	١٩٧	٢٤٣	١٥٧	٢٨٨	١٥٥	٢٦٤	Zr
١٩	١٠	١٣	٢٠	٢٧	٢١	٢٤	١٩	١٣	١٤	٨	Rb
٢٨	١٢	١٩	٤٤	٤٤	٨٠	٧٥	٣٧	٨٨	٢٣	٢٤	Nb
١٦	٩	٢٦	٣٣	١٨	١٩	٢٠	٢٤	٢٧			Y
٢٣٧	١٣٨	٢٢٦	٣٢٥	٣١٥	٣٨١	٣٨٥	٥٩٥	٥٤٣	٣٣٢	٢٦٤	Ba

٢,٣,٥ مجموعة الصفاوي Safawi Group

أخذ الاسم من بلدة الصفاوي الواقعة في وسط حرة الشام. مجموعة الصفاوي تعادل إلى حد كبير طور B5 عند بوم وصوان. والمجموعة بشكل عام مكونة من البازلت الفيضي الدولريتي به نظام واضح للقواطع المغذية. ولا توجد بها فوهات بركانية منفردة. كما أنها متوسطة حجم الحبات وفي الأغلب يكون الأوليفين بلورات كبيرة. والمجموعة واسعة الانتشار في منطقة الأزرق والصفاوي (شكل ٣,٥). سطح هذه المجموعة وعر ومغطى بالجلاميد التي قد تزيد عن المتر في قطرها. لونها يتراوح بين البني الفاتح والبني القاتم والرمادي الأسود. وهي متجانسة تكثر فيها الفواصل العمودية حيث ترى مضلعة في أعلاها. والمجموعة مكونة من عدة انسيابات على النحو التالي (جدول ١,٥):

تكوين علي غير سميك بحيث لا يزيد سمكه المكتشف على ٢٥ م. ويتكشف في وادي علي على بعد ٤ كم شمال خط نفط العراق قريبا من طريق الأزرق-الصفاوي. ويتميز بأنه دولريتي وتراكيتي متساوي الحبات وغير بورفيرى. أما **تكوين العبد** فيتكشف في وادي العبد والمنطقة الواقعة حول الأزرق. ويتميز التكوين بأنه سميك الانسيابات الكتلية (١٠ م للواحد منها). سطح التكوين وعر ومغطى بالجلاميد الكبيرة. سمكه جميعه ١٠٠ م. بقي **تكوين سلمان** نسبة إلى وادي سلمان قرب الصفاوي. لونه قاتم ونظام الصرف فيه شجري وسطح التكوين ناعم نسبيا. الانسيابات رقيقة نسبيا (٢ م للواحد منها). سمكه ١٠-٢٥ م.

أما عمر المجموعة محددة بنظائر K-Ar فيتراوح بين ٩,٣-٨,٤٥ مليون سنة (Moffat 1988). وقد حدد برييري وآخرون (١٩٧٩) عمر عينة من المجموعة قرب خط نفط العراق ٨,٧ مليون سنة.

3.3.5 مجموعة الأصفر Asfar Group

سميت المجموعة نسبة إلى جبل الأصفر الواقع شمال جبل الأريتين. وتشمل جميع التكاوين البازلتية الأحدث من مجموعة الصفاوي ولكنها أقدم من مجموعة البشرية. تتكشف المجموعة بشكل واضح في ثلاثة مناطق مستقلة هي جبل الدروز وتلؤل الأشواق (منطقة الأريتين والأصفر) وبالقرب من الحدود السعودية في أقصى الجنوب (٣,٥). تعادل مجموعة الأصفر طور B5 من تقسيمات بوم وصوان مع قليل من طور B6. وقد قسمت المجموعة إلى ٥ تكاوين كما هو واضح في جدول ١,٥.

تتميز المجموعة بكثرة البراكين المنفردة التي تقذف اللابة أو الفتاتيات البركانية. وكذلك البازلت الفيضي والسكريا. تكثر المكتنفات xenoliths متعددة الأنواع في هذه المجموعة. وكذلك توجد بها القواطع.

يكثر في بازلت تكويني أفحيح والهاشمية الفواصل العمودية والأفقية. اللابة هنا حبلية. وعندما تنفتت بالتجوية فإن سطح الأرض عادة ما يكون غطاؤه ناعما نسبيا بحيث لا يزيد حجم الفتات عن ١٠ سم بلون بني وبني مسود وأسود. سمك تكوين أفحيح المكتشف ١٥-٢٠ م. وتكثر فيه المكتنفات المشتقة من ستار الأرض التي تصل نسبتها إلى ٦٠ % من صخور التكوين أو ٢٥ مكتنف للمتر المربع الواحد. حجمها ١-١٠ سم يغلب عليها اللون المخضر. وهو بازلت بورفيرى. أما تكوين الهاشمية فسمكه أقل من ١٠ م عادة بين ٣-٥ م. عادة ناعمة الحبات في العينة اليدوية بحيث يصعب رؤية حجم حبات البازلت إلا أحيانا في حالة بلورات الأوليفين. المكتنفات قليلة أو نادرة.

أما بازلت تكوين أشيحب فيكون جروفا شبه عمودية فوق سطح الأرض بلون رمادي قاتم إلى بني قاتم. ويكسو سطح أرض التكوين الجلاميد الكبيرة الزاوية الشكل. سمكه يصل إلى ١٥ م. وهو بورفيرى.

يشكل بازلت المدحلة مناطق ذات طبوغرافية سهلة إذا ما قورن بتكوين بازلت العبد من مجموعة الصفاوي. حجم الفتات الأرضي ٥-٣٠ سم بني إلى أسود. تكثر فيه الفواصل الأفقية والعمودية (٥٠ سم). ويبدو أنه ناشئ من براكين الدروع التي تنتج اللابة في معظم الأحيان مع القليل من السكريا. وهو أكثر التكاوين انتشارا في مجموعة الأصفر.

أما تكوين المدحلة البازلتى فهو أحدث هذه التكاوين في مجموعة الأصفر. ويتميز بتكوين سطوح وعرة المسالك موجبة التضاريس فوق السطوح السهلة لتكوين المدحلة الأقدم. وبرغم ذلك فإن حجوم فتاته الأرضي هي من رتبة التكاوين السابقة.

العلاقات الميدانية تشير بوضوح إلى ترتيب تكاوين المجموعة كما هو مبين في جدول ١,٥. أما العمر المطلق بنظائر K-Ar فتشير دائما على أنها أحدث من ٥ مليون سنة وعادة بين ٣,٤١-١,٩٦ مليون سنة. وقد أعطت عينات من تكوين المدحلة ٣,٤١-٢,٣٣ مليون سنة (Barberi et al., 1979; Moffat 1988).

4.3.5 مجموعة الرماح Rimah Group

سميت المجموعة نسبة لتل الرماح في شمال المنطقة البازلتية. وقد عرفها إبراهيم (١٩٩٣) على أنها "تتكون فقط من توضعات السكريا أو الطفة دون ما اعتبار لمصدرها (بركان أو شق) أو عمرها. وبهذا التعريف تصبح المجموعة محصورة إلى حد كبير بتوضعات البراكين المنفردة التابعة لمجموعات الأصفر والبشري والوساد". ومن ثم فهي أيضا مطابقة للطور الذي أطلق عليه بوم وصوان (١٩٦٦) Bt أو البازلت الطقي (جدول ١,٥). والمجموعة مكونة من تكويني الأريتين وحسان. هذه المجموعة مهمة اقتصاديا لاحتوائها على اليوزلانة والزيوليت. تتكشف المجموعة في أكثر من موقع خاصة مع مجموعة الأصفر.

سمي تكوين حسان نسبة إلى تل حسان شمال شرق أزرق الدروز على يمين المسافر نحو العراق. توجد توضعات هذا التكوين في مخاريط السكريا نفسها أو حولها. ترتفع مخاريط السكريا التابعة لهذا التكوين ٢٠-٣٥ م. وتبدو دائرية مع وجود قواطع حلقية تميل بشدة

نحو مركز المخروط . تميل جوانب المخروط ٣٥ درجة تقريبا. وهي في العادة مخاريط منفردة. أما مادة السكوريا فهي القنابل البركانية البازلتية متفاوتة الحجم التي قد تصل إلى المتر في قطرها وكذلك الفتات الصخري (شكل ٤,٥). هذه المخاريط سيئة التطبيق لأن الترسيب الهوائي يصاحبه في العادة انهيارات في المخروط في أثناء تكونه.

يختلف تكوين الأريتين في أن توضعاته متطبقة stratovolcano. وهي الصفة البارزة التي يلاحظها من يزور هذا النوع من البراكين كجبل الأريتين. أما التطبيق فسببه الترسيب الهوائي للفتات المقذوف من البركان. تميل الطبقات بعيدا عن مركز البركان أو فوهته. وبالتالي فهي أداة جيدة للتعرف على فوهة البركان إن كان غير واضح. الفتات البركاني مكون من الرماد البركاني واللابلي والقنابل. وتكثر فيه أيضا المكتنفات من أنواع متعددة كصخور الطين والرمل والجير والنايس والغابرو وما فوق القاعدية والأبسيديان (عابد وآخرون ١٩٨٥ وإبراهيم ١٩٩٣). ثم إن الفتات توجد متدرجة نحو الأعلى أو نحو الأسفل. ويبدو أن مثل هذه المخاريط لم تنشأ من نشاط واحد بل من عدة نشاطات مفصولة بفترات هدوء. ومن أمثلة هذه المخاريط الأريتين وتل الرماح وتلول الأشاقف وجبل الدروة-آبار الهزيم.

قلنا أعلاه أن المجموعة لم توضع على أساس عمري. ومن ثم فإن عمرها سيتداخل مع مجموعتي الأصفر والبشرية. أما عمر العينات التي أخذت من جبل الأريتين فهو ٢,٩٤-٢,٠١ مليون سنة.

٥,٣,٥ مجموعة البشرية Bishriyya Group

سميت المجموعة نسبة إلى بلدة البشرية. والمجموعة مكونة من تكويني وادي المناسف والفهدة. وهي تضم أحدث التدفقات البازلتية في المنطقة. وهي تقابل معظم طور B6 عند بوم وصوان. تتكشف في مناطق مجموعة الأصفر. ومنها بعض المناطق غرب جبل الأريتين وشرق الصفراوي وغيرها. بازلت هذه المجموع لم تعثر عليه عمليات تجوية قوية وبالتالي فلونه أسود. لا يختلف تكويننا المجموعة إلا في علاقاتها الميدانية بحيث يقطع تكوين الفهدة تكوين وادي المناسف. ومن ثم فالأول أحدث عمرا. ما سوى ذلك فإن التكوينين مكونان من انسيابات اللابة من آه آه aa والحبلية paoehoe. وفيها الفواصل العمودية المضلعة والتشققات الناتجة عن تصلب اللابة. تكثر الفقاعات في الجزء العلوي من الانسياب بحيث تشكل أحيانا ٥٠ % منه. قد يصل قطرها ١٥ سم. وهي ممطوطة في اتجاه حركة اللابة. يرى منظر جميل لهذه الفقاعات الموازية لحركة اللابة في حرة العاقول شمال المدينة المنورة في الثوران التاريخي لبركان المدينة (عابد ١٩٧٧). سمك مجموعة البشرية ١٥ م. هذه المجموعة هي الأحدث. وقد حددت أعمار عينات من تكوين فهدة فكانت ١,٤٨ و ٠,٤٨ و ٠,١ مليون سنة (Moffat 1988) بينما وضع برييري وآخرون (١٩٧٩) العمر بين أقل من ٢ مليون وأقل من نصف مليون سنة. وهو قريب من الأرقام السابقة.

4.5 في كيفية نشوء هذا الإقليم البازلتي

يرى إبراهيم (١٩٩٣) وموفات (١٩٨٨) أن إقليم بازلت حرات الشام قد نشأ وتطور تبعا للخطوات التالية (شكل ٥,٥).

1. عملية رفع للمنطقة منذ أواخر الإيوسين أدت إلى خروج بحر التيثس كلية من داخل بلاد الشام وغربي العراق.

2. حدوث صدوع تمددية tentional faulting مصاحبة لعملية الرفع أدت إلى حدوث منخفضات صدعية أولية. ويبدو أنه في هذه المنخفضات نشطت براكين وقواطع مجموعة الوساد وترسب فيها تكوين القرمة البحيري.
3. ثم تكونت مجموعات من الشقوق نتيجة لعمليات تصدع تمددية نشطة. خرج منها البازلت الفيضي الذي كون مجموعة الصفاري.
4. حت هذه الشقوق المغذية التي أصبحنا نراها اليوم على شكل قواطع.
5. هجرة مناطق الشقوق جانبيا مما أدى إلى تكون منخفضات صدعية جديدة نشطت البراكين المنفردة على جوانبها ممثلة بمجموعة الأصفر.

المراجع

- Abd Al-Jaber, Dina, Y., 1989. Petrology and geochemistry of the Quaternary basalts of Wadi Al-Mujib and Wadi Heidani, central Jordan. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman, 182p.
- Abed, A. M., 1977. Al-Madina Harra (basalts) petrology and geochemistry. *Bull. Fac. Sci. King Abdulaziz Univ.*, 1, 119-128.
- Abed, A. M., Khoury, H. and Kruhl, J. H., 1985. On the structure of the Jabal Aritain volcano (NE Jordan) and the petrology of some xenoliths. *Dirasat*, 12, 109-124.
- Barberi, F., Capaldi, G., Casperini, F., Marinelli, G., Santacroce, R., Scandone, R., Treuil, M., and Varet, J., 1979. Recent basaltic volcanism of Jordan and its implications on the geodynamic evolution of the Afro-Arabian Rift system. *Atti Conv. Lincee*, 47, 667-683.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Borntraeger, Berlin. 196p.
- Blanchenhorn, M., 1914. *Handbuch der Regionalen Geologie: Syrien, Arabien, and Mesopotamien*, Heidelberg 159p.
- Hbrahim, K., 1993. The geological framework for the Harrat Ash-Shaam basaltic super-group and its volcanotectonic evolution. *NRA, Geological Mapping Bull.*, 25, 33p.
- Khalil, B., 1992. The geology of the Rabba area, map sheet >NRA, Geological Mapping Bull.,
- Moffat, D. T., 1988. A volcanotectonic analysis of the Cenozoic continental basalt of northern Jordan, implications for hydrocarbon prospecting in the block B area. *ERI Jordan EJ88-1*, 73p.
- Saffarini, G., Nassir, S., and Abed, A. M., 1985. A contribution to the petrology and geochemistry of the Quaternary-Neogene basalt of central Jordan. *Dirasat*, 12, 133-144.
- Saffarini, G., Khouri, H. and Roschka, H., 1987. Detection of compositional variations and differentiation trends in Cenozoic Jordanian basalts. *Dirasat*, 14, 193-210.
- Siedner, G. and Horowitz, A., 1974. Radiometric ages of the Late Cenozoic basalts from northern Israel: Chronostratigraphic implications. *Nature*, 250, 23-26.
- Van De Boom, G. and Suwwan, O., 1966. Report on the geological and petrological studies of the plateau basalt in NE Jordan. German Geological Mission to Jordan, 42p.

الفصل السادس

تراكيب الأردن وتطوره

STRUCTURES AND EVOLUTION OF JORDAN

٦. تراكيب الأردن وتطوره

قبل أن نعرض إلى الحركات الأرضية التي رافقت حركة الصفيحة الإفريقية في حقبتَي الميزوزوي والسينوزوي، فإننا سنتتبع الحركات الأرضية في حقبة ما قبل الكامبري ثم حقبة الباليوزوي. بعد ذلك ندرس الحركات المتصلة بحركة جزيرة العرب شمالاً وهي القوس السوري ونظام الصدوع المستعرضة وصدع البحر الميت التحويلي.

٦, ١ حركات ما قبل الكامبري وتراكيبه

قد تحدثنا بوضوح في نهاية الفصل الأول من هذا الكتاب عن تطور الدرع العربي في جزيرة العرب وفي الأردن. وقد يكون أهم ما نريد إعادة التركيز عليه هنا هو ما جرى قرب نهاية تطور الدرع العربي. فقد نشط نظام صدوع نجد الممتدة في اتجاه شمال غرب بين ٦٣٠-٥٤٠ مليون سنة. وأدت إلى تكوين سلسلة من الأحواض الصدعية تجمعت فيها كميات كبيرة من الرسوبيات الفتاتية من الرواهص والصخور الرملية. ومن أمثلة ذلك الأحواض التي تجمعت فيها رواهص السرموج في الأردن ورواهص الحمامات في سيناء وصحراء مصر الشرقية ورواهص جيلة في شمال السعودية. وقد حدث ذلك عند ٦٠٠ مليون سنة تقريباً. إلا أن هذه الأحواض فيما يبدو لم تغلق تماماً وبقيت مناطق منخفضة بالنسبة لما حولها حتى بدايات الكامبري الأوسط أو حتى ترسيب تكوين البرج من أدنى الكامبري الأوسط. فقد ترسبت رواهص وحجر رمل تكوين أم غضاة من الإنفراكامبري في هذه الأحواض أحياناً فوق السرموج وأحياناً أخرى في أحواض لا توجد فيها السرموج. وهو ما حدث لتكوين سلب وتكوين البرج كما سنرى في العنوان التالي. تكفي هذه الخلاصة لأننا فصلنا ذلك في الفصل الأول.

٦, ٢ حركات حقبة الباليوزوي

٦, ٢, ١ تسوية سطح ما قبل الكامبري Peneplanation

لو نظرت إلى سطح القاعدة البريكمبرية في منطقة القويرة وما جاورها، لوجدت سطحها العلوي ممهداً لا توجد فيه جبال وأودية وأخاديد (شكل ١, ٦). ويبدو أن صخور ما قبل الكامبري قد خضعت إلى فترة حثّ طويلة في نهاية ما قبل الكامبري وبداية الباليوزوي أدت إلى تسوية أو تمهيد هذا السطح (بندر ١٩٧٤). بحيث أزالَت المرتفعات ووضعَتها في الأحواض. وهذا يفسر وجود مئات بل آلاف الأمتار من الرسوبيات الفتاتية المكونة لرواهص السرموج - ايلات - الحمامات ورسوبيات تكوين أم غضاة وغيرها.

2.2.6 الحركة الهرسينية

تعرّضت المنطقة (بلاد الشام على الأقل) إلى أحداث الحركة الهرسينية التي أدت إلى إزالة أجزاء كبيرة من رسوبيات حقبة الباليوزوي. ويبدو أن عملية الرفع العليا كانت قرب غزة في منطقة برير - حليقات متناقصة في اتجاه جنوب شرق بحيث كانت منطقة تبوك في شمال غرب جزيرة العرب تشكل حوضاً. وكنتيجة لذلك فقد أزيلت جميع صخور الباليوزوي في منطقة برير - حليقات بحيث تقع صخور الكربن الرملية مباشرة فوق

صخور ما قبل الكمبري. حتّى إذا ذهبنا نحو الجنوب الشرقي ازدادت بقايا صخور حقبة الباليوزوي التي لم يصبها الحتّ. فمثلاً توجد صخور الكمبري في جنوب فلسطين وفي غربي الأردن. وفي شرقي جنوب وادي عربة من الأردن يبدأ الأردوفيشي الأسفل. وفي أقصى جنوب شرقي الأردن يوجد جميع الأردوفيشي وشيئاً من السيلوري ثم الديفوني في تبوك. ويبدو أنّ هذه الحركة حدثت في العصر الكربوني. ولذلك فإننا نجد الصخور الأحدث من الكربوني في فلسطين والأردن وهي صخور البرمي. وقد تحدثنا بالتفصيل عن ذلك في نهاية الفصل الثاني من هذا الكتاب.

الصورة السابقة ذاتها أيضاً موجودة في اتجاه الشمال الشرقي في اتجاه حلب والجزيرة في سوريا حيث تضاف صخور حقبة الباليوزوي أيضاً في هذا الاتجاه. ومن ثم فليس غريباً أن توجد صخور العصرين الديفوني والكربوني في هذه المنطقة.

٣,٢,٦ أحواض الباليوزوي

تسمح تكتشفات صخور الباليوزوي في وادي عربة بوصف طبوغرافية المنطقة في الباليوزوي الأسفل المحفوظة صخوره. ففي الكمبري الأسفل نجد تكوين سلب يزداد سمكا من وادي ضانا تقريبا نحو الشمال حيث يبلغ سمكا أقصى (أكثر من ٢٠٠ م) في منطقة البحر الميت. كذلك فإن رسوبيات تكوين سلب بها قدر جيد من حصى الكوارتز المستديرة التي قد تصل إلى ١٠ سم في قطرها. مما يدل على وجود منخفض في هذا المكان وذلك عند مقارنته بسمك تكوين سلب في منطقة بير مذكور ووادي أبو خشبية أي إلى الجنوب من وادي ضانا. وبعبارة أخرى نحن أمام مرتفع في وسط وادي عربة في الكمبري الأسفل وحوض نحو الشمال في منطقة البحر الميت. ويبدو أن ذلك يشكل امتدادا للأحواض الموروثة من تكتونية ما قبل الكمبري التي أشرنا إليها أعلاه.

ونستطيع أن نرى تأثير هذه التضاريس في رسوبيات تكوين البرج-تكوين أبو خشبية في وادي عربة. ففي وادي أبو خشبية لا توجد رسوبيات تكوين البرج الكربوناتيّة بل يحل محلها رسوبيات تكوين أبو خشبية الرملية البحرية في بيئة المد والجزر. أي أنها تشكل منطقة مرتفعة بالنسبة للبرج شمالها حيث الكربونات الأعماق نسبيا في وادي ضانا ومنطقة البحر الميت. وقد أوضحنا ذلك في الفصل الثاني من هذا الكتاب شكل ٨,٢. وقد تحدثنا في نهاية الفصل الثاني بشيء من التفصيل عن أحواض الإنفراكمبري التي ترسب فيها تكوين أم غضاة الذي يقارب سمكه في آبار البترول ١٠٠٠ م وأكثر من ٢٠٠٠ م في النقب.

ولا بد من كلمة تحذيرية وهي أن حديثنا عن وادي عربة حيث الصخور موجودة ومتكشفة لا يعني أنه المكان الوحيد التي توجد فيه هذه الأحواض الباليوزوية. فالحث الذي صاحب الحركة الهرسينية قد أتى على الكثير من رسوبيات الباليوزوي فأضاع جزءا من الصورة. ثم بقية الباليوزوي في الأردن تحت سطحية يصعب الحديث عنها. إلا أن عودة إلى الفصل الثاني توضح أن الأزرق كان حوضا ومنطقة الريشة في أقصى الشمال الشرقي كانت حوضا أيضا.

٣,٦ التراكيب المرتبطة بتكون الصفيحة العربية

بدأت جزيرة العرب ومعها منطقتنا بالتحرك عموما نحو الشمال كجزء من الصفيحة الإفريقية في بداية الأمر منذ العصر الجوراسي أي منذ أن بدأ المحيط الهندي والأطلسي الجنوبي بالانفتاح. واستمرت الحركة شمالا عبر الكريتاسي إلى أن انفصلت الصفيحة العربية عن الإفريقية في عصر الميوسين قبل قرابة ١٥ مليون سنة. هذه الحركة

المستمرة نحو الشمال عموماً أدت إلى حدوث مجموعة من التراكمات المهمة التي يمكن أن نضعها في ثلاث مجموعات هي: نظام طيات القوس السوري ونظام الصدوع المستعرضة ونظام صدوع البحر الميت. وفيما يلي تفصيل لها.

١,٣,٦ نظام طي القوس السوري Syrian Arc Fold Belt

منذ العشرينات من القرن العشرين لاحظ الألماني كرنكل (١٩٢٤) وجود نظام من الطيات يمتد من سيناء مروراً بفلسطين والأردن وسوريا، دعاه القوس السوري لأنه يوجد داخل سوريا الكبرى (بلاد الشام) على الرغم من أن هذه الطيات وجدت ممتدة تحت دلتا مصر وحتى إلى الغرب قليلاً منها (Bowen and Jux 1987). لهذا القوس شكل حرف S باللاتينية. وقد وضعت له تسميات عديدة بعد كرنكل ولكن تسمية كرنكل على ما يبدو هي الأفضل والأقدم.

وهو مكون من ثلاثة أجزاء تبعاً لاتجاه الطيات المكونة له والأجزاء هي:

- ١- الجزء الجنوبي الغربي الموجود في شمال سيناء والنقب وبرية الخليل.
- ٢- الجزء الأوسط الموجود في وسط فلسطين وشمالها وغربي الأردن.
- ٣- الجزء الشمالي الشرقي الموجود في شمال الجليل ولبنان وجنوب سوريا وتدمر. أنظر شكل ٢,٦. وفيما يلي تفصيل ذلك.

١- الجزء الجنوبي الغربي:

ويشمل هذا الجزء الطيات الموجودة في شمال سيناء ووسط النقب وشماله. ويتكون القوس السوري في هذه المنطقة من مجموعة من المكدبات (الجبال) والمقدرات (الأحواض) التي تشكل تضاريس المنطقة. ومن أشهر المكدبات في سيناء جبل المغارة وجبل هلال. وفي وسط النقب محدب الرمان (وهو مكون من مجموعة من المكدبات الصغيرة ضمن محدب كبير) والكرنب، وفي شمال النقب محدبات غادول وقطان وتسافوعا وغيرها. أقدم الصخور التي تتكشف في هذه المكدبات هي صخور العصر الترياسي المتكشفة في محدب الرمان، وفيما سوى ذلك فإن صخور الجوراسي هي الصخور الأقدم التي تتكشف في المكدبات الأخرى. تمتد هذه الطيات (المكدبات والمقدرات) باتجاه شرق - غرب في شمال سيناء وأواسط النقب ثم ينحرف اتجاهها إلى الشمال الشرقي في شمال النقب وبرية الخليل. وهذه الطيات غير متناظرة بمعنى أن أحد الجوانب يميل أكثر من الجانب الآخر. ويقع الميل الأكبر في الجهة الجنوبية الشرقية حيث تصل درجة الميل إلى ٧٠° - ٨٠° بينما الجانب الشمال الغربي يميل بمقدار ٥°-١٥°. تمتلئ مقدرات (أحواض) هذا النظام في هذه المنطقة برواسب طباشيرية (ومنها الصخور الزيتية) من عصر الإيوسين أو من روافض العصر الثلاثي الأعلى. يخفي هذا النظام في غربي سيناء وشرقي مصر تحت رسوبيات الإيوسين الأفقية، إلا أنه موجود تحت روافض الدلتا.

٢- الجزء الأوسط

يشمل أواسط فلسطين وشمالها وغربي الأردن. يتكون هذا الجزء من مجموعة من المحدثات والمقعرات تشمل جبال القدس ونابلس والكرمل في فلسطين والكرك - عمان وعجلون في الأردن. وتمتد هذه البنيات في اتجاه الشمال ثم الشمال الشرقي (N 30 E) وهي أيضاً غير متناظرة، ولكن إلى الجهة المعاكسة لبنيات النقب حيث يكون الجانب الشمالي الغربي أو الغربي هو الأكثر ميلاً. تمتلئ الأحواض برسوبيات عصر الإيوسين. أما أقدم الصخور التي تتكشف في المحدثات فهي صخور الجوراسي والكريتاسي الأسفل، غير أن معظم صخورها هي من الكريتاسي الأعلى (سينوماني - توروني).

أما **في الأردن** فالصورة ليست بالوضوح نفسه الذي في فلسطين. ولعل عبدالقادر عابد هو أول من أكد وجود تكتونية القوس السوري في الأردن فعزا بعض التراكيب الموصوفة سابقاً إلى هذا النظام وفسر بها طبيعة الترسيب في هذه الأحواض خاصة ترسيب الفوسفات الأردني (عابد ١٩٨٩ و ١٩٩٤ وعابد وعميرة ١٩٩٩). ويبدو أن الذي بدأ هذا التصور جميعه هي الدراسة التي قام بها باسم خليل محمد في رسالة ماجستير مع عبد القادر عابد على صخور تكوين وادي السير من التوروني في شمال غرب الأردن. فقد أوضحت هذه الدراسة أن منطقة عجلون واربد كانتا مرتفعتين بالنسبة لمنطقة دير أبو سعيد (لواء الكورة) في العصر التوروني. بمعنى أن قاع البحر كان مرتفعاً في عجلون واربد وحوضاً في لواء الكورة (دون طي). لم تنتشر هذه الدراسة حتى الآن. ولعل أفضل صورة لتكتونية القوس السوري وتأثيرها في الترسيب في الماسترختي هو ما وجدناه في فوسفات تل السور جنوب الرصيفة وفوسفات حوض الرصيفة. حيث ترسب الأول في مرتفع ورسب الثاني في حوض (عابد ١٩٨٩ ، ١٩٩٤).

وبناء على ما تقدم يبدو أن مجموعة التراكيب التي تتجه شمال شرق يمكن أن تصنف ضمن طيات القوس السوري. ومنها:

أ- **قبة عجلون** التي لا نشك أنها نشأت كمجموعة ناهضة منذ العصر التوروني (محمد ١٩٨٥). وهي تشكل جزءاً من مرتفع عجلون-اربد. وقد تحدثنا في أسباب ذلك في الفصل الثالث مع تكاوين وادي السير و عمان والحسا (عابد ١٩٩٤).

ب- **منخفض أو حوض الكورة** المتزامن في نشأته مع قبة عجلون. فقد كانت منطقة دير أبو سعيد وما جاورها أكثر عمقاً (أي حوضاً) بالنسبة لمنطقة عجلون اربد.

ج- **تركيب وادي شعيب** الذي يمتد قرابة ٨٠ كم في اتجاه شمال شرق وعرض ٣-١ كيلومتر. يبدأ من جنوب سد الكفرين ماراً بوادي شعيب فالبقعة ثم إلى الشمال الشرقي حيث يختفي تحت الرسوبيات (مقبل وزخر ١٩٨١). وهو مكون من سلسلة من المحدثات والمقعرات المتلاحقة من مثل محدب ماحص ومحدب البقعة. وكلاهما غير متناظر وغطاس. ومن المقعرات الواضحة مقعر السرو (جنوب وجنوب شرق جامعة عمان الأهلية) الذي يحوي كمية كبيرة من الفوسفات الذي لم يتحدث عنه أحد قبل هذه الكلمات. وفي بعض المناطق توجد الطيات المقلوبة والمضجعة والمتراكبة (شكل ٣، ٦). ولعل هذا التركيب هو أفضل الأمثلة على طيات القوس السوري في الأردن.

د- **تركيب عمان-الحلابات** الذي يوازي إلى حد ما تركيب وادي شعيب. ويبدأ من الزاوية الشمالية الشرقية للبحر الميت تقريباً ويمر من وادي الكفرين-ناعور حيث يوجد محدبان تظهر صخور الترياسي في مركزهما (شمال غرب العدسية وغرب ناعور). وتستطيع أن ترى أجزاء منه بين وادي السير وعبدون على طريق المطار قبيل الدوار السابع. وتوجد

أجزاء واضحة منه في بلدة المقابلين جنوبها وجنوب مبنى التلفزيون الأردني. ومن أوضح أجزاءه المقطع الموجود جنوب الرصيفة في تل السور إلى وادي العشة جنوب الزرقاء إلى الحلابات حيث يختفي تحت البازلت. وكما قلنا في تركيب وادي شعيب فإن أعدادا كبيرة من المحدثات والمقعرات ترى واضحة في المناطق التي سميناهما قبل قليل (باندل ومقبل ١٩٨٥ وعابد ١٩٨٩).

هـ- **تركيب وادي اليابس** في شمال غرب الأردن الذي أظنه تابعا لطيات القوس السوري ويتجه أيضا شمال شرق.

و- وقد تحدثنا طويلا في الفصل الثالث عن طبوغرافية قاع بحر التيثس في مرحلة ترسيب الفوسفات. وقلنا أنه كان مكونا من مرتفعات وأحواض ترسب الفوسفات على أطرافها. هذه الطبوغرافية في اعتقادنا ناتجة عن التضاضط الناشئ عن حركة الصفيفة العربية (مع إفريقية) شمالا. على أي حال فإن هذه المرتفعات والأحواض ليس بها طيات ولكنها فقط تضاريس في قاع البحر لم يعتريها الطي. مثاله حوض الشدية وحوض الرصيفة وحوض الكورة ومرتفع باير ومنخفض الأزرق (لاحظ وجود أكثر من ٢٠٠٠ م من رسوبيات التوروني-المسترختي في حوض الأزرق مقارنة بقرابة ٣٠٠ م منها في منطقة عمان مثلا وأقل من ٢٠٠ م في منطقة باير، (عابد وعميرة ١٩٩٩). ونعزوها إلى الأسباب ذاتها التي كونت القوس السوري. فالعمر واحد في الحالتين وهو توروني - ماسترختي وهي الفترة الأكثر وضوحا في عمليات تكوين القوس السوري كما سنرى بعد قليل.

أما في **الضفة الغربية** فالقوس السوري هو امتداد لما في شمال النقب. فهو موجود من جنوبها مروراً بمنطقة الخليل فالقدس ويصل إلى منطقة نابلس حيث يصبح أقل وضوحاً. أما اتجاه الطيات في هذه المنطقة فهو أقرب إلى الشمال منه في النقب إذ تتجه الطيات عموماً في اتجاه شمال شمال شرق - جنوب جنوب غرب. ومن أمثلتها الواضحة جداً محدب صوريف ومحدب عين قينية أو قبة الخليل ومحدب بيت قاد ومحدب عنتاب. هذه أمثلة فقط. أنظر هذا العنوان في كتابنا "جيولوجية فلسطين" لعابد ووشاحي ١٩٩٩.

٣- الجزء الشمالي

وينفصل عن الجزء الأوسط بوادي جزريل في فلسطين وبصخور بازلت الجولان في شمال الأردن. له شكل المروحة. مركز المروحة في الجليل الشمالي (Barazangi et al., 1993 ، Chaimov et al., 1990, 1992). ثم تمتد التراكيب شمالاً - جنوباً فتشمل جبل الشيخ وجبال لبنان الغربية والشرقية ثم تنحرف إلى الشمال الشرقي فتشمل مرتفعات تدمر التي تختفي تحت رسوبيات حوض الفرات. والطيات هنا أيضاً غير متناظرة بحيث يقع الجانب الأكثر ميلاً في الجليل وجبال لبنان الغربية نحو البحر (إلى الغرب) كما أنّ طيات جبال لبنان الشرقية تميل نحو البقاع أكثر من ميلها نحو الشرق. أما في منطقة تدمر فإن الميل يكون إلى الجانب الجنوبي الشرقي أكثر منه إلى الشمال الشرقي. يوجد بين هذه المحدثات أحواض يرعون والبقاع. يمتلئ الأول برسوبيات من عصر الإيوسين في حين يمتلئ الثاني برسوبيات إيوسين - بليوسين. أما أقدم الصخور المتكشفة في المحدثات (الجبال) فهي صخور العصر الجوراسي.

وقد درست طيات تدمر بشكل أكثر تفصيلا في أوائل التسعينات من القرن العشرين (Al-Saad and Sawaf 1993). وقد أوضحوا تكونها من مقعرات كبيرة ومحدثات ضيقة وصدوع

أفقية وصدوع دفع علوي thrust faults . وأن القشرة قد تقلصت بمقدار ٢٠ كم في الجزء الجنوبي الغربي و٢-٥ م في الجزء الشمالي الشرقي. كما أن عمق الطي يصل إلى ٥ كم. أما عن الصدوع في القوس السوري فإن أهمها تلك التي تكون متعامدة مع اتجاه الطيات. معظم هذه الصدوع عادية Normal وهي قصيرة ورميتها Throw صغيرة (بضع عشرات الأمتار). أما في الجزء الشمالي فإنها تصبح أكثر وضوحاً بحيث تقاس بالكيلومترات. وقد قطعت هذه الصدوع جبال الجليل إلى كتل واضحة. ثم إن هناك نوعاً آخر من الصدوع وهي الصدوع العكسية أو صدوع الدفع Reverse Faults or thrust أثرت على صخور ما قبل الكامبري والصخور الأحداث منها. لكنها قليلة ومحدودة الانتشار (Sitter 1962). وبالإضافة إلى كل ذلك فإن هناك صدوعاً مهمة عادية موازية لاتجاه الطي.

عمر الطي:

يبدو أن الطي في القوس السوري قد حدث في نبضتين واضحتين. واحدة منهما في الكريتاسي الأعلى (توروني-ماسترختي) وهي الأقدم والثانية في العصر الثلاثي (أوليغوسين). ويبدو أن النبضة الأقدم قد أدت إلى تجدد قاع البحر في العصر الكريتاسي الأعلى بحيث أصبح قاع الرف القاري (في بلاد الشام) على شكل مرتفعات ومنخفضات كان لها دور مهم في ترسبات الفوسفات والصخر الزيتي. وقد وجدت صخور عصر الإيوسين في هذه المنخفضات غير مطوية في النقب. لكن فترة الأوليغوسين كانت فترة نشاط تكتوني في المنطقة، ويبدو أن الطي في القوس السوري قد نشط مرة أخرى في الأوليغوسين في الأماكن ذاتها التي كانت تعرّضت للنشاط السابق في الكريتاسي الأعلى. وهناك أدلة واضحة في تركيب عمان-الحلابات في منطقة تل السور جنوب الرصيفة على أن النشاط التكتوني (صدوع وطيات) لهذا التركيب قد حدث في الكامباني-ماسترختي (كريتاسي أعلى) (باندل ومقبل ١٩٨٥ وعابد ١٩٨٩). فقد كانت منطقة تل السور مرتفعة ربما على شكل جزيرة بالنسبة لحوض الرصيفة إلى الشمال. ومن الأدلة وجود شعاب الأويستر ورسوبيات منطقة المد والجزر والكالكريت وغيرها مما هو موصوف في عابد (١٩٨٩) وعابد (١٩٩٤).

يتضح مما سبق أن عمر الطي في القوس السوري أو عمر القوس السوري أقدم كثيراً من نظام صدوع البحر الميت. ويمكن أن ترى تراكيب القوس السوري مقطوعة بصدع البحر الميت التحويلي كما هو الحال في تركيب وادي شعيب و عمان-الحلابات. وكذلك نظام طي تدمر.

أسباب حدوث القوس السوري:

أسلفنا القول في أن عملية الطي قد حدثت منذ نهايات الحقبة الثانية وحتى عصر الأوليغوسين من الحقبة الثالثة. يتفق هذا العمر مع عملية الرفع التي كونت جبال الألب في أوروبا بسبب إغلاق بحر تيثس Tethys (المحيط الذي كان يقوم مقام البحر المتوسط الحالي. وقد كان أكبر منه وله شكل آخر). لقد حصلت عملية الإغلاق هذه بسبب حركة الصفائح الإفريقية African Plate إلى الشمال خلال الحقبة الثانية والثالثة. كانت جزيرة العرب وبلاد الشام جزءاً من هذه الصفيحة تتحرك معها شمالاً. وقد كانت بلاد الشام في مقدمة الصفيحة فتأثرت بهذه الحركة مما أدى إلى عملية الطي.

٢,٣,٦ نظام الصدوع المستعرض Transverse Fault System

يشتمل هذا النظام على مجموعة من الصدوع تمتد باتجاه شمال غرب - جنوب شرق وكذلك على الصدوع المستعرضة التي تمتد شرق-غرب. معظم هذه الصدوع عادية Gravity Fault (Normal). غير أنّ هناك نسبة من صدوع هذا النظام من النوع الأفقي Strike Slip حيث تصل كمية الحركة الأفقية عدة كيلومترات.

يتميز هذا النظام بأن عمره (أي عمر التصدع) هو من عصر الميوسين وحتى البليوسين (أي نهايات الحقبة الثالثة). فهو بذلك أحدث من نظام الطيّ في القوس السوري على الرغم من وجود بعض التزامن بينهما. لقد نتج عن نظام الصدوع هذا أغوار (Rifts) مستطيلة عريضة لكنها قليلة العمق. والشكل (٤,٦) يوضح مجموعة هذه الصدوع. ومن أدلة عمرها أن البازلت الموجود في وادي الكرك-الخرزة على طول جزء من صدع الكرك-الفيحا عمره ١٩ مليون سنة تقريباً (Barberi, et al., 1979). أي من الميوسين المبكر. ويبدو أن البازلت قد اندفع بعد تشكل هذا الصدع الرئيسي الذي يمتد مسافة كبيرة داخل العربية السعودية.

وقد رأيت قاطعاً بازلتياً طولاً قرابة ٢ كم جنوب شرق سهل الصوان على طول جزء من صدع القويرة-المدورة في أقصى جنوب الأردن. البازلت في هذا المكان يشكل طبوغرافية منخفضة دلالة على شدة تجويفته. فهو يشبه بازلت صدع الفيحا. ويبدو أن له العمر نفسه أي من الميوسين استنتاجاً من اتجاه الصدعين وشدة تجويفتهما دون وجود تحديد مطلق لعمر بازلته.

كذلك يجمع الباحثون على أن صدع وادي السرحان هو من الميوسين. يشهد على ذلك عمر البازلت في حرات الشام الذي فصلنا الحديث عنه في الفصل الخامس حيث ذكرنا أن أقدم عمر للمتكشف منه هو ١٣,٧ مليون سنة أو ميوسين أوسط. ومن ثم كان منخفض وادي السرحان من الميوسين.

ويبدو أن عمر الصدوع المستعرضة أي شرق-غرب هو تقريباً ٥ مليون سنة أو أحدث. يتضح من كل ما سبق أن نظام الصدوع هذا سابق لنظام صدوع البحر الميت التحويلي وبالتالي فليس غريباً أن نرى الأخيرة تقطع الأولى. دعنا نفصل القول في نوعي هذه الصدوع.

١- الصدوع الشمالية الغربية

وهي شائعة في أواسط فلسطين من جنوب البحر الميت وحتى الكرمل. وهي كذلك واضحة في الأردن. ومن أشهر الأغوار (أو السهول أو الأحواض) التي نشأت بسبب ذلك في فلسطين نذكر سهل المجدل وسهل جالود وسهل البقيعة ومنخفض وادي الفارعة ومنخفضات سلفيت - صانور (بين جنين ونابلس) ومنخفض العفولة ومرج ابن عامر. ومنها أيضاً وادي المجنونة (شمال شرق عكا) ووادي الطبل بالقرب من ياجور في الكرمل. أمّا في الأردن فإن أشهرها (شكل ٥,٦ أ و ب، Wiesemann 1969)

- **صدع الكرك - الفيحا:** يبدأ من نهاية الخرزة غرب الكرك مروراً بالكرك ويستمر بعيداً داخل العربية السعودية. يوجد به بازلت.
- **صدع وادي السرحان:** يمر مع بازلت حرات الشام.

- صدع وادي الحسا الذي يكون شرق-غرب في بدايته الغربية ثم يصبح شمال غرب نحو الجنوب الشرقي. يوجد به بازلت.
 - صدع الكيرانة: طوله ١٧ كم وعلية بركان جبل الكيرانة.
 - صدع تل برمة-جبل الرديسية-قاع الجفر بطول ٩٠ كم وبه بازلت تل برمة.
 - صدع جبل العطاعة-جبل عنيزة بطول ٥٥ كم وبه بازلت.
 - صدع رأس النقب بطول ٦٠ كم.
 - صدع القويرة-المدورة بطول ٨٥ كم وبه بازلت.
 - صدع جبل الرطوة-جبل أم سحم في أقصى الجنوب بطول ٥٧ كم.
- وعلى جميع هذا النوع من الصدوع تكون القوى قوى شدّ Tensional وبالتالي فهي تولد الأغوار أو المقعرات، مع إمكانية حدوث بعض الحركات الأفقية. لاحظ مرافقة البازلت لمعظم هذه الصدوع.

٢- الصدوع غرب-شرق:

- وهي الصدوع التي تمتد في اتجاه شرق - غرب. وهي كثيرة في فلسطين والأردن. عادة ما يرافق هذه الصدوع قوى تضغط Compressional تولد المكدبات أو القباب أو قوى شدّ تولد المقعرات أو الأحواض المستطيلة. كما أنّ على بعضها حركة أفقية أكثر وضوحاً مما هو في الصدوع الشمالية الغربية.
- ومن أشهرها في الأردن من الشمال إلى الجنوب (شكل ٥,٦ أ و ب Wiesemann 1969).
- صدع رميمين-الزرقاء: يبدأ قرب ديرعلا حتى الحلابات شمال شرق الزرقاء.
 - صدع زرقاء ماعين: يستمر حتى جنوب الأزرق حيث يلتقي مع صدع سواقة. توجد عليه حركة أفقية.
 - صدع سواقة-شيخان يستمر حتى جنوب الأزرق. وهو نطاق صدعي وليس صدعاً واحداً. يصاحبه قدر كبير من المكدبات والمقعرات التي تمتد محاورها موازية لاتجاه الصدع بينما مراكزها مكونة من تكوين عمان أو الموقر. بعض الصدوع فيه عادية وبعضها عكسية. وقد قاس برجوس (١٩٨٦) رمية عمودية مقدارها ١٥٠ م نحو الجنوب و ٦٠٠ م حركة أفقية يمينية عليه.
 - صدع وادي الحسا في جزئه الغربي
 - صدع وادي ضانا يبدأ في الغرب ٦٥٠ ثم يتحول نحو الشرق إلى اتجاه شرق-غرب. رميته العمودية ١٥٠ م إلى الشمال.
 - صدع سلوان يتجه ٨٠٠ - ١١٠٠. يمتد مئات الكيلومتر نحو الشرق بعد عبوره السعودية. يظهر أثر له في زقيمات الحصة حيث يظهر حجر رمل الكرب في محدب غير متناظر يبدو أن للصدع دور في تكونه. الرمية العمودية عليه نحو الجنوب بمقدار ٩٠٠ م ومقدار الحركة الأفقية اليمينية ٧ كم (برجوس ومقبل ١٩٩٠). ويعتقد الباحثان أنه موروث مما قبل الكميري ثم نشط مرات عدة. وقد فسرا وجود تكوين ضانا جنوبه وعدم وجوده شماله على أن الصدع كان موجوداً نشطاً في الأوليغوسين سابقاً لترسب تكوين ضانا.
- أما في في النقب وسيناء فأشهرها: صدع الثمد شمال خليج العقبة الذي يقطع النقب وسيناء وخليج السويس وجبل الرسيس حتى الصحراء الغربية في مصر. ثم الصدع الذي يبدأ من

باران غرباً فيمر بجبل العريف فعريف الناقة حتّى أواسط سيناء وكذلك صدع الرمان الذي يمر بجبل منشيرة وجبل جدي حيث يقطع جميع سيناء. ويمتد حتّى القاهرة.

ومن التطبيقات المباشرة لهذا النظام الصدعي ما يلي:

- أ- لقد فصلت الحركات على طول هذه الصدوع البحر الأحمر عن البحر المتوسط. فقد كانا متصلين حتّى نهاية الميوسين. ثم انفصلا بعد ذلك.
- ب- هذه الحركات هي المسؤولة عن نشأة نهر النيل في عصر البليوسين حيث أصبح نهراً عظيماً طويلاً يصب في البحر المتوسط. ولم يكن موجوداً قبل ذلك بهذا الشكل.
- ج- وكذلك انفتاح باب المندب واتصال البحر الأحمر بخليج عدن والمحيط الهندي كما أنّ البحر الأحمر لم يصبح بشكله الحالي إلا في بداية عصر البليوسين.
- د- البحر المتوسط وخاصة جزؤه الشرقي قد أخذ شكله الحالي في عصر البليوسين وقد كان في عصر الميوسين (أي قبل ذلك)، وخاصة في نهايات الميوسين، بحراً قليل العمق حتّى أنّه جفّ تقريباً ورسّب كمية كبيرة جداً (سميكة) من الملح والجبس إلى أن أخذ شكله الحالي في البليوسين.
- هـ- ومنها أيضاً تشكل بعض السهول المهمة في فلسطين مثل سهل مرج ابن عامر وسهل صانور وغيرها في فلسطين.
- و- ومنها أيضاً تشكل بعض الأحواض الصدعية الطويلة مثل وادي السرحان Sirhan Wadi Graben.

٣,٣,٦ صدع البحر الميت التحويلي Dead Sea Transform

ليس من شك أنّ نظام الصدوع هذا هو أهم الأنظمة التكتونية في المنطقة، وهو ما زال نشطاً لأنه يكوّن حدوداً صفيحية أو يفصل بين الصفيحة العربية في الشرق وصفيحة فلسطين - سيناء في الغرب.

يعدّ هذا النظام جزءاً من الانهدام الإفريقي السوري الذي يمتد من شرقي إفريقيا مروراً بالبحر الأحمر فصعد البحر الميت التحويلي الذي ينتهي في جنوب تركيا. طول هذا الانهدام جميعه نحواً من ٦٠٠٠ كم (شكل ٦,٦). أمّا صدع البحر الميت التحويلي فطوله ١١٠٠ كم ممتداً من بداية خليج العقبة الجنوبي حتّى صدع الأناضول في جنوب تركيا (شكل ٧,٦). يعنينا من صدع البحر الميت جزؤه الجنوبي والأوسط أي خليج العقبة - وادي عربة - البحر الميت - وادي الأردن حتّى بدايات سهل البقاع في لبنان. وقد سمي هذا الصدع أسماء كثيرة من مثل انهدام الأردن وانهدام وادي عربة - البحر الميت وانهدام البحر الميت. غير أنّ "صدع البحر الميت التحويلي" هو الاسم الذي أصبح الآن أكثر شيوعاً. ونظراً لأهميته فإننا سنفصّل الحديث فيه.

١,٣,٣,٦ سياق تاريخي

شغلت نشأة صدع البحر الميت التحويلي عقول الجيولوجيين منذ أكثر من قرن من الزمان. ففي عام ١٨٦٩م زار المنطقة الجيولوجي الفرنسي لارتيه وكتب مقالاً (Lartet 1869) عن جيولوجيتها أطلق فيه لفظ درز أرضي Geosuture على هذا الانهدام. وكان رأيّه أنّ هناك

نطاق تصدع على طول الجانب الشرقي لهذا الانهدام. وعلى طول هذا الانهدام تحركت فلسطين جنوباً بالنسبة لشرقي الأردن. وقد صاحب هذه الحركة عملية خفض لفلسطين. وفي نهايات القرن الماضي وبدايات هذا القرن تحدّث الجيولوجي الألماني بلانكنهورن عن هذا الانهدام في عدد من مقالاته وأنه قد نشأ بسبب الحركة العمودية على الصدوع الموجودة على جانبي الانهدام وأنه لا ضرورة لحركة أفقية، ودعا هذا الانهدام غوراً Graben. وسار على نهج بلانكنهورن الجيولوجي اليهودي الألماني ليو بكارد (Picard 1943, 1970) منذ بداية العشرينيات من هذا القرن وحتى عام ١٩٧٠م. ثم غير رأيه. وتحدّث عن نشأة الانهدام السوري الجيولوجي الفرنسي الشهير دوبرتريه Dubertret الذي كتب الكثير عن جيولوجية سوريا ولبنان في النصف الأول من هذا القرن. وهو على رأي بلانكنهورن وبكارد. وفي عام ١٩٥٦م كتب الجيولوجي البريطاني ألبرت كوينل (توفي عام ١٩٨٥) قبيل انعقاد المؤتمر الجيولوجي الأردني الثاني) مقاله المشهور (Q uennell 1956) عن نشأة انهدام البحر الميت. وفيه تحدث عن تحرك الأردن مسافة ١٠٧ كم شمالاً بالنسبة لفلسطين. وقد صاحب هذه الحركة عملية رفع للأردن بالنسبة لفلسطين. وهي كما ترى نفس فكرة لارتيه ١٨٦٩م ولكن كوينل قد حرّك شرقي الأردن بدلاً من حركة فلسطين جنوباً التي قال بها لارتيه. وقد سبق كوينل نظرية الصفائح Plate Tectonics (التي ظهرت في نهايات الستينات من هذا القرن) بأكثر من ١٠ سنوات. وما زال رأيه سائداً تدعمه النظرية الجديدة هذه كما سنرى. وفي الفترة بين عامي ١٩٥٩-١٩٦٨م أكد الجيولوجيان فتزل ومورتون (١٩٥٩) ثم الجيولوجي الألماني بندر (١٩٦٨، ١٩٧٤، ١٩٨٢) أفكار بلانكنهورن حول نظرية الحركة العمودية دونما أي حركة أفقية. ومنذ نشأة نظرية الصفائح قام خلق كثير بتأكيد الحركة الأفقية للأردن نحو الشمال بالنسبة لفلسطين. وسنأتي على ذكرهم في حينه. ولن يفوتنا أن نذكر هنا كرنكل ١٩٢٤م الذي عدّ انهدام البحر الميت مقعراً (حوضاً) بين محدبين كبيرين. وكذلك وليز (Willis 1938) الذي عدّه عام ١٩٣٨م Ramp Valley حيث أدّت القوى الضاغطة في اتجاه غرب - شرق إلى عملية رفع صاحبها تشكل هذا الوادي في الوسط. ولقد سقط الرأيان الأخيران (رأي كرنكل ووليز) وبقي الصراع محتدماً بين مؤيدي نظريتي الحركة العمودية والحركة الأفقية. ومن كل ما تقدم يبدو واضحاً أنّ هناك نظريتين لتفسير نشأة انهدام البحر الميت وهما:-

- نظرية الحركة العمودية graben tectonics
- ونظرية الإزاحة الأفقية plate tectonics المتعلقة بنظرية الصفائح.

٢,٣,٣,٦ نظرية الحركة العمودية: Graben tectonics

من أشهر مؤيدي هذه النظرية بلانكنهورن وبكارد وفتزل ومورتون وبندر. تقضي هذه النظرية بأنّ صدع البحر الميت قد تشكل بسبب وجود ضغوط الشد tension على جانبي الانهدام. أدّت هذه الضغوط إلى وجود صدعين رئيسيين على جانبي الانهدام انخفض الغور بينهما أو ارتفعت جبال فلسطين والأردن عليهما (شكل ٨,٦). ولا يحتاج مؤيدو هذه النظرية إلى الحركة الأفقية لتفسير الظواهر الجيولوجية أو الطبوغرافية في المنطقة، رغم أنهم يقبلون بحركة أفقية صغيرة لا تزيد عن ٢٠ كم. ومن أدلتهم على هذه أن الحركة هنا عمودية:-

أ- الصدوع المهمة في الانهدام جميعها من النوع العادي dip - slip حيث توجد كثير من الأمثلة التي تزيد فيها رمية الصدع على ١٠٠٠م (Bender 1974, 1982).

ب- الصدوع الأفقية strike - slipe قليلة في المنطقة. وعند وجودها فإن مقدار الحركة الأفقية عليها قليل جداً يقاس بالأمتار.

ج- إن منطقة صدع البحر الميت منطقة ضعف منذ حقبة ما قبل الكامبري. أي أن المنطقة التي نشأ فيها الانهدام كانت ذات بنية ضعيفة geosuture منذ ما قبل الكامبري أي قبل نشوء الانهدام بمئات ملايين السنين (بندر ١٩٧٤). ويورد بندر عدداً من الأدلة على ذلك نذكر منها:

١- تزداد كمية القواطع d yke في صخور ما قبل الكامبري (الواقعة في منطقة العقبة) في اتجاه الانهدام. أي أن القواطع تكون كثيرة بالقرب من الانهدام وتقل نحو الشرق أو نحو الغرب بعيداً عن الانهدام. ومعنى هذا عنده أن هذه الصخور كانت أكثر ضعفاً في منطقة الانهدام مما أدى إلى ظهور هذه القواطع. وعند التحري الدقيق وجد عبد القادر عابد (١٩٨٦) أن القواطع لا تكثر ولا تقل نحو الانهدام أو بعيداً عنه بل هي في الواقع تزداد أو تنقص حسب عمر الصخور فهي تزداد في صخور ما قبل الكامبري القديمة وقليلة في صخور الحديثة.

٢- توجد رواهص السرموج ورواهص الكامبري الأسفل فقط في منطقة وادي عربة. ومن ثم فقد استنتج بندر أن هذا المكان قد كان منذ ما قبل الكامبري والكامبري أخوداً كبيراً قديماً. وقد بين عبد القادر عابد أن رواهص السرموج موجودة في أماكن كثيرة غير موضع وادي عربة الحالي، من مثل بئر الصفرا الواقع على بعد ٤٠ كم جنوب شرق عمان وكذلك هي موجودة (أي رواهص السرموج) في سيناء (تحت اسم رواهص الحمامات) بعيداً عن الانهدام أيضاً، أما رواهص الكامبري الأسفل فهي موجودة شرق القويرة وجنوبها بعيداً عن الانهدام أيضاً. مما يدل أن موضع وادي عربة لم يكن الاخدود الوحيد الموجود في ذلك الزمان بل غيره أحاديث أخرى.

ومن ثم فإن هذه الأدلة كما ترى يمكن أن تفسر بطريقة غير التي أرادها بندر. د- ورداً على أصحاب نظرية الحركة الأفقية، فقد فسر المدافعون عن نظرية الحركة العمودية عدم تقابل الصخور ذات العمر المتشابه على جانبي الانهدام بأن خطوط شواطئ بحار الكامبري والترياسي والجوراسي كانت بشكل حرف S اللاتيني. وكمثال توضيحي لذلك نقول أن صخور العصر الجوراسي في فلسطين موجودة في النقب، بينما صخور الجوراسي التي تعادلها زمنياً في الأردن موجودة إلى الشمال في منطقة نهر الزرقاء وغرب عمان. وهذا يعني أن البحر زمن الجوراسي كان أعمق في فلسطين منه في الأردن بحيث كانت شواطئه على طول جنوب النقب ثم تميل شمالاً مع وادي عربة ثم تنحرف شمالاً شرقاً عند نهاية البحر الميت الشرقية بشكل حرف S اللاتيني، وسنفصل ذلك في أدلة الحركة الأفقية. والشكل ٦-٩ يري خطوط الشواطئ للعصور الجيولوجية المعنية.

هـ إن عملية خفض قاع الانهدام ورفع الجبال غربه وشرقه قد أدت إلى هبوط أي مستوى طبقي في الانهدام عن مثيله في الجبال آلاف الأمتار. مثال ذلك أن سطح قاعدة ما قبل الكامبري في البحر الميت تقع على عمق ١٠-١٢ كم تحت مستوى سطح الأرض في المنطقة بينما هي متكشفة على السطح (تكوين السرموج) أو قريبة من السطح شمال ذلك.

٣,٣,٣,٦ نظرية الإزاحة الأفقية Plate tectonics

من القائلين بهذه النظرية لارتيه الذي تكلم عن الحركة في الاتجاه المعاكس ثم كوينل وعدد كبير جداً من المشتغلين بتكتونية الصفائح منهم من زار المنطقة ومنهم من لم يزرها وإنما

حسب مقدار الحركة بناءً على معطيات نظرية فيزيائية. وسنعرض لبعض منهم عند تفصيل الحديث عن هذه النظرية.

تقضي هذه النظرية بأنّ الصفيحة العربية Arabian Plate (التي تشمل كلّ جزيرة العرب والأردن والعراق وسوريا عدا شمالها الغربي) تتحرك إلى الشمال شمال شرق بالنسبة لصفحة سيناء-فلسطين (التي تشمل سيناء وفلسطين ولبنان وشمال غرب سوريا وشرق البحر المتوسط). وتتمّ هذه الحركة على طول صدع البحر الأحمر - البحر الميت، وتصطدم بالصفحة الأناضولية في الشمال والشمال الشرقي. هذه الحركة تقضي بالضرورة أن يكون صدع البحر الميت جزءاً من الانهدام الإفريقي - السوري وأنّ الحركة التي تنشأ في خليج عدن والبحر الأحمر يجب أن تستمر شمالاً عبر صدع البحر الميت التحويلي، فيتحرك الأردن شمالاً بالنسبة لفلسطين (Gass 1980; Girdler 1983). وقد قدرّت كمية الحركة ١٠٧ كم (Quennell 1956) على الرغم من أنّ هناك من يقول بأنها ٧٠-٨٠ كم. ومن ثمّ وحتى نفهم طبيعة ما جرى في انهدام البحر الميت لابد من نظرة سريعة على الانهدام الإفريقي - السوري في جزئه الجنوبي أي في المحيط الهندي وخليج عدن والبحر الميت.

١. المحيط الهندي:

يوجد في غرب المحيط الهندي وشماله ظهر يعرف بظهر كارلسبرغ Carlsberg Ridge وعلى طول هذا الظهر تندفع صخور نارية قاعدية (بازلت) تؤدي إلى اتساع هذا المحيط باستمرار. وهو بهذا يشبه المحيط الأطلسي الذي يتسع في منتصفه على طول ظهر وسط المحيط الأطلسي Mid Atlantic Ridge، وكذلك المحيط الهادي الذي يتسع عند طرفه الشرقي قرب السواحل الغربية لأمريكا الجنوبية على مرتفع شرق المحيط الهادي East Pacific Rise. قد يكون من الضروري أن نذكر أنه بمقدار ما تتسع قيعان المحيطات على طول هذه الظهور بمقدار ما تستهلك في أماكن أخرى على أطراف المحيطات بحيث يبقى حجم الأرض ثابتاً.

بقي أن نذكر أنّ هذه الحركة في جميع المحيطات قد بدأت قبل ١٨٠ مليون سنة فقط أي منذ بداية العصر الجوراسي تقريباً. وهي ما زالت مستمرة حتّى الآن. والشكل (١٠-٦) يوضح ظهر كارلسبرغ وظهر وسط المحيط الأطلسي.

٢. خليج عدن:

يمتد خليج عدن في اتجاه شرق - غرب تقريباً (ENE - WSW). يلتقي مع البحر الأحمر عند مضيق باب المندب وينفتح على المحيط الهندي في الشرق. بدأ خليج عدن بالانفتاح والتشكل في نهايات العصر الكريتاسي - الإيوسين. وفي هذه المرحلة لم يكن الجزء الجنوبي من البحر قد تشكل بعد، ثم أعقب ذلك حركة أكثر أهمية في عصر الميوسين الأسفل (Picard 1970) التي أدت إلى تعميق خليج عدن وجعلته غوراً واضحاً. ثم جاءت الحركة الأخيرة التي ما زالت مستمرة في عصر البليوسين التي عمقت هذا الخليج وجعلت وسطه متصلاً بظهر كارلسبرغ المشار إليه في المحيط الهندي، حيث بدأت الصخور النارية القاعدية (البازلت) تتكون في منتصفه وبدأ يتسع بنفس طريقة اتساع قاع المحيط الهندي. وبعبارة أخرى فقد أصبح محيطاً صغيراً متصلاً بالمحيط الهندي. وحركة الاتساع في منتصفه تدفع جزيرة العرب (الصفحة العربية) إلى الشمال الشمال الشرقي أنظر شكل (٦-١٠).

٦. البحر الأحمر:

يمتد البحر الأحمر (بحر القلزم) على شكل شقّ بين شرقي إفريقيا وجزيرة العرب في اتجاه شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق (NNW - SSE). طوله بين نهاية سيناء وباب المندب ١٩٣٠ كم، وعرضه في الشمال (بالقرب من سيناء) ١٥٠ كم ويتسع إلى ٣٥٠ كم بين جيزان ومصوغ، ثم يضيق من جديد إلى ٣٠-٤٠ كم في مضيق باب المندب. ويتفرع منه في الشمال خليج السويس وخليج العقبة. وعند إجراء مقطع عرضي في البحر الأحمر يتضح أنه مكون من منخفض رئيسي (main trough) شاطئ ضحل ومتسع يتراوح عمقه بين ٦٠٠ - ١٠٠٠ م. وينتهي هذا المنخفض الرئيسي بأخدود مركزي (central trough) ضيق وعميق في منتصف البحر الأحمر ويمتد على طوله. عمقه يصل إلى ٢٢٠٠ م مقابل جدة - بور سودان. ومن ثم يبدو أنّ البحر الأحمر قد تشكل على مرحلتين (Burek 1974; Gass 1980):

أولهما: بدأت مع نهاية العصر الكريتاسي-البليوسين. ومن أدلتها وجود المستحاثات البحرية في رسوبيات الحجر الجيري في تكوين الشميسي في منطقة عسفان بالقرب من جدة وتكوين المكور Mukawar في جزيرة بالقرب من بورسودان. ومن دراسة مستحاثات هذين التكوينين تبين أنهما من نوع الكائنات التي كانت موجودة في البحر المتوسط (تيش) ومن ثم فقد استنتج أنّ خليج السويس قد كان مفتوحاً في تلك الفترة مما أدى إلى تدفق مياه بحر التيش إلى البحر الأحمر الأولي وغطى الأجزاء الشمالية والوسطى منه على شكل منخفض عريض غير عميق. واستمر هذا الحال حتى الإيوسين والأوليغوسين. وفي وقت لاحق من هذه الفترة أغلق كلياً أو جزئياً خليج السويس بواسطة الصدوع المستعرضة ولم يكن باب المندب قد فتح بعد فتح البحر الأحمر إلى سبخة عظيمة رسبت سماعات كبيرة من الملح الصخري والجبس (Gass 1980).

وثانيهما: بدأت منذ أواسط الميوسين قبل حوالي ١٥ مليون سنة حيث فتح باب المندب وتعمق خليج عدن وتدفقت مياه المحيط الهندي فغمرت البحر الأحمر حتى الإسماعيلية. دلّ على ذلك أنواع المستحاثات التي وجدت في رسوبيات تلك الفترة التي ترجع في طبيعتها إلى حياة المحيط الهندي. وفي هذه المرحلة وخاصة في فترة البليوسين (٥-٤ مليون سنة) تكوّن الأخدود المركزي للبحر الأحمر وبدأ البازلتي يتكون في منتصفه وبدأ يتسع دافعاً جزيرة العرب في اتجاه شمال شرق. وهذه الحركة هي امتداد الحركة التي بدأت في المحيط الهندي منذ زمن طويل في العصر الجوراسي (١٨٠ مليون سنة) وخليج عدن قبل ١٥ مليون سنة. وبهذا أصبح البحر الأحمر محيط جنين (Embryo Ocean) والحركة والاتساع ما زال مستمراً. والشكل (٦-١١) يوضح تضاريس البحر الأحمر.

٤. خليج السويس:

فشل خليج السويس (بالرغم من كونه الامتداد الطبيعي للبحر الأحمر) في أن ينقل الحركة التوسعية التي بدأت في المحيط الهندي فخليج عدن فالبحر الأحمر، فنقلها خليج العقبة على شكل حركة جانبية بلا توسع كما سنرى. ومن ثم فإن خليج السويس لا يعدو أن يكون خليجاً متسعاً نسبياً غير عميق حيث لا يزيد عمقه عن ٥٥ م تحت سطح البحر. كانت منطقة خليج السويس مغمورة بالمياه منذ أواخر الباليوزوي (الحقبة الأولى) (Karpoff 1960) وحتى نهايات الإيوسين حيث ترسب أكثر من ٧ كم من الرسوبيات. وهذا هو سبب وجود البترول

فيه وحوله. وفي أواخر الميوسين - بليوسين قطعت منطقة خليج السويس عن البحر المتوسط بالصدوع الشمالية الغربية وبقيت منطقة مرتفعة حتى غطتها مياه البحر الأحمر مرة أخرى في عصر البلايستوسين (Horowitz 1979). ويبدو أن الجزء الأعظم من رسوبيات خليج السويس تراكمت بين ٢٠ - ٥٠ مليون سنة أي في الميوسين (Gass 1980). والشكل ١٢,٦ يري كيفية تشكل خليج السويس.

٥. خليج العقبة:

وهو خليج ضيق عميق حيث يزيد عمقه على ١٨٠٠م (قارن ذلك بخليج السويس الذي لا يزيد عمقه على ٥٥م). ولقد بقيت منطقة خليج العقبة منطقة مرتفعة طيلة الحقبتين الأولى والثانية وحتى أواخر الحقبة الثالثة. دلّ على ذلك عدم وجود رسوبيات بحرية في هذه المنطقة حتى عصر الميوسين (أواخر الحقبة الثالثة) حيث وجدت هذه الرسوبيات عند جزيرة تيران التي تعدّ من البحر الأحمر وليس من الخليج نفسه. أمّا في منطقة الخليج فالرسوبيات البحرية هي من عصر البلايستوسين (١,٥-١ مليون سنة قبل الآن). ومن ثم وبعد أن فشلت الحركة الشمالية الشرقية للصفحة العربية أن تستمر على طول خليج السويس بدأ خليج العقبة في الانفتاح والتعمق فأصبح استمراراً طبيعياً للبحر الأحمر (Gass 1980)، فليس عجيباً إذن أن يكون عمقه قريباً من عمق البحر الأحمر (١٨٠٠م مقابل ٢٢٠٠م). يحدّ خليج العقبة بنظام من الصدوع الطويلة تقاس بعشرات الكيلومترات وتمتد في اتجاه شمال جنوب وتستمر في وادي عربة ويبدو أن أهمها صدع الريشة المشهور الذي يمتد بشكل مائل في وادي عربة ويستمر حتى شرق البحر الميت. أمّا الحركة على طول هذه الصدوع فإنها أفقية. لم يتكون البازلت بعد على قاع خليج العقبة رغم عمقه ولكن عمره الصغير نسبياً (١-١,٥ مليون سنة) هو السبب، فهو مقدمة لمحيط صغير سيأتي مع استمرار حركة الصفحة العربية وانفتاح البحر الأحمر (الشكل ٦-١٣). لوصف خليج العقبة أنظر طبوغرافية الأردن في نهاية هذا الفصل.

٦. صدع البحر الميت التحويلي

يتكون هذا الصدع من ثلاثة أجزاء واضحة هي:-
أ- وادي عربة في الجنوب ويمتد من العقبة حتى جرف خنيزيرة شمالاً.
ب- حوض البحر الميت يبدأ من جرف خنيزيرة جنوباً وحتى نهاية البحر الميت الشمالية.
ج- غور الأردن ويشمل جميع المنطقة التي يسير فيها نهر الأردن من سهل الحولة وحتى البحر الميت.
ويوضح الشكل (٦-١٤) الحركة في انهزام البحر الميت بشكل عام. بينما الشكل (٦-١٥) يوضح كيفية تشكل أجزائه الثلاثة.

صدع البحر الميت التحويلي ليس صدعاً واحداً بل صدعان:

يتجه صدع البحر الميت التحويلي جميعه تقريباً ١٥-٢٠ درجة شرق الشمال على الرغم من أنه في غور الأردن أقرب إلى الشمال ٥ درجات شرق الشمال. يتكون من صدعين واضحين (شكل ١٦,٦) هما:

الصدع الجنوبي منهما ويسمى صدع الريشة أو صدع وادي عربة الذي يبدأ من شمال غرب خليج العقبة ويعبر إلى الأردن في وادي عربة بعد قرابة ١٥ كم شمال الخليج. أي أن

هذا الصدع جميعه تقريبا في الجانب الأردني من وادي عربية. تماما كصدع غور الأردن. يقطع صدع وادي عربية هذا الوادي بشكل مائل نحو الجانب الشرقي مارا مثلا من مروحة وادي المهتدي على بعد ٢٥ كم شمال العقبة ثم يمر من قرية الريشة (ومن ثم الاسم) في وسط وادي عربية. ثم يصبح مساره قريبا من حافة الجبال الشرقية لوادي عربية. ثم يعبر حوض البحر الميت ليسير على الجانب الشرقي للبحر الميت حتى نهايته الشرقية الشمالية حيث ينتهي. ويمكن أن تلاحظ آثاره في أماكن عديدة في وادي عربية من مثل: الجزء المار مباشرة شرق جبل الخريج مروراً بقرية الريشة ثم إلى التل الممتد شمالا-جنوبا الواقع شمال القرية fault scarp. وقد توقفنا عند هذا الجزء مع ألبرت كوينل عام ١٩٨٣ في الرحلة الجيولوجية التي أعقبت المؤتمر الجيولوجي الأردني الأول. ومن آثاره الواضح أيضا عبوره الطريق إلى فينان أو قريقرة عند أول مرتفع قبل ظهور الغرائيت مشكلا pressure ridge صغير أو positive flower structure. وتستطيع أن ترى مجموعة من pressure ridges والمظاهر الأخرى مباشرة شمال منطقة ضحل في أقصى شمال شرق وادي عربية. وقد أراني الدكتور محمد عطاالله من جامعة اليرموك هذا الصدع قاطعا رواهص من البلايستوسين في أحد الأودية ٢ كم تقريبا شرقي جسر وادي خنيزيرة.

أما **الصدع الثاني** فهو **صدع وادي الأردن** الذي يبدأ من الطرف الجنوبي الغربي للبحر الميت ويسير على الجانب الغربي للبحر الميت ثم يعبر غور الأردن الجنوبي بشكل مائل ويخترق نهر الأردن بين أريحا والكرامة ويصبح بعدها على الجانب الشرقي من نهر الأردن في غور الأردن حيث يمر شرقي محذب غور الكتار (pressure ridge كبير) ثم يرى أثرا واضحا له في القرن (pressure ridge كبير) ويمر شرق بحيرة طبرية والحولة شمالاً. ولا يعنينا الحديث شمالاً (في لبنان وسوريا). واضح أن البحر الميت يحده صدعان واحد غربي وآخر شرقي. والحركة عليهما في اتجاهين متعاكسين أي إلى الشمال وإلى الجنوب. وقد تمّ تكوّن هذا الحوض بسبب الشدّ بين هذين الصدعين pull-apart basin. وسنصف البحر الميت وكيفية تشكله في حديثنا عن طبوغرافية الأردن في نهاية هذا الفصل.

بالإضافة إلى هذين الصدعين الرئيسيين فإن هناك عدداً كبيراً من الصدوع الموازية لصدع البحر الميت التحويلي التي تصنف ضمن هذا النظام من الصدوع أي S - N. وبالتالي تأخذ عمره الزمني. تستطيع أن ترى العديد منها عند السفر من الجبال الغربية حتى الانهدام كتلك التي تراها على طريق ناعور ومعظمها قصير ويمكن أن تسمى الصدوع السُّلْمِيَّة step - faults على اعتبار أنها تنقل المسافرين من الصخور الحديثة نسبياً إلى الصخور الأقدم في ما يشبه الدرج.

وأهم من ذلك مجموعة الصدوع الموازية لصدع البحر الميت التحويلي في جنوب الأردن. وهي صدوع رئيسية تستمر عشرات الكيلومترات. وقد سجل على بعضها حركة أفقية. ومن مثلتها:

- **صدع القويرة** 10°-5° N الذي يمر من غرب القويرة رافعا صخور القاعدة البريكمبرية مقابل صخور الباليوزوي. وهو صدع مهم يستمر مئات الكيلومترات من السعودية حتى فينان شمال غرب البتراء. وقد سجل برجوس ومقبل (١٩٩٠) رمية عمودية تصل ١٥٠٠ م في أجزائه الشمالية. وقد أكد الباحثان وجود الكثير من المظاهر المؤيدة لأنه أيضا صدع أفقي strike-slip وأن مقدار الحركة الأفقية عليه بلغت ٤٠ كم. ويميلان إلى أنه موروث من تكتونية ما قبل الكمبري تجدد نشاطه مرات عديدة.

- صدع وادي رحمة الذي يرى بوضوح في الخريطة الجيولوجية مشكلا وادي رحمة الموازي لوادي عربية وليس متعامدا معه. وقد سجل أبو طعيمة (١٩٨٨) حركة أفقية عليه.
- صدع غرندي-وادي أبو برقة الذي يقع إلى الشرق قليلا من صدع رحمة. وعليه حركة أفقية في رأي أبو طعيمة (١٩٨٨).
- مجموعة الصدوع الواقعة على الأودية الموازية لوادي رم. مثل صدع رم وصدع وادي الرمان إلى الغرب منه وغيرها.
- مجموعة من الصدوع في منطقة الشوبك يبدو أنها جميعها تحمل حركة أفقية يسارية من مثل: صدع وادي موسى وصدع البتراء وصدع بير خداد وصدع وادي الثغرة وصدع وادي السكاكين. وجميعها شرق صدع القويرة (برجوس ومقبل ١٩٩٠).
- مجموعة الصدوع الطويلة الموازية لخليج العقبة وهي خارج حدود الأردن ومعظمها في سيناء.
- قد يكون مهما أن نذكر أن في الكثير من أجزاء وادي عربية-البحر الميت-غور الأردن توجد الصدوع الحدودية border faults التي تكون الحد بين أراضي الانهدام والجبال. وعلى هذه الصدوع تقع الحركة العمودية التي أدت وما زالت إلى عملية الخفض والرفع.
- بعض هذه الصدوع التي وصفناها قبل قليل تسير مسافة مع الانهدام ثم تخرج منه منحرفة إلى الشمال الشرقي في شكل أهلة (شكل ٦-١٦).

مقدار الحركة وسرعتها

يبدو أن هناك نوعا من الإجماع على أن هذا الانهدام قد تشكل بسبب حركة شرقية الأردن شمالاً مسافة ١٠٧ كم بالنسبة لفلسطين كاستمرار لحركة التوسع التي بدأت في الجنوب في خليج عدن والبحر الميت. وهذه الحركة قد تمت على مرحلتين: أولاًهما: ومقدارها ٦٢ كم حصلت في عصر الميوسين أي قبل ١٧-١٥ مليون سنة. وثانيهما وهي ٤٥ كم قد تمت (وما زالت مستمرة) في البليو-بلايستوسين (عابد ١٩٨٢, Quennell 1956, Freund et al., 1970, Girdler 1983 وغيرهم كثير). أي منذ قرابة ٥ مليون سنة. وقد يعني هذا أن نشاط الصدع الحركي لم يكن مستمرا بالوتيرة نفسها باستمرار. وقد اعتبرت الفترة البينية بين مرحلتي النشاط بالطور السلبي (Girdler and Southern 1987).

هذا الإجماع الذي تحدثنا عنه في جنوب بلاد الشام (أي ١٠٧ كم) يصبح مشكلة في شمال غرب سوريا حيث مقدار الحركة على صدع البحر الميت التحويلي لا يزيد على ٢٥ كم كما قيست على حرات البازلت على جانبي الصدع. وقد ذكرنا عند حديثنا عن طيات تدمر أنه يمكن تفسير وجود ٢٠ كم من تقصير القشرة الأرضية في عملية الطي التدمري. يبقى قرابة ٦٥ كم تحتاج إلى تفسير.

أما سرعة الحركة الأفقية على صدع البحر الميت التحويلي فلا يوجد رقم واحد متفق عليه. إلا أنك لو استعملت ٠,٥ سم في السنة فستكون قريبا من الحقيقة. على أي حال فلقد ذكرت الأرقام التالية في بعض النشرات العلمية. فلقد حسب غارفونكل وآخرون (١٩٨١) سرعة الحركة منذ ١٥٠٠ سنة حتى الآن فكانت عندهم ٠,١٣-٠,٣٥ سم/سنة بينما كانت عندهم ٠,٧٠-١,٠٠ سم/سنة في الملايين الخمسة الماضية. وقد قدرت السرعة في مرحلة البليو-

بلايستوسين ٠,٣٥-٠,٧٥ سم/سنة (Zak and Freund 1970 Freund et al., 1966). وقد قدرها زهير العيسى وحكم مصطفى (١٩٨٦) بمقدار ٠,٦٤ سم/سنة من دراستهم على الزلازل التي استنتجوها من تكوين اللسان. ومن دراسة أعمار البازلت قدرت سرعة المرحلة الأولى بمقدار ٠,٤ سم/سنة والمرحلة الثانية ٠,٩ سم/سنة (Barberi et al., 1979; Steinitz et al., 1978). ولك أن تحسب ذلك بنفسك إن شئت.

معدل الخفض/الرفع Rate of subsidence

غني عن القول أن فلسطين والأردن كانتا على السوية نفسها عندما كانتا تشكلان قاع الرف القاري لبحر التيثس في أواخر الإيوسين. ثم بدأ انفتاح هذا الانهدام في أواسط الميوسين وحدد عمره بناء على العلاقات الطبقيّة والترسيب وخاصة ترسيب تكوين ضانا (الحصب) المصاحب لعملية انفتاح الانهدام. أي تقريبا قبل ١٧-١٥ مليون سنة مضت. ومن الصعب أن تضع تاريخا مطلقا أفضل من ذلك. وما زالت العملية مستمرة حتى أنتجت هذا الأخدود العظيم الذي نراه اليوم.

يتحكم في معدل عملية خفض قاع الانهدام وعملية رفع الجبال المحيطة به مجموعة من العوامل قد تتضح طبيعتها من التساؤلات التالية:

- هل كان هذا المعدل ثابتا طوال هذه الفترة أي بالمقدار نفسه؟
- ثم هل كانت هذه العملية منتظمة طوال هذه الفترة بمعنى أنها لم تتوقف؟
- ثم هل هي بالمقدار نفسه في جميع أجزاء هذا الانهدام؟

دعنا نحسب الهبوط في منطقة البحر الميت حتى نلغي الحديث عن اختلاف الهبوط مع اختلاف الأجزاء. ثم دعنا نفترض أن معدل الهبوط كان منتظما وثابتا. فإذا علمنا أن سمك الروبيات التي تجمعت في حوض البحر الميت بعد انفتاحه هو ٧ كيلومترا تقريبا وأنها قد تجمعت في مدى ١٥ مليون سنة، فإن معدل الهبوط هو تقريبا ٠,٥ ملم/السنة. أي ما يعادل ١٠ % من سرعة الحركة الأفقية على صدع البحر الميت التحويلي. وقد وجدت الأرقام التالية منشورة (Niemi 1997):

٠,٥٢ ملم/سنة	حوض الحولة منذ ٤٠٠ ألف سنة
٠,٥-٧٥ ملم/سنة	حوض الحولة منذ ٤ مليون سنة
٠,٢١ ملم/سنة	حوض طبرية بين ٦٠٠ ألف-٤ مليون سنة
١,٥٦-٣٥,٢ ملم/سنة	حوض طبرية في البلايستوسين
٣,٧٥ ملم/سنة	البحر الميت منذ ١,٦ مليون سنة
٠,٨٣ ملم/سنة	إلى الشمال من البحر الميت في الهلوسين

هذه الأرقام أخذتها نيمي من عدد من الباحثين. ويبدو أن الاختلافات مردها اختلاف الزمان والمكان. غير أنها جميعها ليست بعيدة عن الرقم الذي حسبناه دون دقة كبيرة وبرغم ذلك فإنه مقبول لدى الباحثين كمعدل للهبوط على صدع البحر الميت حسب افتراضاتنا السابقة.

٧. أدلة الحركة الأفقية:

نورد هنا بعضاً من أدلة أصحاب هذه الحركة بقصد تدعيم ما نكتب وليس بقصد الشمول والاستقصاء حتى لا يطول بنا المقام.

أ- الدليل الأكثر أهمية هو أنّ صدع البحر الميت جزء من الانهدام الإفريقي- السوري. ومن ثم فإن الحركة التي بدأت في المحيط الهندي فخليج عدن فالبحر الأحمر فخليج العقبة لا بد أن تستمر في انهدام البحر الميت. ولا معنى لانتساع البحر الأحمر وخليج عدن ومن ثم حركة صفيحة العرب شمال شمال شرق دون تحريك شرقي الأردن (كجزء من هذه الصفيحة) على طول صدع البحر الميت.

ب- ومما يدعم هذا الذي ذهبنا إليه في " أ " حدوث الزلازل باستمرار على طول انهدام البحر الميت (Barazangi et al., 1993). وسنعرض لهذا الموضوع بشيء من التفصيل في نهاية هذا الفصل.

ج- عدم تطابق السحانات الصخرية lithofacies على جانبي الانهدام إلا إذا أعدنا تحريك شرقي الأردن (Quennell 1956) ١٠٧ كم نحو الجنوب. وبهذا تصبح السحانات الصخرية المتشابهة متقابلة ومن ذلك:

♦ تتكشف صخور ما قبل الكامبري على الجانب الشرقي لوادي عربية حتى غور الصافي أي ١٧٠ كم شمال العقبة، أمّا على الجانب الغربي فتصل انكشافات هذه الصخور حتى منطقة وادي المنيع (تمناع) على بعد ٣٠ كم شمال المرشرش.

♦ توجد الصخور المتحولة عالية الدرجة في وادي أبو برقة ووادي أم سيالة على الجانب الشرقي لوادي عربية على بعد ٨٠-٩٠ كم شمال العقبة، بينما هي في الجانب الغربي في منطقة المرشرش وطابا (Jarrar 1984). أنظر بدايات الفصل الأول من هذا الكتاب.

♦ صخور العصر الكامبري البحرية تبدأ في الظهور على الجانب الشرقي بين وادي ضانا ووادي أبو خشبية (١٤٠-١١٠) كم شمال العقبة بينما تبدأ في الظهور على الجانب الغربي في منطقة وادي المنيع (تمناع) ٣٠ كم شمال المرشرش.

♦ خامات النحاس والمنغنيز على الجانب الشرقي تقع في وادي أبو خشبية ووادي ضانا - فيدان (١٠ و ١٤٠ كم شمال العقبة) بينما هي موجودة في وادي المنيع على الجانب الغربي.

♦ بدايات ظهور صخور العصرين الجوراسي والترياسي البحرية على جانبي الانهدام أيضاً غير متطابقة. بل هي في الأردن أكثر من ١٠٠ كم شمالاً.

د- عدم تطابق بعض التراكيب والوديان والصدوع إلا إذا حركنا الأردن ١٠٧ كم شمالاً (Freund et al., 1970; Quennell 1956). ومن ذلك على سبيل المثال:

- ♦ يتطابق صدع الحمرة شمال المرشرش مع صدع الشوبك بهذه الحركة.
- ♦ يتطابق صدع المالحه - العريف مع صدع السرحان بهذه الحركة.
- ♦ يتطابق صدع الرمان في الغرب مع صدع زرقاء ماعين في الشرق بهذه الحركة. شكل (٦-١٦).
- ♦ كما أنّ عدداً من الأودية الرئيسة أيضاً تتطابق بهذه الحركة (شكل ٦-١٧).

هـ- وجود حركة أفقية على كثير من الصدوع. غير أنّ هذه الحركة لا تعدو أن تقاس بالأمطار وليس بالكيلومترات. وأكبر حركة أفقية حديثة قيست على صدع في الانهدام هي ٥٠ م (Zak and Freund 1966).

و- في الآونة الأخيرة وبعد ترسخ فكرة الصدع التحويلي فقد نشط البحث فيما يعرف بالتكتونية النشطة *active tectonics* التي تدرس المظاهر الحديثة التي يصنعها الصدع في الرسوبيات في أثناء نشاط حركته الأفقية (Niemi an Ben-Avraham 1997 ، مصدوق التاج أطروحة دكتوراه ٢٠٠٠، محمد عطا الله في الميدان، 1999 Galli). ومن المظاهر المشهورة التي وجدت على طول الصدع في وادي عربة وغور الأردن نذكر على سبيل المثال : *pressure ridges, sag ponds, dog leg, negative and positive flower* و *pull-apart basins* . وجميعها منسجمة مع التجريب الذي أجري على ما يشبه صدوع التحويل في المختبرات. وكأمثلة فقط على هذه المظاهر التكتونية النشطة نذكر حوض سحب في مروحة وادي المهدي وحوض سحب غرندل وظهر تضاعط جبل الريشة وعدد من الزهرات بين جرف خنيزيرة وضحل وحوض سحب البحر الميت وعدد من الزهرات بين شمال البحر الميت وغور الكتار وظهر تضاعط غور الكتار وظهر تضاعط القرن وحوض سحب الحولة وظهر تضاعط جبال لبنان... الخ. هذه المظاهر لا تدع مجالاً للشك في وجود الحركة الأفقية اليسارية على طول صدع البحر الميت التحويلي. ومما يجب ذكره هنا أنه باستثناء الدليلين أ و ب فإن أنصار الحركة العمودية (*graben* tectonics) يفسرون جميع الظواهر الجيولوجية التي أوردت كأدلة على الحركة الأفقية بطريقة أخرى من مثل أشكال الشواطئ في العصور القديمة وغيرها مما لا مجال في الدخول فيه هنا (بندر ١٩٧٤، فتزل ومورتون ١٩٥٩). وكخلاصة، فإن معظم الأدلة الآن لصالح نظرية الحركة الأفقية. وأن الحركتين اللتين حدثتا في البحر الأحمر قبل ١٥ و ٥ مليون سنة قد ترجمتا شمالاً على صدع البحر الميت التحويلي بمقدار ٦٢ كم و ٤٥ كم على الترتيب أو ما مجموعه ١٠٧ كم.

٦,٤ صدع البحر الميت شمالاً وعلاقة الصفيحة العربية بالصفيحة الأناضولية:

قلنا قبل قليل أن صدع البحر الميت التحويلي يقوم بتحويل حركة التوسع في البحر الأحمر إلى حركة جانبية على طول هذا الصدع إلى أن تصدم الصفيحة العربية بصفيحة أناضوليا. وبعبارة أخرى فإنه يصل بين خط التوسع في البحر الأحمر ومنطقة التصادم في جنوب تركيا. كان واضحاً جداً أن مقدار الحركة اليسارية على صدع البحر الميت التحويلي في جنوب بلاد الشام (منطقتنا) هو ١٠٧ كم. غير أن الصورة تصبح معقدة في شمال بلاد الشام. يسمى جزء صدع البحر الميت التحويلي شمال الحولة أي في لبنان وسوريا بصدع اليامونة *Yammouneh Fault* الذي يمر في سهل البقاع ثم سهل الغاب في شمال غرب سوريا (شكل ١٨,٦ أ). المسألة هنا أن أحداً من العاملين لم يستطع أن يثبت وجود ١٠٧ كم حركة يسارية على هذا الصدع. والرأي السائد الذي عليه الدليل أنه لا يمكن أن نرى أكثر من ١٠-٢٠ كم حركة يسارية مقاسة بتحريك البازلت النيوجيني في أقصى الشمال. وليس هناك دليل آخر على ذلك. حتى أن الأدلة تشير مثلاً إلى عدم تحرك صخور الكريتاسي الأسفل على جانبي الصدع (Darkal et al., 1990). وأذكر أنني سألت فردريك بندر بعد محاضرتته التي ألقاها في المؤتمر الجيولوجي الأردني الأول عام ١٩٨٢ حيث ذكر أنه يقبل بحركة يسارية أفقية لا تزيد على ٣٥ كم في منطقتنا، سألناه وماذا تقول في الأدلة القوية لصالح حركة ١٠٧ كم؟ كان جوابه عندما تفسرون أين ذهبت هذه الكيلومترات المائة في شمال سوريا أتبع رأيكم. وحتى هذه اللحظة لم أقرأ من استطاع تفسير ماذا جرى شمالاً.

فسر بعضهم وجود ٢٠ كم في طيات تدمر وصدوع الدفع فيها وغيرها من طرق تقصير القشرة ((Al-Saad et al., 1990 و McBride et al., 1990 و Chaimov et al., 1992 و Al-Saad and Sawaf 1993)). ويعتقد Darkal et al., (١٩٩٠) أيضا أن معلوماتنا عن طيات تدمر ليست كافية لتفسير مقدار استهلاك الحركة الناتجة عن صدع البحر الميت جنوبا. وقد يذهب جزء من الحركة على صدع الروم الذي يتفرع إلى الشمال شمال غرب من شمال الحولة. وقد يذهب جزء منها في طبي جبال لبنان التي هي ظهر تضاعط pressure ridge بسبب انحناء صدع اليا مونة يمينا.

تستمر حركة الصفيحة العربية في اتجاه الشمال تقريبا على طول صدع اليا مونة في البقاع حتى نهاية سهل الغاب في شمال سوريا إلى أن يلتقي في جنوب تركيا بصدع شرق الأناضول East Anatolian Fault الذي يتجه شمال شرق-جنوب غرب (شكل ١٨,٦ ب). تتحرك الصفيحة العربية على هذا الصدع في اتجاه شمال شرق بالنسبة للأناضول أو إن شئت تصطدم بها بينما تتحرك تركيا نحو الغرب (بيضون ١٩٧٧، Dixon and Robertson 1984). ثم يلتقي صدع شرق الأناضول عند أقصى شمال شرق تركيا بصدع شمال الأناضول North Anatolian Fault الذي يسير غربا ويمر من شمال مدينة إسلامبول (إستنبول). وقد حدث على هذا الصدع زلزال قوي شمال إسلامبول عام ١٩٩٩ أدى إلى تدمير عدة مدن وقتل قرابة ٤٠ ألف نسمة. تتحرك تركيا على هذا الصدع الشمالي نحو الغرب. ومن ثم فإن تركيا مضطرة للحركة غربا تحت ضغط الصفيحة العربية عليها في أثناء التصادم. ورغم أن بعض الجيولوجيين يعتقدون باستهلاك الصفيحة العربية تحت أناضوليا Subduction إلا أن الرأي السائد هو ما ذهبنا إليه قبل قليل.

يبدو أن الصفيحة العربية (مع إفريقيا) ظلت تغوص تحت صفيحة أوراسيا منذ أواسط حقبة الميوزوي مما أدى إلى خلق رف قاري كبير ترسبت فيه الرسوبيات البحرية الجيرية على التخصيص على الصفيحة العربية حتى الإيوسين في بحر التيثس. وفي أواخر الإيوسين بدأ التصادم بين الرأس الغائص من الصفيحة العربية مع أوراسيا مما أدى إلى التحامهما أولا في المنطقة التركية ونشوء ما يعرف بدرز بتلس Bitlis suture. ثم استمر الالتحام فنشأ درز زاغروس Zagros suture نحو الشرق والجنوب الشرقي (شكل ١٩,٦). ومنذ الإيوسين الأعلى والتصادم مستمر وعملية الرفع وزيادة سماكة القشرة في هذه المنطقة مستمرة حتى أغلق بحر التيثس نهائيا (بيضون ١٩٩٣، Hempton 1987).

٥,٦ تطور الأردن عبر التاريخ الجيولوجي Evolution of Jordan

في الفصول السابقة من هذا الكتاب تحدثنا عن تفاصيل الأحداث الجيولوجية التي مر بها الأردن عبر العصور الجيولوجية جميعها. إلا أننا في هذا العنوان سنحاول التعميم. فنتجاوز عن هذه التفاصيل ونضعها في سياق أحداث وظروف كبرى استمرت فترات طويلة نسبيا مما يجعل تذكرها والتعامل معها أكثر يسرا وسهولة.

١,٥,٦ مرحلة الدرع العربي ٩٥٠-٥٥٠ مليون سنة

وصفنا تفاصيل تطور هذه المرحلة في نهاية الفصل الأول. وباختصار فإن الدرع العربي قد بدأ في التكون قبل ٩٥٠ مليون سنة. وقد ترسخ من خلال التصاق مجموعة من أقواس

الجزر المحيطية بين ٩٥٠-٦٤٠ مليون سنة تقريبا. ويمكن أن ترى مناطق الالتصاق من خلال وجود أحزمة الأفويليت التي قسمت الدرع العربي إلى خمسة أجزاء وصفناها بالتفصيل في حينه. ثم تعرض الدرع العربي إلى نشاط صدوع نجد ٦٤٠-٥٤٠ مليون سنة تقريبا. وقد كونت أحواضا ومرتفعات أدت إلى نشاط كبير للحت والترسيب في هذه الفترة. وقد عزونا الرسوبيات الفتاتية السميكة في تكوين السرموج وما يعادلها مثل رواهص الحمامات في الصحراء الشرقي بمصر ورواهص جيلة في شمال غرب السعودية إلى الأحواض التي خلقتها صدوع نجد. عمر هذه الرسوبيات هو تقريبا ٦٠٠ مليون سنة. وفي الأحواض نفسها أو أحواض مماثلة توضع رسوبيات فتاتية سميكة أيضا بعد ذلك (Infracambrian) أو تقريبا ٥٤٠ مليون سنة من مثل فتاتيات أم غضاة في الأردن وما يقابلها تكوين سيناف في فلسطين. ولا نشك أن مثل هذه الأحواض قد استقبلت رسوبيات الكمبري الأسفل في المنطقة كلها. نضيف إلى كل ذلك أن فترة نشاط صدوع نجد قد رافقها أيضا نشاط مغماتي تمثل في بعض أنواع الغرائيت خاصة القلوي منه والصخور البركانية المماثلة في التركيب التي بقيت نشطة حتى ٥٤٠ مليون سنة في الأردن وما جاورها. وقد تكون آخر أحداث تلك المرحلة جميعها هو عملية الحت القوية التي أدت إلى تسوية سطح القاعدة البريكمبرية خاصة في جنوب الأردن. بقي أن نذكر أن صخور الدرع العربي المكتشفة في جنوب الأردن موجودة أيضا تحت جميع الأردن كما ثبت في آبار البترول مثل بئر الصفرا جنوب شرق عمان وبئر صويلح قرب عمان. الشكل ٢٠,٦ يوضح تضاريس سطح القاعدة وأعماقها في الأردن (بندر ١٩٧٤).

٢,٥,٦ إنفراكمبري-كربوني Infracambrian-Carboniferous ٥٤٥-٣٥٤ مليون سنة
كانت جزيرة العرب (والأردن) وتركيا وإيران والهند وأفغانستان كمجموعة تشكل الجزء الشمالي لقارة غوندافانا العظيمة مكونة الرف القاري لمحيط التيثس القديم. وقد كان هذا الرف ذا مساحة كبيرة جدا متاخلا في بعض أجزائه مع الكتل القارية epeiric مستقرا لكنه يبدي شيئا من عملية الخفض المستمرة. ومن ثم فقد كان الترسيب في كثير من أجزائه متأثرا بارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر وقرب المكان أو بعده من الكتل القارية. نضيف إلى كل ذلك الأحواض التي أنشأتها صدوع نجد التحويلي في صخور الدرع. وبالتالي فليس غريبا أن تكون الرسوبيات الفتاتية القارية (رواهص وصخور رملية) هي المسيطرة في قيعان هذه الأحواض خاصة قرب الدرع مثل تكاوين أم غضاة وسلب وأم عشرين والديسي في الأردن وسيناف وما يعادله من الكمبري في فلسطين وتكاوين فاطمة وجيلة والساق والقيورة في السعودية في شمال غرب السعودية. وقد كانت رسوبيات التبخرات هي السائدة بعيدا عن الدرع كما في جنوب غرب إيران (تبخرات هرمز). ولا ننسى أن نذكر تقدم البحر من الشمال ليرسب بعض صخور الكربونات في وسط هذه الرسوبيات مثل تكوين البرج في الأردن. غير أن الترسيب يبقى نهريا في أساسه. ثم أصبحت مياه الرف القاري في جزيرة العرب وإلى الغرب في الشمال الإفريقي باردة temperate وغزت مياهه منطقتنا بحيث أصبح الترسيب بحريا ضحلا أو عميقا نسبيا طوال الأردوفيشي وأوائل السيلوري. وعند نهاية الأردوفيشي خضعت المنطقة لأحداث عملية جليدية galcial event (تكوين عمار في جنوب الأردن وتكوين سارة وزرقا في السعودية). وما أن بدأ السيلوري حتى ذاب الجليد وغمرت مياه البحر المنطقة بارتفاع كبير h ighstand رسبت صخورا طينية غنية بالمادة العضوية التي أصبحت صخورا مولدة

للنفت فيما بعد (عضو بترا من تكوين المدورة في الأردن وتكوين قصيبة في السعودية). عاد البحر بعدها إلى وضع الرف القاري الضحل في منطقتنا الذي استمر حتى ترسيب العصر الديفوني في منطقة تبوك في السعودية وشمال شرق سوريا والعراق (شكل ٢١,٦) وفي العصر الكربوني حدثت الحركة الهرسينية Hercynian Orogeny التي أدت إلى إزالة معظم رسوبيات هذه المرحلة بشكل متزايد نحو الشمال الغربي في الأردن وفلسطين وما جاورهما. وهذه هو سبب عدم وجود رسوبيات العصر الكربوني في المنطقة. وقد تحدثنا عن هذه الحركة بالتفصيل في الفصل الثاني من هذا الكتاب.

٣,٥,٦ مرحلة البرمي-الكريتاسي الأسفل ٢٤٨-١٠٠ مليون سنة

عاد الترسيب إلى المنطقة في العصر البرمي. إلا أنه كان قاريا في الأردن. غير أن الصورة الإقليمية لهذا العصر أنه قرب نهايته انفصلت الكتل القارية لوسط وشمال غرب إيران عن شمال شرق الكتلة القارية العربية على درز suture زاغروس وانفتح بذلك محيط التيثس الجديد Neo-Tethys الذي أصبح في حقبة الميزوزوي محيطا كبيرا يمتد في اتجاه شرق-غرب فاصلا بين قارتي غوندفانا في الجنوب ولوراسيا في الشمال. على أي حال مازلنا في قارة غوندفانا. ويبدو أن المنطقة جميعها أصبحت مدارية. ساد الترسيب البحري الكربوناتي في العصر البرمي في كثير من أجزاء هذا الإقليم ولكن ليس في الأردن إلا بقدر ضئيل في شماله الغربي. أما في الترياسي والجوراسي والكريتاسي الأسفل فقد ساد جزيرة العرب وما جاورها رف قاري عظيم مداري رسب سماكات كبيرة من الكربونات مع فترات من الرسوبيات القارية النهرية والدلتائية. لم يحدث الأمر في الأردن حيث طغت الرسوبيات الفتاتية الرملية مع بعض الكربونات المتواضعة إذا ما قيسست بما يعادلها في المناطق المجاورة. ويبدو أننا في الأردن كنا قريبيين من أطراف القارة النوبية العربية وبالتالي على أطراف الرف القاري ومن ثم الأحواض التي رسبت هذه الكربونات السمكية. وقد توقف ترسيب الكربونات كلية تقريبا في الأردن وما جاورها في معظم فترة الكريتاسي الأسفل (مجموعة الكرنب) على الرغم من استمراره في المناطق البعيدة عن الدرع مثل الإمارات وغرب إيران وشمال غرب العراق.

٤,٥,٦ سينوماني-إيوسين ١٠٠-٣٤ مليون سنة

يتميز العصر السينوماني بارتفاع كبير في مستوى سطح البحر على مستوى الأرض جميعها. ويبدو أن سبب ذلك ارتفاع درجة حرارة جو الأرض في الكريتاسي الأوسط (سينوماني-توروني) بحيث لم يكن هناك جليد في أقطاب الأرض آنئذ بل ذاب جميعه فارتفع مستوى سطح البحر وغطى مناطق كبيرة من سطح القارات. وفي منطقتنا تقدم البحر فغطى بلاد الشام جميعها وما جاورها. وأصبحت منطقتنا جزءا من الرف القاري الجنوبي لبحر التيثس الجديد. وقد كان الرف متسعا وغير عميق epeiric وضمن المنطقة المدارية المنتجة لرسوبيات الكربونات. ومن ثم سادت رسوبيات الحجر الجيري والمارل والدولوميت في السينوماني والتوروني (مجموعة عجلون). ثم أصبحت المنطقة عرضة للتيارات الصاعدة الباردة التي أدت إلى ترسيب الصوان والفوسفات والصخر الزيتي مع الحجر الجيري والمارل والطباشير (مجموعة البلقاء). استمر هذا الوضع الأخير حتى الإيوسين الأعلى تقريبا حيث اضطر بحر التيثس إلى مغادرة المنطقة كما سنرى (شكل ٢٢,٦).

تأثرت منطقتنا في هذه المرحلة بحركات التضاضات الناتجة عن حركة إفريقية ومعها الصفيحة العربية شمالا. كذلك فإن هذه الفترة شهدت دفع جزء من قاع المحيط ophiolite على الرف القاري في سلطنة عمان وشمال غرب سوريا. وقد كان ذلك أوضح ما يمكن بين التوروني والماسترختي. ويبدو أن عمليات التضاضات هذه أدت إلى نشوء نظام طيات القوس السوري الذي وصفناه سابقا. وقد نتج عن عملية التضاضات أيضا مرتفعات ومنخفضات في قاع الرف القاري بحيث لم يكن قاع البحر مستويا كما هي الحال في الرفوف القارية للبحار والمحيطات الحالية. وقد أدت هذه الطبوغرافية القديمة مع وجود التيارات الصاعدة إلى ترسيب كميات كبيرة من الفوسفات والصخر الزيتي في هذه الأحواض كحوض الشديدة وحوض الرصيفة وحوض الكورة في الأردن وأحواض مشابهة في تدمر بسوريا والنقب الشمالي بفلسطين وطريف وثنيات طريف في شمال غرب السعودية والقعرة في غرب العراق ومثلها في سيناء وكذلك في جنوب مصر.

٥,٥,٦ إيوسين أعلى- الآن ٣٤- صفر مليون سنة

وفي الإيوسين الأعلى بدأت عملية رفع واضحة أنتت أكلها في عصر الأليغوسين. لقد انحسر البحر في أعلى الإيوسين الأعلى وأصبحت شواطئه عند السفوح الغربية لجبال فلسطين. ويبدو أن سبب عملية الرفع ائد إلى وصول الصفيحة العربية (ما زالت مع إفريقية) إلى صفيحة أنضوليا وبدأ التصادم فنهضت المنطقة الداخلية في الصفيحة العربية. وبانحسار البحر عن بلاد الشام الداخلية وغرب العراق أصبحت منطقة قارية حتى الآن فانقطع الترسيب البحري وساد الحث المصاحب لعملية الرفع. وبالتالي فإننا لا نجد رسوبيات بحرية تابعة لما بعد الإيوسين في الأردن. ويبدو أن المناطق المنبسطة الشرقية في الأردن تمثل قاع الرف القاري في الإيوسين الأعلى-الأوسط (كوينل ١٩٥٨). أما في الأليغوسين فقد استمرت عملية الرفع بل أصبحت هي السائدة بحيث يعرف هذا العصر بعمليات الرفع فيه واستمر تصادم الصفيحة العربية مع الأناضولية وارتد البحر أكثر إلى الغرب. أما في الشمال فما زالت بقايا بحر التيثس موجودة في شمال سوريا-شمال العراق- ثم إلى الخليج العربي الفارسي.

وفي أواسط الميوسين انفصلت الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية بعد تكون صدع البحر الميت التحويلي وانفتاح البحر الأحمر وخليج عدن. واتضحت حدود الصفيحة العربية كما نعرفها اليوم. وأغلق الاتصال (ليس كلية) الشمالي بين الخليج العربي الفارسي والبحر المتوسط بسبب هذه الحادثة وعمليات الرفع المصاحبة للتصادم (شكل ٢٣,٦). ويتفق كثير من الباحثين على تحرك الأردن ٦٢ كم شمالا بالنسبة لفلسطين في هذا العصر. فأصبح صدع البحر الميت التحويلي منخفضا طويلا بدأت الرسوبيات القارية والبحيرية بالتجمع فيه على الرغم من اتصاله بالبحر المتوسط عبر خليج عكا لترسيب تكوين الطيبة في شمال غرب الأردن وتكوين بحرية أخرى قرب طبرية وشمالها كما تحدثنا في فصل سابق. وفي هذا العصر في الأردن بدأ النشاط البركاني الذي استمر حتى البلايستوسين الأعلى وحتى العصور التاريخية في مناطق مجاورة أي مصاحبا لتكون صدع البحر الميت التحويلي. نذكر هنا أن النشاط البركاني في جزيرة العرب قد بدأ منذ بدايات الأوليغوسين. ومن المظاهر المهمة التي نشأت في الميوسين الصدوع الشمالية الغربية مثل صدع الكرك- الفيجا وخسف وادي السرحان graben.

وفي عصر البليوسين ازداد صدع البحر الميت التحويلي انخفاضاً وجبال الأردن وفلسطين ارتفاعاً واستمرت عمليات الحث لهذه الجبال وأصبح نظام الصرف داخلياً أي ليس للبحر المتوسط. ويبدو أن منطقة البحر الميت ما زالت على اتصال بالبحر عن طريق خليج عكا لترسيب أملاح تكوين أصدوم. غير أن استمرار رفع جبال فلسطين قطع الاتصال مع البحر نهائياً قبل عصر البلايستوسين. وفي عصر البليوسين وحتى الآن حدث التحرك الثاني للأردن شمالاً مسافة ٤٢ كم. والصورة في البلايستوسين لا تختلف كثيراً عما نراه اليوم.

6.6 تضاريس الأردن

سنصف تحت هذا العنوان مظاهر السطح الرئيسية في الأردن مع تفسير لسبب حدوثها. والمظاهر الطبوغرافية الرئيسية هي من الغرب كما في شكل ٢٥,٦

- صدع البحر الميت التحويلي
- جبال الأردن الغربية
- الهضبة الأردنية
- الهضبة البازلتية أو حرّات الشام
- الصحراء الرملية الجنوبية

١,٦,٦ صدع البحر الميت التحويلي

وهو أكثر التضاريس وضوحاً، يمتد جنوباً-شمالاً من خليج العقبة وحتى جبال طوروس. قد لا تعيننا الأجزاء الشمالية منه. ومن ثم فإنه يمكن الحديث عن أربعة أجزاء طبوغرافية هي من الجنوب إلى الشمال:-

- خليج العقبة
 - وادي عربة
 - منخفض البحر الميت
 - وادي الأردن الذي يشمل منخفض الحولة والغور وبحيرة طبرية والغور الأوسط.
- والشكل (٢٤,٦) يُري مقطع شمال جنوب على طول هذا الانهدام يوضح أجزاءه. بينما يوضح الكل ٢٥,٦ تضاريس الأردن.

١,١,٦,٦ خليج العقبة

أسلفنا الحديث حول نشأة خليج العقبة في بداية هذا الفصل. فهو جزء من الانهدام الإفريقي-السوري. طوله ١٧٠ كم وعرضه يتراوح بين ١٤ - ٢٦ كم. إمّا عمقه فيصل إلى ١٨٣٠ م وهو بهذا العمق لا يختلف كثيراً عن أعماق نقاط البحر الأحمر ٢٢٠٠ م قبالة جدة. وهو خليج ضيق جداً بالمقارنة مع عمقه. رفه القاري ضيق جداً لا يزيد في كثير من الأحيان عن عشرات إلى مئات الأمتار تغطيها الشعاب المرجانية Fringing Reefs تنحدر جوانبه بعد ذلك بشدة إلى أن تصل إلى الأخدود الأوسط (عابد ١٩٨٥). يتسع عند حافته الجنوبية حيث توجد مجموعة من الجزر (صنافير وتيران). وهو خليج حديث نسبياً إذا ما قيس بخليج السويس حيث لم يكن موجوداً قبل عصر البلايستوسين (١ - ١,٥ مليون سنة قبل الآن). وسبب نشأته هو حركة الصفيحة العربية وانفتاح البحر الأحمر.

2.1.6.6 وادي عربية

يمتد وادي عربية في اتجاه شمال غرب من خليج العقبة جنوباً حتى جرف خنيزيرة جنوب البحر الميت شمالاً. وهذه المسافة تساوي ١٦٠ كم تقريباً. معدل عرض وادي عربية هو ١٥ كم تقريباً، غير أنه يتراوح بين ٩ كم (على بعد ١٦ كم شمال الخليج) و ٢٥ كم في شمال وادي عربية عند فينان. يرتفع الوادي تدريجياً من سطح البحر عند العقبة حتى ٢٢٥ م فوق سطح البحر إلى الشمال قليلاً من جبل الريشة على بعد ٨٥ كم شمال العقبة. ندعوه هنا وادي عربية الجنوبي. ثم ينخفض من هناك شمالاً حتى يصل إلى جرف خنيزيرة على ارتفاع ٣٠٠ م تحت سطح البحر أي أعلى ١٠٠ م من سطح البحر الميت الحالي (وادي عربية الشمالي). تحده الجبال من كلتا جهتيه الشرقية والغربية، وبينما لا يزيد ارتفاع الجبال الغربية عن ٩٠٠ م فإنها تصل إلى ١٥٩٢ م في الشرق (جبل باكير). وقراية ١٨٠٠ في منطقة الشوبك. الشكل (٢٦،٦) يوضح تضاريس وادي عربية.

أ- وادي عربية الجنوبي:

لا يزيد عرض الوادي في هذا الجزء عن ١٠ كم. تغطيه رسوبيات الوديان الحديثة ورسوبيات السبخات والكثبان الرملية. تسيل المياه فيه نحو الجنوب، وأهم من ذلك جريان الوديان الشتوية من الشرق إلى الغرب بسبب ميل الوادي نحو الغرب لأن جبال الأردن أعلى من جبال فلسطين. ترتفع الجبال على جانبيه على شكل جروف عمودية تقريباً خاصة في الجانب الشرقي منه. وجبال الجانب الشرقي هي جزء من الركيزة العربية (حقة ما قبل الكمبري). ويغلب عليها صخور الغرانيت والغرانوديوريت وشيء قليل من الصخور المتحولة شرق قاع السعدين. أما في الجزء الغربي فإن صخور الركيزة تنتهي شمال المرشرش بقليل (٢٨ كم). وتتكون الجبال الغربية من الصخور الرسوبية. لا يرتفع في وادي عربية غير جبلي الخريج والريشة في أقصى شمال هذا الجزء. ومن أوضح المظاهر السطحية التي يمكن أن تُرى في العربية الجنوبية (شكل ٢٦،٦):

مراوح الوديان alluvial fans وهي رسوبيات حصوية (حصباء كبيرة وصغيرة) تجلبها الأودية من الجبال الشرقية خاصة وتلقي بها عند مصب هذه الأودية في وادي عربية ويكون شكلها مروحياً. بعضها كبير جداً بحيث تشكل نوعاً من المرتفعات تمتد من شرق وادي عربية إلى أكثر من وسطه. وبعضها صغيرة، يعتمد ذلك على كبر وصغر الوادي نفسه. وكثير من هذه المراوح حاملة للماء. يلاحظ ذلك من نمو أشجار الطلح الشوكية بشكل خاص على هذه المراوح. والجانب الشرقي من وادي عربية هو من الأماكن المثالية التي ترى فيها هذه المراوح.

السبخات: - وعلى الرغم من أن أكثر من واحد (الدباغ ١٩٧٣، النخال ١٩٨٤) قد تكلم عن وجود سبختين في جنوب وادي عربية هما سبخة الدفّة التي تقع بعد ٨ كم شمال العقبة. ثم سبخة الطابة التي تبعد عن العقبة مسافة ٣٢ كم وتمتد مسافة ١١ كم بعرض ٣,٥ كم، فإن الكاتب قد لاحظ وجود سبخة المقرح الصغيرة بينهما. أما سبخة الطابة فإنها سبخة عظيمة، تخرج المياه نصف المالحة (تشرّبها الجمال وينمو عليها النخيل والأثل والعرقند) بالقرب من سفوح الجبال الشرقية. وما زالت بعض أشجار النخيل التابعة لقبيلة الأحيوات موجودة حتى الآن. وقد درس عابد (١٩٩٦) جيولوجية سبخة الطابة بالتفصيل. ولن يتسع المقام لذلك. غير أننا نذكر هنا أن الرياح قد ذرّت أو نقلت الرمال من المنطقة التي أصبحت سبخة حتى

الوصول إلى النطاق الذي ترطبه المياه الجوفية فتوقفت التذرية. وهذا يعني أن مستوى سطح المياه الجوفية قريب من سطح الأرض. وهو فعلا كذلك بحيث يصل إلى المتر الواحد في أبار طابة التاريخية شرق السبخة مباشرة أو في الأطراف الغربية لإحدى المراوح الركامية (يسمى البدو في الجنوب هذه الآبار قليلة العمق ثميلة وتجمع على ثمايل). وهي أقل كثيرا من المتر تحت أشجار النخيل وإلى الغرب منها ثم يزداد عمقها حتى ١٠ م في وسط السبخة. ملوحة المياه في ثمايل الطابة ٣٠٠٠-٤٠٠٠ ملغم/لتر تزداد حتى ١٥٠٠٠ ملغم/لتر تحت أشجار النخيل وإلى الغرب قليلا. يترسب الكالسيت في منطقة النخيل ثم إلى الغرب نحو السبخة يترسب الجبس بشكل واضح بينما في وسط السبخة نجد الهاليت. هذا على السطح أو قريبا من السطح. أما في العمق في وسط السبخة فالجبس موجود في الأسفل يليه الهاليت نحو الأعلى كدليل على الترسيب من المياه الصاعدة بالخاصية الشعرية بسبب التبخر الشديد في السطح. وقد حلت عينة مياه من سطح السبخة في فصل شتاء عام ١٩٨٨ فكانت ملوحتها ٢٣٠٠٠٠ ملغم/لتر وشوهد الهاليت يترسب منها. لمزيد من التفاصيل أنظر عابد والحوري ١٩٩٢ وعابد ١٩٩٦.

ثم الكتبان الرملية في شمال سبخة الطابة مرورا بقرية رحمة فغرندل وحتى قاع السعديين. والكثير من الكتبان تنمو حول شجيرات الرتم أي نبخات مفردتها نبخة nabkha. وهي كثيرة شمال السبخة مباشرة. ثم الكتبان الطولية أي الموازية لوادي عربة وهو اتجاه الرياح الشمالية السائدة هناك. ثم الكتبان الهلالية الشكل. ويبدو أن مصدر الرمال هي الصخور الرملية الموجودة فوق جبال الركيزة العربية في الجانب الشرقي من وادي عربة. والكتبان متحركة.

ثم جبال الخريج والريشة في أقصى شمال هذا الجزء وهما مكونان من صخور جيرية من العصر الكريتاسي والثلاثي. ويبدو أنهما ارتفعا بسبب صدع الريشة الذي يمر على الجانب الشرقي منهما.

يضاف إلى ذلك مجموعة الأودية التي تقطع وادي عربة باتجاه شرق غرب. ومن أشهرها: من الجنوب إلى الشمال على الجانب الشرقي: وادي اليتم ووادي المهتدي ووادي تريبين ووادي تربان ووادي السيق ووادي غرندل ووادي قصيب ووادي مسيمير ووادي أبو برقة ووادي أم سيالة ووادي الحور ووادي أبو خشبية الذي نجعله النهاية الشمالية لهذا الجزء الجنوبي من وادي عربة. أما على الجانب الغربي: وادي الرّدادي ووادي عين القطار ووادي الرخمة ووادي البياني ووادي الحياني (وهذه الأودية الغربية منقولة عن الدباغ ص ١١٣).

ثم قاع السعديين وهو أرض منبسطة تقع شرق جبال الخريج والريشة وتجمع فيه مياه مجموعة من الأودية الشرقية من وادي قصيب حتى وادي الحور. وهو ليس بسبخة. ومن الآبار والعيون (الدباغ ١٩٧٣) الموجودة في هذا الوادي من الجنوب إلى الشمال: بئر البحير وبئر الخُلَيْفِي وبئر دفية وبئر حَنْدَس وبئر النمرة وبئر غُضَيان وبئر جيل وبئر طابة وبئر المليحي.

ومما يجدر ذكره وجود النحاس والمنغنيز في جبال الجانب الغربي المطلّة على الوادي في المنبوعة. وهي ليست موجودة في شرقي هذا الجزء.

ب- وادي عربة الشمالي:

أطول قليلاً من العربة الجنوبي يمتد من جبل الريشة تقريباً حتى جرف خنيزيرة شمالاً أي ٨٥ كم تقريباً (شكل ٢٦,٦ ب). يبدأ وادي عربة بالاتساع شمالاً حتى يصل إلى ٢٥ كم في منطقة فينان. ينحدر هذا الجزء شمالاً وتسيل مياهه في اتجاه البحر الميت. جبال الجانب الشرقي ما زالت صخورها نارية وخاصة غرانيتية وريوليتية غير أنّ الصخور الرسوبية الرملية والجيرية التي تعود إلى الحقتين الأولى والثانية أصبحت أكثر أهمية، وهي في أغلبها على شكل جروف خاصة في الجزء الشمالي حيث يمر صدع وادي عربة عند سفوح هذه الجبال. أمّا في الجانب الغربي، فإن الجبال تميل ميلاً طبيعياً لطيفاً إلى وادي عربة بحيث تشكل مقعراً جيولوجياً كبيراً. تقطع الوادي مجموعة من الصدوع المستعرضة التي تخلق نوعاً من التضاريس المرتفعة نسبياً خاصة في المنطقة الواقعة شمال بير مذکور أما صدع وادي عربة فما زال يمتد في هذا الجزء من وادي عربة مقترباً من السفوح الشرقية في اتجاه الشمال. وتستطيع أن تراه عند بداية ظهور الصخور على طريق فينان الفرعية. أما في أقصى شمال وادي عربة أي شمال وادي ضحل فهو لا يبعد عن سفوح الجبال أكثر من ٥٠٠ م. ويمكن أن ترى في هذا الجزء الواقع بين ضحل واستراحة خنيزيرة التابعة لسلطة وادي الأردن عدداً من المظاهر الحديثة (pressure ridges, dog leg, sag ponds, flower structures) التي تدل على مرور الصدع من هناك.

لا يوجد في هذا الجزء سبخات والكثبان الرملية المتحركة أقل منها في الجانب الجنوبي بكثير. أمّا مراوح الوديان فإنها ما زالت موجودة خاصة في الجانب الشرقي على الرغم من عدم وضوحها كما هي واضحة في الجزء الجنوبي. يقطع الوادي مجموعة من الأودية التي تحمل مياه الفيضان في اتجاه الغرب. وهي من الجنوب إلى الشمال في الجانب الشرقي: وادي أبو خشبية (وهو مؤلف من عدة أودية) ووادي موسى الذي يمر بالقرب من جنوب بير مذکور ثم وادي أم غضاة ثم وادي فيدان (وهو ملتقى عدد كبير من الأودية الشرقية) ثم وادي ضحل في أقصى الشمال. وفي الجانب الغربي أشهرها وادي الجرافي. ومما يجدر ذكره أنّ الجبال الشرقية أكثر ارتفاعاً وأغزر مياهها من الجبال الغربية. وبما أنّ قاع وادي عربة يميل نحو الغرب بشكل عام، فإن الأودية المار ذكرها تحمل مياه الأمطار إلى نصف العربة الغربي حيث أقيم عدد كبير من المستعمرات الزراعية على طول وادي عربة. بقي أن نذكر أنّ منطقة أبو خشبية وفينان وخربة النحاس وأم العمد وضانا وجميعها في الجزء الشمالي الشرقي من هذا الجزء تحوي أكثر من ٥٠ مليون طن من خام النحاس وحوالي ٥ مليون طن خام منغنيز. وقد استغل النحاس قبل أكثر من ثلاثة آلاف عام في العصر النحاسي. دل على ذلك مخلفات التعدين في تلك المواقع، واستمر تعدينه في العصور المتتالية التي كان آخرها العصر الإسلامي. وخامات النحاس في الأردن غير مستغلة الآن. غير أنّ الدراسات جاهزة لاستغلاله وهي بانتظار ارتفاع أسعار النحاس في السوق العالمي.

٣,١,٦,٦ حوض البحر الميت

يتكون هذا المنخفض من البحر الميت نفسه مضافاً إليه السهل المنبسط الذي يقع جنوب البحر الميت حتى جرف خنيزيرة الذي يشكل حداً طبيعياً بين وادي عربة في الجنوب ومنخفض البحر الميت في الشمال (شكل ٢٧,٦).

أ- الأغوار الجنوبية

يتكون السهل الواقع جنوب البحر الميت من غور فيفا في الجنوب وغور الصافي إلى الشمال حيث تقع قرية الصافي (رُغَر عند نهايته الشمالية). وتدعى هذه المنطقة عند المحدثين "الأغوار الجنوبية" تمييزاً لها عن غور الأردن شمال البحر الميت. وهو سهل منبسّط يتدرج في ارتفاعه نحو الجنوب بمعدل ١٠م فقط في مدى ١٥كم تقريباً أي حوالي ٠,٠٧%. يغطي هذا السهل رسوبيات بحيرة اللسان البيضاء في جزئه الشمالي، بينما تكثُر الرمال المتحركة في جزئه الجنوبي بالإضافة إلى رسوبيات اللسان. وهذه الرسوبيات تجعل من هذا السهل منطقة زراعية غير خصبة لا بل مالحة في كثير من المواقع إلا في الرمال المشتقة من صخور الحجر الرملي المكون للجلال الشرقية أو التربة التي نقلتها الأودية من الجبال.. يقطع هذا السهل مجموعة من الأودية الحاملة للماء طوال العام. وهي من الجنوب إلى الشمال (في الجانب الشرقي): وادي خنيزيرة الذي يلي جرف خنيزيرة شمالاً ثم وادي أمرق فوادي فيفا فوادي الحسا وهو أعظمها. ويمر قرب قرية الصافي ويصب في جنوب البحر الميت.

قد يكون صدع خنيزيرة (نسبة إلى وادي خنيزيرة، عابد ١٩٨٢) المظهر الطبوغرافي الوحيد الذي يستحق الحديث. فهو صدع مستعرض أي يمتد ESE-WNW. يشكل هذا الصدع جرفاً واضحاً يرتفع أكثر من ١٠٠م أطلق عليه عابد (١٩٨٢) جرف خنيزيرة حتى لا يستعمل اللفظ الصهيوني (أمازيهاو). وهو الذي يفصل وادي عربية جنوباً عن حوض البحر الميت شمالاً. هذا الصدع مصاحب للترسيب. رميته إلى الشمال ولكن مستوى الصدع يقل ميله مع العمق ويتقدم شمالاً بحيث يتلاشى في النهاية عند عمق ٦ كم وتصبح الطبقات أفقية غير متأثرة بالصدع listric normal fault. ويبدو أنه قد أثر فقط في رسوبيات البليوسين والرباعي وأن الرسوبيات التي تحته الني لم يؤثر فيها هي رسوبيات تكوين ضانا (Garfunkel 1997).

ب- أما البحر الميت نفسه فإنه يتكون من ثلاث وحدات طبوغرافية وهي:

- الحوض الشمالي.
 - مرتفع شبه جزيرة اللسان.
 - الحوض الجنوبي الضحل الذي يتصل بالحوض الشمالي عبر مضيق اللسان.
- وفيما يلي وصف للبحر الميت عندما كان مستوى سطحه ٣٩٧,٥م تحت سطح البحر المتوسط، أي قبل أن تضخ مياه الأردن من طبرية إلى فلسطين (أي حسب عام ١٩٦٠م). وسنحاول تفسير هذه المظاهر الطبوغرافية بعد الانتهاء من وصفها أي في نهاية هذا العنوان

يبلغ طول البحر الميت ٨٠كم، أقصى عرض له ١٧,٥كم. وأضيق نقاطه هو مضيق اللسان ٢كم. أما أعظم نقاطه فهي على بعد ٥كم جنوب غرب مصب وادي زرقاء ماعين ويبلغ عمقها ٤٠٠م (Lynch 1852) عندما كان مستوى سطح البحر - ٣٩٥م عندما قاسه لنش عام ١٨٤٨م. تساوي مساحته ١٠٠٠كم^٢. شكل ٢٨,٦ يُري البحر الميت في سنوات مختلفة كمقارنة لاتساعه.

الحوض الشمالي: هو البحر الميت الحقيقي. تبلغ مساحته ٧٥٧كم^٢، أي ٧٦% من مساحة البحر الميت الكلية. فيه تتركز مياه البحر الميت وفيه أملاحه وفيه أعظم نقاطه. وهو حوض

منبسطة القاع يمتد في اتجاه شمال جنوب. تضاريس قاعه الشمالية أكثر انبساطاً من قاعه الجنوبي وقد يكون سبب ذلك رسوبيات نهر الأردن. تكثر التضاريس في قاعه الجنوبي، فتوجد ثلاثة أخاديد تنحدر من شبه جزيرة اللسان إلى الشمال، اثنان منهما غرب اللسان والآخر شرقه. يمتد أحد الأخاديد الغربيين مسافة ٢٥ كم. وعمقه يزيد على ٥٠ م. أما الثاني فطوله ١٢ كم. ويبدو أن هذه الأخاديد قد نشأت بسبب الحثّ تحت الهواء وليس تحت الماء. أي أن الحوض الشمالي قد جفّ على الأقل مرة واحدة في تاريخه إلى عمق ٣٠٠ م حيث نشأت هذه الأودية في قاعه ثم غمر بعد ذلك بالمياه (عابد ١٩٨٥ ، Neev and Emery 1967). يحد هذا الحوض صدعان شرقي وغربي.

الحوض الجنوبي: وهو أقل اتساعاً وعمقاً من الحوض الشمالي. تساوي مساحته ٢٤٢ كم^٢ أي ٢٤% من مساحة البحر الميت جميعه. لا يزيد عمقه عن ١٠ م (عام ١٩٦٠) ومعظمه لا يزيد عن ٦ م. قاعه منبسطة جداً. وهو لا يختلف كثيراً عن سهلي غور الصافي وغور فيفا اللذين يقعان جنوبه. ومن ثم فهو حوض غير عميق يتأثر كثيراً بأي إضافة أو نقصان في مياه البحر الميت. فإذا زادت مياه البحر الميت اتسع هذا الحوض، وعندما تنقص المياه يجف هذا الحوض. فعندما حولت مياه الأردن إلى فلسطين نقصت مياه البحر الميت باستمرار منذ عام ١٩٦٠ م حتى الآن. ومن ثم تناقصت مساحة الحوض الجنوبي تدريجياً إلى أن جف تماماً. وقد زار الكاتب هذه المنطقة في بداية صيف عام ١٩٨٦ م، فوجد أن مياه البحر الميت قد اقتصرت على الحوض الشمالي والثلث الشمالي من مضيق اللسان. ومن ذلك الجزء من مضيق اللسان تضخ شركة البوتاس العربية مياه البحر الميت إلى الملاحات التي أنشئت على الجزء الشرقي من الحوض الجنوبي الذي كان قد جفّ سابقاً. ومن نقطة مقابلة على الشاطئ الغربي لمضيق اللسان يضخ الكيان الصهيوني مياه البحر الميت إلى ملاحاته الكائنة في الجزء الغربي من الحوض الجنوبي. وباختصار فقد تحول الحوض الجنوبي بعد جفافه تماماً إلى برك صناعية واسعة لاستخراج البوتاس. وفي أواخر التسعينات من القرن الماضي أصبح مضيق اللسان جميعه جافاً تقريباً واضطرت شركة البوتاس العربية إلى نقل مضخاتها شمالاً. وسوف يستمر تراجع المياه شمالاً في مضيق اللسان، وسوف تضطر صناعة البوتاس إلى دفع مضخاتها شمالاً مع تراجع البحر، إلى أن تصل أطراف الحوض الشمالي العميقة نسبياً. أنظر شكل ٢٨، ٦. يوجد عند النهاية الجنوبية الغربية لهذا الحوض جبل أصدَم المكون من الملح الصخري. طوله ١٢ كم وعرضه ٢ كم ويرتفع ٢٤٠ م فوق مستوى البحر الميت. وهو لا يعدو أن يكون قبة ملحية نشأت بالتصدع (Garfunkel et al., 1981). ويبدو أن ملح أصدَم موجود أيضاً تحت هذا السهل.

شبه جزيرة اللسان: وهو مرتفع من الأرض يفصل الحوض الشمالي عن الحوض الجنوبي اللذين يتصلان عبر مضيق اللسان الذي يقع غربي شبه الجزيرة. يمتد الجزء الشمالي من شبه الجزيرة في الحوض الشمالي على شكل نتوء طويل يشبه اللسان. ومن ثم كانت التسمية. ويزداد طول هذا اللسان مع زيادة جفاف البحر الميت. عرض شبه الجزيرة ٧ كم وطولها ٢٠ كم. تتكون رسوبياتها المتكشفة من صخور تكوين اللسان البيضاء التي ترسبت من بحيرة اللسان التي كانت موجودة في الأغوار بين ٦٣-١٦ ألف سنة من الوقت الحاضر. وهي رسوبيات طرية مكونه من الجبس والاراغونيت. سمكها المنكشف حوالي ٢٨ م. أما تحت السطح، فقد حفر بئر اللسان -١ في الخمسينات حيث اخترق قرابة ٤٠٠٠ م من الملح

الصخري تحت شبه الجزيرة. ومن ثم فإن ما تحتها يشبه صخور جبل أصدوم. ويبدو أنها ارتفعت وأصبحت على شكل قبة أو محدب بسبب اندفاع الملح الأخف إلى الأعلى (Diapirism). وقد يعتقد بعضهم (Bloch and Picard 1970) أن عمق الحوض الشمالي ناتج عن ذوبان الملح الصخري الذي كان موجوداً في هذا المكان والشكل ٢٩,٦-أ ب يوضح حركة الملح إلى الأعلى في مقطعين جنوب البحر الميت والآخر مار من منتصفه. ترفد البحر الميت مجموعة من الأودية التي تحمل الماء على مدار السنة. ففي الجانب الشرقي من الجنوب إلى الشمال ترفده أودية: نميرة وعيسال والذراع والكرك وابن حماد فالموجب فمجموعة عيون زارة فزرقاء ماعين والحمارة والدردور والمنشلة ومخيريس. أما في الجانب الغربي فهي من الجنوب إلى الشمال أودية: المحيوط الذي يلتقي البحر شمال جبل أصدوم مباشرة ثم الزويرة ثم عين بقيق ووادي بقيق فيلبه شمالاً سنين فالسيال فبركة الخليل فعجربة ثم سدير النقب فجساسة فالنار فعين الفشخة في أقصى الشمال (Lynch 1849) (شكل ٢٨,٦). بعض هذه الأودية والينابيع مياهها ساخنة مثل عيون الزارة وماعين في الشرق وعين الفشخة وعين الغوير في الغرب وغيرهما.

تطور الكتلة المائية في البحر الميت:

ناقشنا في الفصل الثامن كميات المياه ونوعيتها التي كان نهر الأردن والأودية المباشرة تغذي بها البحر الميت. وقد خلصنا إلى أن نهر الأردن كان ينقل ١٨٥٠ مليون م^٣ من الماء سنوياً إلى البحر الميت قبل أن تجري على مياهه أي عملية استغلال بشري. أما الأودية الجانبية فتغذيه بحوالي ٤٠٠ مليون م^٣ من الماء سنوياً. أي ما مجموعه تقريباً ٢٢٥٠ مليون م^٣/سنوياً. ويبدو أنه قبل التدخل البشري في استعمال المياه العذبة كانت هذه الكمية تتبخر كلية وتبقى مساحة سطح البحر الميت ثابتة عند ١٠٠٠ كم^٢. بقي هذا الأمر حتى أواسط الخمسينيات من القرن العشرين.

أدى هذا الوضع إلى تطبق stratification مياه البحر الميت بحيث أصبحت هناك ثلاث طبقات مائية:

أ- الكتلة العليا: خفيفة وقليلة الملوحة نسبياً ومؤكسدة حتى ٨٠ م.

ب- الكتلة الانتقالية: الواقعة بين الكتلتين العليا والسفلى.

ج- الكتلة السفلى: ثقيلة ومالحة وليس بها أكسجين لأنها لا تتغير بسهولة.

هذه الصورة تغيرت وانقلبت مياه البحر الميت سنة ١٩٧٦ م بحيث لم تعد الكتلة السفلى موجودة فاختلطت الكتل الثلاث وأصبحت جميعها مؤكسدة. أما سبب ذلك فإن كمية المياه العذبة التي أصبحت تصل إلى البحر الميت عبر نهر الأردن قليلة جداً. فازداد التبخر على التغذية وتناقص أو انخفض سطح البحر إلى -٤١٢ م تحت البحر المتوسط عام ٢٠٠٠ م فلم تعد الكتلة المائية العليا الخفيفة قادرة على البقاء فانقلبت مياهه.

وفي هذه الأيام ٢٠٠٠ م أصبح جميع الحوض الجنوبي جافاً وكذلك مضيق اللسان جميعه وأصبح اللسان طويلاً إلى الشمال. وبرغم ذلك فإن مياه الفيضان في الشتاء وخاصة في السنوات المطيرة مثل عام (١٩٩٠ / ١٩٩١) تزداد المياه العذبة المغذية للبحر الميت التي تتبخر في الصيف ولكن يمكن أن نلاحظ وجود بعض الأمطار قليلة الملوحة نسبياً كطبقة عليا في البحر الميت وباقي المياه تزداد ملوحتها نحو الأسفل التي قد تصل ملوحتها قريباً من ٤٠٠ غم/لتر في قاع البحر الميت. وسنتكلم بتوسع أكبر في مياه البحر الميت وأملأه في الفصل السابع.

نشأة حوض البحر الميت

قلنا سابقا أن حوض البحر يحده صدعان تحويليان هما صدع وادي عربة (الشرقي) وصدع وادي الأردن (الغربي). تتحرك الأردن شمالا على الصدع الشرقي بينما تتحرك فلسطين جنوبا على الصدع الغربي. وقد يقال أن الأردن وفلسطين تتحركان شمالا ولكن سرعة حركة الأردن أعلى من سرعة حركة فلسطين. ويعاني حوض البحر الميت من عملية سحب من تحرك جزئه الشرقي نحو الجنوب وتحرك جزئه الغربي نحو الشمال. وقد أدت الحركتان المتضادتان في الحوض الواحد إلى تكوين ما يعرف بحوض السحب pull-apart basin (شكل ١٥,٦). فبدلا من صدع واحد في وادي عربة وغور الأردن يوجد حوض هنا محاط بصدعين. نضيف إلى ذلك أن هناك صدوعا مستعرضة (جنوب شرق-شمال غرب) أدت إلى تجزئة حوض البحر الميت إلى حوضين رئيسيين ومرتفع بينهما. وهي

- صدع خنيزيرة في الجنوب الذي يعتبر النهاية الجنوبية لحوض البحر الميت الجنوبي حيث يأتي جنوبه وادي عربة (ليس تماما).
- صدع يقع مباشرة جنوب مرتفع شبه جزيرة اللسان وهو يحد الحوض الجنوبي شمالا حيث يأتي شماله مرتفع شبه جزيرة اللسان. وهو listric normal fault رميته نحو الجنوب. ومن ثم فالحوض الجنوبي جميعه واقع بين صدعين لسترك متضادي الرمية مع وجود الصدعين الشرقي والغربي.
- صدع يقع مباشرة شمال شبه جزيرة اللسان وهو يحدها شمالا وشماله يبدأ الحوض الشمالي للبحر الميت. وبالتالي فهذا المرتفع واقع بين صدعين أديا إلى رفعه. على الرغم من أن التكتونية الملحية (القباب الملحية في تكوين أصدوم) هي العامل الأكثر حسما في جعلها مرتفعا واضحا.
- ويبدو أنه حتى الآن لم يسجل وجود صدع واضح مباشرة شمال البحر الميت. وقد تحدث مصدوق التاج عن عما أسماه صدع البحر الميت الشمالي في رسالته. وقد نشطت التكتونية الملحية في مرتفع شبه جزيرة اللسان وفي جبل أصدوم. غير أن الملح موجود في حوضي البحر الميت.

رسوبيات حوض البحر الميت

سنتحدث في هذا الموضوع عند حديثنا عن البترول في الفصل القادم. غير أن من المناسب أن نذكر الآن أن سمك هذه الرسوبيات قد يصل إلى ١٢ كم. تمثل الصخور الرسوبية السابقة لنشوء صدع البحر الميت قرابة ٣ كم الواقعة فوق صخور القاعدة. يلي ذلك صخور مجموعة البحر الميت المكونة من تكوين ضانا (الحصب) وسمكه ٢,٥ كم تقريبا ثم تكوين أصدوم وسمكه أكثر من ٤ كم ؟ في مركز الحوض. يلي ذلك رسوبيات البلايستوسين-الحديث التي قد تصل إلى ٤ كم. وقد فصلنا الحديث عن رسوبيات البحر الميت في الفصل السابع عند حديثنا عن احتمالات البترول في الأردن. ورسمنا مقطعا طبقيًا عموديا. نذكر القارئ هنا أن رسوبيات البحر الميت السابقة لانفتاح الانهدام تشبه رسوبيات النقب وليس الرسوبيات التي شرقه في الأردن. ذلك لأن البحر الميت يعد جزءا من صفحة سيناء-فلسطين.

٤,١,٦,٦ وادي الأردن:

ويتكون من عدة وحدات طبوغرافية تشترك في أنها واقعة على مجرى نهر الأردن. وهذه الوحدات هي من الجنوب إلى الشمال (شكل ٣٠,٦).

أ- غور الأردن الجنوبي أو وادي الأردن الأدنى.

ب- بحيرة طبرية.

ج- غور الأردن الشمالي أو وادي الأردن الأعلى.

د- منخفض الحولة.

أ- غور الأردن الجنوبي:

يشمل هذا الجزء من وادي الأردن الأغوار الممتدة من شمال البحر الميت على ٤١٢ تحت سطح البحر المتوسط حتى جنوب بحيرة طبرية على ارتفاع ٢١٢م تحت سطح البحر المتوسط. وهذه المسافة هي ١٠٥ كم تقريباً. عرضه نحو ١٥ كم يضيق إلى قرابة ٧ كم عند تل القرن الواقع في وسط الغور ثم يتسع من جديد في منطقة بيسان ومن هناك يتصل بمرج ابن عامر. ويمكن أن تقسم سطح أرض الغور إلى قسمين: الغور وهي الأراضي الممتدة من سفوح الجبال الشرقية أو الغربية حتى بداية السهل الفيضي لنهر الأردن حيث يبدأ القسم الآخر، الذي يدعى الزور. وهذا الأخير هو المنطقة العميقة التي حفرها نهر الأردن أثناء جريانه في رسوبيات اللسان الطرية. أما الغور فانه أيضاً مغطى برسوبيات اللسان بشكل عام ولكنه ينحدر تدريجياً إلى الغرب عبر العديد من المصاطب التي كونتها تلك البحيرة (بحيرة اللسان) في أثناء وجودها. ومن المناسب أن يذكر أنّ المسافة التي يمر بها نهر الأردن بين طبرية والبحر الميت وهي ١٠٥ كم يتضاعف فيها طول النهر بسبب تعرجاته الكثيرة جداً الناتجة عن لين الصخور التي يقطعها النهر. الزور مغطى برسوبيات فيضان نهر الأردن. يرتفع على طرفي الغور جبال نابلس في الغرب وجبال البلقاء وعجلون في الشرق وهما أكثر ارتفاعاً من جبال نابلس.

يمر من وسط الغور بشك مائل صدع وادي الأردن حيث يخرج من طرف البحر الميت الشمالي الغربي ويعبر نهر الأردن تقريباً غرب بلدة الكرامة حيث يصبح في الأردن ثم يستمر متقدماً نحو الشرق إلى أن يصبح عند سفوح الجبال في اتجاه شمال هذا الجزء من وادي الأردن. وقد تحدثنا عن ذلك سابقاً. الجبال في الحالتين مكونة من صخور الحقتين الثانية والثالثة الجيرية والمارلية مع وجود الصخور الرملية بشكل واضح في الجبال الشرقية الممتدة من شمال شرق البحر الميت حتى نهر الزرقاء شمالاً، وهي أقدم من الصخور المقابلة لها على الجانب الغربي. في الناحية الشرقية يصب في نهر الأردن مجموعة من الأودية الرئيسية هي من الجنوب إلى الشمال أودية حسان والكفرين وشعيب والزرقاء وراجب وكفرنجة واليابس وزقلاب والعرب واليرموك في أقصى الشمال، وهو أكثرها ميهاً وأهمية بل هو أكبر رافد لنهر الأردن. أراضي الغور الجنوبية سيئة بسبب تكشف صخور تكوين اللسان، أما في الشمال، فإن رسوبيات هذا التكوين لا تحوي الجبس ولا آثار ملح الطعام ومن ثم فإن المنطقة ذات تربة جيدة، وبسبب كمية المياه الكبيرة في شمال هذا الجزء من الوادي وخاصة نهر اليرموك ونهر الزرقاء فإن المنطقة شمال نهر الزرقاء مستغلة بشكل جيد.

ب- بحيرة طبرية:

وهي جسم مائي عذب يبلغ أقصى طولها ٢١ كم وأقصى عرضها ١٣ كم. أمّا مساحتها فهي ١٦٥ كم^٢. يقع سطحها العلوي ٢١٢ م تحت سطح المتوسط. أمّا قاعها فعلى ٢٥٢ م تحت سطح المتوسط. أي أنّ عمق المياه في بحيرة طبرية هو ٤٠ م تقريباً. ويوضح الشكل ٣٠,٦ ب خطوط الكنتور لقاع بحيرة طبرية. رسوبيات قاع البحيرة مكونة من الغرين والصلصال ذات اللون الرمادي أو الأسود. وهذه الرسوبيات فقيرة بالكربونات. يضاف إلى ذلك بعض الحصباء الواردة إلى البحيرة من الأودية المجاورة. وقد دلت التجارب الاهتزازية على أنّ سمك هذه الرواسب يتراوح بين صفر و ٢٠ م. ثم يأتي تحتها ١٠-٢٥ م من رسوبيات تكوين اللسان المكونة من المارل والطباشير والغرين في الجزء الجنوبي من البحيرة. وهذه الرسوبيات تملأ بازلت الرقاد الذي يتبع عصر البلايستوسين الأعلى وسمكه تحت البحيرة حوالي ٢٠ م. ثم تتوالى تحت ذلك تكوينات مجموعة الأردن التي وصفناها بالتفصيل في فصل سابق. يمر صدع وادي الأردن شرقي البحيرة كما أنّ بها بعض الصدوع التي مازالت نشطة حتى الآن. ومن أدلة ذلك زلزال ١٩٧٣/٩/٢ م الذي يبلغ ٤,٣ درجة على مقياس ريختر الذي حدث في وسط البحيرة (Ben Avraham et al., 1981). ويبدو أن البحيرة كالبحر الميت هي حوض شد pull-apart basin. يرفد البحيرة من الشمال نهر الأردن الذي يزودها بمعظم مياهها. وبالإضافة لنهر الأردن تصب فيها الأودية التالية من الغرب: وادي العمود، وادي النضاح، وادي الحمام. ولا يأتيها من الشرق أي وادٍ مهم.

ج- غور الأردن الشمالي:

وهو أصغر أجزاء وادي الأردن حيث لا يزيد مجرى نهر الأردن بين منخفض الحولة وبحيرة طبرية على ١٨ كم. يخرج نهر الأردن من الحولة وهو على ارتفاع ٧٠ م فوق سطح المتوسط ويهبط في مسافة ١٨ كم إلى ٢١٢ م تحت سطح المتوسط أي ٢٨٢ م. يسير نهر الأردن في وادٍ بازلي عميق يحده صدعان جانبيين في اتجاه شمال جنوب تكون جرفاً واضحة. يرفد النهر في هذه المنطقة واديا المشيرفة والشهين اللذان يحملان مياه الشتاء إلى نهر الأردن. وقبل أن يعبر نهر الأردن الجرف أو المضيق الجبلي الضيق يقع جسر بنات يعقوب.

د- منخفض الحولة

وقد كانت تشغله مستنقعات وبحيرة الحولة حتى عام ١٩٥٥ م حيث جففت. منخفض الحولة يقسم إلى ثلاثة أقسام هي: الجزء الجنوبي الذي كانت تحتله بحيرة الحولة. كان عمقها يتراوح بين ٣-٤ م ويقع سطحها على ٧٠ م فوق سطح البحر المتوسط. أكبر طول لها في اتجاه شمال جنوب هو ٦ كم وأقصى عرض لها هو ٥ كم. أمّا مساحتها فهي ١٢ كم^٢، أمّا الجزء الأوسط فقد كانت تغطيه المستنقعات. والجزء الشمالي مرتفع نسبياً وتعلوه تربة نهريّة. منخفض الحولة بشكل عام ضيق ومستطيل في اتجاه شمال جنوب مساحته ١٥ كم^٢، ويحده صدعان من جهتيه الشرقية والغربية. ويبدو أنّ هناك صدوع مستعرضة حيث تجعل مجموعة هذه الصدوع شكل منخفض الحولة معينا pull-apart. ترتفع الجبال على جانبيها الشرقي والغربي. ففي الشرق مرتفعات الجولان (١٠٠٠-٨٠٠ م)، وفي الشمال جبل الشيخ (٢٨٠٠ م) أمّا إلى الغرب فجبال الجليل. كان الخث (peat) يتشكل في منطقة المستنقعات وفي أطراف البحيرة قبل تجفيفها وفي أزمنة مختلفة من عصري البلايستوسين

والحديث. إنَّ وجود الصدوع على أطراف بحيرة الحولة يجعل منها حوضاً شبيهاً بالبحر الميت أي pull-apart basin .

ومن ثم فإن قاع هذه البحيرة كان في انخفاض مستمر. وقد ترسبت فيه مجموعة من التكوينات التي لا تعطينا دراستها. يرفد هذا المنخفض مجموعة من الأنهار والأودية هي: من الشمال: أنهر بانياس والحاصباني وبريغيث والدان. أما الأودية الغربية فهي من الشمال إلى الجنوب:- وادي البارد ووادي حنداج ووادي وقاص ووادي الجلبينة.

٢,٦,٦ جبال الأردن

سنتحدث في هذا العنوان عن جبال الأردن الغربية المحاذية لصدع البحر الميت التحويلي. أما الجبال الأخرى فسيُرد ذكرها في أماكنها من أقسام تضاريس الأردن. وتسمى أجزاء هذه السلسلة من الجنوب إلى الشمال: جبال الشراة الواقعة بين وادي الحسا حتى أقصى الجنوب ثم جبال مؤاب إلى الشمال منها في منطقة الكرك وذيابان ثم جبال البلقاء حتى نهر الزرقاء وأخيراً جبال عجلون شمال نهر الزرقاء. تضيق المنطقة الجبلية في الجنوب في جبال الشراة مثلاً بحيث تكون أقل من ٢٠ كم بينما تتسع في الشمال في منطقة عجلون بحيث تكون أكبر من ٦٠ كم (منطقة رأس منيف شرقي عجلون) أنظر شكل ٢٥,٦. قد كان واضحاً في ثانياً ما سبق من هذا الكتاب أن بدايات عملية رفع المنطقة بشكل عام هو أواخر الإيوسين. وقد أدى ذلك إلى انحسار بحر التيثس عن هذه المنطقة. النقاط التالية مهمة في فهم تكون سلسلة الجبال الغربية.

١. معدل الرفع Rate of uplift

لا نشك أن عصر الأوليغوسين يمثل فترة رفع واضحة خاصة حول صدع البحر الميت التحويلي. يشهد على ذلك ترسيب سمكات كبيرة من تكوين ضانا الراهصي المصاحب لعملية الرفع في هذه المنطقة في هذا العصر وما تلاه. ويرى الباحثون أن عملية رفع جبال الأردن المحاذية لصدع البحر الميت وخفض قاع هذا الصدع ما زالت مستمرة. ومن ثم أصبحت أكثر ارتفاعاً من بقية الهضبة الأردنية إلى الشرق. ولحساب معدل الرفع في هذه الجبال دعنا نفترض أولاً أن معدل الرفع كان ثابتاً ومنتظماً طوال فترة الأوليغوسين حتى الآن أي منذ ٣٤ مليون سنة. وقد يرغب البعض في حسابها منذ بدء انفتاح صدع البحر الميت أي منذ قرابة ١٥ مليون سنة على اعتباره التاريخ الذي نشأت عليه الصدوع الشمالية-الجنوبية التي تحدث عليها عملية الرفع والخفض أو ما يسمى الصدوع الحدودية border faults. والفرضية الثانية أن سطح تكوين الشلالة وهو آخر تكوين بحري رسبه بحر التيثس قد كان على مستوى سطح البحر عند بداية الأوليغوسين. وفي هذه القضية نقاش نتركه ولا ندخل فيه للتبسيط.

دعنا نأخذ جبال الشوبك ومنها مثلاً قمم بلدة راجف التي ترتفع نحو ١٧٥٠ م فوق سطح البحر كمثال. يتكشف في هذه القمم تكوين وادي السير. ومن ثم فإن علينا أن نضيف إلى ارتفاعها ما قد أزاله الحت طوال هذه الفترة وهو ما يعادل سمك مجموعة البلقاء جميعها أو مجموع سمك تكاوين الغدران وعمان والحسا والموقر والرجام والشلالة. وهو يساوي ٥٦٠ م حسب قياسات برجوس (١٩٩٢) في خريطة الشوبك وإبراهيم (١٩٩٣) في خريطة غرندل. أي أننا نتحدث عن رفع ٢٣١٠ م في ٣٤ مليون سنة أو ٠,٠٧ ملم/سنة أو

٧٠ م/مليون سنة. ولك أن تحسب معدل الرفع في أماكن أخرى وستجده مختلفا قليلا أو كثيرا حسب ارتفاع الجبال. غير أن هذا الرقم يعطي الانطباع الكافي لتقدير عملية الرفع.

٢. معدل التعرية Rate of denudation

دعنا نأخذ المثال السابق لحساب معدل التعرية أي لحساب سرعة إزالة الرسوبيات من الجبال الغربية بالحت المائي وغيره. فقد وجدنا أن نحو من ٥٦٠ م قد أزيلت في ٣٤ مليون سنة أي ٠,٠١٦ ملم/سنة أو ١٦ م /مليون سنة. وعلى الرغم من أن هذا الرقم ورقم معدل الرفع السابق هما لمنطقة معينة، إلا أنهما يفسران بوضوح أن معدل عملية الرفع أعلى من معدل التعرية. وبالتالي فلا بد للجبال أن تستمر في الارتفاع إذا بقيت الحركة على صدع البحر الميت موجودة حتى لو غيرنا المناخ نحو أمطار أعلى. فقد مرت المنطقة بمثل هذه المناخات المطيرة في فترات عديدة في البلايستوسين كما تحدثنا في فصل سابق.

٣. ليس في نشأتها عمليات بانية للجبال No orogenies

لم تنشأ جبال الأردن الغربية بعمليات بانية للجبال. فلم تحدث عملية تصادم صفائح كالهمليا والألب ولا عملية غوص صاحبها نشط بركاني كالأنديز ولا حدثت عملية تراكم أفقي مع غوص وطي كما في السيرانيفادا. الصخور في جبال الأردن تكاد تكون أفقية ليس بها طيا أو صدوع دفع إقليمية ولا تحول أو نشاط مغماتي مما يميز الحركات البانية الجبال. فلم يحدث هنا إلا عملية الرفع التي تحدثنا عنها قبل قليل. وبالتالي فلو أنه لم يتشكل انهزام وادي عربية-البحر الميت-غور الأردن الذي أدى بالضرورة إلى تشكل عدد كبير من الأودية الرئيسية التي خددت هذه الجبال، ل بقيت هذه المنطقة على شكل هضبة مرتفعة قليلا عما شرقها. فالأودية هي التي أظهرت الجبال الغربية.

٤. الجبال الجنوبية أعلى من الشمالية

فجبال الشوبك يصل ارتفاعها إلى ١٨٥٤ م في نقطة على بعد ٢,٥ كم شمال بلدة الطيبة في جبال الشراة في الشوبك. وهو أعلى جبال الأردن. كذلك توجد قمة جبل أم الدامي الذي يرتفع أيضا ١٨٥٤ م وتقع على الحدود السعودية جنوب جبل رم. بينما لا يزيد ارتفاع جبال عجلون عن ١٣٠٠ م (شكل ٢٤,٦). ويبدو أن هذه الصورة صحيحة حتى على المقياس الإقليمي. فلو تتبعنا سلسلة الجبال المحاذية لشرق البحر الأحمر من اليمن جنوبيا حتى نهاية صدع البحر الميت التحويلي شمالا لوجدنا جبال اليمن أعلاها حيث ترتفع قمة جبل شعيب شمال غرب صنعاء أكثر قليلا من ٣٧٥٠ م. ومن السهل أن تجد الكثير من المناطق التي تعلو ٣٠٠٠ م. ينقص الارتفاع إلى ٢٠٠٠ م في منطقة الطائف في جبال الحجاز. وهكذا. فهل يمكن أن نفسر هذه الظاهرة بأن عملية الرفع بدأت في الجنوب قبل الشمال ونربط ذلك بنشأة الأجزاء الجنوبية من البحر الأحمر أولا؟ يعجبني هذا الرأي ويؤيد ذلك مثلا وجود البازلتي في أخدود البحر الأحمر المركزي الجنوبي والأوسط وعدم وجوده في شماله ولا في خليج العقبة. جبال لبنان تحتاج إلى تفسير لأنها تشذ عن ذلك. فالقرنة السوداء ارتفاعها ٣٠٨٨ م. وعلى الرغم من أنها أدنى من جبال اليمن وجنوب غرب السعودية إلا أنها أعلى مما يليها جنوبا وشمالا. تذكر أنه في منطقة جبال لبنان وجبل الشيخ يخرج نظام طي تدمر في القوس السوري نحو الشمال الشرقي. وكذلك ينحرف صدع اليامونة نحو اليمين مكونا ظهور تضاعط في هذه المنطقة. ويبدو أن لهذا التعقيد التكتوني

في المنطقة علاقة وثيقة بارتفاعها الشاذ غما يليها من جبال. على أي حال فهذا الموضوع خارج كتابنا.

٥. الأودية لم تكن الأودية التي نراها اليوم موجودة عندما كان بحر التيثس يغطي المنطقة. وبعد انحسار البحر وارتفاع المنطقة في الأوليغوسين والميوسين الأسفل كان لا بد من مجار مائية لتصريف هذه المنطقة الداخلية. ولما كان الانهدام غير موجود فقد كانت الأودية في هذين العصرين تصب في البحر المتوسط (شكل ١٧,٦). ثم انفتح الانهدام وتحرك الأردن شمالا وتحركت معها الأودية التي أصبحت تصب في الانهدام. ولما كان قاع الانهدام في هبوط مستمر والجبال في ارتفاع مستمر فإن على الأودية أن تعمق نقطة التقائها مع سطح قاع الانهدام لتبقى على صلة طبيعية معه باستمرار. من ناحية أخرى لا بد لهذه الأودية أن تطول في اتجاه الشرق كنتيجة لعملية الرفع والخفض. ويمكن القول أن طول الوادي يتناسب مع عمره. ولا نشك أن أودية عظيمة كالحسا والموجب والزرقاء واليرموك هي أقدم عمرا من الأودية التي لا يزيد طولها عن ١٠-٢٥ كم كما هو الحال في الكثير من الأودية. لقد حدد بربري وآخرون (١٩٧٩) عمر بازلت الموجب فكان ٦ مليون سنة. ولما كان وادي الموجب يقطع هذا الانسياب البازلتي فإن عمر وادي الموجب أقل من ٦ مليون سنة أي بليوسين. أما بازلت وادي زرقاء ماعين فهو ٣,٧ مليون سنة وهو أقدم من الوادي أو متزامن معه على اعتبار أن البازلتي يوازي الوادي ولكنه جنوبه. ويبدو أنه انساب في واد قديم مواز لوادي زرقاء ماعين ثم غير الوادي مجراه بسبب وجود البازلتي. على أي حال هذا الموضوع يحتاج إلى عملية تأريخ أفضل. بقي أن نذكر أن الكثير من الأودية الرئيسية قد نشأت على الصدوع الرئيسية كوادي الحسا والكرك وماعين والهيذان ووادي شعيب وغيرها. غير أننا لا نجد صدوعا واضحة على أودية عظيمة كالموجب. ويبدو أنه في مثل هذه الأودية توجد محدبات غير ظاهرة الميول أي بميول طفيفة يصعب قياسها نشأ الوادي على خط قمة المحذب. ويبدو أن الجزء الغربي من نهر الزرقاء هو كذلك على الرغم من وضوح المحذب.

٦. جبال الأردن أعلى من جبال فلسطين المقابلة

وهو واضح (شكل ٢٤,٦). أما تفسيره فليس سهلا. فهل هذا يعني أن الكتلة المتحركة ترتفع أكثر من الكتلة الأقل حركة على طول صدع البحر الميت التحويلي. هذا المظهر التضاريسي صحيح حتى على شاطئ البحر الأحمر جنوبا. وقد يكون التفسير صحيحا. أترك ما تبقى من وصف الجبال وأسمائها للقارئ ولا أجدي راغبا في ذلك.

٣,٦,٦ الهضبة الأردنية

تشمل هذه الوحدة الطبوغرافية معظم الأراضي الأردنية. فهي تشمل جميع الأراضي الواقعة شرقي الجبال الغربية مباشرة وتدخل إلى العراق والسعودية وسوريا (شكل ٢٥,٦). وتتميز بعدم وجود جبال عالية أو أودية سحيقة كالتى وصفناها في الجبال الغربية. غير أنها ليست جميعها سواء. وبالتالي يمكن أن نتحدث عن أجزاءها الواضحة.

١. مرتفعات الهضبة

ترتفع في الهضبة الأردنية بعض المرتفعات قليلة الارتفاع مثل بعض البراكين بين الطفيلة وجرف الدراويش وجبل طويل الشهاق شرق الجرف في الجنوب والتلال التي تدعى زقيمات الحصاة ووقف الصوان وتلال التليثوات وجميعها في الجنوب الشرقي. ومجموع التلال على طول صدع الفيحا-الكرك وصدع سواقة..الخ.

٢. الأحواض

يوجد في الهضبة ثلاثة أحواض كبيرة تمثل مظاهر طبوغرافية واضحة وهي حوض الأزرق في الشمال وحوض الحفر في الجنوب ووادي السرحان في الجنوب الشرقي (شكل ٢٥,٦).

ارتفاع حوض الأزرق في أدنى أماكنه هو تقريبا ٥٠٠ م. ترتفع الأرض حوله من كل الجهات خاصة الشمال في حرات الشام. ومن ثم تصرف إليه مياه الأمطار من كل جهاته. فمن الشمال تصله مياه جبل الدروز (أكثر من ١٠٠٠ م) ومن الغرب ينقل وادي البطم مياه الفيضان من قرب الموقر أي مسافة تزيد على ٦٠ كم. وفي الجنوب الشرقي والشمال الشرقي يقوم وادي الغدق وراجل على الترتيب بالشئ نفسه. حوض الأزرق قديم نسبيا. وقد ذكرنا في فصل سابق أن حوض الأزرق قد بدأ كمنخفض في العصر التوروني من الكريتاسي الأعلى واستمر حتى الآن.

أما منخفض وادي السرحان فمعظمه في الأراضي السعودية شرقي الحدود مباشرة. يمتد في اتجاه شمال غرب-جنوب شرق أكثر من ٣٠٠ كم. وقد ذكرنا سابقا أنه نشأ على الصدوع الشمالية الغربية في الميوسين على شكل خسف graben. ويعد حوض الأزرق الامتداد الطبيعي لهذا المنخفض على الرغم من اختلاف عمر الحوضين. ويفصلهما نطاق تصدع سواقة بحيث يوجد مرتفع بينهما في منطقة العمري والضاكية. يقع إلى الغرب من منخفض وادي السرحان أي في جنوب شرقي الأردن مرتفع أو نهوض باير. هذا النهوض تخدده مجموعة كبيرة من الأودية التي تحمل مياه الفيضان إلى وادي السرحان في السعودية. ومن أشهرها من الشمال وادي حصيدة ووادي باير ووادي الغرة ووادي زقيمات الحصاة.

يبقى حوض الجفر الواقع شرق مدينة معان. ترفده أمطار منطقة واسعة. ففي الغرب جبال الشراة وفي الشرق والشمال الشرقي التلال المصاحبة لصدع الفيحا-الكرك (تلال برق الدودة مثلا إلى الشمال منه). وهو أيضا حوض قديم نسبيا.

٣. القيعان

القيعان جمع قاع وهو منخفض صغير أو كبير يقاس قطره بعشرات الأمتار أو بالكيلومترات. ويتميز بانبساط سطحه مع ميل طفيف جدا نحو مركزه يصعب قياسه بالبوصلة. رسوبياته الغرين أو الرمل الناعم جدا وقد يوجد به الطين. وهي في الغالب رسوبيات مائية من مياه الفيضان التي تجلبها الأودية. والقيعان في الهضبة الأردنية تشكل أماكن تجمع مياه الفيضان محليا بحيث في العادة تكون القيعان مغلقة بلا منافذ. غير أن بعضها تخرج منه الأودية عندما ترتفع المياه أعلى من حد معين فيه. ومن هذه الأخيرة قاع الجنز مباشرة جنوب شرق بلدة الحسا الذي يخرج منه وادي الحسا. وقاع الحفيرة جنوب

شرق القطرانة الذي يخرج منه واد في نهايته الشمالية الغربية. وهي ليست سبخات لأنه لا يوجد به الملح. ومن ثم فإنها تزرع إذا وجدت المياه.

٤. الأودية

لأن في الهضبة أحواض وقيعان أي منخفضات تتجمع فيها مياه الفيضان فلا بد أن توجد الأودية لصرف هذه المياه. غير أن أودية الهضبة تتميز بأن عمقها قليل جدا إذا قورنت بأودية الجبال الغربية. فهي في العادة حول المتر الواحد في عمقها بينما يزيد عرضها عن مئات الأمتار مثل وادي زقيمات الحصاة ومعظم الأودية الشرقية التي ترفد قاع الجفر والأودية الجنوبية الغربية التي ترفد الأزرق. إلا أن بعضها قد يصل عمقه بضعة أمتار إلى بضع عشرات الأمتار كوادي باير ووادي الغرة إلى الجنوب منه ووادي رويشد السطوح جنوب شرق بلدة الرويشد وغيرها كثير. ثم إن عرضها كبير إذا ما قورن بعمقها. وبعبارة أخرى فإن أودية الهضبة عريضة وغير عميقة. أما سبب ذلك فإن مرتفعات الهضبة قليلة الارتفاع بالنسبة لمنخفضاتها. فالممال الأرضي بينهما صغير. ولا توجد عملية خفض واضحة في المنخفضات وعملية رفع في المرتفعات كما هي الحال في الجبال الغربية والانهدام.

4.6.6 الهضبة البازلتية أو حرات الشام

ليس من شك في أنها جزء من الهضبة الأردنية (شكل ٢٥,٦). إلا أنها تشكل مظهرا طبوغرافيا متميزا عن بقية الهضبة بسبب وجود النشاط البركاني فيها. مساحتها في الأردن ١١ ألف كيلومتر مربع تشكل جزءا من مظهر أكبر مساحته ٤٥ ألف كيلومتر مربع في السعودية والأردن وسورية وفلسطين. وقد تحدثنا بالتفصيل عن هذه المنطقة في الفصل الخامس. ولا داعي للتكرار إلا أن نقول أن حمادة بازلتية صعبة المسلك بسبب وجود غطاء من الجلاميد البازلتية تغطي سطح الأرض. تخدها مجموعة من الأودية بعضها يرفد حوض الأزرق وبعضها يرفد نهر الزرقاء في الغرب والآخر إلى نهر اليرموك وبعضها يصب في الكثير من القيعان الصغيرة نسبيا الواقعة مباشرة على الطرف الشرقي للهضبة البازلتية أو في القيعان الداخلية.

٥,٦,٦ الصحراء الرملية الجنوبية

نتحدث هنا عن الأراضي الواقعة جنوب جرف رأس النقب-بطن الغول حتى الحدود الجنوبية والجنوبية الشرقية. أما غربا فإن صدع القويرة وبالتالي جبال القاعدة البريكمبرية العالية إلى الغرب مباشرة منه يمكن أن تكون حدا طبيعيا لهذه المنطقة (شكل ٢٥,٦). وسبب ذلك أن المنطقة الواقعة غرب القويرة هي جزء من جبال الشراه ولها صفات الجبال الغربية التي تحدثنا عنها سابقا.

يسيطر على المنطقة صخور الباليوزوي الفتاتية وخاصة الرملية منها (مع قليل من الصخور النارية) التي عندما تتجوى تنتج الرمل المتحرك بالرياح الذي يغطي أجزاء مهمة من هذه المنطقة. ومن هنا جاء الاسم. ويمكن أن نعزم فنقول أن المناطق الشرقية من

الصحراء الجنوبية أي شرق طريق معان-المدورة أو شرق سكة حديد الحجاز لها صفات الهضبة الأردنية بينما أجزاؤها الغربية لها صفات الجبال الغربية. قد يكون جرف رأس النقب-بطن الغول هو أبرز المظاهر الطبوغرافية في المنطقة. ومن أجمل المناظر التي يمكن التمتع بها أن تقف في استراحة رأس النقب وتنتظر جنوباً. سترى صخور تكوين الديسي الرملية البيضاء أمامك بحيث لا تقل ارتفاعاً عن صخور الكريتاسي الأعلى بسبب وجود صدع رأس النقب المشهور. يستمر الجرف في الاتجاه الشرقي حيث يقطع طريق معان-المدورة ويسمى الجرف قبيل هذا المكان غرباً وبعده شرقاً جرف بطن الغول. غير أن من الصعب أن تجد صدعاً هنا.

جنوب رأس النقب وحتى القويرة صحراء رملية فعلية بسبب إزالة أجزاء كبيرة من تكويني أم عشرين والديسي الرملين. إلى الجنوب والجنوب الشرقي من هذا المكان توجد جبال رم وما يجاورها من جبال شاهقة تزبد على ١٧٥٠ م وتقطعها الصدوع الشمالية-الجنوبية إلى كتل جبلية موازية للصدوع. مرة أخرى فإن حت الصخور الرملية قد غطى الأودية والمناطق بطبقة رملية متحركة سميكة.

يمر من هذه المنطقة صدع القويرة-المدورة الشمالي الغربية. وعلى طول هذا الصدع أو نظام الصدوع تنتظم مجموعة من أهم القيعان في الأردن مثل قاع أم سلب قرب الراشدية ثم قاع أم عشرين قريباً من مدخل وادي رم ثم قاع الديسي المشهور المزروع جزئياً ثم عدد من القيعان إلى أن نصل إلى سهل الصوان في الجنوب الشرقي.

يقل ارتفاع الجبال نحو الجنوب الشرقي بعد جبلي عمار وعمير الجليدية وما جاورها بحيث يصعب أن تجد مرتفعات عالية في الأجزاء البعيدة شرقاً وجنوباً. هنا تصبح الصحراء الجنوبية كالهضبة قليلة المرتفعات وذات أودية ضحلة وعريضة مثل وادي راطية ورويطية شرق سكة حديد الحجاز جنوب شرق بطن الغول التي ترسل مياه الفيضان إلى الخبرات جمع خبرة (وهي القيعان) القريبة من شرق المدورة. ما زال الرمل مهما هنا أيضاً ولكن بكميات أقل. تكثر الزراعة المروية بمياه الديسي في هذه المنطقة.

٧,٦ زلزالية المنطقة

عرفت الزلازل في المنطقة منذ آلاف السنين. سجّل ذلك في كتب التاريخ ووصفت آثارها بشكل مفصّل. وسجّل ذلك أيضاً في آثار فلسطين والأردن وبلاد الشام عموماً في العصور التي لم يكن فيها التاريخ مكتوباً. ثم درست من آثارها التي تركتها في الرسوبيات من مثل الطيات الصغيرة التي ترى في عدة رقائق من تكوين اللسان ولا ترى تحتها ولا فوقها إلا في زلزال آخر (زهير العيسى وحكم مصطفى ١٩٨٦).

من النوع التاريخي نذكر أن السيوطي قد وضع كتابه المشهور "الصلصلة في علم الزلزلة" حيث رصد فيه الزلازل التي وقعت حتى زمنه في منطقة الشرق العربي، وعلى الأخص مصر وبلاد الشام. وفيما يلي وصف لزلزالين وقعا في العهد الفاطمي كمثال على ما كتبه المؤرخون أخذناها من كتاب الدباغ (١٩٨٠). ولقد استفاد المحدثون من هذا الوصف في التعرف على آلية حدوث الزلازل في المنطقة.

المثال الأول: "ففي عهد الظاهر أبو الحسن علي بن الحاكم بأمر الله الفاطمي ٤١١-٤٢٧ هـ، (٩٩٦-١٠٣٦ م). فقد حدث زلزال عام ٤٢٥ هـ. ١٠٣٣ م. "وهلك من الناس ما يعظم مقداره. وانقلبت أريحا على أهلها. وأشدّها كان على الرملة التي انهدم نحو ثلث منازلها وهلك تحت الهدم خلق كثير. وجزر البحر نحو ثلاثة فراسخ. فخرج الناس في عكا وبافا وعسقلان وغيرها يصيدون السمك. فعاد الماء فأخذ قوماً منهم وغمرهم. وكذلك نابلس وبعض قراها. وسقطت قطعة من حرم بيت المقدس، كما سقطت أيضاً أبنية في عكا ومنارة جامع عسقلان" (الدباغ ١٩٨٠). يشير هذا الوصف إلى أنّ أريحا قد انقلبت على أهلها وأنّ أشدّ الزلزال كان في الرملة. فهل كان مركز الزلزال في انهدام البحر الميت أم في البحر المتوسط. ليس من السهل الحكم.

ومثال ثانٍ لزلزال حدث في عهد المستنصر بالله معد أبو تميم (٤٢٧-٤٨٧ هـ وفق ١٠٣٦-١٠٩٤ م). "وفي عهده أصابت فلسطين زلزلة أخرى شديدة عام ٤٦٠ هـ خرّبت فيها الرملة وهلك من أهلها خمسة وعشرون ألف نسمة. وطلع الماء من رؤوس الآبار وانشقت الصخرة ببيت المقدس. ويحكى أنّ مدرسة في الرملة كانت تضم ٢٠٠ طالب دمرها الزلزال، ومات طلابها تحت الردم. وجزر البحر مسيرة يوم، فنزل الناس إلى أرضه يلتقطون منه، فرجع الماء عليهم فأهلك خلقاً كثيراً". (الدباغ ١٩٨٠)

كان الجيولوجيون يظنّون حتّى وقت قريب، أي قبل أواخر الستينيات من هذا القرن أن لا علاقة لصدع البحر الميت بهذه الزلازل (Sieberg 1932). وما أن ثبت وضع نظرية الصفائح، وقبلت بين الجيولوجيين والجيوفيزيائيين كوسيلة جيدة لتفسير حدوث الزلازل، حتّى أعيد النظر في هذا الموضوع، فأصبح الرأي السائد الآن أن سبب الزلازل التي حصلت في داخل فلسطين والأردن سببها صدع البحر الميت التحويلي (El-Isa 1983 ، Arieh 1967 ، Galli 1999 ، أبو كركي ١٩٩٩). فحركة الصفيحة العربية على طول الصدع إلى الشمال يؤدي إلى حدوث زلازل صغيرة. ولكن إذا توقفت هذه الحركة بعض الوقت (عشرات إلى مئات السنين) ثم تحركت فجأة ومرة واحدة بسبب استمرار الضغط إلى الشمال، حدث زلزال كبير. ولقد شبه العاملون في هذا المجال صدع البحر الميت بصدع سان أندرياس في كاليفورنيا الذي هو سبب الزلازل المشهورة هناك. وفي الحالتين فإن الحركة الأفقية هي السبب.

يري الشكل ٣١، ٦ أماكن الزلازل التي حدثت في فلسطين والمناطق المجاورة مصنفة حسب مقياس ريختر. يتضح من الشكل حقيقتان أولهما: أنّ الزلازل التي تحدثت في هذه المنطقة معظمها غير قوي، أي أقل من ٤,٥ درجة على مقياس ريختر. وأنّ أقوى الزلازل التي حدثت لا تزيد عن ٧ درجات إلا قليلاً في بعض الأحيان. وقد قدر آخر زلزال قوي في المنطقة، ذلك الذي حدث في الساعة الثالثة عشرة وأربع دقائق وسبع ثواني يوم ١١ تموز (يوليو) من عام ١٩٢٧ م بأنه ٦,٢٥ درجة وكان مركزه الغور شمال أريحا. وقد أعاد شابير تحديد مكانه فوضعه قرب النهاية الشمالية للبحر الميت (Shapira 1997). ولا أظنه صحيح.

وثانيهما: أنّ الزلازل تنحصر بشكل عام في منطقتين هما: منطقة صدع البحر الميت ومنطقة البحر المتوسط.

ويبدو أنّ سبب زلازل البحر المتوسط ناتجة عن حركة الصفيحة الإفريقية شمالاً وإندساسها تحت أوروبا في اليونان ويوغسلافيا، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث زلازل قوية في تلك المنطقة وعلى نطاق أصغر في منطقتنا.

وقد اتخذ توزع الزلازل في منطقة صدع البحر الميت دليلاً على استمرار حركة هذا الصدع ونشاطه حتى الآن ومن ثم حركة الصفيحة العربية شمالاً بالنسبة لصفيحة سيناء. أما سرعة الحركة فهي بمعدل يقع بين ٥-٧ ملم / السنة وقد تحدثنا عن هذه الحركة الأفقية على طول صدع البحر الميت.

يوضح الشكل ٣١,٦ ب زلازل القرن العشرين التي تزيد قوتها عن ٥,٩ درجة على مقياس ريختر (أبوكركي ١٩٩٩). إلا أن هذه الزلازل - وهي الأقوى في القرن العشرين- قد حدثت جميعها على طول صدع البحر الميت التحويلي وبعض الصدوع المتصلة به. لاحظ وجود بعض الزلازل التي تزيد عن ٧ درجات في خليج العقبة. وقد حدثت في التسعينات من القرن العشرين.

ويري الشكل ٣٢,٦ مقدار الدمار الذي حلّ في مناطق مختلفة من بلاد الشام بسبب زلازل تاريخية حصلت أثناء ١٣٠٠ سنة خلت (هوروفتس ١٩٧٩). ويبدو من هذا الدمار أنه مركز حول صدع البحر الميت من المرشرش (العقبة) جنوباً وحتى حلب في الشمال. وقد حسب بعضهم أن الزلازل القوية (أي الأكبر من ٥,٥ درجة على مقياس ريختر) لا تحدث إلا مرة كل ٢٠٠-٤٠٠ سنة (Garfunkel and Freund 1981). وقد توصل زهير العيسى وحكم مصطفى (١٩٨٦) إلى عدم انتظام فترة عودة الزلازل القوية. فقد تحدث مرة في القرن أو حتى مرتين وقد نغيب ٤٠٠ سنة دون حدوث. وذلك من دراستهم على زلزالية رسوبيات اللسان. غير أنها تحدث في مناطق أخرى من العالم في فترات أقصر، كأن تحدث كل ٦٠ عاماً كما هو الحال في كاليفورنيا. ويبدو أن سبب ذلك ناتج عن أن زلازل صغيرة تحدث باستمرار وعلى طول غور الأردن. ويبدو أيضاً أن ذلك هو السبب نفسه الذي لا يجعل الزلازل في منطقتنا لا تزيد على ٧ درجات على مقياس ريختر. دلّ على ذلك أجهزة رصد الزلازل الكثيرة التي وضعت في المنطقة أخيراً حيث أصبحت قادرة على قياس حتى أصغر الهزات. ولو نظرت إلى الشكل ٣٣,٦ لوجدت أن زلزالية صدع البحر الميت التحويلي متواضعة إذا ما قيست بزلزالية إيران وتركيا واليونان ويوغوسلافيا. وفيما يلي خلاصة لأقوى الزلازل التي حدثت في منطقتنا منذ عام ١٣٠ هجرية (٧٤٨ م). هذه المعلومات مأخوذة من أبو كركي بالاتصال المباشر.

زلزال رمضان ١٣٠ للهجرة ٧٤٨ م

مركزه وادي الأردن وقد ترك أثرا تدميرية في كل من القدس وطبرية واللد وجرش وأريحا.

زلزال جمادى الثانية ٤٦٠ للهجرة ١٠٩٨ م

مركزه وادي عربة جنوب البحر الميت. سبب دماراً في العقبة والرملة التي شهدت شواطئها موجة بحرية عاتية (تسونامي) أتت على ما لا يقل عن ١٥ ألف نسمة.

زلزال شعبان ٥٩٨ للهجرة ١٢٠٢ م

مركزه شمال لبنان. ترك دماراً كبيراً في نواحي بعلبك وخسائر كبيرة في مناطق أنطاكية وطرابلس وحلب وحمص ودمشق وناپلس وعكا والقدس.

زلازلا تشريني أول وثاني ١٧٥٩

وقد تمركزا على التوالي شمال لبنان وجنوبه. وكان الثاني أكبر من حيث القوة وبفارق نصف درجة. الأكبر كان ٧ درجات. وقد سبب ٢٠٠٠ ضحية في صفد يشما فلسطين وثأت منهم ف دمشق وقد تبعه نشاط زلزلي استمر ٦ أشهر. وكخلاصة، فإن حركة الصفيحة العربية شمالاً على طول صدع البحر الميت يجعل من منطقة الانهدام منطقة فعالة زلزالياً. وأن زلازل لا تزيد قوتها على ٧ درجات كانت وما زالت تحدث في المنطقة دون انتظام ولكنها قد تحدث مرة كل ٢٠٠-٤٠٠ سنة.

المراجع

- الدباغ ، مصطفى مراد ، ١٩٨٠ ، الموجز في تاريخ الدول العربية وعهودها في بلادنا فلسطين . دار الطليعة - بيروت . ٣٨٣ صفحة
- الدباغ ، مصطفى مراد ١٩٧٣ بلادنا فلسطين . الطبعة الثانية ، دار الطليعة - بيروت . عشرة اجزاء
- عابد ، عبد القادر ، ١٩٨٢ ، جيولوجية الاردن ، دار النهضة الاسلامية - عمان ٢٢٥ صفحة .
- عابد ، عبد القادر ، ١٩٨٥ ، جيولوجية البحر الميت ، دار الارقم - عمان ٢٢٨ صفحة .
- Abed, A.M. , 1983 , Mediterranean- Dead Sea canal and the water budget of the Dead Sea. 1st Jord. Geol. Conf. p. 617-640 .
- Abed, A.M., 1986, On the supposed precambrian paleosuture along the Dead Sea Rift. J. Geol. Soc.Lond. V.
- Abed, A.M., 1988, Plaeogeography of Jordan in the phosphorite time *Guidebook to the 11th International Phosphrite Workshop Symposium, IGCP 156, Jordan*, p. 71-80
- Abed, A.M., 1989, On the genesis of the phosphorite-chert association in the Amman Formation in Tel es Sur area, Ruseifa, Jordan: *Sci. Geol. Bull.*, Strasbourg , v. 42, p.141-153.
- Abed, A.M., 1994, Shallow marine phosphorite-chert-palygorskite association, Late Cretaceous, Amman Formation , Jordan, In : Iijima, A., Abed, A.M. and Garrison, R., eds., *Siliceous, Phosphatic and Glauconitic Sediments of the Tertiary and Mesozoic*: VSP, Zeist, Netherlands, p. 205-224.
- Abed, Abdulkader, M. , 1985, The geology of the Damya formation. Dirasat, V. 12, p. 99-108,
- Arieh, E.G., 1967. Seismicity of Israel and adjacent areas. Geol. Surv. Isr. Bull. V. 43, p. 1-14.
- Bandel, K. and Mikbel. Sh., 1985, Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa, Jordan. *Publication Geologie Palaontologie Institut Universitat Hamburg*, v. 59, p. 167-188.
- Barazangi, M., 1983, A summary of the seismotectonics of the Arab region. In: "Assistant and mitigation of earthquake risk in the Arab region". UNESCO. p. 43-58.
- Barazangi, M., Seber, D., Chaimov, T., Al-Saad, D., and Sawaf, T., 1993, Tectonic evolution of the northern Arabian plate in western Syria. In:

- Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region*. by E. Boschi et. al., Eds. pp. 117-140. Kluwer Academic, The Netherlands.
- Barjous, M., 1986. The geology of the Siwaqa, map sheet No. 3252 IV. NRA, Geological Mapping Project, Bull. 4, 70p.
- Barjous, M., 1992. The geology of the Ash-Shawbak area, map sheet No. 3151 III. NRA, Geological Mapping Project, Bull. 19, 79p.
- Barjous, M. and Mikbel, S., 1990. Tectonic evolution of the Gulf of Aqaba-Dead Sea transform fault system. *Tectonophysics*, 180, 49-59.
- Barberi, F., Capaldi, G., Casperini, F., Marinelli, G., Santacroce, R., Scandone, R., Treuil, M., and Varet, J., 1979. Recent basaltic volcanism of Jordan and its implications on the geodynamic evolution of the Afro-Arabian Rift system. *Atti Conv. Lincce*, 47, 667-683.
- Ben-Avraham, Z., 1978, The structure and tectonic setting of the Levant continental margin, eastern Mediterranean. *Tectonophysics* , V .46 , p. 313-331 .
- Ben-Avraham, Z., Ginsburg, A. and Yuval, Z., 1981, Seismic reflection and refraction investigations of Lake Tiberias-central Jordan valley . *Tectonophysics*, V .80 , p. 147-165.
- Ben-Menahem, A. and Aboodi , E., 1981, Micro-and macroseismicity of the Dead Sea Rift and off-coast eastern Mediterranean . *Tectonophysics* , V . 80, p . 199-234.
- Bender, F., 1974, Geology of Jordan Borntraeger, Berlin, 196 p.
- Bender, F., 1974a , Explanatory notes on the geological map of the Wadi Araba Jordan . *Geol. Jb.* V. 10, 50 p.
- Bender, F., 1974b, Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan 1: 100,000. *Geol. Jahrbuch*, No. 10 , 42 p.
- Bender, F., 1982, On the evolution of Wadi Araba- Jordan *Geol. Jb.* V. 45, p. 3-20 .
- Bender, F., 1983, On the evolution of Wadi Araba-Jordan *1st. Jord. Geol. Conf.* . p . 415-445 .
- Beydoun, Z., 1977, The levantine countries: The geology of Syria and Lebanon (Moritime Regions) . In: The ocean basins and margins “ Eds. : A . Marin, W.H. Kanes and F.G. Stehli. V . 4A , p . 319-353.
- Beydoun, Z., 1993. Evolution of the northeastern Arabian Plate margin and shelf: Hydrocarbon habitat and conceptual future potential. *Revue Institiut Francais Petrole*, 48, 311-345.
- Blake , G.S., 1937 , Old shore lines of Palestine . *Geol. Mag.* V. 74, pp. 68-78 .
- Blake, G.S. and Ionides, M.G., 1939, Report on the water resource of Trans-Jordan and its development. Incorporating a report on the geology, soils and minerals. Crown Agent for the Colonies, London, 372 p.
- Bloch, R. and Picard, L., 1970, The Dead Sea sinkhele, *Z. Deutch.Geol.Ges. Sonderch Hydrogeol.* V. 12. p. 119-128.
- Bowen, R. and Jux, U., 1987, *Afro-Arabian Geology* . Chapman and Hall, London. 295p.
- Burdon, D.J., 1959, Handbook of the geology of Jordan to accompany and explain the 3 sheets of the 1:250,000 geological map of Jordan east of the Rift by A.M. Quennell. Gover. Hash. King. Jordan, Amman. 82 p.

- Chaimov, T., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T., and Gebran, A., 1990, Crustal shortening in the Palmyride fold belt, Syria, and implications for movement along the Dead Sea fault system. *Tectonics* V.9, pp. 1369-1386.
- Chaimov, T., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T., and Gebran, A., 1992, Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold thrust belt, Syria. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, V.104, pp. 704-715.
- Darkal, A. N., Krauss, M., and Ruske, R., 1990. The Levant fault zone: An outline of its structure, evolution and regional relationship. *Z. Geol. Wiss.*, 18, 549-562.
- Dixon, J.E. and Robertson, A.h., 1984, Introduction: Aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 17, p. 1-75.
- El-Isa, Z., 1983, Seismic risk in Jordan. *1st. Jord. Geol. Conf.* Amman. p. 523-541.
- Freund, R., Garfunkel, Z., Zak, J., Goldberg, M., Weissbord, T. and Derin, B., 1970, The shear along the Dead Sea Rift. *Royal Soc. Lond., Phil. Trans.* V. A267, p. 107-130.
- Galli, P., 1999. Active tectonics along the Wadi Araba-Jordan Valley transform fault. *Jour. Geophysical Research*, 104, 2777-2796.
- Garfunkel, Z., 1997. The history and formation of the Dead Sea basin. In: *The Dead Sea, The Lake and Its Setting* edited by T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham and J. R. Gat. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 36, pp.36-56.
- Garfunkel, Z., Zak, J. and Freund, R., 1981, Active faulting in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics*. V. 80, p. 1-27.
- Garfunkel, Z., Zak, J. and Freund, R., 1981, Active faulting in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics*, V. 80, p. 1-26.
- Gass, I. and Others, 1980, Crustal and mantle processes. Red Sea case study. The open University, Press, 142 p.
- Girdler, R.N., 1983, The importance of the Jordan Rift to studies of the Red Sea and the Gulf of Aden. *Isr. Jord. Geol. Conf.* p. 503-522.
- Gvirtzman, G. and Weissbord, T., 1984, The Hercynian geanticline of Helez and the Late Paleozoic history of the Levant. *Geol. Evol. East. Med.* (Eds.: Dixon, J. and Robertson, A.) . *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. No. 17.* p.177-187.
- Hampton, M. R., 1987. Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of the Red Sea. *Tectonics*, 6, 687-705.
- Horowitz, A., 1979, The Quaternary of Israel, Academic Press, New York, 394 p.
- Ibrahim, K. M., 1993, *The geology of Wadi Gharandal area map sheet 3050 II 1: 50 000*. NRA, Bull. 24. Amman
- Krenkel, E., 1924, Der Syrische Bogen. *Centralbl. F.M. Geol. und Palaont. Abt.* B. 279-281, U. 301-313. Stuttgart.
- Lartet, L., 1869, Essai sur la geologie de la Palestine. *Ann. Sci. Geol.* V. I. P.I. p.1-116 Paris.
- V. 1, p. 307-323.
- Lynch, W.F., 1852, Narrative of the United States Expedition to the River Jordan and the Dead Sea. Arno Press, New York, 509 p.

- McBride, J., Barazangi, M., Best, J., Al-Saad, D., Sawaf, T., Al-Otri, M., and Gebran, A., 1990, Seismic reflection structures of intracratonic Palmyride fold thrust belt and surrounding Arabian platform, Syria. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, V.74, pp. 238-259.
- Neev, D., and Emery, K.O., 1967, The Dead Sea. *Geol. Surv. Isr. Bull.* 41, 147p.
- Niemi, T. and Ben-Avraham, Z., 1997. Active tectonics in the Dead Sea basin. In: *The Dead Sea, The Lake and Its Setting* edited by T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham and J. R. Gat. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 36, pp.73-81.
- Philip, J., Babinot, J.F., Tonchetti, G., Fourcade, E., Guiraud, R., Bellion, Y., Herbin, J.P., Combes, P.J., Cornee, J. J., Dercourt, J. and Ricou, L. E., 1993, Late Cenomanian (94-92Ma). In: Dercourt, J., Ricou, L.E. and Vriclynek, B., eds., *Atlas Tythes Paleoenvironmental Maps*. Paris. p.153-178 and map.
- Picard, L., 1943, Structures and agriculture of Palestine . *Geol. Dept. Hebrew*
- Quennell, A.M., 1951, Geology and mineral resources of former Trans-Jordan. *Col. Geol. Min. Res.* V.2, pp. 85-115.
- Quennell, A.M., 1956, Tectonics of the Dead Sea Rift. 20th . *Intern. Geol. Cong. Mexico*. p. 385-403.
- Quennell, A.M., 1958, The structures and geomorphic evolution of the Dead Sea Rift. *Quart. J. Geol. Soc. Lond.* V. 114, p. 1-24.
- Quennell, A.M., 1983, Evolution of the Dead Sea Rift- A review. *1st Jord. Geol. Conf.* p. 460-482.
- Reynolds, P.O., Schandelmeier, H, and Pudlo, D., 1997, The Late Cretaceous (Campanian-Maastichtian, ca. 74a). In : Schandelmeier, H. and Reynolds, O.O., eds. *Paleogeographic Atlas of Northeastern Africa, Arabia, and Adjacent Areas-Late Neoproterozoic to Holocene*. Balkema, Rotterdam, p.81-88 and map.
- Sieberg, A., 1932, Untersuchungen ueber Eroeben und Bruchschollenbau in Ostlichen Mittelmeergebiet. *Denkschr. Mridiz. Naturwiss Ges. Jena*, V. 18, p. 157-273.
- Shapira, A., 1997. On the seismicity of the Dead Sea basin. In: *The Dead Sea, The Lake and Its Setting* edited by T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham and J. R. Gat. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 36, pp.82-86.
- Sitter, L.U. de 1962, Structural development of the Arabian Shield in Palestine . *Geol. Minjb ouw.* V.11, p. 116-124.
- Wetzel, r. and Morton, D.M., 1959, Contribution a la Geologie de la Transjordanie. *Notes et mem. zur le Moyen-Orient*, Tome, V.7, pp. 95-188.
- Willis, B., 1938, Welling's observation of the Dead Sea structures. *Bull. Geol. Soc. Am.* V. 42p 659-668.
- Zak, I. and Freund, R. 1966, Recent strike-slip movements along the Dead Sea Rift. *Isr. J. Earth Sci*, V. 15, p. 33-37.

الفصل السابع

الموارد المعدنية

MINERAL RESOURCES

٧. الموارد المعدنية

توجد الموارد المعدنية في الطبيعة في أشكال عدة. فقد يتركز عنصر ما كالححاس مثلا في صخر معين أو بيئة طبيعية خاصة بنسبة أعلى كثيرا من تركيزه العادي في الصخور. فإذا كان تركيزه يسمح بتعدينه وبيعه بربح أسمى منه خاما ore. وقد يستعمل الصخر مباشرة في الصناعة أو مع شيء من الإغناء أو التنظيف كأن يستعمل الحجر الجيري كحجر بناء أو رخام. وهذه هي الصخور الصناعية. والبتروول والغاز الطبيعي والصخر الزيتي موارد معدنية. والمياه الجوفية موارد معدنية خاصة غير المتجددة منها. كنا قد تعرضنا للموارد المعدنية عام ١٩٨٢ في فصل من كتابنا "جيولوجيا الأردن". بعد ذلك وضعت ثلاثة كتب في هذا الموضوع هي

- Abu-Ajamieh, M., Bender, F. and Eicher, R., 1988. Natural resources in Jordan. NRA, 224p.
- Abu-Ajamieh, M., 1989. Mineral Resources of Jordan. NRA, 149p.
- هاني خوري، ١٩٨٩ المعادن والصخور الصناعية في الأردن. صفحة الجامعة الأردنية. ٢٤٠

وقد تعرضوا لكل أشكال الثروات المعدنية في الأردن. وسنحاول أن نعطي في هذا الفصل نظرة شمولية لهذا الثروات المعدنية وما استجد بعد هذه الكتب. أما المصادر المائية فهي موضوع الفصل الثامن القادم. أما أسلوب العرض فهو ما اتبعناه في كتابنا سابقا:

- الخامات الفلزية
 - الصخور الصناعية
 - مصادر الطاقة الأحفورية
- الشكل ١,٧ هو خريطة توضح توزيع الموارد المعدنية في الأردن.

1.7 الخامات الفلزية Metallic Deposits

الخامات الفلزية المعروفة في الأردن هي النحاس والمنغنيز في وادي عربة جنوبا والحديد في عجلون شمالا واليورانيوم الموجود في بنية معدن الفوسفات وحديثا الذهب في وادي عربة.

1.1.7 النحاس

عرف النحاس في وادي عربة من زمن بعيد. فقد عدن في العصر الحديدي أي قبل ١٢٠٠ سنة. ويحتمل أن يكون قد عدن في العصر البرونزي قبل ٢٠٠٠ سنة. وقد استغله الأدميون ٦٠٠ قبل الميلاد فالأنباط ٢٠٠ قبل الميلاد-١٠٠ بعده. وأخيرا فقد استغل أيام الدولة الإسلامية. وما تزال أنفاق التعدين الأفقية والعمودية وأفران الصهر وبقايا الصهر (الخبث) والمسكن بادية للعيان تشهد على ذلك. ثم نسي هذا الخام إلى أن أعيد اكتشافه في القرن التاسع عشر (Eusebius 1870 و ١٩٠٣ Musil, Blankenhorn 1912). وكان أول المتحدثين عن خامات النحاس والمنغنيز في أقصى جنوب فلسطين في وادي المنبعة على بعد ٢٨ كم شمال العقبة على الجانب الغربي لوادي عربة هو Blake (١٩٣٦) نورده رسمه الأصلي في شكل ٢,٧. ثم تحدث عن ذلك خلق كثير بعد ذلك. وقد قامت سلطة المصادر الطبيعية بالعديد من الدراسات تهدف إلى إمكانية استغلاله نذكرها في حينها.

أماكن وجود النحاس

يتركز وجود النحاس في موقعين في وادي عربية. أولهما وهو الأكثر أهمية هو في منطقة فينان شمال وادي عربية. ومن الأماكن المعروفة هنا أم العمدة ووادي ضانا ووادي خالد ووادي الغويبة وسيل الجعار. وحديثاً أصبحت هذه المنطقة جميعها تقريبا داخل محمية ضانا لا يسمح بالاستكشاف فيها ولا حتى التعدين. أما الموقع الثاني فهو حول وادي أبو خشيبة في وسط وادي عربية. ثم إن النحاس يوجد بنسب أدنى مما هو عليه في الموقعين السابقين من مثل وادي أبو برقة ووادي قصيب وشمال جبل أبو محمود (شكل ٣،٧). وباختصار فهو موجود في شريط طوله قرابة ٧٠ كم وعرضه قرابة ١٥ كم.

أنماط وجود النحاس والتكاوين الحاملة له

حددت الدراسات وجود النحاس في التكاوين التالية من الأقدم بغض النظر عن قيمته التجارية:

- في قواطع صخور ما قبل الكامبري بين وادي حور ووادي موسى في وسط وادي عربية. توجد مجموعة من القواطع التي لا يرى فيها النحاس إلا أن نسبته في بعض العينات كانت ٠,٥٠%. وليس له قيمة تجارية (جدول ١,٧).

جدول ١,٧

تحليل كيمائي لعينتين من القواطع الخضراء في
صخور القاعدة في وادي موسى ووادي الحور (بندر ١٩٧٤)

العنصر	التركيز	العنصر	التركيز
Cu	٠,٤٣%	Co	١٠٠*
Mn	٠,٥٢%	Cr	١٠٠
Fe	١,٠%	Ni	١٠-١٠٠
Ti	١,٠%	Mo, Zr	آثار
V	١٠-١٠٠*	Ga	١٠٠
Sn	١٠٠-١٠٠٠	Pb	١٠٠

* ppm أو غرام/طن

- في بركانيات أحيمر التي تتكشف على شكل حزام من وادي أبو برقة حتى فينان. وعلى الرغم من إمكانية رؤية بعض الملاكيث في الفواصل وأن بعض العينات أعطت نسباً تصل إلى ٠,٧٧% نحاس وأن بعض المناطق بها شواذ قد يصل تركيز النحاس فيها إلى ١٠٠ ppm إلا أن الخلاصة أن هذا النمط من النحاس ليس تجارياً (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨) (جدول ٢,٧).

جدول ٢,٧

التحليل الكيمائي لعينة متمعدنة من الكوارتزبورفير
٨ كم غربي الطيبة وادي عربية (بندر ١٩٧٤)

العنصر	التركيز	العنصر	التركيز
Cu	٠,٧٧%	Pb	٠,٠١%

٠,٠٠١	Ag	٧٨,٧	SiO2
٠,٠١	Ga	١٠,٨	Al2O3
٠,٠٢	BaO	١,٤٩	FeO3
٠,٠٠١	Be	٠,٠٩	TiO2
٠,٠٠١	V	٠,١٧	CaO
٠,٠٠١	Sn	٠,١٢	MgO
-	Zr	٠,١١	Na2O
-	Zn	٧,٥٢	K2O
	Co	٠,٠١	P2O5

- في قاع تكوين سلب من الكمبري الأسفل الذي تغلب عليه حصى الكوارتز في أرضية أركوزية حيث وجد النحاس في المادة اللاحمة لهذه الصخور في وادي أبو خشبية. غير أنه بلا قيمة تجارية .
- في تكوين أبو خشبية من الكمبري الأوسط الذي يبلغ سمكه ١١٠م ويمتد من غرنديل جنوبا حتى شمال فينان. الشكل ٤,٧ يري مقطعا في التكوين. توجد معادن النحاس على شكل مادة لاحمة وأهم من ذلك على شكل عقيدات رملية ملتحمة بمعادن النحاس من الملاكيت Cu_2O وأقل من ذلك كوبريت Cu_2S وكالكوسيت Cu_2S وبورنيت $CuFeS_4$ وكالكوبيريت $CuFeS_2$ وآزوريت . التمعدن غير منتظم والمنطقة مقطعة بالصدوع. وقد قدرت كمية النحاس في نصف متر من التكوين في وادي أبو خشبية حيث يتركز الخام ٨ ملايين طن بنسبة ٠,٥٠% نحاس. منها ٢ مليون طن نسبتها ٠,٧٥% نحاس و ٠,٨٠ مليون بنسبة ١,٠% نحاس. فإذا أضفنا لذلك عدم انتظام الخام وكبر سمك الردم ٨,٣٣:١ وتصدع المنطقة بدا الخام غير تجاري حسب أسعار النحاس الحالية (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨) (جدول ٣,٧).

جدول ٣,٧

التحليل الكيماوي لعينة من حجر رمل تكوين

أبو خشبية جيدة التمعدن في وادي أبو خشبية (بندر ١٩٧٤)

العنصر	التركيز	العنصر	التركيز
Cu	١٥,١٨	Au	<10ppm
Fe2O3	٠,١٠	Co	<10ppm
Al2O3	٢٢,٨٧	Ni	<10ppm
SiO2	٣٤,٤١	Pb	١٠٠
Ag	<10ppm	P	٠,١%

- في تكوين البرج وهو معادل لتكوين أبو خشبية لكنه أكثر تطورا نحو شمال وادي أبو خشبية. وهو مكون من الغضار في جزئه العلوي والكربونات في العضو الأوسط والحجر الرملي في أدناه (شكل ٤,٧). ويمكن أن ترى عمليات التعمدين القديمة متركزة في صخور الكربونات (الدولوميت). على أي حال فالتمعدن يصل حده الأعلى في هذا التكوين وحوله في منطقة فينان كما ذكرنا أعلاه من مثل خربة النحاس وخربة فينان ووادي ضانا وخالد وسيل الجعار . يوجد النحاس إما مع الدولوميت أو فوقه مبنوثا في الغضار وهما الأكثر أهمية أو فوق الغضار في الحجر الرملي الأبيض أو حتى تحت تكوين البرج (شكل ٤,٧). ومن معادن النحاس في تكوين البرج نذكر: ملاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$ وكريزكولا $Cu_4H_4Si_4O_{10}$ وبلانشيت $3CuSiO_3H_2O$ وتنوريت

CuO وأتاكاميت $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ وكوبريت Cu_2O وكردنيريت Mn_2O_3 CuO. وديلافوسيت $\text{Cu}_2\text{O}.\text{Fe}_2\text{O}_3$ وأزوريت $\text{Cu}(\text{OH})_2.2(\text{CO}_3)$ وغيرها (خوري ١٩٨٩). وقد أدت دراسات عدة من سلطة المصادر إلى إثبات ٦٠ مليون طن خام. نسبة النحاس فيه ١,٣٦% تتركز في ٢ م العليا من التكون (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨، أبو عجمية ١٩٨٩). وهذا هو أهم النحاس في الأردن. وهو الآن جزء من محمية ضانا. جدول ٤,٧.

جدول ٤,٧

التحليل الكيماوي لعينة نحاس من تكوين البرج في سيل الجعار (بندر ١٩٧٤)

العنصر	التركيز	العنصر	التركيز
Cu	٠,٤١%	CaO	29.09%
Fe2O3	٠,٤٧	MgO	19.49
Al2O3	٠,١٣	SiO2	٥,١٩
TiO2	٠,٠١٤	CO2	٤٣,٨
MnO	0.72	H2O	٠,٠٩

نشأة النحاس

في نشأة النحاس في وادي عربة رايان:

أولهما يقول به بندر (١٩٧٤) وخلاصته أن معادن النحاس قد ترسبت في البيئة البحرية التي رسبت رمال تكوين أبو خشبية وفي الوقت نفسه أي متزامنة مع الترسيب synsedimentary. وهو خاص بالتمعدن في رمال تكوين أبو خشبية. وأدلتها هي:

- أن التمعدن موجود في مستوى طبقي محدد في رمال أبو خشبية مسافة ٧٠ كم.
- أن التمعدن غير موجود في صخور أم عشرين القارية المتزامنة مع تكوين أبو خشبية

- لا توجد علاقة بين الصدوع وبين التمعدن مما يؤكد أن التمعدن سابق لهذه الصدوع
- توجد عقيدات الخام على طول طبقات رملية محددة وفي وضع مواز للتطبيق
- تحوي عقيدات الخام عادة نواة غير متمعدنة

ويستمر بندر في تفسير الترسيب البحري للنحاس بأن مصدره النشاط البركاني الذي أنتج صخور الكوارتزبوري المتزامن مع رمل أبو خشبية والذي يحوي نسباً مرتفعة من الخام المؤكسد. وفي رأيه أن النحاس قد تجوَّى أو أذيب بالمحاليل الحارة وترسب مع الرمل. العيب الوحيد في هذا النموذج الترسيبي أن النشاط البركاني الكوارتزبوري لم يكن مصاحباً لترسيب تكوين أبو خشبية بل أقدم منه كثيراً. وقد تحدثنا عن ذلك في حينه.

أما التمعدن في تكوين البرج في منطقة فينان وما جاورها شمالاً وخاصة في الدولوميت والغضار فإن بندر يرى أنه ذو أصل ثانوي أي أن التمعدن قد حدث بعد الترسيب. وأدلتها:

- أن التمعدن في البرج مختلف عن العقيدات التي في رمال أبو خشبية
- أن التمعدن موجود في فواصل الدولوميت وشقوقها
- عدم انتظام تمعدن أرضية الحجر الرملي الخشن المرافق
- حدوث التمعدن في جيوب غير منتظمة
- وجود عدسات حاملة للنحاس والمنغنيز فوق الدولوميت مباشرة
- ونضيف إلى ذلك عدم انتظام الخام المبعوث في الغضار في الجزء العلوي من التكوين

ويستنتج بندر أن هذه الملاحظات جميعها تشير إلى أصل ثانوي لاحق للترسيب وليس متزامن معه. ويستطرد فيقول أن العقيدات الأصلية الموجودة في رمال أبو خشبية لا بد أن تكون قد أذيبت وهبطت إلى تكوين البرج وأنتجت هذا التمعن في فترات لاحقة.

أما الرأي الثاني فيقول بأن التمعن جميعه ثانوي وليس مصاحباً للترسيب لا في تكوين أبو خشبية ولا في تكوين البرج. ومن بين من قالوا بذلك النمري (١٩٧٣) وخوري (١٩٨٦)، (١٩٨٩) وغيرهم. أما أدلتهم فهي أدلة بندر في الأصل الثانوي للنحاس في البرج. ونموذجهم هو انتقال النحاس إلى أسفل بالمياه الهابطة من تكاوين أعلى. لا تختلف كثيراً عن بندر. وفي اعتقادنا أن ما أورده بندر يشكل نموذجاً مقبولاً لأنه يميز بين نوعين من المنشأ. وقد أقام أدلة جيدة على الأصل المصاحب للترسيب في عقيدات نحاس تكوين أبو خشبية ثم أذاب جزءاً منها وأنزله إلى البرج.

استخلاص النحاس واقتصادياته

أجريت دراسات كثيرة لاستخلاص النحاس من خاماته منها Gold 1964; NRA 1973; BRGM 1975 ، ١٩٨٥ و Seltrust 19٨٣ وغيرها. وقد خلصت هذه الدراسات إلى وجود ٦٠ مليون طن من الخام بنسبة ١,٣٦% نحاس. أما كيفية استخلاص النحاس فهي:

أ- خام عقيدات أبو خشبية

وجد أن أفضل الطرق في استخلاص النحاس من هذه الرمال هي أن يطحن الخام حتى ٢ ملم ثم يعالج بحمض الكبريت ٥% لمدة نصف ساعة مع التحريك. كل طن خام يحتاج ١٥٢٠ كغم حمض كبريت ومتر مكعب واحد تقريباً من الماء العذب. نسبة الخام المستخلص تصل إلى ٩١% (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨).

ب- خام البرج

أيضاً يستعمل حمض الكبريت ١,٥N على الخام المطحون بحيث يستعمل ١٠٤,٤-٥١,٢ كغم حمض لكل طن من الخام. نسبة الاستخلاص فهي ٧٩,٢%. (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨)

لاحظ ارتفاع تكاليف خام أبو خشبية. نضيف إلى كل ذلك مشكلات التعدين وأسعار السوق. ويبدو في الحالتين أن أسعار النحاس الحالية ما زالت لا تسمح باستغلاله.

٢,١,٧ المنغنيز

يوجد المنغنيز مع النحاس في جميع الأماكن التي ذكرناها في منطقة فينان. ولا داعي للتكرار. ويبدو أن أول من ذكره في هذه المنطقة هو بلاك وأيونيدس (١٩٣٩) ثم تبعه خلق كثير. معدنه الرئيسي هو البيرولوسيت MnO_2 وأقل من ذلك بسبوميلان. كما يرافقه العديد من معادن الحديد والنحاس.

ويبدو أن الخام الرئيسي للمنغنيز يوجد على شكل عدسات وطبقات وعقيدات وكتل فوق الدولوميت مباشرة ومرتبطة بالتطبيق. ويمكن أن يرى على شكل طبقات رقيقة متعاقبة مع الرمل. ويعلو الخام سطح عدم توافق واضح. من هذه الملاحظات يبدو أن أصل الخام متزامن مع الترسيب. إلا أن بعض الخام يوجد أيضاً في الفواصل والشقوق وغيرها مما يدل على أن جزءاً من الخام قد أذيب وأعيد ترسيبه لاحقاً (بندر ١٩٧٤).

اختلف الباحثون في كميات الخام الموجودة. والرأي الآن باختصار هو وجود ٥ ملايين طن من خام المنغنيز نسبة العنصر فيها تتراوح بين ٣٥-٤٥% ونسبة نحاس بين ١-١,٥% (النمري ١٩٦٧). ويرى جدول ٥,٧ تحليل عينتين من هذا الخام.

وقد أجريت دراسات كثيرة على استخلاصه من مثل Gold 1964; NRA 1973; BRGM 1975, 1983, Seltrust 1983 وغيرها. وقد تبين باختصار أن أفضل الطرق لاستخلاص المنغنيز هي غسل الخام leaching بمحلول أكسيد الكبريت SO_2 الذي أدى إلى استخلاص ٩٨,٩% منغنيز و ٩٥% من النحاس من خاميهما. وعلى الرغم من احتمال وجود كميات أخرى من خام المنغنيز فإن اقتصاديات استغلاله غير مشجعة. كما أن جميع الخام تقريبا أصبح ضمن محمية ضانا.

جدول ٥,٧

معدل تحليل عينتي منغنيز من وادي ضانا (بندر ١٩٧٤)

العنصر	التركيز	العنصر	التركيز
SiO ₂	٥,٣%	Cu	1.45%
Fe	٩,٥	Pb	0.5
Mn	٤١,٩	V ₂ O ₅	٠,٠١
TiO ₂	٠,١	P ₂ O ₅	٠,١
Ba	2.3	H ₂ O	٤,٢

3.1.7 الحديد

توجد خامات متواضعة للحديد في أكثر من موقع في الأردن قد يكون أهمه خام مغارة وردة في جنوب منطقة عجلون.

خام حديد وردة

عدن حديد عجلون أيام السلطان صلاح الدين الأيوبي رضي الله عنه. وقد ذكره بلاك ١٩٣٠ في تل قويدر الذي نعرفه اليوم بخام وردة الواقعة على بعد ٧ كم غرب قرية برمة في عجلون شمال سد الملك طلال. ثم درسه بالتفصيل Van Den Boom and Lahloub (1962) والسفارييني وآخرون (١٩٨٥) بالإضافة إلى بندر (١٩٧٤) وأبو عجمية وآخرون (١٩٨٨) وأبو عجمية (١٩٨٩) وخوري (١٩٨٩). التفاصيل التالية مأخوذة من هذه الدراسات.

يوجد الخام في شكل عدسة غير منتظمة طولها قرابة ٣٠٠ م وعرضها قرابة ٢٠٠ م بينما يتراوح سمكها بين ٩,٨ م في المركز تقل نحو الأطراف إلى أقل من المتر. يقع الخام في تكوين الحمر من العصر السينوماني (بندر ١٩٧٤). المعدن الرئيسي للخام هو الهيماتيت. ويمكن ملاحظة بريشة الحجر الجيري متماسكة بالهيماتيت على أطراف الخام أو فوقه. ويمكن أن يرى إحلال الهيماتيت محل الحجر الجيري. المعادن الأخرى الموجودة هي الليمونيت والغوتيت والكوارتز. معدل أكسيد الحديد Fe_2O_3 هو ٦٧,٩%. وهو معدل ٢٠٥ عينات. مما يعني أنه خام جيد في نسبة الحديد فيه. أما كمية الخام الموجود الآن فهي ٥٦١٠٠٠ طن. وهي كمية قليلة جدا لا تسمح بإقامة مصنع لاستخلاصه. زد على ذلك أنه لا توجد امتدادات عميقة أو جانبية للخام. بقي أن نذكر أن الدلائل جميعها تشير إلى أن أصل الخام حرثائي hydrothermal.

مناطق أخرى

تحدث مقبل وآخرون (١٩٨٦) عن وجود خامات الحديد جنوب غرب عمان ضمن طيات تركيب عمان-الحلابات كمطقة عبدون مثلا. غير أن الدراسات اللاحقة لم تؤكد ما ذهب

إليه الباحثون من وجود قرابة ٦ مليون طن من هذا الخام. ويبدو أنه موجود في طبقات قد يصل سمكها ٦,١م ولكن على نطاق محلي جدا. وقد ذكرت خامات الحديد في منطقة جلعاد في البلقاء وبيرين غرب الزرقاء في تكوين وادي السير. ويبدو أنها أيضا محلية جدا لا ترقى حتى إلى وضع خام واردة. ويمكن أن يرى التلوين بالأحمر في تكوين وادي السير في كثير من مناطق عمان وما جاورها. والخلاصة أن خامات الحديد في الأردن، إن جاز أن تسمى خامات، متواضعة جدا ولا تصلح لاستخلاص الحديد منها لصغر كمياتها.

٤,١,٧ الذهب

يبدو أن جيولوجي سلطة المصادر الطبيعية قد سجلوا في السنوات القليلة الماضية شواذا موجبا للذهب في وادي أبو خشبية في وادي عربة. فقد قام قسم الجيوكيمياء في مديرية الجيولوجيا بعمليات مسح وتحليل لرسوبيات الوديان في معظم مناطق المملكة. من هذا المشروع وجدت عينة من رسوبيات وادي أبو خشبية بها ٤٠ غم/طن من الذهب. غير أن التراكم بين ٢-٥ غم/طن كانت شائعة نسبيا. بعد ذلك تركز البحث في المنطقة الرافدة لهذا الموقع. وقد تبين أن صخور الكوارتزبورفيرى من أعلى ما قبل الكمبري (بركانيات أحمر) هي الصخور الحاملة للذهب الأولي الذي يمكن أن يرى بالعين بعد التركيز. ثم جرت دراسات أكثر جدية بين عامي ١٩٩٥/١٩٩٦ ولكنها مازالت أولية في محاولة لتحديد طبيعة التوضع وكيفية تكونه. وقد حددت منطقة مساحتها ١٣٧٥ كم^٢ كم منطقة واحدة. وقد دلت دراسة العينات السطحية من هذه المنطقة على أن أعلى تراكيز الذهب (٥ غم/طن) موجودة في صخور الكوارتزبورفيرى المجواة (silicified and kaolinitized) إما في مناخ قديم أو بعد ذلك. ويعتقد أن نسبة الذهب يمكن أن تزداد نحو الأسفل ضمن المستوى المجوى من صخور الكوارتزبورفيرى. وبالتالي فإن مزيدا من الاستكشاف والحفر يجب أن يحدث قبل أن يتحدث عن خام اقتصادي للذهب. نضيف إلى ذلك أن بركانيات أحمر تمتد مسافة كبيرة من وادي أبو خشبية جنوبا وحتى وادي ضانا تقريبا شمالا. هذه النطاق البركاني هو أيضا بحاجة إلى استكشاف على اعتبار أن قد نشأ تحت الظروف نفسها (Bullen et al., 1996; Nimry et al., 1995).

5.1.7 اليورانيوم والمعادن المشعة

لم يتحدث باحث حتى الآن عن وجود خامات حقيقة لليورانيوم والثوريوم في الأردن. إلا أن آثارا من هذين العنصرين وجدت في صخور الأردوفيشي الرملية في تكاوين ديبذب والحسوة والمدورة. فقد دل مسح جوي إشعاعي (Phoenix 1980) على وجود شواذ لهذين العنصرين في الصحراء الجنوبية. غير أن العمل الميداني أثبت أن تركيزهما لا يزيد عن ٤٦٠ جزء من المليون U_3O_8 و ٣٧٠٠ جزء من المليون ThO_2 . غير أن اليورانيوم موجود في الفوسفات الأردني. وهو موضوع العنوان التالي.

اليورانيوم في الفوسفات الأردني

لا يختلف الفوسفات الأردني عن غيره من التوضعات الأخرى في العالم في احتوائه على اليورانيوم. يوجد اليورانيوم في داخل بنية معدن الفرانكوليت (كربونات فلور أباتيت). فهو محل محل الكالسيوم في هذا المعدن (شكل ٥,٧). ولا يعنينا المعدن الأصفر (أتونيت أو ميتا

أوتونيت) الذي يوجد على سطوح الفواصل في صخور الفوسفات. فهذا المعدن الأصفر لا يعدو أن يكون تلويثا على سطح الفواصل ليس له قيمة في نسبة اليورانيوم في الفوسفات. وقد أجريت دراسات كثيرة على نسبة اليورانيوم في خامات الفوسفات الأردنية نذكر منها Beerbaum 1977 و Roosh and Saadi 1973 و وأبو عجمية ١٩٧٤ الذين درسوا اليورانيوم في الرصيفة وخالد وعابد ١٩٨١ حيث درسوا العنصر في الشدية وعابد ١٩٨٥ الذي حلل أكثر من ١٠٠ عينة من جميع خامات الفوسفات بما فيها فوسفات شمال الأردن. ففي الرصيفة يبدو واضحا من جدول ٦,٧ أن الطبقة العليا (A4) تحوي النسبة الأعلى من بين الطبقات الفوسفاتية الأربعة المكونة لخام الرصيفة.

جدول ٦,٧
تركيز اليورانيوم في خام فوسفات الرصيفة

الطبقة	Roosh & Saadi 1973	أبو عجمية ١٩٧٤	Beerbaum 1977
A4	١٨٠ ppm	١٨٠ ppm	١٥٥ ppm
A3	١٢٠	١٤٠	١٣٩
A2	١٢٠	١٤٤	١٣٢
A1	١٤٥	١٢٩	١٢٠

ويمكن أن يؤخذ تركيز ١٥٥ ppm أو غرام/طن كمعدل لليورانيوم في فوسفات الرصيفة ككل. بقي أن نذكر أن منجم الرصيفة قد أغلق منذ مدة طويلة على الرغم من وجود كمية من الخام تصل إلى بضع عشرات ملايين الأطنان جنوب طريق عمان-الزرقاء السريع.

أما في وسط الأردن في الخامات المحيطة بمنجمي الحسا والأبيض فإن نسبة اليورانيوم فيها جميعها تكاد تكون متجانسة ومعدلها ١٠٠ غرام في الطن (بيرباوم ١٩٧٧ وعابد ١٩٨٥). بقي أن نذكر القارئ أن خامات وسط الأردن لم يبق منها إلّ النزر اليسير وأنها ستنتهي في السنوات القليلة القادمة. وفي الشدية عدة طبقات فوسفاتية تتراوح نسبة اليورانيوم فيها بين ٥٩ غم/طن في الطبقة الدنيا إلى ١٢٥ غم/طن في الطبقة العليا كما في جدول ٧,٧.

جدول ٧,٧
اليورانيوم في فوسفات الشدية (خالد ١٩٨٠)

التركيز	طبقات الفوسفات
١٢٥ ppm	المستوى العلوي A0
٧١	فوسفات غضاري A1
٨٧	فوسفات طري A2
٥٠	فوسفات صلبة سيليسية
٤٣	فوسفات رملي A3
٥٩	رمل فوسفاتي

يتضح من هذا الجدول أن اليورانيوم يبلغ أدنى تركيز له في خام الشدية. المستوى العلوي في الشدية لا قيمة له لأنه متغير السمك ولا يعدن بل يزال مع الردم. فإذا تغاضينا عن الرمل الفوسفاتي وركزنا الطبقات الثالثة والثانية والأولى أصبح معدل اليورانيوم في حدود ٧٥ غم/طن وهو قرابة نصف تركيز اليورانيوم في الرصيفة.

أما فوسفات شمال الأردن الموجود في لواء الكورة فإن معدل اليورانيوم فيه هو ١٣٠ غم/طن (عابد ١٩٨٥). وقد وجد عابد ١٩٨٥ أن أعلى تركيز لليورانيوم في الفوسفات الأردني وهو ٢٢٠ غم/طن كان في خامات فوسفاتية لا تعدن تقع جنوب الجيزة مباشرة إلى الغرب من مطار الملكة علياء الدولي.

وعلى الرغم من أن نسبة اليورانيوم في الفوسفات عموماً ليست مرتفعة إلا أنه يستغل في بعض بلدان العالم كناتج جانبي في صناعة حمض الفسفور المصاحب لصناعة الأسمدة الفوسفاتية. وفي هذا السياق نذكر أن اليورانيوم يستخلص من فوسفات النقب في فلسطين المحتلة وذلك مع صناعة حمض الفوسفور في حيفا. وقد أورد Ketzinel ١٩٧٢ إنتاج ٥٠ طن يورانيوم مركز من هذا المصنع.

2.7 الصخور الصناعية Industrial Rocks & Minerals

في الأردن الكثير من الصخور التي يمكن أن تستعمل في الصناعة كما هي أو بعد تركيز لها أو تنقيها upgrading. ولا شك أن هذه هي ثروة الأردن المعدنية الحقيقية. إذ أن ما في الأردن من موارد معدنية يقع في هذا الباب. الكثير منها مستغل جيداً ويدخل الصناعة كما هو كالفوسفات والصلصال والجبس ورمل الزجاج وغيرها. ويمكن القول بطمأنينة أن عمليات التركيز أو التنقية أو رفع سوية الخامات المتدنية تكاد تكون معدومة في الأردن. وهو عيب واضح في مهندسينا الذين يبدو أنهم لا يتقنون هذا الاختصاص المهم الذي يمكن أن يكون مصدر ثروة للبلد. ومثلهم في ذلك شركات التعدين عدا الفوسفات التي بدأت تصنع الفوسفات الأردني محلياً. على أي حال دعنا نبدأ بدراسة هذه الصخور الصناعية من المهم إلى الأقل أهمية.

1.2.7 الفوسفات

اكتشف الفوسفات في الأردن في الرصيفة عام ١٩٠٢ على يد الألماني بلانكنهورن. وفي الحسا عام ١٩٠٨. وقد بدأت الدراسات الجادة في ثلاثينيات القرن العشرين (Blake 1930, 1936) حيث أنشئت شركة فوسفات شرقي الأردن ١٩٣٦-١٩٣٩ التي كانت تصدر إنتاجها عبر ميناء حيفا. وقد بدأ الإنتاج الفعلي في الخمسينيات من القرن العشرين بعد إنشاء "شركة مناجم الفوسفات الأردنية" التي عملت أولاً في الرصيفة بواسطة الأنفاق وليس الحفرة المفتوحة. أما في وسط الأردن فقد بدأ الإنتاج عام ١٩٦٥ بعد أن أثبتت شركة بارسون وجود أكثر من ٣٠ مليون طن فوسفات عام ١٩٦٢. ثم امتد بعد ذلك إلى الشمال حيث منجم الوادي الأبيض. أما في الشدية فقد بدأ الإنتاج عام ١٩٨٨ بعد أن ثبت وجود كميات كبيرة من الخام في هذه المنطقة.

مناطق الفوسفات

بعد الفوسفات المورد المعدني الأول في الأردن. فقد ترسب ابتداءً مغطياً جميع أرجاء الأردن عدا أقصى جنوبه. ثم أزاله الحت في أثناء تشكل صدع البحر الميت التحويلي من بعض المناطق كالمناطق الواقعة بين عجلون وعمان وكذلك معظم سلسلة الجبال الغربية حيث وصل الحت أدنى من مستوى تكوين الحسا الفوسفاتي في الكثير منها. نستثنى من الجبال شمالها في لواء الكورة حيث كمية كبيرة منه. المناطق التالية تحوي الفوسفات بشكل تجاري. بعضها قد عدن والبعض الآخر ما زال يحوي الفوسفات (شكل ٥,٧). وهي من الشمال:

فوسفات الكورة غرب اربد

أول من اكتشف هذا الخام ووصفه هما شاكر مقبل (رحمه الله) وعبدالقادر عابد (١٩٨٥). وقد وصفا الخام في عدة مناطق في لواء الكورة منها طريق اربد-دير أبو سعيد وشمال تبنة مباشرة وفي وادي الطيبة غرب وعلى كتف وادي اليباس الشمالي. ثم درسه الأغا (١٩٨٥)

وعابد وعاشور (١٩٨٧) وعابد والأغا (١٩٨٩) وعابد (١٩٩٤) وغيرهم. وقد وصفنا مقطعاً في الخام في الفصل الثالث من هذا الكتاب عند حديثنا عن تكوين الحسا. يتميز هذا الفوسفات بوجود طبقة فوسفات طري خالص سمكها أكثر من ٣ م تقع مباشرة تحت تكوين الموقر. أما طبقات الفوسفات السفلى فمتعاقبة مع الصوان. غير أن الفوسفات قد حفظ في منطقة مطوية وبالتالي لا يمكن تعدينه بطريقة الحفرة المفتوحة التي تستعملها شركة الفوسفات في الحسا والأبيض والشديدة. الجدول ٨,٧ يوضح التركيب الكيماوي لفوسفات الكورة. أما كمية الخام فقد قدرها مقل وعابد (١٩٨٥) بأكثر من ٣٠٠ مليون طن في منطقة صغيرة. ويعتقد أن احتياطي الخام يفوق ذلك مرات عدة.

جدول ٨,٧
التركيب الكيماوي والمعدني لفوسفات الكورة غرب اربد (عابد والأغا ١٩٨٩)

العنصر	المعدل %	المدى %	العنصر	المعدل ppm	المدى ppm	المعدن	المعدن	المدى %
SiO ₂	٨,٨٦	٥٣,٧٧-٤١	Ni	١٢٨	٥١٣-٤٥	أباتيت	٤٨	٨٩-٢٠
Al ₂ O ₃	١,٠٤	١١,٣٣-٠	Cr	١٠٢	١٠-١٠٠٠	كالسيت	٣٥	٧٢-٣
Fe ₂ O ₃	٠,٩٧	١٣,٣٠-٠,٧	Cu	٦١	٣٤٠-٥	دولوميت	٢	٢٤-٠
MgO	٠,٤٨	١٩,٣٠-٠,٨	Mn	٢١	٨٤-٠	كوارتز	٧	٥٠-٠
CaO	٤٣,٥٠	٥٧,٣٦-١١,١٩	Zn	٢٦٥	٤٥-١١٥٠	معادن طين	٥	٣٦-٠
Na ₂ O	٠,٣٠	٠,٦٥-٠,٨	Sr	٧٧٩	٣٢٠-١٢٠٠	مادة عضوية	٣	١,٣-٦,٤٨
K ₂ O	٠,٠٨	٠,٨٠-٠	Cd	٣١	١٥٠-٠			
P ₂ O ₅	١٩,٣٤	٣٤,٩٥-٢,٤٨						
F	١,٩١	٣,٩٣-٣٠						
Cl	٠,٠٥	٠,٢٨-٠						
CO ₂	١٥,٩٩	٣١,٨٠-١,٢٠						
SO ₃	٤,٠٧	٩,٠٠-٣٥						
مادة عضوية	٢,٨٨	٦,٤٨-١,٣٠						
المجموع	٩٩,٤٧							

فوسفات شمال غرب صويلح وجنوب جامعة عمان الأهلية
وهو غير الفوسفات المتحول الذي وصفه بندر (١٩٧٤) الذي يوجد في حزام ضيق تابع لتركيب وادي شعيب. فالى الغرب قليلاً من هذا الموقع وإلى الجنوب من جامعة عمان الأهلية تابع الكاتب تكشفت مهمة موجودة في عدة طبقات من الفوسفات الطري. لم يذكر هذا الفوسفات أحد من قبل ولم يحلل ولا تعرف كميته. غير أنه في منطقة حضرية مأهولة يستبعد أن يسمح فيها بتعدينه.

فوسفات الرصيفة
وهو مشهور. وقد عدن منذ أواسط الخمسينات من القرن العشرين. بدأ التعدين بالأنفاق غرب وشمال غرب بلدة الرصيفة ثم تحول إلى طريقة الحفرة المفتوحة في ما يسمى منطقة

زرقاء B الواقعة جنوب طريق عمان-الزرقاء السريع. وقد حولت إحدى حفر التعدين الكبيرة إلى مكب نفايات عمان وما زالوا يطمرون هذه الحفرة بالنفايات الصلبة والردم على الرغم من قرب منسوب المياه الجوفية. حدث ذلك بعد أن قررت شركة الفوسفات إغلاق منجم الرصيفة في نهايات الثمانينات من القرن العشرين. وقد بقي في منطقة الزرقاء B بضع عشرات الملايين من أطنان الخام لم تعدن ويخشى عليها من التقدم العمراني. إزاء هذا الوضع قد لا تكون قيمة للحديث عن فوسفات الرصيفة. على أي حال لقد وصفنا طباقية الخام في الفصل الثالث من هذا الكتاب. من ناحية علمية يمثل هذا الفوسفات رسوبيات حوض الرصيفة الذي يبدو أنه كان موجودا بسبب تكون منخفض بين تركيب وادي شعيب (بيرين) وتركيب عمان-الحلابات. بينما يمثل فوسفات تل السور الواقع جنوب الرصيفة رسوبيات مرتفع تل السور الذي يعد جزءا من تركيب عمان-الحلابات. وهو مثال جيد على طبوغرافية قاع الرف القاري في أثناء الترسيب. لمزيد من التفاصيل انظر عابد (١٩٨٩ ، ١٩٩٤).

جنوب وجنوب غرب الجيزة

توجد تكتشفات للفوسفات في هذه المنطقة التي تمتد بضعة كيلومترات في كل الاتجاهات. وفي هذه المنطقة توجد أيضا شعاب الأويستر بشكل واضح لا يختلف عما هو موجود في الحسا والأبيض. غير أن هذه المنطقة لم تدرس على الرغم من أن بها أعلى قيم تركيز اليورانيوم في الفوسفات (عابد ١٩٨٥).

فوسفات القطرانة-جرف الدراويش

هذه المنطقة مشهورة لأن بها منجمي الحسا والأبيض وتضم خامات وسط الأردن. بدأ التعدين منذ ١٩٦٥ ويكاد الاحتياطي هنا ينفذ تماما بعد استخراج أكثر من ٢٥٠ مليون طن وبيعها. ومن ثم فإن الحديث عن هذا الفوسفات أصبح ضربا من الحديث عن الماضي. فالأماكن التي كانت تمثل الخامات أصبحت الآن حفرا كبيرة محاطة بأكوام كبيرة دائرية من الردم. وهو المعلم الذي يراه المسافر في هذه المنطقة على الطريق الصحراوي. على أي حال نذكر بعض صفات فوسفات هذه المنطقة للتوثيق. فقد وصفنا طباقية هذه المنطقة في الفصل الثالث من هذا الكتاب. ومن هذه الصفات المميزة (مأخوذة من عابد وصديقة ١٩٩٨):

- أن الخامات عدسية الشكل قطرها يتراوح بين مئات الأمتار إلى ٢-١ كم.
- يوجد الفوسفات في طبقة واحدة فقط قد يصل سمكها ١٣ م تصبح بضع عشرات السنتيمترات في أطراف العدسة.
- يوجد أكثر من ٣٠ عدسة أو خام في وسط الأردن عدن معظمها.
- تصاحب شعاب الأويستر هذه الخامات إما تحت الفوسفات وهو الوضع السائد أو فوق الفوسفات وهو أقل شيوعا أو أن الفوسفات في وسط الشعب وهو النادر. تبدأ الشعاب بالظهور من شمال القطرانة وتستمر حتى جرف الدراويش الذي يمثل الحد الجنوبي لفوسفات وسط الأردن. ويبدو أن سبب ذلك وجو مياه عميقة نسبيا فيما يسمى أخدود الجفر Jafra trough الذي يفصل بين فوسفات وسط الأردن في الشمال وفوسفات حوض الشدية في الجنوب.
- سهولة التعدين بالحفرة المفتوحة بسبب تكون الخام من طبقة واحدة.
- سهولة تركيز الخام بالغسل لعدم وجود شوائب كالرمل الموجود في الطبقة السفلى والطبقة العليا في الشدية. وبالتالي كان منجما الأبيض والحسا وما زالا المصدر الرئيسي للفوسفات المصدر من الأردن.

ويعتقد الكاتب أنه ما زالت خامات من الفوسفات موجودة في وسط الأردن يمكن أن تعدن. قد تكون أبعد قليلا مما تحب الشركة (صدقة وآخرون ١٩٨٦). غير أن التنقيب الجيولوجي عن خامات جديدة لا يعد من أعمال شركة الفوسفات. وهو غير جيد. ذلك لأن أي إضافة جديدة في وسط الأردن تعد كسبا حقيقيا بسبب وجود كامل البنية التحتية في هذه المنطقة والتي ستؤول إلى زوال عند رحيل الشركة.

فوسفات غربي ذيبان حول بلدة الشقيق

قبل أن تبدأ النزول في وادي الموجب خذ الطريق التي تذهب غربا حتى تصل إلى مشارف وادي الوالة وبلدة الشقيق. ستري شعاب الأويستر المميزة لفوسفات وسط الأردن والدالة على وجود الفوسفات عادة فوقها. وتستطيع أن ترى مستوى فوسفاتيا جيدا في هذا المكان يشبه تماما خامات الحسا والأبيض. غير أن المنطقة مأهولة وزراعية. لم يوصف هذا الخام من قبل غير إشارة عابرة في بحث لعابد وصدقة (١٩٩٨).

فوسفات الشدية

يقع حوض الشدية جنوب جنوب شرق معان. ويحوي كميات كبيرة من الفوسفات قدرت ١٢٣٦ مليون طن منها ٧٩٠ مليون طن مثبتة والباقي يحتاج إلى مزيد من التحديد. ويعتقد الكاتب أن هناك كميات اكبر من ذلك في منطقة الشدية تحتاج إلى شيء من التنقيب الجيولوجي. ينتهي الفوسفات شمالا عند أخدود الجفر Jafr trough المتجه جنوب شرق. وقد توصل الكاتب والعاملين معه (رائد عبدالله وختام الزغول وعابد وعبدالله ١٩٩٨) إلى أن حوض الشدية كان معزولا جزئيا عن مياه أخدود الجفر العميقة بشعاب الأويستر. وبالتالي فإن فوسفاتا كالذي في الحسا لا بد أن يوجد في هذه المناطق الواقعة شمال وشمال غرب الشدية في اتجاه الجفر. ينتهي الحوض في الجنوب الشرقي بظهور جرف بطن الغول حيث كانت تقع القارة النوبية الرملية. وهي مصدر الرمل في الفوسفات. ويتوقع أن تزداد نسبة الرمل في فوسفات الشدية في هذا الاتجاه.

والفوسفات في الشدية نوعان. نوع رمادي عادي كالذي نعرفه في وسط الأردن والرصيفة. يوجد هذا النوع في شمال غرب الشدية (خالد ١٩٨٠، عابد وخالد ١٩٨٢). أما النوع الثاني فهو الفوسفات الأحمر الذي يوجد في اتجاه الجنوب الشرقي (عابد وآخرون ٢١٩٩، عابد وعبدالله ١٩٩٨). وقد درسنا أسباب ذلك (عابد وعبدالله ١٩٩٨). فكانت باختصار أن النوع الرمادي لم يتأثر بفعل المياه الهابطة بسبب وجود طبقة الكوكينا والمارل الأصفر السميك. تنتهي طبقة الكوكينا نحو الجنوب الشرق ويقل سمك المارل الأصفر كثيرا وتتطور تربة حمراء إلى قرابة ١٠ م. ويبدو أن المياه الهابطة في فترة مطيرة في أعلى البلايستوسين قد وصلت إلى الفوسفات حاملة معها كميات من التربة الحمراء العليا ولوننت الفوسفات بهذا اللون. وقد أدت هذه العملية إلى إنقاص نسبة الكالسيوم والسترونشيوم في الفوسفات إلا أنها لم تؤثر في نسبة الفوسفور. أنظر تفصيل ذلك في رسالة ماجستير رائد عبدالله وعابد وعبدالله (١٩٩٨).

لقد وصفنا طباقية فوسفات الشدية في الفصل الثالث من هذا الكتاب ونكرر هنا أن فوسفات الشدية موجود في أربع مستويات عمودية:

- المستوى السفلي أو ما يسمى A3 وهو فوسفات غني بالرمل الكوارتزي أو رمل غني بالفوسفات. فالفوسفات في هذا المستوى يقع في حدود ٣٥% من مكوناته المعدنية. هذا الفوسفات غير صالح للبيع أو التصدير دون رفع سويته أو تركيز الفوسفات فيه عن طريق فصله عن الرمل. عملية الفصل هذه لا تتم إلا بتعويم الخام بوجود مواد كيميائية قادرة على الارتباط إما بالرمل أو الفوسفات فيطفو ويفصل. هذه العملية تحتاج إلى

مصنع يقوم بذلك وإلى مواد كيميائية وماء وكادر فني كفؤ. كل هذه تضيف إلى تكاليف الإنتاج ومن ثم رفع سعر الفوسفات المستخلص وتقليل المنافسة الاقتصادية مع الخامات التي لا تحتاج إلى معالجة مثل خامات وسط الأردن مثلاً وما شابهها عالمياً. وهذه هي مشكلة شركة الفوسفات الأردنية الكبرى في هذه الأيام. فليست المشكلة أن يجد الجيولوجيون الخامات الفوسفاتية وهي موجودة ويمكن أن نضيف إليها الكثير بسهولة. إنما المشكلة الآن أن يقوم المهندسون الأردنيون بواجباتهم العلمية. وأعتقد أن عصر الفوسفات السهل التعدين والاستخلاص قد ولى بعد قرابة ٥٠ عاماً من التمتع به. والمستقبل هو لهذه الخامات المختلطة. على أي حال فإن شركة الفوسفات تقوم الآن بتكديس خام هذه الطبقة في أكوام كبيرة في الشدية انتظاراً لتطوير طريقة للتعويم.

■ المستوى الأوسط أو A2 وسمكها قرابة المتر يتغير جانبياً مع وجود سطح متعرج سفلي لها. وهو مفصول عن المستوى السفلي بمواد غير فوسفاتية. هذه الطبقة جيدة تشبه فوسفات وسط الأردن من حيث نسبة الفوسفات وعدم وجود الرمل. وبالتالي فهي تباع الآن بعد غسلها وتجفيفها فقط. الجدول ٩,٧ يوضح التركيب الكيماوي لهذه الطبقة وفوسفات الشدية جميعه.

■ المستوى الأعلى أو A1. هذا المستوى مكون من عدة طبقات فوسفاتية (A1a, b, c, d) مفصولة بطبقات غير فوسفاتية. نسبة الفوسفات في هذا المستوى قرابة ٥٥ % . فهي أفضل من المستوى السفلي إلا أنها ما زالت متدنية ولا بد من تركيز فوسفات هذا المستوى أيضاً كما ذكرنا في المستوى السفلي. وبالتالي فإن فوسفات هذا الخام يكسب انتظارا لتطوير طريقة لتركيزه.

■ وفي شمال غربي الشدية يوجد طبقة من الفوسفات تسمى A0 تقع في قمة الفوسفات فوق طبقة الكوكينا وتحت المارل الأصفر. وهي رقيقة جداً في الكثير من الأماكن إلا أنها متغيرة السمك. وهي لا تعدن بل تزال مع الردم.

جدول ٩,٧

التركيب الكيماوي لفوسفات الشدية الرمادي والأحمر (عابد وعبدالله ١٩٩٨)

العنصر	فوسفات رمادي		فوسفات أحمر		العنصر	فوسفات رمادي		فوسفات أحمر	
	معدل %	انحراف معياري	معدل %	انحراف معياري		معدل %	انحراف معياري	معدل %	انحراف معياري
SiO2	١٨,٧٢	١٢,٧٢	٢٠,٩٧	٨,٧٠	V	٥٥	١١	٢٣٤	١١٤
Al2O3	٠,٦٢	١,١٨	٢,٥٥	٠,٩٧	Cr	١١٠	٦٠	٢١٤	٢٣٣
Fe2O3	٠,٣١	٠,٥٧	٢,١٢	٠,٦٣	Sr	٤٩١	١٤٤	٢٩٢	١٤٦
MgO	٠,٦٦	١,٩٩	٠,٤١	٠,٢٣	Cu	١٨	-	١٨	١٧
CaO	٤٤,٦٩	٥,٦٠	٣٤,٨٣	٤,٠٤	Ni	٤٣	٤٨	٥٩	٤٢
Na2O	٠,٤٣	٠,٣٨	٠,١٦	٠,٠٣	Zn	٣٦٤	٧٦٥	٩١	٤٩
K2O	٠,٠٥	٠,١٢	٠,١٤	٠,٠٣					
P2O5	٢٦,٥٥	٧,٦٣	٢٦,٤٥	٤,٠٤					
F	٣,٠٦	١,٠٨	٢,٦٤	٠,٤٧					
Cl	-	-	٠,١٤	٠,٠٦					

					٠,٣٣	٠,٧٧	٠,٤١	١,٠٦	SO3
					١,٥٠	٧,٠٤	٦,٣٧	٧,٢٩	LOI

فوسفات الصحراء الجنوبية الشرقية

درس عابد وعميرة (١٩٩٩) وللمرة الأولى توضع الفوسفات الموجودة في حزام فوسفات جديد يمتد قرابة ٢٠٠ كم من وقف الصوان شمال باير وزقيمات الحصة جنوب شرق باير ووادي عرفة شرق الجفر فنقب عتيق جنوب شرق الشدية وحتى بطن الغول (شكل ٥,٧). الفوسفات هنا أقدم قليلا من حزام وسط الأردن الذي تحدثنا عنه في العناوين السابقة. فهو يعادل تكويني وادي السير-الغدران لأنه يقع تحت تكوين عمان الصواني وليس فوقه كما هو الحال في الفوسفات الذي نعرفه. هذا الفوسفات رملي يشبه إلى حد كبير فوسفات المستوى السفلي في الشدية. الجدول ١٠,٧ يوضح التركيب الكيماوي لهذا الفوسفات. وقد أخذت ثلاث عينات فقط من كل موقع في هذا الحزام الفوسفاتي الجديد. أما التحاليل الكاملة ففي عابد وعميرة (١٩٩٩). أنظر شكل ٥,٧ للتعرف على الأماكن في الجدول. ما يعيب هذا الفوسفات انه عميق في المناطق الشرقية حول باير وزقيمات الحصة.

جدول ١٠,٧

التركيب الكيماوي لفوسفات الصحراء الجنوبية الشرقية (عابد وعميرة ١٩٩٩)

زقيمات الحصة			وادي عرفة			نقب عتيق			بطن الغول		
Zk9	Zk5	Zk15	AF10	AF1		NG5	NG3	NG8	BG6	BG3	BG1
٨,٩٦	٢,٥١	٤,٥٦	١٠,١٨	٩,٨٧	١,٥٧	١٦,٣١	٤,٨٨	١,٥٧	١٥,٢٤	٣,٨٩	١٣,٢٥
٠,٢٠	٠,٠٦	٠,٢٩	٠,٦٤	٠,٠٩	٠,٥١	٠,٢١	٠,٠٤	٠,٥١	٠,٥٥	٠,٠٦	٠,١٣
٠,٠٨	٠,١٠	٠,٠٧	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,١٠	٠,٣٠	٠,١٠	٠,١٠	٠,٣٤	٠,٠٧	٠,٢٦
٠,٧٤	٠,٥٨	١,٥٥	١,٠٣	١,٢٩	٢,٠٧	٠,٤٩	٠,٦٦	٢,٠٧	١,١١	٠,٧٣	١,١٦
٢٨,٦٠	٣٠,٣٨	٣٢,٠٢	٣٤,٦٢	٣٣,٨٥	٢٩,٦١	٣٣,٧٤	٣٣,٧٤	٢٥,٢٧	٣٧,١٤	٣٣,٤٩	٢٨,٢٨
٣,٤٠	٢,١٠	4.66	١,٢٢	٠,٤٩	٢,٩٦	٣,٦٧	٣,٣٦	٢,١١	١,٠٠	٠,٤٦	٢,١١
١٨,٠	١,٤	٠,٢٠	٠,١٣	٠,٢١	٠,٢٠	٠,١١	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,١٢	٠,٢٠
٢٩,٩٧	٣٤,٤٢	٢٤,٩٠	١٦,٢٠	١٧,٥٠	٣٢,٠٦	٣٣,٤٧	٢٦,٥٨	٢١,٧١	١٥,٠٩	٣٧,٣٥	٢١,٧١
٢,٩٦	٣,٩٧	٢,٩٣	١,٦٤	٢,١٦	٣,٦٠	٣,٩٠	٢,٦٠	٢,٣٣	١,٨٣	٤,٣٣	٢,٣٣
٠,٧٧	٠,١٠	٠,٥١	٠,٣٦	٠,١١	٠,٤٢	٠,٠٩	٠,٢٠	٠,٧٦	٠,١١	٠,٠٦	٠,٧٦
٣,٨٣	٣,٧٠	٣,٩٢	٢,١٣	١,٦٤	٣,٠٠	٣,٤٠	٣,٩٠	٨,٢١	٢,٤٧	٤,٩٢	٨,٢١
٢٩,٠	٢١,٠	٢٣,٠	٢٦,٠	٢٣,٠	١٥,٠	٢٢,٠	٢٢,٠	٢٠,٠	٢٥,٠	٢١,٠	٢٠,٠
٨٧,٠	٩٧,٠	٩٩,٢	٧٥,٠	٤٥٨	٩٣٥	٨٢٥	٥٥٠	٨٦٢	٣٨٣	١٠,٢٤	٨٦٢

٢,٢,٧ رمل الزجاج Glass Sand

رمل الزجاج أو ما يسمى أحيانا رمل السيلكا silica sand رمل ابيض كوارتزي عادة يتصف بصفات أساسية تجعله صالحا لصناعة ألواح الزجاج والزجاجات البيضاء والملونة وبعض الخزفيات وغيرها. هذه الصفات هي (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨):

- أن تكون نسبة الكوارتز أو السيلكا أكبر من ٩٩%.
 - أن لا يحوي أكثر من ٠,٠٥% من أكسيد الحديد. وكلما نقصت هذه النسبة كان افضل واستعمل في صناعات أرقى.
 - أن لا يحوي أكثر من ٠,١% من المعادن الثقيلة
 - أن يتراوح حجم حباته بين ٠,١-١,٠ ملم
- هذه الصفات موجودة في تكوينين رمليين على الأقل. هما

▪ تكوين الديسي من الأردوفيشي الأسفل. سمك هذا التكوين قرابة ٣٠٠ م مكونة كلية تقريبا من الرمل الكوارتزي الأبيض. يتكشف التكوين في قاع الديسي في جنوب الأردن حتى وادي نميرة غرب الكرك. وقد تحدثنا في ذلك في الفصل الثاني. ومن المناطق السهلة التعدين والوصول إليها تكشافته على طول طريق العقبة السريع تحت (جنوب) جرف رأس النقب. ولست بحاجة إلى تعداد المناطق التي يمكن أن يتكشف فيها هذا التكوين. كميات رمل الزجاج في هذا التكوين لا تنفذ. يوضح الجدول ١١,٧ التحليل الكيماوي لعينات من هذا التكوين.

▪ الجزء الأبيض الكتلي من مجموعة الكرنب في وسط وجنوب الأردن الذي يصل سمكه إلى ٨٠ م. أيضا الكميات هنا كبيرة ولا تنفذ.

▪ قد نصنف الرمل الأبيض الناعم في تكوين أبو خشبية في وسط وادي عربة أيضا من رمل الزجاج. قد يعيبه نعومة حباته.

استعمل رمل الزجاج في صناعة الزجاج في مصنع زجاج معان الذي أنشئ عام ١٩٨٥. غير أنه لم يطل به الزمن فأغلق في أوائل التسعينات.

يصعب تصدير رمل الزجاج إلى بلدان بعيدة كأوروبا واليابان بسبب ارتفاع أجور الشحن وانخفاض سعر الرمل. لكنه يمكن أن يصدر إلى بلدان مجاورة. فإذا أريد استغلال هذا الخام المهم فلا بد من رفع سويته ليلائم صناعات أرقى من صناعة يكون فيها الرمل المحسن أغلى ثمنا حتى ينقل مسافات طويلة. ومما يشجع على ذلك أن بعض مناطق الخام تحوي نسبة جيدة من الكاولين الأبيض قد تصل إلى ٤٠% من جزئه الناعم.

جدول ١١,٧

تحليل كيماوي لعدد من عينات رمل الزجاج

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
٩٦,٠٦	٩٥,٢١	٩٦,٥٩	٩٩,٢٧	٩٧,٩٩	٩٩,١١	٩٨,٥٢	SiO2
٩٩,١٣	٩٨,٩٣	٩٨,٥٦	٩٩,٥٥				
٠,١١	٠,١٤	٠,٠١	٠,٠٦	٠,٠٧	٠,٠٦	٠,٠٥	TiO2
٠,٠٣	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٤				
٢,٤٣	٢,٩٧	١,٤٣	٠,٣٧	١,١٢	٠,٨٤	٠,٦٦	Al2O3
٠,٢٥	٠,٣٢	٠,٢٤	٠,١٤				
٠,٠٢٩	٠,٠١٨	٠,٠٢٥	٠,٠٣٠	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,١٩	Fe2O3
٠,٠١٩	٠,٠١٣	٠,٠١٩	٠,٠٢٣				
				٠,١٩	٠,٠٩	٠,١١	MgO
				٠,٨٤٩	٠,٠٥	٠,٠٥	CaO

العينات ١ و ٢ و ٣ من نمري وحدادين (١٩٧٠) وهي من رأس النقب.

العينتان ٤ و ٥ من رأس النقب ، ٦ و ٧ من العقبة وقاع الديسي (أبو عجمية ١٩٨٩). الرقم العلوي يمثل المادة الخام والرقم السفلي مركزا.

٣,٢,٧ الجبس Gypsum

وهو كبريتات الكالسيوم المائية $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. يستعمل الجبس أساسا في صناعة الإسمنت كمادة معيقة أو مؤخرة لتصلب الإسمنت لقولبته في الشكل الذي يريده العامل أو الصناعة. ويستعمل أيضا في الزخرفة في داخل البيوت والقاعات وفي صناعة الطباشير وغير ذلك كالتجبير مثلا.

يوجد الجبس في عدة مواقع طباقية في العصور الجيولوجية. ومنها

▪ جبس أعلى العصر الترياسي في تكوين أبو رويس في نهر الزرقاء غرب سد الملك طلال أو شمال بلدة الصبيحي عند التقاء وادي الهونة والعرب. سمكه يزيد على ٥٠ م

من الجبس الكتلي الذي ترسب في سبخات قديمة. تعدنه الشركة العامة للتعدين لصالح مصنع إسمنت الفحيص منذ زمن وحتى الآن بمعدل ٦٠-٧٠ ألف طن سنوياً.

■ جبس بلدة رحاب الذي يقع ٤ كم شمال غرب البلدة بين مליح والطفيلة على يمين المسافرين بعد أن يقطع وادي الحسا. يقع فوق تكوين ناعور في الجزء السفلي من تكوين F/H/S. يوجد ٢ إلى ٤ طبقات جبس في هذا المقطع يتراوح سمكها بين ٠,٢-٣ م. توجد طبقة واحدة سمكها ١,٥ م مستمرة في كل المنطقة. والجبس من النوعين الكتلي والخيطي. كمية الخام المثبت ٧١٢٠٠٠ طن و ٤٠٣٠٠٠ طن محتملة. وهو يعدن لصالح مصنع إسمنت الرشادية في الجنوب (أبو عجمية ١٩٨٩). لم يحدث أن زرت الخام وإن كنت زرت المنطقة حيث يتكشف النوع التالي من الجبس. ويساورني الشك في أن هذا النوع هو من مستو طبقي أعلى أي تابع لتكوين شعيب (العنوان التالي) غير أن الإنزلاقات الأرضية في المنطقة قد جعلت أبو عجمية (١٩٨٩) يضعه في السينومانى. أما الدليل فهو أن التتابع الطبقي الواقع فوق تكوين ناعور مكون من الغضار والمارل الحامل لمستحاثات بيئة بحرية مفتوحة لا يترسب منها الجبس. ثم إن وصف هذا النوع من الجبس لا يختلف عن جبس تكوين التوروني الذي نصفه في العنوان التالي.

■ جبس وادي الوالة-جنوب الطفيلة. وهو تابع لتكوين شعيب من أسفل العصر التوروني وليس في الموقع الطبقي المشار إليه في أبو عجمية (١٩٨٩). أنظر عابد والحياري (١٩٨٦) والحياري وعابد (١٩٨٦). يبدأ بالظهور من وادي الوالة شمالاً ويبلغ أقصى سمك له في وادي الموجب حيث يوجد الجبس في ٤ مستويات في مقطع سمكه ٢٨ م. المستوى السفلي عقدي nodular ثم رقائقي فكتلي ثم يأتي الطين الأخضر والأحمر والحجر الجيري حتى يأتي أخيراً المستوى العلوي. والمستوى نفسه متكشف في وادي الخرزة غربي الكرك في الموقع الطبقي نفسه ولكن بسمك أقل كثيراً. وفي وادي الحسا شرق سد التنور وفي منطقة مليح المشار إليها في العنوان السابق. ثم جنوب غرب الطفيلة في النمطة حيث يوجد جبس خيطي أو منشوري غاية في البياض بسمك ٣٠ سم ويستمر حتى غرب عين لحظة. يغلب عليه النوع الكتلي ثم إن النوع الخيطي أيضاً موجود وكذلك العقدي. وقد عزا عابد والحياري (١٩٨٦) نشأة هذا الجبس إلى وجود سبخة عظيمة تحتل وسط الأردن من وادي الوالة جنوباً حتى جنوب الطفيلة بعرض ١٠٠ كم تقريباً. وقد تتبعناها أيضاً في النقب غربي صدع البحر الميت التحويلي مع الإزاحة المعروفة. وقد وجدناها في أسفل التوروني في آبار بترول حمزة حيث جعلت جزءاً من تكوين وادي السير (سهى ياسين ١٩). وهو غير صحيح. كميات الخام كبيرة جداً. وقد كان يعدن لصالح مصنع إسمنت الفحيص ثم لمصنع الرشادية ومازال.

■ جبس الأزرق. أعتقد أن جبس الأزرق نوعان. نوع أعرفه يقع بين مخيم سلطة المصادر في حقل حمزة ووادي راجل. وهو بلون بني خفيف أو محمر وجدته بين طبقات التربة القديمة. ويبدو لي أنه جبكريت gypcrete أي جبس تكون في التربة وليس مترسب من بحيرة الأزرق القديمة كما يقول أبو عجمية (١٩٨٩). وهو غير مدروس جيداً ولا تعلم كمياته. والنوع الثاني موجود في تكوين قرمة الذي تحدثنا عنه في الفصل الرابع من هذا الكتاب.

■ جبس اللسان. وهو مكون من رقائقي من الجبس متعاقبة مع الأراغونيت في تكوين اللسان في شبه جزيرة اللسان في البحر الميت وما جاورها. ويمكن الادعاء أن ٥٠% من تكوين اللسان في شبه جزيرة اللسان مكونة من الجبس الرقائقي الناعم جداً. تقل كميته كثيراً شمال البحر الميت بحيث لا يوجد إلا في قمة تكوين اللسان. ثم يندم تماماً

شمال القرن. ولا أعلم أن أحدا قد استغل هذا النوع من الجبس في الصناعة. لكننا قد نحتاجه يوما ما عندما تنتضب المصادر الأخرى.

٤,٢,٧ الكاولين

ليس في الأردن حتى الآن توضع كاولين حقيقية. إنما الموجود صخور طينية أو غضار shale يغلب على تركيبه المعدني الكاولينيت مع وجود معادن طينية أخرى كالإليت مثلا ومعادن غير طينية كثيرة مثل الكوارتز والكالسيت وأكاسيد الحديد. وبالتالي فهذا الذي يسمونه كاولين لا يصلح للاستعمال في الخزف الأبيض مثلا ونحن نستورده من الخارج. على أي حال فإن المناطق التي يؤخذ منها ما نسميه محليا كاولين هي:

- كاولين ماحص. وهو موجود على شكل عدسات طينية في صخور رمل مجموعة الكربن. والعدسات منشؤها نهري. وقد تحدثنا كثيرا في ذلك في الفصل الثالث. وال خام كان موجودا غرب الفحيص-ماحص في البلقاء. وقد نفذ الخام تقريبا بعد أن استغلته الشركة العربية للتعدين ردحا من الزمن. ولا أظن أن هناك داع لتكرار معلومات لم يعد لها واقع على الأرض. قد يكون مناسبا أن نذكر أن كميات متواضعة من النوع نفسه من الكاولين موجودة في غور كبد شمال الكرامة (خوري و خليل ١٩٨٦).
- كاولين بطن الغول. بعد أن نضب كاولين ماحص تحولت الشركة العامة للتعدين إلى منطقة بطن الغول قرابة ٨٠ كم جنوب معان غرب طريق معان-المدورة. والشركة في الواقع تعدن غضار عضو البترا Batra Member وهو العضو الأوسط في تكوين المدورة. أنظر الفصل الثاني. سمك عضو البترا قرابة ٨٠ م. ويبدأ بالتكشف قرابة ١٠ كم جنوب جرف بطن الغول. ولكنه أيضا يرى شرق المدورة أو يكون قريبا من سطح الأرض. ومن ثم فإن كمياته كبيرة جدا قد تقاس بمئات ملايين الأطنان أو أكثر. الأمتار العشرة الدنيا من التكوين غرينية إلى رملية ثم يسود الغضار الحامل لمستحاثات الغرابتوليت. الغضار غني بأكاسيد الحديد الحمراء والصفراء التي قد تصل أحيانا إلى ١٠% أو تزيد مما يقلل كثيرا من استعمالات هذا الغضار كخام للكاولين. المعادن الأخرى المصاحبة للكاولين (٤٢-٢٦%) هي الكوارتز (٢٩-٩%) والإليت (٢٣-٣٥%) والفلسبار (صفر-٢%) وأكاسيد الحديد (هيماتيت وغوتيت) (حتى ١٠%). لاحظ ارتفاع نسبة أكسيدي البوتاسيوم والصوديوم في جدول ١٢,٧ مما يدل على ارتفاع نسبة المعادن الطينية الأخرى غير الكاولين. وقد درسه أيضا بالتفصيل خوري والسقا ١٩٨٦.

جدول ١٢,٧

التحليل الكيماوي لعينات من الصخور الغضارية من بطن الغول (أبو عجمية ١٩٨٩)

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
٤٨,٩٤	٤٥,٦٨	٤٩,٣٠	٤٩,٧٤	٤٩,٩٦	٥٠,٨٠	٥٣,٤٥	SiO2
-	-	-	١,٦٨	-	١,٨٤	٣,٠١	TiO2
٢٦,٦٨	٢٦,٩٤	٢٦,٥٦	٢٧,٢٧	٢٦,٠٤	٢٥,٤٣	٢٠,١٨	Al2O3
٨,٢٧	٩,٠١	٨,٥٨	٥,٩٣	٨,٤٩	٧,١٢	٧,٤٠	Fe2O3
٠,٨٤	١,٠٣	٠,٢٩	٠,٧٣	٠,٤٤	٠,٤٦	٠,٦٠	MgO
٠,٥٦	٢,١٤	٠,٧٣	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣٠	٠,٧٥	CaO
٠,٦٠	١,٠٠	٠,٦٨	٠,٨٢	٠,٥٣	١,٠٦	٠,٤٧	Na2O
٢,٢٨	١,٤٠	١,٦٥	٢,٥٦	٢,٤٩	٢,٥٧	١,١٣	K2O
٩,٧٤	١١,١٩	١٠,٦٧	١٠,٨١	١٠,٣٩	١٠,٦٧	١١,٧١	LOI

■ **كاولين سهل الصوان.** أو إن شئت كاولين تكوين الحسوة من الأردوفيشي. أنظر الفصل الثاني. يتكشف التكوين في عدد من المواقع في الصحراء الجنوبية أهمها شمال شرق قاع الديسة حول خط سكة حديد الفوسفات. وكذلك جنوب شرق قاع الديسة حول مزارع سهل الصوان. سمك التكوين قرابة ٨٠ م. الثلاثون مترا السفلى هي الغضارية الحاملة للغرايتوليت. ولقد بدأت شركة جديدة بتعدين هذا الخام. لا يختلف هذا الخام عن خام بطن الغول كثيرا. فأكاسيد الحديد كثيرة فيه على الرغم من إمكانية وجود مستويات غضارية قليلة الحديد. وهو ليس كاولين خالص بل به معادن طين أخرى كما ذكرنا في غضار البترا. فلو استطاع مهندسونا تركيز الكاولين وتخفيض الحديد لرفعوا قيمة الخام أضعافا مضاعفة من سعره البخس الذي يباع به لأنه سيدخل في صناعات أرقى. لن أتحدث عن كاولين الفجيج في الشوبك لأنه أقرب إلى المارل منه إلى الصخور الطينية حيث نسبة السيلكا فيه لا تزيد على ٢٩%.

٤,٢,٧ البنتونيت

البنتونيت اسم تجاري أو شائع للرواسب الطينية الحاملة لمعادن السمكتيت القابلة للإنتفاخ بنسب مرتفعة لا تقل عن ٧٠% (خوري ١٩٨٩). بهذا التعريف فإنه لا يوجد البنتونيت النقي في الأردن. إنما الموجود في قاع الأزرق رواسب طينية تحوي مجموعة من المعادن الطينية التي يغلب عليها معدن إليت/سمكتيت مختلط الطبقات (٧٠% سمكتيت و ٣٠% إليت). وبالتالي فإن انتفاخه لن يصل إلى المدى الذي ينتفخ إليه السمكتيت النقي. المعادن المرافقة هي الإليت والكاولينيت والكوارتز والكالسيت والفلسبار. على أي حال فإنه يوجد قرابة ١٧ مليون طن من هذه الرواسب الطينية التي تدعى بنتونيت. وهي مركزة في الأمتار الخمسة العليا من رسوبيات قاع الأزرق حيث تتعاقب مع المارل والجبس. أما عن منشئها ، فهي على ما يبدو رسوبيات بحيرية تكونت في بحيرة الأزرق في البلايستوسين. هذه الرسوبيات لا تختلف كثيرا عن الرواسب الطينية الغنية بمعدن الإليت/سمكتيت مختلط الطبقات في سبخة طابا في جنوب وادي عربة (عابد وحوري ١٩٩٢ وعابد ١٩٩٨).

٥,٢,٧ باليغورسكيت Palygorskite

هذا المعدن الطيني الغني بالمغنيسيوم شائع في الأردن. ويدعى أيضا أتابلوجيت. فهو موجود بنسب ضئيلة في تربة غور الأردن (Wiersma ١٩٧٠) وفي مارل الكريتاسي الأعلى (Shadfan and Dixon 1984) ومصاحبا لفوسفات الشدية (خوري وآخرون ١٩٨٨) والتربة الحمراء السميكة التي تغطي فوسفات الشدية (عابد وعبدالله ١٩٩٨) وفي سبخة طابا جنوب وادي عربة (عابد وحوري ١٩٩٢ وعابد ١٩٩٨). جميع ما ذكر لا يعدو أن يكون نسباً قليلة ليس لها إلا القيمة العلمية. وقد وجدته فرج (١٩٨٨) في آبار حقل حمزة في مستويين على عمق ٧ م و ٥ م بسمك ٥ م و ١٠ م على الترتيب. ويبدو أنه ذو أصل بحيري.

٦,٢,٧ البورسلينيت (التربولي) Porcelanite

لا يعجبني اسم تربولي فهو اسم محلي يبعد هذا الصخر عما يشابهه في العالم. اسمه المستعمل عالميا هو البورسلينيت porcelanite. وعند استعمال هذا الاسم الأخير فإن أصله أو منشأه يصبح واضحا. وقد تأكدنا من خلال دراسة هذه التوضعات في وادي الموجب (عابد وكريشان ١٩٩١) أنه يحوي الدياتوم . وهي كائنات حية نباتية بلانكتونية سيليسية ما

إن تموت وتجمع أصدافها في قاع البحر حتى ينشأ من ذلك رسوبيات غنية بالسليكا مكونة أساسا من أوبال opal A. ومع الزمن يتحول هذا المعدن إلى أوبال-CT وكوارتز ناعم جدا. بهذا التركيب المعدني الموجود في الرواسب الأردنية لا يختلف التربولي في الأردن عن البورسلينيت عالميا. ولا صحة لما قاله بندر (١٩٧٤) من أن أصل التربولي ناتج عن غسل وانحلال الصخر الجيري ومن ثم تركيز هذه المادة. وقد تبعه في ذلك بسام الكيلاني والصناع (١٩٩٥). وهو غير صحيح. وقد تحدث خوري (١٩٨٦ و ١٩٨٧) عن أن التربولي قد نتج عن تفاعل صوان تكوين عمان مع مياه ذات pH عال. وهو غير صحيح. لأن هذه الرسوبيات ليست ثانوية بل طبقية ترسبت ابتداء في مواقعها الطباقية. هذا المادة عادة بيضاء غير أنه يمكن أن توجد في ألوان أخرى حتى السوداء بسبب وجود المادة العضوية فيها. وهي خفيفة وعالية المسامية وناعمة الحبات جدا. أما تركيبها الكيميائي فهو السليكا الحرة التي قد تصل إلى ٩٩% ولكنها قد تهبط إلى ٧٠% تبعاً لوجود الشوائب. أنظر جدول ١٣,٧. ويمكن أن تستعمل في الدهانات والماد الكاشطة (الصنفرة) والمنظفات وغيرها. لمزيد من الاستعمالات أنظر الكيلاني والصناع (١٩٩٥). الخام الأكثر أهمية يوجد في وسط الأردن في وسط تكوين الغدران وخاصة في منطقة الكرك في عينون والشهابية ووادي الكرك ووادي الموجب ووادي الحسا. أنظر الفصل الثالث. غير أنها موجودة أي التربولي في مواقع طبقية أخرى. فهي موجودة مع الفوسفات في الشدية وفي تكوين عمان في منطقة عمان ولواء الكورة وفي تكوين الرجام في البادية الشمالية. لاحظ ارتباط وجودها بالصوان والفوسفات. ومن ثم فإن منشأها مرتبط بالتيارات الباردة الصاعدة التي رسبت الفوسفات والصوان. أما كمياتها فكبيرة. لم تستغل جيدا حتى الآن في الأردن.

جدول ١٣,٧

التحليل الكيميائي لعينات من البورسلينيت (تربولي) (أبو عجمية ١٩٨٩)

وادي فلقا	عينون	شهابية	راكين	
٩٧,٠٠	٩٢,٤٥	٧١,٤٠	٩٢,٤٥	SiO2
-	-	-	-	TiO2
١,٩٧	٣,٥٠	٢,٩٧	٣,١٣	Al2O3
٠,٠٦	٠,٠٧	٠,٠٣	٠,٠١	Fe2O3
٠,٠٦	٠,١٧	٠,١٤	٠,٠٧	MgO
٠,١٧	٠,٤٠	٠,٦٧	٠,٨١	CaO
٠,٠٨	٠,٥٣	٠,١٣	٠,٩٠	Na2O
٠,٠١	٠,١٧	٠,٠٢	٠,٠٢	K2O
٠,١٥	٠,٣٣	٠,٣٤	٠,٧٢	CO2
٠,٥٣	٢,٣٨	١,٧٥	٣,٣٠	LOI
٠,٣٣	١,٤٢	١,٠٠	١,٦٣	CaCO3

٧,٢,٧ الفلسبار Feldspar

لا يوجد في الأردن فلسبار نقي كالذي يؤخذ من صخور البجماتيت. إنما الموجود غرانيت عادي سحقتة العوامل التكتونية التي سادت في بعض أجزاء الأردن الجنوبية حيث الغرانيت. وعلى الرغم من أن الغرانيت يحوي نسبة مرتفعة من الفلسبار إلا أنه أيضا حامل للكوارتز وبعض المعادن الأخرى. مما يؤدي إلى تدني نسبة القلويات (Na2O+K2O). الأمر الذي يجعل مسحوق الغرانيت غير صالح للاستعمالات الأرقى صناعيا. فإذا ارتفعت

نسبة الحديد في الغرانيت بسبب وجود المعادن المافية كالميكالسوداء والأمفيبول وغيرها أصبح أكثر سوء. أنظر جدول ١٤,٧ .

وقد وجدت سلطة المصادر عدة مناطق انسحق فيها الغرانيت القلوي بسبب وقوعها على صدوع رئيسية. هذه المناطق هي: (١) على بعد ٣ كم شرق العقبة، (٢) جبل أبو الغفران ١٨ كم شمال شرق العقبة، (٣) على بعد ٧ كم جنوب العقبة، (٤) قرب وادي المحلبة ٥١ كم شمال شرق العقبة. كمية الغرانيت المسحوق في هذه المواقع كبير جدا. وقد أجرت سلطة المصادر الكثير من التجارب لإنقاص نسبة الحديد وغيره باستعمال مغناطيس قوي. كان الغرانيت يباع لمصنع زجاج معان لصناعة ألواح الزجاج وما شابهها بمعدل ٤٠٠-٥٠٠ طن/سنة. ثم توقف ذلك بعد إغلاق المصنع. ثم إن صناعة الخزف تستهلك ضعف هذه الكمية تقريبا.

جدول ١٤,٧

التحليل الكيماوي لعدد من عينات الغرانيت المسحوق من جنوب الأردن (أبوعجمية ١٩٨٩)

٤	٣	٢	١	
٧٣,٧٩	٧٢,٢٣	٧٤,٤٢	٧٤,٩٠	SiO ₂
٠,١١	٠,١٨	٠,١١	٠,٢٠	TiO ₂
١١,٨٩	١٤,٤٨	١٣,٠٣	١٢,٦٠	Al ₂ O ₃
٠,٩٢	٠,٨١	٠,٧٣	٠,٩٧	Fe ₂ O ₃
٠,٠٤	٠,٠١	٠,٠٣	٠,٣٦	MgO
٠,٩٦	١,١٣	٠,٧٣	١,٢٦	CaO
٣,٩٥	٤,٤١	٤,٢٧	٤,٤٥	Na ₂ O
٥,٢٦	٤,٥٦	٤,٨١	٤,٢٢	K ₂ O
٠,٣٩	٠,٤٤	٠,٣١	٠,٩٢	LOI

أرقام العينات في الجدول تشير إلى المواقع الأربعة المذكورة أعلاه. لا حظ تدني نسبة القلويات التي تقع بين ٨-٩%. الفلسبار الجيد قد تصل فيه القلويات إلى ١٣%.

٨,٢,٧ الزيوليت Zeolite

يوجد عدد كبير من المعادن في مجموعة الزيوليت. وقد اكتشف الزيوليت في الأردن إبراهيم الدويري (١٩٨٨) في طفة جبل الأريتين بين المفرق والصفافوي. المعدن الرئيسي هنا هو الفلبسيت وأقل من ذلك أهمية معدن التشابزيت والفوغاسيت. ويبدو أن معادن الزيوليت مصاحبة للمخاريط البركانية الطفيفة الكثيرة المنشرة في حرات الشام. أنظر الفصل الخامس. ولا نشك بوجودها في المخاريط البركانية المشابهة غرب جرف الدراويش في منطقة معان. وقد عزا الدويري (١٩٨٨) نشأتها إلى التجوية الكيماوية لهذه الطفة. وقد أجريت بعض الدراسات على استعمال هذه الخامات في إزالة الملوثات الفلزية لقدرتها على الاستبدال في بنيتها. غير أنها الآن تباع في السوق المحلي كتربة زراعية صناعية في المشاتل والبيوت.

٩,٢,٧ الطفة Volcanic tuff

كثيرة هي المخاريط البركانية المكونة من الفتاتيات البركانية pyroclastics التي تدعى طفة. فهي موجودة في حرات الشام مثل جبل حسان قرابة ١٠ كم شمال شرق أزرع

الدروز وجبل الأريتين والجبال حوله. وكذلك تل الرماح. وفي جنوب الأردن في جبل عنيزة والمخاريط في تلك المنطقة. وفي مكاور جنوب مأدبا. كمياتها كبيرة جدا. وتستعمل في صناعة الإسمنت مثلا وتسمى بوزلانة بحيث تضاف إليه بعد انتهاء التفاعل وتطحن معه. وقد تصل نسبتها في الإسمنت الأردني إلى ٢٠%. ومع الزمن تزيد من قوة الإسمنت بسبب التفاعلات التي تجري بين الطفة وبين مكونات الإسمنت.

١٠,٢,٧ الحجر الجيري النقي

تؤخذ هذه المواد الجيرية النقية من العضو الأوسط في تكوين الحسا الفوسفاتي. وهو في الواقع تجمع لأصداف الأويستر أو ما أسميناه في الفصل الثالث شعاب الأويستر. وهذه الشعاب موجودة بكثرة من الجزيرة وحتى جرف الدراويش. أصداف الأويستر مكونة أساس من الكالسيت. ومن ثم يجب أن يكون الحجر الجيري المكون منها ذا نسبة عالية من كربونات الكالسيوم. غير أنه في كثير من المواقع رأينا دخول السيلكا في هذه الأصداف. بعض المناطق التي لا تحوي الشوائب قد تصل نسبة كربونات الكالسيوم إلى ٩٩%. أنظر جدول ١٥,٧. وهي ذات بياض ناصع. ومن ثم فإن التنقيب الجيولوجي ضروري لتحديد الخام المناسب. تستعمل هذه المادة الجيرية النقية البيضاء في الدهانات المائية (أملشن) كمادة مالئة وملونة باللون الأبيض. وقد كان الأردن يستورد كميات كبيرة منها من فرنسا لصناعة الدهان في السبعينات من القرن العشرين قبل أن يبدأ استغلال الخام المحلي في أواخر السبعينات. وهي أيضا تصدر الآن إلى الأقطار المجاورة.

جدول ١٥,٧

التحليل الكيماوي لعدد من عينات شعاب الأويستر من تكوين الحسا من اللبن في وسط الأردن (العمرى ١٩٨٦)

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
٥٤,٧٣	٥٥,٢٤	٥٥,٤٢	٥٥,٢١	٥٤,٧٩	٥٥,١٢	٥٤,٣٠	CaO
٠,١١	٠,٢١	٠,١٢	٠,١٢	٠,١٥	٠,١٤	٠,١١	MgO
٠,٧٣	٠,٦٨	٠,٥٣	٠,٨٧	٠,٨٧	٠,٠٨	١,٢٣	Al ₂ O ₃
٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠٢	٠,٠٨	Fe ₂ O ₃
٠,٠٢	٠,١٤	٠,٠٩	٠,٠٨	٠,٠٧	٠,١٨	٠,٣٢	Na ₂
٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٧	٠,١٥	K ₂ O
٠,٦٢	٠,٣٥	٠,٥٠	٠,٤٠	٠,٨٣	٠,٦٦	٠,٦٤	H ₂ O
٤٣,٤٣	٤٣,١٤	٤٣,٠٣	٤٣,٢٦	٤٣,٣٠	٤٢,٧٥	٤٢,٩٠	LOI
٩٩,٧٨	٩٩,٨٢	٩٩,٧٨	٩٩,٨٠	٩٩,٩٢	٩٩,١١	٩٩,٨٤	المجموع

١١,٢,٧ حجارة البناء Dimesion stones

تشتهر الأردن وفلسطين بصناعة حجارة البناء. ويبدو أن سبب ذلك كثرة صخور الحجر الجيري الملازمة مكتشفة حول أماكن سكنى الناس. ومن ثم فقد استعملوها تقليديا منذ زمن بعيد. نضيف إلى ذلك جمال البناء مقارنة بالخرسانة. وقد كان الأجداد يستعملون الحجارة فقط في البناء دون خرسانة. فهي أي الحجارة تتحمل ثقل المبنى وتعطيه المنظر الجميل. أما اليوم فقوة المبنى مرتكزة على الخرسانة والحجارة هي للترزين فقط. ولا بد أن يكون في الحجر عدة صفات حتى يصبح حجر بناء جيد. ومن أهمها:

- اللون الأبيض. فالأردنيون لا يحبون الألوان الأخرى.
- اللون الموحد. إذ يعيب البناء تعدد ألوان الحجارة فيه. ومن ثم فالمقلع الجيد هو الذي يعطي حجارة موحدة اللون.
- تدني امتصاص الماء. وكلما كان الحجر أقل امتصاصا للماء كان أفضل. ويجب أن يكون واضحا أن الحجر يمتص الماء لسببين. أولهما المسامية بحيث يزداد امتصاص الماء بزيادة المسامية. وهو واضح. وثانيهما هو زيادة نسبة المعادن الطينية في الحجر. هذه المعادن قادرة على امتصاص الماء. ولا أظن أحدا يحب أن يبني بيته بحجارة تمتص الماء وتدخله إليه إلى داخل البيت. ناهيك عن تغير لون الحجر بسبب الامتصاص.
- صلابة الحجر. فالحجر الأصعب أفضل. ومما يزيد في صلابة الحجر الجيري (حجارتنا) نفاؤه من المعادن الطينية وتبلوره recrystallization. عملية التبلور هذه تؤدي إلى تماسك أشد لمكونات الحجر الجيري. قد يكون مفيدا أن التبلور يحدث أيضا إذا تعرض الصخر إلى حرارة معقولة ناتجة عن العمليات التكتونية كالطي مثلا. ولذلك فالصخور في مناطق الطي أكثر صلابة من الطبقات المماثلة غير المطوية. إلا أن التكتونية قد تشق الصخر فلا يعود ممكنا الحصول على حجارة جيدة الحجم. نحن بحاجة إلى القليل من النشاط التكتوني فقط.
- يستطيع الجيولوجي دون ما حاجة إلى اختبارات هندسية أن يقرر جودة حجر البناء في المقلع بناء على الصفات المذكورة أعلاه. ويستطيع أن يبحث وأن يحدد مقالع جيدة تدر عليه ربعا إن هو سلك هذا الطريق.
- لا أعتقد أنني راغب في الحديث عن أسماء حجارة البناء في الأردن. فهي متغيرة مع الزمن. يسمى الحجر باسم البلدة التي يؤخذ بالقرب منها كحجر معان أو حجر عجلون أو حجر حيان مثلا. غير أنه ما أن ينتهي الحجر من ذلك الموقع حتى يجري البحث عن موقع آخر يعطى إسما جديدا على الرغم من أنه قد يكون من المستوى الطبقي نفسه. ومن ثم فالأسماء كثيرة جدا ولا فائدة في الحديث عنها. ويمكن القول أنه كان في الأردن أكثر من ١٠٠ مقلع تنتج الحجر في عام ١٩٩٢.
- يبقى حجر عجلون وحجر معان الأفضل في الأردن. حجر معان يؤخذ من صخور تكوين الرجام من الإيوسين بينما يؤخذ حجر عجلون من تكوين وادي السير من التوروني. وفيهما الصفات التي ذكرناها التي تميز الحجر الجيد. وقد رأيت حجر بناء شرق الرويشد من تكوين الرجام لا يختلف كثيرا عن حجر معان إلا في أنه أقل بياضا من حجر معان.

١٢,٢,٧ الحصباء الصناعية والطبيعية Aggregates

نعني بالحصباء الطبيعية فتات الصخور التي نقلتها الأودية ورسبتها كمراوح ركامية لهذه الأودية. وهي بلا حصر في معظم أرجاء الأردن. ومن ذلك مراوح الأودية التي تصب في وادي عربة-البحر الميت-غور الأردن. ومن أقربها إلى العاصمة عمان مروحة وادي زرقاء ماعين. وتكاد جميع الأودية التي ترفد الأزرق لها مراوح من الحصباء. ومن أوضحها مروحة وادي الغدق جنوب الأزرق مباشرة. هذه أمثلة فقط.

أما الحصباء الصناعية فنقصد بها كسارة الصخور الجيرية (الحصمة بالعامة المحلية) التي تستعمل بكثرة في الإنشاءات. ويبدو أن تكوين وادي السير المكون كلية تقريبا من الحجر الجيري هو هدف هذا النوع من الحصباء. والكسارات واسعة الانتشار في الأردن. قد يكون مناسبا أن نذكر أنه كلما كان الحجر الجيري صلبا وخاليا من معادن الطين كانت حصباؤه أفضل. ومن ثم فإن تكسير الحجر الجيري المارلي وبيعه يعد غشا. وسب ذلك أن معادن الطين في الحصباء تجعلها طرية أولا وتمتص الماء ثانيا مما يؤدي إلى تشققات في

البيوت أو سرعة تآكل في الطرقات. وبالتالي فإن الحصباء الطبيعية أفضل من الصناعية لأن الأودية في أثناء عملية النقل تقضي على الطري من فتات الصخر ولا يصل إلى مروحة الوادي غير الصلب منها. وعلى الرغم من عدم الحاجة إلى تكسير الصخر في المراوح لأن فتات الصخر غير متماسك، إلا أن سعرها أعلى من الصناعية بسبب تكاليف النقل لبعدها عن المدن الرئيسية.

١٣,٢,٧ مواد أخرى

نذكر هنا مجموعة من الصخور والمعادن الصناعية الأقل أهمية مما سبق ذكره. بعض هذه المواد ليس لها إلا القيمة العلمية. وهي مذكورة دائما عندما يتحدث المختصون عن الموارد المعدنية في الأردن. ومن ذلك:

- الصوف الصخري . يستخرج من البازلت بعد تسخينه وسحبه. ويستعمل كعازل في المباني. ويباع منه الآن ما يزيد عن نصف مليون طن في السنة. أنظر جدول ٢٣,٧.
- الباريت $BaSO_4$. أي كبريات الباريوم. يستعمل في طين الحفر كمادة ثقيلة أو مثقلة للطين في آبار البترول. يوجد منه كميات قليلة لا يمكن أن تشكل موردا اقتصاديا في كل من زقيمات الحصة ٧٠ كم جنوب شرق باير وشمال غرب الرويشد وعلى بعد ٤٦ كم على شكل قواطع في تكوين الرجام. طول أكبر قاطع ٧٠ م وعرضه ٠,٦ م. وفي وادي أم سيالة شرقي قرية الريشة في وادي عربة على شكل عروق تقاس سماكتها بالسنتيمترات.
- الكبريت. توجد عقيدات غير شائعة الانتشار من الكبريت الأصفر بحجم اللوزة أو أقل من ذلك في تكوين اللسان في غور الأردن. وليس لها أدنى قيمة اقتصادية.
- العنبر Amber. موجود في مجموعة الكربن مع رسوبيات الغضار الغنية بالمادة العضوية. أنظر الفصل الثالث. وهي صمغ نباتي. قيمتها علمية فقط حيث وجدت بها حشرات كانت تعيش في الكريتاسي الأسفل (Bandel and Haddadin 1979).
- المعادن شبه الكريمة. من مثل الغارنت الذي يوجد في الصخور المتحولة في وادي أبو برقه وما جاوره. لون بلوراته أحمر شفافا إلا أنها صغيرة جدا كالعدسة وليس لها إلا القيمة العلمية. أنظر الفصل الأول. ومن الحجارة نصف الكريمة معادن النحاس الخضراء والزرقاء في منطقة ضانا. وتستغل نوعا ما جمعيات محلية في قرية ضانا.
- الروتيل TiO_2 . وهو أحد معادن التيتانيوم. كثر الحديث عن وجوده مع رمل الزجاج بنسبة قد تصل إلى ٠,٥%. واعتمادا على ذلك ظن أنه يمكن أن يكون اقتصاديا كنتاج جانبي عند تركيز رمل الزجاج. وهو غير صحيح.
- الترافرتين. وهو حجر جير يترسب من الينابيع الحارة عادة. قد يكون أفضل موقع له على بعد ٩ كم جنوب دير علا في غور الأردن. تمتد تكشافته قرابة ١٢ كم في اتجاه شمال-جنوب و٥ كم في اتجاه شرق-غرب ولكن بشكل متقطع. سمكه ٣٠-٤٠ م. ويبدو أنه ترسب من بحيرة صغيرة. كثير الثقوب التي هي فقاعات CO_2 المصاحب خروجه للترسيب. وهي صفة ملازمة لهذه الصخور عالميا. يستعمل لتزيين واجهات المباني. غير أن لونه المصفر لم يرق لذوقنا المحلي وبالتالي فلم يستغل فعليا حتى الآن. أما ترافرتين الشواطئ الشرقية للبحر الميت قرب حمامات ماعين فإنه نتف صغيرة ليس لها إلا القيمة العلمية.
- الغرانيت. هذا الصخر معروف. انظر الفصل الأول. وهو يستغل جزئيا في الأردن كحجر زينة في واجهات المباني وبلاط مرتفع الثمن. ولا بد من الحصول على كتل غرانيتية كبيرة نسبيا حتى يمكن الحصول منها على ألواح تصلح للتزيين. أما البلاط فيكفي فيه الكتل الصغيرة. ثم إن الكتل الغرانيتية يجب أن تكون صلبة حتى يمكن قصها

وصقلها وإلا انفكت إلى كتل صغيرة غير نافعة. ولا معنى للحديث عن مواقع الغرانيت لأنه موجود في جنوب الأردن بكثرة لكن لا بد من تحديد المواقع التي تفي بالشروط السابقة إذا أريد استغلاله.

- **الدولوميت** . وهو مكون من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم . يستعمل مثلاً في صناعة الزجاج . وهو صخر شائع في الأردن . وتزداد قيمته كلما ارتفعت نسبة أكسيد المغنيسيوم فيه . ولا معنى للحديث عن مواقع محددة له . إنما الذي يجب أن يحدث هو أنه عند إنشاء صناعة تحتاج الدولوميت فإنه لا بد من توفيره من أقرب مكان لهذه الصناعة توفيراً لتكاليف النقل . والجيولوجي قادر على فعل ذلك .
- **الرخام** . يوجد الرخام في منطقة ضبعة قرابة ٥٠ كم جنوب عمان . ويبدو أنه ناتج عن عملية تحول combustion metamorphism - احترق فيها الصخر الزيتي فولد حرارة كافية لحدوث التحول الحراري للحجر الجيري إلى رخام . ولما كان الصخر الزيتي حاملاً للعديد من الفلزات كالححاس والكروم والكوبالت وغيرها بنسب أعلى من معدل الحجر الجيري العادي فقد دخلت هذه العناصر في تفاعلات التحول وأنتجت مجموعة غريبة من المعادن الملونة بالأخضر والأحمر وغيرها أدت إلى تلوين الرخام بهذه الألوان . غير أن هذا الرخام شديد التشقق والتكسر ومن الصعب الحصول على ألواح كبيرة منه . فبقي استعماله في البلاط إلى حد كبير . انظر خوري (١٩٨٩) لمزيد من التفاصيل .

٣,٧ أملاح البحر الميت

البحر الميت ثروة معدنية لا تنتضب . وهي أطول عمراً من البترول . نشأ البحر الميت في صورته الحالية قبل ١١-١٠ آلاف سنة من الآن بعد أن جفت بحيرة دامية العذبة قبل قرابة ١٢ ألف سنة بسبب وجود فترة مناخ باردة جداً وجافة تعرف باسم Younger Dryas . فجفت المياه حتى عمق ٧٥٠ م تحت سطح البحر المتوسط . أي إلى ما يقرب من قاع البحر الميت الحالي . ثم عاد المناخ إلى شيء من الرطوبة والدفء فيما يعرف بفترة Holocene optimum فتدفقت مياه الجريان إلى منخفض البحر الميت وملأته فأخذ شكله الذي نعرفه بغض النظر عن مستوى سطحه . حدث ذلك مع بداية عصر الهلوسين أي ١١-١٠ آلاف سنة من الآن . ومنذ ذلك الوقت وسطح البحر الميت في تغير مستمر تبعاً للمناخ السائد في المنطقة . غير أنه مع نهاية الخمسينات من القرن العشرين تدخل الإنسان في مياه الجريان فانخفض سطحه إلى مستوى لم يبلغه في تاريخه الحديث منذ مئات السنين . سطح البحر الميت الآن (أي سنة ٢٠٠٠ م) هو -٤١٢ م تحت سطح البحر المتوسط . وأهم تدخل كان من جانب العدو الصهيوني الذي بنى سد الطبقة عند نهاية بحيرة طبرية الجنوبية فرفع سطح مياهها وبدأ يضح كميات من المياه العذبة إلى داخل فلسطين المحتلة قد تصل إلى ٨٠٠ مليون متر مكعب في السنوات المطيرة . فأصبح التبخر أكثر من التغذية فتقلصت مساحته وما زالت . على أي حال سنأتي على هذا الموضوع في الفصل القادم .

كنت كتبت كتاباً كاملاً عن البحر الميت (عابد ١٩٨٥) . تحدثت فيه عن جيولوجية البحر الميت وصدع البحر الميت التحويلي والبحيرات التي احتلت الغور قبل البحر الميت . ثم تعرضت لميزانية مياه البحر الميت وملوحته وأملاحه ورسوبياته . ومن غير الممكن أن أتى على كل هذه التفاصيل في هذه العجالة . على أي حال ، سأضع جانباً الحديث عن مصادر مياه البحر الميت وتبخره وميزانيته وتطبيقه إلى الفصل القادم الذي يعنى بمياه الأردن . أما جيولوجيته ونشأته فقد تحدث عنها بما يكفي في الفصل السادس السابق . وأما البحيرات التي

سبقته ومتى تكون في صورته الحالية فتجدها في الفصل الرابع. لم يبق إلا أن أذكر الثروات المعدنية في أملاحه والصناعات القائمة عليها.

١,٣,٧ ملوحة البحر الميت وأملاحه

من غير المقبول أن نتحدث عن ملوحة البحر دون ذكر السنة التي قيست فيها الملوحة وذلك بسبب استمرار ازدياد الملوحة مع ازدياد التبخر مع الزمن. الجدول ١٦,٧ يوضح تغير الملوحة مع الزمن (عابد وآخرون ١٩٩٠). لاحظ ازدياد الكثافة والملوحة مع العمق ومع الزمن. وتقدر ملوحة المياه السطحية للبحر الميت الآن ٣٣٠ غم/لتر وفي الأعماق قرابة ٣٤٥ غم/لتر. أما الكثافة فتراوح بين ١,٢٣٠٨ – ١,٢٣٣٨ غم/سم^٣.

جدول ١٦,٧

تغير ملوحة البحر الميت وكثافته بين ١٩٦٠-١٩٨٦.

١٩٨٦		١٩٧٧		١٩٦٠		العمق بالمتر
Abed et al., 1990		Beyth 1980		Neev & Emery 1967		
الكثافة غم/سم ^٣	الملوحة غم/لتر	الكثافة غم/سم ^٣	الملوحة غم/لتر	الكثافة غم/سم ^٣	الملوحة غم/لتر	
١,٢٣٠.٨	٣٠٩,٩٠	١,٢٢٨.٩	-	١,٢٠٥.٠	٢٩٤,٦	٠
١,٢٣٠.٩	٣١٧,١٢	-	-	-	٢٩١,٠	١٠
١,٢٢٩.٦	٣٢٣,٧١	-	-	-	٢٩٨,٤٠	٢٠
١,٢٣٠.٠	٣٢٩,٨٠	-	٣٣٢,٢٠	-	٢٩٣,٨٠	٣٠
١,٢٣١.٠	٣٣٠,٩٦	١,٢٣٠.٦	-	١,٢٢٠.٥	٣٠٧,٢٠	٤٣
-	-	-	٣٣٤,٦٠	-	٣١٠,٦٠.٣	٥٠
١,٢٣١.٥	٦٦٢,٢٤	-	-	-	٣١٩,٩٠	٧٠
-	-	-	٣٦٦,٦٠	-	٣٢٢,٤٠.٣	٨٠
١,٢٣١.٦	٣٣٢,٥٣	١,٢٣١.٠	٣٣٥,٢٠	١,٢٣٠.٣	٣٢٣,٨٨	١٠٠
١,٢٣٣.٠	٣٣٩,٠٠	١,٢٣١.٥	٣٣٤,٢٠	١,٢٣٠.٥	٣٢٨,٤٠	١٦٠
١,٢٣٣.٢	٣٣٥,٨٠	١,٢٣١.٨	-	١,٢٣٠.٥	٣٢٩,٤٠	٢٠٠
١,٢٣٣.٨	٣٤٤,٥٨	١,٢٣١.٨	٣٤٠,٦٠	١,٢٣٠.٥	-	٣١٠
-	-	-	-	-	٣٢٢,١٠	٣٣٠

يوضح الجدول ١٧,٧ أنواع الأيونات الرئيسية المكونة لأملاح البحر الميت وتركيزها فيه. يتضح من الجدول أن أكثر من ٩٩% من أملاح البحر الميت هي أملاح ستة أيونات هي المغنيسيوم والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والكلور والبروم. ولما كان الكلور هو الأيون الأكثر وجوداً فإن معظم أملاح البحر الميت توجد على شكل كلوريدات مثل كلوريد المغنيسيوم وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الصوديوم. ويمكن لزائر البحر الميت هذه الأيام أن يلاحظ ترسب كلوريد الصوديوم (لأنه الأقل ذوباناً) على شكل بلورات مكعبة جميلة على صخور شواطئه. أما كلوريد البوتاسيوم فهو الذي تستخلصه شركة البوتاس العربية (البوتاش).

جدول ١٧,٧

تركيز الأيونات الرئيسية في مياه البحر الميت مقارنة بين عامي ١٩٦٠ و ١٩٨٦ (غم/لتر)

الأيون	١٩٦٠		١٩٨٦	
	الطبقة العليا م > ٤٠ م	الطبقة السفلى م < ٤٠ م	الطبقة العليا م > ٢٠ م	الطبقة السفلى م < ٢٠ م
Mg	٣٦,١٥	٤٢,٤٣	٤٠,١٠	٤٣,٩٠
Na	٣٨,٥١	٣٩,٧٠	٣٨,٣٢	٣٩,٤٦
Ca	١٦,٣٨	١,١٨	١٧,٨٦	١٧,٣٢
K	٦,٥٠	٧,٥٩	٦,٩٠	٦,٣٧
Cl	١٩٦,٩٤	٢١٩,٢٥	٢٠٩,٧٣	٢٢١,١٥
Br	٤,٦٠	٥,٢٧	٦,٠٠	٦,٠٥
SO4	٠,٥٨	٠,٤٢	٠,٧٨	٠,٧٧
HCO3	٠,٢٣	٠,٢٢	٠,٣١	٠,٢٩

Abed et al., 1990 = ١٩٨٦. Neev and Emery 1967 = ١٩٦٠

أما العناصر الثانوية trace elements فهي كثيرة غير أن أهمها عنصر الليثيوم Li حيث نسبته في مياه البحر الميت تصل إلى ١٥,٢٤ جزء من المليون أو غم/طن في المياه الذي يمكن أن يستغل تجاريا يوما ما. أنظر جدول ١٨,٧ الذي يوضح مقارنة بين نسب الأيونات الرئيسية والثانوية مع مياه البحار والمحيطات. لاحظ أن نسبة العناصر بعضها للبعض الآخر وكذلك كميتها في مياه البحر الميت تختلف اختلافا جذريا عما هو في المحيطات. مما يدل على أن أصل مياه البحر الميت ليست بحرية بل قارية.

جدول ١٨,٧

تركيز العناصر الثانوية trace elements والرئيسية في مياه البحر الميت ومقارنتها بمعدل تركيز مياه البحار (من عابد وآخرون ١٩٩٠).

العنصر	البحر الميت	مياه البحار	نسبة التركيز	العنصر	البحر الميت	مياه البحار	نسبة التركيز
Mg	٤٠,٤٥	١,٥٤	٢٦	Sr	٨٨٤	٨	١١٠
Na	٣٩,٣٣	١٠,٥٠	٣,٧	Li	١٥,٢٤	٠,١٧	٩٠
Ca	١٩,٩٥	٠,٤٠	٤٤	Mn	٧,٢٩	٠,٠٠٢	٣٦٤٥
K	٦,٥٠	٠,٣٨	١٧	Zn	٣,٧٠	٠,٠١٠	٣٧٠
Cl	٢١٢,٦٠	١٩,٠٠	١١,٢	Cu	٠,١٤٥	٠,٠٠٠٥	٢٩٠
Br	٦,١٢	٠,٠٦٥	٩٤	Ni	٢,٠	٠,٠٠٢	١٠٠٠
SO4	٠,٧٦	٢,٩٠	٠,٣	Co	٢,٥	٠,٠٠٠٥	٥٠٨٠٠
HCO3	٠,٢٩	٠,١٤	٢	F	٤,٦	١,٣٠	٣,٥
				Pb	٥,٤٨	٠,٠٠٤٠	١٣٧٠
				Cd	٠,٨٦	٠,٠٠١١	٨٦٠٠

أما كميات الأيونات الرئيسية في مياه البحر الميت فموضحة في جدول ١٩,٧. فلو أخذنا البوتاسيوم فإن كميته تساوي ٩٨٨ مليون طن تقريبا. فإذا أضفنا إليه كمية مماثلة من الكلور لتكوين كلوريد البوتاسيوم KCl (البوتاش) فإننا نتحدث عن أكثر من ١٥٠٠ مليون طن من البوتاش في البحر الميت. فإذا كان معدل الاستخلاص السنوي لهذه المادة على جانبي البحر الميت هو ٤ مليون طن. فإن هناك ما يكفي لأكثر من ٤٠٠ سنة قادمة. أي عدة مرات أطول من عمر البترول والغاز الطبيعي. أما المغنيسيوم الذي بدأت شركة البوتاس ببناء مصنع لاستغلاله فكميته أكبر من أن تنضب في آلاف السنين. وقس على ذلك.

جدول ١٩,٧
كميات الأيونات في مياه البحر مقدرة بملايين الأطنان (عابد ١٩٨٥).

العنصر	الكمية
مغنيسيوم	٥٥٣٥
صوديوم	٥٣٢٦
كالسيوم	٢٢٩٦
بوتاسيوم	٩٨٨
كلور	٢٨٩١٨
بروم	٦٩٤
كبريتات	٦٤
بيكربونات	٣٠
المجموع	٤٣٨٥١

٢,٣,٧ صناعات البحر الميت

يمكن استخلاص عدة عناصر من البحر الميت كالبوتاسيوم (بوتاش) والمغنيسيوم (بريكلاز MgO) والبروم والكلور وبالطبع ملح الطعام. غني عن القول أن مثل هذه المركبات أو العناصر يمكن إدخالها في صناعات كيميائية لإنتاج أعداد كبيرة من المركبات الكيميائية من مثل إنتاج البروموفورم من البروم المنتج من البحر الميت وأملاح التصوير والصودا والبوتاسا الكاوية. وبالتالي فإن البحر الميت ثروة كبيرة إذا أحسن استغلالها. وللتدليل على ذلك نورد الجدول ٢٠,٧ الذي يوضح أنواع المواد وكمياتها التي كانت تنتجها شركة بوتاس فلسطين قبل عام ١٩٤٨. لاحظ أننا حتى الآن لا نستطيع استخراج سوى البوتاش.

جدول ٢٠,٧
المواد التي أنتجتها شركة بوتاس فلسطين قبل عام ١٩٤٨ (طن متري)

	١٩٣٧	١٩٣٨	١٩٣٩	١٩٤٠	١٩٤١	١٩٤٢	١٩٤٣	١٩٤٤	١٩٤٥	١٩٤٦
KCl	٣٦٤٦٧	٥٨٣٠٠	٧٠٠٩٣	٨٨٩٦١	١٠١٦٠٧	١٠٤٢٣٧	٩٣٧٤٠	١٠٥٠٥٠	٣٦٢٥	٩٠٥٧٠
بروم	٥١٠	٤٨٥	٦١٩	٩٣٥	٥٢٧	١٠٠٢	٨١٣	٧٢	٧٨	٥٠
MgCl ₂	٤٦٧	٦١	١٦٧	-	-	-	-	-	-	-
ZnBr ₂	-	-	-	-	١٤٣	-	-	-	-	-
CaBr ₂	-	-	-	-	١٦٣	٤٠٦	٨١٣	٨٩٠	٤٦٠	-
NaBr	-	-	-	-	-	٧٢	-	-	-	-
NH ₄ Br	-	-	-	-	-	٨	-	-	-	-
كلور	-	-	-	-	-	-	-	١٨٨	٣٢٠	-
أملاح كالسيوم	-	-	-	-	-	٣٦٩	-	٢٨٦	٥٠٠	-
KClO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	٤٤	-
كرنالييت	-	-	-	-	٧٤	٤٣٣	٣١٤	-	-	-

لاحظ تعدد مركبات البروم التي صنعت كيميائياً من بروم البحر الميت قبل أكثر من نصف قرن من الزمان.

أسست شركة البوتاس العربية في أواسط الخمسينات من القرن العشرين ثم ماتت الفكرة حتى ١٩٧٦. ثم بدأ العمل في المصنع والملاحات ١٩٧٩ وانتهى ١٩٨٢. تمتلك الأردن أكثر من ٥٠% من أسهم الشركة والباقي تملكه بعض الدول العربية والشركات والبنوك. بدأ الإنتاج عام ١٩٨٣ بطاقة قصوى قدرها ١,٢ مليون طن بوتاش ثم رفع إلى ١,٨ مليون طن. ولم يصل الإنتاج إلى هذا الرقم الأخير إلا في عام ١٩٩٦ ثم عاد إلى ١,٤ بعد ذلك. ثم ارتفع مرة أخرى إلى ١,٨ عام ١٩٩٩. أنظر جدول ٢٣,٧ للتعرف على إنتاج البوتاش في السنوات الثلاثة الماضية.

ثم أقيمت شركة ملح الصافي لاستخراج ملح الطعام كناتج جانبي في صناعة البوتاش. أنظر جدول ٢٣,٧ للتعرف على كمية الإنتاج وعائداته. وفي هذه الأيام أقيمت شركة لاستغلال المغنيسيوم. وقبل ذلك جرى حديث طويل لإنشاء شركة لاستغلال البروم. الخطوات بطيئة على الرغم من الجدوى الاقتصادية لاستغلال هذه المواد وغيرها وتطوير صناعات كيميائية متقدمة على هذه المنتجات الأولية.

4.7 أهمية الاقتصادية للمعادن والصخور الصناعية

يعد قطاع التعدين من القطاعات المهمة في الاقتصاد الأردني. وتشكل شركات الفوسفات والأسمدة والبوتاس والإسمنت والخزف ومواد الإنشاءات دعامة هذا القطاع. يتضح هذا الدور من جدول ٢١,٧ الذي يبين نسبة عائدات قطاع التعدين إلى الدخل الوطني جميعه Gross National Product أو GNP. لقد كانت النسبة ١٩% عام ١٩٩٠ (عابد وعمري ١٩٩٤) تناقصت حتى ١٠,٥% عام ١٩٩٨ (سلطة المصادر الطبيعية ١٩٩٩).

جدول ٢١,٧
نسبة إسهام المعادن والصخور الصناعية في الدخل الوطني ١٩٩٨-١٩٩٣
(من تقرير سلطة المصادر ١٩٩٩)

السنة	الدخل الوطني الإجمالي مليون دينار	عائدات القطاع مليون دينار	النسبة المئوية
١٩٩٣	٣٤١٠	٤٣٥,٦	١١,٧٤
١٩٩٤	٤٠٩٦	٥٠٤,٥	١٢,٣٢
١٩٩٥	٤٤٤٤	٥٩٧,٨	١٣,٤٥
١٩٩٦	٤٥٩٩	٧٨٤,٣	١٧,٠٥
١٩٩٧	٤٨٩٨	٥٣٦,٠	١٠,٩٤
١٩٩٨	٥٢٣١	٥٥٠,٤	١٠,٥٢

وقد تكون الصورة أكثر وضوحا من الجدول ٢٢,٧ إذا قارنا إسهام المعادن والصخور الصناعية في مجمل صادرات الأردن في السنوات الخمس الماضية. لاحظ كيف كان القطاع يساوي أكثر من نصف صادرات الأردن عام ١٩٩٦ ثم انحدر إلى ثلث الصادرات عام ١٩٩٨. يوضح هذان الجدولان تدني دور القطاع في الاقتصاد الوطني في السنوات الثلاثة الأخيرة خاصة ١٩٩٩ التي لم نورد لها إحصائيات مما يشير إلى تعثر حقيقي في أعمال الشركات الرئيسية كالفسفات والبوتاس والإسمنت الذي لا يخفى على مراقب في هذه الأيام.

جدول ٢٢,٧
إسهام قطاع المعادن والصخور الصناعية في مجمل صادرات الأردن (١٩٩٣-١٩٩٨) ونسبة ذلك
(تقرير سلطة المصادر الطبيعية ١٩٩٩).

السنة	مجمل الصادرات الوطنية مليون دينار	عائدات القطاع مليون دينار	النسبة المئوية
١٩٩٣	٦٩١,٢	٢٥٨,٧	٣٧,٤٢

١٩٩٤	٧٩٣,٩	٣١٦,٥	٣٩,٨٦
١٩٩٥	١٠٠٤,٥	٤٠٩,٠	٤٠,٧١
١٩٩٦	١٠٣٩,٨	٥٤٤,٦	٥٢,٣٨
١٩٩٧	١٠٦٧,٢	٣٧٠,٢	٣٤,٦٧
١٩٩٨	١٠٤٤,١	٣٥٥,٣	٣٤,٠٣

وحتى يكتمل تصور دور قطاع المعادن والصخور الصناعية نورد فيما يلي جدولاً ٢٣,٧ يبين كمية الإنتاج وقيمتها في السنوات الثلاثة الماضية. لاحظ الهبوط الواضح في منتجات هذا القطاع في سنتي ١٩٩٧ و١٩٩٨. وبوسعك أن تتفحص الجدول لترى هبوط إنتاج المادة المعينة وهبوط عائداتها. وهو واضح جداً في صناعة الإسمنت والبوتاش والفوسفات التي هي العمود الفقري لهذا القطاع. حتى الحصة هبطت. أما أسباب ذلك فلا أظنني خبيراً في هذا الموضوع. قد يكون تدني السعر سبباً. وقد تكون المنافسة العالمية سبباً. ولكن في شركة كالفوسفات مثلاً كان من الأسباب عدم قدرة الشركة حتى الآن على تشغيل مصنع التعويم من أجل تركيز خامات الشدية على الرغم من وجود المصنع منذ بدايات التسعينات. وبالتالي هبط الإنتاج عن المتوقع.

جدول ٢٣,٧

كمية الإنتاج وقيمتها لأهم منتجات هذا القطاع في السنوات الثلاثة الماضية (١٩٩٦-١٩٩٨) (تقرير سلطة المصادر الطبيعية ١٩٩٩).

(م ط = مليون طن. م د = مليون دينار. م م = مليون متر مكعب. م م = متر مكعب

ط = طن. د = دينار. م طولي = حجر أو حجارة بناء بطول متر وارتفاع ٢٥ سم وسبك ٥-٧ سم.)

المادة	١٩٩٦		١٩٩٧		١٩٩٨	
	صادرات	محلي	صادرات	محلي	صادرات	محلي
فوسفات م ط	٤,٣٥٠	١,٠١	٤,٣٦٧	٣٥٣	٣,٧٣٥	٢,٠٨٢
م د	٢١٣,٢	٥٤,٨	١٣٤,٥	٧,٥٢٧	١٢٣,٠٠	٥٣,٠٠
أسمدة م ط	٧١٣	٠,١٧٠	٥٥٨	٠,١٨٣	٥٧٣	٠,٠٦٨
م د	١١٥,٢٣	١,٦٨٣	٨٦,٧٩٢	١,٨٠٩	٨٨,٠٨	١,٠٤٦
فلوريد الألومنيوم م ط	٠,١٦٢		٠,١٢٣		٠,١١٣	
م د	٧,٥٥١		٧,٢١٦		٦,٦٢٠	
حامض كبريتيك م ط	٠,٣٨٧	٠,٣٤٦٧		٠,٣٤٦٧		٠,٣٢٧٤
م د	٢٤٠	٧٤٣		٧٤٣		٨٠
حامض فوسفوريك ١٠٠% ط	١٠٩٣	١٣٠,٦	١٨٨٤	٣٥٨٧٧	٥١٤٥	٦٣٢٠٠
م د	٢٦٢	٣٧٤	٤٦٨	٣,٩٥٣	١,٣٥٤	١٠,٨٩٠
بوتاش م ط	١,٧٩٨	٠,٠٠٢	١,٤٠٧	٠,٤٠٦	١,٤٨٦	٠,٣٠٧
م د	١٧٣,٣٠	١٧٠	١٠٤,٨٨	٢,٧٣٥	١١١,٦٣	٢,١٥١
إسمنت م ط	٩٥١	٢,٥٨٢	٩٧٦	٢,٢٧٦	٥٦٧	٢,٢٤٥
م د	٢٥,٦٠٠	١١١,٥٠	٢٥,٠٠٠	٧٩,٣٠٠	١١,١٣٢	٨١,٣٤٢
إسمنت أبيض ط	٢٨٠٠٠	٥٨٠٠٠	٤٤٢٥٧	٥٠٦٥٤	٥٨٧٦٢	٥٣٥٧٤
م د	١,٨٠٠	٤,٤٠٠	٢,٦٤٩	٤,٢٢٩	٣,٤٩٥	٤,٣١٦
صوف صخري ط	٩٦٣	٨١٠	١٦٦٥	٧٥٣	٧٥٨	٨٧٢
م د	٤٩٩	٦٣٤	٩٣٦	٥٥١	٣١٥	٥٩٧
أدوات صحية ط	٤٠٠	٣٦٠٠	١٩٣	٣٦٦٧	٤٠٠	٣٨٢٠
م د	٢٦٠	٢,٩٨٨	١٢٦	٣,٠٤٤	٢٥٥	٣,١٠٠
بلاط صيني م م ٢	٢٠٠	١,٨٠٠	٠,٦٩٣	١,٣١٦	١٦٠	١,٦٠٠

٥,٣٠٠	٤٠٠	٣,٩٤٧	٢٠٨	٧,٢٠٠	٤٠٠	م د
٢٩٩ ٢١٠,٣٣		٣٢٠ ٢١٤٨٩				جبر حي ط د
٣٧٦٥ ٢٤٧		٣٩٤٣ ٢٣٩				جبر مطفاً ط م د
٤٨٣٥ ١٧٩		٤٩٨١ ١٨٤				طوب رملي م م د
٠,١٩١ ٦٠٢	٠,١٩٢ ٦,٤٨٣	٠,١٧٦ ٥١٧	٠,٢٧ ٦,٥٤١	٠,١٧٤ ٤٦٧	٠,٤٢ ٦,٤٤٧	كربونات كالسيوم م ط م د
٠,٥٤٧ ١,٤٤٨	٠,١٤٠ ٢,٥٠٤	٠,٤٠٠ ٢,١٩٧	٠,٢١٠ ٨١٨	٠,٢١٠ ٢,٠٨١		ملح م ط م د
٨,١٤١ ١٢,٢١١		١٢,٣٨٨ ٣٠,٩٦٩		١٠,٢٧٠ ٢٥,٦٧٥		حصمة م م م د
٠,٦٤٨ ١,٧٨١		٠,٥٧٦ ١,٥٨٣		٠,١٢٢٠ ٣,٣٢١		رخام م م م د
٢٠٠٠ ٧٠٠٠		٢٦١٦ ٩١٥٦		٢٥٠٠٠ ٨٧٥٠٠		بازلت م د
٤,٨٥٥ ١٢,٣٨٦		٦,٣٠٨ ١٨,٩٢٤		٧,٤٣٦ ٢٢,٠٠٠		حجارة بناء م م طولي م د
٣,١٨١ ٣,١٨١		١,٢٧١ ١,٢٧١		١,٢٩٠ ١,٥٤٨		رمل طبيعي م م م د
٠,٣٠٠ ٠,٦٠		٠,١٠٩ ٠,٢١٨		٠,١٥٥ ٠,١٧١		رمل زجاج م م م د
٢٥٠٠ ٥٠٠		٩١٥٠ ١,٨٣٠		٣٠٠٠ ٢٧٦		غرانيت م م د
١٩٥,١٧	٣٥٥,٢٧	١٦٥,٨٠	٣٧٠,١٧	٢٣٩,٦٢	٥٤٤,٦٤	القيمة الإجمالية م د

٥,٧ مصادر الطاقة الأحفورية

Energy Resources

يُدرج تحت هذا المسمى الأنواع التالية مما هو موجود في الأردن:

- البترول
- الغاز الطبيعي
- الصخر الزيتي
- الرمال الزيتية أو القطرانية

أما الفحم الحجري فغير موجود في الأردن على الرغم من وجود أشكال متدنية منه وبكميات لا قيمة لها في صخور رمل الكرب (عابد ١٩٧٨). ويمكن إضافة اليورانيوم إلى هذا العنوان على اعتبار أنه ينفذ بالتعدين. وقد تحدثنا عن ذلك سابقاً.

١,٥,٧ الرمال الزيتية أو القطرانية Oil / Tar sand

توجد عدة مواقع على طول الشاطئ الشرقي للبحر الميت يمكن أن تسمى بهذا الاسم.

■ في الصخور الرملية لتكوين أم عشرين من الكمبري الأعلى على بعد بضعة كيلومترات جنوب وادي الموجب مقابل بئر الحمر الجاف. يلاحظ وجود البترول الخفيف في التكوين على طول صدعين يتجهان شرق-غرب. وقد حفرت سلطة المصادر الطبيعية بئرا هناك أعطى القليل من البترول والغاز ثم اختلط بالماء المالح وأغلق البئر. وفي اعتقادي أن هذه الرمال لا قيمة تجارية لها.

■ في صخور رمل الكرنب في أدنى (غربي) وادي عسال قبالة ملاحات البوتاس وفي وادي أحيمر إلى الشمال من وادي عسال وفي وادي الذراع إلى الشمال أيضا. وقد وجد الأسفلت أيضا في رمال الكمبري في كل من وادي عسال ووادي الذراع إلى الشرق من موقعي الكرنب المشار إليهما أعلاه. تقع المواقع الثلاثة الأولى على طول صدع الخرزة الهلالي الشكل الذي يتجه في هذه المواقع نحو الشمال الشرقي. أسهلها وصولا وأكثرها دراسة رواسب فم وادي عسال. رمال الكرنب هنا سوداء قائمة بسبب وجود نسبة جيدة من المواد البترولية الثقيلة التي يمكن أن تسمى قارا أو زفتا asphalt. تمتد الرمال في اتجاه شرق-غرب مع مجرى الوادي قرابة ٢٠٠ م أو يزيد. أما شمالا-جنوبا فلا يعرف امتدادها لأنها مغطاة. ولما كانت المواد البترولية قد خرجت في هذا الموقع بسبب مرور صدع الخرزة الهلالي من هذا المكان، فإن من الممكن أن توجد هذه الرمال إلى الشمال على طول هذا الصدع مما يحتاج إلى استكشاف. وقد قامت سلطة المصادر باستكشاف هذا الموقع فحفرت ٢٤ بئرا في هذا الموقع. أحد هذه الآبار وصل إلى عمق ٢٢٥ م دون أن ترى النهاية السفلى لهذه الرمال القطرانية. وهذا الأمر متوقع دون حفر بسبب وجود طبقات رمل الكرنب وتكوين ناعور في وضع قريب من العمودي. ويبدو أن بترولاً قد تسرب من الأعماق على طول هذا الصدع وسطوح التطبيق العمودية. ثم تطايرت أجزاءه الخفيفة وبقي الأسفلت في الرمال. تتراوح نسبة النفط في هذه الرمال بين ٢,١١ - ١٤,٨٤ % (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨). أما نسبة الكبريت فتتراوح بين ٢-٦ %. مما قد يجعل هذه الرمال مفيدة في استخلاص الكبريت كناتج إضافي. تصنف المواد البترولية مع الزيت الثقيل أو الأسفلت (API ٨-١٩). أما الاحتياطي المثبت فهو تقريبا ١٩-٣٢ مليون طن متري. يصعب تعدينه جميعه بطريقة الحفرة المفتوحة لأنه يمتد إلى عمق أكبر من ٢٢٥ م. ثم تأتي مسألة التلوث بالكبريت وغيره على المياه الجوفية التي يقع منسوبها على عمق ٢٠ م تقريبا.

ما هو مصدر هذا البترول؟ لا يوجد في هذه المنطقة تحت (أقدم) الكرنب أي تكوين حامل للمادة العضوية. كما أن تكوين البرج غير حامل للمادة العضوية. فهل هاجر البترول من حوض البحر الميت غربي صدع البحر الميت التحويلي بحيث يكون الصخر الزيتي (تكوين الموقر) هو المصدر؟ أم أنه جاء إلى هذه المنطقة من بتيومين الصخر الزيتي من شرق الكرك مدفوعا بالمياه الجوفية؟ لا أعلم. ولكني أرجح الرأي الأول.

■ توجد مواد بترولية في رمال تكوين أم غضاة وتكوين سالب على بعد قرابة ٢ كم شمال شرق مصنع البوتاس فوق رواهص السرموج. وهي من البترول الخفيف نسبيا ولون الرمال بني وليس أسودا. وقيمتها ثانوية.

■ تتكرر الصورة غرب البحر الميت في مجموعة من الأودية. أنظر عابد ووشاحي (١٩٩٩). وأنظر كذلك شكل ٨,٧.

خلاصة الموضوع أنه على الرغم من وجود عشرات ملايين الأطنان من رمال القطران في وادي عسال والذراع إلا أن استغلالها صعبا وإمكانية تلويث البيئة كبيرة.

توجد الصخور الزيتية في ثلاث مناطق من الأردن وبكميات أستطيع الإدعاء أنها لا تنضب وذلك بسبب سمكها الكبير وامتدادها الشاسع. وجميعها تحتل الجزء السفلي من تكوين الموقر

- في شمال الأردن حيث ترى تكشفتها في وادي العرب غربي إربد وفي منطقة الحمة على اليرموك ثم شرقا على اليرموك وبشكل مستمر من غرب موقع المقارن شمال إربد إلى وادي الشلالة. يزيد سمك الصخر الزيتي في اليرموك والشلالة على ١٠٠ م بينما تتناقص نسبة المادة نحو الأعلى بحيث تبلغ نسبتها في المعدل ١٤% (عابد وعميرة ١٩٨٣). وهي أدنى من مثيلاتها في وسط الأردن. يعيب هذه المواقع سمك الغطاء الرسوبي فوق الصخر الزيتي مما لا يسمح بتعدينه بطريقة الحفرة المفتوحة. غير أن تعدينه بالأنفاق الأفقية والعمودية ممكن ولكن ليس في أيامنا هذه حيث البترول التجاري الرخيص. نتركها إذن لمستقبل الزمان.
- في منطقة الأزرق حيث وجدت مئات الأمتار من الصخر الزيتي في آبار حقل حمزة في تكوين الموقر. حتى إن تكوين عمان بدا أسودا بسبب ارتفاع نسبة المادة العضوية فيه. يعيب هذا المكان عمق الصخر الزيتي وسمك الغطاء الرسوبي فوقه.
- في وسط الأردن وهو الأهم والمؤمل استغلاله لوفرتة ولاارتفاع نسبة المادة العضوية فيه وقلة سمك الغطاء الرسوبي فوقه. وسنذكر بعض تفاصيله فيما يلي.

الصخر الزيتي في وسط الأردن

تعريفه: الصخر الزيتي في الأردن هو صخر جيرى مارلي أو مارل غني بالمادة العضوية الذي لو سخن إلى درجة ٥٠٠ مئوية لنتج عنه البترول والغاز.

الموقع الطبقي : يكون الصخر الزيتي في الأردن الجزء السفلي من تكوين الموقر من العصر الماسترختي من الكريتاسي الأعلى والبالوسين من أسفل الثلاثي. وبهذا فهو يعلو تكوين الحسا الفوسفاتي. وقد تحدثنا عن ذلك مطولا في حينه في الفصل الثالث من هذا الكتاب.

مواقع: يوجد الصخر الزيتي في وسط الأردن بشكل عام حول بلدة القطرانة. الشكل ٥,٧ يوضح أماكن وجوده المعروفة حتى الآن. ومن أشهر أماكن وجوده اللجون ٢٠ كم شرق الكرك والسلطاني ١٥ كم جنوب القطرانة والقطرانات ٣٤ كم تقريبا شرق القطرانة وخان الزبيب ٥٠ كم جنوب عمان ووادي المغار ٤٠ كم جنوب شرق القطرانة وجرف الدراويش وغيرها.

التركيب المعدني: يغلب الكالسيوم على المعادن المكونة لهذه الصخور وتتراوح نسبته بين ٥٠-٩٠%. بينما تصل نسبة المعادن الطينية (كاولينية وإليت) حتى ١٠%. تزداد نسبة الفوسفات (فرانكوليت) نحو قاعدة التكوين. أما الكوارتز فمعظمه من أصل عضوي أو ثانوي. يوجد البيريت والدولوميت أيضا في الصخر الزيتي. أما المادة العضوية فمفتاوتة التركيز من طبقة لأخرى ومن مكان إلى مكان آخر. ولكنها قد تصل إلى ٣٠% في بعض الأحيان. تقل نسبة المادة العضوية إلى الأعلى حتى تتلاشى تماما ويصبح تكوين الوقر مكون من المارل أو الحجر الجيري المارلي العاديين.

طبيعة المادة العضوية: قد تحدثنا عن بيئة ترسيب الصخور الزيتية في موضعه من الفصل الثالث. ولنخصه بسرعة فنقول أن التيارات الباردة الصاعدة من أعماق التيثس كانت تجلب المغذيات من فسفور وسيلكون إلى الرف القاري في الأردن مما أدى إلى إنتاجية حيوية عالية للنباتات والحيوانات البلاكتونية. ومع موتها وقلة عمق عمود الماء البحري لا تتأكسد

المادة العضوية المكونة لأجساد هذه الكائنات بل تنضم إلى الرسوبيات مكونة المادة العضوية في الصخر الزيتي. الجزء الأعظم من المادة العضوية يصنف ضمن الكيروجين بينما القليل منها هو من البتيومين الذي يذوب في المذيبات العضوية. ولما كان الغطاء الرسوبي فوق هذه الصخور الزيتية صغيرا فإن المادة العضوية بقيت غير ناضجة حراريا ولم ينشأ عنها البترول.

القيمة الاقتصادية: يبلغ احتياطي الصخر الزيتي في وسط الأردن قرابة ٤٠ بليون (مليار) طن. يتوقع لهذه الكمية أن تعطي ٤ بليون طن من الزيت الصخري أو البترول. أي بنسبة ١٠% من وزن الصخر. وتشير الدراسات أن نسبة الزيت في الصخر تتراوح بين ٥,٧% في جرف الدراويش إلى ١١% في العطارات. أنظر جدول ٢٤,٧. وهو ما يكفي الأردن من البترول لأكثر من ١٠٠٠ سنة حسب الاستهلاك الحالي آخذين في الاعتبار الزيادة السنوية. يتميز الصخر الزيتي الأردني ومن ثم الزيت الصخري بنسبة كبريت عالية قد تصل إلى ٥% من وزن الصخر و ١٠% في الزيت الصخري. ويمكن استخلاص الكبريت كناتج جانبي في صناعة تكرير الزيت الصخري. نضيف إلى كل ذلك وجود مجموعة من الفلزات الثقيلة التي توجد بتركيز تتراوح بين بضع عشرات وبضع مئات الغرامات في الطن من الصخر من مثل النحاس والنيكل والكوبالت والكروم والزنك واليورانيوم وغيرها. ولا أعتقد أن هذه التراكيز تجعلها قابلة للاستغلال كنواتج جانبية في صناعة الزيت الصخري. لكنها بالتأكيد ستكون مشكلة بيئية إذا سمح لها الوصول إلى مصادر المياه السطحية أو الجوفية.

جدول ٢٤,٧

بيانات عن خامات الصخر الزيتي والزيت الصخري المتعلقة باقتصادياته (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨ ، أبو عجمية ١٩٨٩).

اللجون	السلطاني	العطارات	وادي مقحار	جرف الدراويش	
حتى ١١١ م	حتى ٦٥ م	حتى ٦٠ م	حتى ٦١ م	حتى ١٢٨ م	سمك الصخر الزيتي
٢٩,٦ م	٣١,٦ م	٤٥ م	٤٠ م	٦٣,٨ م	معدل السمك
١٥-٦٢ م	٤٤-٥٥ م	٤٥-٦٢ م	٣٢,٥-٥٠	٢٩-٦٨ م	سمك الغطاء الرسوبي
٢٥,٨ م	٦٩,٣ م	٥٣,٣ م	٤٠,٥ م	٤٧,٣ م	معدل الغطاء
٢٨	٢٥	٢٩	٢٠	١٨	المادة العضوية %
٢,٢-١٥,٨	٣,٢-١٧,٢	٩-١٣	٥,٥-٩	١,١-١٤,٩	نسبة الزيت وزنيا %
٠,٥%	٩,٧	١١	٦,٨	٥,٧	معدل النسبة وزنيا %
API ١٥	API ١٥	API ١٥	API ١٣	API ١٣	كثافة الزيت
١,١٩٧	٠.٩٤٢	١١,٣	٣١,٦	٨,٠٥٦	احتياط الخام بليون طن
١١٦	٩١,٤	١٠,٢٧	٢٠٠٠ تقريبا	١٩٤	احتياط الزيت مليون طن
%٤,٨٣	%٤,٣٨	٥,٣١-١,٩٣	٣,٥-٠,٩	%٤,٣٧	معدل SO3 في الصخر
%٣,٣١	%٣,٤٨	%٤,٠		%١,٥٣	معدل P2O5 في الصخر
٥٤٨٠	٥٦٨٠			٣٦١٠	معدل القيمة الحرارية كيلوجول/كغم

في أرقام الجدول بعض الاختلاف مع المراجع الأخرى. غير أنها اختلافات يمكن تجاوزها. ولا يختلف ما كتب عام ١٩٩٧ عن هذه الأرقام. وتستطيع بنفسك من هذا الجدول السابق أن تحسب الكثير من البيانات من مثل كمية الخام التي يجب أن تعدن لإنتاج البترول الذي يكفي الأردن يوميا أو سنويا بعد أن تعرف ما يستهلكه الأردن من البترول الخام يوميا أو سنويا (٥,٣ مليون برميل سنويا تقريبا). وتستطيع أن تحسب كمية الكبريت المستخلصة تبعا لذلك. وطبيعي أن تكون أرقامك تقريبية لأنه ينقصها كفاءة طريقة الاستخلاص.

لقد أجريت دراسات عديدة على خام اللجون لتقدير كميته (Hufnagel 1985) وعبدالله البهداري رحمه الله وغيرهم كثير) فأثبتوا قرابة ١٢٠٠ مليون طن متري من الصخر الزيتي، ولدراسة المادة العضوية ونضجها وتقطيرها إلى زيت صخري (Speers 1969) Dineen 1970 وعابد وعاروري ١٩٩٤ وغيرهم كثير). غير أن دراسة نصف صناعية pilot قد أجريت عام ١٩٨٨ و ١٩٨٦ (Lurgi and Klockner 1986, 1988) فكانت النتائج التالية (أبو عجمية ١٩٨٩):

- في حالة تسخين ٧٤٥٠٠ طن متري يوميا من الصخر الزيتي نتجت المواد التالية:
 - ◀ ٥٠٧٠ طن متري نفط خام درجة 38 API و ٠,٥% كبريت).
 - ◀ ١٥١٢ طن متري نفثا ٦٥ API و ٠,١٢% كبريت.
 - ◀ ٥٣٥٠ طن متري غاز
 - ◀ ١٤١٦ طن متري كبريت نصري
 - ◀ ٣٥٠ ميغواط كهرباء يستعمل ١٣٥ ميغواط منها في تشغيل المحطة.
- استهلاك الماء سنويا يتراوح بين ٥-٢٠ مليون متر مكعب. وقد قدرت الشركة تكاليف مشروع متكامل لاستغلال الصخر الزيت بأسعار عام ١٩٨٦ فكانت ٦٢٨ مليون دينار أردنيا. وقد أوردت الشركة المردود السنوي التالي للمشروع
- إنتاج ١٥,١ مليون برميل بترول سنويا. وهو استهلاك الأردن في أواسط الثمانينات
- ١٣٨,٦ مليون دينار أردنيا كثمن للبترول المستخرج (سعر البرميل ٩,٢ دينار/برميل). لاحظ أن سعر برميل البترول متغير وبالتالي يكون المردود.
- ٤٥,٥ مليون دينار كثمن للكبريت المستخلص (سعر طن الكبريت ٤٨,٧ دينار)
- لم يحدد التقرير كمية الكهرباء على الرغم من إمكانية حسابها من الإنتاج اليومي.

بقي أن نذكر أن الصخر الزيتي يمكن أن يحرق مباشرة لإنتاج الطاقة اللازمة لتوليد الكهرباء تماما كما يستعمل الفحم الحجري. ولم أجد بيانات عن الجدوى الاقتصادية لهذا الاستعمال وإن كنت من بين المدافعين عن تقطيره واستخراج البترول منه.

والخلاصة في الصخر الزيتي أن لدى الأردن احتياطيًا ضخما من هذه المادة التي لا تختلف عن مثيلاتها المستغلة عالميا. وأن كمية البترول فيها تكفي الأردن مئات السنين. المشكلة هي في أن حكومات الأردن المتعاقبة لم تعمل شيئا تجاه اقتحام تقانة استخراج الزيت من الصخر الزيتي.

٣,٥,٧ البترول والغاز الطبيعي

يوجد البترول أو الغاز أو كليهما معا في منطقة معينة إذا توفرت عدة شروط في جوف هذه المنطقة.

- صخور المصدر وهي صخور رسوبية حاملة لنسبة من المادة العضوية لا تقل عن ٠,٥% من الصخر. وكلما زادت النسبة كان الناتج البترولي أكبر.
 - أن يدفن صخر المصدر دفنا عميقا كافيا لرفع درجة الحرارة الجوفية إلى ٧٠-١٠٠ درجة مئوية تكفي لإنضاج المادة العضوية وإخراج البترول منها.
 - صخور خازنة ذات مسامية مناسبة لتجميع البترول المهاجر إليها.
 - ثم صخور تحتضن هذه الصخور الخازنة بحيث تحجز البترول فيها فلا يخرج إلى سطح الأرض ويضيع. وهذه هي المصائد البترولية.
- ليس من شك في أن صخر المصدر هو الأكثر أهمية من بين جميع الشروط الأخرى. فإذا دلت الدراسات الجيولوجية على عدم وجود صخر مولد للبترول في منطقة معينة فلا قيمة

للتنقيب عن النفط في تلك المنطقة حتى لو وجدت جميع الشروط الأخرى. ومن ثم فلا غرابة أن يكون بئر صويلح وبئر الصفرا (٤٠ كم جنوب شرق عمان) جافين. ولا غرابة أن تحفر دولة العدو الصهيوني قرابة ٤٠٠ بئرا في النقب تكاد تكون جميعها جافة.

١,٣,٥,٧ سياق تاريخي

كانت الأردن (وفلسطين) منطقة بحث وتنقيب عن البترول منذ أوائل القرن العشرين. وقد ارتبط ذلك بالمطامع الصهيونية في المنطقة حيث لم تكن حدود فلسطين الحالية محددة. وقد جاء الجيولوجيون اليهود لتحديد الأماكن التي تتوافر فيها الثروات المعدنية والمياه والبترول أكثر من غيرها. ومن ثم فليس غريبا أن يكون جميع النقب وجنوب غرب البحر الميت والجليل وإصبعه من نصيب اليهود في تقسيم ١٩٤٧ (أنظر Ball and Ball 1953 و Picard 1956 والمراجع المذكورة فيهما).

بدأ البحث الفعلي عن البترول في الأردن عام ١٩٤٧ بواسطة شركة بترول شرق الأردن Transjordan Petroleum (Morton and Nasr ، Wetzel 1947 ، Nasr 1949) 1947

وفي نهاية الخمسينات من القرن العشرين قامت شركة Pauley Oil Exploration وشركة Phillips Exploration (١٩٥٦-١٩٦١) بحفر ٦ آبار هي آبار الصفرا-١ وحلحول-١ وصويلح-١ ووادي الأردن-١ واللسان-١. أنظر جدول ٢٥,٧. ثم قامت شركة Mecom Oil بحفر ثلاثة آبار جميعها في الضفة الغربية (١٩٦٦-١٩٦٤) كما يوضح الجدول. ثم حفرت سلطة المصادر الطبيعية ثلاثة آبار (١٩٧٢-١٩٦٧) وفي الفترة نفسها كانت شركة إينا اليوغوسلافية تحفر ٤ آبار في وادي السرحان -١ ووادي راجل-١ ووادي الغدق-١ ووادي الهزيم-١ كما هو موضح في الجدول المرفق. وحفرت شركة Total الفرنسية ١٩٧٨ بئرا في الرمثا وعادت الشركة اليوغوسلافية ١٩٨٢ لتحفر بئر وادي راجل-٢ قرب البئر الأول.

جدول ٢٥,٧

موجز بأسماء الآبار ومواقعها والتكاوين التي اخترقتها الآبار التي حفرت للبحث عن البترول في الأردن بنذر ١٩٧٤).

اسم البئر وموقعه	الشركة	العمق	الطبقات التي اخترقها	ملاحظات
Safr-1, 42 km SE عمان	Pauley	٢٥٨٢ م	مجموعات البلقاء وعجلون والكرب والجوراسي والترياسي والكمبري والسرمد	لم تلاحظ شواهد بترولية أو غازية
Ramallah-1	Olexon	٣١٦٨,٥ م	مجموعات عجلون والكرب والجوراسي والترياسي	شواهد بترولية وغازية قليلة
Halhul-1	Phillips	١٨٣٣ م	مجموعات عجلون والكرب والجوراسي	شواهد بترولية وغازية قليلة على عمق ٨٠٠ م
Suweileh-1 ٢٠ كم شمال غرب عمان	Pauley	٢٣٢٩	مجموعات الكرب والجوراسي والترياسي والباليزوي	بعض الشواهد
Jordan Valley-1 شمال غرب سويمه	Pauley	١٠٩٨	اللسان وأصدم وعجلون والكرب والجوراسي	لا شواهد
Lisan-1 Lisan-NRA	Phillips NRA	٣٧٧٢ ١٣٥٤	اللسان وأصدم	بعض روائح بترولية
White Pigeon-1	Mecom	٣٨٠٠		تعميق لبئر حلحول
Mar Saba-1 12 كم جنوب شرق القدس	Mecom	١٤١٧	عجلون والكرب والجوراسي	لا شواهد
Azzun-1 20 جنوب غرب نابلس	Mecom	١٦٥٠	كريتاسي أعلى وكرب وجوراسي	

W. Gadaf-1 WG-1	INA	٣٠٨١	بلقاء وعجلون وسيلوري	
W. Rajil-1 WR-1	INA	٣٠٦٧	بلقاء وعجلون	آثار على ٢٤٢٨ م
Wadi Sirhan WS-1	INA	١٨٠٠	بلقاء وعجلون والكرنب والسيلوري	آثار بعد ١١٩٠ م
W. Hazim WH-1	INA	١٦٨١	بلقاء وعجلون والكرنب والجوراسي والترياسي	
Ramtha S-90	NRA	٢١٩١	بلقاء وعجلون والكرنب والجوراسي والترياسي	آثار بعد ١٦٧٠ م
KH-1 خالدية-١	NRA	١٣٢٣	عجلون والكرنب والجوراسي والترياسي	لا شواهد
Ghor Safi-1	NRA	٢٧٨٣	اللسان والرواهص	لم يخترق تكوين أصدم، لا شواهد
الرمثا	Total	٣٧٠٠	عجلون والكرنب والجوراسي والترياسي وبرمي	لا شواهد

ثم أخذت مديرية البترول في سلطة المصادر الطبيعية على عاتقها عملية التنقيب عن البترول في عقد الثمانينات من القرن العشرين وبدايات التسعينات. فابتاعت حفارة وقامت منفردة أو بالتعاون مع الغير في حفر عدد كبير من الآبار تجدها في جدول ٢٦,٧ الذي يحدد سنة حفر البئر واسمه وعمقه والتكوين الأدنى الذي وصل إليه الحفر. أما موقع البئر فتجدها في شكل ٦,٧. وقد أدى هذا البرنامج إلى اكتشاف البترول في الأردن لأول مرة في حقل حمزة. ومن منا لا يذكر صورة تدفق البترول والنار التي خرجت من بئر حمزة-٣. ثم اكتشف الغاز في حقل الريشة قريبا من حدود العراق.

وفي أواسط التسعينات من القرن الماضي أنشأت الدولة شركة البترول الوطنية NPC. وهي مملوكة كلية للدولة ولكنها تعمل بنظام الشركات. وأعطيت امتياز حقل غاز الريشة. وجل عملها الآن هو تطوير هذا الحقل وزيادة كمية الغاز المستخرج وذلك بالحفر الأفقي وتكسير الطبقات الحاملة للغاز لزيادة مساميتها. حيث تدني المسامية أو انعدامه هي المشكلة في هذه المنطقة.

جدول ٢٦,٧
بيانات عن آبار البترول التي حفرت في الأردن (أندروز ١٩٩١ و ١٩٩٢)

اسم البئر	رمزه	الشركة والسنة	ارتفاع سطح الأرض م	عمقه المخترق	التكوين الأدنى
عدلة-١	AD-1	AMO 1988	607.8	1782.8	الكرنب
عجلون-١	AJ-1	NRA 1991	1147.1	3796.5	ما قبل الكمبري
أزرق-١	AZ-1	UN 1962	516.2	1299.0	الكرنب
الرمثا-١A	ER-1A	TOT 1978	603.9	2754.0	البرمي
تقاطع إربدالرمثا	S90	NRA 1969	578.8	2194.0	أعلى الترياسي
ضاحكية-١	GH-1	NRA 1983	529.4	4433.0	الديسي
فلوق-١	F-1	NRA 1991	580.7	2667.0	سالب
طاقة حرارية	GTZ-2D	NRA 1987	210.0	1313.3	سالب
طاقة حرارية	GTZ-3D	NRA 1987	-270.0	1100.0	سالب
زيت ثقيل-١	HO-1	NRA 1986	542.3	1568.5	تكوين حمزة في وادي راجل
زيت ثقيل-٢	HO-2	NRA 1986	547.1	3364.0	مجموعة الرمثا/وادي راجل
الجفر-١	JF-1	JHO 1989	870.8	4074.8	غرانيت القاعدة
الجفر-٢	JF-2	NRA 1990	850.3	1303.0	دبيدب
حمزة-١	HZ-1	NRA 1983	٥٦٤,٥	٣٢١٦,٥	مجموعة الرمثا

حمزة-٢	NRA 1984	٥٧١,٠	٣٢٥٧,٠	الكرنب
حكة-٣	NRA 1985	٥٦٢,١	٣٢٦٢,٠	أسفل مجموعة عجلون
حمزة-٤	NRA 1985	555.4	3984.0	ديبب
حمزة-٥	NRA 1985	٥٥٠,٩	٣٣١٠,٠	الكرنب
حمزة-٦	NRA 1985	٥٤٩,٦	٣١٦٥,٠	الكرنب
حمزة-٧	NRA 1985	٥٤٨,٥	٢٩٠٠,٠	الكرنب
حمزة-٨	NRA 1985	٥٦١,٦	٣٥٩٥,٠	الكرنب
حمزة-٩	NRA 1985	٥٦٥,٠	٣٥٨٠,٠	الكرنب
حمزة-١٠	NRA 1985	٥٦٧,٢	٣١٩٩,٠	الكرنب
حمزة-١١	NRA 1985	٥٧٥,٠	٣٥٠٠,٠	الكرنب
حمزة-١٢	NRA 1986	٥٥٧,٧	٣٠٨٤,٠	الكرنب
حمزة-١٣	NRA 1985	565.2	3551.0	ديبب
حمزة-١٤	NRA 1986	٥٥٨,٠	٣٣٠١,٠	الكرنب
حمزة-١٥	NRA 1986	٥٦١,٠	٣٢١٤,٠	الكرنب
حمزة-١٦	NRA 1987	٥٤٤,٢	٣١٦١,٠	الكرنب
الجفر-١	JHO 1989	870.8	4047.8	غرانيت
الجفر-٢	NRA 1990	٨٥٠,٣	١٣٠٣,٠	ديبب
وادي الأردن-١	PLY 1959	-283.0	1098.0	مجموعة العزب
خالدية-١	NRA 1970	607.2	1333.3	أسفل الترياسي
اللسان-١	PLY 1960	-324.0	3672.0	أصدم
اللسان	NRA 1967	-362.0	١٣٤٦,٠	أصدم
قطار العبد-١	FEG 1990	943.0	2560.0	سفل الترياسي
مرتفعات الشمال-١	NRA 1986	609.8	4017.0	السرمدج
مرتفعات الشمال-٢	NRA 1987	514.4	3722.5	الديسي
ريشة-١	NRA 1983	672.0	3177.0	ديبب
ريشة-٢	NRA 1984	633.4	3314.0	الديسي
ريشة-٣	NRA-1986	852.9	4200.0	الديسي
ريشة-٤	NRA 1987	863.6	3515.0	ديبب
ريشة-٥	NRA 1987	854.9	٣٢٥٢,٠	ديبب
ريشة-٦	NRA 1987	846.2	3010.0	ديبب
ريشة-٧	NRA 1987	٨٥٠,١	٢٦٨٢,٠	ديبب
ريشة-٨	NRA 1988	849.9	3097.0	ديبب
ريشة-٩	NRA 1988	849.6	2720.0	ديبب
ريشة-١٠	NRA 1988	843.1	2779.5	ديبب
ريشة-١١	NRA 1988	725.9	3208.0	ديبب
ريشة-١٢	NRA 1988	٨٥٧,٩	٢٧٣٣,٠	ديبب
ريشة-١٣	NRA 1988	٨٥٥,٦	٢٧٣٢,٥	ديبب
ريشة-١٤	NRA 1988	٨٣٤,٤	٣٣٢٣,٠	ديبب
ريشة-١٥	NRA 1989	٨١٣,٥	٢٧٠٣,٠	ديبب
ريشة-١٦	NRA 1989	٨٥٩,٣	٢٧١٤,٠	ديبب
ريشة-١٧	NRA 1989	٧٩٠,٠	١٧٤٩,٠	ديبب
ريشة-١٨	NRA 1990	٨٧٤,٣	٢٧٥٠,٠	عضو بئر/المدورة
ريشة-١٩	NRA 1990	٦٩٤,٤	٣٥٧٠,٠	الديسي
ريشة-٢٣	NRA 1991	912.5	3339.0	ديبب
بئر طريقي-١	NRA 1975	620.0	1407.0	مجموعة الرمثا/قرب التابلاين
سميكا-١	WAJ 1989	755.0	890.0	تكوين أسخيم
سواقة-١	NRA 1991	580.1	1850.0	ديبب
صفرا-١	PLY 1957	748.3	2582.0	سرموج القاعدة
صويلح-١	PLY 1959	634.3	2329.0	سالب
وادي الغدف-١	INA 1969	577.7	3081.0	أروفيشي

وادي الغدق-٢	WG-2	NRA 1983	568.1	3740.0	سالب
وادي الهزيم-١	WH-1	INA 1971	530.6	1861.0	باليوزوي
وادي راجل-١	WR-1	INA 1970	545.1	3076.0	الكرب
وادي راجل-٢	WR-2	NRA 1981	550.2	3510.0	ديبب؟
وادي راجل-٣	WR-3	NRA 1983	545.6	2810.0	الكرب
وادي راجل-٤	WR-4	NRA 1982	530.1	3103.0	ديبب؟
وادي سرحان-١	WR-1	INA 1971	565.0	1800.0	ديبب
وادي سرحان-٢	WR-2	NRA 1984	609.0	٣٣٣١,٠	الديسي
وادي سرحان-٣	WR-3	NRA 1986	882.6	4580.0	بركانيات؟
وادي سرحان-٤	WR-4	NRA 1988	٦٢٧,٧	١٧٨٨,٠	ديبب
وادي سرحان-٥	WR-5	NRA 1988	٦٣٤,٢	١٥٤٢,٠	ديبب
وادي سرحان-٦	WR-6	NRA 1989	٦٣٣,٨	١٥٣٠,٠	ديبب
وادي سرحان-٧	WR-7	NRA 1989	٦٢٦,٩	١٥٢٥,٥	ديبب
وادي سرحان-٨	WR-8	NRA 1989	٦٤٠,٣	١٥٨٢,٠	ديبب
وادي سرحان-٩	WR-9	NRA 1989	٦٨٢,٢	١٦٩٦,٥	ديبب
وادي سرحان-١٠	WR-10	NRA 1989	٥٩٥,٥	٤٢٩٣,٠	سالب
وادي سرحان-١١	WR-11	NRA 1989	٦٣١,٨	١٦٦٠,٠	ديبب
وادي سرحان-١٢	WR-12	NRA 1989	٦٣١,٣	١٧٠٠,٠	ديبب
وادي سرحان-١٣	WR-13	NRA 1989	٦٢٢,٣	١٦٥١,٥	ديبب
وادي سرحان-١٤	WR-14	NRA 1989	٥٩٥,٣	٢١٨١,٠	ديبب

٢,٣,٥,٧ صخور المصدر Source rocks

وهي الصخور الحاملة للمادة العضوية (٠,٥ % أو يزيد) بما يكفي لتوليد البترول في حالة وصولها إلى النضج oil window. ولما كنا قد عرضنا بالتفصيل في الفصول السابقة للتكوين الجيولوجية المكونة للعمود الطبقي في الأردن، فإن من السهل تحديد تلك التكوين التي يمكن أن تكون صخورا مولدا للبترول.

في حقبة الباليوزوي:

يوجد في هذه الحقبة ثلاث تكوين هي من الأقدم:

- **البرج من الكمبري الأوسط.** بيئته بحرية غير أننا لم نجد تكتيفا لهذا التكوين فيه نسبة مرتفعة من المادة العضوية. ولكننا لا نلغي احتمال وجوده تحت السطح خاصة نحو أقصى الشمال والشرق على الرغم من ضعف ذلك.
- **تكوين الحسوة من الأروفيشي.** جزؤه الأوسط حامل للغاباتوليت ومكون من الغضار. مما يدل على ترسيب من مياه بحرية مفتوحة highstand. وعلى الرغم من أن تكتيفاته في جنوب الأردن غير حاملة للمادة العضوية بشكل واضح، إلا أننا نعتقد بأن احتمال وجودها فيه نحو الشمال والشرق هي احتمالات قوية. ذلك لأن حوض الباليوزوي هو نحو أقصى شرق الأردن (الريشة) وغرب العراق حيث يمثل هذا التكوين في الحوض المقطع المكثف condensed section وبالتالي الحامل للمادة العضوية hot shale.
- **عضو البترا من تكوين المدورة من قاعدة السيلوري.** جميعه تقريبا حامل للغاباتوليت عدا بدايته السفلى. وقد ذكر أندروز (١٩٩١) وجود ٦% من المادة العضوية في هذا التكوين في أقصى شرق الأردن. وهو ما يسمى hot shale لدى العاملين في البترول. وهو أفضل صخور المصدر في حقبة الباليوزوي في الأردن والعراق والسعودية والخليج وإيران.

ولسوء الحظ فقد أصاب الحت المصاحب للحركة الهرسينية التي حدثت في أواسط العصر الكربوني تكويني الحسوة وعضو البترا في معظم أرجاء الأردن عدا جنوبه الشرقي (وادي السرحان) وأقصى شرقه (الريشة). وقد فصلنا الحديث في ذلك في الفصل الثاني. وليس من المستبعد أن يكون غاز الريشة من هذا الأصل. وبناء على ذلك فمن غير الممكن أن يوجد بترول باليوزوي الأصل في حوض البحر الميت - غور الأردن - وادي عربة. أو في شمال الأردن أو وسطه. والسبب ببساطة هو عدم وجود تكوين الحسوة وعضو البترا في هذه الأماكن جميعها.

في حقبة الميزوزوي والسينوزوي:

لا نعتقد بوجود تكاوين تشكل صخوراً مولدة للبترول في عصور الترياسي والجوراسي والكريتاسي الأسفل. وعلى الرغم من ذلك نذكر أن العضو الأعلى من تكوين عراق الأمير من الترياسي يمكن أن يكون حاملاً للمادة العضوية نحو مركز الحوض. سمكه ١٦ م ومكون من الغضار الرمادي الذي يبدو أنه ترسب في بيئة بحرية أعمق مما سبقه (مخلف وآخرون ١٩٩٦). كما أن الجزء السفلي من تكوين حمام من الجوراسي سمكه ٨ أمتار ومكون من الغضار الحامل للبتيومين والعنبر وغيره. على أي حال، فإن صخور الجوراسي والترياسي في الأردن بعيدة عن مركز حوض الترسيب الذي يوجد نحو الشمال والغرب. ثم إن رسوبيات كلا العصرين تتناقص في سماكتها نحو الشرق وتصبح أقرب إلى الترسيب القريب من الشاطئ. وبالتالي فإن حظ هذين المستويين ليكونا صخوراً مولدة للبترول في الأردن حظ ضعيف.

أما الكربن فهو أقل حظاً لكثرة الرسوبيات الرملية النهرية فيه. وعلى الرغم من وجود مستوى من الغضار الأسود الحامل للعنبر والمواد العضوية النباتية الراقية إلا أنه موجود في شمال غرب الأردن فقط. مثل هذا المستوى وغيره أصبحت في لبنان فحماً حجرية. ومن ثم فالمادة العضوية قارية مكونة من النباتات الراقية التي تحتاج إلى عمق دفن لإنضاجها أكبر من مثيلتها المادة العضوية البحرية.

أما مجموعة عجلون فلم يسجل وجود تكوين حامل للمادة العضوية من بين تكاوينها الخمسة. غير أن بعض مستويات الغضار المعادلة طبقياً لتكوين الفحيص وجدت سوداء حاملة للمادة العضوية. ففي وادي الموجب مثلاً يوجد قرابة ١٢ م من الغضار الأسود تقع مباشرة فوق تكوين ناعور. وقد وجد بها المستحاثات البلاكتونية وفي مواقعها مواد بتيومينية سوداء. مثل هذا المستوى غير موجود في شمال الأردن.

تبقى مجموعة البلقاء حيث خضع الرف القاري لبحر التيش فيها إلى التيارات الباردة الصاعدة الجالبة للغذاء. مما أدى إلى ترسيب الفوسفات والصوان والصخر الزيتي. هذه الصخور الثلاثة حاملة للمادة العضوية بنسب مختلفة. فمثلاً فوسفات لواء الكورة سجل فيه مادة عضوية بحرية بنسبة ٦% (عابد والأغا ١٩٨٩). وفي أماكن كثيرة من الأردن كان الحجر الجيري والمارل في تكوين عمان أسوداً بسبب ارتفاع نسبة المادة العضوية فيها. أنظر عابد والعاروري ١٩٩٤ للتعرف على نسبة المادة العضوية وأنواعها في الفوسفات. غير أن أفضلها في هذا السياق هو الصخر الزيتي في أدنى تكوين الموقر حيث تصل نسبة المادة العضوية إلى ٣٠%. وقد تحدثنا عن نسبة المادة العضوية في الصخر الزيتي في العنوان السابق. ولا نشك في أن الصخر الزيتي يشكل صخوراً مصدراً ممتازاً للبترول.

٣,٣,٥,٧ احتمالات وجود البترول في الأردن

قلنا سابقاً أنه حتى يتشكل البترول في منطقة ما لا بد من وجود صخور المصدر في تلك المنطقة وأن تكون هذه الصخور قد دفنت دفناً عميقاً كافياً لإنضاج المادة العضوية وتحويلها إلى بترول. عمق الدفن في العادة يتراوح بين ٣٠٠٠-٤٥٠٠ م حسب نوع المادة العضوية

بحرية كانت أم قارية. قد تحدثنا قبل قليل عن المستويات الطبقيّة التي يمكن أن تكون صخوراً مولدة للبترول. ومن معرفتنا بجيولوجية الأردن كما شرحناها في الفصول السابقة يمكن أن نتحدث عن المناطق التي يحتمل أن يكون البترول قد تشكل فيها. أنظر شكل ٧،٧ الذي يوضح احتمالات البترول في الأردن.

بترول الباليوزوي

قلنا أن التكاوين المحتمل أن تكون صخوراً مولدة للبترول من حقبة الباليوزوي هي حسب أهميتها: عضو بئرا من تكوين المدورة من السيلوري الأسفل ثم تكوين الحسوة من الأردوفيشي ثم تكوين البرج من الكمبري الأوسط. وقد ذكرنا في الفصل الثاني كيف أزال الحث في أثناء الحركة الهرسينية أجزاء من تتابع الباليوزوي تتزايد باتجاه غرب الأردن. ومن ثم فإن تكوين الحسوة وعضو البئرا قد أزيلاً من جميع الأردن عدا أقصى جنوبه (تكتشفات الباليوزوي المدروسة في الفصل الثاني) وأقصى جنوبه الشرقي في وادي السرحان وأقصى شرقه في الريشة. وبالتالي فإن من العبث البحث عن البترول الباليوزوي في شمال الأردن ووسطه وجنوبه وغربه. ومن ذلك منطقة البحر الميت أيضاً. ذلك لأنه لا توجد صخور المصدر الباليوزوية في هذه المناطق. أما تكوين البرج فغير حامل للمادة العضوية في منطقة البحر الميت كما تشهد بذلك تكتشفاته في المنطقة. إذن ينحصر حديثنا في هذا الباب في منطقتي وادي السرحان والريشة. وقد وجدت نزازات بترولية في أكثر من بئر في وادي السرحان. وما زال البحث جارياً في هذه المنطقة على الرغم من ضعف الاحتمال. فالمنطقة كانت وقت الترسيب أكثر قرباً إلى القارة منها إلى الحوض الرسوبي. وبالتالي لم تحمل الصخور المولدة قدرًا جيداً من المادة العضوية كالذي نعرفه في الريشة.

أما منطقة الريشة فقد أصبح عضو البئرا سميكا جداً (قاربة ١٥٠٠ م) وبه مستويان غنيان بالمادة العضوية التي بلغت ٦%. وبالتالي لا نستغرب أن يكون البترول قد تشكل في المنطقة من هذه الصخور. ويبدو أن الممال الحراري الأرضي كان عالياً بحيث وصلت المادة إلى مرحلة تكون الغاز الجاف أي الذي لا يرافقه البترول (أكثر من ٢٠٠ درجة مئوية). دل على ذلك وجود معادن تشير إلى وصول الصخور الرملية من الأردوفيشي الأسفل إلى مرحلة التحول منخفض الدرجة very low grade metamorphism. ويبدو أن غاز الريشة هو من هذا المصدر بحيث تشكل تحت هذه الظروف. ولا يفوتنا قبل أن نترك هذا العنوان من أن نذكر أن أكثر من بليون برميل من البترول قد اكتشفت في غرب العراق في بئر عكاس-١ Akkas-1 الذي يقع على بعد قاربة ٤٠ كم جنوب نهر الفرات بعد عبوره الأراضي العراقية. أو على بعد قاربة ٣٠٠ كم شمال شرق الحدود العراقية الأردنية. مصدر البترول صخور الباليوزوي (إبراهيم ٢٠٠٠).

بترول الميزوزوي والسينوزوي

يبدو أنه لا توجد في هاتين الحقتين صخور مولدة للبترول سوى الصخر الزيتي. يعيب الصخر الزيتي قربته من سطح العمود الطبقي الأردني. ومن ثم فإن المادة العضوية لم تدفن دفناً عميقاً ولم تنضج في أي مكان من الأردن عدا حوض البحر الميت على الأرجح. ففي حوضي الأزرق والجفر وكذلك في شمال الأردن لا يزيد الغطاء الرسوبي فوقها عن بضعة مئات من الأمتار قد تصل إلى الألف متر أو يزيد قليلاً في حوض الأزرق. ولكنها أقل كثيراً من ٣٠٠٠ م أو نحو ذلك من الغطاء الرسوبي الذي نحتاجه لإيصال درجة حرارتها إلى مرحلة النضج وتوليد البترول على اعتبار أن الممال الحراري الأرضي عادي ويساوي ٣٠ درجة مئوية لكل كيلومتر واحد من الغطاء الرسوبي. أما سبب عدم وجود الغطاء الرسوبي السميكة فوق الصخر الزيتي فهو نهوض المنطقة منذ الإيوسين الأعلى بحيث

خرج البحر من المنطقة في نهايات هذا العصر. وتوقف الترسيب وساد الرفع والحت كإرهاصات أولى لتكون صدع البحر الميت في أواسط الميوسين. فخسرنا تكون البترول من هذا المصدر وعوضنا بدلا منه بثرورات البحر الميت المعدنية كما أشرنا إلى ذلك في حينه. ومن ثم فمن العبث البحث عن بترول الصخر الزيتي في أي مكان من الأردن عدا منطقة البحر الميت. نضيف إلى ذلك منطقة حرات الشام البركانية التي يظن أن النشاط البركاني ربما رفع درجة حرارة الصخر إلى مرحلة توليد النفط. هذه المنطقة أيضا تستحق أن تختبر.

احتمالات البترول في حوض البحر الميت

منذ ١٩١٢ تحدث بلانكنهورن ثم تبعه خلق كثير عن احتمال وجود البترول في حوض البحر الميت. دل على ذلك

- وجود الأسفلت وغيره من المواد البترولية في رسوبيات الكثير من الأودية على جانبي البحر الميت مثل أودية عسال والذراع والخزرة وأكثر من ذلك أودية جنوب غرب البحر الميت. حتى إن صخور وادي الموجب يمكن أن يشم البترول الخفيف فيها عند كسرها.
- كتل الأسفلت الضخمة التي كانت تخرج إلى سطح مياه البحر الميت. وآخر كتلة كانت سنة ١٩٣٢ (صورة).

هذه الشواهد المنشرة بكثرة قد شجعت كثيرا التنقيب عن البترول في هذا الحوض بحيث اعتقد بالوصول إلى بترول سهل العثور عليه. ومن ثم فقد قام الكيان الصهيوني بحفر أول بئر هناك (مزال-١) عام ١٩٥٣ على بعد ١٦ كم جنوب غرب البحر الميت. ثم حفرت الأردن بئر اللسان-١ عام ١٩٥٦. وكلاهما جافان. ومنذ ذلك الوقت حفر الكيان الصهيوني ٢٠ بئرا بينما حفرت الأردن ٤-٥ آبار لم يوجد في أي منها بترول تجاري. وإن كانت الكيان الصهيوني قد وجد ثلاثة حقول غاز جاف صغيرة في المرتفعات الواقعة غرب البحر الميت (شكل ٨,٧). ثم إن الكثير من هذه الآبار وجد به شواهد بترولية كالأسفلت أو الزيت الخفيف أو الزيت والغاز. وسنحاول في الأسطر التالية إلقاء بعض الضوء على الوضع البترولي لحوض البحر الميت.

ليس في حوض البحر الميت صخور مصدر باليوزوية. كما أن مجموعة الرمثا الترياسية ومجموعتي الكربن وعجلون من الكريتاسي لا يوجد بها صخور مصدر في منطقة البحر الميت. بقي الصخر الزيتي من مجموعة البلقاء. هذه المعلومات مأخوذة من جيولوجية المنطقة الجبلية المطلة على البحر الميت من الشرق. غير أننا نعلم أن البحر الميت يقع ضمن صفيحة فلسطين-سیناء أي غربي صدع البحر الميت التحويلي. ومن ثم فإننا نتوقع أن توجد صخور البيرمي والترياسي والجوراسي كما هي موصوفة في النقب في فلسطين. أما بقية التتابع في مجموعتي عجلون والبقاء فلا يختلف كثيرا بين شرق الصدع وغربه. نضيف إلى ذلك أن صخور البيرمي والترياسي والجوراسي في النقب لا يوجد بها صخور مصدر. لم يبق إذن غير الصخر الزيتي. وعلى الرغم من أنه لم يخترق في أي بئر حفرت في شرقي البحر الميت، إلا أن جميع الجيولوجيين يعتقدون بوجوده تحت غطاء سميك من الرسوبيات الفتاتية (تكوين ضانا) والرسوبيات الملحية (تكوين أصدم) ثم الرسوبيات الفتاتية والكيماوية الأحدث. إلا أنه اخترق في عدد من الآبار المحفورة غربي البحر الميت. أنظر شكل ٩,٧ الذي يمثل مقطعا طبقيًا في الأطراف الغربية للبحر الميت. لا حظ وجود الصخر الزيتي على عمق قرابة ٣٣٠٠ م. وهو عمق جيد لوضع المادة العضوية للصخر الزيتي في مرحلة توليد البترول oil window.

لا نعلم الكثير عن عمق الصخر الزيتي في الأطراف الشرقية للبحر الميت. فلم يخترقها بئر. أما في وسط البحر الميت فالقياسات الجيوفيزيائية تتحدث عن ١٠ كم أو أكثر من الرسوبيات فوق صخور القاعدة. ومن ثم فمن السهل تحديد سمك الرسوبيات فوق الصخر

الزيتي. فإذا كان مجموع سماكات التكاوين الرسوبية التي تقع تحت الصخر الزيتي هي ٢٥٠٠-٣٠٠٠ م، فإن ذلك يعني أن الصخر الزيتي في وسط البحر الميت يعلوه قرابة ٧٠٠٠ م من الرسوبيات. وهو سمك كبير جدا يجعل المادة العضوية في الصخر الزيتي أكثر من ناضجة أي أنها في مرحلة تكون الغاز الجاف وليس البترول (شكل ١٠،٧). نخلص من كل ذلك إلى

- دلت الدراسات على أن الأسفلت في رسوبيات الأودية والطافي على سطح البحر الميت مكون من مواد بترولية غير ناضجة (Clapp 1936). ويبدو أنها قد تشكلت من الصخر الزيتي إما في مرحلة مبكرة قبل أن يكون دفن دفنا عميقا. أو من مواقع جانبية لا يزال الصخر الزيتي فيها على عمق ضحل نسبيا.
- يتوقع أن يكون الصخر الزيتي في أطراف البحر الميت قد وصل مرحلة توليد البترول ذلك لأن سمك الرسوبيات فوقه هي في حدود توليد البترول.
- أما في وسط البحر الميت فإن من المتوقع أن يكون وصل إلى مرحلة الغاز الجاف وذلك بسبب وجود سماكات كبيرة من الرسوبيات فوقه. ويبدو أن غاز حقول الغاز الثلاثة في المرتفعات الجبلية غربي البحر الميت هو من هذا الغاز. فهل تكون مرتفعتنا الشرقية مشابهة في احتمال وجود الغاز أو النفط فيها؟
- حوض البحر الميت شديد التعقيد جيولوجيا بسبب وجود التكتونية النشطة المصاحبة لصدع البحر الميت التحويلي وتكتونية الملح وعمليات الترسيب المصاحبة للصدوع وغيرها. ومن ثم فإنه ينبغي أن توجد المصائد البترولية المتنوعة فيه. أنظر شكل ١٠،٧. غير أن المشكلة هي أن ما نملكه في الأردن من علم الجيولوجيا لا يكفي لتحديدها.
- لما كان الصخر الزيتي موجودا في حوض البحر الميت، وقد دفن دفنا عميقا خاصة في أجزائه الوسطى، فإن كمية من البترول تتراوح بين ٨-١٠ بليون برميل بترول قد تولدت في نصفه الجنوبي الممتدة بين شمال جزيرة اللسان وحتى صدع خنزيرة إلى الجنوب منه قرابة ٢٠ م. أما النصف الشمالي فمياهه عميقة نسبيا وتحتاج إلى جهد أكبر كثيرا (Gardosh et al., 1997).

المراجع

- بدران، إبراهيم وشاكر مقبل وعبدالقادر عابد . ١٩٨٦. الطاقة في الأردن. دار الفرقان، عمان. ٢٩٠ صفحة.
- خوري، هاني. ١٩٨٩. المعادن والصخور الصناعية في الأردن. منشورات الجامعة الأردنية. ٢٤٠ صفحة.
- سلطة المصادر الطبيعية. ١٩٩٩. دراسات تحليلية لقطاع التعدين. ١١٤ صفحة.
- عابد، عبد القادر. ١٩٨٢. جيولوجيا الأردن. مكتبة النهضة الإسلامية، عمان. ٢٣٢ صفحة.
- عابد، عبد القادر، ١٩٨٥. جيولوجيا البحر الميت. دار الأرقم. عمان. ٢٣٢ صفحة.
- عابد ، عبد القادر وصايل وشاحي، ١٩٩٩. جيولوجية فلسطين. مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين. رام الله. ٤٦١ صفحة.

Abed, A. M., 1978. Depositional environments of the Kurnub (ower Cretaceous): 1-A coal horizon at the lowermost Kurnub in northern Jordan. *Dirasta*, 5, 31-44.

*Abed, A. M., 1982. On the hydrocarbons of some Jordanian oilshales. *Dirasat*, 9, 63-78.

- Abed, A. M., 1989. On the genesis of the phosphorite-chert association in the Amman Formation in Tel es Sur area, Ruseifa, Jordan. *Science Geologie Bulletin, Strasbourg* 42, 141-153.
- Abed, A. M., Al-Hawari, Z., Sadaqah, R., and Abu Murry, O., 1992a. The red phosphorite of Esh Shidiya, SE Jordan. *Geology of the Arab World*, Cairo University, p. 489-506.
- Abed, A. M., 1994. Shallow marine phosphorite-chert-palygorskite association, Late Cretaceous, Amman Formation, Jordan. In *Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic* (eds Iijima, A., Abed, A. M. & Garrison, R.), pp.205-324 (VSP, Zeist, Netherlands).
- Abed, A. M., 1998. The geology and mineral genesis of the Taba inland sabkha, southern Dead Sea transform, SW Jordan. In: *Quaternary Deserts and Climatic Changes*, Eds. Al-Sharhan, A., Glennie, K. and Kendall, C. Balkema Bookfield. P. 71-87.
- Abed, A. M. and Amireh, B., 1983. Petrography and geochemistry of some oil shales from north Jordan. *Jour. Petrol. Geol.*, 5, 261-274.
- Abed, A. M. & El-Hiyai, M., 1986. Depositional environments and paleogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west-central Jordan. *Sed. Geol.*, 47, 109-123.
- Abed, A. M. & Ashour, M., 1987. Petrography and age determination of the NW Jordan phosphorite. *Dirasat* (Research journal of the University of Jordan) 14, 247-263.
- Abed, A. M. & Al-Agha, M. R., 1989. Petrography, geochemistry and origin of the NW Jordan phosphorite. *Journal of the Geological Society, London* 146, 499-506.
- Abed, A. N., Al-Sbaeay, I. and Khbeis, S., 1990. The Dead Sea: A recent survey of its waters.. *Proc. 3rd Jord. Geol. Conf.*, p. 446-472.
- Abed, A. M. & Kraishan, G. M., 1991. Evidence for shallow marine origin of a "Monterey Formation type" chert-phosphorite-dolomite association: Amman Formation, Late Cretaceous, Central Jordan. *Facies* 24, 25-38.
- Abed, A. M., 1992. Geology and sepiolite formation in the Taba continental sabkha, southern Dead Sea-Araba Rift, Jordan. *Dirasat*, 18B, 41-65.
- Abed A. M., & Al-Aroui, Kh. R., 1994. Organic geochemistry of central Jordan Upper Cretaceous phosphorites: Phosphogenesis and source rock. *2nd Int. Conf. Geology of The Arab World, Cairo*. 321-338.
- Abed, A. M. and Omari, K., 1994. Role of industrial rocks and minerals in the development of Jordan. In: *Industrial Minerals in Developing Countries*. Eds, S.J. Mathers and A.J. Notholt, British Geological Survey / Association of Geoscientists for International Development, 18, p. 18-192.
- Abed, A. M. & Abdalla, R., 1998. On the state of weathering of red phosphorites from Eshidiya, southern Jordan. *Journal of African Earth Sciences* (in press).
- Abed. A. M. & Sadaqah. R., 1998. Role of oyster bioherms in the deposition and accumulation of high-grade phosphorites in central Jordan. *Jour. Sed. Research*. 68, 1009-1020.
- Abed. A. M. & Amireh, B. S., 1999. Sedimentology, geochemistry, economic potential and paleogeography of an Upper Cretaceous phosphorite belt in the southeastern desert of Jordan. *Cretaceous Research*, 20, 119-133.
- Abu Ajamieh, M. , 1974. Uranium in the Jordanian phosphates. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Abu Ajamieh, M. M., 1989. *Mineral Resources of Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 149p.
- Abu Ajamieh, M., Bender, F. and Eicher, R., 1988. *Natural Resources in Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 224p.
- *Amireh, B. S., 1999. The Early Cretaceous Kurnub Group of Jordan: Subdivision, characterization and depositional environment development. *N. Jh. Geol. Palaont. Mh.*, , 289-300.
- Amireh, B. S. & Abed, A. M., 2000. Depositional environments of the Kurnub Group (Early Cretaceous) in northern Jordan. *Jour. African Earth Sci.*, 29, 449-465.

- Andrews, I., 1991. Palaeozoic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. *NRA, Subsurface Geology Bul.*, 2, 75p.
- Andrews I. J., 1992. Permian, Triassic and Jurassic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. *NRA, Subsurface Geol. Bull.*, 4, 60p.
- Andrews, I., 1992. Cretaceous and Paleogene lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. *NRA, Subsurface Geology Bull.*, 5, 60p.
- Ball, M. A. and Ball, D., 1953. Oil prospects in Israel. *AAPG Bull.*, 37, 1-113.
- Bandel, K. and Haddadin, A., 1979. The depositional environments of the amber-bearing rocks in Jordan. *Dirasat*, 6, 39-65.
- Beerbaum, B., 1977. Die Genese der marl-sedimentären Phosphatlagerstätte von Al Hasa (Westliche Zentral Jordanien). *Geologisches Jahrbuch*, 24, 58 pp.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Brontraeger, Berlin, 119pp.
- Bender, F., 1968. *Geologie von Jordanie*. Brontraeger, Berlin.
- Blake, G., 1936. *The stratigraphy of Palestine and its building stones*. Printing and Stationary Office, Jerusalem. 128p
- Blake, G. and Ionides, M., 1939. Report on the Water resources of Transjordan and their development incorporating a report on geology, soils, minerals and hydrogeological conclusions. Crown Agents for the Colonies, London. 372p.
- Blanckenhorn, M., 1912. *Naturwissenschaftliche Studien am Toten Meer und im Jordantal*. Friedlande, Berlin, 478p.
- Boom, Van en, and Lahloub, M., 1962. The iron ore deposits of Warda in southern Ajlun District. Unpubl. NRA report, Amman.
- Bullen, W., Nimry, F., Akour, M., Abu Laila, H. and Saudi, A., 1996. Primary and secondary gold mineralization in Wadi Abu Khusheiba, southern Jordan: Initial prospecting results. Unpubl. Report, Geochemistry Division, NRA, Jordan. 19p.
- BRGM, 1975. Wadi Araba copper project. Unpubl. Reports. 6 volumes, NRA, Amman.
- Burdon, D. J., 1959. Handbook of the geology of Jordan, Hashemite Kingdom of Jordan. 61p.
- Clapp, F. G., 1936. Geology and bitumens in the Dead Sea area, Palestine and Transjordan. *AAPG Bull.*, 20, 881-909.
- Dwiri, H., 1988. Generation of zeolite from alteration of basalt glass from Jebel Aritain volcano. *3rd Jord. Geol. Conf.*, Abstract, p. 30.
- El-Hiari, M. and Abed, A. M., 1986. Distribution and geology of the gypsum horizon in west central Jordan. *Proc. 2nd Jord. Geol. Conf.*, 369-419.
- Eusebius, 1870. *Oomastica sacra*. Ed. De la Garde, Gottingae.
- Faraj, B., 1988. Palygorskite and its possible economic value in Azraq Basin. NRA Internal Report, 13p.
- Gardosh, M., Kashai, E., Salhov, S., Shulman, H. and Tannenbaum, E., 1997. Hydrocarbon exploration in the southern Dead Sea area. In: *The Dead Sea*. Eds T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. Gat. Oxford University Press, New York. p.57-72.
- Gold, O., 1964. The Wadi Araba copper exploration, Jordan. Unpubl. Report, NRA, Jordan.
- Hufnagel, H., 1985. Oilshales in Jordan. *Natural Resources and Development*, Hanover, 22, 46-62.
- Hull, E., 1886. Memoire of the geology and geography of Palestine, survey of western Palestine. London.
- Hbrahim, M. W., 2000. Hydrocarbon exploration potential of western Iraq, with references to the Akkas discovery. 23p.
- Ketzinai, 1972. Uranium source, production and demand in Israel. *United Nation/International Atomic Energy*, 8, 113-120.
- Khalid, H., 1980. Petrography, mineralogy and geochemistry of Esh-Shidya phosphorites. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Khalid, H. and Abed, A. M., 1981, Uranium in Esh-shidya phosphates. *Dirasat*, 8, 57-66.
- Khalid, H. & Abed, A. M., 1982. Petrography and geochemistry of Esh-shidiya phosphates. *Dirasat* (Research journal of the University of Jordan) 9, 81-102.

- Khoury, H., 1986. On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan. *Dirasat*, 13, 227-247.
- Khoury, H., 1986. The origin of tripoli in Jordan. *Sedimentary Geology*, 48, 223-235.
- Khoury, H., 1987. Tripolitization of chert in Jordan. *Sedimentary Geology*, 53, 315-320.
- Khoury, H. and El-Sakka, W., 1986. Mineralogical and characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan. *App. Clay. Sci.*, 1, 321-361.
- Khoury, H. and Khalil, K., 1986. Ghor Kabi clay deposits, Jordan. *Dirasat*, 13, 246-260.
- Lartet, L., 1869. Essai sur la geologie de la Palestine et des cotrees avoisinante, tellesque l'Egypte et l'Arabie, Comprenant les observations reueillies das le cours de l'expedition du Duc de Luynes a la Mer Morte. These, Victor Masson et fils, 109p.
- Lurgi and Klockner, 1986. Full fledged feasibility 50,000 bbl/dretorting complex El-Lajjun. Deomstration Plant Vol III. Unpubl. Report, NRA, Amman
- Lurgi and Klockner, 1988. Full fledged feasibility 50,000 bbl/dretorting complex El-Lajjun. Final Test Report, Phase II. Unpubl. Report, NRA, Amman
- Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1985. Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. *Dirasat*, 12, 125-124.
- Mikbel, Sh. Saffarini, G. and El-Isa, Z., 1985. New iron occurrences west of Amman, Jordan. *Dirasat*, 12, 112-124.
- Musil, A., 1907. Arabia Petraea, Wien.
- Neev, E. and Emery, K., 1967. The Dead Sea: Depositional processes and environments of evaporites. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 41: 147p.
- Neev, E. and Emery, K., 1995. *The destruction of Sodom, Gomorrah, and Jericho*. New York, Oxford University Press, 175pp.
- Nimry, F., Akour, M., Abu Laila, H. and Saudi, A., 1995. Follow-up investigation of the anomaly ARAGRO-1. *Unpubl. Report*, NRA, Amman, Jordan.
- Nimry, Y., 1973. The copper and manganese prospects of Wadi Araba. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Nimry, Y. and Haddadin, M., 1970. Glass sand in Ras En-Naqb. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Omari, K., 1986. Construction materials and industrial rocks in Jordan. *Symposium on the Construction Materials and Industrial Rocks in the Arab World*. Rabat, Morocco, p. 1-52.
- Phoenix Corp., 1980. A comprehensive airborne magnetic and radiation survey of the Hashemite Kingdom of Jordan. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Picard, L., 1965. The geological evolution of the Quaternary in the central-northern Jordan graben. *Am. Geol. Soc. Special Papers*, 84, 337-366.
- Picard, L. and Baida, U., 1966. Geological report on the Lower Pleistocene deposits of the Ubeidiya excavations. *Proc. Israel Acad. Sci. Hum. (Sci. Sect.)*, 4, 1-39.
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral resources of the (former) Transjordan. *Colonial Geol. Miner. Res.*, 2, 85-115. London.
- Quennell, A. M., 1958. The structures and geomorphic evolution of the Dead Sea rift. *Geological Society of London Quarterly Journal*, 14: 1-24.
- Roosch, H. and Saadi, T., 1973. Type of phosphate rocks and their chemical and petrological characterization. *Technical Report DPI/UN Jordan 70 – 521/2*. The United Nations.
- Sadaqah, R. Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1986. Geology and new phosphatic deposits of Wadi El-Abiad are, central Jordan. *Proc. 2nd Jord. Geol. Conf.*, 136-168.
- Seltrust, 1983, 1985. The performance of pilot plant: test work and cottage plant feasibility study on Wadi Araba copper ore. Phase I, II. Unpubl. Reports, NRA, Amman.
- Shadfan, H. and Dixon, J., 1984. Occurrences of palygorskite in soils and rocks of the Jordan Valley. *Developments in Sedimentology*, 37, 187-199.
- Speers, G. C., 1969. El-Lajjun oil shale deposits, Jordan. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Wetzel, R., 1947. Stratigraphic sections of Jordan Valley and Dead Sea. Unpubl. Rep. *Petroleum Develop.*, (Transjordan) Paris.

- Wetzel, R. and Morton, D. M., 1959. Contribution a la geologie de la Transjordan. *Notes et Memoires de la Moyen Orient*, 7, 95-191.
- Wiersma, J., 1970. Provenance, genesis and paleogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks in the Jordan Valley area.

الفصل الثامن

المياه والبيئة

HYDROLOGY & THE ENVIRONMENT

٨. المياه والبيئة

يعنى هذا الفصل بدراسة مصادر المياه في الأردن السطحية منها والجوفية. وما اعترى بعضها من استنزاف أو عدم استعمال أو تملح أو تدن في نوعيتها. وسيجري التركيز على

حوض نهر الأردن وحقوق الأردن في مياهه. وسنعرض أيضا إلى ميزان المياه في الأردن من حيث العرض والطلب أي علاقة المصادر المائية باستعمالات المياه. وسنخرج على بعض الآراء المقترحة لحل مشكلة نقص المياه في الأردن.

المياه السطحية هي مياه الأمطار وما ينشأ عنها من فيضانات. يضاف إلى ذلك مياه الجريان الدائم في الأودية والينابيع. ثم مياه السدود والحفائر وما شابهها. وعلى الرغم من العلاقة الوثيقة بين المياه السطحية والمياه الجوفية وخاصة مياه الجريان الدائم والينابيع، إلا أن المياه الجوفية تختص بالمياه الموجودة في الخزانات الجوفية aquifers. نبدأ الحديث عن المياه السطحية ونتبعه بالمياه الجوفية.

١,٨ المياه السطحية Surface Water

١,١,٨ مناخ الأردن

يقع الأردن بين خطي عرض ١٥' ٣٠ - ٣٠' ٣٣ شمال وخطي طول ٣٥° - ٢٠' ٣٩ شرق. وتساوي مساحته ٩١٨٨٠ كم^٢. مناخ الأردن بشكل عام جاف إلى شبه جاف مع وجود مناخ شبه رطب في المناطق الجبلية الوسطى والشمالية. ويمكن وصف مناخ الأردن من خلال تقسيمه إلى أربع مناطق مناخية هي من الغرب (بندر ١٩٧٤، علي سعد ١٩٩٧). أنظر أيضا شكل ١,٨ وشكل ٢,٨ اللذين يوضحان توزيع المطر في شرقي البحر المتوسط والأردن :

- أ- منطقة الأغوار-البحر الميت وهي واقعة تحت مستوى سطح البحر بين -٢١٢ م قرب طبرية إلى -٤١٢ عند البحر الميت. يدخل ضمن هذه المنطقة المناطق الجبلية المطلة على الأغوار الواقعة تحت سطح البحر. مساحة المنطقة ٢٥٤٠ كم^٢. مناخها رطب دافئ شتاء وجاف حار صيفا. يتراوح معدل سقوط المطر فيها بين ٥٠ ملم في السنة عند البحر الميت ترتفع إلى ٤٠٠ ملم/سنة في أقصى شمال المنطقة.
- ب- قمم الجبال وسفوحها الغربية تقع هذه المنطقة بين مستوى سطح البحر وقمم الجبال أو نحو ذلك. مساحتها ٤١٠٠ كم^٢ تقريبا. ترتفع الجبال في هذه المنطقة حتى ١٨٠٠ م في منطقة الشوبك وأكثر قليلا من ١٢٠٠ م في الشمال. يتدرج مناخ هذه المنطقة من قريب لمناخ الأغوار في أجزائها السفلى الغربية إلى مناخ البحر المتوسط (بارد رطب شتاء ومعتدل جاف صيفا) في قمم الجبال وما جاورها. يتراوح معدل الهطل السنوي بين ١٠٠ ملم في الجنوب و ٦٠٠ ملم في الشمال. معدل درجة الحرارة القصوى ٣٨,٨ درجة مئوية بينما معدل الدنيا ٠,٥ درجة مئوية. هذه المنطقة هي الأكثر مطرا في الأردن. ومرد ذلك أن جبال الأردن الغربية أعلى من جبال فلسطين المقابلة، ومن ثم فهي قادرة على استمطار الغيوم القادمة من الغرب فوق جبال فلسطين. ثم إن تزايد المطر شمالا على الرغم من تدني ارتفاع الجبال يمكن أن يفسر بوجود درجتي خط عرض نحو الشمال عند عجلون مقارنة بالشوبك. وبالتالي تصلها منخفضات البحر المتوسط أكثر. نضيف إلى ذلك أن الأجزاء الجنوبية بعيدة شمالا عن تأثير الرياح الموسمية التي تجلب أمطار الصيف. تتميز هذه المنطقة المناخية بوجود غابات البلوط والسنديان والبطم وغيرها المميّزة لمناخ البحر المتوسط.
- ت- منطقة ظل الجبال أو المنطقة الانتقالية. تقع هذه المنطقة إلى الشرق من قمم الجبال الغربية وتمتد شرقا حتى خط الهطول السنوي ٣٠٠ ملم في الشمال و ٥٠ ملم في الجنوب. فهي انتقالية في صفات مناخها بين قمم الجبال المطيرة والصحراء في الشرق والجنوب. معدل درجة الحرارة القصوى فيها +٤٠ درجة مئوية بينما معدل درجة الحرارة الدنيا هو -١,٦٠ درجة مئوية. مساحتها ٨١٠٠ كم^٢ تقريبا.

ث- المنطقة الصحراوية. تمثل هذه المنطقة قرابة ٨٣% من مساحة المملكة أو ٧٣٧٦٠ كم^٢ تقريبا. وتشمل المناطق الشرقية (مثل الرويشد والحماة) والجنوبية الشرقية (مثل وادي السرحان وبابر) والجنوبية (مثل الشدية والمدورة والعقبة ووادي عربة). يقل معدل المطر السنوي عن ٢٠ ملم في الأجزاء الجنوبية إلى أقل من ١٥٠ ملم في الأجزاء الشرقية. مناخها صحراوي بارد جاف شتاء وحار جاف صيفا.

٢,١,٨ الأمطار

يمتد فصل الأمطار في الأردن بين بداية تشرين أول وبداية أيار من كل عام. غير أنه لا يتوقع هطول الأمطار بشكل جيد قبل شهر تشرين ثاني. وللمطر في هذا الشهر أهميته لأنه الوقت المناسب محليا لتهيئة الأرض للمحاصيل البعلية الشتوية كالقمح والشعير وأنواع البقوليات. وهو ما يطلق عليه محليا "الوسم الثرياوي" أي الذي يحدث عندما تكون الثريا قد طلعت من الشرق وارتفعت. على أي حال، دل الرصد طويل المدى على عدم انتظام هطل المطر كمية وتوقيتا. فكميات المطر غير منتظمة من سنة لأخرى. كما أن مواعيد الهطل في السنة الواحدة غير منتظمة أيضا. فقد يكون أول فصل الأمطار جافا أو يتوقف المطر في أواسطه أو أواخره. وكذلك السنين التي قد تكون عجفاء أو مطيرة دون انتظام. وبرغم الرصد الطويل المدى فإن أحدا لا يستطيع أن يتنبأ بتوقيت الهطل ولا بكميته لسنة مقبلة.

محطات الرصد الجوي في المنطقة ليست جديدة. وقد تحدث Blake and Ionedes 1939 في هذا الموضوع بالتفصيل منذ عام ١٩٣٩ في كل من فلسطين والأردن. بدأت قيود الأمطار في القدس عام ١٨٤٦ بواسطة الإرسالية البريطانية. وفي الأردن بدأت محطة معان عام ١٩٠١ ولكن متقطعة. ثم محطة عمان التي بدأت ١٩٢٣ بواسطة سلاح الجو البريطاني وإن كان عام ١٩٣٧ هو البداية الفعلية. وبالتالي فإننا نملك قياسات تصل إلى ما يزيد عن الستين عاما.

ليس من السهل في كتاب كهذا أن ندخل تفاصيل الهطل السنوي وغيرها للعديد من المناطق مما لا تسمح به مساحة الكتاب. وبالتالي سنلجأ إلى التعميم.

١,٢,١,٨ كمية الهطل أو حجم الأمطار السنوي

يوضح الجدول ١,٨ الحجم الكلي للأمطار التي تهطل على الأردن في السنة منذ عام ١٩٣٧ (على سعد ١٩٩٧). يتضح من الجدول أن كمية هذه الأمطار تبلغ في المعدل طويل المدى (٦٣ عاما) ٨٥٠٠ مليون مترا مكعبا. وقد قدرت كمية الأمطار ٨٠٦٥ مليون م^٣ سنويا (Water Master Plan 1979). أما الشكل ٣,٨ فيوضح هذه المعلومات رسما.

عدد السنين الأعلى من المعدل ٢٤ (٤٠% تقريبا) ومعدل الهطل فيها ١٠٥٠٠ مليون متر مكعب تقريبا. أما عدد السنين التي تقل عن المعدل فهي ٣٠ سنة (٥٠% تقريبا) ومعدل الهطل فيها قرابة ٦٥٠٠ مليون متر مكعب تقريبا. وتوجد ٧ سنوات حول المعدل (١٠% تقريبا). وتستطيع أن تجد في جدول ٥,٨ معدل الهطل السنوي مقاسا بالمليمتر وحجم الهطل مقاسا بملايين الأمتار المكعبة للعديد من مناطق المملكة. ولو أمعنا النظر في كمية الهطل للسنين التي سبقت عام ١٩٦٧ والتي لحقته لأن عدد السنين في كل حالة ٣٠ سنة (جدول ٢,٨) لاتضح لنا وجود اتجاه عام نحو تناقص كمية الأمطار السنوية:

وعلى الرغم من بساطة الجدول ٢,٨ إلا أنه يوضح تغيرا حقيقيا لمدة غير قصيرة نسبيا وهي ٣٠ سنة في الحالتين. لاحظ أن عدد السنوات المطيرة كان يساوي تقريبا عدد السنوات قليلة المطر في النصف الأول من هذه السنين. ثم أصبح عد السنين المطيرة قرابة نصف

السنين قليلة المطر في نصفها الثاني. فهل هذا يعني أن الهطل بدأ يتناقص عموماً في المنطقة. من السهل أن يرد على هذا الذي ذكرنا بأن عدد السنين ما زال قليلاً، غير أن هذا الاتجاه في تناقص الأمطار حقيقي statistically significant ويحتاج إلى تفسير علمي من اختصاصيي علم المناخ.

جدول ١,٨

حجم الأمطار السنوية مقدرة بملايين الأمتار المكعبة منذ عام ١٩٣٧

السنة	حجم المطر	السنة	حجم المطر	السنة	حجم المطر
٣٨/٣٧	٩٩٧٩	٥٩/٥٨	٦٣٨٦	٨٠/٧٩	١٠٨٧٣
٣٩/٣٨	١٠٩٠٤	٦٠/٥٩	٣٩١٥	٨١/٨٠	٨٤٦٦
٤٠/٣٩	١٠٩٠٨	٦١/٦٠	٤٨٩٦	٨٢/٨١	٥٥٩٠
٤١/٤٠	٨٣٢٠	٦٢/٦١	٧٤٩٥	٨٣/٨٢	٩٢٠٤
٤٢/٤١	٩٧٩٣	٦٣/٦٢	٥٤٩٧	٨٤/٨٣	٥٤٠٧
٤٣/٤٢	١٠٩٢٦	٦٤/٥٣	١١٦٧٩	٨٥/٨٤	٧١٨٩
٤٤/٤٣	٨٩٤٣	٦٥/٦٤	١٠٨٥٧	٨٦/٨٥	٥٧٩١
٤٥/٤٤	١٣٤٠٣	٦٦/٦٥	٦٩٣٦	٨٧/٨٦	٧٦٥٠
٤٦/٤٥	٧٩٨٢	٦٧/٦٦	١٧٧٩٧	٨٨/٨٧	١٢٢٦٢
٤٧/٤٦	٤٨,٦	٦٨/٦٧	٨٤٢١	٨٩/٨٨	١٠٢٠٥
٤٨/٤٧	٦٩٨٠	٦٩/٦٨	٥٨٤٢	٩٠/٨٩	٧٦٠٩
٤٩/٤٨	٩٦٦٨	٧٠/٦٩	٥٥٤٣	٩١/٩٠	٨٣٧٩
٥٠/٤٩	١٠٢٣٧	٧١/٧٠	١٠٠٠٦	٩٢/٩١	١٠٤٢٩
٥١/٥٠	٥٥٢١	٧٢/٧١	١١٥٦٣	٩٣/٩٢	٥٨٩٨
٥٢/٥١	١١٦٢٧	٧٣/٧٢	٤٥٣٦	٩٤/٩٣	٨٤٤٣
٥٣/٥٢	٨٦٧٥	٧٤/٧٣	١١٨٩٦	٩٥/٩٤	٨٥٢٤
٥٤/٥٣	٨٥٠٤	٧٥/٧٤	٩٤٧٦	٩٦/٩٥	٥٨٧٢
٥٥/٥٤	٦٧٢٥	٧٦/٧٥	٧٥٥٦	٩٧/٩٦	
٥٦/٥٥	٨٥٥٣	٧٧/٧٦	٦٠٧٠	٩٨/٩٧	
٥٧/٥٦	٨٩٧٩	٧٨/٧٧	٥٨٨٦	٩٩/٩٨	
٥٨/٥٧	٤٨٥٥	٧٨	٨٩١٢	٩٩	
		٧٩		٢٠٠	

المعدل ٨٥١٦ مليون م٣ سنوياً

جدول ٢,٨

إحصائية بدائية لحجم الهطل السنوي في السنوات الستين الماضية

١٩٦٦ - ١٩٩٦ = ٣٠ سنة			١٩٣٧ - ١٩٦٦ = ٣٠ سنة		
أعلى من المعدل	أدنى من المعدل	حول المعدل	أعلى من المعدل	أدنى من المعدل	حول المعدل
١٤	١٣	٣	٩	١٦	٥
٤٧%	٤٣%	١٠%	٣٠%	٥٣%	١٧%

المناطق الأكثر مطراً هي في الحزام شبه الرطب وشبه الجاف من المملكة على الرغم من صغر مساحتهما مقارنة بمساحة المملكة ككل. أنظر جدول ٣,٨ للتعرف على مساحة كل حزام مناخي ونسبة مساحته إلى المملكة. يتضح من هذا الجدول أن نسبة المساحة التي يزيد

ففيها معدل المطر السنوي عن ٢٠٠ ملم هي ٦,٣%. وقد وضعها آخرون ٨,٦% (غزاوي ودجاني ١٩٩٥). وهذا يعني أن قرابة ٩٣% من أراضي المملكة لا تصلح للزراعة البعلية.

جدول ٣,٨
توزيع معدل الأمطار حسب المساحة في الأردن

معدل الأمطار ونسبة المساحة				معدل الأمطار ونسبة المساحة ونسبة مساحته	
الحزام المطري	نسبة مساحته إلى المملكة %	الحزام المطري	نوع المناخ	مساحته كم ^٢	نسبته إلى المملكة %
٦٠٠-٧٠٠	٠,١٥	> ١٠٠	صحراوي	٦٤٣٥٠	٧١,٥
٥٠٠-٦٠٠	٠,٥٥	١٠٠-٢٠٠	جاف	١٩٩٨٠	٢٢,٢
٤٠٠-٥٠٠	١,٣٠	٢٠٠-٥٠٠	شبه جاف	٥٠٤٠	٥,٦
٣٠٠-٤٠٠	٢,١٠	< ٥٠٠	شبه رطب	٦٣٠	٠,٧
٢٠٠-٣٠٠	٢,٢٠				
١٠٠-٢٠٠	٢٢,٢٠				
٥٠-١٠٠	٣٠,٥٠				
٢٠-٥٠	٤١,٠٠				

٢,٢,١,٨ التبخر والنتح Evapotranspiration

قلنا في العنوان السابق أن معدل حجم الهطل السنوي هو ٨٥٠٠ مليون مترا مكعبا. وليت هذه الكمية الكبيرة من الماء تبقى في أرض الأردن. إذن لما احتجنا ماء لسنين طويلة قادمة. ولكن الأمر ليس كذلك. فعندما تهطل الأمطار فإن جزءا كبيرا جدا منها يرتد إلى الجو متبخرا. نضيف إليه ما يتبخر من التربة وسطح الأرض وبحيرات السدود والنتح من أوراق النبات. وقد قدر ما يفقد في عمليتي التبخر والنتح في معدله طويل المدى ٩٢,٢ % من مياه الأمطار الكلية (علي سعد ١٩٩٧). أي أن ما يبقى من ٨,٥ بليون م^٣ لا يزيد على ٧٦٠ مليون م^٣ سنويا. ويعتمد التبخر والنتح زيادة ونقصانا على عوامل عدة منها: درجة الحرارة والرطوبة والطاقة الشمسية وسرعة الرياح وانعكاسية السطح (ألبيدو) ونوع الغطاء النباتي وكثافته وفترة ديمومة المطر وخصائص الموقع.

٣,٢,١,٨ الجريان Runoff

يصاحب نزول المطر جريان جزء صغير منه فوق الأرض ليرفد الأودية القريبة من موقع الهطل. ويختلف معامل الجريان على عوامل عدة منها ما هو متعلق بالموقع مثل نوع الصخر والتربة ودرجة انحدار الموقع ونوع الغطاء النباتي وكثافته. ومنها ما هو متعلق بالهطل مثل شدة الهطل أو ضعفه وطول فترة الهطل وكذلك فترة استمراره. ومن ثم فإن كل منطقة لها معامل جريان خاص بها يجري تحديده عمليا في الدراسات التي تسبق إنشاء سد مثلا على أحد الأودية. أنظر جدول ٥,٨ للتعرف على معدل الجريان الفيضاني أو العاصفي حول الأودية الكبيرة في الأردن. ولاحظ تفاوته من منطقة لأخرى. ولا بد من التذكير أننا نتحدث هنا عن مياه الفيضان التي تعقب نزول الأمطار. أما الجريان الدائم في

الوادي فهو موضوع آخر نعرض إليه بعد قليل. وقد قدر علي سعد (١٩٩٧) معامل الجريان ٢,٤ % من المجموع الكلي للأمطار أو ما يساوي ٢٠٠ مليون م^٣ سنويا تقريبا.

٤,٢,١,٨ مياه الرش Infiltration

يغور جزء من مياه المطر في جوف الأرض من خلال التربة أو الصخر المتكشف في الموقع. ومن العوامل المؤثرة في مقدار مياه الرش نذكر نوع التربة والصخر في الموقع ومن ثم مساميته ونفوذيته وتضاريس الموقع والغطاء النباتي ثم فترة ديمومة الأمطار وشدتها. وعندما ترشح المياه إلى باطن الأرض فإنها تنضم إلى المياه الجوفية. ويبدو أن جزءا منها يخرج على شكل ينابيع أو على شكل جريان دائم في الوادي. وقد وضع علي سعد (١٩٩٧) نسبة الرش الكلي ٥,٤ % من إجمالي كمية الأمطار أي ما يعادل ٤٦٠ مليون م^٣ سنويا. من هذه النسبة ٢,٢ % (قاربة ١٨٥ مليون م^٣) تعود للخروج على شكل ينابيع أو جريان دائم. و ٣,٢ % ترفد المياه الجوفية بمقدار ٢٧٥ مليون م^٣ ماء سنويا. وهذا الرقم الأخير هو مقدار المياه المتجددة سنويا التي ترفد المياه الجوفية. الجدول ٤,٨ يوضح كمية مياه الأمطار الكلية وأجزائها المختلفة.

جدول ٤,٨

الأمطار الكلية ومياه التبخر والجريان والرشح

النسبة %	الأمطار الكلية	التبخر والنتج	الجريان	الرشح	
				جريان دائم	مياه جوفية
١٠٠	٩٢,٢	٢,٤	٢,٢	٣,٢	
الكمية م ^٣	٨٥٠٠	٧٧٤٠	٢٠٠	١٨٥	٢٧٥

٣,١,٨ مياه الجريان في الأودية Base flow of wadis

المياه التي تجري في الأودية نوعان: مياه الفيضان أي تلك التي تعقب نزول الأمطار بقليل. حيث يزداد الجريان في الوادي تدريجيا إلى أن يبلغ الجريان قمته ثم يبدأ بالتناقص من جديد بعد توقف المطر. والنوع الثاني مياه الجريان الدائم وهي المياه التي تكون موجودة في الوادي طوال العام صيفا شتاء. وهذا النوع الثاني مصدره مياه الأمطار التي رشحت إلى باطن الأرض وانضمت إلى المياه الجوفية ثم خرجت من جديد على شكل ينابيع تغذي الجريان الدائم أو جريان الأساس base flow. وليس بالضرورة أن مياه الأمطار الراشحة هذا العام هي التي تخرج لتغذية الجريان الدائم. غير أنه يمكن بسهولة ملاحظة تأثير السنوات العجفاء على تدني مستوى الجريان الدائم. وقد وضعنا في الجدول ٥,٨ الأودية الرئيسية في الأردن ومعدل الهطل السنوي بالملي متر والحجم الكلي للهطل بملايين الأمتار المكعبة ومعامل الجريان الفيضاني ثم الجريان الفيضاني الدائم والكلي. يمكن حساب الجريان الفيضاني من ضرب الحجم الكلي للهطل في معامل الجريان مقسومة على ١٠٠. أما الجريان الدائم فإنه يقاس بمقاييس الفيضان التي توضع على الأودية حيث يؤخذ معدل قراءات عدد من السنين لحساب المعدل الذي يزداد دقة وتمثيلا للواقع كلما ازداد عدد سنوات القياس. من هذا الجدول تستطيع أن تحسب كميات المياه المتاحة في ذلك الوادي أو ذلك الحوض أو تلك المنطقة. لاحظ أن الخطوط الأفقية الأربعة العليا في جدول ٥,٨ تمثل مناطق مائية رئيسية في الأردن. وتستطيع أن تجد في ثنايا الجدول مناطق أصغر كحوض الأزرق مثلا أو الجفر أو اليرموك جميعه أو نهر الزرقاء جميعه. وتستطيع أن تحسب أنت كمية الجريان الكلي مثلا في المنطقة التي تريد بالاستعانة بخريطة عليها الأودية التي تمثل تلك المنطقة.

جدول ٥,٨

معدل كمية الهطل والفيضان والجريان الدائم للأودية الرئيسية في الأردن مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا (Water Master Plan 1979)

اسم النهر أو الوادي	معدل كمية الأمطار		معامل الجريان فيضان %	الجريان		المجموع
	ملم/سنة	مليون متر مكعب		وقت الفيضان	الجريان الدائم	
منطقة شرق وادي الأردن	٤١٤٠	٦,١	٢٥٠	٣٥٧	٦٠٧	
حوض البحر الميت	١٤٠٦	٣,٦	٥٠	١٤١	١٩١	
حوض وادي عربة	٤٥١	٢,١	٩,٤	٢١,٦	٣١,٠	
الأحواض الصحراوية	٢٠٦٨	١,٤	٢٩,٢	٢٠,١	٤٩,٣	
اليرموك (العدسية)	٦١١	٥١٣	١٤,١	٧٢	٥٥	١٢٧
اليرموك (المقارن)	٣٣٥	١٩٩٤	٥,٥	١١٠	١٦٣	٢٧٣
اليرموك		٢٥٠٧	٧,٣	١٨٢	٢١٨	٤٠٠
وادي العرب	٤٦٧	١٢٤,٧	٥,٢	٦,٤٨	٢٤,٩٠	٣١,٣٨
وادي زقلاب	٤٩٤	٥٢,٤	٤,٢	٢,٢٠	٨,٣٠	١٠,٥٠
وادي جرم	٤٢٩	٩,٦	٢,٤	٠,٢٣	١١,٥٠	١١,٧٣
وادي اليابس	٥٢٥	٦٥,١	٢,٥	١,٦٣	٦,٢٠	٧,٨٣
وادي كفرنجة	٥٤٢	٦٠,٢	١,٧	١,٠٢	٥,٨٠	٦,٨٢
وادي راجب	٥١٥	٤٣,٨	٣,٠	١,٣١	٣,٠	٤,٣١
وادي شعيب	٣٩٨	٧٠,٨	٢,٥	١,٧٧	٨,٠	٩,٧٧
وادي الكفرين	٣٩٧	٧٥,٠	١,٨	١,٣٥	١٢,٠	١٣,٣٥
وادي حسيبان	٣١٢	١٨,١	١,٩	٠,٣٤	٦,٣	٦,٦٤
نهر الزرقاء (جسر جرش)	٢٧٧	٢٣٣	٦,٠	١٤,٠	١٤,٨	٢٨,٨
وادي المروج	٣٦٥	٩,٦	٤,٦	١,٤٥	٠	٠,٤٥
نهر الزرقاء (السخنة)	١٨١	٨٠,٥	٢,٢	١,٧٧	١٣,١	١٤,٨٧
وادي عبدون	٤٨١	٣١,٥	٩,٠	٢,٦٨	٠	٢,٦٨
نهر الزرقاء (عين غزال)	٣٤٤	٣٣,٦	١١,٠	٣,٧٠	٣,٦	٧,٣٠
وادي ضليل (جزء سوريا)	٢٦٠	٨٧,١	٦,٥	٥,٦٦	٠	٥,٦٦
وادي ضليل الجنوبي	١٤٧	٧٣,٥	٣,٤	٢,٥	٠	٢,٥
وادي ضليل الشمالي	١٧١	٢٢٣,٢	٣,٤	٧,٥٩	٠	٧,٥٩
وادي أم الدنانير	٤٩٩	١٩,٨	٦,٥	١,٢٩	١,٣	٢,٥٩
وادي السليحي	٤٠١	١٣,٠	٢,٧	٠,٣٥	٠,٦	٠,٩٥
نهر الزرقاء (دير علا)	٤٣٦	١١٠,٣	٦,٨	٧,٥٠	١٤,٨	٢٢,٣
حوض نهر الزرقاء		٩٣٦	٥,١	٤٦,٥٢	٤٨,٣	٩٤,٨٢
وادي زرقاء ماعين	٣٠٢	٨٢,١	٣,٦	٢,٩٦	٢٠,٠	٢٢,٩٦
وادي الموجب الأعلى	٢١٧	٣٠١,٦	٥,٠	١٥,٠٨	٨,٠	٢٣,٠٨
وادي الموجب الأسفل	٢٣٢	٣٧,١	٠,٤	٠,١٥	١٣,٠	١٣,١٥
وادي الوالة الأعلى	٢٦٩	٦٧,٥	٠,٨	٠,٥٤	١٥,٠	١٥,٥٤
وادي الوالة الأسفل	٢١٣	٣٨٣,٤	٤,٢	١٦,١٠	٥,١	٢١,٢٠
وادي القطرانة	٩٤	٢٤,٥	١,٧	٠,٤٢	-	٠,٤٢
وادي سلطاني	١٦٠	٨٠,٣	٤,٣	٣,٤٥	-	٣,٤٥
وادي سواقة	١١٧	٥٢,٦	٣,٥	١,٨٤	-	١,٨٤
وادي الكرك	٢٧٨	٥٢,٨	٦,٠	٣,١٧	١٥	١٨,١٧
وادي الحسا الأسفل	١٩٦	٧٠,٦	٣,٢	٢,٢٦	٣١,٩	٣٤,١٦
وادي غويبة	١٥٣	١٥,٣	٠,٩	٠,١٤	-	٠,١٤
وادي فيفا	٢٠٦	٣٣,٢	٣,٥	١,١٦	١٠,٠	١١,١٦
وادي خنيزيرة الأعلى	٢٣٤	٣٥,٦	٣,٣	١,١٨	٣,٠	٤,١٨
وادي ضحل	١٩٧	١٨,٩	١,٦	٠,٣٠	٠,٠٤	٠,٣٤
وادي فيدان	٢٣٥	٦٥,٨	٢,٠	١,٣٢	٤,١	٥,٤٢

وادي البويردة	٢١٣	٥٤,٣	٤,٥	٢,٤٤	٠,٨٠	٣,٢٤
وادي موسى الأسفل	١٧٠	١٥,٠	١,١	-	-	-
وادي حور الأسفل	١٠٩	٣,٤٠	٠,٦	٠,٠٢	-	٠,٠٢
وادي ضربة	٦٤	٧,٤٠	١,٣	٠,١١	-	٠,١١
وادي أبو برقة الأسفل	١٠٨	٧,٩	٠	-	٠,٠٦	٠,٠٦
وادي دلاغة	١٦٨	١٠,٦	٢,١	٠,٢٢	٠,٠٦	٠,٢٨
وادي راكية	١٢٨	٢٣,٣	٠,٤	٠,٠٩	٠,٢٠	٠,٢٩
وادي اليتيم	٧٢	٧٦,٢	٢,١	١,٤١	-	١,٤١
وادي الرمان	٩٥	١٣٤,٥	٢,٠	٢,٦٩	-	٢,٦٩
قاع الديسة	٤٥	٩١,٨	٢,٠	١,٨٤	-	١,٨٤
الأزرق	٩٠	١٠٤٣	١,٢	١٢,٥٢	١٥,١	٢٧,٦٢
الجفر	٥٦	٦٧١	١,٥	١٠,٠٧	٤,٩	١٤,٩٧
الدرة	٤٥	٢٠,٧٠	١,٥	٠,٣١	-	٠,٣١

الجريان وقت الفيضان (عمود ٤) = معدل كمية المطر (عمود ٢) X معامل الجريان (عمود ٣)/١٠٠

٤,١,٨ الأحواض المائية السطحية Surface water Basins

الحوض المائي السطحي هو أي منخفض من الأرض تتجمع فيه الأمطار الهائلة عليه والجداول والأنهار والأودية الجارية فيه. ويفصل عما يجاوره بخط الصرف water divide. قد يكون الحوض كبيراً كحوض البحر الميت التي تبلغ منطقة الرصد catchment له ٤٠٠٠٠ كم^٢ موجودة في لبنان وسوريا وفلسطين والأردن. وقد يكون صغيراً نسبياً كحوض الأزرق حيث مساحته ١١٥٨٨ كم^٢.

ثم إن الأحواض المائية السطحية قد تقسم إلى أحواض صغيرة تكون بمجموعها الحوض الكبير. ويجري التقسيم أيضاً تبعاً لخطوط الصرف بين هذه الأحواض الصغيرة. غير أن سبب التقسيم يكون في العادة لأغراض مدنية كإنشاء سد على ذلك الحوض الصغير أو سقيا مدينة أو ما إلى ذلك. ومن أمثلة تقسيم الأحواض الكبيرة إلى أحواض أصغر نذكر حوض البحر الميت الذي يقسم إلى عدد من الأحواض (التي في الأردن فقط) كحوض وادي الأردن وحوض اليرموك وحوض نهر الزرقاء وحوض البحر الميت نفسه وغيرها. ويمكن أن تقسم هذه الأحواض الصغيرة إلى أحواض أصغر كأن نقسم حوض وادي الأردن إلى أحواض الأودية التي ترفده وهي كثيرة. فلو أردنا إنشاء سد على نهر اليرموك مثلاً فإنه لن يأتي إلى هذا السد ماء إلا من نهر اليرموك. ومن ثم كانت دراسة هذا الحوض الجزئي.

يوجد في الأردن ٧ أحواض مائية سطحية مستقلة تماماً. وهي كما يلي مع بعض أحواضها المكونة لها (دون استقصاء بل كأمثلة لأن الأمر سيطول كثيراً). الشكل ٤,٨ يوضح الأحواض المائية السطحية المتعارف عليها في الأردن. للتعرف على كمية الجريان في هذه الأحواض الكبيرة والصغيرة وغيرها من المعلومات الهيدرولوجية أنظر جدول ٥,٨.

١. حوض البحر الميت

١,١ حوض وادي الأردن

٦٧٩٠ كم^٢

١,١,١ حوض اليرموك

٢٦٧ كم^٢

٢,١,١ حوض وادي العرب

٤٠٣١ كم^٢

٣,١,١ حوض نهر الزرقاء

٤,١,١ حوض وادي شعيب ... الخ

٢,١ حوض البحر الميت

٦٥٩٦ كم^٢

١,٢,١ حوض الموجب

٢٥٢٠ كم^٢

٢,٢,١ حوض الحسا

٢٩٣٨ كم^٢

٣,٢,١ حوض وادي عربة الشمالي ... الخ

١١٥٨٨ كم^٢

٢. حوض الأزرق

١٩٢٧١ كم^٢

٣. حوض الحماد

4. حوض السرحان ١٥١٥٥ كم^٢
5. حوض الجفر ١٢٢٠٧ كم^٢
6. حوض الصحراء الجنوبية ٤١٥٣ كم^٢
7. حوض وادي عربة الجنوبي ٥٧٢١ كم^٢

المساحة المذكورة مقابل كل حوض هي المساحة التي في الأردن فقط للأحواض المشتركة مع دول مجاورة. التفاصيل الكاملة موجودة في Water Master Plan 1979. فلو أخذنا حوض وادي عربة (الجنوبي الشمالي) ونظرنا إلى جدول ٥,٨ لوجدنا أن معدل الهطل السنوي يساوي ٤٥١ مليون م^٣ وأن معدل الجريان الكلي في هذا الحوض يساوي ٣١,٠ مليون م^٣ سنوياً. ونظراً لطبيعة التتابع الصخري الفتاتي والرملي المكون لوادي عربة وبسبب عدم استعمال المياه في هذا الحوض من الأردنيين إلا قليلاً فإن الجزء الأعظم من هذا الرقم الأخير أي ٣١,٠ مليون م^٣ يضاف إلى المياه الجوفية في وادي عربة. ويمكن القول أن كمية المياه المتجددة في وادي عربة التي ترفد المياه الجوفية هي من رتبة هذا الرقم. ويعتقد الكاتب (دون مرجع) أن الكيان الصهيوني يستغل مثل هذه الكمية من المياه الجوفية في وادي عربة جميعه بما في ذلك الجزء المستعاد المؤجر لهم. دل على ذلك ما جاء صراحة في اتفاقية السلام أنه يحق للكيان الصهيوني حفر آبار إضافية لضخ ما مجموعه ٩ مليون م^٣ من المياه. طبعاً مضافاً إلى ما يضحونه أصلاً. أي أنهم يستغلون فعلياً معظم مياه وادي عربة والتي تزيد قليلاً في اعتقادنا عما يعطيه الكيان الصهيوني للأردن من طبرية وهو ٢٠ مليون م^٣. نكتفي بهذا المثال. غير أننا سنفصل القول في حوض وادي الأردن لأنه الأكثر ماء والأكثر أهمية وبالتالي سنفرد له عنواناً خاصاً نبرز فيه حقوق الأردن المائية.

٥,١,٨ مصادر المياه في حوض وادي الأردن

طول نهر الأردن ٢٥٠ كم وينبع من سفوح جبل الشيخ على ارتفاع ٢٠٠٠ م فوق سطح البحر يسير جنوباً ليصب في بحيرة الحولة (جفت) على ارتفاع ٧٠ م فوق سطح البحر ثم إلى طبرية ٢١٢ م تحت سطح البحر ثم البحر الميت ٤١٢ م تحت سطح البحر. تقدر مساحة منطقة تغذية نهر الأردن ١٨٨٥٠ كم^٢. يعرف الجزء الشمالي من هذا الحوض الواقع شمال مخرج نهر الأردن من بحيرة طبرية بحوض الأردن الشمالي أو حوض الأردن الأعلى ومساحته ٢٧٢٧ كم^٢ وبه منابع الأردن الرئيسية. أما حوض وادي الأردن الجنوبي أو الأسفل فيقع بين طبرية والبحر الميت ومساحته ١٦١٣٣ كم^٢ وبه نهر اليرموك.

معدل سقوط المطر في الأجزاء العليا من الحوض الشمالي (إصبع الجليل وجبل الشيخ) يبلغ ١٤٠٠ ملم/سنة. مما يعني أن معظم مياه نهر الأردن آتية من هذه المناطق الشمالية. تجتمع ثلاثة أنهر لتكون نهر الأردن على بعد ٥ كم جنوب حدود فلسطين الشمالية في إصبع الجليل وهي:

- نهر الدان ويجري فيه ٢٧٠ مليون م^٣ سنوياً. وهو ينبع يخرج من الأراضي الفلسطينية.
 - نهر بانياس ويجري فيه ١٢٥ مليون م^٣ سنوياً. وهو ينبع يخرج من أراضي سوريا.
 - نهر الحاصباني ويجري فيه ١٢٥ مليون م^٣ سنوياً. ويتغذى من نبعين في لبنان هما حاصبيا والوزاني.
- ثم يرفده شمال طبرية نهر بريغيث وأودية أخرى أقل أهمية خاصة من الجولان السورية يجري فيها جميعها ١٤٠ مليون م^٣ سنوياً. أنظر شكل ٥,٨. فيكون مجموع ما يدخل بحيرة طبرية من نهر الأردن ٦٦٠ مليون م^٣ سنوياً.

يضاف إلى ذلك ٢٢٠ مليون ترفد بحيرة طبرية مباشرة و ٧٠ مليون م٣ سنوياً على شكل أمطار على سطح البحيرة. فيكون مجموع ما يرفد طبرية ٩٥٠ مليون م٣ سنوياً. نطرح من ذلك التبخر من سطح البحيرة الذي يساوي ٢٨٠ مليون م٣ سنوياً. فيبقى ٦٧٠ مليون م٣ سنوياً. وقد قدر على سعد كمية التبخر من سطح طبرية ٢٤٠ مليون م٣ بناء على التبخر من محطة الباقورة القريبة من طبرية. فإذا أخذنا بهذا الرقم يكون مجموع ما يرد طبرية سنوياً ٧١٠ مليون م٣. على أي حال، فهذه معدلات طويل المدى تتذبذب بين ٣٧٠-١١٥٠ مليون م٣ بين سني الجذب والسنين المطيرة. ثم إن الأرقام تختلف من باحث لآخر.

أما الحوض الجنوبي فهو أقل أمطاراً. إذ يكفي أن نذكر أنه عند النهاية الجنوبية في البحر الميت لا يزيد معدل الهطل عن ١٠٠ ملم/سنة. يبقى نهر اليرموك المصدر الأكثر غزارة في هذا الحوض حيث كان يجري فيه قبل تدخل البشر في الخمسينات ٤٨٠ مليون م٣ انخفضت إلى ٤٣٨ مليون م٣ عام ١٩٨٩. يضاف إلى ذلك ما تأتي به الأودية الجانبية من شرق نهر الأردن وغربه. ويمكن القول أن ٧٧ % من مياه نهر الأردن تنبع من الدول العربية و ٢٣ % من فلسطين المحتلة (سعيد ١٩٦٧). الجدول ٦,٨ يوضح مقادير الجريان في نهر الأردن في مواقع مختلفة من مجراه.

جدول ٦,٨

معدل الجريان السنوي بملايين الأمتار المكعبة في مواقع مختلفة من مجرى نهر الأردن

السنة	الأردن في طبرية *	اليرموك *	الأردن/جسر الحسين **	السنة	الأردن في طبرية *	اليرموك *	الأردن/جسر الحسين **
١٩٢٧	٩٤٨	٥٦٠		١٦٥٩	٦٥٥	٣٠٢	
٢٨	٦١٩	٢٧٠		٦٠	٥٨٩	٢٤٤	
٢٩	١٢٥٩	٨٧٠		٦١	٦٤٠	٢٨٩	
٣٠	٨٣٠	٣٨٥		٦٢	٧٥	٣٨٩	
٣١	٩٨٤	٦١١		٦٣	٨٨٢	٣٢٦	
٣٢	٦٥٤	٣٧١	٣٨٧	٦٤	٨٩١	٥٠٩	
٣٣	٤٣٩	٢٦١	٥٢٥	٦٥	٩٧٧	٥٨٥	
٣٤	٥٤٣	٣٢٨	١٣١٣	٦٦	٧٥٧	٣٩٢	
٣٥	١٠٠٩	٥٨٦	٦٥٢	٦٧	١١٦٥	٧٥٠	
٣٦	٥١٧	٢٨٤		٦٨	٩٥٠	٥٦١	
٣٧	٧٧٢	٧٩٠		٦٩	١٥٤٨	١٠٨٧	
٣٨	٩٢٨	٥٢٥		٧٠	٧٩٨	٤٢٨	
٣٩	٨٣٩	٤٥٩		٧١	٩٠٩	٥٢٦	
٤٠	٨٤٥	٤٤٧		٧٢	٦٣٠	٢٨٠	
٤١	٨٠٤	٤٣١		٧٣	٥٨٨	٢٤٤	
٤٢	٨٠٤	٤٠٢		٧٤	٨٢٩	٤٥٦	
٤٣	١٠٠٢	٥٦٨		٧٥	٦٤٦	٢٩٤	
٤٤	٧٩٣	٤٤٥		٧٦	٦٨٥	٣٢٩	
٤٥	١١٠٢	٧٣٣		٧٧	٧١٥	٣٥٦	
٤٦	٨٢٢	٣٦٦		٧٨	٧٥٥	٣٩٠	
٤٧	٧٤٠	٣١٨		٧٩	٥٣١	١٩٤	
٤٨	٨٣٠	٤١٠		٨٠	٩٤٢	٥٥٤	
٤٩	٩٣٥	٤٧٢		٨١	٧٨٩	٤٢٠	

٥٠	٩٥٥	٤١٣	٨٢	٦١٢	٢٦٤
٥١	٦٣٢	٢٥٧	٨٣	١٠٥٦	٦٦٣
٥٢	٩٥٩	٦٠٠	٨٤	٧٨٦	٤١٧
٥٣	٩٢٣	٥٠٦	٨٥	٨٠٤	٤٣٣
المعدل	٨٤٤,٤	٤٦٩	٨٦	٥٧٢	٢٢٩
٥٤	١٠٦٧	٦٦٤	٨٧	٧٧٢	٤٠٥
٥٥	٦٤٠	٢٨٩	٨٨	٧٦٣	٣٩٧
٥٦	٨٣١	٤٥٧	٨٩	٥٤٤	٢٠٥
٥٧	٧٢١	٣٦٠	المعدل	٨١٠	٤٣٨
١٩٥٨	٧٣٥	٣٧٣			

● من على سعد (١٩٩٧)، من Blake & Ionides (1939)

وقد وضع بلاك وأيونيدس معدل جريان نهر اليرموك عند التقائه بنهر الأردن ٤٨٠ مليون م^٣. وهو معدل السنوات. وهو قريب جدا من رقم ٤٦٩ في جدول ٦,٨ لفترة ١٩٢٧-١٩٥٣).

وقد ساق بلاك وأيونيدس (١٩٣٩) كميات مياه الجريان من بحيرة طبرية عند بوابة دجانيا على الرغم من تحفظه على صعوبة معادلة ذلك مع ما يرد إلى البحيرة من نهر الأردن الأعلى. وكانت قراءاته على النحو التالي ١٩٢٧-١٩٣٨ (٦٩٧، ٥٥٨، ٦٢٦، ٤٧٨، ٥٥٠، ٧٥٨، ٢٨٣، ٣٢٦، ٥٨٥، ٣٤٨، ٣٦٨، ٦٤١). غير أنه ذكر أخيرا وفي أكثر من موقع أن معدل الجريان هو ٨٤٠ مليون م^٣ سنويا. وهو قريب من الرقم في جدول ٦,٨.

١,٥,١,٨ ميزانية المياه لحوض الأردن

توجد صعوبة حقيقية في التعرف على كمية المياه التي تجري (الجريان الكلي) في نهر الأردن وجميع روافده قبل أن يتدخل البشر في ذلك. لأن الأصل أن يعرف معدل الجريان الكلي الحقيقي بعيدا عن المشاريع التي أنشئت عليه. ثم يجري البحث في كيفية توزيعها على الدول المشتركة في حوض النهر. أما أسباب الصعوبة فهي:

- وقوع مصادر المياه في حوض الأردن الشمالي في يد الكيان الصهيوني. حتى الحاصباني وبانياس معلوماتنا عن جريانهما مأخوذة من الكيان الصهيوني. ومن ثم فإن من السهل التشكيك في الأرقام التي يبرزها الكيان الصهيوني حول هذه المصادر.

- وجود مشاريع لاستغلال أجزاء من مياهه منذ بداية الثلاثينات من القرن العشرين. ومن ثم فإن القياسات التي أجريت لمعرفة كمية المياه الواردة لبحيرة طبرية أو الخارجة منها أو بالقرب من جسر الملك حسين (النبى) تتفاوت من باحث لآخر تبعا للسنين.

- عدم كفاية القياسات والدراسات التي أجريت قبل قيام الكيان الصهيوني. ثم إن هذه القياسات تأثرت ببعض المشاريع القديمة. فمثلا تقرير أيونيدس (١٩٣٩) يتحدث عن ١٣٠٠ مليون م^٣ من المياه هي في نظره القيمة المثلى لمعدل الجريان وكانت سنة ١٩٣٥. بينما يقول أن معدلات السنوات الثلاثة السابقة لا تمثل المعدل لتأثرها بالتدخل البشري. ومن ذلك أيضا الأرقام التي أوردها عابد (١٩٨٣ و ١٩٨٥) ومخير وحجازي (١٩٩٦) لأنها ناتجة عن قياسات متأثرة بمشاريع قائمة تستنفد جانبا من مياه الحوض. وهو غير جيد. كما أن الكثير من الدراسات تأثرت بالسيطرة البريطانية الصهيونية.

وعلى أي حال فإن في الجدول ٧,٨ محاولة لرصد مصادر المياه في حوض الأردن. ويبدو أنها جميعها متأثرة بشكل واضح بوجود مشاريع تستغل جزءا من مياه الحوض ولا تدخل في القياسات. مثالها استغلال أكثر من ١٠٠-١٥٠ مليون م^٣ من هذه المياه في حوض الحولة وشمال بحرية طبرية. وبالتالي يصعب أخذ الأرقام الصهيونية عن كميات المياه الواردة إلى طبرية أو الخارجة منها. قد يكون الجريان الكلي (دون تدخل البشر) الأقرب إلى الدقة هو ١٨٥٠ مليون م^٣ سنويا (Murakami 1995 صفحة ٧١ وإدوارد رزق ١٩٦٧). العمود الثالث في جدول ٧,٨ للباحث نفسه يوضح ذلك. ومن ثم كان يجب أن يؤخذ هذا الرقم في توزيع المياه على دول الحوض وليس رقم ١٣٠٠ مليون م^٣ الدارج الاستعمال حاليا. على أي حال، فإن جدول ٧,٨ يوضح ميزانية المياه في حوض الأردن تبعا للرؤية الصهيونية (عمود ١) ولاجتهاد من زميلنا على سعد (عمود ٢) وللباحث الياباني موراكامي (عمود ٣). لاحظ التفاوت الكبير بينها.

جدول ٧,٨

ملخص مصادر المياه في وادي الأردن مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

٣	٢	١	
٢٨٣-١٧٣)٢٤٥		٢٧٠	نهر الدان
١٢١(١٩٠-٦٣)		١٢٥	نهر بانياس
١٣٨(٢٣٦-٥٢)		١٢٥	نهر الحاصباني
١٤٠		١٤٠	روافد نهر الأردن شمال طبرية
٧٠		٢٢٠	روافد بحيرة طبرية نفسها
٦٥		٧٠	أمطار تهطل فوق طبرية نفسها
٧٧٩	٨٤٤	٩٥٠	مجموع حوض الأردن الأعلى
٤٠٠	٤٦٧	٤٥٠	نهر اليرموك
٥٢٣	٢٧٢	٢٠٠	أودية ترفد الأردن جنوب طبرية
٢٧٠	٢٤٠	٢٨٠	تبخر من سطح بحيرة طبرية
١٧٠٢	١٣٨٣	١٣٢٠	مجموع ما يجري في نهر الأردن

١) دراسة إسرائيلية مقدمة للبنك الدولي. (٢) علي سعد (١٩٩٧)
٣ Murakami (1995) الأقواس في العمود الثالث هي المدى range.

٢,٥,١,٨ مشاريع تقسيم مياه حوض الأردن

مشاريع تقسيم مياه حوض الأردن كثيرة. نذكر أسماءها وسنة كل منها ولمحة صغيرة عن كل منها. فالموضوع طويل. والحق العربي في المشاريع كلها مضيق على الرغم من أن بعضها أفضل من بعضها الآخر كما يتضح من جدول ٨,٨ الذي يلخص تقسيم المياه تبعا لأهم هذه المشاريع. ليس القصد هنا الاستقصاء ولكن ذكر أهم المشاريع.

مشاريع متعلقة بمياه حوض الأردن:

- اتفاقية ترسيم الحدود بين فرنسا وبريطانيا ١٩٢٢/١٩٢٣ حيث أوجدوا نتوء يمتد شمالا بين لبنان وسوريا ليسهل الاستيلاء على معظم روافد نهر الأردن الأعلى. وهو ما نعرفه اليوم بإصبع الجليل.
- مشروع روتنبرغ اليهودي الروسي الذي أقيمت بموجبه شركة أو محطة كهرباء روتنبرغ على نهر اليرموك عام ١٩٣٢ وبقيت عاملة حتى ١٩٤٨.
- مشروع لودرميلك Walter Clay Lowdermilk خبير التربة والري الأمريكي الذي كلف عام ١٩٣٨ بدراسة أوضاع التربة والري في فلسطين. وضع تقريره عام ١٩٣٩ ونشره في كتاب ١٩٤٤ Palestine, Land of Promise. يمثل هذا المشروع الأطماع الصهيونية في مياه المنطقة من مثل توحيد مياه حوض الأردن وجرها إلى النقب

وتحويل اللبطيني إلى فلسطين وإنشاء قناة البحرين المتوسط-الميت. وما زال الكيان الصهيوني يحلم بتطبيق هذا المشروع

- مشروع هيز وسفاج Hays and Savage ١٩٤٦ الذي لا يختلف كثيراً عن سابقه.
- مشروع مين ١٩٥٣. أنظر جدول ٨,٨ للتعرف على كيفية تقسيمه للمياه.
- مشروع جونستون الموحد ١٩٥٣-١٩٥٥. أنظر جدول ٨,٨ للتعرف على تقسيم المياه وفق خطته. التي فشلت.
- مشروع كونون ١٩٥٣ وهو مشروع يحمل وجه نظر الكيان الصهيوني تعديلاً على مشروع جونستون الأولي. أنظر جدول ٨,٨.
- المشروع العربي ١٩٥٤ الذي يشبه خطة جونستون إلى حد كبير. والفارق الرئيسي بينهما هو كمية الجريان الكلي في حوض الأردن. فهي ١٢٨٧ عند جونستون ١٤٢٧ في المشروع العربي.
- معاهدة السلام مع الأردن ١٩٩٤.

جدول ٨,٨

أهم مشاريع تقسيم المياه في حوض الأردن ونسب التقسيم لكل دولة بملايين الأمتار المكعبة

المشروع					حصة الدول المشتركة في حوض نهر الأردن				
					لبنان	سوريا	الأردن	إسرائيل	المجموع
مين					-	٤٥	٧٧٤	٣٩٤	١٢١٣
كونون					٤٥٠,٧	٣٠	٥٧٥	١٢٩٠	٢٣٤٥,٥
النسبة المشروع العربي الكمية					٢,٤ %	٩,٢ %	٦٨,٣ %	٢٠,١ %	
جونستون الموحدة					٣٥	١٣٢	٩٧٧	٢٨٥	١٤٢٩
النسبة					٢ %	٩ %	٥٠ %	٣٩ %	
الحاصباتي					٣٥	-	-	-	٣٥
بانياس					-	٢٠	-	-	٢٠
الأردن الرئيسي					-	٢٢	١٠٠	٣٧٥	٤٩٧
					-	٩٠	٣٧٧	٢٥	٤٩٢
اليرموك					-	-	٢٤٣	-	٢٤٣
جانب الوادي					-	-	-	-	-

مشروع كونون يتعامل مع ٢٣٤٥,٥ مليون م^٣ مكعب وهو أكبر مما في حوض الأردن لأنه ضم نهر اللبطيني إلى مشروعه. لاحظ أيضاً اختلاف المشاريع في المياه الجارية في حوض الأردن.

٣,٥,١,٨ معاهدة السلام مع الأردن ١٩٩٤

في معاهدة السلام جزء يتعلق بالمياه. وقبل الخوض في تفاصيل ما حصل عليه الأردن من ماء في هذه الاتفاقية نذكر القارئ بحصة الأردن في المشاريع السابقة التي أوردناها في جدول ٨,٨. ففي مشروع جونستون الموحد ١٩٥٥ كان نصيب الأردن من الجريان الكلي لحوض نهر الأردن هو ٥٠ % أو ما مجموعه ٧٢٠ مليون م^٣. كانت الضفة الغربية مع الأردن. وحتى لو قسمنا هذا الرقم بالتساوي بين الأردن والضفة الغربية لكان نصيب الأردن من مياه الحوض ٣٦٠ مليون م^٣ سنوياً في المعدل. أو ٢٥ % من مياه الحوض الكلية. مشروع مين يعطي الأردن (مع الضفة الغربية) ٧٧٤ مليون م^٣. وهو قريب مما ذهب إليه جونستون. أما مشروع كونون فهو صهيوني ولا يؤخذ به. ولن نتحدث عن المشروع العربي الذي يعطي الأردن (مع الضفة الغربية) ٦٨,٣ %. فهل حصلت الأردن

على ٢٥ % أو ٣٦٠ مليون م٣ في اتفاقية السلام؟. وهو الحد الأدنى التي ذهبت إليه المشاريع السابقة. أنظر جدول ٩,٨.

جدول ٩,٨

المياه في معاهدة السلام مع الأردن ١٩٩٤ مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا

الاردن	نهر الأردن أو طبرية	نهر اليرموك	وادي عربة
في الصيف ١٠/١٥-٥/١٥	لا شيء	الباقي	٩ ملايين +
الكيان الصهيوني	كامل التدفق	١٢	جميع ما كانت
الأردن	٢٠ من طبرية + ٢٠ تحت مصب اليرموك	الباقي	تضخه قبل ذلك من
الكيان الصهيوني	كامل التدفق	١٣	الأرض
الأردن	١٠ مألحة محلاة		المستعادة
سوريا*		٢٠٠<	

أضفنا سوريا إلى الجدول للتعرف على كمية الباقي من نهر اليرموك على الرغم من أن سوريا لم تكن طرفا في المعاهدة. فهي تخزن أكثر من ٢٠٠ مليون م٣ من مياه اليرموك في مجموعة من السدود التي أنشئت مؤخرا (بعد عام ١٩٨٧).

من استقراء الجدول ٩,٨ أو نصوص المعاهدة فإن الأردن تحصل على ما يلي:

- من نهر اليرموك باقي المياه بعد سوريا والكيان الصهيوني:
٤٠٠ (الجريان الكلي) - ٢٠٠ (سوريا على الأقل) - ٢٥ (الكيان الصهيوني) = ١٧٥

من نهر الأردن وطبرية:

- ٢٠ من طبرية في الصيف + ٢٠ من نهر الأردن بعد مصب اليرموك = ٤٠
يجب أن يذكر أن مياه الأردن بعد مصب اليرموك حتى في أوقات الفيضان أصبحت مألحة وملوثة. ويذكر القارئ ما عانت الأردن من مياه جنوب طبرية عند مخرج دجانيا صيف ١٩٩٨. فما بالك بمياه نهر الأردن نفسه جنوب ذلك؟. والخلاصة أن كمية المياه الفعلية التي يأخذها الأردن من نهر الأردن هي ٢٠ مليون م٣ سنويا.
- جريان الأودية من جبال الأردن الواقعة بين نهر اليرموك والبحر الميت. أنظر جدول ٥,٨ إذا أردت أن تحسبها بنفسك. مجموع ما يجري في هذه الأودية هو ١٨٣,٥ مليون م٣. هذا إذا أردنا أن نقيم سدا على كل واد من هذه الأودية الصغيرة. أما الواقع فإن مجموع سعة الاستيعاب للسدود المقامة على الأودية الرئيسية ١١٥ مليون م٣.

إن مجموع حصة الأردن من حوض نهر الأردن هي

$$١٧٥ (اليرموك) + ٢٠ (الأردن) + ١١٥ (الحافة الشرقية) = ٣١٠ مليون م٣ سنويا.$$

وهو كما ترى أقل بمقدار ٥٠ مليون م٣ عن مشروع جونسون ومشروع مين على اعتبار أن الجريان الكلي في وادي الأردن ١٣٠٠ مليون م٣. ولو استعملنا تقدير الجامعة العربية وهو ١٤٢٧ وأخذنا ٢٥ % منه حسب خطة جونسون لكان نصيب الأردن ٣٧٤. مما يعني أن ٦٤ مليون م٣ سنويا قد نقصت علينا في معاهدة السلام. أما إذا استعملنا المعدل ١٨٥٠ مليون م٣ الذي أورده Murakami 1995 كجريان كلي في حوض الوادي (دون تدخل البشر) ورصدنا ربعها للأردن حسب خطة جونسون فتكون حصة الأردن ٤٦٢ مليون م٣. مما يعني نقصا مقداره ١٥٠ مليون م٣ سنويا. والكتاب يميل إلى هذا الرقم الأخير. إذ من غير المعقول أن تكون حصة الأردن من نهر الأردن ٢٠ مليون م٣ سنويا فقط.

- والأنكى من ذلك كله أن الكيان الصهيوني قد أعطي في وادي عربة كمية من المياه الجوفية لا تقل عما أعطي الأردن من نهر الأردن أي ٢٠ مليون م٣. بل هي أكثر من ذلك. وتفصيل ذلك كما جاء في الفقرة IV (Article IV) من معاهدة السلام:

IV-1

- Some wells drilled and used by Israel along with their associated systems fall on the Jordanian side of the borders,
- These wells and systems are under Jordan's sovereignty,
- Israel shall retain the use of these wells and systems in the quantity and quality detailed in Appendix 1....
- Neither country shall take, nor cause to be taken, any measure that may appreciably reduce the yield or quality of these wells and systems.

Article IV-3

- Israel may increase the abstraction rate from wells and systems in Jordan by up to 9 MCM/yr above the yields referred to in paragraph 1 above, ...

هذا النص الحرفي من المعاهدة ينص بوضوح على " أن يبقى لإسرائيل حق استعمال الآبار وأنظمتها التي وقعت على الجانب الأردني في ترسيم الحدود بالكمية والنوعية التي يحددها ملحق رقم ١ . وأن لا يقوم أي من القطرين بأي أعمال في الحاضر أو المستقبل من شأنها أن تؤدي إلى نقص في الكمية أو تغيير في نوعيتها (المقصود هنا الأردن لأن المياه تأخذها إسرائيل). ويمكن لإسرائيل أن تضخ ٩ مليون م^٣ سنويا من الجانب الأردني زيادة على ما كانت تضخه".

لم أستطع أن أرى ملحق ١ من المعاهدة. ولما كانت الزيادة المسموح لإسرائيل بضخها من الجانب الأردني هي ٩ مليون م^٣ سنويا فإنه يمكن تقدير الضخ الكلي بأكثر من ٢٠ مليون م^٣ من الجانب الأردني. ناهيك عما تضخه من الجانب الغربي من وادي عربة. ولما كان إجمالي المياه المتجددة في وادي عربة في حدود ٣٠ مليون م^٣ يأتي معظمها من جبال الشراه في الأردن لأنها أكثر أمطارا من جبال النقب المنخفضة، أدركنا أن مياه وادي عربة المتجددة هي جميعها تقريبا لصالح إسرائيل في معاهدة السلام. وهناك نص واضح في المعاهدة يحرم على الأردن فعل ما يمكن أن يؤدي إلى إنقاص ذلك. وبعبارة أخرى فإنه يحرم على الأردن حفر آبار في وادي عربة تؤثر على ما يضخه الكيان الصهيوني كمية ونوعية. وبالتالي فليس غريبا أن تصبح المستعمرات الصهيونية في الجزء الشمالي من وادي عربة مزدوجة. أي واحدة عند سفوح الجبال الغربية والثانية قبالتها قريبا من الحدود مع الأردن (ملاحظة الكاتب).

من ناحية أخرى فإن التجمعات البشرية الأردنية في وادي عربة (قريقة والريشة وقطر) والنشاط الزراعي فيه لا تستهلك أكثر من مليون م^٣ من الماء سنويا. أما العقبة فتأخذ مياهها من المياه الجوفية من خزان الديسة شرقا.

وخلاصة القول في ذلك أن الكيان الصهيوني سمح للأردن أخذ ٢٠ مليون م^٣ من جنوب طبرية شبه ملوثة بينما أعطاه الأردن ما لا يقل عن ٣٠ مليون م^٣ مياه جوفية غير ملوثة في وادي عربة.

٦,٨ السدود

تقوم الأردن منذ الستينيات من القرن الماضي ببناء السدود على الأودية لجمع مياه الجريان وخاصة الجريان الفيضي. الجدول ١٠,٨ يوضع بعض المعلومات الأساسية عن السدود في الأردن بينما تجد مواقعها في الشكل ٦,٨. يوضح الجدول ١٠,٨ أن السدود

القائمة على الأودية التي ترفد حوض نهر الأردن سعتها التخزينية تساوي ١٠٤ مليون م^٣ مكعب على اعتبار أن سد وادي العرب تضخ له المياه من قناة الغور الشرقية. فهي من حصة الأردن من مياه نهر اليرموك. لاحظ خلو وادي عربة من أي سد على الرغم من وجود أودية كبيرة ونسبة أمطار أعلى في مرتفعات الشراه مما هو في كثير من أجزاء الهضبة الأردنية.

جدول ١٠,٨

السدود في الأردن وسعتها بملايين الأمتار المكعبة

السد	الوادي أو النهر	تاريخ الانتهاء	ارتفاع م	طول م	سعته م ^٣	تخزين ميت م ^٣	البحيرة كم ^٢	حوض التغذية كم ^٢	كلفة أصلية م د
الملك طلال	الزرقاء	87/77	١٠٨	٣٥٠	٨٦	٨	٤,٨	٣٧٠	٣٤
وادي العرب	نفسه	١٩٨٦	٨٣,٥	٤٣٤	٢٠	٣,١	٠,٨	٢٦٢	٢٠
الكفرين	نفسه	٩٧/٦٧	٣٧	٥٥٢	١١	٢,٥	٠,٨	١٦٣	٩,٣
وادي شعيب	نفسه	١٩٦٩	٣٢	٧٣٠	٢,٣	٠,٩	٠,٣	١٧٨	٥٦
شرحيل	زقلاب	١٩٦٧	٤٨	٧٤٥	٤,٣	١,٣	٠,٣	١٠٦	٩
الكرامة	الملاحه	١٩٩٧	٤٤,٥	٢١٥٠	٥٥	٠,١	٥	٦١,٢	٥٥
سدود كبيرة تحت التنفيذ									
الواله	نفسه	٢٠٠١	٤٥	-	٩,٣	-	-	-	٢٢,٣
الموجب	نفسه	٢٠٠٢	٥١,٥	-	٣٥	-	-	-	٤٦,٧
النتور	الحسا	٢٠٠١	٦٩	-	١٦,٨	-	-	-	٢٣,٦
سدود موجودة في الهضبة الأردنية للتغذية الجوفية واستعمال المحليين									
سما السرحان	المفرق		٨		١,٧				
الغدير الأبيض	المفرق		١٣		٧				
برقع	الرويشد		٥		١,٥				
العاقب	الخالدية		١٥		١,١				
دير الكهف	المفرق		٥		١,٥				
الشعلان	الرويشد		٣		١				
البويضة	اربد		٩		١٥				
القطرانة	الكرك		٤		٢				
السلطاني	الكرك		٨		رواسب				
اللعفي	الزرقاء		٨		٧				
أبو صوانة	الزرقاء		٤		٢٥				
وادي راجل	الازرق		٩		٣,٥				
الأنثى	المفرق		٥		١,٥				

الجردانة	معان	١٥	٢,٣				
سواقة	سواقة	١٩	٢,٥				
رويشد الشمالي	الرويشد	٧	١٠,٧				

١,٦,٨ السدود السورية في حوض نهر اليرموك

يقع معظم حوض نهر اليرموك السطحي في سوريا (شكل ٤,٨). فمساحة الحوض ٦٧٨٠ كم^٢ منها أكثر من ٥٠٠٠ كم^٢ في سوريا. وفي سوريا أيضا تقع منابع مهمة لهذا النهر مثل تل شهاب ومزيريب. أما كمية المياه جميعها في حوض اليرموك فقد قدرت بطرق كثيرة تبعا للباحث. غير أن ٤٠٠ مليون م^٣ سنويا يمكن أن يكون رقما جيدا قد يزيد قليلا. لقد كانت حصة سوريا في مشاريع تقسيم مياه حوض نهر الأردن متباينة تبعا لمن وضعها. نأخذ خطة جونستون الموحدة ١٩٥٣-١٩٥٥ والخطة العربية ١٩٨٥ حيث خصص لسوريا ١٣٢ مليون م^٣ من مياه حوض وادي الأردن في الخطتين أو ٩ % من مجموع مياه حوض الأردن. وقد فصلت خطة جونستون ذلك: ٢٠ من بانياس و ٢٢ من الأردن الرئيسي و ٩٠ من اليرموك. أما الآن فالوضع مختلف. فسوريا لا تأخذ شيئا من الأردن الرئيسي ولا من بانياس لكنها تأخذ قرابة ٢٠٠ مليون م^٣ من اليرموك وحده. أي أكثر كثيرا من حصتها في تلك الخطة. وذلك من خلال مجموعة سدود أنشأتها على روافد اليرموك في سوريا في عقد التسعينات من القرن الماضي (جدول ١١,٨). المشكلة هي أن "الباقى" دائما هو حصة الأردن وبالتالي فهي ليست ثابتة ولا واضحة المعالم.

جدول ١١,٨

السدود التخزينية على روافد نهر اليرموك في سوريا مقدرة بملايين الأمتار المكعبة

اسم الوادي	اسم السد	سعة التخزين	اسم الوادي	اسم السد	سعة التخزين
الذهب	السهرة (البلاطة)	١,٠٠	العلان	تسيل	٦,٦٠
	رساس	٠,٠٣٥		الغار	٥,٥٠
	غدير الصرف	٠,١٦		سحم الجولان	٢٠,٠٠
	الغاربية الشرقية	٥,٠٠		الهجة	٠,٨٥
	عثمان	٠,١٧	الرقاد	المنطرة	٢,٣٠
الزبيدي	المتاعية	١,٠٠		رويحينة	١,١٠
	العين	١,١٥		بريقة	١,٨٠
	حران	١,٩٥		كردنة	٣٠,٠٠
	سهوة الخضر	٨,٧٥		غدير البستان	١٢,٠٠
	درعا الشرقي	١٥,٠٠		جسر الرقاد	٩,٠٠
العرام	شيخ مسكين	١٥,٠٠		عابدين	٥,٥٠
	ابطع ١-٢	٤,٥٠	مجموع السدود		١٥٦,١٤
	طفس	٢,١٠	نبح مزيريب: شرب+زراعة		٣٥
	عنوان	٥,٦٨	مجموع استعمال سوريا*		٢٠٠

* يضاف إلى ذلك ما يضخه المزارعون السوريون من نهر اليرموك مباشرة للزراعة.

٢,٨ المياه الجوفية Groundwater

مقدمة

المياه الجوفية هي ذلك الجزء من مياه الأمطار الذي يرشح إلى جوف الأرض ويستقر في أحد خزاناتها الجوفية. قد تبقى المياه الجوفية رديا من الزمان في جوف الأرض قبل أن يخرجها الإنسان. أو قد تخرج من تلقاء نفسها على شكل ينابيع ترفد المياه السطحية في الأودية والأنهار مشكلة الجريان الدائم فيها. ومن ثم فدارس المياه الجوفية ينبغي أن يعرف جيدا جيولوجية المكان الذي يبحث فيه عن المياه الجوفية. العوامل التالية مهمة في دراسة المياه الجوفية:

- معرفة طباقية الصخور stratigraphy المكونة للمكان الذي يبحث فيه عن المياه الجوفية.
- معرفة التكاوين أو أجزائها القادرة على خزن المياه بسبب مساميتها ونفوذيتها.
- معرفة تراكيب المنطقة لأهمية ذلك في تحديد وضع الطبقات الحاملة للمياه في جوف الأرض هندسيا وعمقها وإمكانية تغذيتها.
- نضيف إلى كل ذلك المعرفة الجيدة بالأمطار ومناطق التغذية.

الخزان الجوفي aquifer قد يكون محصورا confined إذا وجد فوق صخوره المسامية الخزائنة طبقات أو تكوين غير منفذ للمياه أو مانع لها من الحركة. هذا النوع من الخزانات الجوفية لا تضاف إليه مياه الأمطار في عملية التغذية إلا من المناطق التي تتكشف فيها صخوره على سطح الأرض مثل خزان الديسة والخزانات الجوفية العميقة. وقد يكون الخزان الجوفي مفتوحا أو غير محصور unconfined بحيث يتلقى الخزان التغذية من كل أجزاء الحوض الذي هو فيه. مثل خزان الكربن الرملي في البقعة أو الخزان الضحل shallow aquifer (البازلت وتكوين الرجام) في حوض الأزرق. وغيرها.

وعلى أساس من إمكانية التغذية recharge تقسم الأحواض المائية ومن ثم المياه الجوفية في تلك الأحواض إلى نوعين:

- مياه جوفية متجددة وهي التي يضاف إلى خزائنها الجوفي كمية من الماء تشكل نسبة مهمة من مياه الحوض. والإضافة هي مياه أمطار قد تأتي سنويا أو في السنوات المطيرة. فإذا أريد المحافظة على نوعية المياه في مثل هذه الأحواض ينبغي أن لا يضخ من الحوض ما يفوق كمية المياه التي تغذيه سنويا. مثالها حوض الأزرق وحوض عمان-الزرقاء وحوض وادي عربة حيث تغذى بكمية جيدة من الأمطار سنويا يمكن أن يعتمد عليها ويخطط للاستفادة منها زراعيًا وصناعيًا وعمرانياً.
- مياه جوفية أحفورية أو مستحاثات fossil water وهي التي تجمعت في الحوض في زمن مضى كانت الأمطار فيه أعلى مما هي عليه الآن. فغذت الحوض آنئذ وبقيت محبوسة فيه. واضح أن سبب ذلك التغيرات المناخية التي تؤدي إلى زيادة أو نقصان في كمية الهطل في ذلك المكان. مثالها المشهور حوض الديسة ومياهه غير المتجددة. فمناطق تغذية حوض الديسة الواقعة شرق القويرة حتى بضعة كيلومترات شمال غرب سهل الصوان تتلقى أمطارا تقل كثيرا عن ١٠٠ ملم/ سنة (شكل ٢,٨). غير أننا نعلم أن المنطقة كانت تتلقى كمية أكبر كثيرا من الأمطار في الفترات المطيرة من عصر البلايستوسين التي نعتقد أنها مسؤولة عن تجمع المياه في هذا الحوض. وسنعود إلى هذا الموضوع.

١,٢,٨ طباقية الخزانات الجوفية

يوضح الجدول ١٢,٨ المستويات أو التكاوين الجيولوجية القادرة على تخزين المياه أي الخزانات الجوفية aquifers. وهي أيضا موضحة في شكل ٧,٨ وقد تعرضنا لهذه

التكاوين في دراستنا المفصلة لطباقية الأردن في الفصول الأولى من هذا الكتاب. فرسمناها وتحدثنا عن أنواع صخورها وأعمارها وامتداداتها الأفقية والتغيرات الصخرية التي تطرأ عليها. أما تحت هذا العنوان فإننا سنركز على علاقتها بالمياه. نبدأ بالأقدم.

جدول ١٢,٨

الخزانات الجوفية aquifers في الأردن وموقعها الطبقي في السلم الجيولوجي الأردني

الخزانات الجوفية			حين	نظام	حقبة	
رمز	تكوين*		مجموعة			
	<u>فتاتيات مائية وريحية</u> وكيماويات		هولوسين	رباعي	سينوزوي	
	<u>مثلا + بازلت</u>		بلايستوسين			
	أصدم + بازلت		بليوسين	ثلاثي		
	<u>ضانا+ بازلت</u>		ميوسين			
	-		أوليغوسين			
B5	<u>رجام + شلالة</u>		إيوسين			
B4	رجام		باليوسين	كريتاسي أعلى	ميزوزوي	
B3	موفر		ماسترختي			
B2	<u>عمان + حسا</u>		كمباني			
B1	غدران		سنتوني			
			كونياسي			
A7	<u>وادي السير</u>		توروني			
A1-2 A3 A4 A5-6	<u>فصوة</u>	ناعور فحيص <u>حمر</u> <u>شعيب</u>	سينوماني			
K			<u>كرب</u>			كريتاسي أسفل
			ألبى			
			أبتي			
			نيوكومي		باليزوي	
Z2			العزب			جوراسي
Z1			الرمثا			ترياسي
			حديب			برمي
	-		-			كربوني
	-		-			ديفوني
Kh	<u>خشّة+مدورة+</u> <u>ديدب+حسوة</u>		خریم			سيلوري
						أردوفيشي
D	<u>أم سحم + الديسة+أم</u> <u>عشرين + سلب</u>		رم			كمبري
			عربة عقبة			ما قبل الكمبري

* أعمار التكاوين في هذا الجدول تقريبية. فإذا أردت الدقة فعد إلى الفصول ١-٥.

١,١,٢,٨ خزان الديسة Disi Aquifer

ونستطيع أن نسميه خزان رم Ram Aquifer أو الخزان الرملي Sandstone Aquifer لأنه مكون كلية من الحجر الرملي. يعلو هذا الخزان صخور القاعدة النارية. ويمتد عمره من الكمبري حتى الأردوفيشي الأوسط. ويشمل ٤ تكاوين هي من الأقدم : سلب الرملي

الأركوزي وأم عشرين الرملي الكوارتزي المحمر والديسة الرملي الكوارتزي الأبيض وأم سحم الرملي الكوارتزي.

سمك الخزن في الصحراء الجنوبية ١٠٠٠ م تقريباً. يعلوه تكاوين مجموعة خريم التي يغلب عليها الغضار والصخور الطينية باستثناء القنوات الرملية في تكوين ديبذب. ومن ثم فمجموعة خريم مانعة للمياه وحاصرة لخزان الديسة. تتكشف تكاوينه بين القويرة وحتى بضعة كيلومترات شمال غرب سهل الصوان حيث يصبح جميع الخزان تحت سطحي ويستمر كذلك حتى المدورة ثم يدخل السعودية. وسبب ذلك ميل هذه التكاوين وسطح القاعدة النارية نحو الجنوب الشرقي. وبالتالي يزداد سمك مجموعة خريم نحو الجنوب الشرقي بإضافة تكاوين جديدة في هذا الاتجاه ويصبح السطح العلوي لخزان الديسة عميقاً نسبياً. ويستطيع الجيولوجي أن يحد السطح العلوي للخزان في أي موقع من الصحراء الجنوبية عن طريق التعرف على التكوين المتكشف في ذلك المكان. ففي قاع الديسة مثلاً يتكشف الجزء العلوي من تكوين الديسة والخزان هنا غير محصور لأننا في منطقة التغذية وفي وسط صخور الخزان. أما في سهل الصوان فيعلو الخزان بضع عشرات الأمتار فقط من تكوين الحسوة الغضاري.

أما على في جبال الشراه المطلّة على وسط وجنوب وادي عربية من شمال غرب القويرة وحتى ضانا تقريباً فخزان الديسة غير محصور لأن مجموعة خريم غير موجودة نهائياً. يضاف الكرب هنا إلى هذا الخزان لاتصالهما. وهو غير حامل للماء في هذه المنطقة لأن جميع تكاوينه مكشوفة في منطقة مقطعة بأودية عميقة. انتبه للتراكيب الجيولوجية. فحوض غرندل مثلاً وهو مقعر (pull-apart basin) يحوي جميع التكاوين حتى الشلالة من الإيوسين. ولا بد أن يوجد الماء في خزان الديسة في هذا الحوض. من شمال جبال ضانا وحتى شمال شرق البحر الميت يتكشف معظم خزان الديسة. ثم يصبح جميعه تحت سطحي شمال ذلك. يضاف الكرب إليه في هذه المناطق. ونستطيع أن نضيف إليه صخور الترياسي ثم الجوراسي لأنه يغلب عليهما الصخور الجيرية والرملية مع القليل من الغضار. فيصبح خزان الديسة محصوراً بمارل مجموعة عجلون.

أم في وادي عربية نفسه فالتكاوين المكونة لخزان الديسة تشبه ما هو موجود في جنوب النقب وليس جبال الشراه. ذلك لأن وادي عربية جميعه تقريباً واقع غربي صدع وادي عربية التحويلي. وبالتالي يصبح سمك الخزان متواضعاً جداً بسبب عدم وجود الصور الرملية المشابهة لتكاوين أم عشرين والديسة وأم سحم. وهو كذلك في حوض البحر الميت مع زيادة في العمق.

ولا بد من التذكير أن خزان الديسة في الصحراء الجنوبية غير متصل بخزان الديسة في جبال الشراه أو وادي عربية. والسبب ببساطة تكشف صخور القاعدة النارية بينهما ولمسافات كبيرة (شكل ٨،٨).

أما في وسط الأردن وجنوبه الشرقي وشرقه في الأزرق والريشة فإنني أعيد القارئ إلى ما كتب عن الباليوزوي تحت السطحي في الفصل الثاني والبتروlogy في الفصل السابع. يصبح خزان الديسة عميقاً جداً في الأزرق والريشة وأقل من ذلك في وادي السرحان والجفر وأقل منها جميعاً في الشدية. وقد أوضحنا ذلك في شكل ٩،٨. بينما يوضح الشكل ١٠،٨ خطوط تساوي الضغط داخل خزان الديسي أو الخزان الرملي العميق.

يبدو أن قاطع البازلت الذي يتكشف شمال القويرة ثم يظهر ويختفي على طول صدع القويرة-المدورة ليدخل السعودية (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨) يشكل شكلاً من أشكال الحاجز المائي في خزان الديسة بحيث يؤثر في كيفية حركة المياه فيه. معامل نفوذية القاطع ٠،٥-٠،٠٠٥ م/اليوم مما يؤدي إلى تجمع المياه نحو شماله الشرق upstream.

مياه حوض الديسة في الصحراء الجنوبية مياه أحفورية عمرها قد يصل إلى ٣٥٠٠٠ سنة. تذكر بحيرة الجفر العذبة التي تراوحت مساحتها ١٠٠٠-١٨٠٠ كم^٢ كانت قبل ٢٧٠٠٠

سنة (الفصل الرابع). غير أن هناك أدلة قوية تشير أن قدرا مهما من المياه العذبة أو الأمطار قد غدت هذا الحوض قبل قرابة ١٠٠ ألف سنة في فترة مطيرة سابقة تركت بحيرة كبيرة شرقي المدورة (عابد وآخرون ٢٠٠٠). وبالطبع لا يستطيع الكربون ١٤ من قياس عمرها في المياه. مياه الحوض عذبة جدا بسبب نوعية الصخور الرملية الكوارتزية المكونة له.

معامل النفوذية الإقليمي للحوض هو ١,٠-٠,٦ م/اليوم أفقيا وعموديا. بينما متوسط معامل التخزين الإقليمي ٠,٠٠٠٦ %. أما العطاء النوعي specific yield من تجارب الضخ في قاع الديسة فهو ١١ % بينما القيمة الإقليمية ٧ %. كمية الضخ عام ١٩٨٥ في الأردن ١٢,٦٤٤ وفي منطقة تبوك ٩٥,٣٣١ مليون م^٣. ويمكن ضخ ١١٠ مليون م^٣ سنويا لمدة ١٠٠ عام في منطقة الصحراء الجنوبية دون أن يؤدي ذلك إلى خفض مستوى سطح الماء أكثر من ٢٥٠-٣٠٠ م من سطح الأرض (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨)

٢,١,٢,٨ خزان خريم

الأصل في هذه المجموعة أنها ليست خزانا بل هي مانعة للمياه وحاصرة لخزان الديسة. غير أن في المجموعة عدسات رملية من تكوين ديبذب يمكن أن تجمع المياه وتشكل خزانا جوفيا معلقا. إلا أن سمكها قليل إذا ما قيس بسمك المجموعة ككل. وبما أن هذه العدسات محصورة من فوقها ومن أسفل منها بالغضار فإنه يتوقع أن تكون مياهها ليست من نوعية مياه الديسة.

٣,١,٢,٨ خزان الزرقاء

الاسم قديم ومشوش ويجب تركه لأنه يختلط مع حوض الزرقاء في الاسم. وقد كان يستعمل عندما كانت صخور الترياسي والجوراسي مجتمعة تسمى بهذا الاسم. أما الآن فهما يشكلان مجموعتي الرمما والعزب على الترتيب. يغلب على صخور هذا الخزان الصخور الرملية والجيرية والدولوميت مع القليل من الصخور الغضارية. سمك صخور الترياسي يصل إلى ١٠٠٠ م بينما الجوراسي قرابة ٤٠٠ م. لا توجد صخور هذا الخزان جنوب وادي الموجب. ولا توجد صخور الجوراسي إلا بدءا من غربي عمان شمالا. في المناطق التي توجد فيها تشكل خزانا متصلا مع الكربن الذي يعلوهما.

٤,١,٢,٨ خزان الكربن

نسبة إلى مجموعة الكربن. وهي مكونة كلية تقريبا من الصخور الرملية الكوارتزية نهريية الترسيب في معظم أرجاء الأردن عدا شماله الغربي حيث توجد عدة مستويات جيرية غلوكونيتية بحرية الترسيب. وقد قسمت المجموعة إلى ثلاثة تكاوين (عميرة ١٩٩٩) أو تكوينين أو وحدتين (بندر ١٩٧٤). أنظر تفاصيل ذلك في الفصل الثالث. سمك الكربن متغير ويبلغ أقصاه وهو ٣٥٠ م غربي وادي السير وفي الشوبك.

في جنوب الأردن وفي الجنوب الشرقي حيث توجد مجموعة خريم الغضارية تحت الكربن يفصل خزان الكربن عن خزان الديسة ولكنه يكوّن استمرارا لتكوين فصوة الرملي من الكريتاسي الأعلى الذي يعلو الكربن. أما من رأس النقب وفي كل الجهات عدا الشرق فإن الكربن يعد امتدادا لخزان الديسة الرملي لعدم وجود مجموعة خريم.. أما في شمال غرب الأردن من الموجب شمالا فإنه يكون مع صخور الترياسي خزانا واحدا تحت مارل الكريتاسي الأعلى. وإلى الشمال من ذلك يضاف الجوراسي إلى هذا الخزان الرملي الجيري. وبما أنه لا يوجد فاصل بينها وبين خزان الديسة في شمال غرب الأردن، فالأغلب أنها تشكل جميعها خزانا واحدا يستمر من القاعدة النارية وحتى نهاية الكربن. فإذا كانت التغذية جيدة كانت المياه جيدة كما في حوض البقعة. ولكنه في العادة في هذه المنطقة لا

يتغذى هذا الخزان إلا بالقليل من المياه، وبالتالي فإن مياهه تكون معدنية مثل مياه آبار وادي حسان ووادي الكفرين التي ترسب الحديد. ويبدو أن هذه الصورة تستمر في وسط الأردن مع حذف صخور الترياسي أو الجوراسي أو كليهما تبعا لخطوط الشواطئ لكل منهما.

على أي حال وعلى نطاق إقليمي كبير ، يمكن اعتبار خزان الديسة الرملية وخزان الكربن الرملية (أو الكربن + الترياسي + الجوراسي) خزانا رمليا واحدا لأن لهما الخصائص الهيدروليكية ذاتها. لكن لا بد من التذكير أن هذا القول صحيح إذا لم تكن مجموعة خريم السميكة موجودة. وهي فعليا غير موجودة في معظم الأردن عدا الصحراء الجنوبية والسرطان والريشة. في هذه الأحواض لا يمكن أن يتصل خزان الديسة بخزان الكربن. يوضح الشكل ١٠,٨ خطوط تساوي الضغط equipotential lines في الخزان الرملية العميق. لا حظ حركة المياه فيه نحو الشرق ليستغل جزئيا في السعودية وإلى الغرب نحو وادي الأردن-البحر الميت.

٥,١,٢,٨ خزانات مجموعة عجلون

في هذه المجموعة ٥ تكاوين هي من الأقدم:

- ناعور (A1-2) المكون من تعاقب الحجر الجيري مع المارل. ولا تصلح طبقات الحجر الجيري والدولوميت فيه لأن تكون خزانا جوفيا لقلّة سمكها. يشكل المارل في أجزائها السفلى الطبقات الحاصرة لخزان الكربن وما يليه إلى الأسفل.
- فحيص (A3) مكون كلية من المارل المانع للماء aquitard .
- حمر (A4) مكون كلية من الحجر الجيري بسمك يصل إلى ٥٠ م. وهو خزان جوفي معروف في شمال الأردن. يحصره مارل الفحيص من الأسفل ومارل شعيب من الأعلى. يستغل هذا الخزان الجوفي في حوض عمان الزرقاء.
- شعيب (A5-6) مكون من تعاقب المارل والحجر الجيري بسمكات أقل من تلك التي في ناعور. وهو ليس خزانا جوفيا بل هو مانع للماء aquitard .
- وادي السير (A7) مكون كلية من الحجر الجيري بسمك متغير. فهو في منطقة عمان قرابة ٩٠ م بينما يصل إلى أكثر من ١٨٥ م في الشمال. وهو خزان جيد بل ومن أفضل خزاناتنا الجوفية. وفي كثير من المواقع – عندما يكون تكوين الغدران قليل السمك- فإنه يتصل مع تكوين عمان B2 ليشكلا خزانا واحدا هو في الغالب الخزان الضحل في غربي الأردن.
- فصوعة الرملية. تتحول رسوبيات مجموعة عجلون الجيرية المارلية في الشمال إلى صخور رملية شرق وجنوب شرق رأس النقب بحيث يصبح من غير الممكن تقسيم المجموعة إلى التكاوين التي ذكرناها أعلاه. في هذه الحالة نطلق على تكاوين مجموعة عجلون جميعها تكوين فصوعة نسبة إلى محطة فصوعة غربي بطن الغول بقليل. في هذه المناطق يكون تكوين فصوعة امتدادا لخزان الكربن.

٦,١,٢,٨ خزانات مجموعة البلقاء

في مجموعة البلقاء التكاوين التالية من الأقدم:

- الغدران الطباشيري B1 + عمان الصواني B2a + الحسا الفوسفاتي B2b. هذه التكاوين الثلاثة تتصل سوية لتكون خزانا جوفيا واحدا. وعلى الرغم من أن تكوين الغدران مكون من الطباشير ذات النفوذية المتدنية إلا أن سمكها القليل شمال وادي الموجب (٢٠-٣٥ م) مع كثرة الفواصل فيها لا يمنع اتصال هذا الخزان (B1-2) مع خزان وادي السير (A7) تحته ليشكلا سويا الخزان الضحل (A7-B2) في كثير من أجزاء الأردن خاصة الوسطى والشمالية. غير أنه يصبح خزانا متوسط العمق في

حوض كحوض الأزرق. في هذا الحوض يصبح سمك هذا الخزان المتوسط قرابة ٣٠٠٠ م بسبب الزيادة الكبيرة في سمك تكويني عمان ووادي السير. أما في وادي السرحان وخاصة نحو جنوبه (جنوب شرق زقيمات الحصة وشرقي الجفر) فإن سمك هذا الخزان (A7-B2) هو من رتبة ١٠-٢٠ م (عابد وعميرة ١٩٩٩). وفي الصحراء الجنوبية لم يبق منه سوى نتف صغيرة فوق رؤوس بعض التلال. أما في شرق وسط الأردن فإنه محصور بتكوين الموقر فوقه.

■ خزان عمان-وادي السير A7-B2

هذا الخزان الجوفي هو الخزان الأكثر أهمية في الأردن في هذه الأيام. ذلك لأنه ضحل العمق وموجود بقرب جميع المدن الرئيسية في الأردن وتغذيته جيدة بسبب تكشف الكثير من أجزائه في غرب ووسط الأردن. وبسبب أهميته نورد بعض المعلومات عنه:

- التغذية السنوية recharge : مباشرة ١٧٠ مليون م^٣، غير مباشر ١٤٣ مليون م^٣، ٢٣ مليون م^٣ من خزان البازلت في شرقي البلاد = ٣٢٦ مليون م^٣.
- تناسب المياه الجوفية في الخزان تبعا لميل الطبقات أي نحو الشرق. يؤثر في ذلك الأودية العميقة التي تؤدي إلى خروج المياه من هذا الخزان على شكل ينابيع وجريان دائم في أودية كاليرموك والزرقاء والموجب والحسا والوالة والكرك وغيرها. كما أن بعض الصدوع الرئيسية تؤثر في طبيعة الانسياب في الخزان الجوفي مثل صدع الكرك-الفيحا وصدع سواقة وصدع ضانا وغيرها.
- يقدر الانسياب من الخزان إلى الأودية كجريان دائم ١٩٩ مليون م^٣. بينما ينساب ١٣٧ مليون م^٣ إلى الغرب وإلى الشرق من المرتفعات الجبلية على شكل انسياب تحت سطحي. ثم إن جزءا من مياه الخزان يتحول إلى خزانات أخرى.
- معامل النفوذية: ١٠,٠-٠,٦ م/اليوم
- نوعية المياه: جيدة عموما إذ يتراوح مجموع المواد الصلبة الذائبة total dissolved solids (TDS) بين ٣٠٠-١٨٥٠ ملغرام/لتر في المناطق الوسطى والغربية التي تغذى بمياه الأمطار. وتزداد نحو الشرق مع نقصان التغذية.

■ تكوين الموقر B3 مكون من المارل والطباشير. فهو بالتالي مانع للماء aquitard. فإذا أضفنا لذلك سمكه الكبير نسبيا (٤٥٠-٣٥٠ م) فإنه يعمل كمستو حاصر لخزان عمان-وادي السير تحته على نطاق إقليمي.

■ خزان الرجام B4 مكون من تعاقب الصوان والحجر الجيري أو الطباشير. سمكه يتراوح بين ٣٠-٢٢٥ م. يتكشف بشكل واسع جدا في المناطق الشرقية والجنوبية الشرقية من الأردن. وهو لا شك الخزان الجوفي الضحل في هذه المناطق كالأزرق مثلا. لا يختلف تكوين وادي الشلالة كثيرا في مكوناته عن تكوين الرجام. وبالتالي فإنهما كثيرا ما يتصلان ليكونا خزانا واحدا يشار إليه في العادة خزان B4 على اعتبار أن تكوين الشلالة قليل الأهمية. يندر وجوده في الجبال الغربية ولكنه جيد التمثيل في شرق الشوبك مثلا. في الأزرق ومناطق الحرة يتصل مع خزان البازلت ليكونا الخزان الضحل هناك. التغذية المباشرة لخزان الرجام في حوض الأزرق قليلة جدا. ومعظم مياهه آتية من البازلت الذي يعلوه. التغذية الكلية التقريبية ٣٠ مليون م^٣ سنويا وهو مساو لتصريف ينابيع الأزرق في الستينات من القرن الماضي أي قبل عمليات الضخ من الحوض. TDS لمياه هذا الخزان في الأزرق ٣٠٠-١٥٠٠ ملغرام/لتر.

٨, ٢, ١, ٧ خزان البازلت

قد أفردنا فصلا كاملا للحديث عن البازلت في الأردن هو الفصل الخامس. على أي حال، فخزان البازلت المهم هو ذلك المكون لحرارة الشام التي تمتد من غرب الرويشد إلى اليرموك وقريبا من أربد ونهر الزرقاء بحيث تغطي ١١٠٠٠ كم^٢ من مساحة الأردن. وهو خزان مهم في هذه المنطقة. سمكه الأعلى قرابة ٤٠٠ م يقل نحو أطراف الحرارة. تغذيته في الأردن قليلة بسبب قلة الأمطار وبالتالي فمعظم مياهه آتية من جبل الدروز في جنوب سوريا. تتساب المياه الجوفية فيه من جبل الدروز إلى نهر اليرموك الأعلى ووادي الضليل وحوض الأزرق ووادي السرحان وغيرها (شكل ١١,٨). كميات المياه السنوية التي تتساب خارجة من خزان البازلت هي (أبو عجمية وآخرون ١٩٨٨):

- ٢٣ مليون م^٣ إلى أعالي نهر الزرقاء (خزان A7-B2)
- ٦,٥ مليون م^٣ إلى آبار الضليل.
- ٤,٢ مليون م^٣ إلى الجزء الشمالي من حوض الأزرق مغذية خزان B4.
- ١ مليون م^٣ تقريبا إلى وادي السرحان.
- لا يعلم كمية الانسياب إلى نهر اليرموك (قد تكون ١٥ مليون م^٣) أو الهضبة الجيرية في شمال شرق الأردن
- وقد قدرت كمية المياه العذبة التي تتساب من خزان البازلت ٤٥ مليون م^٣ سنويا صالحة لجميع الاستعمالات البشرية.

٨, ٢, ١, ٨ خزانات الرواهص من أواخر السينوزوي

أكثر ما توجد هذه الرسوبيات في وادي عربة-البحر الميت-وادي الأردن. قد تكون سميكة جدا بحيث يقاس سمكها بآلاف الأمتار. وهي تشكل الخزان الجوفي الضحل في هذه المناطق. ولا نشك في أنها تحمل كمية جيدة من المياه الجوفية المتجددة على الرغم من صغر الكمية إذا ما قيست بالخزانات الجوفية المهمة. فمثلا في وادي عربة يوجد قرابة ٣٠ مليون م^٣ من هذه المياه المتجددة في هذا الخزان. ثم إن مئات الآبار تضخ المياه من هذا الخزان الضحل في وادي الأردن (الرامة والكفرين والشونة الجنوبية والكرامة... الخ). هذه المياه أيضا متجددة وتأتي إما من مياه السيول وقت الفيضان أو من انسياب مياه الخزانات الأخرى إليها. ولتصور أهمية هذا الخزان نذكر مثلا أن بعض آبار الكرامة ما زالت تضخ الماء منذ أكثر من ٥٠ سنة دون أن تنقص كمية الضخ ولكن مع تغير قليل في النوعية.

٨, ٢, ٢ أحواض المياه الجوفية

تقسم الأردن عادة إلى ١٠ أحواض أو أقاليم مائية جوفية. أما حدودها فهي خطوط تقسيم الصرف الجوفي regional groundwater divide أو خطوط الانسياب flow lines أو حدود الخزانات الجوفية أو مظاهر طبوغرافية مهمة. الأحواض العشرة ومساحة كل منها هي (شكل ١٢,٨):

١. خزان اليرموك: ١٥١٤ كم^٢ في الأردن أو ٦٧٠٠ كم^٢ في سوريا والأردن.
٢. حافة وادي الأردن الشرقية: ٢٣٦٨ كم^٢ ٣. حوض نهر الزرقاء: ٤٧١٠ كم^٢
٤. حافة البحر الميت: ٧١٠٤ كم^٢ ٥. حافة وادي عربة: ٢٩٦٠ كم^٢
٦. حوض العقبة: ٢٦٤٨ كم^٢ ٧. حوض الجفر: ١٥١٧٠ كم^٢
٨. حوض الأزرق: ١٧٠٥٠ كم^٢ ٩. حوض السرحان: ١٢٦٠٠ كم^٢
١٠. حوض الحماد: ١٩٣٠٠ كم^٢

أرجو أن يكون واضحاً أن هذه الأحواض لا تصف بدقة الخزانات الجوفية الموجودة على أعماق مختلفة في الحوض ذاته. فقد يكون امتداد الحوض وحدوده مختلفاً عما أوردنا أعلاه. هذا الموضوع يحتاج إلى خرائط تمثل كل خزان جوفي (ضحل أو متوسط أو عميق) وترتيب ذلك في أحواض خاصة بكل منها.

١,٢,٢,٨ مصادر المياه في الأحواض الجوفية

يبدو أننا في الأردن نخضع بعض الأحواض المائية الجوفية إلى عملية ضخ جائر قد تؤدي في مستقبل الأيام غير البعيدة إلى تدني نوعية المياه في هذه الأحواض إذا استمر الوضع الحالي. فيما يلي محاولة مبسطة للتعرف على ما تحويه الأحواض من مياه جوفية ومقدار التغذية السنوية لها وكذلك مقدار الاستخراج الآمن safe yield من كل حوض. غير أن الأرقام المنشورة في هذا السياق غير مريحة لأنها تختلف من باحث لآخر. وللتدليل على ذلك نورد جدول ١٣,٨ للاستخراج الآمن من ثلاث دراسات فقط لنرى الفرق بينها. الاستخراج الآمن يكون في العادة مساوياً لكمية التغذية السنوية أو أكثر قليلاً تبعاً لمخزون الحوض من المياه. مما يعني أيضاً اختلافاً في حساب التغذية ونسبة الاستنزاف. فلو استخرجنا ٦٠ مليون م^٣ من حوض اليرموك سنوياً فإن هذا الرقم قريب من الاستخراج الآمن ويبقى الحوض غير مستنزف في نظر هذه الدراسة. ولكن يكون مستنزفاً بنسبة ١٥٠ % في نظر الدراسة الأخرى وبنسبة تقرب من ٢٠٠ % في الدراسة الثالثة.

جدول ١٣,٨

الاستخراج الآمن من الأحواض المائية الجوفية مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنوياً

الحوض	١	سلامة وآخرون ١٩٩٢	أبو عجمية ويندر ١٩٨٨
اليرموك	٤٠	٥٣	٣٥
الأودية الجانبية	١٥	١٤	٥٤
غور الأردن	٢١	١٢	
عمان-الزرقاء	٨٧,٥	٩٤	٣٥
البحر الميت	٥٧	٦٠	٦٧
الديسة	١٢٥	٣٠	١١٠
وادي عربة الشمالي	٣,٥	٨	٨
وادي عربة الجنوبي	٥,٥	٨	٨
الجفر	١	٢٧	٧٥
الأزرق	٢٤	٢٠	٢٩
السرطان	٥	٥	٥
الحماد	٨	٥	١٣
المجموع	٤١٨,٥	٣٢٦	٥٢٩

١ = (التقرير السنوي لسلطة المياه ١٩٩٥/١٩٩٦)

لاحظ أن المجموع في الأعمدة الثلاثة يحتوي قدراً من المياه غير المتجددة من حوض الديسة. فلو طرحنا هذه الكمية في كل عمود لأصبح مجموع المياه الناتجة عن التغذية هي بين ٢٧٥-٣٠٠ مليون م^٣ سنوياً. وهو ما ذهبنا إليه في جدول ٤,٨ سابقاً.

على أي حال الجدول ١٤,٨ يوضح المصادر المائية الجوفية في الأحواض المائية العشرة المذكورة أعلاه بما في ذلك مقدار التغذية السنوية والمصادر المتاحة للاستخراج. بينما يوضح جدول ١٥,٨ كميات المياه المستخرجة من الأحواض المائية والاستخراج الآمن ونسبة الاستنزاف لعام ١٩٩٥/١٩٩٦ حسب رأي على سعد. وقد منعنا ضيق المكان من إيراد جداول لباحثين آخرين.

جدول ١٤,٨

مصادر المياه الجوفية في عام مقدرة بملايين الأمتار المكعبة سنويا ١٩٨٧ (أبو عجمية وبندر ١٩٨٨)

الحوض	تغذية إجمالية	انسياب خارج كلي	جريان دائم	انسياب تحت سطحي		موارد مائية سنويا	موارد متاحة سنويا	مخزون متاح م م ٣
				سنويا إلى مناطق				
اليرموك	٣٩	٦٣,٨	١٥,٢			٢٣,٨	٣٥	٨٠٠
حافة* وادي الأردن	٩٤	١٤٠,٢	٦٠,١	٢	البحر الميت	٣٣,٩	٥٤	٢٨٠٠
نهر الزرقاء	١١٦	١٣٦,٥	١٥	١٥	١	١٠١	٣٥	١٦٠٠
البحر الميت	١٢٧,٤	١٣٢,٥	٢٣	٥٧	١٣.ب. الميت	١٠٨	٦٧	٣٢٠٠
عربة* الشمالي	٣٥,٧	٢٣,٢	١٤,٧	١	البحر الميت	٢١	٨	١٠٠٠
عربة الجنوبي	٩,١	١٠,٥	٠,٦	٩,٥	خليج العقبة	٨,٥	٨	٤٥٠
الجفر	٩	٥٦,٨	٠,٨	٦١	١٧	٨,٣	٧٥	٩٠٠٠
الأزرق*	١٠٠	٣٥	٤	٥٦	١٣	٩٦	٢٩	١٦٨٠
السرхан	٣٩,٥	٣٩,٥		٣٥,٥	٨	٣٩,٥	٥	٥٠
الحماد*	٢٣	٢		٩	٨	٢٣	١٣	٤٠٠٠

الزراعة = ٢٥٧ م م ٣، منزلي = ١٥٠ م م ٣، صناعة ٢٠ م م ٣

* معظم هذه المياه غير مستغلة لملوحتها

جدول ١٥,٨

كميات المياه المستخرجة من الأحواض المائية واستعمالاتها لعام ١٩٩٥/١٩٩٦ مقدرة بملايين الأمتار المكعبة (التقرير السنوي لسلطة المياه ١٩٩٥/١٩٩٦)

الحوض الجوفي	استخراج آمن	استعمال المياه الجوفية ١٩٩٦				الميزان	جميع الآبار	النسبة من الاستخراج الآمن
		شرب	صناعة	زراعة	ناحية			
اليرموك	٤٠	٢٣,٣٨	١٧	٣٦,٠٣	٤٩	٦٠,٠٦	١٤٤	١٥٠
الأودية الجانبية	١٥	٥,٥٧	٠	٨٩	٠	٦,٤٦	٨,٥٤	٤٣
وادي الأردن	٢١	٧,٥٩	٩٢	٣٥,٤٨	٠	٤٣,٩٩	٢٣,٢٣	٢٠٩
عمان/الزرقاء	٨٧,٥	٦٢,٥١	٦,١٢	٨٠,٥٦	٠	١٤٩,١٩	٦٢,٦١	١٧٠
البحر الميت	٥٧	٣٤,٢٠	١٦,٠٩	٣٣,٥٨	١,١٧	٨٥,٤٩	٣٥,٢٨	١٥٠

الديسة	١٢٥	٨,٦	٣,٨	٥٧,٤٧	١,٣	٧١,٣	٥٣,٦٥	٧٢	٥٧
عربة الشمالية	٣,٥	٠	٤,٥	٥٧	١٩	٥,٢٦	- ١,٧	٢٥	١٥٠
عربة الجنوبية	٥,٥	١,٤	١١	٦,٢	١٩	٨,٠٥	- ٢,٥	٤٧	١٤٦
الجفر	+٩	٦,٤	١,٣	١٢,٤٠	١,٠	٢١,١	- ١٢,٢	١١	٢٣٥
الأزرق	٢٤	٢٨,١٥	١٠	٢٤,٦١	٦٣	٥٥,١	- ٢١,١٩	٥٠	٢٣٠
السرطان	٥	٠	٠	١,٧	١٧	١٧	٤,٨٣	٥	٣
الحماد	٨	٤٦	٠	١٢	٤٣	٤٣	٦,٩٨	١٦	١٣
المجموع	٤١٨,٥	١٧٨,٥	٣٣,٢	٢٨٩,٧	٥,٦٣	٥٠٧,٣٩	- ١٠٧	٢١٦٦	

يلاحظ من هذا الجدول ١٥,٨ أن تغيير قيمة الاستخراج الآمن سيؤدي إلى تغيير واضح في النسبة المئوية للاستنزاف وكذلك مقداره. فلو كان الاستخراج الآمن من كل من حوضي وادي عربة هو ٨ م ٣ سنويا - وهو أقرب إلى الصواب - لكان الحوضان غير مستنزفين. لسنا بحاجة إلى حسابات لأننا نعلم رأي العين كيف أن أودية شمال وادي عربة مثل وادي الغوير المؤدي إلى وادي فيدان ثم وادي الغوية الرويانية ثم وادي ضحل وغيرها جميعها بها جريان دائم لا ينقطع وليس عليها زراعة ذات قيمة ولا بشر يرتوون أو صناعة. وجميع هذه المياه زائدا مياه الفيضان تغذي خزان وادي عربة الشمالي ليعطي الكيان الصهيوني فرصة ضخ ٩ مليون م ٣ من الأراضي الأردنية زائدا ما كان يضخ أصلا. أنظر العنوان التالي.

٢,٢,٢,٨ مناطق مائية جوفية مستغلة جزئيا Potential exploitation areas

- يبدو أن المناطق التالية لا تستغل فيها المياه الجوفية استغلالا أمثلا.
- إقليم الصحراء الجنوبية حيث يوجد خزان الديسة ذو المياه الجوفية الأحفورية. ودون دخول في التفاصيل نذكر أنه يمكن ضخ ١١٠ مليون م ٣ منه سنويا ولمدة ١٠٠ عام دون أن يهبط سطح الماء في الآبار أكثر من ٢٥٠-٣٠٠ م.
- حوض الجفر. تقدر كمية المياه الجوفية في خزان الكريتا سي الأعلى (A7-B2) ١٧٠٠٠ مليون م ٣ من المياه العذبة إلى نصف المالحة brakhsh التي تتراوح كمية TDS فيها بين ٦٠٠-٤٠٠٠ ملغرام/لتر وبمعدل ١٠٠٠ ملغرام/لتر. من هذه الكمية خصص ١٨,٤ مليون م ٣ من المياه لصالح فوسفات الشدية. بينما يقدر ما يحويه الخزان A1-6 ٤٠٠٠٠ مليون م ٣ من مياه تتراوح TDS فيها ٧٠٠-٢٠٠٠ ملغرام/لتر. هذه الكمية الكبيرة من المياه في حوض الجفر غير مستغلة. قارن هذه الأرقام مع الجدول السابق.
- شمال شرق الأزرق. وهي المنطقة الواقعة بين وادي راجل ووادي القطافي وتشمل آبار الهزيم وتل القرمة والتلول السود وغيرها. يعتقد أبو عجمية وبندر (١٩٨٨) أن

قاربة ١٠ مليون م^٣ سنويا تنساب تحت سطحيا إلى وادي السرحان في السعودية. وأنه يمكن اعتراض مسيرها بحقل آبار شرق وادي راجل.

■ وادي الوالة. تقدر كمية التغذية لحوض الوالة-الموجب ٦٧-٦٨ مليون م^٣ سنويا. يستغل منها ٣٢,٣ مليون م^٣ سنويا من آبار سواقة والقسطل والقطرانة والسلطاني. فإذا تركنا ٥ مليون م^٣ أيضا لصالح مشروع الصخر الزيتي المنوي إنشاؤه على اللجون في هذا الحوض. فإن بالإمكان استغلال ١٢ مليون م^٣ إضافية سنويا من هذا الحوض دون أن نلحق به ضررا. وقد حدث ذلك فعلا وهذه الكمية تضخ الآن إلى جنوب عمان من آبار في منطقة الوالة. وأفضل من ذلك أن جزءا من مياه سد الوالة (٥ مليون م^٣) الذي سينتهي العمل فيه سنة ٢٠٠١ ستغذي إصطناعيا خزان A7 في الوالة لتأمين عودة الجريان الدائم إلى الوادي للزراعة.

■ غور الصافي. يبدو أن المنطقة الواقعة مباشرة غربي مصب وادي الحسا في غور الصافي تحوي كمية من المياه العذبة (TDS = ٦٠٠ ملغرام/لتر) في خزان الكرب-الديسة. ويبدو أنها استغلت كلية من شركة البوتاس العربية في السنوات الأخيرة.

■ منطقة المخيبة وادي العرب. تقدر كمية التغذية السنوية في هذه المنطقة ١٢٠ مليون م^٣. ٤٠,٤ مليون م^٣ منها تظهر على شكل ينابيع و٧٠,٦ كجريان دائم. وهي تستغل على شكل ٣١,٧٥ مليون م^٣ من آبار المخيبة ١٠,٦ مليون م^٣ في وادي العرب. ومن ثم فمن الممكن استغلال كمية إضافية من هذه المنطقة ولكن بعد دراسة جادة.

٣,٨ ميزانية المياه في الأردن

تحدثنا كثيرا عن موارد المياه السطحية والجوفية المتجددة والمستحاثات. وأوردنا على ذلك جداول عدة في الصفحات السابقة. وعلى الرغم من وجود بعض الاختلاف بين العاملين في هذا الموضوع، إلا أن الفروق تبقى قريبة ويمكن تجاوزها. ومن ثم فإن في الجدول ١٦,٨ محاولة لوضع ميزانية للمياه في الأردن بناء على التحليل الذي أوردناه في الصفحات السابقة ولكن بطريقة تفكير سيادية مضافا لها قسطا من المياه المستحاثات من حوض الديسة.

■ الجريان الفيضي أو العاصفي = ٢٠٠ م^٣ (جدول ٤,٨) يتحسن بعد ٢٠٠٢ بعد اكتمال سدود الوالة والموجب والتنور.

■ الجريان الدائم = ١٨٥ م^٣ + ٥٠ م^٣ من نهر الأردن وليس ٢٠ كما حصلنا فعليا من معاهدة السلام (جدول ٤,٨) ومناقشة معاهدة السلام أعلاه).

■ مياه جوفية متجددة = ٢٧٥ م^٣ + ١٦ مليون م^٣ من وادي عربة (جدول ٤,٨) ومناقشة معاهدة السلام أعلاه).

■ مياه جوفية غير متجددة من الديسة = ١١٠ م^٣.

■ مياه معالجة = ٥٢ م^٣

■ المجموع = ٩٨٨ م^٣

جدول ١٦,٨

ميزانية المياه في الأردن ١٩٩٥ بملايين الأمتار المكعبة

القطاع	١٩٩٥
المصادر المتاحة	٩٨٨
جريان عاصفي	٢٠٠
جريان دائم	٢٣٥

٣٠٠	جوفية متجددة
١١٠	جوفية غير متجددة
٥٢	مياه معالجة
١٥٠٠	الطلب
١٠٨٨	زراعة
٦١,٥	صناعة
٣٠٠	منزلي
٥١٢	العجز

جزنيا من غزاوي ودجاني ١٩٩٥

٤,٨ الينابيع الحارة والمياه المعدنية Hot springs

تتفجر على طول الجانب الشرقي والغربي لغور الأردن - البحر الميت مجموعة من الينابيع الحارة نذكر منها من الشمال إلى الجنوب: الحمة على نهر اليرموك وبئر الشونة الشمالية في وادي العرب وحمة طبقة فحل وديرعلا- جرش وزرقاء ماعين والزارة وابن حماد ووادي الذراع شرق اللسان ووادي الحسا وعغرة في منطقة الطفيلة. أنظر شكل ١٣,٨ للتعرف على مواقعها (سلامة ١٩٨٦ وسلامة وريماوي ١٩٩٧). أسخن هذه الينابيع هي في الزارة وزرقاء ماعين ٦٢-٦٣ م°.

في النهايات الغربية لنهر اليرموك توجد مجموعة من الينابيع الحارة تسمى كل منها حمة. بعضها على الجانب الشمالي أي الجانب السوري المحتل حالياً من الكيان الصهيوني. أما في الأردن فتوجد حمة السلم درجة حرارتها ٤٨ م° وهي التي تستعمل للاستحمام الآن. أما حمة الريح فأبرد منها درجة حرارتها ٣٤,١ م°. الجدول ١٧,٨ يوضح التركيب الكيماوي لحمة السلم.

أما حمة أبو ذابلة الواقعة شمال شرق بلدة المشارع أو ٢ كم شمال شرق طبقة فحل فإن درجة حرارتها ٣٥ م°. أما مكونات مياهها فهي موضحة في جدول ١٨,٨. وفي الجدول ١٩,٨ نذكر الينابيع المعدنية وبعض صفاتها الأساسية (بندر ١٩٧٤ وسلامة ١٩٨٦). العمود الأخير من الجدول يوضح بعض النواحي الاستشفائية لهذه المياه. وقد شجع هذا الاتجاه السياحة العلاجية الداخلية حتى والعربية حيث أقيمت فنادق واستراحات بها أطباء مهتمون في هذا الأمر.

جدول ١٧,٨

التركيب الكيماوي لمياه حمة السلم على نهر اليرموك (Friedemann 1913)

المكون	التركيز غم/لتر
كلوريد البوتاسيوم KCl	٠,٠٠٢٥
كبريتات المغنيسيوم MgSO4	٠,٠١١٥
كلوريد الصوديوم NaCl	٠,٥٠٢٥
كربونات الكالسيوم CaCO3	٠,٠٠٣٥
كلوريد الكالسيوم CaCl2	٠,٢٤٣٧
كربونات المغنيسيوم MgCO3	٠,٠٩٠٦
كلوريد المغنيسيوم MgCl2	٠,٠٢٣٣
سليكا SiO2	٠,٠١٩٧

كبريتات الكالسيوم	CaSO ₄	٠,١٩٥٧
بروميد الصوديوم	NaBr	

جدول ١٨,٨

الأيونات الرئيسية في حمة أبو ذابلة قرب طبقة فحل شمالي غور الأردن (بندر ١٩٧٤)

الأيون	التركيز ppm
كربونات CO ₃	١٤,٧
بايكربونات HCO ₃	٤٦٢,٤
كلوريد Cl	٤٠٩,٠
كبريتات SO ₄	١٨٩,٣
كالسيوم Ca	١٥٧,٥
مغنيسيوم Mg	٥٧,٠

جدول ١٩,٨

الصفات الرئيسية لمياه الينابيع الحارة في الأردن (بندر ١٩٧٤ و سلامة ١٩٨٦)

النبع والموقع	النبع/الخزان الجوفي	حرارته	كيمائيته	إشعاعية μμ	صفات إستشفافية
عفرا/الطفيلة	٤٥٠ ل/ث كربن	٤٩-٤٧	قلوية ترابية، كلوريدات سائدة	٧,٢	حرارة عالية، Br، CO ₂ إشعاعية
وادي الحسا /الطفيلة	حصباء وكربن	٤٦ صيفا ٢٤ شتاء	مثل عفرا	٧-٢	مثل عفرا
وادي الذراع /اللسان	٣٠ ل/ث كربن	٣٣	قلوية ترابية، حديدية، CO ₂	لم تحدد	حرارة عالية، CO ₂ ، حديد
وادي ابن حماد/اللسان	حصباء	٣٧ صيفا ١٥ شتاء	قلوية ترابية H ₂ S	لم تحدد	حرارة عالية H ₂ S
ينابيع الزارة	كربن	٦٣	قلوية، كلوريدات سائدة	٣,٧	حرارة عالية، Br، H ₂ S، إشعاعية
زرقاء ماعين	كربن	٦٢	مثل الزارة	٢	مثل الزارة
عين سوية	١٢,٦	٢٧			
مخدة المندسة غرب الكرامة	على نهر الأردن جسر المندسة	٣٤	H ₂ S		H ₂ S
حمة جرش	حصباء	٢٩-٢٧	قلوية/كلوريدات	لم تحدد	حرارة/CO ₂ /Fe
دير علا	حصباء	٣٨-٣٥	كحمة جرش	لم تحدد	كحمة جرش
حمة أبو دبلي /طبقة فحل	ترافرتين	٣٥	قلويات ترابية كلوريدات/H ₂ S	٤,٩	حرارة/H ₂ S إشعاع
بئر الشونة الشمالية	٢٥٠ ل/ث وادي السير	٥٦	كحمة أبو دبلي	لم تحدد	كحمة أبو ذابلة
الحمة/اليرموك	الموقر	٤٨	قلويات ترابية/كربونات كلوريدات	لم تحدد	حرارة H ₂ S
بئر الأزرق جف تماما	كربن	٣٩	قلوية ترابية/قلوية	٢,٥	حرارة/CO ₂ H ₂ S إشعاع

١,٤,٨ كيف تسخن مياه الينابيع الحارة

هناك عاملان يمكن أن يكونا سوية أو يكون واحد منهما مسؤولاً عن تسخين المياه الجوفية وخروجها على شكل ينابيع ذات درجات حرارة متباينة الارتفاع من مكان إلى آخر.

- أولهما أن المياه الجوفية تسخن بسبب وجود أجسام نارية تحت سطحية درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة صخور القشرة الأرضية التي اندست فيها. يشجع هذا الدليل ويؤيده وجود الينابيع الحارة قرب البراكين التي كانت نشطة في زمن مضى وما زلنا نرى صخورها البازلتية في تلك المواقع. مثالها حمة اليرموك وبئر الشونة الشمالية وينابيع زرقاء ماعين والزارة وعفرا وبئر الأزرق. ويؤيد ذلك أيضاً وجود أمثلة عالمية على مثل هذا الوضع مثل إيطاليا حيث بعض البراكين النشطة وأيسلندا الواقعة على ظهر وسط المحيط الأطلسي Mid Atlantic Ridge حيث النشاط البركاني مستمر منذ زمن طويل جداً وما زال وغيرهما حيث تستعمل هذه المياه الحارة في التدفئة مثلاً. وهذا

الرأي تبناه بندر (١٩٧٤) وأبو عجمية وبندر (١٩٨٨) على الرغم من وجود ينابيع حارة في مناطق لا يوجد بها نشاط بركاني ظاهر كتلك التي قرب دير علا ووادي ابن حماد واللسان والحسا وعين الفشخة الواقعة قرب النهاية الشمالية الغربية للبحر الميت (فلسطين) وغيرها.

■ وثانيهما أن المياه الجوفية تسخن بسبب الممال الحراري الأرضي geothermal gradient وهو الزيادة في درجات الحرارة مع العمق لكل كيلومتر مثلاً. وقد أثبتنا قيم هذا الممال الحراري في شكل ١٣,٨ مع أماكن الينابيع الحارة. ففي زرقاء ماعين يساوي 94.5°C /كيلومتر وفي الزارة 170°C /كيلومتر. ومن ثم فيكفي أن تهبط مياه الأمطار إلى عمق أقل من كيلومتر واحد في هاتين المنطقتين حتى تسخن إلى أكثر من 60°C درجة سلسية التي تمثل أعلى درجة حرارة في مياههما. وقد حفرت بئران عميقان في هذه المنطقة في محاولة للتعرف على درجة حرارة هذه المياه بعيداً عن سطح الأرض. ويعتقد في كثير من الأحيان أن المياه الحارة تختلط بمياه خزانات جوفية باردة عند اقترابها من سطح الأرض. غير أن النتيجة لم تكن مشجعة لأنه لم يعثر على مياه شديدة الحرارة في الأعماق.

على أي حال فإن حافتي صدع البحر الميت التحويلي الشرقية والغربية كثيرة التصدع. بعض هذه الصدوع رئيسية. ويبدو أنها سبب مباشر يسهل خروج المياه الساخنة إلى سطح الأرض على شكل ينابيع من مثل حمة اليرموك وزرقاء ماعين والحسا. هذه الصدوع ليست بديلاً للفكرتين السابقتين بل الوسيلة العملية التي تسهل خروج المياه الساخنة بغض النظر عن أسباب تسخينها.

قد يقال لماذا تظهر الينابيع الحارة عند حافتي الغور-البحر الميت ولا تظهر في المرتفعات والهضبة الأردنية؟ ويبدو أن سبب ذلك مرده استمرار نهوض الجبال وخفض أرض الغور-البحر الميت. مما أدى إلى تكشف التكاوين العميقة طبقياً كمجموعات الكربن والعزب والرمثا ورم. هذه المجموعات لا تظهر في الهضبة الأردنية أو في الجبال إلا في غربها قريباً من الأغوار. ومن ثم سهل على المياه أن تخرج على شكل ينابيع بغض النظر عن درجة حرارتها باردة كانت م حارة وذلك عند التقاء منسوب الماء في الخزان الجوفي مع سطح الأرض أو مع صدع. ويبدو أيضاً أن التدفق من هذه الينابيع الباردة والحارة أخذ في الزيادة بسبب استمرار تدني مستوى سطح البحر الميت.

٥,٨ بعض المشكلات البيئية

نعرض في هذا العنوان إلى بعض المشكلات البيئية الواضحة المتعلقة بالمياه السطحية والجوفية. قد تكون جميعها معروفة غير أنه لا بأس من ذكرها لمزيد من التنبيه على أهمية معالجتها.

١,٥,٨ نوعية المياه السطحية

نبدأ بالقول أن هذه العجالة ليس من شأنها استقصاء وضع المياه السطحية في الأردن جميعه. بل المقصود أن نضع خطوطاً عريضة واضحة للتفكير في هذا الأمر ومعالجته. قلنا سابقاً أن المياه السطحية مكونة من مياه الفيضان وقت الأمطار ومن مياه الجريان الدائم الذي يأتي من المياه الجوفية. تتضمن هذه المياه بنوعيتها لتجري في الأودية والنهيرات مكونة مصادر المياه السطحية في الأردن. ولما كانت مياه الفيضان تفوق مياه الجريان الدائم كثيراً في معظم الأحيان (جدول ٥,٨) فإن من المتوقع أن تكون المياه

السطحية جيدة النوعية وقليلة الأملاح. وهذا ما يلاحظ في الأودية التي بقيت على حالتها الطبيعية ولم يتدخل الإنسان في مجراها صناعة وزراعة وعمرانا.

غير أن الأردن قد ابتلي منذ مدة بوضع محطات تنقية مياه المجاري (مياه الصرف الصحي) على الأودية الحاملة للمياه السطحية. وفي الوقت ذاته بنت سدودا على هذه الأودية لجمع المياه السطحية. ومن ذلك محطة عين غزال على نهر الزرقاء ومحطة خربة السمرة على نهر الزرقاء وسد الملك طلال. ومحطة البقعة ووادي السليحي وسد الملك طلال. ومحطة الفحيص ومحطة السلط وسد وادي شعيب. ومحطة وادي السير على وادي البحات-الكفرين وسد الكفرين. وغيرها. وبالتالي فليس غريبا أن تتدنى كثيرا نوعية المياه السطحية بإضافة مياه الصرف الصحي لها. وفي هذا السياق نبرز مسألتين

- أولاها أن التلوث المهم للمياه السطحية في السدود والأودية التي بها محطات تنقية هو التلوث العضوي. فالدراسات جميعها تشير إلى ارتفاع نسبة الكربون الحيوي BOD والكربون الكيماوي COD والكربون الكلي TOC في المياه السطحية المختلطة مع مياه محطات التنقية. نضيف إلى ذلك زيادة النترات والفوسفات بشكل واضح في المياه ذاتها. وأسوأ من ذلك وجود البرازيات القولونية وغيرها من الكائنات الدقيقة الضارة (جدول ٢٠,٨).

جدول ٢٠,٨

تركيز أشكال الكربون والبرازيات عند مخر خربة السمرة وفي وادي الضليل (1991 Bannayan)

المكون mg/l	المعدل السنوي عند مخرج خربة السمرة	المعدل السنوي ١٢ كم في الوادي بعد المخرج
BOD5	١١٥	٩٢
COD	٤٠٦	٣٣٠
TOC	١٤٠	١٢٣
مجموع الحمل المعلق TSS	١٨٦	٢٨٦
مجموع coliform في ١٠٠ سم ^٣	٢٩٧٦	٨٤٤٣
coliform البرازية في ١٠٠ سم ^٣	٢١٧	١١٤٣

إن زيادة الكربون بكل أشكاله يؤدي إلى استهلاك الأكسجين في المياه السطحية وخاصة في السدود. أما زيادة النترات والفوسفات فتساعد على نمو أفضل للطحالب الخضراء على اعتبار أنهما غذاء الطحالب. الطحالب الخضراء في النهاية بعد موتها في مياه السدود هي مادة عضوية تهبط إلى أسفل فتستهلك الأكسجين. والنتيجة النهائية قد تكون استهلاك الأكسجين كلية في مياه السد وتشكل غاز كبريتيد الهيدروجين السام eutrication. هذا الوضع يؤدي إلى موت أشكال الحياة الراقية التي تتنفس الأكسجين كالأسماك والقواقع وغيرها. هذه المسألة واضحة في سد الملك طلال لكثرة ما يأتيه من التنقية وسوء محطة خربة السمرة وطول مكث المياه في السد وقلة الأمطار بشكل عام. غير أنها ليست مشكلة في سد وادي شعيب لأن ماء تغيب تحت الحصباء في زمن قصير لتغذي المياه الجوفية في منطقة الشونة الجنوبية. على أي حال، فإن الوضع الحالي في سد الملك طلال ليس بالسوء الذي وصفناه أعلاه. فقد دلت التحاليل الحديثة على وجود الأكسجين في مياه السد السفلى ولو بكميات أقل من المياه المهواة. فهل هذا الوضع يعكس تحسنا في أعمال التنقية في خربة السمرة؟ ربما.

- وثانيهما أننا لا نعتقد بوجود تلوث حقيقي بالفلزات الثقيلة trace metals في السدود والمياه الجارية في الأودية التي بها محطات تنقية. ومن هذه الفلزات الكاديوم

والرصاص والزرنيخ والزنك والكروم والنيكل والنحاس وغيرها كثير. هذا ما يظهر في جدول ٢١،٨ وهو خلاصة تحاليل مياه سد الملك طلال لعام ١٩٩٩ في الجمعية الملكية. ويتضح من الجدول أن الفلزات المعنية جميعها أدنى من النسب العالمية المسموح بها عند منظمة الفاو للأغراض الزراعية (تقرير الجمعية الملكية النهائي ١٩٩٩). ويبدو أن ما قامت به الدولة في العقدين الماضيين من تنظيم بيئي للمصانع على مجرى نهر الزرقاء قد أدى في النهاية إلى ما نراه اليوم.

جدول ٢١،٨

تركيز الفلزات الثقيلة trace metals في وسط بحيرة سد الملك طلال ١٩٩٨/١٩٩٩ (التقرير السنوي للجمعية العلمية الملكية ١٩٩٩)

العنصر	التركيز ملغم/لتر	العنصر	التركيز ملغم/لتر
Al	> ٠,١	Mo	> ٠,١
As	> ٠,٠٥	Ni	> ٠,٢
Cd	> ٠,٠٣	Pb	> ٠,١
Co	> ٠,٥	Se	> ٠,٠٥
Cr	> ٠,٢٥	Sn	> ٠,١
Cu	> ٠,٢٥	V	> ٠,١
Fe	> ٠,٥	Zn	> ٠,٠١
Li	> ٠,٢٥	Hg	> ٠,٠١
Mn	> ٠,٠٦	Sb	> ٠,٠٥

٢,٥,٨ مكبات النفايات الصلبة والمياه الجوفية

نأخذ مثالا لذلك مكب النفايات الصلبة لعمان-الزرقاء-الرصيفة. وهو حفرة مفتوحة كبيرة تقع في منطقة الرصيفة جنوب طريق عمان-الزرقاء السريع. هذه الحفرة هي منجم قديم للفوسفات كان التعدين فيه يجري بطريقة الحفرة المفتوحة open pit. وقد تركته شركة الفوسفات بعد أن قررت عدم استغلال خامات الفوسفات في ما يعرف بمنطقة زرقاء ب الواقعة جنوب الرصيفة على الرغم من وجود بضع عشرات ملايين الأطنان هناك. توجد كذلك حفرتان أصغر حجما من الحفرة الرئيسية. عمق الحفرة قرابة ٢٠ م أو يزيد بينما طولها يقل قليلا عن الكيلومتر الواحد وعرضها بضع مئات من الأمتار. وهي محفورة في النهاية العليا لخزان B2 الجوفي. عمق المياه الجوفية في الحفرة ٣٠-٤٠ م. هذه المياه الجوفية هي مياه خزان عمان-الزرقاء الجوفي الذي يستخرج منه ١٤٩ مليون م٣ سنويا على مستوى الحوض الكبير وقرابة ثلث ذلك من حقل آبار عمان-الزرقاء.

تقوم أمانة عمان والبلديات المجاورة بطمر النفايات الصلبة المنزلية وما يقع في حكمها مما يجمع في هذه المدن في الحاويات. ثم يجمع ويرص بناقلات النفايات ويرسل إلى المكب الموصوف أعلاه. في المكب توضع النفايات الصلبة على شكل طبقات يفصل بينها طبقة رقيقة من الأتربة التي استخرجت قديما في أثناء تعدين الفوسفات الموجودة على شكل تلال من الردم سيئة المنظر. ثم ترص قليلا لتقليل حجمها. والحفرة في طريقها إلى الامتلاء إن لم تكن قد امتلأت. وقد زرت الموقع أكثر من مرة في أثناء العمل فلاحظت أن الحفرة لم تبطن بأي مادة تمنع تسرب الملوثات إلى أسفل مع الزمن. كأن توضع طبقة ترابية بسمك كاف من نوع طين خاص مانع لحركة العصارة نحو المياه. ولم تبطن الجوانب. ويمكن تلخيص هذا العمل بأن النفايات الصلبة قد خزنت في جوف الخزان المائي الجوفي.

المشكلة هنا هي أنه على المدى القصير قد لا ترى عملية تلوث لمياه حوض عمان-الزرقاء في اتجاه حركة المياه. هذا ما توصل إليه الريماوي وآخرون (١٩٩٩) من أنهم لم يسجلوا تلوثا للمياه الجوفية حول مكب النفايات الصلبة في الرصيفة في عينات أخذت عامي ١٩٩٠

و١٩٩٥. غير أن الزمن والحرارة الناتجة من التفاعلات البيئية وكثرة المادة العضوية المنزلية سهلة التحلل سيؤدي إلى تشكل عصارة leachate عضوية متحركة تحمل الكثير من الملوثات العضوية والفلزية. هذه العصارة لن تلبث أن تجد طريقها إلى المياه الجوفية القريبة. ولا أظن أن بالإمكان عمل شيء في المستقبل لحل هذه المسألة. نسأل الله العفو. على أي حال، لا بد من عملية مراقبة دائمة لمياه الآبار القريبة من هذا المكب

٣,٥,٨ تملح المياه الجوفية والسطحية

الملاحه شكل من أشكال الجمال. والمرأة المليحة هي المرأة الجميلة بشكل عام. غير أننا نقصد بالتملح زيادة الأملاح في المياه أكثر مما كانت عليه في الخزان الجوفي أو المجرى المائي. أو إن شئت زيادة كمية المواد الصلبة الذائبة في المياه TDS. وهي مشكلة حقيقية في الأردن. الشكل ١٤,٨ يوضح ملوحة مياه الخزانات الجوفية في الأردن. أما سببها المباشر في الخزانات الجوفية فهو الضخ الجائر من ذلك الحوض الذي يزيد كثيراً عن كمية التغذية مضافاً إليه وصول فائض مياه الري الغمرى إلى المياه الجوفية ولمدة كافية. وليكن مثالنا الذي نوضح به مشكلة التملح في الأحواض المائية الجوفية الضحلة shallow aquifers هو ما جرى في آبار الضليل أو الجفر. الخطوات التالية حدثت

- معدل التغذية السنوية إلى حوض الضليل هي
- حفر عدد كبير من الآبار في الخزان الضحل في هذه المنطقة وضخ الماء منها دون سيطرة علمية.
- انخفاض مستوى سطح الماء الجوفي.
- الري بالغمر وهبوط فائض ماء الري بعد غسل التربة حتى يصل المياه الجوفية. ومع استمرار عملية الغسل تزداد نسبة الأملاح التي تصل المياه. فتزداد ملوحتها خاصة مع قلة كمياتها التي بقيت من الضخ الجائر. أنظر جدول ٢٢,٨ الذي يوضح مقارنة لكميائية المياه الجوفية في بعض آبار الضليل والمفرق الشمالي. قد يكون الأهم أن تلاحظ تغير الملوحة مع الزمن. وتقتضي الأمانة العلمية أن نذكر أن جزءاً مهماً من الملوحة التي حدثت بعد ١٩٨٥ كان بسبب انسياب مياه خربة السمرة إلى هذا الخزان الجوفي المفتوح. يؤكد ذلك الارتفاع الكبير في النترات في هذه المياه بعد عام ١٩٨٥ الذي أُنشئت فيه خربة السمرة (ريماوي وآخرون ٢٠٠٠ أ و ب، ريماوي وكاتبة ٢٠٠٠). أنظر عنوان ٤,٥,٨.

جدول ٢٢,٨

يوضح التغير في مياه آبار الضليل والبادية الشمالية بسبب الضخ الجائر وفائض مياه الري ومياه خربة السمرة (ريماوي وآخرون ٢٠٠٠ أ و ب، ريماوي وكاتبة ٢٠٠٠)

المكون	شمال المفرق		منطقة الضليل			
	١٩٦٥	١٩٩٥	بئر عطية	بئر التلاوي	بئر مصنع الآتابيب	
EC μ S/cm	٣١٠	١١٤٠	٨٩٠	٦٩٨٠	١٠٤٧	١٢٦٧
TDS mg/l	١٩٥,٢	٧٧٧,١	٥٨٠	٦١٥٠	٦٣٢٠	١٢٠٢
pH	٦,٤١	٨,٤٨	٧,٠٣	٧,٩٤	٧,١١	٧,٤٧
Na meq/l	٠,٤	٧٣,٠	٢,٨٧	٣٥,٠١	٨,٣٢	٤٥,٢٦
K meq/l	٠,٠١	٢,٢	٠,٠٥	٠,٧٧	٠,٣٣	١,١٠
Mg meq/l	٠,٢٩	٣٨,٠	١,٦٦	٢٨,٠٠	٢٩,٩٠	٧٧,٧٠
Ca meq/l	٠,٣٩	٣٣,٦	٢,٢٠	٣١,٤٠	٣٣,٨٠	٧٣,٠٠

٢٦,٢ ٧	٢,٧٦	١٢١,٣ ٨	٧٠,٦٠	٦٣,٨٠	٣,٩٤	٩٦,٥٥	٠,٢٦	Cl meq/l
٧,٢٥	١,١٤	٣٤,٤٣	٠,٤٦	١٨,٤٧	٠,٧٠	٣٣,٥	٠,٠٣	SO4 meq/l
						٠,٣٩	٠,٠٠	CO3 meq/l
١٢,٥ ٠	١,٣١	٢,٩١	١,٢٢	٦,١٥	١,١١	٨,٩٥	٠,٢٩	HCO3 meq/l
		٤٧٧,٤	١١٧,٨	٣٠٢,٨	٨,٠٦	٩٨,٠٠	٠,٠٠	NO3 meq/l
						٧٨,٧٨	٥,٤٦	Ca %
						٦٢,٢٩	٥,٤٨	Mg %
						٨٤,١٣	٨,٣٦	Na+k %
						٩١,٨١	٤,١٩	Cl %
						٦٢,٤٩	٠,٥٤	SO4%
						٨٨,١١	٠,٧	HCO3%

ويبدو أن شيئاً مماثلاً قد حدث في بعض أجزاء حوض الجفر وفي منطقة الكرامة في الغور.

أما في حوض الأزرق فالخوف ليس من تملح المياه من فائض مياه الري ولكن من تداخل المياه الجوفية المالحة الموجودة تحت وبجانب المياه العذبة. هذا الوضع يوضحه شكل ١٥,٨. مياه الفيضان الشتوية التي تغطي قاع الأزرق (أو سبخة الأزرق إن شئت) ترشح إلى خزان ضحل مالحة. بينما المياه العذبة التي ترشح إلى حوض الأزرق تغذي خزان البازلت/الرجام بحيث يتجاور نوعا الماء عبر سطح interface يميل نحو المياه العذبة. تكون المياه العذبة فوق المالحة قرب الخزان المالحة ثم يزيد عمق الخزان العذب بعيدا عنه. يبقى هذا الوضع الطبيعي سليما وفعالا إذا بقي الضخ من الخزان العذب طبيعيا أي ضمن حدود التغذية أو حتى أكثر قليلا مستفيدين من المخزون المائي. غير أن الضخ الجائر سيؤدي إلى الإخلال بهذه الصورة فتقل المياه العذبة فوق المالحة وتتدفع الأخيرة وتملح الخزان العذب. فإذا وصلنا إلى مرحلة تداخل المياه يجب أن يترك الخزان فترة طويلة من الزمن قبل إمكانية الضخ منه ليسمح للماء العذب بالتطبيق فوق الماء المالحة كما كان سابقا. وهو الشيء نفسه الذي يحدث في الخزانات الجوفية الساحلية وتداخل مياه البحر فيها إثر الضخ الجائر.

لم نصل إلى مرحلة تداخل المياه المالحة مع المياه العذبة في الأزرق. غير أن كل المؤشرات تشير إلى أننا نتجه إلى ذلك. يقبل العاملون أن التغذية السنوية للمياه العذبة تتراوح في المعدل بين ٢٠-٢٤ مليون م^٣ (الغرابشة ١٩٩٥). أما الضخ إلى عمان ومحليا وإلى المزارع المرخصة وغير المرخصة فقد يصل إلى ٤٠-٥٠ مليون م^٣ سنويا. هذا الوضع غير سليم ولا بد من ضبطه لمصلحة الجميع.

أما تملح المياه السطحية فأفضل مثال عليها هو ما جرى لنهر الأردن. هذا النهر الخالد الذي كان إذا فاض (في الخمسينات وما قبلها من القرن الماضي) يغمر كل الزور أو السهل الفيضي للنهر. وقد رأى ذلك الكاتب في بدايات عمره أكثر من مرة. غير أن تحويل مياهه من طبرية وشمالها نحو داخل فلسطين من الكيان الصهيوني أبقى القليل من المياه في مجراه. ثم ازداد الأمر سوء بتحويل المياه المالحة في حوض وادي الأردن إلى مجرى النهر. مما أدى في النهاية إلى رفع ملوحته إلى أكثر من ٦٠٠٠ ملغرام/لتر في أشهر الصيف. فأصبح غير صالح للزراعة. حتى المزارع الأردنية التي على النهر مباشرة تسقى من قناة الغور الشرقية وليس منه. لقد أماتوه.

٤,٤,٨ تأثير المياه السطحية الملوثة على المياه الجوفية

قد يكون مثالها الواضح تأثير مياه سيل الزرقاء بعد محطة عين غزال على المياه الجوفية في حوض عمان - الزرقاء. ثم مخرجات المصانع التي ترفد سيل الزرقاء مثل مصنع الخميرة (هتشفه شبي شمشة ١٩٩٩). وأسوأ من ذلك تأثير المياه الخارجة من محطة خربة السمرة إلى وادي الضليل فسيل الزرقاء حتى سد الملك طلال. وفي كلتا الحالتين فإن الخزان الجوفي (B2) ليس محصوراً أي أن سيل الزرقاء يجري ضمن صخور الخزان الجوفي. ومن ثم فإن استمرار جريان المياه الملوثة في السيل ولمدة كافية من الزمن سيؤدي في النهاية إلى وصول الملوثات إلى المياه الجوفية من مثل بئر التلاوي القريب من المحطة ثم يتناقص التلوث غرباً بعيداً عنها (Rimawi 1992). ويبدو أن هذا التلوث قد حصل في آبار الضليل متأثرة بمياه خربة السمرة الخارجة منها. أنظر جدول ٢٢،٨ و ٢٣،٨ ولاحظ فيهما كمية النترات في المياه الجوفية بعد ١٩٨٥ كمؤشر على التلوث بالمياه العادمة.

جدول ٢٣،٨

معدل بعض المكونات الكيماوية لآبار الضليل والزرقاء (Bannayan 1991)

المكون	الزرقاء	منطقة وادي الضليل	المكون	الزرقاء	منطقة وادي الضليل
	١٩٨٥	١٩٨٥		١٩٨٥	١٩٨٥
ECµs/cm	١٧٠٠	١٧٠٦	SO4 meq/l	٣٣٥٩	٧،٣٤
PH	٧،٢٥	٧،٥٦	Cl meq/l	٧،٣٤	٢١،٨٨
Ca meq/l	٥،٥٥	٦،٠٨	Br mg/l	١١،١٥	٨،٥١
Mg meq/l	٣،٩	٤،٦٤	I mg/l	١٠،٠٤	٣،٠١٨
Na meq/l	٧،٥٧	٦،٧٤	PO4 mg/l	١٤،١٣	٠،٣٧٥
K meq/l	٠،١٥٧	٠،١٦٣	TOC mg/l	٠،٢١٦	٧،٨١٦
HCO3 meq/l	٤،٣٥	٣،٥	COD mg/l	٣،٠٨	١٦،١٩

المراجع

- جبريل، فداء، ١٩٩٩. مشروع مراقبة نوعية مياه سد الملك طلال. التقرير السنوي النهائي. الجمعية العلمية الملكية، مركز بحوث البناء. ١٠٢ صفحة.
- رزق، إدوارد، ١٩٦٧. نهر الأردن وروافده. مكتب جامعة الدول العربية بلندن. ترجمة وزارة الإعلام الأردنية. ٨٥ صفحة.
- ريماوي، عمر وشطنوي، محمد وعواد، مهيب، ٢٠٠٠. أ. تأثير الشحن الجوفي غير المقصود على نوعية مياه الخزان الجوفي الضحل في منطقة خربة السمرة. وقائع الندوة الإقليمية حول آفاق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية، مركز البحوث والدراسات المائية والبيئية في الجامعة الأردنية، عمان.
- سعد، علي، ١٩٩٥. تكنولوجيا إدارة الموارد المائية في المشرق والمغرب: التجربة الأردنية في مجال المياه السطحية. ورشة عمل المياه السطحية وبناء الخزانات. سوريا، مشروع راب ٨٩/٠٠٣.
- سعد، علي، ١٩٩٥. المصادر المائية في حوض الأردن. اليوم العلمي للمياه/ نقابة المهندسين الأردنيين، عمان.
- سعد، علي، ١٩٩٧. تكنولوجيا إدارة الموارد المائية السطحية. اليوم العلمي للمياه/ نقابة المهندسين الأردنيين، عمان.
- سلامة، إلياس وريماوي، عمر، ١٩٩٧. السياحة العلاجية: مياه الاستشفاء في الأردن. وزارة السياحة والآثار، عمان. ٨٦ صفحة.
- عابد، عبد القادر. ١٩٨٢. جيولوجيا الأردن. مكتبة النهضة الإسلامية، عمان. ٢٣٢ صفحة.
- عابد، عبد القادر، ١٩٨٥. جيولوجيا البحر الميت. دار الأرقم. عمان. ٢٣٢ صفحة.
- عابد، عبد القادر وصايل وشاحي، ١٩٩٩. جيولوجية فلسطين. مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين. رام الله. ٤٦١ صفحة.

- الغزاوي، علي والجاني، هبة، ١٩٩٥. قطاع المياه في الأردن: حقائق وأرقام. الجمعية العلمية الملكية، الأردن. ٣٥ صفحة.
- كالي، اليشع، ١٩٩١. المياه والسلام: وجهة نظر إسرائيلية. ترجمة رندة حيدر، بيروت. ١٦٧ صفحة.
- مخيمر، سامر وحجازي، خالد، ١٩٩٦. أزمة المياه في المنطقة العربية: الحقائق والبدائل الممكنة. عالم المعرفة ٢٠٩، الكويت. ٣٨٢ صفحة.
- Abed, A. M., 1983. The Mediterranean-Dead Sea canal. *Proc. Ist Jord. Geol. Cnf.*,
- Abed, A. M. , 1996. Geology of the deep aquifer in Jordan
- Abed. A. M. & Amireh, B. S., 1999. Sedimentology, geochemistry, economic potential and paleogeography of an Upper Cretaceous phosphorite belt in the southeastern desert of Jordan. *Cretaceous Research*, 20, 119-133.
- Abed, A. M., Carbonel, P., Collin-Girard, J., Fontugne, M., Petit-Maire, N., Reyss, J. C., and Yasin, S., 2000. Un paleolac du dernier interglaciaire Pleistocene dans l'extreme sud hyperaride de la Jordanie. *Academy of Science Bull. Paris* (in press).
- Abu Ajamieh, M. M., 1989. *Mineral Resources of Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 149p.
- Abu Ajamieh, M., Bender, F. and Eicher, R., 1988. *Natural Resources in Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 224p.
- Agrar und Hydrotechnik and BGR., 1977. National Water Master Plan of Jordan. I-IV, NRA, Amman.
- Al-Weshah, R., 1992. Jordan's water resources: technical perspective. *Water International*, 17, 124-132.
- Al-Kharabsheh, A., 1995. Possibilities of groundwater recharge in the Azraq basin: Potential surface water utilization of five representative catchment areas (Jordan). *Hydrogeologie und Umwelt*, 10, 205p.
- Amireh, B. S., 1999. The Early Cretaceous Kurnub Group of Jordan: Subdivision, characterization and depositional environment development. *N. Jh. Geol. Palaont. Mh.*, , 289-300.
- Bannayan, H., 1991. The inadequacy of stabilization ponds treatment as manifested by the effect of Khirbet es-Samara effluent on the groundwater quality of the surrounding area. In: *Water Pollution in Jordan* edited by Friedrich EbertStiftung, 25-50.
- Bender, F., 1974. *Geology of Jordan*. Brontraeger, Berlin, 119pp.
- Blake, G. and Ionides, M., 1939. *Report on the Water resources of Transjordan and their development incorporating a report on geology, soils, minerals and hydrogeological conclusions*. Crown Agents for the Colonies, London. 372p.
- Murakami, M., 1995. *Managing water for peace in the Middle East: alternative strategies*. United Nation University Press, Tokyo. 309p.
- Rimawi, O., 1992. Quality changes of treated wastewater during infiltration and its effects on groundwater resources in Khirbet es-Samra raea, Jordan. *Arab Gulf J. Scient. Res.*, 10, 121-142.
- Rimawi, and Salameh, E., 1999. Chemical changes of yeast wastewater during infiltration in Ruseifa area, Jordan. *Jour. Hydrological Sciences*, 44, 799-810.
- Rimawi, O., Shatnawi, M., and Fayyad, M., 1999. The effect of solid waste disposal on the groundwater quality in Ruseifa area, Jordan. *Abhath Al-Yarmouk, Basic Science and Engineering*, 8, 73-92.
- Rimawi, O., Al-Ansari, N., Salameh, E., and El-Naqa, A., 2000 b. Hydrocchemistry and groundwater resource in the northeastern part of Mafraq area, Jordan. *Al-Manarah*, in press.
- Rimawi, O. and Katbeh, H., 2000. Origin of nitrate and salinization of Wadi Dhuleil groundwater resources usig chemical and isotopic techniques, Jordan. *International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC*. In press
- Salameh, I., 1986. Curative water in Jordan. Water Research and Study Center, 7, Univ. Of Jordan, Amman.

مسرد مصطلحات

بركانية	Volcanic	أبواغ	Pollens
بركة	Volcanism	آثار المستحاثات	Trace fossils
		آثار نقاط المطر	rain drops
بطنقدميات	gastropods	أثر الصدع	fault scarp
بورسيلينيت (تربولي)	Porcelanite	أحواض بين جبلية	intermontane basins
بينات بحرية	Marine enviro	أحواض	basins
بينة بيلاجية	Pelagic	آخر قمة جليدية	last glacial maximum
بيتومين	Betumin	أردواز	Slate
بيزوليت	Pisolite	أركي	Archean
تأريخ إشعاعي	Radigenic dating	إعادة تبلور	recrystallization
تبخر وبتح	Evapotranspiration	إعادة تحريك	reworking
تبخرات	Evaporites	أغوار	Rifts
تجبلية	(orogenesis)	أفيوليت	Ophiolite
تجوية	Weahering	إقليمي	Regional
تحت السطحي	Subsurface	أمطار موسمية	monsoon
تحت المدية	subtidal	إنزلاقات أرضية	Landslides
تحول إقليمي	Regional metamorphism	أنسيماي أي محيطي	Oceanic
تحول احتراقي	Combustion	أنهار متعطفة	Meandering
metamorphism		أوبال	Opal christobalite/tridimite
تحول بالتماس	Contact metamorphism	أونكوليت	oncolite
تحول	Metamorphism	أوليت	Oolite
تدرجا واضحا	graded	أوليت	Oolite
تذرية	deflation	أوليت	Oolite
تراكيب رسوبية أولية	Primary sedimentary	أوليت	Oolite
structures		أوليت	Oolite
تربة قديمة	Paleosoil	أوليت	Oolite
ترسخ	Cratonisation	أوليت	Oolite
ترسيب لاحق	Diagenetic	أوليت	Oolite
ترسيب من المياه الخالية	Authigenic	أوليت	Oolite
تشققات الطين	Mud cracks	أوليت	Oolite
تصادم	Collision	أوليت	Oolite
تصغر نحو الأعلى	fining upwards	أوليت	Oolite
تضاريس مرتفعة	paleohigh	أوليت	Oolite
تضاغط	Compressional	أوليت	Oolite
تطبق رقائقي	Lamination	أوليت	Oolite
تطبق متقاطع ثنائي الاتجاه	herringbone	أوليت	Oolite
cross-bedding		أوليت	Oolite
تطبق متقاطع خمي	hummocky cross-	أوليت	Oolite
bedding		أوليت	Oolite
تطبق متقاطع مستوى	planar	أوليت	Oolite
تطبق متقاطع	cross-bedding	أوليت	Oolite
تغذية	recharge	أوليت	Oolite
تغيرات جانبية	Lateral changes	أوليت	Oolite
تقدم بحري	transgression	أوليت	Oolite
تقشر	exfoliation	أوليت	Oolite
تكتونية نشطة	active tectonics	أوليت	Oolite
تكشف	Outcrop	أوليت	Oolite
تكوين	Formation	أوليت	Oolite
تليت رسوبيات طينية جليدية	tillite	أوليت	Oolite
تمعدن	Mineralization	أوليت	Oolite
تنظيف	Winnowing	أوليت	Oolite
توجيه الحبات	imbrication	أوليت	Oolite
تورق	Foliation	أوليت	Oolite

رقائق varves
 رقائقية طحلبية Algal lamination
 رقبة بركان volcanic neck
 رقيق التطبيق Thinly bedded
 ركاميات السفوح talus or scree
 ركاميات مروحية alluvial fans
 رماد ركاني Volcanic ash
 رمل الأركوز arkosic
 رمل الزجاج glass sand
 رمل السيلكا silica sand
 رمل زيتي أو قطراني Oil / Tar sand
 رمية Throw
 رواهص قاع القناة channel lag
 conglomerates
 رواهص الأساس basal conglomerates
 سبخة (Supratidal)
 ستروماتوليت Stromatolites
 سحنات صخرية lithofacies
 سحنة مجهرية Microfacies
 سحنة Facies
 سطح البحر المنخفض lowstand sea level
 سطح التسوية peniplanation surface
 سطح عدم التوافق الهرسيني Hercynian
 Unconformity
 سطح عدم توافق إقليمي Regional
 unconformity
 سطح عدم توافق Unconformity
 سطوح التطبيق Bedding planes
 سلكريت Silcrete
 سهول فيضية Flood plains
 سيالية Sialic
 سيلسية Silicification
 سيليسية Siliceous
 شد Tensional
 شديدة التراص grain-supported
 شست Schist
 شعب جمعها شعاب bioherm
 صخر زيتي Oil shale
 صخر مولد للبترول Source rock
 صخور الرمل الجيري (كالك أرينيت calcarenite
 صخور بلوتونية Plutonic rocks
 صخرية جوفية
 صخور ثوليتية (قليلة البوتاسيوم)
 صخور جوفية Plutonic rocks
 صخور سطحية Extrusive rocks
 صخور صناعية Industrial rocks
 صدع تحويلي Transform
 صدع دفع علوي thrust faults
 صدع عادي (Normal) Gravity Fault (Normal)
 صدع عادي Normal
 صدع عكسي Reverse
 صدع مستعرض Transverse Fault
 صدع نمو listric normal fault
 صدع Fault
 صدوع حدودية border faults

تيارات صاعدة Upwelling currents
 تيارات صاعدة (upwelling currents)
 ثنائية الحبات bimodal
 جبكريت gypcrete
 جدد sills
 جرف Cliff
 جريان الأساس Bae flow
 جريان Runoff
 جزء بعيد distal
 جزء قريب proximal
 جزر قوسية island arcs
 جلدشوكيات echinoids
 حامضي التركيب Acidic
 حبيبي granular
 حت Erosion
 حجارة البناء Dimesion stones
 حجر الطين الجيري calcilutite
 حجر الغرين الجيري calcisiltite
 حجر الغرين Siltstone
 حجر جيرى أبيض كتم tuffaceous
 حجر جيرى بيلويدي peloidal grainstone-
 wackostone
 حجر جيرى ناعم (مكريت) Micrite
 حجر رمل الجروك greywacke
 حجر رملي حصوي Pebbly
 حجر رملي كوارتزي quartzarenite
 حرة Basalt field
 حركات بانائية للجبال Collisional orogeny
 حركة إزاحة أفقية Strike-Slip
 حركة أفقية يسارية Sinistral
 حركة أفقية يمينية Dixtral
 حركة تجبلية Orogeny
 حرمانى hydrothermal
 حروز striations
 حصباء صناعية وطبيعية Aggregates
 حصباء Gravel
 حفرة مفتوحة Open pit
 حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي) CENOZOIC
 حقبة الحياة القديمة (الباليوزوي) Paleozoic
 حقبة الحياة المتوسطة MESOZOIC
 حوض محصورة Restricted basin
 خامات فلزية Metallic ores
 خزان جوفي مفتوح أو غير محصور
 unconfined
 خزان ضحل shallow aquifer
 خزانات جوفية aquifers
 خط الصرف water divide
 خطوط الانسياب flow lines
 خطوط تساوي الضغط equipotential lines
 خطوط تساوي الضغط equipotential lines
 درز أرضي Geosuture
 رأسقدميات Cephalopoda
 راسخ جمعها رواسخ Craton
 رسوبيات جليدية Glacial Deposits
 رف قاري مفتوح خارجي outer shelf

total dissolved	مجموع المواد الصلبة الذائبة	step – faults	صدوع سُلمية
solids (TDS)	صفيحة محيطية	Oceanic plate	صقلت
Group	مجموعة	faceted	صوان
Weathered	مجواة	Chert	صوان بريشي
bivalves	محاريات	brecciated chert	ضحلة نحو الأعلى
Anticline	محدب	Shallowing upwards	طباشير
“ geanticline	محدبا إقليمي	Chalk	طباقية
confined	محصور	Stratigraphy	طحالب
intrusives	محقوقات	Algae	طفة
Neo-Tethys	محيط التيثس الجديد	Tuff	طي
Dolomitised	مدلمتة	Folding	طية
alluvial fan	مراوح أودية	Fold	ظهر تضاعط
Coral	مرجان	pressure ridge	ظهر وسط المحيط الأطلسي
(reducing = anoxic)	مرجعة أو مختزلة	Mid Atlantic	Ridge
Angular	مزواة		عصاراة
Porosity	مسامية	leachate	عضو
Fossil	مستحاثة	Member	عقيدات
Terrace	مسطبة	Concretion or nodules	علامات النيم
inter-subtidal ,tidal flats	مسطحات المد	Ripptes marks	علامات نيم متداخلة وموجبة
brackish	مسوس	Wavy &	hnterference
Correlation	مضاهاة		عمليات لاحقة للترسيب
nodualrity	مظهر عقيدي	diagenetic	عملية رفع
Light	معادن فاتحة	uplift	عناصر ثانوية
Dark	معادن قاتمة	trace elements	عنبر
Coeffecient of runoff	معامل الجريان	Amber	عوالق حيوانية
sedimentation rate	معدل الترسيب	Zooplanktons	عوالق نباتية
Rate of denudation	معدل التعرية	Phytoplanktons	عوالق
Storm rate	معدل الجريان الفيضاني أو العاصفي	planktons	غرين
of runoff		Silt	غضار
Rate of subsidence	معدل الخفض/الرفع	shale	غوص
Rate of uplift	معدل الرفع	Subduction	فتات الفوسفات الداخلي
Complex	معقد	intraclasts	فرانكوليت
Migmatite	مغماتيت	Francolite	فرز
phosphatised	مفسفة	Sorting	فعاليات الكائنات الحية
Syncline	مقر	bioturbation	فلسي
xenoliths	مكتنفات	Felsic	فواصل
Peloids	مكورات	Joints	فوسفات ناعم
rock salt	ملح صخري	mudsphorite	قاع متصلب
geothermal gradient	ممال حراري أرضي	hardground	قاع 'Gaa' أو
gradient	ممال	mud flat	قاعدي التركيب
(highs أو Swells)	مناطق مرتفعة	Basic	قاعي
catchment area	منطقة الرصد	trough	قواطع
Base flow	مياه الجريان الدائم	dykes	كارناليت
Infiltration	مياه الرش	KCl. MgCl ₂ . 6H ₂ O	كالكرت أو كاليش أو ناري
Groundwater	مياه جوفية	calcrete	كالكرت
fossil water	مياه جوفية أحفورية أو مستحاثة	Calcrete	كلسقلوية
interstitial	مياه خلالية	calcalkaline	كوينا
Surface Water	مياه سطحية	Coquina	كبروجين
meteoric	مياه عذبة	Kerogen	لاية كتلية آه آه
Renewable	مياه متجددة	aa	لاغون
Mesozoic	ميزوزوي	Lagoon	متزامنة مع الترسيب
Gneiss	نايس	.synsedimentary	متعدنة
Angiosperms	نباتات بذرية	Minerilised	متورق
Nabkha	نبخة	Foliated	
BOD	نسبة الكربون الحيوي		

نسق Suite
نسيج عين الطير bird's eye texture
نشاط تكتوني داخل الراسخ Intracratonic
tectonism
نشاط صدعي تمددي Extensional
نضج oil window
نطبق متقاطع مماسي Tangential
نظائر Isotopes
نظرية الصفائح Plate Tectonics
نفوذية Permeability
نهريّة Fluvial
هبوط Subsidence
يتعاقب interbedded
ينابيع حارة ومياه معدنية Hot springs

المراجع

- بدران، إبراهيم وشاكر مقبل وعبدالقادر عابد . ١٩٨٦ . الطاقة في الأردن . دار الفرقان، عمان . ٢٩٠ صفحة.
- جبريل، فداء، ١٩٩٩ . مشروع مراقبة نوعية مياه سد الملك طلال . التقرير السنوي النهائي . الجمعية العلمية الملكية، مركز بحوث البناء . ١٠٢ صفحة.
- خوري، هاني . ١٩٨٩ . المعادن والصخور الصناعية في الأردن . منشورات الجامعة الأردنية . ٢٤٠ صفحة.
- الدباغ ، مصطفى مراد ، ١٩٨٠ ، الموجز في تاريخ الدول العربية وعهودها في بلادنا فلسطين . دار الطليعة - بيروت . ٣٨٣ صفحة
- الدباغ ، مصطفى مراد ١٩٧٣ بلادنا فلسطين . الطبعة الثانية ، دار الطليعة - بيروت . عشرة اجزاء
- رزق، إدوارد، ١٩٦٧ . نهر الأردن وروافده . مكتب جامعة الدول العربية بلندن . ترجمة وزارة الإعلام الأردنية . ٨٥ صفحة.
- ريماوي، عمر وشطناوي ، محمد وعواد ، مهيب، ٢٠٠٠ . تأثير الشحن الجوفي غير المقصود على نوعية مياه الخزان الجوفي الضحل في منطقة خربة السمرة . وقائع الندوة الإقليمية حول آفاق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية، مركز البحوث والدراسات المائية والبيئية في الجامعة الأردنية، عمان.
- سعد ، علي، ١٩٩٥ . تكنولوجيا إدارة الموارد المائية في المشرق والمغرب: التجربة الأردنية في مجال المياه السطحية . ورشة عمل المياه السطحية وبناء الخزانات . سوريا، مشروع راب ٨٩/٠٠٣ .
- سعد، علي، ١٩٩٥ . المصادر المائية في حوض الأردن . اليوم العلمي للمياه/ نقابة المهندسين الأردنيين، عمان.
- سعد، علي، ١٩٩٧ . تكنولوجيا إدارة الموارد المائية السطحية . اليوم العلمي للمياه/ نقابة المهندسين الأردنيين، عمان.
- سلامة، إلياس وريماوي، عمر، ١٩٩٧ . السياحة العلاجية: مياه الاستشفاء في الأردن . وزارة السياحة والآثار، عمان . ٨٦ صفحة.
- سلطة المصادر الطبيعية . ١٩٩٩ . دراسات تحليلية لقطاع التعدين . ١١٤ صفحة.
- الشنطي، أحمد محمود، ١٩٩٣ ، جيولوجية الدرع العربي . مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، العربية السعودية . ١٩٦ صفحة.
- عابد، عبد القادر . ١٩٨٢ . جيولوجيا الأردن . مكتبة النهضة الإسلامية، عمان . ٢٣٢ صفحة.
- عابد، عبد القادر، ١٩٨٥ . جيولوجيا البحر الميت . دار الأرقم . عمان . ٢٣٢ صفحة.
- عابد ، عبد القادر وصايل وشاحي، ١٩٩٩ . جيولوجية فلسطين . مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين . رام الله . ٤٦١ صفحة.
- الغزاوي، علي والجاني، هبة، ١٩٩٥ . قطاع المياه في الأردن: حقائق وأرقام . الجمعية العلمية الملكية، الأردن . ٣٥ صفحة.
- كالي إيشع، ١٩٩١ . المياه والسلام: وجهة نظر إسرائيلية . ترجمة رندة حيدر، بيروت . ١٦٧ صفحة.
- مخيمر، سامر وحجازي، خالد، ١٩٩٦ . أزمة المياه في المنطقة العربية: الحقائق والبدائل الممكنة . عالم المعرفة ٢٠٩، الكويت . ٣٨٢ صفحة.

- Abd Al-Jaber, Dina, Y., 1989. Petrology and geochemistry of the Quaternary basalts of Wadi Al-Mujib and Wadi Heidan, central Jordan. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman,
- Abd Elahamid, G., 1988. Jabal Umm Ishrin sheet, 3049 II, 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Abed, A. M., 1977. Al-Madina Harra (basalts) petrology and geochemistry. *Bull. Fac. Sci. King Abdulaziz Univ.*, 1, 119-128.
- Abed, A. M., 1978. Depositional environments of the Kurnub (Lower Cretaceous): 1- A coal horizon at the lowermost Kurnub in northern Jordan. *Dirasat*, 5, 31-44.
- Abed, A. M. 1982a. Depositional environments of the Wadi Sir Formation. *Facies* 7, 229-236.
- Abed, A. M., 1982b. Depositional environments of the Early Cretaceous Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. *Sed. Geol.*, 31, 267-279.
- Abed, A. M., 1982c. Geology of Jordan. 1st ed. Al-Nahda Al-Islamieh Library, Amman. 232p.
- Abed, A. M., 1982. On the hydrocarbons of some Jordanian oilshales. *Dirasat*, 9, 63-78.
- Abed, A. M., 1983a. Paleoclimates of the Jordan Rift in the uppermost Pleistocene. *Second International Congress on the Archeology of Jordan*, Ministry of Archeology, Amman, 2:
- Abed, A.M. , 1983b, Mediterranean- Dead Sea canal and the water budget of the Dead Sea. *1st Jord. Geol. Conf.* p. 617-640 .
- Abed, A., M., 1984. Emergence of Wadi Mujib (central Jordan) during lower Cenomanian times and its regional tectonic implications. In: *The Geologic Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication of the Geological Society, London*, 17. Blackwell, Oxford. 213-217.
- Abed , A. M., 1985a. On the supposed Precambrian palaeosuture along the Dead Sea rift, Jordan. *J. Geol. Soc. London*, 142, 527-531.
- Abed, A. M., 1985b. Geology of the Damya Formation. *Dirasat*, 12: 99-108.
- Abed, A. N., 1987. New occurrence of the Jurassic in the Baqa'a depression. *Dirasat*, 14, 265-274.
- Abed, A. M., 1988. paleogeography of Jordan in the phosphorite times. *Guidebook to the 11th International Phosphorite Workshop and Symposium, IGCP 156, Jordan*, 1988, 80p.
- Abed, A. M., 1989. On the genesis of the phosphorite-chert association in the Amman Formation in Tel es Sur area, Ruseifa, Jordan. *Science Geologie Bulletin, Strasbourg* 42, 141-153.
- Abed, A. M., 1994. Shallow marine phosphorite-chert-palygorskite association, Late Cretaceous, Amman Formation, Jordan. In: *Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic* (eds Iijima, A., Abed, A. M. & Garrison, R.), pp.205-324 (VSP, Zeist, Netherlands).
- Abed, A. M., 1996. Geology of the deep aquifer in Jordan. In: *Integration of Information between Oil Drilling and Hydrogeology of Deep Aquifers* edited by S. N Al-Beiruti & M. J. Bino. The Inter-Islamic Network on Water Resources Development and management, Amman. P. 113-134.
- Abed, A. M., 1998. The geology and mineral genesis of the Taba inland sabkha, southern Dead Sea transform, SW Jordan. In: *Quaternary Deserts and Climatic Changes*, Eds. Al-Sharhan, A., Glennie, K. and Kendall, C. Balkema Bookfield. P. 71-87.
- Abed, A. M. and Helmdach, F. 1981. Biostratigraphy and mineralogy of the Lisan Series (Pleistocene) in the Jordan Valley. *Berlines. Geowiss. Abh. A.*, 23: 123-133.
- Abed, A. M. & Schneider, W., 1982. The Cenomanian nodular limestone member of Jordan: from subtidal to supratidal environments. *N. Jb. Geol. Palaeontol. Monatsh.*, 9, 513-522.

- Abed, A. M. & Mansour, H., 1982. Petrography and chemistry of some Lower Cretaceous glauconites from Jordan. *Dirasat*, 9, 67-80.
- Abed, A. M. and Amireh, B., 1983. Petrography and geochemistry of some oil shales from north Jordan. *Jour. Petrol. Geol.*, 5, 261-274.
- Abed, A. M., Khoury, H. and Kruhl, J. H., 1985. On the structure of the Jabal Aritain volcano (NE Jordan) and the petrology of some xenoliths. *Dirasat*, 12, 109-124.
- Abed, A. M. & El-Hiyai, M., 1986. Depositional environments and paleogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west-central Jordan. *Sed. Geol.*, 47, 109-123.
- Abed, A. M. & Ashour, M., 1987. Petrography and age determination of the NW Jordan phosphorite. *Dirasat*, 14, 247-263.
- Abed, A. M. & Al-Agha, M. R., 1989. Petrography, geochemistry and origin of the NW Jordan phosphorite. *Journal of the Geological Society, London* 146, 499-506.
- Abed, A. N., Al-Sbaeay, I. and Khbeis, S., 1990. The Dead Sea: A recent survey of its waters.. *Proc. 3rd Jord. Geol. Conf.*, p. 446-472.
- Abed, A. M. & Kraishan, G. M., 1991. Evidence for shallow marine origin of a "Monterey Formation type" chert-phosphorite-dolomite association: Amman Formation, Late Cretaceous, Central Jordan. *Facies* 24, 25-38.
- Abed, A. M., Al-Hawari, Z., Sadaqah, R., and Abu Murry, O., 1992a. The red phosphorite of Esh Shidiya, SE Jordan. *Geology of the Arab World*, Cairo University, p. 489-506.
- Abed, A. M., 1992. Geology and sepiolite formation in the Taba continental sabkha, southern Dead Sea-Araba Rift, Jordan. *Dirasat*, 18B, 41-65.
- Abed, A. M., Makhoul, I., Amireh, B. and Khalil, B., 1993. Upper Ordovician glacial deposits in southern Jordan. *Episodes*, 16, 316-328.
- Abed, A. M. and Omari, K., 1994. Role of industrial rocks and minerals in the development of Jordan. In: *Industrial Minerals in Developing Countries*. Eds, S.J. Mathers and A.J. Notholt, British Geological Survey / Association of Geoscientists for International Development, 18, p. 180-192.
- Abed A. M., & Al-Aroui, Kh. R., 1994. Organic geochemistry of central Jordan Upper Cretaceous phosphorites: Phosphogenesis and source rock. *2nd Int. Conf. Geology of The Arab World, Cairo*. 321-338
- Abed, A. M. & Fakhouri, K., 1996. On the chemical variability of phosphatic particles from the Jordanian phosphorites. *Chemical Geology* 131, 1-13.
- Abed, A. M. and Makhoul, I., 1996. Recycled Cambrian, Permian, and Triassic sandstone in Jordan and their relation to the tectonic-sedimentary provenances. *Abhath Al-Yarmouk (Pure Sci. Eng. Ser.)*, 5, 93-114.
- Abed, A. M. and Abu Murry, O., 1997. Rare earth element geochemistry of the Jordanian Upper Cretaceous phosphorites. *Arab Gulf J. Scient. Res.*, 15, 41-61.
- *Abed, A. M. & Abdalla, R., 1998. On the state of weathering of red phosphorites from Eshidiya, southern Jordan. *Journal of African Earth Sciences* (in press).
- Abed, A. M. & Sadaqah, R., 1998. Role of oyster bioherms in the deposition and accumulation of high-grade phosphorites in central Jordan. *Jour. Sed. Research*. 68, 1009-1020.
- Abed, A. M. & Amireh, B. S., 1999. Sedimentology, geochemistry, economic potential and paleogeography of an Upper Cretaceous phosphorite belt in the southeastern desert of Jordan. *Cretaceous Research*, 20, 119-133.
- *Abed, A. M., Carbonel, P., Collin-Girard, J., Fontugne, M., Petit-Maire, N., Reyss, J. C., and Yasin, S., 1999. Un paleolac du dernier interglaciaire

- Pleistocene dans l'extrême sud hyperaride de la Jordanie. *Academy of Science Bull. Paris* (in press).
- *Abed, A. N. and Yagan, R. 2000. On the paleoclimate of the Jordan valley during the last glacial maximum. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*
- Abu Ajamieh, M. , 1974. Uranium in the Jordanian phosphates. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Abu Ajamieh, M. M., 1989. *Mineral Resources of Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 149p.
- Abu Ajamieh, M., Bender, F. and Eicher, R., 1988. *Natural Resources in Jordan*. Natural Resources Authority, Amman, 224p.
- Abu Lihie, O., 1988. Dubaydib sheet, 3148 I, 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Abul Khair, H. M., 1996. *Facies analysis, petrography and paleogeography of the Jurassic sediments in northern Jordan*. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan, 182p.
- Abu Saad, L. & Al-Bashish, M., 1996. Surface and subsurface lithostratigraphic relationships of the Kurnub sandstone Group in Jordan. NRA, *Subsurface Geol. Bull.*, 9, 74p.
- Al-Agha, M. R., 1985. Petrography, Geochemistry and origin of the NW Jordan phosphorites. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan. 212p.
- Al-Bakri, N. M., 1990. *Geochemistry and petrography of the Feinan porphyritic stock, central Wadi Araba, Jordan*. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, 147p.
- Al-Saad, D., Sawaf, T., Gebran, A., Barazangi, M., Best, J., & Chaimov, T., 1992. Crustal structure of central Syria: the intracontinental Palmyride mountain belt. *Tectonophysics* 207, 345-358.
- Al-Said, F. & Mustafa, H., 1994. Pollen and spores from the Kurnub Sandstone Formation (Lower Cretaceous) in north Jordan. *Abhath Al-Yarmouk*, 3, 125-192.
- Al-Sayari, S. S., and Zötl, J. G., 1978. *The Quaternary Period in Saudi Arabia*. Springer, Viena, pp. 233.
- Agrar und Hydrotechnik and BGR., 1977. National Water Master Plan of Jordan. I-IIIV, NRA, Amman.
- Al-Kharabsheh, A., 1995. Possibilities of groundwater recharge in the Azraq basin: Potential surface water utilization of five representative catchment areas (Jordan). *Hydrogeologie und Umwelt*, 10, 205p.
- Al-Weshah, R., 1992. Jordan's water resources: technical perspective. *Water International*, 17, 124-132.
- Amireh, B. S., 1987. Sedimentological and petrological interplays of the Nubian series in Jordan with regards to paleogeography and diagenesis. Unpubl. Ph.D thesis, Braunschweig Tech. Univ., 232p.
- Amireh, B. S., 1992. Sedimentology and mineral composition of the Kurnub sandstone in Wadi Qsieb, SW Jordan. *Sed. Geol.*, 78, 267-283.
- Amireh, B. S., 1993. New occurrences of the Disi Sandstone Formation (Early Ordovician) in central Jordan. *Dirasat*, 20B, 21-44.
- Amireh, B. S., 1997. Sedimentology and palaeogeography of the regressive-transgressive Kurnub Group (early Cretaceous) of Jordan. *Sedimentary Geology* 112, 69-88.
- Amireh, B. S., 1999. The Early Cretaceous Kurnub Group of Jordan: Subdivision, characterization and depositional environment development. *N. Jh. Geol. Palaont. Mh.*, , 289-300.
- Amireh, B. S. Schneider, W., & Abed, A. M., 1994. Diagenesis and burial history of the Cambrian-Cretaceous sandstone series in Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 192, 151-181.

- Amireh, B. S., Jarrar, G., Henjes-Kunst, F., & Schneider, W., 1998. K-Ar dating, X-ray diffractometry, optical and scanning electron microscopy of glauconies from the early Cretaceous Kurnub Group of Jordan. *Geological Jour.*, 33, 49-65.
- *Amireh, B. S. & Abed, A. M., 2000. Depositional environments of the Kurnub Group (Early Cretaceous) in northern Jordan. *Jour. African Earth Sci.*,
- Khalil, B., 2000. The geology of Irbid and Ash Shuna Ash Shamaliyya (Waqqa), map sheet 3154 II and 3154 III. Geological Mapping Project Bull 46, NRA.
- Andrews, I. J., 1991. Paleozoic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. *Subsurface Geology Bull.*, 2, NRA, Amman. 75p.
- Andrews, I., 1992a. Cretaceous and Paleogene lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. NRA, *Subsurface Geology Bull.*, 5, 60p.
- Andrews I. J., 1992b. Permian, Triassic and Jurassic lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. NRA, *Subsurface Geol. Bull.*, 4, 60p.
- Arieh, E.G., 1967. Seismicity of Israel and adjacent areas. *Geol. Surv. Isr. Bull.*, 43, p. 1-14.
- Aqrabawi, M. 1987. Biostratigraphy of the Jurassic rocks in Jordan. Unpubl. M. Sc thesis, Univ. of Jordan. 137p.
- Avnimelech, M. 1945. New Jurassic outcrops in the Jordan Valley. *Geol. Mag.*, 82, 81-83.
- Ayed, R., 1986. Surface water resources in Azraq basin. Unpubl. Report, Water Authority, Amman. 196p.
- Baker, K. & Burnett, W. C., 1988. Distribution, texture and composition of modern phosphatic pellets from Peru shelf muds. *Marine Geology* 80, 195-213.
- Baker, Jr. and Harza, Eng., 1958. Princess report, definitive plan report, Amman. 188p.
- Bakor, A., Gass, I., and Neary, C., 1976. Jabal Al-Wask: An Eocambrian, back-arc ophiolite in NW Saudi Arabia. *Earth Planet Sci. Lett.*, 30, 1-9.
- Baldwin, C. T., 1976. The stratigraphy and facies associations of trace fossils in some Cambrian and Ordovician rocks from north western Spain. In: *Trace Fossils* edited by T. P. Grimes and J. C. Harper. Geol. Soc. Spec. Issue, 9, 9-40.
- Ball, M. A. and Ball, D., 1953. Oil prospects in Israel. *AAPG Bull.*, 37, 1-113.
- Bandel, K., 1981., New stratigraphic and structural evidence for lateral dislocation in the Jordan Rift Valley connected with the description of the Jurassic rock column in Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Abb.*, 161, 271-308, Stuttgart.
- Bandel, K. and Haddadin, A., 1979. The depositional environments of the amber-bearing rocks in Jordan. *Dirasat*, 6, 39-65.
- Bandel, K. and Khoury, H., 1981. Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan. *Facies*, 4, 1-26.
- Bandel, K. & Mikbel, Sh., 1985. Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa, Jordan. *Publication Geologie und Palaontologie Institut, Universitat Hamburg* 59, 167-188.
- Bandel, K. and Zeiss, 1987. Über die ersten Ammoniten-Funde aus dem Jura Jordaniens. *Neus Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie*, 9, 513-526.
- Bannayan, H., 1991. The inadequacy of stabilization ponds treatment as manifested by the effect of Khirbet es-Samara effluent on the groundwater quality of the surrounding area. In: *Water Pollution in Jordan* edited by Friedrich EbertStiftung, 25-50.
- Barazangi, M., 1983, A summary of the seismotectonics of the Arab region. In: "Assistant and mitigation of earthquake risk in the Arab region". UNISCO. p. 43-58.
- Barazangi, M., Seber, D., Chaimov, T., Al-Saad, D., and Sawaf, T., 1993, Tectonic evolution of the northern Arabian plate in western Syria. In:

- Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region*. by E. Boschi et. al., Eds. pp. 117-140. Kluwer Academic, The Netherlands.
- Barberi, F., Capaldi, G., Casperini, F., Marinelli, G., Santacroce, R., Scandone, R., Treuil, M., and Varet, J., 1979. Recent basaltic volcanism of Jordan and its implications on the geodynamic evolution of the Afro-Arabian Rift system. *Atti Conv. Lincce*, 47, 667-683.
- Barjous, M., 1986. The geology of the Siwaga map sheet No. 3252 IV. NRA, Mapping Project Bull. 4., 70p.
- Barjous, M., 1987. *Structural study of the area between Petra and Ash-Shuobak*. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Barjous, M., 1988. The geology of the Ash-Shawbak area, map sheet No. 3151 III. NRA, Mapping Project Bull., 19, 80p.
- Barjous, M. and Mikbel, S., 1990. Tectonic evolution of the Gulf of Aqaba-Dead Sea transform fault system. *Tectonophysics*, 180, 49-59.
- Bartov, Y. & Steinetz, G., 1977. The Judea and Mount Scopus groups of the Negev and Sinai with trend surface analysis of the thickness data. *Israel Journal of Earth Science* 26, 119-148.
- Bartov, Y., Eyal, Z., Garfunkel, Z. & Steinetz, G., 1972. Late Cretaceous and Tertiary stratigraphy of southern Israel. *Israel Journal of Earth Science* 21, 69-97.
- Bartov, Y., Lewy, Z. and Steinitz, G., 1980. Mesozoic and Tertiary stratigraphy, paleogeography and structural history of the Jebel Areif en Naqa area, eastern Sinai. *Israel Journal of Earth Science* 29, 114-130.
- Basha, S. H., 1978. Foraminifera from the Ajlun Group of east Jordan. *Jour. Geol. Soc. Iraq*, 11, 67-91.
- Basha, S. H., 1980. Ostracoda from the Jurassic System of Jordn including a stratigraphic outline. *Rev Esp. Micropal.*, 14, 35p.
- Basha, S. H., 1981. Distribution of Triassic rocks in Jordan and the Levant. *Dirasat*, 9, 49-67.
- Basha, S. H., 1983. Jurassic foraminifera and microfacies of Jordan. *Rev. Espan. Micropaleontol.*, 15, 185-203.
- Basha, S. H., 1983. Contribution to the Jurassic shoreline in Jordan and nearby countries and its oil implications. *Iraqi Jour. Sci.*, 24, 161-177.
- Baturin, G. N., 1982. *Phosphorites on the sea floor*, 343 pp. Developments in Sedimentology 33, (Elsevier, Amsterdam).
- Baubron, J. C., Besancon, J., Copeland, L., Hours, F., Macaire, J. and Sanlaville, P., 1985. Evolution de la moyenne vallee du Zarqa (Jordanie) au Neogene et au Quaternaire. *Revue de Geologie Dynamique et du Geographie Physique*, 26, 273-283, Paris.
- Beerbaum, B., 1977. Die Genese der marl-sedimentaren Phosphatlagerstatte von Al Hasa (Westliche Zentral Jordanien). *Geologisches Jahrbuch*, 24, 58 pp.
- Begin, Z. B., Ehrlich, A., and Nathan, Y., 1974. Lake Lisan, the Pleistocene precursor of the Dead Sea. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 63: 30p.
- Begin, Z. B., Broecker, W., Buchbinder, B., Druckman, Y., Kaufman, A., Magaritz, M. and Neev, D., 1985. Dead Sea and Lake Lisan levels in the last 30,000 years. *Geological Survey of Israel, Preliminary Report GSI/29/85*: 18p.
- *Begin, Z. B., 1975.
- Belayouni, H., & Beji-Sassi, A., 1987. Genesis of Tythyeen phosphorites and associated petroleum source rocks, Tunisia. *Guidebook, 10th International Field Workshop and Symposium, IGCP 156, Phosphorites, Tunisia*, 1987, 138 p.

- Ben-Menahem, A. and Aboodi, E., 1981, Micro-and macroseismicity of the Dead Sea Rift and off-coast eastern Mediterranean. *Tectonophysics*, 80, p. 199-234.
- Bender, F., 1963. Stratigraphie der Nubischen Sandsteine in sud Jordanien. *Geol. Jb.*, 81, 237-276.
- Bender, F. 1968. Geologie von Jordanien. Borntraeger, Berlin, 230p.
- Bender, F., 1974a. *Geology of Jordan*, 196p. (Borntraeger, Berlin).
- Bender, F., 1974b. Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan 1:100 000, 3 sheets. *Geol. Jahrbuch*, 10, 3-62.
- Bender, F., 1982, On the evolution of Wadi Araba- Jordan *Geol. Jb.* 45, p. 3-20.
- Bender, F., 1983, On the evolution of Wadi Araba-Jordan *1st. Jord. Geol. Conf.* p. 415-445.
- *Bender, F., 1975.
- Bentor, Y. K., 1980. Phosphorites: the unsolved problems. *Marine phosphorites* (ed Bentor, Y.K.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications* 29, 3-18.
- Bentor, Y. K., 1985. The crustal evolution of the Arabo-Nubian Massif with special reference to the Sinai Peninsula. *Precam. Res.*, 28, 1-74.
- Bentor, Y. K. and Vroman, A. J., 1960. The geological map of Israel, 1:100 000, Sheet 16, Mount Sedom. Jerusalem, Geological Survey of Israel: 117p.
- Besancon, J. and Hours, F., 1983. Prehistory and geomorphology in northern Jordan. In: A. Hadid (Ed.), *Studies in the History and Archaeology of Jordan*, 2 London, Routledge and Kegan Paul, p. 69-76.
- Besancon, J., Copeland, L., Hours, F., Macaire, J. and Sanlaville, P., 1984. The Lower and Upper Paleolithic in the upper Zarqa/Khirbet Samra area of northern Jordan 1982-83 survey results. *Annual of the Department of Antiquities*, 28, 91-142.
- Best, J., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T. & Gebran, A., 1993. Continental margin evolution of the northern Arabian platform in Syria. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 77, 173-193.
- Beydoun, Z., 1977, The levantine countries: The geology of Syria and Lebanon (Maritime Regions) . In: *The ocean basins and Margins* " Eds. : A . Marin, W.H. Kanes and F.G. Stehli. V . 4A , p . 319-353.
- Beydoun, Z., 1993. Evolution of the northeastern Arabian Plate margin and shelf: Hydrocarbon habitat and conceptual future potential. *Revue Instituti Francais Petrole*, 48, 311-345.
- Birch, G. F., 1980. A model for penecontemporaneous phosphatization by diagenetic and authigenic mechanism from the western margin of southern Africa. In *Marine phosphorites* (ed Bentor, Y.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications* 29, 70-100
- Blake, G., 1936. *The stratigraphy of Palestine and its building stones*. Printing and Stationary Office, Jerusalem. 128p
- Blake, G.S., 1937, Old shore lines of Palestine. *Geol. Mag.*, 74, 68-78
- Blake, G. S. & Ionides, M. G., 1939. *Report on the water resources of Transjordan and their development*, 372 p. Crown Agents for the Colonies, London.
- Blanchet, G., Sanlaville, P. and Traboulsi, M., 1998. Le Moyen-Orient de 20,000 ans BP a 6,000 ans BP essai de reconstitution paleoclimatique. *Paleorient*, 23, 187-196.
- Blanckenhorn, M., 1887. Zur Kenntnis der Suesswasserablagerungen und Mollusken Syriens. *Palaeintographica*, 1, 71-144.
- Blanckenhorn, M., 1912. Kurzer abriß de geologie Palastinas zietsch rift. Deutsch Palastinas ver (mit Kart MaBtab 1: 700 000), 113-139.

- Blanckenhorn, M., 1914. *Syrien, Arabien, und Mesopotamien handbook*. Geol. 5, Abt. 4.
- Blanckenhorn, M. and Openheim, P. 1927. Neune Beitræge zur Kenntnis des Neogens in Syrien und Palaestina. *Geol. Palaeont. Abh.*, 15, 321-358.
- Bloch, R. and Picard, L., 1970, The Dead Sea sinkhole, *Z. Deutsch.Geol.Ges. Sonderch Hydrogeol.* 12, 119-128.
- Boom, Van en, and Lahlob, M., 1962. The iron ore deposits of Warda in southern Ajlun District. Unpubl. NRA report, Amman.
- Bowen, R. & Jux, U., 1987. *Afro-Arabian geology*, 295 p. Chapman and Hall, London.
- Bowman, D., 1978. *Quaternary geology*. Pergamon, Oxford. 221p.
- Bowman, D., 1990. Climatically triggered Gilbert-type lacustrine fan deltas, the Dead Sea area, Israel. *SEPM Special Publ.* 10: 273-280.
- Brenner, G. J. & Bickoff, I. S., 1992. Palynology and age of the Lower Cretaceous basal Kurnub from the coastal plain to the northern Negev of Israel. *Palynology*, 16, 137-185.
- BRGM, 1975. Wadi Araba copper project. Unpubl. Reports. 6 volumes, NRA, Amman.
- Brook, M. and Ibrahim, K., 1987. Geochronological and isotope geological investigation of the Aqaba basement complex of southern Jordan. BGS(NERC) Isotope Geol. Unit Report, 48p.
- Bullen, W., Nimry, F., Akour, M., Abu Laila, H. and Saudi, A., 1996. Primary and secondary gold mineralization in Wadi Abu Khusheiba, southern Jordan: Initial prospecting results. Unpubl. Report, Geochemistry Division, NRA, Jordan. 19p.
- Burdon, D. J., 1959. *Handbook of the geology of Jordan*, 82 pp. Government of the Hashimite Kingdom of Jordan, Amman.
- Burrollet, P. F. and Byramigee, R., 1969. Sedimentological remarks on the Lower Paleozoic sandstones of south Libya. *Petrol. Explor.Soc. Libya*, 91-102.
- Burnett, W. C., 1990. Phosphorite growth and sediment dynamics in the modern Peru shelf upwelling system, In *Phosphorite deposits of the world, v. 3, Neogene to modern phosphorites* (eds Burnett, W.C. & Riggs, S.), pp. 62-74 (Cambridge University Press, Cambridge).
- Chaimov, T., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T., and Gebran, A., 1990, Crustal shortening in the Palmyride fold belt, Syria, and implications for movement along the Dead Sea fault system. *Tectonics*, 9, 1369-1386.
- Chaimov, T. A., Barazangi, M., Al-Saad, D., Sawaf, T., & Gebran, A., 1992. Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold-thrust belt, Syria. *Geological Society of America Bulletin*, 104, 704-715.
- Clapp, F. G., 1936. Geology and bitumens in the Dead Sea area, Palestine and Transjordan. *AAPG Bull.*, 20, 881-909.
- Chapman, R. W., 1974. Calcareous duricrust in Al-Hasa, Saudi Arabia. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85: 119-130.
- Clifford, T. N., 1970. The structural framework of Africa. In: *African Magmatism and Tectonics* edited by T. N. Clifford and I. Gass, 1-19. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- COHMAP Members, 1988. Climatic changes of the last 18,000 years: observations and model simulations. *Science*, 241: 1043-1052.
- Cooper, G. A., 1976. Lower Cambrian brachiopods from the Rift Valley (Israel and Jordan). *Jour. Palaeont.* 50, 269-289.
- Copeland, L., Hours, F., 1988. The Palaeolithic in north-central Jordan, an overview of survey results from the Upper Zarqa and Azraq 1982-83. In: A. N. Garrard & H. G. Gebel (Eds.) *The Prehistory of Jordan, The State of Research in 1986*. Part ii, BAR Intern. Ser. 196(ii), p.287-309

- Cora, M. & Genedi, A., 1995. Lithostratigraphy and facies development of Upper Cretaceous carbonates in east central Sinai, Egypt. *Facies* 32, 223-236.
- Corrigan, J. G. and Surcin, J., 1963. Les Series Cambrio-Ordoviciennes dans le 10^e partie orientale du bassin de Fort Polignac. *Rev. Inst. Franc. Petrole.*, 18, 144-49.
- Cox, J. R., 1925. A Bajocian-Bathonian outcrop in the Jordan valley and its molluscan remains. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 9, 69-181, London.
- Cox, J. R., 1932. Further notes on the Transjordan Triassic. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 10, 93-113, London.
- Daniel, E. J., 1963. International Lexicon stratigraphy for Jordan. *Lex. Strat. Int. Asie, III (f. 10)*, 195-399.
- Darkal, A. N., Krauss, M., and Ruske, R., 1990. The Levant fault zone: An outline of its structure, evolution and regional relationship. *Z. Geol. Wiss.*, 18, 549-562.
- Dawson, A. D., 1994. *Ice age earth: Late Quaternary geology and climate*. Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn, London,
- Dille, F. C., 1985. Cretaceous correlations in the Hamza Wells 1-5. NRA, Paleontological Report, 4.
- Dille, F. C. & Abu Azzam, H., 1985. Fourteen outcrop samples from the Karak area. NRA, Paleontological Note No. 1.
- Dixon, J.E. and Robertson, A.h., 1984, Introduction: Aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 17, 1-75.
- Druckman, Y., 1977. Differential subsidence during the deposition of the Lower Jurassic Ardon Formation western Jordan, southern Israel and northern Sinai. *Israel Jour. Earth Sci.*, 26, 45-54.
- Dwiri, H., 1988. Generation of zeolite from alteration of basalt glass from Jebel Aritain volcano. *3rd Jord. Geol. Conf.*, Abstract, p. 30.
- Edwards, W. N., 1929. Lower Cretaceous plants from Syria and Transjordan. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 10, 394-405.
- El-Baz, F., 1998. Sand accumulation and groundwater in the eastern Sahara. *Episodes*, 21: 147-151.
- El-Hiyari, M., 1985. The geology of Jabal El-Mutarammil, map sheet No. 3252 III. NRA, Mapping Project Bull. 1, 51p.
- El-Hiyari, M. and Abed, A. M., 1986. Distribution and geology of the gypsum horizon in west central Jordan. *Proc. 2nd Jord. Geol. Conf.*, 369-419.
- El-Isa, Z., 1983, Seismic risk in Jordan. *1st Jord. Geol. Conf.* Amman. p. 523-541.
- El-Isa, Z. and Mustafa, H., 1986. Earthquake deformations in the Lisan deposits and seismotectonic implications. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 86: 413-424.
- Eusebius, 1870. *Oomastica sacra*. Ed. De la Garde, Gottingae.
- Faraj, B., 1988. Palygorskite and its possible economic value in Azraq Basin. NRA Internal Report, 13p.
- Farhat, J. S., 1979. High-grade metamorphic complex in the Wadi Araba, Jordan. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian –Nubian Shield*, edited by A. Al-Shanti, 2, 171-178. Pergamon, Oxford.
- Fleck, R. J., Greenwood, W. R., Hadley, D., Anderson, R., Schmidt, D., 1980. Rb-Sr geochronology and plate-tectonic evolution of the southern part of the Arabian Shield. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, 1131, 38p.
- Flicoteaux, R. & Lucas, J. 1984. Weathering of phosphate minerals,. In: *Phosphate minerals* (eds Nriague, J.O. & Moore, P.B.) pp. 292-317, Springer, Berlin.

- Flügel, E., 1982. *Microfacies analysis of limestones*, xiv + 63pp. Springer, Berlin.
- Freund, R., Garfunkel, Z., Zak, J., Goldberg, M., Weissbord, T. and Derin, B., 1970, The shear along the Dead Sea Rift. *Royal Soc. Lond. , Phil. Trans.*, A267, 107-130.
- Frumkin, A., 1997. The Holocene history of the Dead Sea levels. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 237-248.
- Fuchs, E., 1915. Beiträge zur geologie Palastinas und der edschos province. *M. Jb. Min. Geol. Palaont., Stuttgart*.
- Galli, P., 1999. Active tectonics along the Wadi Araba-Jordan Valley transform fault. *Jour. Geophysical Research*, 104, 2777-2796.
- Gardosh, M., Reches, Z., and Garfunkel, Z., 1990. Holocene tectonic deformation along the western margins of the Dead Sea. *Tectonophysics*, 180: 123-137.
- Gardosh, M., Kashai, E., Salhov, S., Shulman, H. and Tannenbaum, E., 1997. Hydrocarbon exploration in the southern Dead Sea area. In: *The Dead Sea*. Eds T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. Gat. Oxford University Press, New York. p.57-72.
- Garfunkel, Z., 1978. The Negev:: Regional synthesis of sedimentary basins, Sedimentology of Israel, Cyprus and Turkey. *Field Guidebook, Part 1, 10th International Congress of Sedimentology, Jerusalem*, 1978, pp. 35-110.
- Garfunkel, Z., 1981. Internal structures of the Dead Sea leaky transform (rift) in relation to plate kinematics. *Tectonophysics*, 80: 81-108.
- Garfunkel, Z., 1997. The history and formation of the Dead Sea. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 36-56..
- Garfunkel, Z., Zak, I., and Freund, R., 1981, Active faulting in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics*, 80, 1-26.
- Garrard, A. N., Betts, A., Byrd, B., Colledge, S. and Hunt, C., 1988. Summary of the palaeoenvironmental and prehistoric investigations in the Azraq basin. *BAR International Series* 396 (ii), 311-337.
- Gass, I., 1981. Pan-African (Upper Proterozoic) plate tectonics of the Arabian-Nubian Shield. In: *Precambrian Plate Tectonics* edited by A. Kroner, 387-405. Elsevier, Amsterdam.
- Gass, I. and Others, 1980, Crustal and mantle processes . Red Sea case study . The open University, Press, 142 p.
- Gasse, F., Fontes, J. C., Plaziat, J. C., Carbonel, P., Kaczmarek, I., De Deckker, P., Soulie-Marche, I., Callot, Y., and Dupeuple, P., 1987. Biological remains geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from the Northern Sahara. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 60: 1-46.
- Gasse, F., Teget, R., Durand, A., Gilbert, E., Fontes, J., 1990. The arid-humid transition in the Sahara and the Sahel during the last deglaciation. *Nature*, 346: 141-146.
- Girdler, R.N., 1983, The importance of the Jordan Rift to studies of the Red Sea and the Gulf of Aden. *Isr. Jord. Geol. Conf.* p. 503-522.
- Glenn, C. R., 1990. Depositional sequences of the Duwi, Siba'iya and Phosphate Formations, Egypt: Phosphogenesis and glauconitization in a Late Cretaceous epeiric sea. In *Phosphorite research and development* (eds Notholt, A.G.J. & Jarvis, I.) *Geological Society, London, Special Publication* 52, 205-23.
- Glenn, C. R., & Arthur, M. A., 1990. Anatomy and origin of a Cretaceous phosphorite-green sand giant, Egypt. *Sedimentology* 37, 123-148.
- Glenn, C. R., Follmi, K. B., Riggs, S. R., Baturin, G. N., Grimm, K. A., Trappe, J., Abed, A. M., Galli-Oliver, C., Garrison, R. E., Ilyin, A. V., Jehl, C., Rohrlach, V.,

- Sadaqah, R., Schidlowski, M., Sheldon, R., and Siegmund, H., 1994. Phosphorus and phosphorites: Sedimentology and environments of formation. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 87, 747-788.
- Gold, O., 1964. The Wadi Araba copper exploration, Jordan. Unpubl. Report, NRA, Jordan.
- Goldberg, M. and Friedman, G., 1974. Paleoenvironments and paleogeographic evolution of the Jurassic System in southern Israel. *Israel Geol. Surv. Bull.*, 61, 44p.
- Goodfriend, G. A. and Magaritz, M., 1988. Paleosols and the late Pleistocene rainfall fluctuations in the Negev desert. *Nature*, 332: 144-146.
- Grader, P. & Reiss, Z., 1958. On the Lower Cretaceous of Heletz area. *Geol. Surv. Isr.*, 37, 43-52.
- Greenwood, W. R., Hadely, D. G., Anderson, R. E. Fleck, R. J. and Schmidt, D. L., 1976. Proterozoic cratonization in southwestern Saudi Arabia. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. A*, 280, 517-527
- Gulbrandson, R. A., 1970. Relation of carbon dioxide content of apatite of the Phosphoria Formation to regional facies. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 700B, B9-B13.
- Gvirtzman, G. and Weissbrod, T., 1984. The Hercynian geanticline of Helez and the late Paleozoic history of the Levant. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* edited by J. E. Dixon and A. F. Robertson. Geol. Soc. London Spec. Publ. 17, 177-186.
- Hamam, K., 1977. Foraminifera from the Maastrichtian-bearing strata of El-Hasa, Jordan. *Journal of Foraminiferal Research* 7, 34-43.
- Hashad, A. H., 1980. Present status of geochronological data on the Egyptian basement complex. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield*, edited by A. Al-Shanti, 3, 31-46. Pergamon, Oxford.
- Helal, A. R., 1965. General Geology and lithostratigraphy of the Devonian rocks of the Jauf area Sausi Arabia. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 9, 527-551.
- Hempton, M. R., 1987. Constrains on Arabian Plate motion and extensionsl history of the Red Sea. *Tectonics*, 6, 687-705.
- Henry, D. O., 1986. The prehistory and paleoenvironments of Jordan: an overview. *Paleorient*, 12: 5-26.
- Henry, D. O., 1998. Prehistoric human ecology in the southern Levant east of the Rift from 20,000-6,000 BP. *Paleorient*, 32: 107-119.
- Horowitz, A., 1974. The Late Cenozoic stratigraphy and paleogeography of Israel. Tel-Aviv Univ.
- Horowitz, A., 1979. *Quaternary of Israel*, 394 p. Academic Press, New York.
- Horowitz, A., 1987. Subsurface palynostratigraphy and paleoclimate of the Quaternary Jordan valley fill. *Israel Jour. Earth Sci.*, 36, 31-44.
- Horowitz, A., 1992. *Palynology of arid lands*. Amsterdam, Elsevier, 546p.
- Huckriede, R. and Wiesemann, G., 1968. Der jungpleistozäne Pluvial-See von El-Jafr und weitere Daten zum Quartär Jordaniens. *Geologica et Palaeontologia*, 2: 73-95.
- Hufnagel, H., 1985. Oilshales in Jordan. *Natural Resources and Development*, Hanover, 22, 46-62.
- Hull, E., 1886. Memoirs of the geology and geography of Palestine. Survey of Western Palestine. London.
- Hassuneh, M., A., 1994. Geological, petrologica and geochemical investigation of the Janub metamorphic suite rocks in Wadi Es-Sabil and Ain El-Hasheem area, SE Jordan. Unpul. M. Ac thesis, University of Jordan, Amman, 254p.
- Ibrahim, K. M., 1991. *The geology of Wadi Rahma map sheet 3049 IV 1: 50 000*. Natural Resources Authority, Bull. 15, Amman.

- Ibrahim, K. M., 1993, *The geology of Wadi Gharandal area map sheet 3050 II 1: 50 000*. NRA, Bull. 24. Amman
- Ibrahim, K., 1996. The regional geology of Al Azraq Wadi area, map sheet No. 3353 I. NRA, Geological Mapping Bull., 36, 67p.
- Ibrahim, M. W., 2000. Hydrocarbon exploration potential of western Iraq, with references to the Akkas discovery. 23p. Field workshop to the "Paleozoic Hydrocarbon Systems of the Northern Middle East". A field trip to Jordan, Geo 2000, Bahrain.
- Jackson, N. J., 1986. Petrogenesis, and evolution of the Arabian felsic plutonic rocks. *Jour. Afr. Earth Sci.*, 4, 47-59.
- Jacobs International, 1992. *Al Jalamid phosphate project: Feasibility study, geology and reserves*. 2, 2.1.1- 2.5.39.
- James, N. P., 1979. Shallowing upwards sequences in carbonates. In *Facies models* (ed Walker, R. G.), *Geoscience Canada, Reprint Series 1*, 109-120.
- Jarrar, G. H., 1979. Petrology and geochemistry of Wadi Um Sayyala, Wadi Araba, Jordan. Unpubl. M. Sc, University of Jordan, Amman, 86p.
- Jarrar, G. H., 1985. Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian-Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW Jordan. *Geol. Jahrb.*, B, 61, 3-87.
- Jarrar, G. H., 1991. Petrology and geochemistry of Trassic subvolcanic suite from central Jordan, east and northeast of the Dead Sea. *Mu'tah*, 6, 183-196.
- Jarrar, G. H., 1992. Geochemistry and petrogenesis of an alkali-feldspar rhyolite suite from Wadi Museimir, central Wadi Araba, Jordan. *Chem. Erde.*, 52, 301-312.
- Jarrar, G. H., Wachendorf, H., and Zellmer, H., 1991. The Saramuj conglomerates: Evolution of a Pan-African molasse sequence from southwest Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 6, 335-356.
- Jarrar, G. H., Baumann, A., and Wachendorf, H., 1983. Age determination in the Precambrian basement of the Wadi Araba area, southwest Jordan. *Earth and Planetary Sci. Letters*, 63, 292-304.
- Jaser, D., 1986. The geology of Khan Ez-Zabib, map sheet No. 3253 III. NRA, Mapping Project Bull., 3, 47p.
- Kaufman, A., 1971. U-series dating of Dead Sea basin carbonates. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 35: 1269-1281.
- Kaufman, A., Yechieli, Y., and Gardosh, M., 1992. Revaluation of the lake-sediment chronology in the Dead Sea basin, Israel, based on new Th/U dates. *Quaternary Research*, 38: 292-304.
- Kennedy, W. Q., 1964. The structural differentiation of Africa in the Pan African (± 500 m. y.) tectonic episode. Univ. Leeds Res. Inst. Afr. Geol. Dept. Earth Sci., Annu. Rep. Sci. Results, 8, 48-49.
- Ketzinal, 1972. Uranium source, production and demand in Israel. *United Nation/International Atomic Energy*, 8, 113-120.
- Khaled, H., 1980. Petrography, mineralogy and geochemistry of Esh-Shidya phosphorites. Unpubl. M. Sc thesis, University of Jordan, Amman.
- Khaled, H. and Abed, A. M., 1981, Uranium in Esh-shidya phosphates. *Dirasat*, 8, 57-66.
- Khaled, H. & Abed, A. M., 1982. Petrography and geochemistry of Esh-shidiya phosphates. *Dirasat* (Research journal of the University of Jordan) 9, 81-102.
- Khalifa, M. K., 1994. Surface and subsurface geology of the Upper Cretaceous rocks in the Wadi Sirhan Basin, eastern Jordan. Msc thesis, University of Jordan, Amman, 131 pp. (Unpublished).
- Khalil, B. M., 1985. Sedimentology and microfacies of the Wadi As Sir Formation in the Ajlun-Irbid area with a review of Turonian lithostratigraphy in the Middle East. Unpubl. M.Sc thesis, Univ. of Jordan, Amman, 112p.

- Khalil, B. M., 1992. The geology of the Ar-Rabba area, map sheet No. 3152 IV. NRA, Mapping Project Bull., 22, 106p.
- Khalil, B. M., 1993. The geology of the Wadi Gharandal area, map sheet No. 3050 II. NRA, Mapping Project Bull., 24, 80p.
- Khalil, B., 2000. The geology of Irbid and Ash Shuna Ash Shamaliyya (Waqqas), map sheet 3154 II and 3154 III. Geological Mapping Project Bull 46, NRA.
- Khalil, B. & Muneizel, S. S., 1992. Lithostratigraphy of the Jurassic outcrops of north Jordan (Azab Group). NRA, Geological Mapping Division, Bull. 21, 50p.
- Khoury, H., 1986. On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan. *Dirasat*, 13, 227-247.
- Khoury, H., 1986. The origin of tripoli in Jordan. *Sedimentary Geology*, 48, 223-235.
- Khoury, H., 1987. Tripolization of chert in Jordan. *Sedimentary Geology*, 53, 315-320.
- Khoury, H. & Nassir, S., 1982. High temperature mineralization in the bituminous limestone in the Magarin area, N Jordan. *N. Jb. Geol. Palaont. Abb.*, 144, 197-213.
- Khoury, H. and El-Sakka, W., 1986. Mineralogical and characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan. *App. Clay. Sci.*, 1, 321-361.
- Khoury, H. and Khalil, K., 1986. Ghor Kabi clay deposits, Jordan. *Dirasat*, 13, 246-260.
- King, W. R., 1923. Cambrian fossils from the Dead Sea. *Geol. Mag.*, 60, 504-514.
- Klitzsch, E., 1966. Geology of the northeast flank of the Murzuk basin. In: *South-Central Libya and Northern Chad* edited by J. Williams. Petroleum Exploration Society, Libya. 19-32, 75-87.
- Klitzsch, E., 1990. Paleozoic. In: *The Geology of Egypt* edited by R. Said. Balkema, Rotterdam, p.293-407.
- Kolodny, Y. & Garrison, R. E., 1994. Sedimentation and diagenesis in paleo-upwelling zones of epeiric sea and basinal settings: A comparison of the Cretaceous Mishash Formation of Israel and the Miocene Monterey Formation of California, In *Siliceous, phosphatic and glauconitic sediments of the Tertiary and Mesozoic* (eds Iijima, A., Abed, A. M. & Garrison, R.), pp. 133-158 (VSP, Zeist, Netherlands).
- Kraishan, G., 1988. Sedimentology and geochemistry of the Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpubl. M.Sc thesis, Univ. of Jordan, Amman, 168p.
- Krenkel, E., 1924. Der Syrische Bogen. *Zentralbulletin für Mineralogie Geologie und Palaontologie* 9, p. 274-281, 10, 301-313.
- Kronfield, J. Vogel, J. C., Rosenthal, E., and Weinstein-Evron, M., 1988. Age and paleoclimatic implications of the Bet Shean travertines. *Quaternary Research*, 30: 298-303.
- Kutzbach J. E. and Street-Perrott, F. A., 1985. Milankovitch forcing of fluctuations of tropical lakes from 18 to 0 kyr BP. *Nature*, 317: 130-134.
- Land, B. & Mimran, Y., 1985. An early Cretaceous volcanic sequence in central Israel and its significance to the absolute date of the base of the Cretaceous. *Jour. Geol.*, 93 179-184.
- Lartet, L., 1869. Essai sur la géologie de la Palestine et des contrées avoisinantes, telles que l'Égypte et l'Arabie, Comprenant les observations recueillies dans le cours de l'expédition du Duc de Luynes à la Mer Morte. These, Victor Masson et fils, 109p.
- Lenz, H., Bender, F., Besang, G., Harre, W., Kreuzer, H., Mueller, P., and Wenot, I., 1972. The age of early tectonic events in the zone of the Jordan Geosuture based on radiometric data. 24 Intern. Geol. Cong. Section 3, 371-379.

- Lloyd, J. W., 1969. The hydrogeology of the southern desert of Jordan. UNDP/FAW 212, Technical Report No. 1, Rome.
- Lucas, J., Flicoteaux, R., Nathan, Y., Prevot, I. & Shahar, Y. 1980. Different aspects of phosphorite weathering. In *Marine phosphorites* (ed Bentor, Z.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications* 29, 41-51.
- Lurgi and Klockner, 1986. Full fledged feasibility 50,000 bbl/dretorting complex El-Lajjun. Deomnstration Plant Vol III. Unpubl. Report, NRA, Amman
- Lurgi and Klockner, 1988. Full fledged feasibility 50,000 bbl/dretorting complex El-Lajjun. Final Test Report, Phase II. Unpubl. Report, NRA, Amman
- Lynch, W.F., 1852, Narrative of the United States Expedition to the River Jordan and the Deade Sea. Arno Press, New York, 509 p.
- MacDonald, Sir M. and Partners, 1965a. East Bank water resources. 6 volumes. Central Water Authority, Amman.
- MacDonald, Sir M. and Partners, 1965b. East Bank water resources. Hydrogeological survey of the Madaba-Ma'an area. 3 volumes. Central Water Authority, Amman.
- Macumber, P. G., 1992. The geological setting of Paleolithic sites at Tabaqat Fahl, Jordan. *Paleorient*, 18, 31-44.
- Macumber, P. G. and Head, M. J., 1991. Implications of Wadi Al-Hammeh sequences for the terminal drying of Lake Lisan, Jordan. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 84, 163-173.
- McBride, J., Barazangi, M., Best, J., Al-Saad, D., Sawaf, T., Al-Otri, M., and Gebran, A., 1990, Seismic reflection structures of intracratonic Palmyride fold thrust belt and surrounding Arabian platform, Syria. *Amer. Assc. Petrol. Geol. Bull.*, V.74, pp. 238-259.
- McClure, H. A., 1976. Radiocarbon chronology of the late Quaternary lakes in the Arabian Desert. *Nature*, 263: 755-756.
- Makhlouf, I., 1987. *The stratigraphy and sedimentation of Upper Middle Cambrian, Permo-triassic, and Lower Triassic rocks along the northeastern margin of the Dead Sea basin*. Unpubl. Ph. D thesis, Newcastle Upon Tyne Univ., 315p.
- Makhlouf, H., 1992. Depositional environments and facies in the Dubaydib and Tubeiliyat sandstones, southern desert, Jordan. *Subsurface Geology Bull.* 3, NRA, 32p.
- Makhlouf, I., 1999. Shallowing upward facies of the Triassic Hisban Formation in Jordan. *Al-Manarah*, 4, 259-274.
- Makhlouf, I. And Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environments of Umm Ishrin Sandstone Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 71, 177-187.
- Makhlouf, I. Turner, B., & Abed, A. M., 1991. Depositional facies and environment in the Permian Umm Irna Formation, Dead Sea area, Jordan. *Sed. Geol.*, 73, 117-139.
- Makhlouf, I., Al-Hiayry, A., Al-Bashish, M. & Abu Azzam, H., 1996. Sedimentology and lithostratigraphy of the Triassic strata of Jordan at outcrops and in the subsurface. NRA, *Subsurface Geology Bull.* 7, 96p.
- Masri, A., 1988. Al-Mudawwara and Halat Amar sheets, 3248 III and 3248 IV. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman, Bull. 13.
- Masri, A. 1992. The geology of Ath-Thulaythuwa area, map sheet 3249 III. Geological Mapping Project, Bull. 23, NRA. 31p.
- Masri, A., 1998. Batn El Ghul (Jabal al Harad) map sheet 3149 IV. Geological Mapping Project, NRA.
- Masri, M., 1963. *The Geology of the Amman-Zerqa area*, 74 pp. (Central Water Authority, Amman, Jordan, Unpublished Report).

- McArthur, J. M., 1985. Francolite geochemistry, compositional controls during formation, diagenesis, metamorphism and weathering. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 49, 23-35.
- McClellan, G. H. & Van Kauwenbergh, S. J. 1990. Mineralogy of sedimentary apatite. In *Phosphorite research and development* (eds Notholt, A. & Jarvis, I.), *Geological Society, London, Special Publication* 52, 23-31.
- Mikbel, Sh. and Zacher, W. 1981 The Wadi Shueib structure in Jordan. *N. Jb. Geol. Paleont. Mh.*, 9, 571-576.
- *Mikbel, Sh. and Zacher, W. 1986
- Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1985. Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. *Dirasat*, 12, 125-124.
- Mikbel, Sh. Saffarini, G. and El-Isa, Z., 1985. New iron occurrences west of Amman, Jordan. *Dirasat*, 12, 112-124.
- Moffat, D. T., 1988. A volcanotectonic analysis of the Cenozoic continental basalts of northern Jordan: implication for hydrocarbon prospecting in the block B area. *ERI Jordan EJ88-1*, 73p.
- Moshrif, M. A., 1987. Sedimentary history and paleogeography oh the Lower and Middle Jurassic rocks, central Saudi Arabia. *Jour. Petrol. Geol.*, 10, 335-350.
- Moumani, K. A., 1996a. Quaternary sediments of the Jurf Ed Darawish area, centra Jordan. Unpubl. M. Phil., Wales Univ., Cardiff, Britain, 181p.
- Moumani, K. A., 1996b. Al-Hussaynniya Al-Janubiyya area map sheet 3151 II., NRA, Mapping Project, geological map.
- Moumani, K. A., 1997. Geology of the Al-Hussaynniya Al-Janubiyya area map sheet 3151 II. NRA, Mapping Project Bull., 69p.
- Moumani, K., 2000. Geology of Jabal Batra (Jabal Thalaja), map sheet 3149 IV. Geological Mapping Project, NRA.
- Moumani, K., Masri, A., and Trawneh, K., 2000. First record of an enormous drifted tree trunk from the Upper Cretaceous of Batn El Ghul area, SE Jordan. *6th Jord. Geol. Conf. In press*).
- Muheisen, M., 1988. The Epipalaeolithic phases of Kharraneh IV. *BAR International Series* 396 (ii), 353-367.
- Muheisen, M., 1988. Survey of prehistoric caves in the southern Jordan Valley (1985)... *BAR International Series* 396 (ii), 503-523..
- Muir wood, H. M., 1925. Jurassic brachiopoda from the Jordan Valley. *Ann. Mag. Nat. Hist., Series*, 9, 15, 181-192.
- Murakami, M., 1995. *Managing water for peace in the Middle East: alternative strategies*. United Nation University Press, Tokyo. 309p.
- Musil, A., 1907. Arabia Petraea, Wien.
- Nassir, S. & Khoury, H., 1982. Geology, mineralogy and petrology of the Daba marble, Jordan. *Dirasat* 9 107-130.
- Nathan, Y., 1981. Structural position of the trace elements in apatite-Implications for their recovery. *Israel Journal of Earth Science* 3, 31-34.
- Neev, E. and Emery, K., 1967. The Dead Sea: Depositional processes and environments of evaporites. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 41: 147p.
- Neev, E. and Emery, K., 1995. *The destruction of Sodom, Gomorrah, and Jericho*. New York, Oxford University Press, 175pp.
- Niemi, T. M., 1997. Fluctuations of the late Pleistocene Lake Lisan in the Dead Sea Rift. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 226-236.
- Niemi, T. M. and Ben-Avraham, Z., 1997. Active tectonics in the Dead Sea basin. In: T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham, and J. R. Gat (Editors), *The Dead Sea, the lake and its settings*, New York, Oxford University Press, 73-81.

- Nimry, F., Akour, M., Abu Laila, H. and Saudi, A., 1995. Follow-up investigation of the gold anomaly ARAGRO-1. *Unpubl. Report*, NRA, Amman, Jordan.
- Nimry, Y., 1973. The copper and manganese prospects of Wadi Araba. *Unpubl. Report*, NRA, Amman.
- Nimry, Y. and Haddadin, M., 1970. Glass sand in Ras En-Naqb. *Unpubl. Report*, NRA, Amman.
- Omari, K., 1986. Construction materials and industrial rocks in Jordan. *Symposium on the Construction Materials and Industrial Rocks in the Arab World*. Rabat, Morocco, p. 1-52.
- Ouran, N., 1996. Petro-microfacies analysis and sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous Ajlun Group, SW Jordan. *unpubl. Ms.c thesis*, University of Jordan, 156p.
- Parker, D. H., 1970. The hydrogeology of the Mesozoic-Cenozoic aquifers of the western highlands and plateau of east Jordan. *UNDP/FAO technical reports*, 424p.
- Parnes, A., 1971. Late Lower Cambrian trilobite from the Timna area and Har Amran, southern Negev, Israel. *Israel Jour. Earth Sci.*, 20, 179-205.
- Petit-Maire, N. and Guo, Z. T., 1997. Holocene paleoprecipitation over the present-day Sahara desert. In: *Continental signals in paleomonsoon dynamics in Africa, Inter-Hemispheric Perspectives*. SIWA Workshop, Paleomonsoon Project 33.
- Philip, J., Babinot, J. F., Tonchetti, G., Fourcade, E., Guiraud, R., Bellion, Y., Herbin, J. P., Combes, P. J., Corneé, J. J., Dercourt, J. & Ricou, L. E., 1993. Late Cenomanian (94-92Ma). In *Atlas Tethys paleoenvironmental maps* (eds Dercourt, J., Ricou, L. E. & Vrielynck, B.), pp. 153-178 (Paris).
- Phoenix Corp., 1980. A comprehensive airborne magnetic and radiation survey of the Hashemite Kingdom of Jordan. *Unpubl. Report*, NRA, Amman.
- Picard, L., 1932. Zur Geologie des Mittleren Jordantales. *Ztschr. Dtsch. Palest. Ver.*, 52, 169-236.
- Picard, L., 1941. The Precambrian of the north Arabian massif. *Bull. Geol. Dept. Univ. Jerusalem*, 3, 1-30.
- Picard, L., 1942. New Cambrian fossils and Paleozoic problematica from the Dead Sea and Arabia. *Bull. Geol. Dept. Hebrew Univ. Jerusalem*, 4, No. 1.
- Picard, L., 1943. Structure and evolution of Palestine. *Bulletin of the Geology Department, Hebrew University, Jerusalem* 4, 1-135.
- Picard, L., 1965. The geological evolution of the Quaternary in the central-northern Jordan graben. *Am. Geol. Soc. Special Papers*, 84, 337-366.
- Picard, L. and Baida, U., 1966. Geological report on the Lower Pleistocene deposits of the Ubeidiya excavations. *Proc. Israel Acad. Sci. Hum. (Sci. Sect.)*, 4, 1-39.
- Powell, J. H., 1988. *The Geology of the Karak area, map sheet No. 3152 III*. (Geology Directorate, Natural Resources Authority, Amman, Jordan) *Bulletin* 8, 171 pp.
- Powell, J., 1989a. Stratigraphy and sedimentation of the Phanerozoic rocks in central and south Jordan, Part A: Ram and Khreim Groups. *Geol. Map. Div. Bull.* 11. NRA, Amman, 92p.
- Powell, J. H., 1989b. *Stratigraphy and sedimentation of the Phanerozoic rocks in central and south Jordan, part B: Kurnub, Ajlun and Belqa Groups*. (Geology Directorate, Natural Resources Authority, Amman, Jordan), *Bulletin* 11, 130 pp.
- Powell, J., Moh'd, B. K. and Masri, A., 1994. Late Ordovician-Early Silurian glaciofluvial deposits preserved in paleovalleys in south Jordan. *Sed. Geol.*, 89, 303-314.

- Powers, R. W., Ramirez, L. F., Remond, C. D., and Elberg, E. L. Jr., 1966. Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary geology of Saudi Arabia. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, 5460-D, Washington.
- Prell, W. L. and Kutzbach, J. E., 1987. Monsoon variability over 150 000 years. *Journal of Geophysical Research*, 92: 8411-8425.
- Quennell, A. M., 1951. The geology and mineral resources of the (former) Transjordan. *Colonial Geology and Mineral Resources, London*, 2, 85-115.
- Quennell, A.M., 1956, Tectonics of the Dead Sea Rift. *20th . Intern. Geol. Cong. Mexico*, p. 385-403.
- Quennell, A.M., 1958, The structures and geomorphic evolution of the Dead Sea Rift. *Quart. J. Geol. Soc. Lond.*, 114, 1-24.
- Quennell, A.M., 1983, Evolution of the Dead Sea Rift- A review. *1st Jord. Geol. Conf.*, p. 460-482.
- Rabba', I., 1988. Al-Quwayra sheet 3049 I. 1:50,000 geological map series, NRA, Amman.
- Rabba', H., 1994. The geology of the Qurayqira (Jabal Hamra Faddan), map sheet No. 3051 II. NRA, Geological Mapping Bull., 28, 60p.
- Rabb'a, I., and Ibrahim, K. M., 1988. Petrography of the plutonic rocks of the Aqaba Complex. NRA, Bull. 9, 86p.
- Ramsay, C. R., Jackson, N. J. and Roobol, M. J., 1979. Structural/lithological provinces in a Saudi Arabia geotraverse. In: *Evolution and Mineralization of the Arabian Nubian Shield* edited by S. A. Tahoun, 1, 64-85, Pergamon, Oxford.
- Rashdan, M., 1988. The geology of the Aqaba-Wadi Araba area, map sheet 3049 III 1: 50 000. NRA, Bull. 7, 87p.
- Ratschiller, I. K., 1966. Correlatin geologico-lithostratigrafissche for Sahara Centrale de Occidentale. *Mem. Museo. Naturali.*, XVI, Facs., 1, 53-208.
- Reeves, M. J. & Saadi, T., 1971. Factors controlling the deposition of some phosphate bearing strata from Jordan. *Economic Geology* 66, 451-465.
- Reynolds, P. O., Schandelmeier, H. & Pudlo, D., 1997. The Late Cretaceous (Campanian-Maastichtian, ca. 74a). In *Paleogeographic-paleotectonic atlas of northeastern Africa, Arabia, and adjacent areas-Late Neoproterozoic to Holocene* (eds Schandelmeier, H. & Reynolds, P. O.), pp. 81-88 (Balkema, Rotterdam).
- Riddler, G. P. & Van Eck, M., 1983. *Sirhan-Turayf phosphate project. progress report for 1982-1983 program. Open File Report RF-OF-04-6*, 38 pp. (Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Jeddah, Saudi Arabia). 38p.
- Riggs, S. R., 1980. Intraclast pellet phosphorite sedimentation in the Miocene of Florida. *Journal of the Geological Society, London* 137, 741-748.
- Riggs, S. R., Ambrose, W. G., Cook, J. W., Snyder, S. C., & Snyder, St. W., 1998. Sediment production on sediment-starved continental margins: The interrelationship between hardbottoms, sedimentological and benthic community processes, and storm dynamics. *Journal of Sedimentary Research*, A68, 155-168.
- Rimawi, O., 1992. Quality changes of treated wastewater during infiltration and its effects on groundwater resources in Khirbet es-Samra raea, Jordan. *Arab Gulf J. Scient. Res.*, 10, 121-142.
- Rimawi, and Salameh, E., 1999. Chemical changes of yeast wastewater during infiltration in Ruseifa area, Jordan. *Jour. Hydrological Sciences*, 44, 799-810.
- Rimawi, O., Shatnawi, M., and Fayyad, M., 1999. The effect of solid waste disposal on the groundwater quality in Ruseifa area, Jordan. *Abhath Al-Yarmouk, Basic Science and Engineering*, 8, 73-92.

- Rimawi, O., Al-Ansari, N., Salameh, E., and El-Naqa, A., 2000. Hydrochemistry and groundwater resource in the northeastern part of Mafraq area, Jordan. *Al-Manarah*, in press.
- Rimawi, O. and Katbeh, H., 2000. Origin of nitrate and salinization of Wadi Dhuleil groundwater resources using chemical and isotopic techniques, Jordan. *International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC*. In press
- Roosch, H. and Saadi, T., 1973. Type of phosphate rocks and their chemical and petrological characterization. *Technical Report DP/UN Jordan 70 – 521/2*. The United Nations.
- Rushton, A., 1988. Preliminary report on some Cambrian fossils from Jordan. *Brit. Geol. Surv. Tech. Rep. Strat. Ser.* WH/88/63R, 2p.
- Sadaqah, R. Mikbel, Sh. and Abed, A. M., 1986. Geology and new phosphatic deposits of Wadi El-Abiad area, central Jordan. *Proc. 2nd Jord. Geol. Conf.*, 136-168.
- Saffarini, G., Nassir, S., and Abed, A. M., 1985. A contribution to the petrology and geochemistry of the Quaternary-Neogene basalt of central Jordan. *Dirasat*, 12, 133-144.
- Saffarini, G., Khouri, H. and Roschka, H., 1987. Detection of compositional variations and differentiation trends in Cenozoic Jordanian basalts. *Dirasat*, 14, 193-210.
- Salameh, I., 1986. Curative water in Jordan. Water Research and Study Center, 7, Univ. Of Jordan, Amman.
- Sanlaville, P., 1992. Changements climatiques dans la Peninsule Arabique durant le Pleistocene superieur et l' Holocene. *Paleorient*, 18: 5-26.
- Sanlaville, P., 1995. Marge septentrionale du desert arabique: la zone sud - levantine du Pleistocene superieur et a l' Holocene. *Mem. Soc. Geol. France*, 167: 57-66.
- Sanlaville, P., 1996. Changements climatiques dans la region Levantine a la fin du Pleistocene superieur et au debut de l' Holocene. Leurs relations avec l' evolution des societes humaines. *Paleorient*, 22: 7-30.
- Sawaf, T., Al-Saad, D., Gebran, A., Barazangi, M., Best, J., & Chaimov, T., 1993. Stratigraphy and structure of eastern Syria across the Euphrates depression. *Tectonophysics* 220, 267-281.
- Schauer, M. & Aigner, T., 1997. Cyclic stacking patterns, diagenesis and reservoir geology of peritidal dolostones, Trigonodus-Dolomite, Upper Muschelkalk, Middle Triassic, SW Germany. *Facies* 37, 99-114.
- Schneider, W., Abed, A. M. & Salameh, I., 1984. Mineral content and diagenetic pattern- useful tools for lithostratigraphic subdivision and correlation of the Nubian series, results of work in Wadi Zarqa Ma'in, Jordan. *Geol. Jb.*, B53, 53-75.
- Schramm, A., Stein, M., and Goldstein, S. L., 1997. C14 time-scale calibration and relation to global paleoclimate: Evidence from U-series and C dating of Lake Lisan (pale-Dead Sea) sediments. *Terra Nostra*, 4, 1-3pp (extended abstract).
- *Seilacher, W., 1979.
- Selley, R. C., 1970. Ichnology of Palaeozoic sandstones in the southern desert of Jordan, a study of trace fossils in their sedimentologic context. In: *Trace Fossils* edited by T. P. Crimes and J. C. Harper. *Geol. Jr. Spec. Publ.* 3, p. 477-488.
- Selley, R. C., 1972. Diagnosis of marine and non-marine environments from the Cambro-Ordovician sandstones of Jordan. *Jour. Geol. Soc. London*. 128, 135-150.

- Seltrust, 1983, 1985. The performance of pilot plant: test wrk and cottage plant feasibility study on Wadi Araba copper ore. Phase I, II. Unpubl. Reports, NRA, Amman.
- Shaaban, M. N., Holail, H. M., El-Askary, M. & Rashied, M. A., 1995. Environment and diagenesis of an Upper Cretaceous bioclastic oyster limestone bed, Red Sea coast, Egypt. *Facies* 33, 121-128.
- Shadfan, H. and Dixon, J., 1984. Occurrences of palygorskite in soils and rocks of the Jordan Valley. *Developments in Sedimentology*, 37, 187-199.
- Shahrour, Y. T., 1996. *Lithostratigraphy, foraminiferal biostratigraphy and geological history of the Upper Cretaceous in west Jordan*. Unpubl. Ph. D thesis, Kingston Univ., England, 464p.
- Shapira, A., 1997. On the seismicity of the Dead Sea basin. In: *The Dead Sea, The Lake and Its Setting* edited by T. M. Niemi, Z. Ben-Avraham and J. R. Gat. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 36, pp.82-86.
- Shaw, S. H., 1948. The geology and mineral resources of Palestine. *Bull. Imp. Instit. London*, 46, 87-103.
- Shawly, S. J., 1986. *Petrography and sedimentology of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary phosphate bearing sedimentary sequence, north Saudi Arabia*. MSc thesis, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia, 273 pp. (Unpublished).
- Sheldon, R. P., 1993. *Tectonic development of Arabia during its Cretaceous to Recent override of the Tethys mantle upwelling spreading ridge*. (U. S. Geological Survey Mission to Saudi Arabia), 56 pp. (Unpublished.).
- Sieberg, A., 1932, Untersuchungen ueber Eroeben und Bruchschollenbau in Ostlchen Mittelmeergebiet. *Denkschr. Mrdiz. Naturwiss Ges. Jena*, 18, 157-273.
- Siedner, G. and Horowitz, A., 1974. Radimetric ages of Late Cainozoic basalts from northen Israel. Chronostratigraphic implications. *Nature*, 250, 23-26.
- Simoes, M. G. & Kowalewski, M, 1998. Shell beds as paleoecological puzzles: A case study from the Upper Permian of the Parana Basin, Brazil. *Facies* 38, 175-196.
- Sitter, L.U. de 1962, Structural development of the Arabian Shield in Palestine . *Geol. Minjb ouw*. 11, 116-124.
- Slansky, M., 1986. *Geology of sedimentary phosphates*, 210 pp. (Elsevier, Amsterdam).
- Soudry, D., Nathan, Y., & Roded, R., 1985. Ashosh-Haroz facies and their significance for the Mishash Formation paleogeography and phosphorite accumulation in the northern and central Negev, southern Israel. *Israel Journal of Earth Science*, 56, 429-441.
- Southgate, P. N., 1986. Cambrian phoscrete profiles, coated grains and microbial processes in phosphogenesis, Georgina Basin, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56, 429-441.
- Speers, G. C., 1969. El-Lajjun oil shale deposits, Jordan. Unpubl. Report, NRA, Amman.
- Stein, M., Goldstein, S. L., Ron, H., and Marko, S., 1992. Precise TIMS ²³⁰Th/²³⁴U ages and magnetostratigraphy of Lake Lisan sediments (paleo Dead Sea). *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 73: 155.
- Steinitz, G., 1977. Evaporite-chert association in Senonian bedded chert, Israel. *Israel Journal of Earth Science*, 26, 55-63.
- Stoesser, D. B. and Elliot, J. E., 1979. Post orogenic peralkaline and calcalkaline granites and associated mineralization of the Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia. USGS Saudi Arabian Project Rep. SA (IR) Tarawneh, B., 1988. The geology of Al-Tafila area, map sheet No. 3151 IV. NRA, Mapping Project Bull., 12, 55p

- Teimeh, M., Abu Lihie, O., Taani, V., and Abu Saad, L., 1990. A study of the Palaeozoic formations of Jordan at outcrops and in the subsurface. *Subsurface Geology Bul.*, 1, NRA, 72p.
- Van De Boom, G. and Suwwan, O., 1966. Report on the geological and petrological studies of the plateau basalt in NE Jordan. German Geological Mission to Jordan, 42p.
- Vaslet, D., 1990. Upper Ordovician glacial deposits in Saudi Arabia. *Episodes*, 13, 147-161.
- Wagner G., 1934. Deutcher Muschelkalk am Toten Meer. *Natur U. Volk*, 62, 449-454, Frankfurt.
- Weissbrod, T., 1969. The Paleozoic of Israel and adjacent countries. *Bull. Geol. Surv. Israel*, 47, 23p and 48, 32p.
- Weissbrod, T., 1970. The stratigraphy of the Nubian sandstone in southern Israel (Timna-Eilat area). *Israel Geol. Surv. Rep.* OD/2/70, 22P.
- Wetzel, R., 1947. Stratigraphic sections of Jordan Valley and Dead Sea. Unpubl. Rep. *Petroleum Develop.*, (Transjordan) Paris.
- Wetzel, A., 1982. Cyclic and dycyclic black shale formation. In *Cyclic and event stratification* (eds Einsile, G. & Seilacher, A.), pp. 431-455 (Springer, Berlin).
- Wetzel, R. & Morton, D. M., 1959. Contribution a la geologie de la Transjordanie. *Notes et Memoirs sur le Moyen Orient* 7, 95-191.
- Wiersma, J., 1970. Provenance, genesis and paleogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks in the Jordan Valley area.
- Willis, B., 1938, Welling's observation of the Dead Sea structures. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 42, 659-668.
- Wilson, J. L., 1975. *Carbonate facies in geologic history*, 471 pp. (Springer, Berlin).
- Wolfart, R., 1959. Geology and hydrogeology of the Irbid District (Hashemite Kingdm of Jordan). Bundesanstalt fur Bodenforschung, Hannover.
- Wolfart, R. R., 1968. Stratigraphie und fauna des Ober-Ordovixiums (Caradoc-Ashgill) und Unter Silurs Unter Llandovery) von Sud Jordanien. *Geol. Jb.*, 85, 517-564.
- Wyllie, B. K., Campbell, K. A., & Lees, G. M., 1923. Petroleum prospect in Syria, Palestine, and Transjordan. Anglo-Persian Pil Company. Unpubl. Report, 12p.
- Yan, Z. W. and Petit-Maire, N., 1994. The last 140 ka in the Afro-Asian climatic transitional zone. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 110: 217-233.
- Yasin, S. 1992. Depositional environments of Wadi Es-Sir Formation (Turonian) in Azraq basin. Unpubl. M.Sc thesis. University of Jordan 161p.
- Yassini, I., 1979. Maastrichtian-Lowe Eocene biostratigraphy and the planktonic foraminiferal biozonation in Jordan. *Rev. Esp. Micropal.*, 11, 5-57.
- Yechieli, Y., Magaritz, M., Levy, Y., Weber, U., Kafri, U., Woelfli, W., and Bonani, G., 1993. Late Quaternary geological history of the Dead Sea area, Israel. *Quaternary Research*, 3: 59-67.
- Zak, I., 1967. The geology of Mount Sedom. Unpubl. Ph. D Thesis, Hebrew Univ., Jerusalem (English abstract).
- Zak, I. And Freund, R., 1981. Asymmetry and basin migration in the Dead Sea rift. *Tectonophysics*, 80, 27-38.
- Zak, I. and Freund, R. 1966, Recent strike-slip movements along the Dead Sea Rift. *Isr. J. Earth Sci.*, 15, 33-37.
- Zhuo, Z., Baoyin, Y., and Petit-Maire, N., 1998. Paleoenvironments in China during the last glacial maximum and the Holocene optimum. *Episodes*, 21: 152-158.

مسرد المصطلحات

أ

- أبواغ Pollens
- آثار المستحاثات Trace fossils
- آثار نقاط المطر rain drops
- أثر الصدع fault scarp
- أحواض بين جبلية intermontane basins
- أحواض basins
- آخر قمة جليدية last glacial maximum
- أردواز Slate
- أركي Archean
- إعادة تبلور recrystallization
- إعادة تحريك reworking
- أغوار Rifts
- أفيوليت Ophiolite
- إقليمي Regional
- أمطار موسمية monsoon
- إنزلاقات أرضية Landslides
- أنسيماتي أي محيطي Oceanic
- أنهار متعطفة Meandering
- أوبال Opal christobalite/tridimite CT
- أونكوليت oncolite مكورات من أصل طحلي
- أوليت Oolite مكورات متمركزة من أصل كيماوي
- أويستر Oyster من المجاريات
- أيون Ion
- استدارة Roundness
- الإنتاجية الحيوية bioproductivity
- الأنهار المتشعبة distal braided river أو braidplains
- التحمت أفقيا accreted
- الحركة الهرسينية Hercynian Orogeny
- الخزان الرملي Sandstone Aquifer
- الدرع العربي النوبي Arabian Nubian Shield
- الرف القاري المفتوح open shelf
- الزور Zot
- الصفحة العربية Arabian Plate
- الغطاء الرسوبي Sedimentary cover
- الغور Ghor
- القاعدة Basement
- القوس السوري Syrian Arc
- الكتلي Massive

الكربون الكلي TOC
الكربون الكيماوي COD
اندست intrude
انسيابات حبلية pahoehoe
انصبابات بركانية Volcanic flows

ب
باردة temperate
بحر متداخل مع القارة ضحل epicontinental
براز هذه الكائنات Coprolites
براكين متطبقة stratovolcano
بركانيات فتاتية Pyroclastics
بركانية Volcanic
بركنة Volcanism
بطنقدميات gastropods
بورسيلينيت (تربولي) Porcelanite
بيئات بحرية Marine environmnets
بيئة بيلاجية Pelagic
بتيومين Betumin
بيزوليت Pisolite مكورات كبيرة نسبيا

ت
تأريخ إشعاعي Radigenic dating
تبخر وفتح Evapotranspiration
تبخرات Evaporites
تجبلية (orogenesis)
تجوية Weahering
تحت السطحي Subsurface
تحت المدية subtidal
تحول إقليمي Regional metamorphism
تحول احتراقي Combustion metamorphism.
تحول بالتماس Contact metamorphism
تحول Metamorphism
تدرجا واضحا graded
تذرية deflation
تراكيب رسوبية أولية Primary sedimentary structures
تربة قديمة Paleosoil
ترسخ Cratonisation
ترسيب لاحق Diagenetic
ترسيب من المياه الخلالية Authigenic
تشققات الطين Mud cracks
تصادم Collision
تصغر نحو الاعلى fining upwards

paleohigh تضاريس مرتفعة
Compressional تضغط
Lamination تطبق رقائق
herringbone cross-bedding تطبق متقاطع ثنائي الاتجاه
hummocky cross-bedding تطبق متقاطع خيمي
planar تطبق متقاطع مستوى
cross-bedding تطبق متقاطع
recharge تغذية
Lateral changes تغيرات جانبية
transgression تقدم بحري
exfoliation تقشر
active tectonics تكتونية نشطة
Outcrop تكشف
Formation تكوين
tillite تليت رسوبيات طينية جليدية
Mineralization تمعدن
Winnowing تنظيف
imbrication توجية الحبات
Foliation تورق
Upwelling currents تيارات صاعدة
(upwelling currents) تيارات صاعدة

ث

Bidirectional ثنائي الاتجاه
bimodal ثنائية الحبات

ج

gypcrete جبكريت
sills جدد
Cliff جرف
Bae flow جريان الأساس
Runoff جريان
distal جزء بعيد
proximal جزء قريب
island arcs جزر قوسية
echinoids جلدشوكيات

ح

Acidic حامضي التركيب
granular حبيبي
Erosion حت
Dimesion stones حجارة البناء
calcilutite حجر الطين الجيري

حجر الغرين الجيري calcisiltite
حجر الغرين Siltstone
حجر جيرى أبيض كتيم tuffaceous
حجر جيرى بيلويدي peloidal grainstone-wackostone
حجر جيرى ناعم (مكرت) Micrite
حجر رمل الجروك greywacke
حجر رملى حصوي Pebbly
حجر رملى كوارتزى quartzarenite
حرة Basalt field
حركات بانية للجبال Collisional orogeny
حركة إزاحة أفقية Strike-Slip
حركة أفقية يسارية Sinistral
حركة أفقية يمينية Dixtral
حركة تجبلية Orogeny
حرمانى hydrothermal
حزوز striations
حصباء صناعية وطبيعية Aggregates
حصباء Gravel
حفرة مفتوحة Open pit
حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي) CENOZOIC
حقبة الحياة القديمة (الباليوزوي) Paleozoic
حقبة الحياة المتوسطة MESOZOIC
حوض محصورة Restricted basin

خ

خامات فلزية Metallic ores
خزان جوفى مفتوح أو غير محصور unconfined
خزان ضحل shallow aquifer
خزانات جوفية aquifers
خط الصرف water divide
خطوط الانسياب flow lines
خطوط تساوي الضغط equipotential lines
خطوط تساوي الضغط equipotential lines

د

درز أرضي Geosuture

ر

رأسقدميات Cephalopoda
راسخ جمعها رواسخ Craton
رسوبيات جليدية Glacial Deposits
رف قاري مفتوح خارجي outer shelf
رفانق varves

Algal lamination رقائقية طحلبية
volcanic neck رقبة بركان
Thinly bedded رقيق التطبيق
talus or scree ركاميات السفوح
alluvial fans ركاميات مروحية
Volcanic ash رماد ركاني
. arkosic رمل الأركوز
glass sand رمل الزجاج
silica sand رمل السيلكا
Oil / Tar sand رمل زيتي أو قطراني
Throw رمية
channel lag conglomerates رواهص قاع القناة
basal conglomerates رواهص الأساس

س
(Supratidal) سبخة
Stromatolites ستروماتوليت
lithofacies سحنات صخرية
Microfacies سحنة مجهرية
Facies سحنة
lowstand sea level سطح البحر المنخفض
peniplanation surface سطح التسوية
Hercynian Unconformity سطح عدم التوافق الهرسيني
Regional unconformity سطح عدم توافق إقليمي
Unconformity سطح عدم توافق
Bedding planes سطوح التطبيق
Silcrete سلكريت
Flood plains سهول فيضية
Sialic سيالية
Silicification سيلسة
Siliceous سيليسية

ش
Tensional شدّ
grain-supported شديدة التراص
Schist شست
bioherm, reef شعب جمعها شعاب

ص
Oil shale صخر زيتي
Source rock صخر مولّد للبترول
calcarene صخور الرمل الجيري (كالك أرينيت)
Plutonic rocks صخور بلوتونية نارية جوفية

صخور ثولييتية (قليلة البوتاسيوم)
Plutonic rocks صخور جوفية
Extrusive rocks صخور سطحية
Industrial rocks صخور صناعية
Transform صدع تحويلي
thrust faults صدع دفع علوي
Gravity Fault (Normal) صدع عادي
Normal صدع عادي
Reverse صدع عكسي
Transverse Fault صدع مستعرض
listric normal fault صدع نمو
Fault صدع
border faults صدوع حدودية
step – faults صدوع سُلْمِيَّة
Oceanic plate صفيحة محيطية
faceted صقلت
Chert صوان
brecciated chert صوان بريشي

ض
ضحلة نحو الأعلى Shallowing upwards

ط
طباشير Chalk
طباقية Stratigraphy
طحالب Algae
طفة Tuff
طيّ Folding
طيّة Fold

ظ
ظهر تضغط pressure ridge
ظهر وسط المحيط الأطلسي Mid Atlantic Ridge

ع
عصارة leachate
عضو Member
عقيدات Concretion or nodules
علامات النيم Ripptes marks
علامات نيم متداخلة وموجبة Wavy & hnterference
عمليات لاحقة للترسيب diagenetic
عملية رفع uplift
عناصر ثانوية trace elements

عنبر Amber
عوالق حيوانية Zooplanktons
عوالق نباتية Phytoplanktons
عوالق planktons

غ
غرين Silt
غضار shale
غوص Subduction

ف
فتاتية Clastic, Detrital
فتات الفوسفات الداخلي intraclasts
فرانكوليت Francolite معدن الفوسفات
فرز Sorting
فعاليات الكائنات الحية bioturbation
فلسي Felsic
فواصل Joints
فوسفات ناعم mudsphorite

ق
قاع متصلب hardground
قاع 'Gaa أو mud flat
قاعدي التركيب Basic
قاعي trough
قواطع dykes

ك
كارناليت (KCl. MgCl₂. 6H₂O)
كالكريت أو كاليش أو ناري calcrete
كالكريت Calcrete تربة جيرية
كلسقلوية calcalkaline
كوكينا Coquina
كيروجين Kerogen

ل
لابة كتلية آه آه aa
لاغون Lagoon

م
متزامنة مع الترسيب synsedimentary
متمعدنة Minerilised
متورق Foliated

total dissolved solids (TDS) مجموع المواد الصلبة الذائبة

Group مجموعة

Weathered مجوأة

bivalves محاريات

Anticline محذب

“ geanticline محدبا إقليميا “

confined محصور

intrusives محقونات

Neo-Tethys محيط التيثس الجديد

Dolomitised مدلمتة

alluvial fan مراوح أودية

Coral مرجان

(reducing = anoxic) مرجعة أو مختزلة

Angular مزوأة

Porosity مسامية

Fossil مستحاثة

Terrace مسطبة

inter-subtidal ,tidal flats مسطحات المد

brackish مسوس

Correlation مضاهاة

nodualrity مظهر عقيدي

Light معادن فاتحة

Dark معادن قاتمة

Coeffecient of runoff معامل الجريان

sedimentation rate معدل الترسيب

Rate of denudation معدل التعرية

Storm rate of runoff معدل الجريان الفيضاني أو العاصفي

Rate of subsidence معدل الخفض/الرفع

Rate of uplift معدل الرفع

Complex معقد

Migmatite مغماتيت

phosphatised مفسفتة

Syncline مقعر

xenoliths مكثفات

Peloids مكورات

rock salt ملح صخري

geothermal gradient ممال حراري أرضي

gradient ممال

(highs أو Swells) مناطق مرتفعة

catchment area منطقة الرفع

Base flow مياه الجريان الدائم

Infiltration مياه الرشح

Groundwater مياه جوفية

مياه جوفية أحفورية أو مستحاثية fossil water
مياه خلالية interstitial
مياه سطحية Surface Water
مياه عذبة meteoric
مياه متجددة Renewable
ميزوزوي Mesozoic

ن

نايس Gneiss
نباتات بذرية Angiosperms
نبخة Nabkha كثيب به نبخة
نسبة الكربون الحيوي BOD
نسق Suite
نسيج عين الطير bird's eye texture
نشاط تكتوني داخل الراسخ Intracratonic tectonism
نشاط صدعي تمددي Extensional
نضج oil window
نطبق متقاطع مماسي Tangential
نظائر Isotopes
نظرية الصفائح Plate Tectonics
نفوذية Permeability
نهريّة Fluvial
نهوض Uplift, Upwarping

هـ

هبوط Subsidence

ي

يتعاقب interbedded
ينابيع حارة ومياه معدنية Hot springs