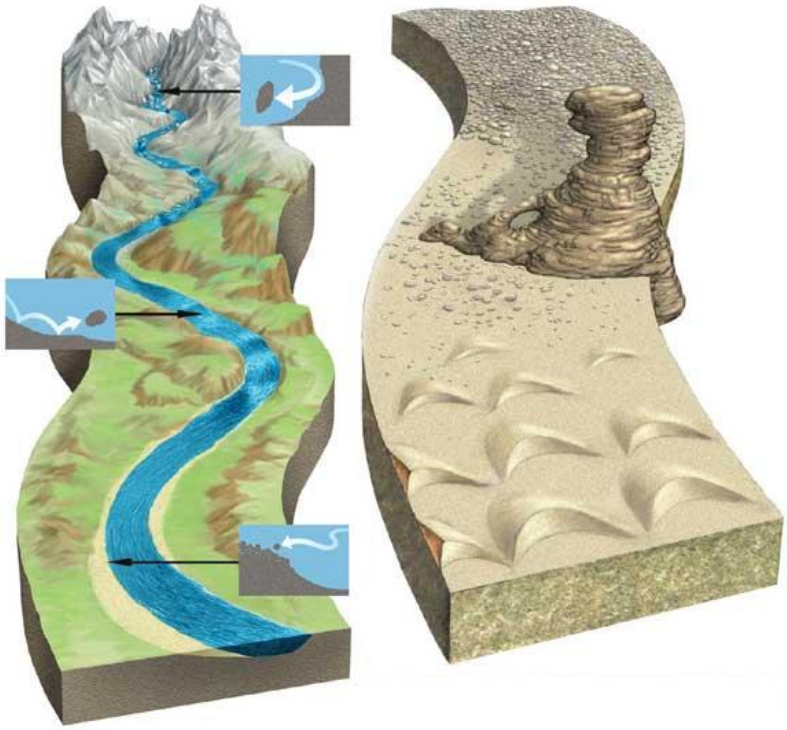
الوحدة الأولى:

الظواهر الجيولوجية الخارجية

مقدمة



تشمل الدينامية الخارجية كل القوى المتحكمة في الظواهر الخارجية (الحت، النقل، الترسب) والتي تستمد طاقتها من خارج الأرض أي أساسا من الطاقة الشمسية. تحدد هذه القوى تطور المظهر الخارجي للقشرة الأرضية. ويتنوع شكل التضاريس حسب شكل المجموعات الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية وحسب المكان والزمان. فالمناطق القارية تنبسط تدريجيا بفعل الحت، بينما تسيطر ظاهرة الترسب في المناطق البحرية. وترتبط الدينامية الخارجية بالدينامية الباطنية، حيث تؤدي التشوهات المرتبطة بحركية الصفائح إلى تكون التضاريس مقاومة بذلك ظاهرة الحت، كما تتحكم كذلك في شكل قعر البحار والمحيطات.

وهكذا تختزن الصخور الرسوبية عدة معلومات تدور حول ظروف تشكلها وتتضمن آثار العديد من الأحداث الجيولوجية القديمة التي عرفها كوكب الأرض.
فإعادة تاريخ تكون حوض رسوبي معين يقتضي البحث عن أصل المواد الرسوبية والمسار الذي سلكته، وتحديد ظروف ترسبها قصد انجاز خريطة الجغرافيا القديمة واسترداد التاريخ الجيولوجي.

1) كيف ننجز خريطة الجغرافيا القديمة لمنطقة رسوبية معينة؟
2) ما المبادئ والوسائل المعتمدة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية منضدية؟

Moutamadris.ma

الفصل الأول
انجاز خريطة الجغرافيا القديمة

مقدمة:

تتكون الصخور الرسوبية المكونة للمناظر الجيولوجية على سطح الكرة الأرضية وبكيفية بطيئة عبر الزمن الجيولوجي، وذلك وفق أنماط ترسبية مختلفة.
تتميز الصخور الرسوبية بصفات صخرية وأحفورية تسمى سحنات الصخور الرسوبية.
فما دلالات هذه السحنات؟ وكيف يمكن تفسيرها واستغلالها قصد إعادة تشكل أوساط نشوء هذه الصخور؟

I – تصنيف مكونات الرواسب

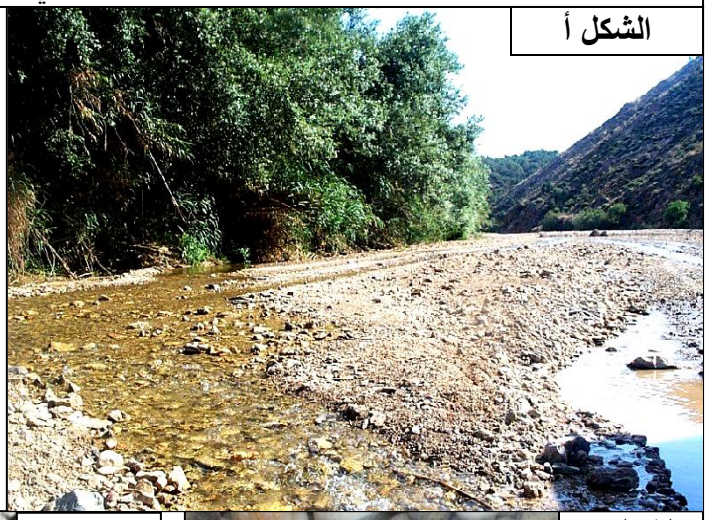
① تصنيف مكونات الرواسب حسب قدها

أ – ملاحظات. الوثيقة 1

الوثيقة 1: أصناف ومكونات الرواسب وأمثلة من الأوساط النهرية

الشكل أ: منظر لواد بالأطلس الكبير خلال فصل الصيف، الشكل ب: منظر لواد خلال فصل الشتاء، الشكل ج: حصا كبير، الشكل د: حصا صغير، الشكل ه: رمل، الشكل و: مثال لسلم تصنيف الرواسب حسب Wentworth.

انطلاقا من ملاحظة هذه الوثائق:
تعرف على أصناف العناصر الرسوبية التي يمكن معاينتها في مجرى الواد.
كيف يمكن تفسير اختلاف أصناف العناصر الرسوبية في الواد.


الشكل أ

الشكل ب

الشكل ج

الشكل د

الشكل ه

الشكل و

قطر المكونات ب mm	أكبر من 256	من64 إلى 256	من 4 إلى 64	من 2 إلى 4	من 1/16 إلى 2	أقل من 1/16
الرواسب	جلاميد	حصا كبير	حصا صغير	حبيبات	رمل	طين

Moutamadris.ma

ب – تحليل واستنتاج.

1) يتبين من هذه الوثائق أن رواسب المجاري المائية تتكون أساسا من جلاميد وحصا كبير وحصا صغير وحبيبات رملية وطين.
2) يمكن إرجاع اختلاف أصناف العناصر الرسوبية في مجرى الواد إلى عاملي سرعة التيار المائي، وقد العناصر الرسوبية. كما أن سرعة التيار المائي تتغير حسب نسبة انحدار المجرى المائي والظروف المناخية، ومن وسط المجرى في اتجاه ضفتيه.

② نفس الراسب وأوساط رسوبية مختلفة.

أ – ملاحظات. الوثيقة 2

الوثيقة 2: نفس الراسب (الرمل) وأوساط رسوبية حالية مختلفة

الشكل أ: رواسب رملية صحراوية، الشكل ب: رواسب شاطئية. انطلاقا من ملاحظة هذه الوثائق، بين العوامل المتدخلة في الترسب في الوسطين الممثلين في الشكلين. وهل نوع الراسب كاف للدلالة على وسط الترسب؟

الشكل أ

الشكل ب

ب – تحليل واستنتاج.

يتميز الوسط الصحراوي (الشكل أ) برواسب ريحية، إذ يعتبر الريح العامل المتدخل في الترسب في هذا الوسط. أما الوسط الشاطئي فيخضع باستمرار لحركات الأمواج وهبوب الرياح من جهة البحر، إذ تعمل الأمواج على توزيع الحصا والعناصر الرملية على طول الشاطئ، بينما الرياح تنقل الحبات الرملية الصغيرة القد بعيدا عن الشاطئ فيكون كثبانا رملية موازية للشاطئ.

يخضع ترسب العناصر المنقولة لدينامية موائع وسط الترسب ولطبيعة هذا الوسط. وهكذا يمكن لنفس الراسب أن يتوضع في أوساط رسوبية مختلفة ولا يميز بين مختلف هذه الأوساط إلا بدراسة متكاملة لخصائص الرواسب.

II – الدراسة الإحصائية لمكونات الرواسب.

① دراسة قد مكونات الرواسب.

تقتصر هذه الدراسة على حبات المرو نظرا لمقاومتها لعملية الحث بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بترتيب الحبات حسب قدها، ثم وزن كل جزء محصل عليه على حدة.

أ – تحضير مكونات الرواسب للدراسة الإحصائية. الوثيقة 3

الوثيقة 3: مناولة عزل أصناف الحبات المكونة لعينة من الرواسب

- نأخذ عينة من الرمل ونضعها في غربال قطر عيونه 0.063 mm، ثم نغسلها بالماء لإزالة الطمي والطين.
- نعالج العينة باستعمال حمض HCl قصد التخلص من المواد الكلسية، وبالماء الأكسجيني قصد إزالة المواد العضوية.
- بعد التجفيف نضع 100 g من الرمل المحضر في الغربال العلوي لمجموعة من الغرابيل (الشكل أمامه) ذات ثقوب ينقص قطرها من الأعلى إلى الأسفل بالنصف (من 2 إلى 1/16 mm). ثم نحرك الغرابيل لمدة 15 دقيقة.
- نزن العينات المتبقية في كل غربال.

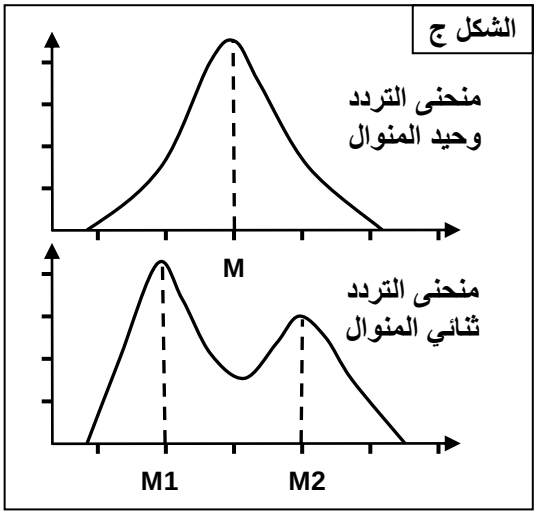
Moutamadris.ma

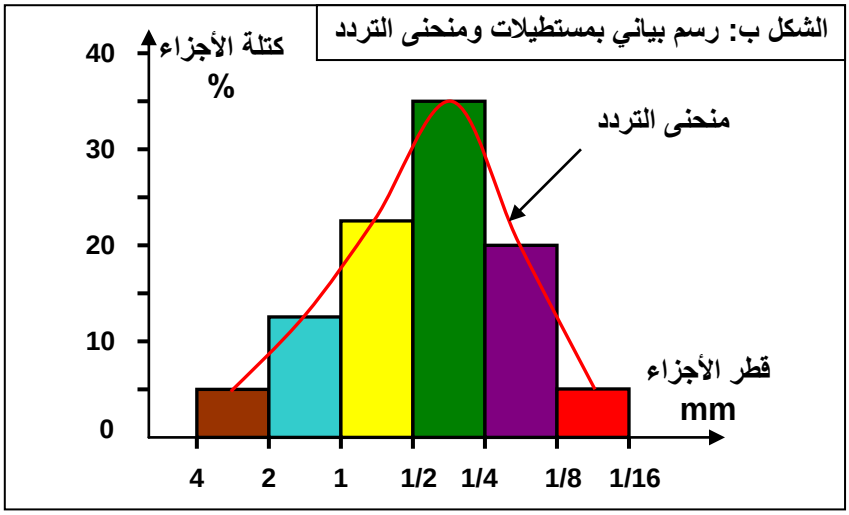
ب – تمثيل النتائج.

a – طريقة أولى: منحنى الترددات courbe de fréquence

ننجز منحنى الترددات حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل معايير الغرابيل حسب السلم اللوغارتمي، وعلى محور الاراتيب كتل حبات المرو المحصل عليها في كل غربال.
- ✓ نرسم في الأول مدراج histogramme يمثل كل درج فئة تضم قطر الحبات بين غربالين متتاليين، ثم نربط بين أوساط المدراج لنحصل على منحنى يسمى منحنى التردد (أنظر الشكل ب).





إذا كان منحنى الترددات وحيد المنوال فان الراسب المدروس في هذه الحالة هو راسب متجانس. (الشكل ج)
أما إذا كان منحنى الترددات ثنائي المنوال فان الراسب المدروس هو راسب غير متجانس (متغاير).

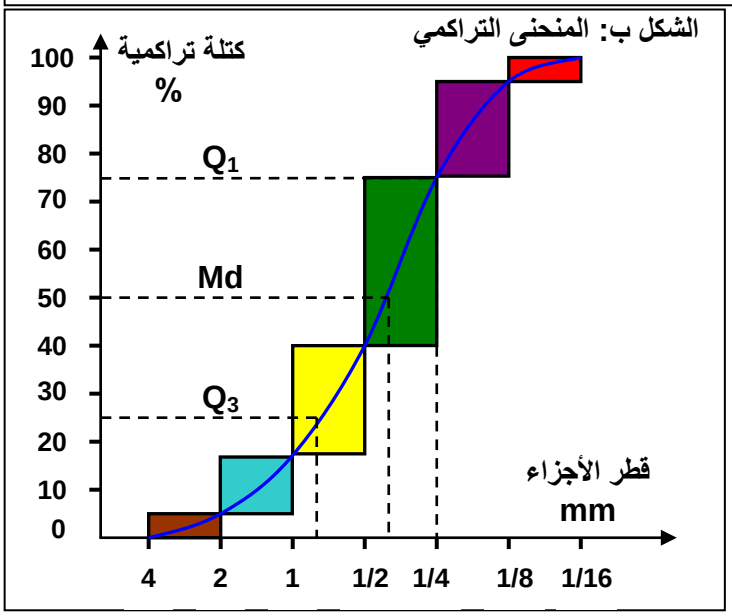
b – طريقة ثانية: المنحنى التراكمي courbe cumulative (الوثيقة 4)

ننجز المنحنى التراكمي حسب الطريقة الآتية:

- ✓ نمثل على محور الأفاصيل قطر الغرابيل حسب السلم اللوغارتمي، وعلى محور الأراتيب مجموع الكتل المحصل عليها في الغربال وفي الغرابيل التي تسبقه. أي النسبة التراكمية. (الشكل أ)
- ✓ نحصل على المنحنى التراكمي بوضع المستطيلات المتتالية على الطريقة الممثلة في الشكل ب.

قطر الحبيبات بـ mm	2 إلى 4	1 إلى 2	1/2 إلى 1	1/4 إلى 1/2	1/8 إلى 1/4	1/16 إلى 1/8
النسبة المئوية من الوزن	a	b	c	d	e	f
النسبة التراكمية	a	a+b	a+b+c	a+b+c+d	a+b+c+d+e	a+b+c+d+e+f

الشكل أ: حساب النسبة التراكمية



يمكن شكل المنحنى التراكمي من تمييز نوع الرواسب المدروسة. كما يمكننا من تحديد مدل الترتيب S_0 Indice de classement الذي يطلق عليه مدل Trask، وذلك بتطبيق طريقة الأرباع:
Q_1 = 75 %، Md = 50 %، Q_3 = 25 %.

وهكذا يحسب مدل الترتيب حسب الصيغة التالية:

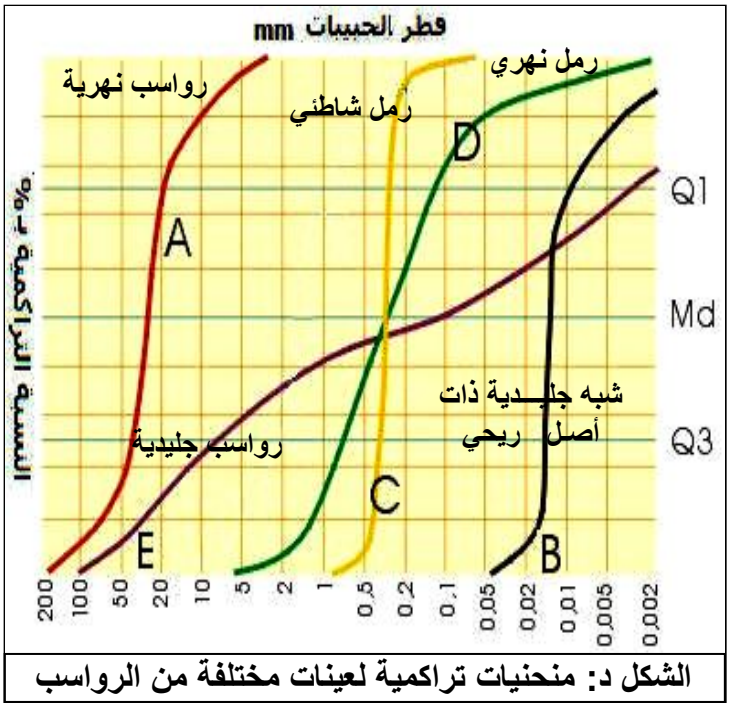
$$\text{مدل الترتيب ل Trask} = S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

أنظر الشكل ج.

Moutamadris.ma

مدل الترتيب ل Trask	درجة الترتيب
<1,23	جيد جدا
1,23 à 1,41	جيد
1,41 à 1,74	متوسط
1,74 à 2,00	غير جيد
>2,00	غير مرتب

الشكل ج: مدل الترتيب ل Trask



الشكل د: منحنيات تراكمية لعينات مختلفة من الرواسب

مثال: انطلاقا من الوثيقة ب نحدد قيمة الأرباع:

$Q1 = 0.25$, $Md = 0.4$, $Q3 = 0.8$

مدل الترتيب ل Trask هو:

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.8}{0.25}} = 1.79$$

درجة الترتيب حسب جدول الشكل ج، هو ترتيب غير جيد. وهذه خصائص تميز الرمل النهري.
انطلاقا من مقارنة المنحنى المحصل عليه مع منحنيات تراكمية مرجعية لأوساط معروفة (الشكل د)، يمكن تحديد ظروف النقل وترسب الرواسب التي تم تحليلها.

② خلاصة.

تمكن دراسة توزيع أصناف العناصر الرسوبية المكونة لعينة من الصخور من استرداد ظروف الترسب.
تمثل النتائج على شكل منحنى التردد الذي يدل شكله على ما إذا كان الراسب المدروس متجانسا أو غير متجانس. ويمكن المنحنى التراكمي من تحديد مدل الترتيب. وتمكن مقارنة شكل المنحنى مع منحنيات أخرى لعينات من أوساط معروفة، من وضع فرضيات حول وسط وظروف الترسب.

③ تمارين تطبيقية.

التمرين الأول: الوثيقة 5

الوثيقة 5: تمرين تطبيقي

أعطت غربلة عينة من الرمل النتائج الملخصة في الجدول التالي:

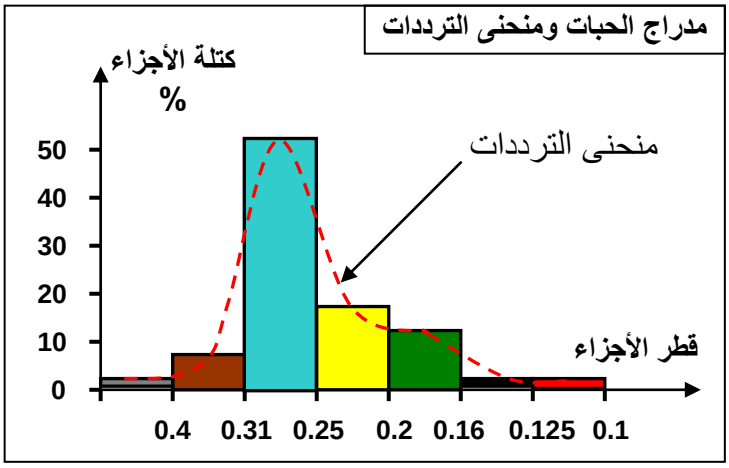
رقم الغربال	1	2	3	4	5	6	7
قطر ثقبه ب mm	0.4	0.31	0.25	0.20	0.16	0.125	0.1
كمية الحبات ب g	0.6	12.8	69.8	23.8	20.9	0.3	0.4
النسبة المئوية	0.47	9.95	54.28	18.51	16.25	0.23	0.31
النسبة التراكمية	0.47	10.42	64.7	83.21	99.46	99.69	100

1) بعد إتمام جدول الوثيقة، أنجز مدراج Histogramme الحبات، أنجز منحنى الترددات.
2) أنجز منحنى الترددات التراكمي وأوجد Q_1 , Md , Q_3، حدد قد الحبات الذي يقابل % 25 ، و% 50 ، و% 75.
3) أحسب مدل Trask (S_0).
4) ماذا يمكن استنتاجه فيما يخص ترتيب هذه العينة من الرمل؟
5) حدد أي المنحنيات أفضل لمقارنة عينات مختلفة من الرمل.

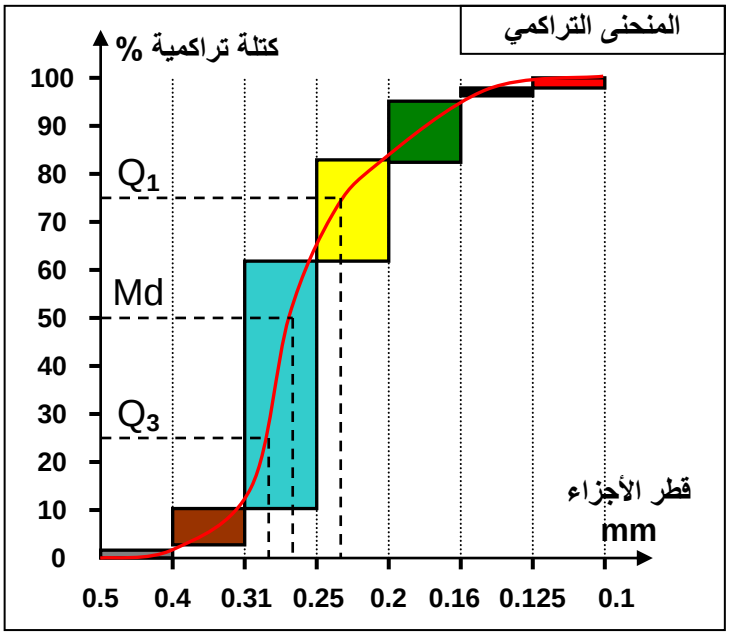
Moutamadris.ma

حل التمرين الأول:

1) انجاز مدراج الحبات ومنحنى التردد



2) منحنى التردد التراكمي.



$Q_1 = 0.23$
$Q_3 = 0.27$
$Md = 0.26$

3) مدل S_0 Trask

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.27}{0.23}} = 1.08$$

4) انطلاقا من قيمة مدل Trask نستنتج أن هذا الرمل مرتب ترتيبا جيدا.

5) منحنى التردد التراكمي أحسن من منحنى التردد أو المدراج لمقارنة قياس الحبات في عينات مختلفة من الرمل.

التمرين الثاني: الوثيقة 6

الوثيقة 6: دراسة مقارنة لرمل شاطئي ونهري وصحراوي.

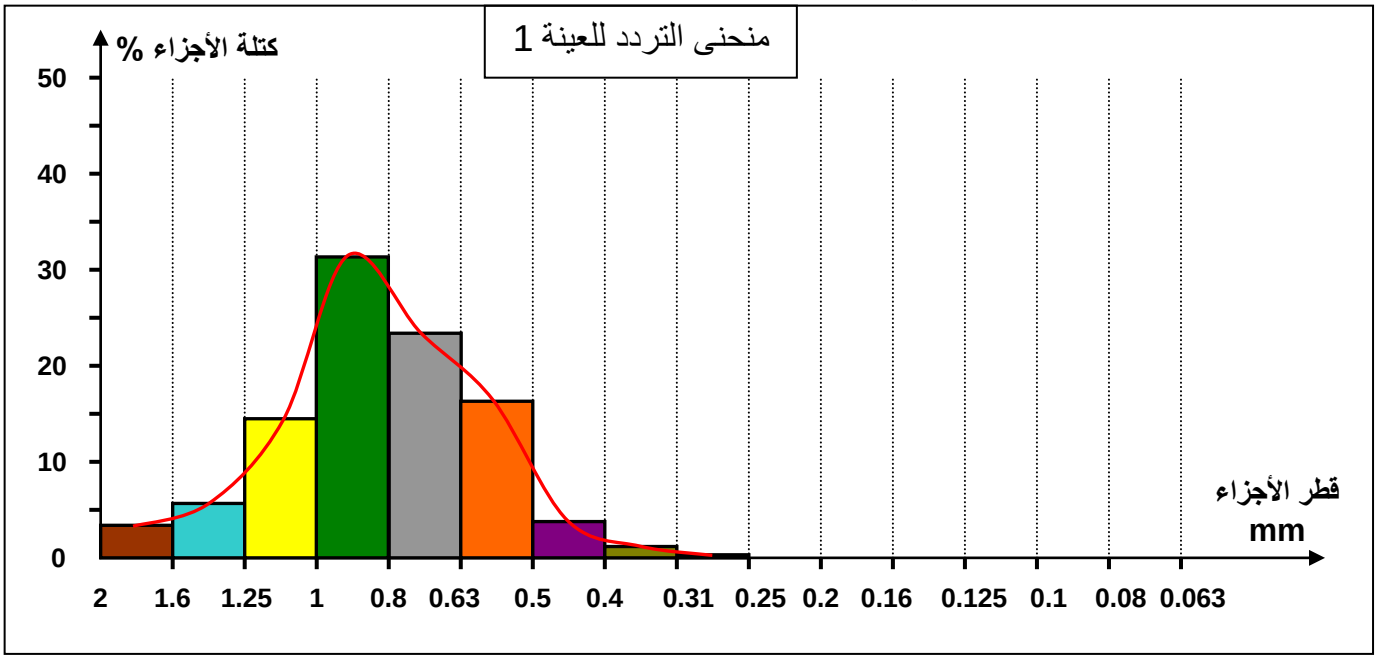
يعطي الجدول التالي نتائج الدراسة الحبيبية لثلاث عينات من الرمل (100g) أخذت من ثلاثة أوساط رسوبية مختلفة.

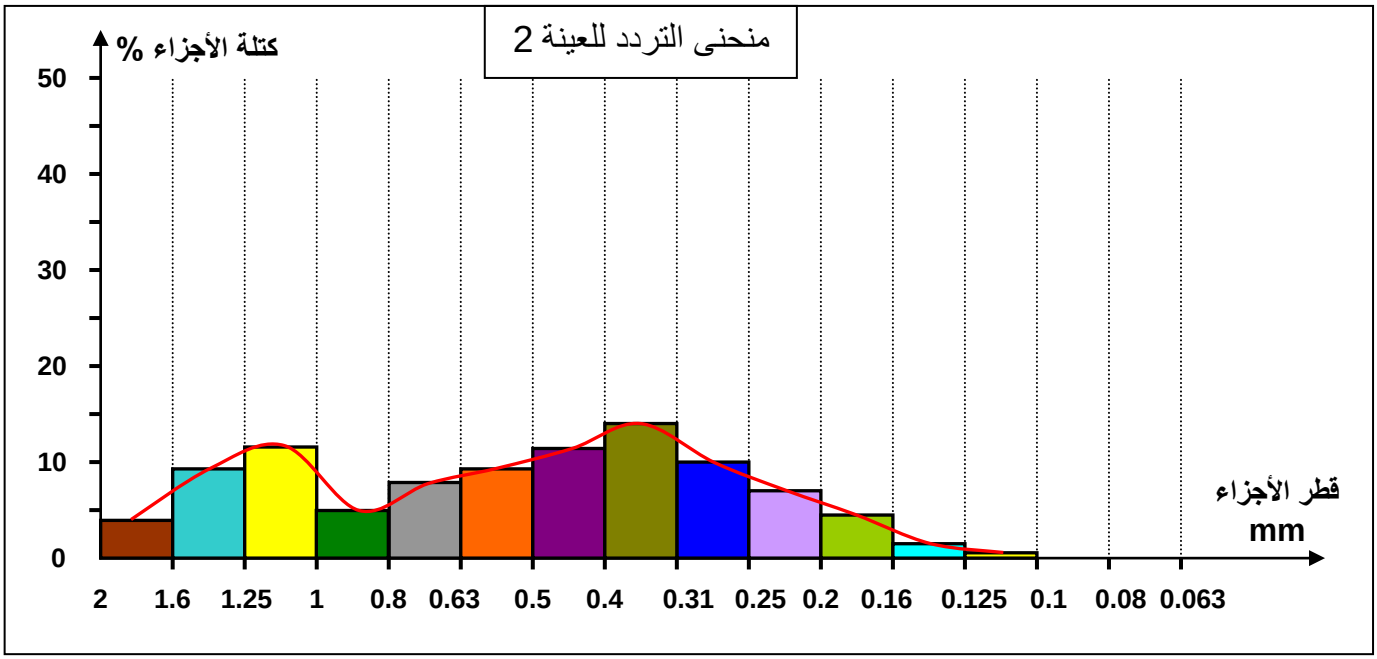
قطر العيون ب mm	2	1.6	1.25	1	0.8	0.63	0.5	0.4	0.31	0.25	0.2	0.16	0.125	0.1	0.08	0.063
العينة 1	0	3.4	5.7	14.5	31.4	23.4	16.3	3.8	1.2	0.3	0	0	0	0	0	0
النسبة التراكمية	0	3.4	9.1	23.6	55	78.4	94.7	98.5	99.7	100	100	100	100	100	100	100
العينة 2	0	4	9.3	11.6	5	4.7	8	9.3	11.4	14	10	6.5	3.2	2.5	0.5	0
النسبة التراكمية	0	4	13.3	24.9	29.9	34.6	42.6	51.9	63.3	77.3	87.3	93.8	97	99.5	100	100
العينة 3	0	0	0	0	0	0	0.4	1.2	5.1	26.1	47.4	12.1	5.6	1.5	0.6	0
النسبة التراكمية	0	0	0	0	0	0	0.4	1.6	6.7	32.8	80.2	92.3	97.9	99.4	100	100

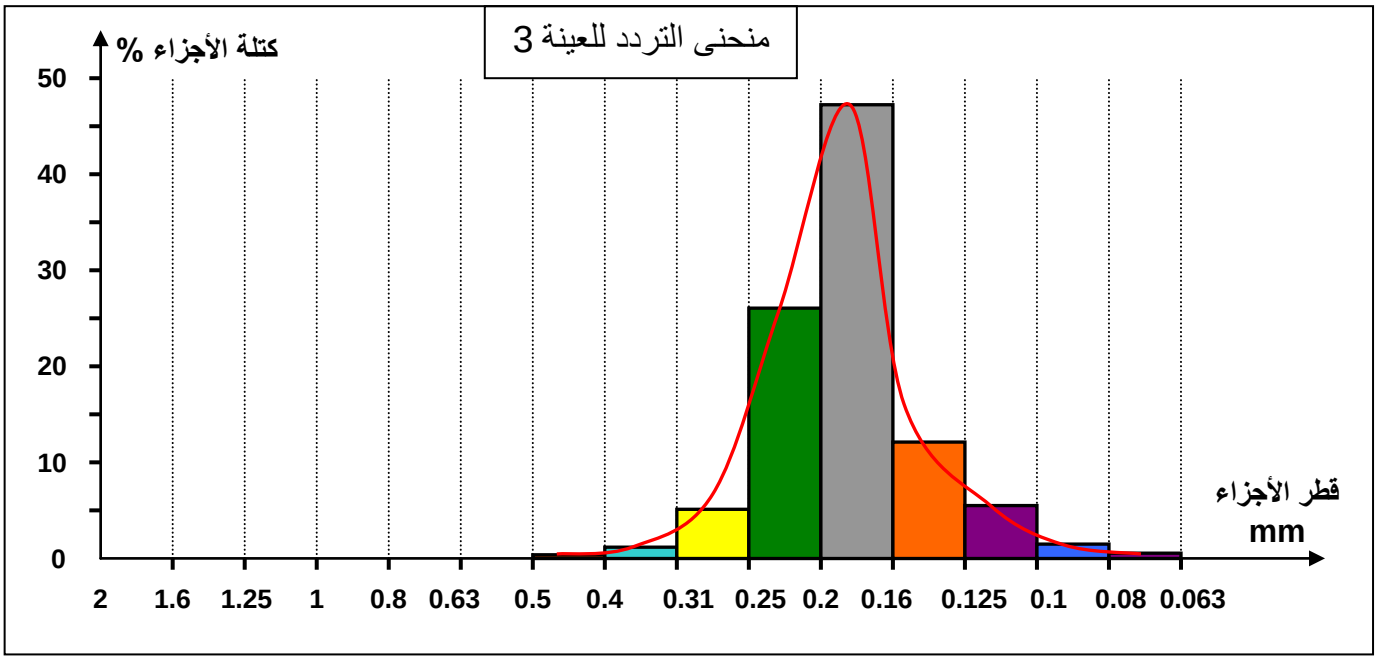
1) بعد إتمام جدول الوثيقة أنجز منحنى التردد والمنحنى التراكمي لكل من العينات 1، 2، و3.
2) تأكد من ترتيب رمل العينات الثلاث باستعمال مدل Trask.

Moutamadris.ma

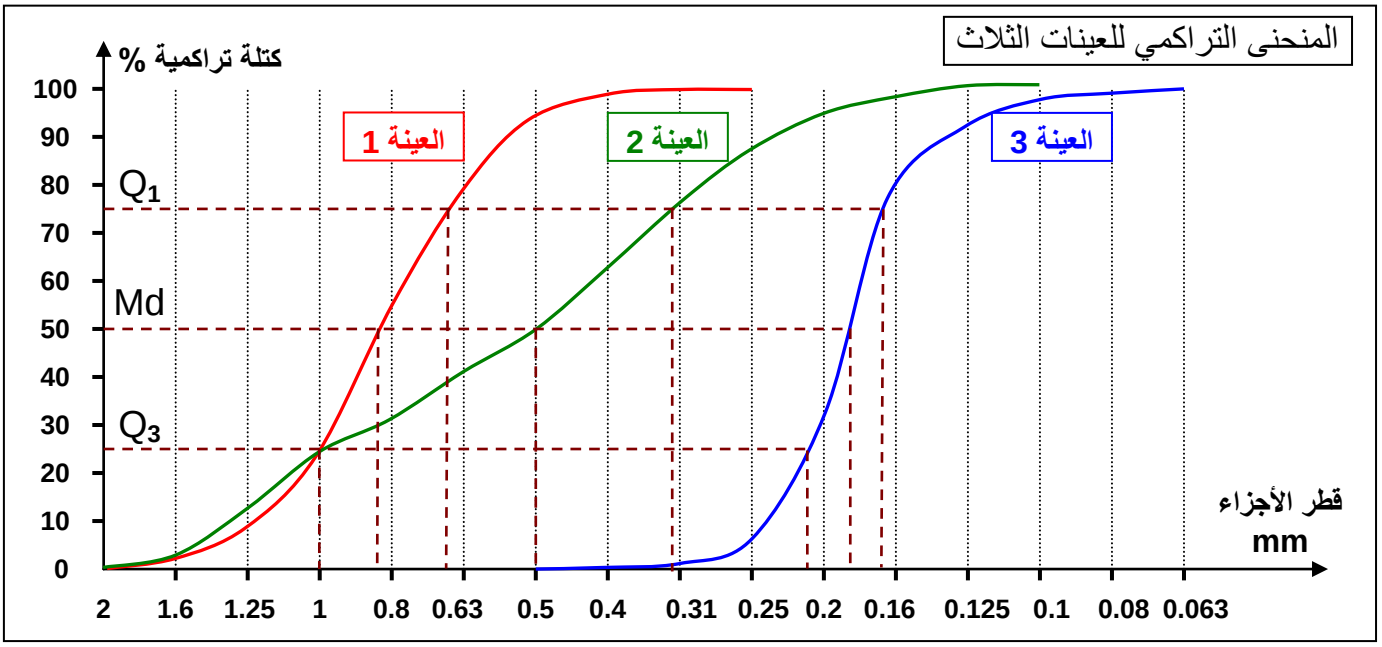
1) منحنى التردادات والمنحنى التراكمي للعينات الثلاث. (أنظر الوثيقة)







Moutamadris.ma



2) التأكد من ترتيب رمل العينات (حساب مدل Trask).

- مدل الترتيب للعينة 1:

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.66}} = 1.23 \qquad Q_2 = 0.84$$

- مدل الترتيب للعينة 2:

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.32}} = 1.77 \qquad Q_2 = 0.50$$

- مدل الترتيب للعينة 3:

$$S_0 = \sqrt{\frac{0.22}{0.17}} = 1.14 \qquad Q_2 = 0.18$$

- الخاصيات العامة للعينات الثلاث:

	العينة 1 = رمل شاطئي	العينة 2 = رمل نهري	العينة 3 = رمل صحراوي
منحنى التردد	أحادي المنوال	ثنائي المنوال عريض	أحادي المنوال ضيق
منحنى التراكم	انحدار قوي	انحدار ضعيف	انحدار قوي
درجة الترتيب	ترتيب جيد	غير جيد	ترتيب جيد جدا
Q_2	حبات غليظة	حبات متوسطة	حبات دقيقة

III – دراسة الشكل الخارجي لمكونات الرواسب (دراسة مورفولوجية).

إن شكل ومظهر العناصر الحتاتية يتغير حسب شدة ومدة التأثيرات الجيولوجية التي خضعت لها هذه الحبات، وبالتالي فالشكل النهائي لهذه العناصر يعبر عن طبيعة عوامل الحث والنقل التي أدت إلى تشكلها.

Moutamadris.ma

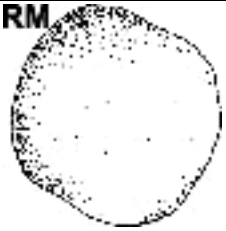
① دراسة إحصائية للمظهر الخارجي لحبات المرو.

تقتصر هذه الدراسة على حبات المرو نظرا لمقاومتها لعملية الحث والنقل بالمقارنة مع العناصر الأخرى. وتتطلب هذه الدراسة القيام بفحص لحبات المرو لعينة من الرمل بواسطة المكبر الزوجي.

أ ــ الملاحظة بالمكبر الزوجي. الوثيقة 7

الوثيقة 7: المظهر الخارجي لحبات المرو .

مكن فحص حبات المرو لعينة من الرمل بواسطة المكبر الزوجي، من انجاز صور الوثيقة.
لاحظ أنواع حبات المرو المتواجدة في الرمل وصف شكلها ومظهرها ثم أنجز رسما تخطيطيا لكل نوع من هذه الأنواع.

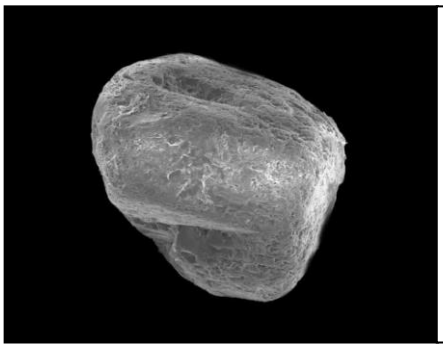
حبات غير محزة NU Grains non usés	حبات مدملكة براقة EL G.emoussés luisants	حبات مستديرة غير لامعة RM Grains rond mat
شفافة ذات محيط مزوى	شفافة ذات زوايا غير حادة	نصف شفافة ومثقبة ذات شكل بيضاوي
نجد هذا النمط في الرمل الحديث التشكل غير المنقول أو المحمول عبر مسافات قصيرة: مثال الرمل الكرانيتي	تنتج عن حث مستمر وطويل في مياه الأنهار أو الشواطئ. مثال الرمل النهري أو الشاطئي	تنتج عن اصطدامات أثناء النقل في وسط هوائي مثال: الرمل الريحي
		

ملحوظة: بعض الحبات تتعرض لأشكال مختلفة من النقل فتعطي حبات مستديرة لامعة (RL) تنتج عن حبات (RM) تعرضت للحث بواسطة الماء. وحبات مدملكة غير لامعة (EM) نتجت عن نقل بواسطة المياه ثم الرياح.

استنتاج: تمكننا الدراسة المورفوسكوبية Etude morphoscopique لحبات المرو من استكشاف عامل النقل ومدة النقل وبالتالي تحديد وسط الترسب.

أ ــ الملاحظة بالمكبر الالكتروني. الوثيقة 8

Moutamadris.ma



الوثيقة 8: ملاحظة حبات المرو بالمجهر الالكتروني الكاسح :

مكنت ملاحظت حبات المرو لعينات من الرمل الفوسفاطي لأولاد عبدون بواسطة المجهر الالكتروني الكاسح من معاينة الآثار التي تعاقبت على سطح هذه الحبات.
انطلاقا من المعطيات الواردة في هذه الوثيقة استردد تاريخ حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي.

يمكن المجهر الالكتروني الكاسح من ملاحظة التأثيرات التي تعاقبت على سطح الحبات الرملية.
انطلاقا من معطيات الوثيقة يمكن القول أن حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاطي لأولاد عبدون خضعت أولا لنقل بواسطة الرياح في وسط قاري، ثم بعد ذلك خضعت لتأثير اصطدامات في وسط مائي بحري.

ب – تمثيل النتائج.

غالبا ما يحتوي الرمل على نسب متفاوتة من EL، وRM، وNU. ولتحديد نوعية الرمل نعتمد على أكبر نسبة مئوية. لذلك تمثل نتائج الدراسة الإحصائية على شكل بيان دائري. (أنظر الوثيقة 9)

- ✓ إذا كانت نسبة EL أكبر من 30 % فهو رمل بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL بين 20 % و 30 % فهو يحتمل أن يكون رمل نهري أو بحري.
- ✓ إذا كانت نسبة EL أقل من 20 % فهو رمل نهري.

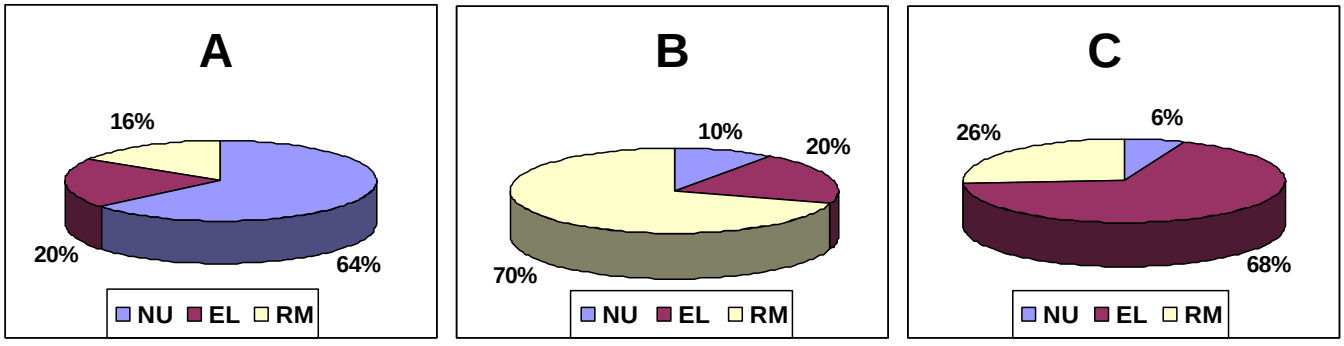
الوثيقة 9: تمثيل نتائج الدراسة الإحصائية لمظهر حبات المرو .

يبين الجدول التالي النسب المئوية لحبات المرو لثلاثة أنواع من الرمل:

حبات المرو	الرمل		
	A	B	C
NU	64 %	6 %	10 %
EL	20 %	68 %	20 %
RM	16 %	26 %	70 %

مثل هذه النتائج على رسم بياني دائري، ثم حلل واستنتج.

تمثيل النتائج:



تحليل واستنتاج:

- العينة A: تحتوي على نسبة كبيرة من الحبات NU أي أنها لم تخضع لنقل طويل. وبما أن نسبة EL تساوي 20% يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل هو رمل نهري.
- العينة B: تتكون أغلب الحبات من نوع RM مما يدل على أنها نقلت في وسط هوائي (الرياح) ولمسافة طويلة جدا ومنه فهو رمل صحراوي.
- العينة C: تتكون أغلب الحبات من نوع EL مما يدل على أنها نقلت في وسط مائي، ولمسافة طويلة، وبالتالي يمكن أن نستنتج أن هذا الرمل شاطئي.

Moutamadris.ma

② خلاصة.

يمكن فحص المظهر الخارجي لحبات المرو من تحديد العامل المسؤول عن نقل وحث العناصر الرسوبية وبالتالي وضع فرضيات حول وسط الترسب.

III – دراسة الأشكال الرسوبية. Les figures sédimentaires

الأشكال الرسوبية هي تموضع هندسي لعناصر راسب معين. وتتنوع مع تنوع القوى المسؤولة عن تشكلها، لذا تعد هذه الأشكال الرسوبية مؤشرا عن دينامية الترسب.

فكيف إذن تمكن دراسة الأشكال الرسوبية القديمة من استرداد دينامية القوى المسؤولة عن تكوينها؟

① العلاقة بين الأشكال الرسوبية و سبب تكوينها.

أ – أشكال شاهدة على تيارات مائية أو هوائية.

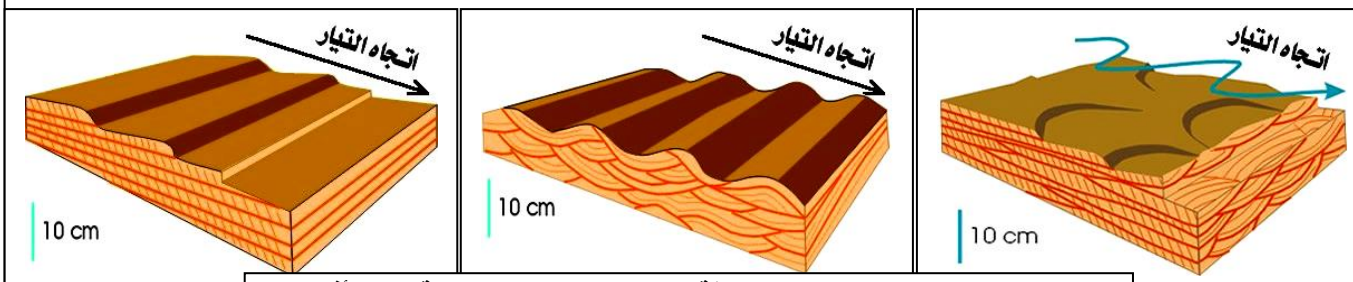
تعطي الوثيقة 10 صورا لأشكال رسوبية، ورسوم تخطيطية تفسيرية لبعض هذه الأشكال.

حلل هذه الصور واستنتج ظروف الترسب.

الوثيقة 10: الأشكال الرسوبية.

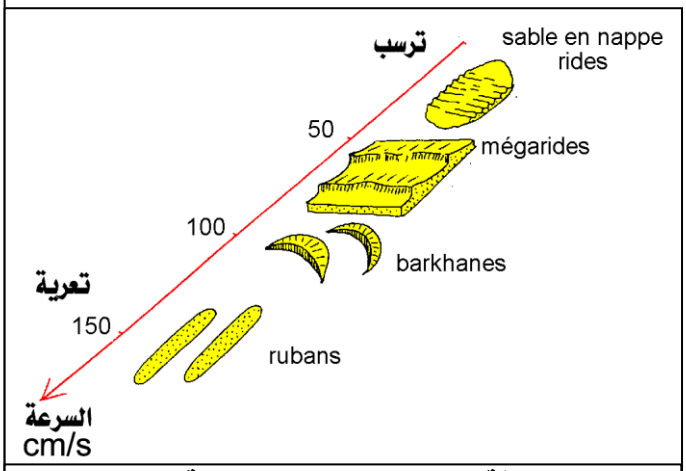
الشكل أ: تجعدات نتيجة تيارات في شاطئ حالي

الشكل ب: تجعدات في عينة من حجر رملي (-200Ma)



الشكل ج: رسم تخطيطي يبين العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار أفقيا

الشكل د: أشكال رسوبية مرتبطة بتيارات هوائية



الشكل ه: العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار الهوائي

Moutamadris.ma

تظهر الأشكال الرسوبية على شكل تجعدات تعبر عن دينامية موائع وسط الترسب
تيارات ضعيفة (شاطئ) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع ضعيف (بضع سنتمترات) متوازية فيما بينها ومتعامدة مع اتجاه التيار وتمكن دراسة خصائصها من معرفة سرعة ومنحى وعمق التيار المائي.
التيارات القوية (فيضان نهري) تكون على شكل تجعدات ذات ارتفاع متوسط وغير منتظمة ومتقطعة وتتخذ اتجاها موازيا للتيار.
الأشكال الرسوبية الناتجة عن التيارات الهوائية، تكون على شكل كتل رملية غير منتظمة ذات شكل هلالي تسمى كثبان رملية، ويشير وجهها المقعر إلى منحى التيار.

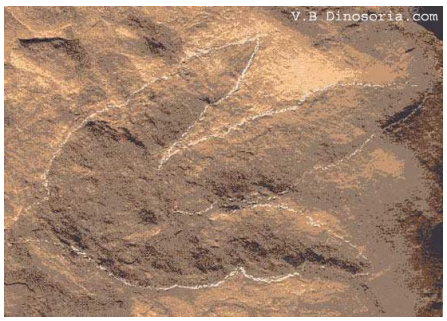
ب – بصمات على سطح الرواسب.

إن البصمات على سطح الرواسب الحالية أو القديمة، تعتبر من الأشكال الرسوبية التي تعبر عن ظروف الترسب. (أنظر الوثيقة 11)

الوثيقة 11: بصمات على سطح الرواسب

الشكل أ: شقوق تيبس تربة في راسب طيني حالي

الشكل ب: شقوق تيبس على حجر رملي خشن -180Ma



الشكل ج: أثار قوائم الحيوانات على صخور رسوبية

يدل وجود آثار للتيبس على تربة معينة على إن الوسط كان مائيا (فيضان سهلي،شاطئ،لاغون,,,) وبعد تراجع الماء تعرضت الرواسب للتبخر.
من جهة أخرى تحتفظ الرواسب المشبعة بالماء بنشاط بعض الكائنات الحية كآثار على سطح الرواسب وتساهم بذلك في معرفة الظروف البيئية التي تكون فيها الراسب. مثلا وجود الأمونيت يدل على وسط بحري، وجود أثار للديناصور يدل على عمق ضعيف بعد تراجع البحر...

② خلاصة.

الأشكال الرسوبية هي عناصر هندسية تكون على سطح الطبقات الرسوبية، أو بداخلها. تنتج عن دينامية موائع الترسب، أو نشاط الكائنات الحية التي تعيش في هذا الوسط، أو ظروف الترسب.
تمكن هذه الأشكال من تحديد دينامية هذه الموائع، وعمقها، والحدود العليا والدنيا للطبقات الرسوبية التي تتضمنها.

Moutamadris.ma

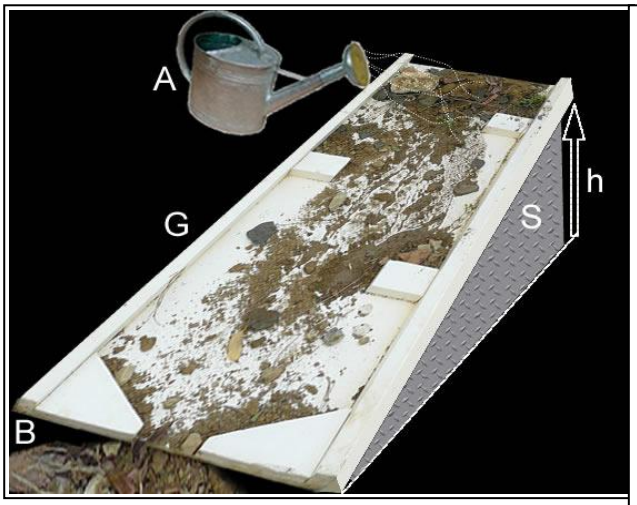
V – ديناميكية وعوامل نقل الرواسب. (أنظر الوثيقة 12)

① العلاقة بين التيار وأصناف مكونات الرواسب.

أ – مناولة. (أنظر الوثيقة 12)

الوثيقة 12:

نضع في الجزء الأعلى من مزراب Gouttière (G) خليطا من 500 g رمل و500 g جراول و500 g حصى. نصب على هذه العناصر كمية من الماء بواسطة مرشة (A).
ويستقبل حوض (B) موضوع تحت الطرف السفلي للمزراب العناصر التي نقلها الماء. ويلخص الجدول نتائج مناولتين أجريتا في نفس المدة الزمنية مع استعمال دعامة (S) علوها h على التوالي 30 و50cm.
اعتمادا على نتائج هذه المناولة حدد العلاقة بين العلو h للدعامة S وسرعة التيار في المزراب، سرعة التيار وكمية المواد المنقولة، سرعة التيار وقد العناصر المنقولة.
اربط بين النموذج التجريبي وانحدار مجرى الوادي في الطبيعة.



	h = 30cm	h = 50cm
رمل	344	484
جراول	28	185
حصى	0	46
المجموع	372	705

ب – تحليل واستنتاج.

انطلاقا من النموذج التجريبي يمكن القول أنه كلما زادت قيمة العلو h للدعامة S، إلا وزادت سرعة التيار المائي في المزراب.
انطلاقا من جدول نتائج المناولتين يمكن أن نستنتج ما يلي.

- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزادت كمية المواد المنقولة.
- ✓ كلما زادت سرعة التيار إلا وزاد قد العناصر المنقولة.

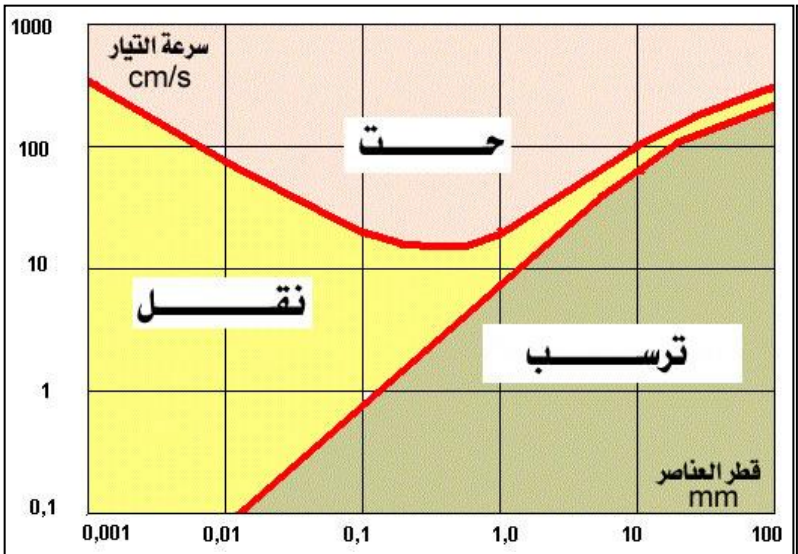
نستخلص إذن أن نقل العناصر الرسوبية هو محصلة قوتين: قوة التيار المائي المرتبطة بسرعة ونسبة انحدار مجراه، وقوة ثقل العناصر المنقولة (الجاذبية)، الشيء الذي ينطبق كذلك على انحدار مجرى الوادي في الطبيعة.

ج – العلاقة بين سرعة التيار وقد العناصر الرسوبية. (أنظر الوثيقة 13)

الوثيقة 13: العلاقة بين قد العناصر الرسوبية وسرعة التيار

توصل Hjulstrom إلى إبراز العلاقة بين تغير سرعة تيار مائي وتأثيراته على عناصر حتاتية مختلفة القد. ويمثل المبيان المحصل عليه عدة مجالات تناسب ظروف الحت والنقل والترسب.

1) من خلال تحليل مبيان Hjulstrom حدد بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm السرعة الدنيا والسرعة القصوى لتيار مائي
   - يمكن من حت ونقل هذه الجزيئات.
   - يمكن من نقلها فقط وترسيبها.
2) حدد تأثير تيار مائي ذو سرعة 100cm/s على العناصر الرسوبية.



مبيان Hjulstrom

Moutamadris.ma

تحدد هذه الوثيقة مجالات الحت والنقل والترسب، وذلك حسب سرعة المجاري المائية وقد الجزيئات.

1) بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm فإنها تحث وتنقل بواسطة تيار سرعته أكبر من حوالي 10cm/s ويستمر نقلها طالما كانت السرعة أكبر من حوالي 1cm/s، ثم تترسب عندما تصبح السرعة أقل.

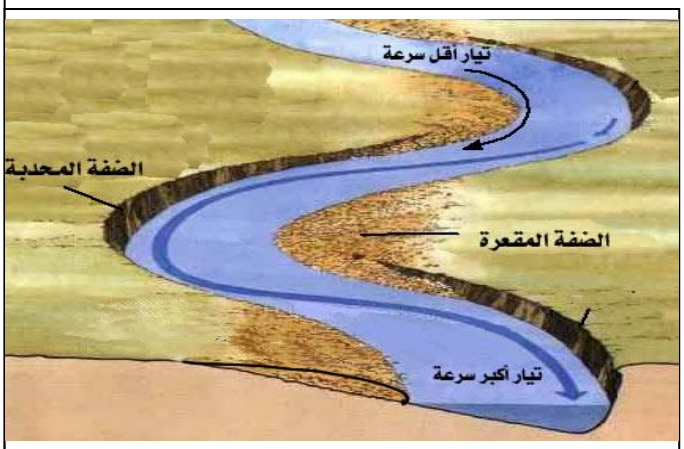
2) يستطيع تيار ذو سرعة 100cm/s من نقل عناصر رسوبية قطرها أصغر من 0.02mm، ويحت وينقل العناصر ذات قطر ما بين 0.02 و10mm، ولا يمكنه أن ينقل عناصر أكبر حيث يتم ترسبها.

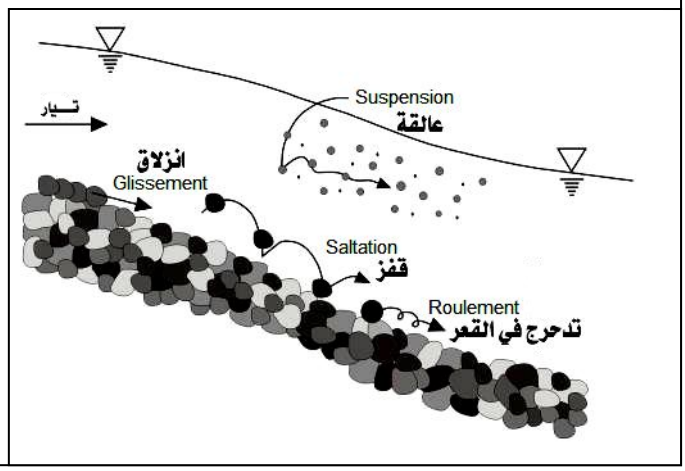
② كيف تنقل العناصر الرسوبية؟ (أنظر الوثيقة 14)

الوثيقة 14: أنماط نقل العناصر الرسوبية .

1) باعتبار سرعة التيار الممثلة في الشكل أ من الوثيقة ثابتة، ما هي العلاقة المبسطة بين قد العناصر الرسوبية ونمط نقلها ؟

2) اعتمادا على العلاقة بين سرعة التيار والمكونات الثلاثة للدينامية الخارجية (الحت، النقل، الترسب). حلل التباين بين شكل الضفتين المقعرة والمحدبة لمنعطف الوادي الممثل في الشكل ب من الوثيقة.





1) إن العناصر الرسوبية لا تنقل إلا إذا وصلت قيمة سرعة التيار عتبة خاصة بكل عنصر. وبذلك نحدد ثلاثة أنماط للنقل:
- التدحرج Roulement: العناصر الثقيلة.
- القفز Saltation: نقل غير متواصل للعناصر المتوسطة.
- العلاقة Suspension عناصر عالقة في الماء أو الهواء.

2) انطلاقا من هذه الوثيقة يتبين أن سرعة التيار تتغير حسب الضفتين المقعرة والمحدبة لمجرى الوادي.
نلاحظ أنه على مستوى الضفة المحدبة ترتفع سرعة التيار فتؤدي أساسا إلى عملية الحت. بينما على مستوى الضفة المقعرة تنخفض سرعة التيار فنلاحظ ظاهرة الترسب. في وسط المجرى سرعة متوسطة تساهم في عملية النقل.

② خلاصة:

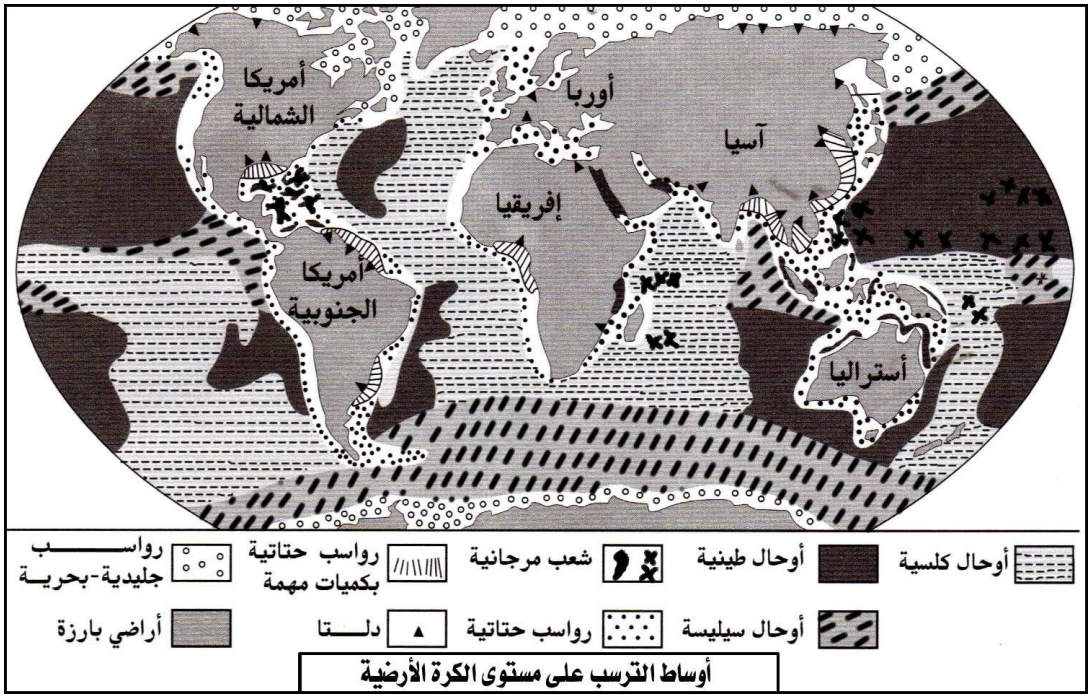
تتغير سرعة التيار المائي حسب شكل التضاريس وصبيب الماء. كما تتغير كمية وقد العناصر المنقولة حسب تغير سرعة التيار المائي والهوائي. وهكذا تتداخل قوة الجاذبية وقوة التيار المائي أو الهوائي في تحديد قوة الحث والنقل.
إذن يمكن اعتبار قد العناصر المترسبة على طول المجرى المائي مؤشرا لقوة التيار المائي السائد في المجرى عند ترسبها.

Moutamadris.ma

VI – ظروف الترسب في أهم أوساط الترسب. (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15:توزيع أوساط الترسب على مستوى الكرة الأرضية.

صف توزيع الرواسب في أوساط الترسب الحالية.



تنتج الصخور الرسوبية عن ترسب مواد قديمة على سطح الكرة الأرضية وفق أنماط ترسبية مختلفة في أوساط قارية أو بحرية، لتعطي بذلك أنماطا مختلفة من الصخور الرسوبية، ذات سحنات تختلف حسب الظروف السائدة خلال عملية الترسب. ويمكن تصنيف أوساط الترسب إلى ثلاثة مجالات:

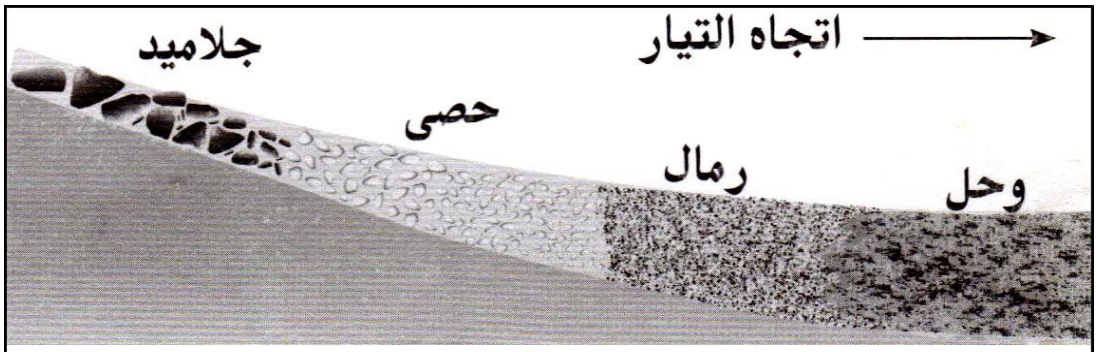
- الرواسب القارية: تتموضع على اليابسة.
- الرواسب البحرية: تتموضع بمحادات الهوامش القارية وعلى مجموع قعر المحيطات.
- الرواسب البينية: تتموضع على مجموع الهوامش القارية.

① الرواسب القارية. Sédiments continentaux

أ – الرواسب النهرية. (أنظر الوثيقة 16)

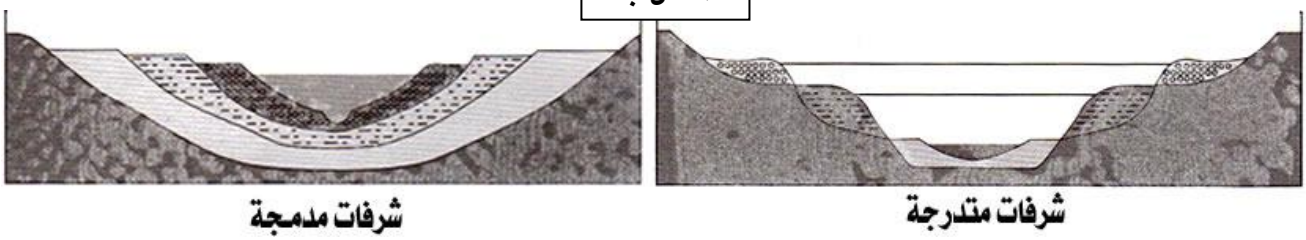
الوثيقة 16: بالاعتماد على الشكل أ والشكل ب من الوثيقة، صف مظهر الرواسب في المجرى المائي

الشكل أ



ترتيب الرواسب حسب سرعة التيار

الشكل ب



شرفات مدمجة

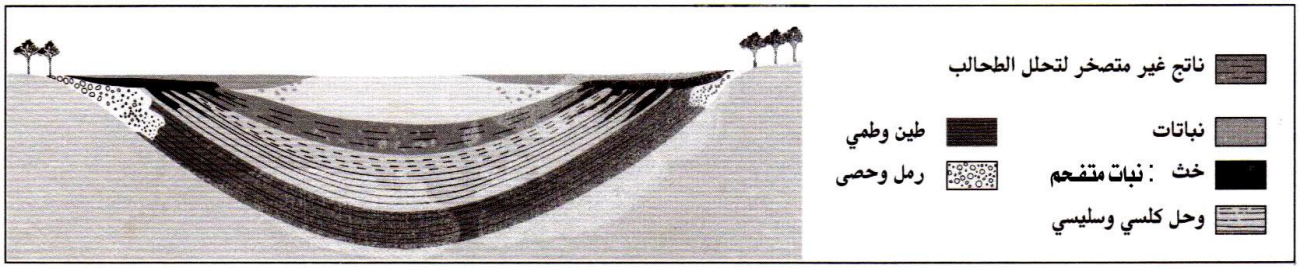
شرفات متدرجة

Moutamadris.ma

تتميز الرواسب النهرية بترتيب طولي (أفقي)، وتتكون من حصى، جلاميد، ورمال. وتحتوي على مرو غير محز (NU)، ووحل.
تمثل الشرفات النهرية أحد الأشكال المميزة للرواسب النهرية، حيث يرتبط تكونها بتعاقب فترات يغلب فيها الحت على الترسب لتتكون شرفات متدرجة، وفترات يكون فيها الترسب سائدا لتتكون شرفات مدمجة.

ب – الرواسب البحيرية. (أنظر الوثيقة 17)

الوثيقة 17: صف مظهر الرواسب في الوسط البحيري.



البحيرة وسط مائي مغلق يتغذي بالمياه العذبة (أمطار، عيون، مجاري).
تكون الرواسب البحيرية عموما طبقات مستوية ومتوازية. تتكون من رواسب كلسية من أصل كيميائي، وقد يحتوي هذا الكلس على بقايا قواقع معديات الأرجل التي تعيش في المياه العذبة وعلى أجزاء صلبة لبعض الفقريات (أسنان)، وعلى طحالب، وبقايا نباتات هوائية.
يرتبط الترسب في هذا الوسط بالظروف المناخية وخاصيات الأحواض المغذية.

ج – الرواسب الجليدية.
تخضع هذه الترسبات لعامل المناخ، حيث يكون فيها الجليد العامل الأساسي للنقل والترسب.
تتكون الرواسب من ركامات جليدية تتميز بتعدد العناصر المترسبة من حيث الشكل والحجم. (جلاميد كبيرة، حصى مزوى أو مخطط، رواسب دقيقة).

د – الرواسب الريحية.
تعتبر الرياح العامل المسؤول عن نقل الرواسب في هذه الحالة. وتتميز هذه الرواسب بكثبان رملية ذات تطبقات متقاطعة.
أما حبات الرمل فتكون من النوع المستدير غير اللامع (RM). وتتميز هذه الرمال بمدل ترتيب أقل من 1.23، يعني ترتيب جيد جدا.

② الرواسب البينية.
هي مناطق مختلطة تفصل بين اليابسة و البحار (الساحل) تعرف تدافعا بين المنطقتين تارة لصالح البحر وتارة لصالح اليابسة ورواسبها النهرية، ونذكر منها:

أ – رواسب الدلتا. (أنظر الوثيقة 18)

الوثيقة 18:

الدلتا عبارة عن تكوين مثلثي الشكل عند مصب النهر.
صف رواسب هذا الوسط.

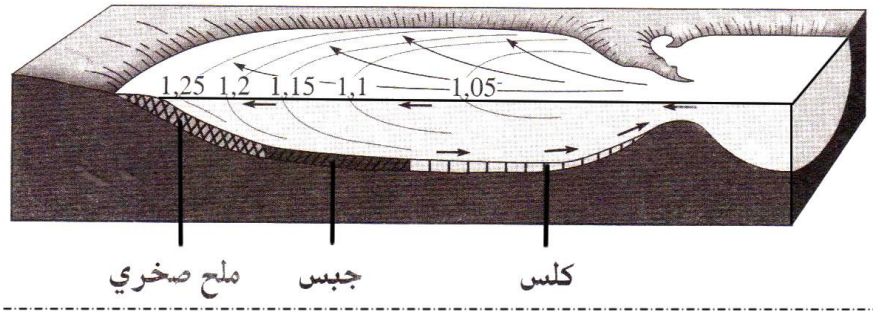
Moutamadris.ma

تتشكل الدلتا عند مصب النهر، حيث يلقي هذا الأخير ما يحمله من مواد عالقة نتيجة اختلاف طبيعة التيار وسرعته في هذه المنطقة مما يؤدي إلى تراكم الترسبات مع الزمن.
تتأثر الترسبات بهذه المنطقة بالحمولة الحتاتية للمياه النهرية، قوة التيارات والأمواج البحرية. حيث تترسب في القنوات المائية لعالية الدلتا عناصر شبيهة بالترسبات النهرية، أما في سهل الدلتا فنجد عناصر دقيقة غنية بالمواد العضوية في المناخ الرطب والمبخرات في المناخ الجاف، في حين نجد رواسب متنوعة على حافة الدلتا حسب الحمولة النهرية. وتتميز السافلة برواسب غنية بالمواد العضوية بها آثار لنشاط الكائنات الحية.

ب – الرواسب اللاغونية. (أنظر الوثيقة 19)

الوثيقة 19:

يعتبر اللاغون مساحة من المياه الراكدة، التي تتصل بمياه البحر من حين لآخر عبر قنوات ضيقة.
صف رواسب هذا الوسط.



تدل المنحنيات على اختلاف كثافة مياه اللاغون والأسهم على اتجاه التيارات المائية

بما أن اللاغون هو عبارة عن مساحة من المياه الراكدة ، فان ذلك يؤدي إلى تعرضها لعملية التبخر. وبما أن كمية المياه المتبخرة أكبر من كمية المياه المغذية للاغون، ينتج عن هذا الفرق رواسب كربوناتية ومبخرات Evaporites كالملح والجبس.

ب – رواسب شاطئية.

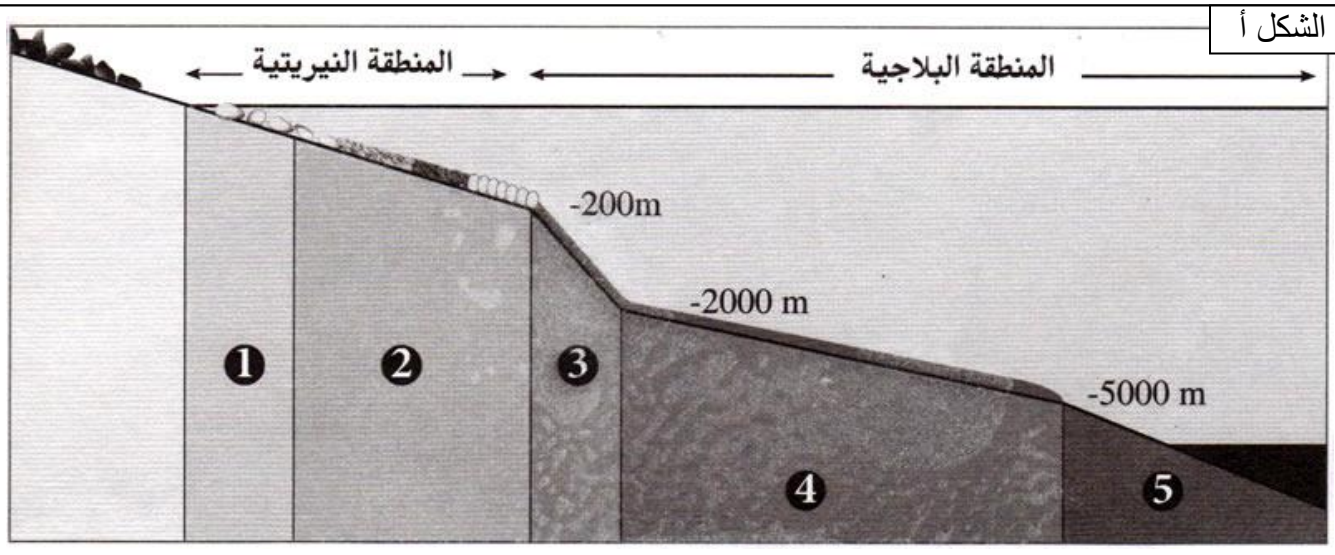
تتميز بتراكم رواسب حتاتية رملية غنية بالعناصر الكلسية الناتجة عن تفتت القواقع، وتتأثر بعدة عوامل أهمها طبيعة وحجم المواد الرسوبية، حركات الأمواج، المد والجزر وقوة الرياح التي تهب من جهة البحر.

③ الرواسب البحرية. (أنظر الوثيقة 20)

الوثيقة 20:ظروف الترسب في الأوساط البحرية .

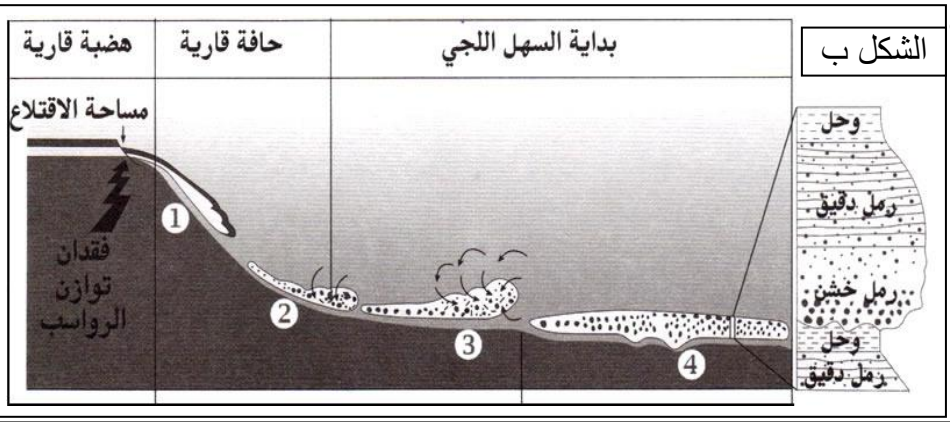
باعتماد البعد عن القارة وعمق المياه يمكن تحديد عدة أوساط ترسب في المجال البحري، يتميز كل منها بخاصيات هيدروديناميةورسوبية مختلفة.
انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة، حدد مختلف الأوساط الترسبية البحرية، وظروف الترسب في المنطقة الساحلية والهضبة القارية والحافة القارية.

الشكل أ



Moutamadris.ma

تحمل الأنهار إلى البحار والمحيطات مواد مختلفة اقتلعتها المياه من القارات بفعل الحت. وتنقل هذه المواد على شكل جزيئات حتاتية أو محلولات لتشكل الرواسب البحرية. ويمكن تقسيم أوساط ترسب المجال البحري إلى عدة مناطق باعتبار عدة عوامل أهمها عمق المياه (أنظر الجدول وثيقة 21)

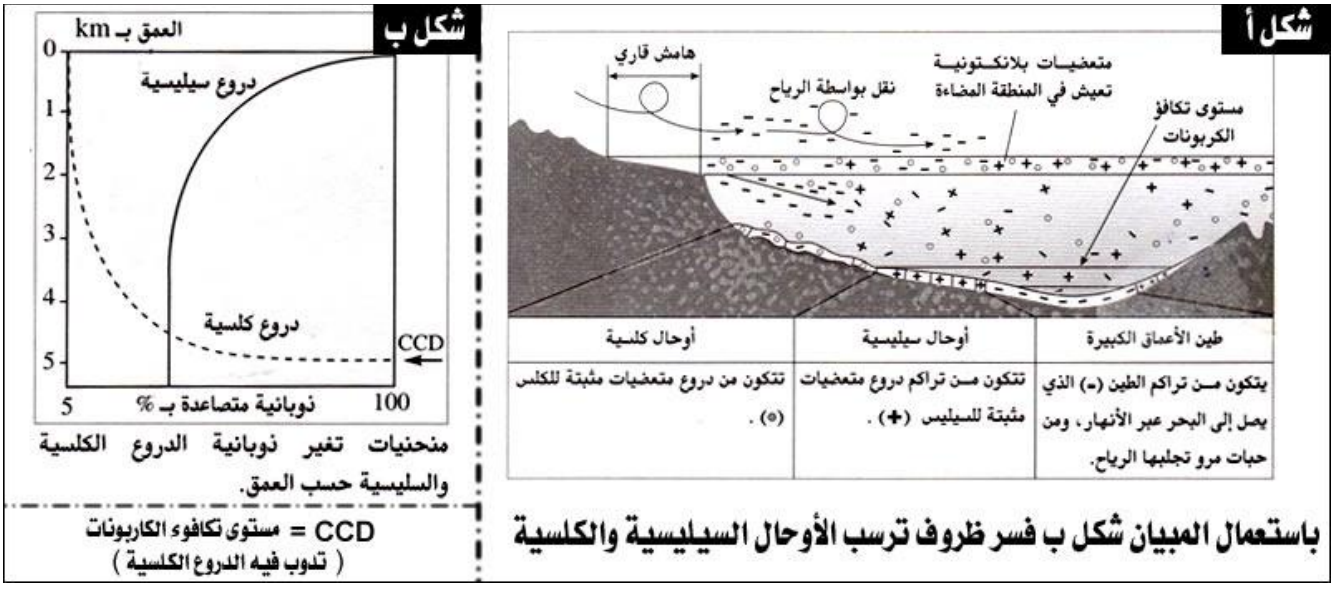


الوثيقة 21: الترسبات وظروف الترسب في مختلف الأوساط البحرية .

	المنطقة الساحلية	الهضبة القارية	الحافة القارية والسهل اللجي	الأعماق الكبيرة
حدود المنطقة	منطقة التقاء المجال القاري بالمجال البحري، تمتد إلى 10 متر.	من المنطقة الساحلية إلى بداية الحافة القارية. تمتد من 10 إلى 200 متر، انحدار ضعيف	من 200 إلى 5000 متر تقريبا. الحافة القارية تتميز بانحدار قوي.	من 2500 إلى 6000 متر.
الرواسب	- رواسب حتاتية، رمال وأوحال - رواسب كربوناتية أو ملحية	- رواسب حتاتية، أوحال، ورمال. - رواسب كربوناتية ناتجة عن نشاط الكائنات الحية البلاجية. - رواسب ناتجة عن كائنات تعيش في القعر. شعب مرجانية في المناطق المدارية.	جزيئات دقيقة منها أوحال زرقاء على السهل اللجي، وأوحال كلسية وسيليسية وطين.	- طين به مستحاثات بلاجية مجهرية. - أوحال كلسية وسيليسية. - طين أحمر في الأعماق الكبيرة.
العوامل المتدخلة	- المناخ. - تداخل التيارات النهرية والبحرية، والتيارات الناتجة عن الأمواج، وحركتي المد والجزر.	- التيارات الساحلية والمحيطية. نشاط الكائنات الحية.	- ضعف قوة التيارات - انزلاق الرواسب شديدة الميوعة نتيجة الانحدار القوي للحافة القارية. - نشاط الكائنات الحية.	- ضعف النشاط الإحيائي. - التيارات العكرة القادمة من الهضبة والحافة القاريتين. - ظاهرة الصفق البطيء التي تخضع لها الجزيئات الدقيقة العالقة.

الوثيقة 22: ظروف الترسب في السهل اللجي والأعماق الكبيرة .

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة، فسر ظروف الترسب في كل من السهل اللجي والأعماق الكبيرة.



تتحكم في الترسب على مستوى الأوساط البحرية ثلاثة عوامل أساسية هي :

Moutamadris.ma

ـ قد الرواسب الحتاتية :

الرواسب الأكبر قدا (جراول، حصى، رمل) تتوزع بين الشاطئ والهضبة القارية (المنطقة النيريتية)، أما العناصر الدقيقة (أوحال سيليسية كربوناتية وطينية) فتواصل نقلها لتترسب في السهول اللجية (المنطقة البلاجية) أما في الأعماق الكبيرة فلا نجد سوى الطين الأحمر والغبار الجوي، من جهة أخرى يؤدي الإنحدار القوي للحافة القارية إلى انزلاق الرواسب الشديدة الميوعة في اتجاه السهل اللجي.

ـ أنشطة الكائنات الحية:

في حالة قلة الرواسب الآتية من القارة ومع توفر ظروف معينة (مياه صافية، دافئة ومالحة، ضوء، أكسجين، مواد اقتياتية,,,) تنشط مجموعة من الكائنات الحية فتقوم بإنتاج صخور كلسية انطلاقا من كربونات الكالسيوم الذائب كالشعب المرجانية (مجوفات المعي، حزازيات حيوانية)، قواقع (بلح البحر ـ رأسيات الأرجل).

ـ عمق المياه:

يصل الكلس إلى البحر على شكل مذاب $Ca(HCO_3)_2$، ويمكن تفسير ترسب أو ذوبان الكلس حسب التفاعل التالي:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \quad \overset{①}{\underset{②}{<=====>}} \quad Ca(HCO_3)_2$$

كلس مذاب   كلس غير مذاب

ففي وسط يقل فيه CO_2 يتجه التفاعل في الاتجاه 2 فيترسب الكلس.
وفي وسط ترتفع فيه نسبة CO_2 يتجه التفاعل في الاتجاه 1، فيذوب الكلس (كلس كيميائي).

لا يمكن للكائنات أن تستفيد من $CaCO_3$ الذائب حيث ما كانت في البحر لان هناك منطقة توجد على عمق 4000m إلى 5000m تسمى عمق تعويض الكربونات CCD يتعرض فيها للذوبان (نتيجة تغير الضغط والحرارة) وبالتالي لا نجد أسفل هذه المنطقة سوى رواسب طينية أو سيليسية (غياب القواقع الكلسية).

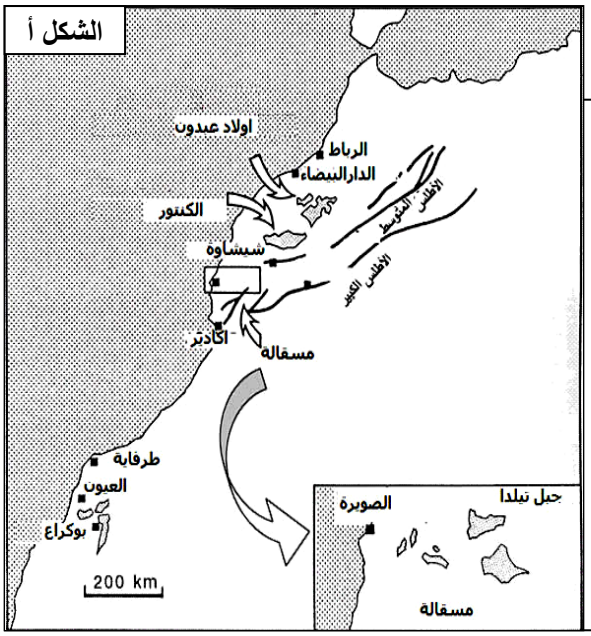
VII – ظروف الترسب في وسط قديم (حوض الفوسفاط).

يعتبر الفوسفاط أهم المعادن المتوفرة في المغرب، (يختزن 3/4 الاحتياطي العالمي) ويستعمل في مجالات صناعية مختلفة (صناعات غذائية، صيدلية، مساحيق الغسيل، فلاحية، ...). ويعتبر الفوسفاط صخرة رسوبية نشأت في وسط قديم يتميز بظروف خاصة.

- هي خصائص وظروف ترسب الفوسفاط؟
- كيف يمكن استرداد الجغرافية القديمة لهذه الأحواض؟

① طبيعة ومكونات الصخور الفوسفاطية بالمغرب.

أ – ملاحظات. (أنظر الوثيقة 23)



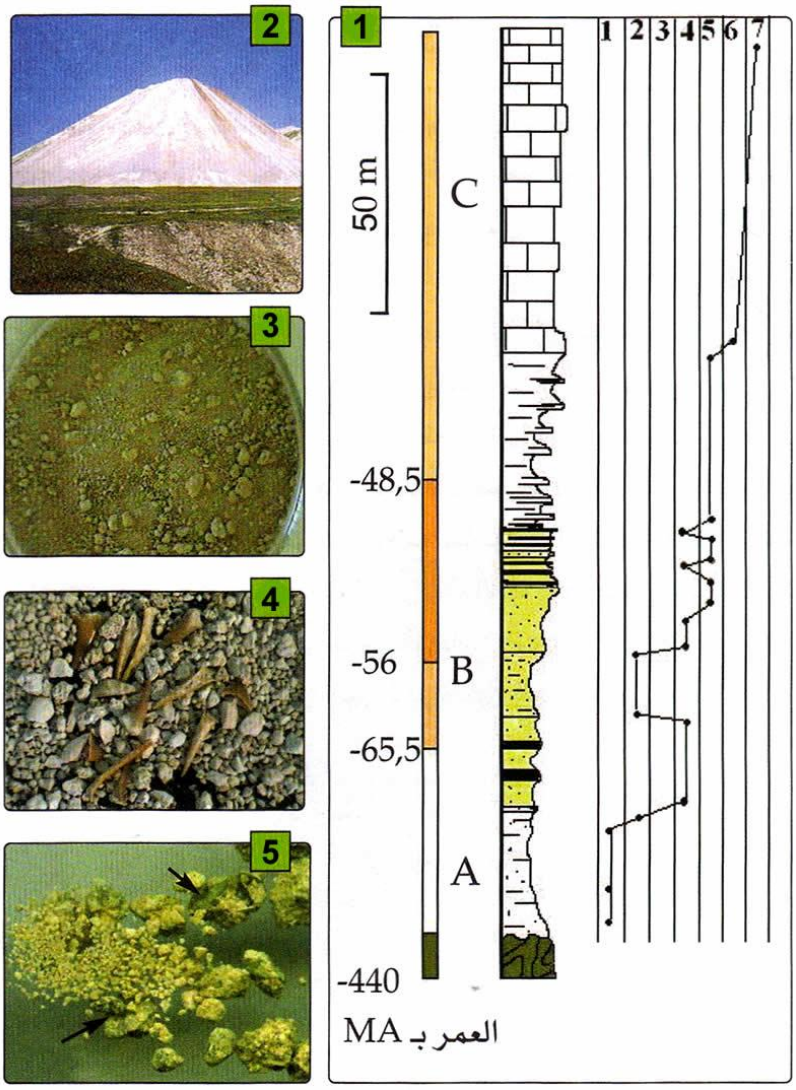
الوثيقة 23: أهم خصائص الطبقات الفوسفاطية بالمغرب.

يعطي الشكل أ من الوثيقة التوزيع الجغرافي لأهم المناجم الفوسفاطية في المغرب.

1) انطلاقا من الوثيقة أذكر مناجم الفوسفاط في المغرب.
2) من خلال الشكل ب من الوثيقة، استخرج الخصائص السحنية للطبقات الفوسفاطية.
3) اعتمادا على معطيات الشكل ج من الوثيقة، بين أهمية الكائنات الحية في تكون الرواسب الفوسفاطية.
4) ماذا تستنتج بخصوص الظروف التي تشكلت فيها الصخور الفوسفاطية؟

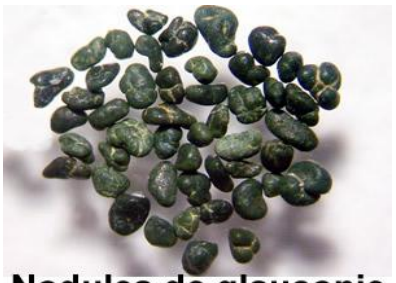
Moutamadris.ma

الشكل ب: إيقاع تعاقب الطبقات في عمود استراتيغرافي أنجز بمنطقة كنتور . (1)



A: متتالية قبل فوسفاطية.
B: متتالية فوسفاطية.
C: متتالية بعد فوسفاطية.
1 = حجر رملي خشن، 2 = طين،
3 = سجيل، 4 = صخور فوسفاطية،
5 = صخور ذات عقيدات سيليسية تحتوي على عظام وأسنان الأسماك.

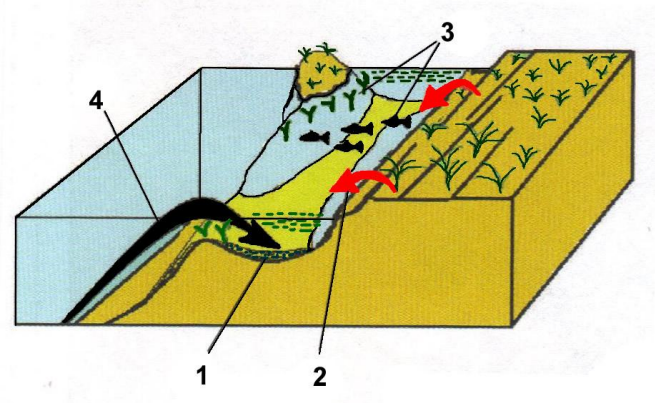
(2) = كومة من الفوسفاط.
(3) = عينة من الرمل الفوسفاطي.
(4) = نفس العينة بالمكبر الزوجي.
(5) = رمل يحتوي على حبات كلوكوني (خضراء).
(اتحاد مجوعة معادن طينية)


Nodules de glauconie

الشكل ج: يوجد الفوسفاط P_2O_5 بكميات جد ضئيلة (0.1 %) في أغلب الصخور الرسوبية. لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة انطلاقا من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف (0.1 ppm)، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكل الترسبات الفوسفاطية. ويتطلب هذا الترسيب ظروفا استثنائية (تشبه ظروف تكون الكلوكوني):

- ✓ من حيث الموقع بالنسبة لخطوط العرض: ما بين 0 و40 أي مناخ مداري ومياه ساخنة.
- ✓ بالنسبة لعمق الترسب: المنطقة البحرية الموجودة بين الحافة القارية والهضبة القارية (1).
- ✓ ضعف الحمولة الحتاتية القادمة من المناطق البارزة (2).
- ✓ نشاط بيولوجي مكثف (بلنكتون وحيوانات قرية ولافقرية) (3). وهذا النشاط مرتبط بصعود المياه العميقة الباردة (4)، الغنية بالفسفور والازوت. تتراكم بقايا هذه الكائنات الحية الغنية بالفسفور بعد موتها أو يذاب الفسفور الذى تحتوى عليه هياكلها، ويركز فى الصخور على شكل رواسب فوسفاطية.

خصائص رسوبية	استخلاصات
حتاتي دقيق	قرب المناطق البارزة مع تضاريس شبه مسطحة
فوسفاط	عمق ضعيف (30 إلى 300 م) مياه دافئة وغنية بالأوكسجين.
الكلوكوني	مياه دافئة
ايقاعية	تغيرات دورية للعمق
فقريات	مياه ساخنة، مناخ مداري
الفلورة	مناخ مداري أو استوائي



الشكل ج: ظروف تكون الرواسب الفوسفاطية

Moutamadris.ma

ب – تحليل واستنتاج.

1) مناجم الفوسفاط الموجودة في المغرب هي: أولاد عبدون (خريبكة وسيدي حجاج)، الكنتور (اليوسفية وابن جرير)، مسقالة (شيشاوة)، وبوكراع (العيون).

2) يتميز الترسب الفوسفاطي بإيقاع منتظم، حيث يلاحظ تواجد طبقات كلسية وسجيلية بين طبقات فوسفاطية. كما تتميز السحنة الفوسفاطية بوفرة المستحثات الفقرية (أسماك وزواحف)، وبوجود بعض المستحثات اللافقرية.
يوجد الفوسفاط في المغرب على ثلاث حالات:

- ✓ الرمل الفوسفاطي: النوع الأكثر انتشارا. يكون على شكل رمل دقيق، متماسك بعض الشيء وكثير الرطوبة.
- ✓ الجير الفوسفاطي (الكلس الفوسفاطي): يوجد في جميع المناجم المغربية على شكل مصطبات (banc) منتظمة ومتماسكة.
- ✓ الصوان الفوسفاطي (silex): يتميز بألوان مختلفة حسب سمنت الأبال (opale). ونسبة الفوسفاط بهذا النوع ضئيلة جدا.

3) إن الفوسفاط P_2O_5 يتواجد بكميات جد ضئيلة (0.1 %) في أغلب الصخور الرسوبية. لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة انطلاقا من مياه البحر بالنظر إلى تركيزه الضعيف (0.1 ppm)، لهذا وجب تدخل الكائنات الحية أثناء تشكل الترسبات الفوسفاطية.

4) من خلال معطيات الوثائق السابقة يمكن التوصل إلى ما يلي:

- ✓ كون الطبقات الصخرية تحتوي على مستحثات بحرية يدفع إلى الاعتقاد أن هذه الصخور تكونت في وسط بحري.
- ✓ كون أغلبية هذه المستحثات عبارة عن أسنان وبقايا عظام القرش، يدفع إلى افتراض تكون هذه الصخور في وسط غير عميق وساخن، مرتبط بمد بحري (صعود مياه غنية بالفسفور).
- ✓ ضعف سمك السلسلة الفوسفاطية يمكن تفسيره بكون المنطقة خضعت لحركات الأمواج، الشيء الذي جعل الترسب يحدث بإيقاع غير مستمر.

② خلاصة.

لا يمكن للفوسفاط أن يترسب مباشرة في مياه البحر، فالكائنات الحية تلعب دورا هاما في تثبيت مادة الفسفور. ويتطلب تكون الفوسفاط ظروفا ايكولوجية وجغرافية خاصة.
فما هي ظروف تثبيت الجذر (PO4) في الرواسب؟
ـ حسب العالم KAZAKOV (1937) فان الفوسفور P الناتج عن ذوبان الابتيت في ماء البحر يستغل من طرف بعض الكائنات الحية البحرية الدقيقة (البلانكتون) والفقريات في تغذيتها وبعد موتها تقوم البكتيريات بتفكيك أجسادها في الأعماق مما يحرر P وCO_2، تتفاعل المادتين لتكوين جذر الفوسفاط PO4 لكن هذا التفاعل يتطلب عاملين اساسيين:

- ✓ عمق ضعيف أي صعود المياه العميقة الغنية بـ CO_2 و P نحو السطح.
- ✓ انخفاض CO_2 في الماء وهذا يتطلب ارتفاع حرارة الماء أي توفر مياه بحرية ساخنة (مناخ مداري إلى معتدل).

يستوجب توفر هذين الشرطين المتناقضين (مياه عميقة و بحر قليل العمق و دافئ)،وجود تيارات تسمى upwelling وذلك على حدود الهضبة القارية،التي تعمل على صعود المياه العميقة نحو السطح، وبعد تكون PO4 يتفاعل مع Ca فيترسب في الصخور الرسوبية.

VIII – انجاز خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفاط .

تتميز الصخور الرسوبية بسحنات صخرية Facies pétrographiques وسحنات أحفورية تجعلها تمثل أرشيف الجغرافيا القديمة للأرض.
كيف إذن نستثمر مميزات السحنات الفوسفاطية في بناء خريطة الجغرافية القديمة لهذه الأوساط؟

① توزيع الاستسطاحات الفوسفاطية في المناطق الشمالية للمغرب. (أنظر الوثيقة 22)

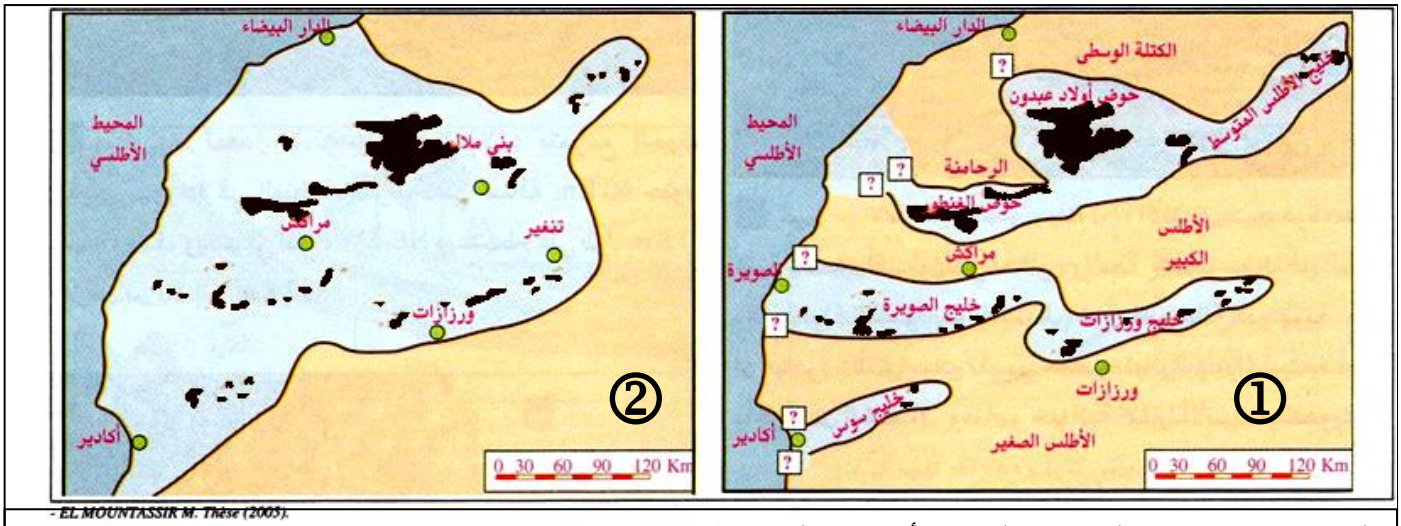
تتوزع استسطاحات الصخور الفوسفاطية بمناطق مختلفة من شمال المغرب. ومن أهم المناطق نميز هضبة الفوسفاط، والكنتور والتي تدعى بالحوض الشمالي.

Moutamadris.ma

هذه الأحواض بدأ ترسبها منذ ما يقارب Ma 65-، وتوضعت فوق رواسب بحرية أكثر اتساعا من أحواض الفسفاط حيث تصل إلى أماكن جبلية (جبال الأطلس). كما أن هذه الرواسب قبل الفسفاطية والتي بدأ ترسبها منذ حوالي250Ma-
توضعت بدورها فوق دعامة صخرية أساسية ترجع إلى الحقب الأول والتي بقيت بعض أجزائها بارزة في شكل استسطاحات الهضبة الوسطى، الرحامنة، جبيلات...
فكيف كان المغرب لحظة ترسب الفوسفاط ؟

② خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفاط.

من خلال مقارنة جغرافية المغرب الحالية بالظروف الرسوبية والبيئية لتكون الفوسفاط يتبين أن خط الساحل كان يوجد شرق الخط الساحلي الحالي حيث يبعد عنه بعدة كيلومترات.
هناك اتجاهان يمكن أخذهما بعين الاعتبار لاسترجاع الجغرافيا القديمة لوسط المغرب: (أنظر الوثيقة24)



الوثيقة 24: استرداد الجغرافيا القديمة لأحواض الفوسفاط حسب Boujo (1)، وحسب Trappe (2).

الاتجاه الأول ①: Boujo 1986 يقترح نظاما من الخلجان قادمة من المحيط الأطلسي تفصلها أراضي بارزة من بينها الخليج الشمالي الذي ترسب فيه فوسفاط أولاد عبدون.
(في بداية الحقب الثاني تكونت الطبقات قبل الفوسفاطية ومع اقتراب نهاية الحقب الثاني كان البحر قد أصبح على شكل مجموعة خلجان منفتحة على المحيط الأطلسي مياهها قليلة العمق ودافئة وتأتيها المواد الاقتياتية P، NO2 ، CO2 ... من الأعماق الباردة للمحيط بمساعدة تيارات upwelling فتوفرت بذلك ظروف تكون الفوسفاط الذي ساهمت في ترسبه في الصخور الكائنات الحية التي تجمعت في الخلجان فادى انغلاق هذه الأخيرة من جهة المحيط إلى موتها).
الاتجاه الثاني ②:Trappe 1994 يقترح امتداد بحري واحد متصل بالمحيط الأطلسي و يمر وسط وغرب المغرب ويمكن تفسير توزيع الترسبات الفوسفاطية في هذه الحالة بوجود قعور منخفضة توفرت فيها شروط الترسب وأخرى مرتفعة لم تتوفر فيها.

Moutamadris.ma

الفصل الثاني
استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية

مقدمة:
إن معرفة التسلسل الزمني للأحداث الجيولوجية مسألة جوهرية بالنسبة لعلوم الأرض. فما هي الطرائق المتبعة والوسائل المستعملة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة رسوبية.

I – المبادئ الاستراتيغرافية والتاريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية.

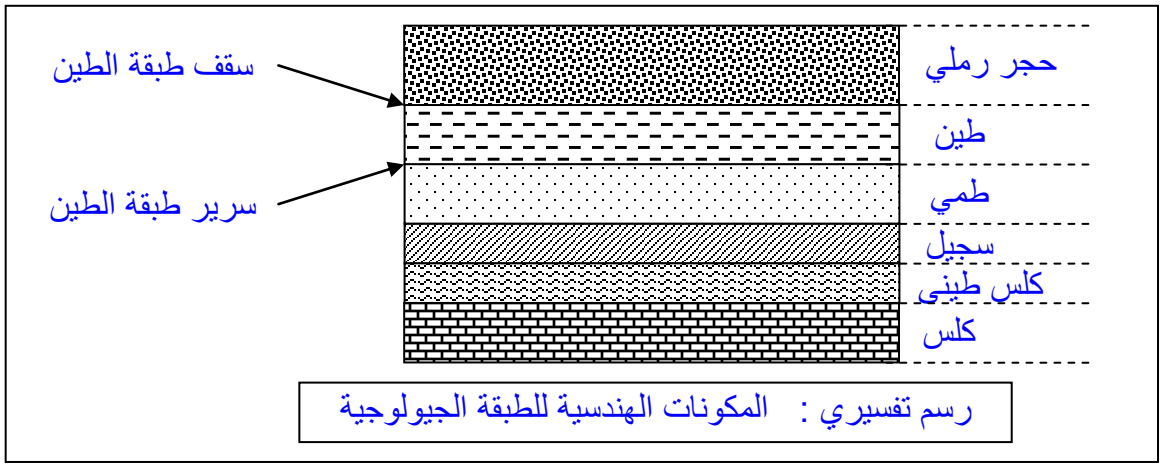
① خاصية التطبق لدى المجموعات الرسوبية. (أنظر الوثيقة 1)

تختلف الصخور الرسوبية عموما من حيث السمك (من بضع سنتمترات إلى بضع أمتار) واللون والطبيعة الصخرية، لكنها تتميز بتطبقها.
تمثل الطبقة وحدة رسوبية متواجدة بين مساحتين متوازيتين تقريبا، معبرتين عن توقف أو تغير مفاجئ في المادة الصخرية بشكل يجعل الطبقة تتميز عن الصخور المجاورة.
نسمي المساحتين المتوازيتين بسرير (mur) وسقف (toit) الطبقة، ونرمز لهما بالتطبق Stratification . S_0
S_0 (أنظر الرسم التفسيري).

الطبقات من الأقدم إلى الأحدث هي:
a ← b ← c ← d ← e ← f

الوثيقة 1: تطبق الصخور الرسوبية

بعد تعريف الطبقة الرسوبية، حدد على الوثيقة مختلف الطبقات الرسوبية، ثم رقمها من الأقدم إلى الأحدث.



رسم تفسيري : المكونات الهندسية للطبقة الجيولوجية

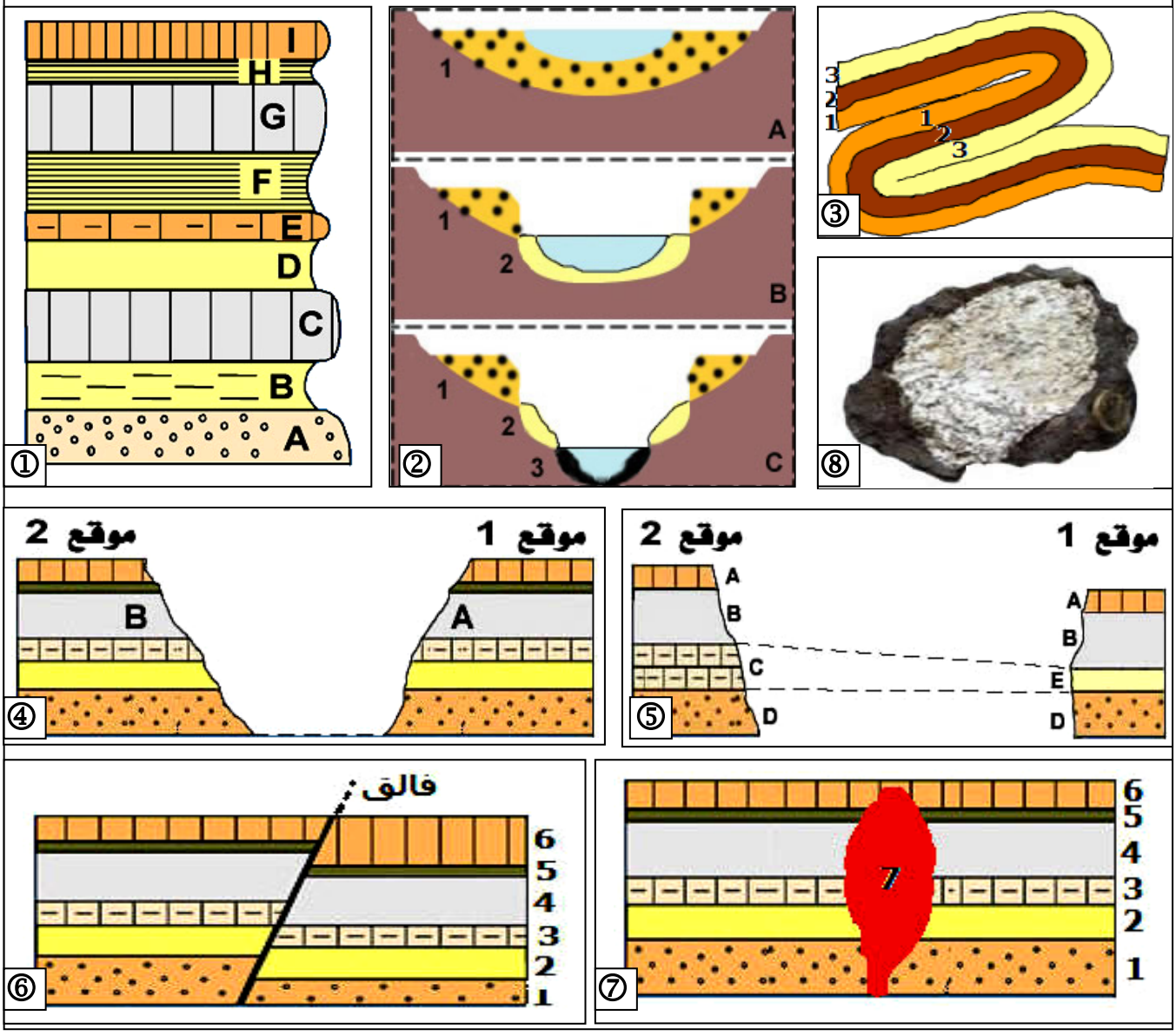
② المبادئ الاستراتيغرافية. Les principes stratigraphiques

يعتمد التأريخ النسبي للطبقات الرسوبية على مقارنة هذه الأخيرة ببعضها البعض، أو مقارنتها ببعض الأحداث التي طرأت عليها (ترسب، حث، تشوه، اندساس...) وكذلك محتواها الاستحاثي. وقد استخلصت من هذه الملاحظات والدراسات الميدانية مجموعة من المبادئ تسمى مبادئ استراتيغرافية. (أنظر الوثيقة2)

Moutamadris.ma

الوثيقة 2: المبادئ الاستراتيغرافية والتأريخ النسبي للتشكلات الجيولوجية .

1) أرخ نسبيا الطبقات I, …, C,B,A من العمود الاستراتيغرافي ①، ثم صغ مضمون مبدأ التراكب، وبين حدود استعمالاته الجيولوجية بالاعتماد على الشكل ② والشكل ③ من الوثيقة.
2) قارن بين الطبقتين A وB في الموقعين 1 و2 المتباعدين ببضع كيلومترات (الشكل ④ من الوثيقة)، فيما تفيدك نتائج هذه المقارنة بخصوص تأريخهما النسبي؟.
3) اقترح التأريخ النسبي للعناصر الجيولوجية الممثلة في الأشكال ⑤ و⑥ و⑦ من الوثيقة.



أ – مبدأ التراكب Principe de superposition (الوثيقة2 الشكل ①)

على العمود الاستراتيغرافي ① تعتبر الطبقة A أقدم من الطبقة B وهذه الأخيرة أقدم من الطبقة C، التي تعتبر أقدم من الطبقة D، بينما تعتبر أحدث طبقة هي الطبقة I.

a – مضمون مبدأ التراكب:

من بين طبقتين رسوبيتين في وضع تراكب، تكون الطبقة السفلى هي الأقدم.

b – حدود مبدأ التراكب:

- في الشرفات النهرية المتدرجة تعلو الشرفات القديمة الشرفات الحديثة، مما يصعب معها تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة2 الشكل ②)
- تتعرض الأراضي الرسوبية لبعض الظواهر الجيولوجية كالتكتونية أو انزلاق التربة، فتجعل الصخور الرسوبية في وضع معاكس للوضع الأصلي، فيصعب بذلك تطبيق مبدأ التراكب. (الوثيقة2 الشكل③)

Moutamadris.ma

ب – مبدأ الاستمرارية Principe de continuité (الوثيقة2 الشكل ④)

يتبين من الوثيقة أن الطبقة A في الموقع 1 هي امتداد للطبقة B في الموقع 2، وبالتالي فللطبقة A والطبقة B نفس العمر.
ملحوظة (الشكل ⑤): تعتبر طبقتان صخريتان من نفس العمر رغم اختلاف سحنتيهما، إذا كانتا محصورتين بنفس الطبقات. نتكلم عن التغير الجانبي للسحنة.

a – مضمون مبدأ الاستمرارية:

لنفس الطبقة نفس العمر على طول امتدادها.

b – حدود مبدأ الاستمرارية:

- يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تكون السلسلة الرسوبية مكونة من تعاقب إيقاعي لطبقات متشابهة.
- يصعب تطبيق مبدأ الاستمرارية عندما تتغير السحنة الصخرية مع امتدادها، نظرا لتغير أوساط الترسب.

ج – مبدأي التقاطع والتضمن P. Recoupement et inclusion (الوثيقة2 الشكل ⑥، ⑦، ⑧)

a – مضمون مبدأ التقاطع:

من بين عنصرين جيولوجيين (طبقة، فالق، عرق...) يعتبر الأحدث العنصر الذي يخترق الأخر.

b – حدود مبدأ التضمن:

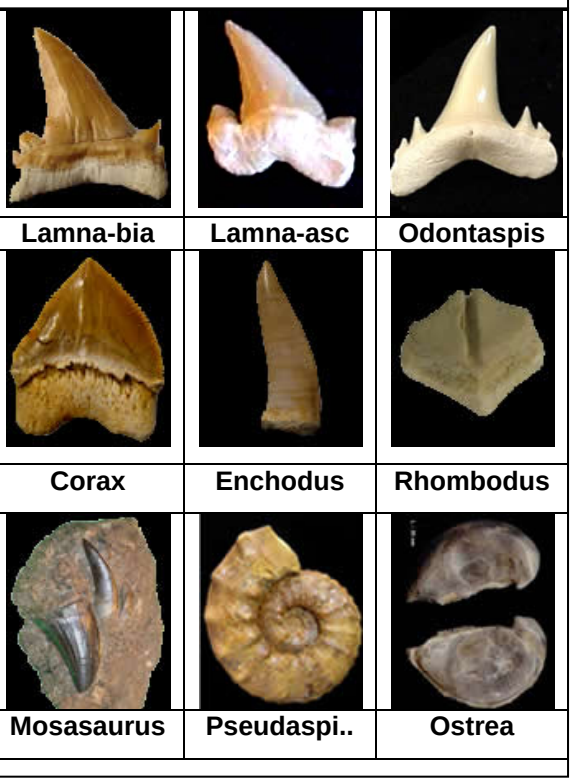
كل قطعة صخرية متضمنة داخل طبقة أخرى تعتبر أقدم منها.

د – مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي P.d'identité paléontologique

a – بعض المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية: (الوثيقة 3)

الوثيقة 3: بعض أنواع المستحاثات : اعتمادا على معطيات هذه الوثيقة، استخرج خاصية المستحاثة الاستراتيغرافية، واستنتج أهميتها في التقسيم الكرونولوجي.

بعض أنواع المستحاثات الموجودة في السلسلة الفوسفاطية بأولاد عبدون	التوزيع الطبقاتي Répartition stratigraphique							
	الايوسين Eocène				الكريتاسي Crétacé			
	اللوتيتي	الإبريسي	الثنيتي	المونسي	الميستريختي	السينوني	التيرونيي	السينومانيي
Odontaspis substriata		+	+	+				
Lamna aschersoni		+	+					
Lamna biauriculata					+			
Rhombodus binkhorsti					+			
Enchodus libycus					+			
Corax pristodontus					+			
Ostrea canaliculata				+				
Pseudaspidoceras					+	+	+	
Mosasaurus leidon						+		



- تحليل واستنتاج:

تحتوي الطبقات الفوسفاطية على عدد من أشكال المستحاثات، ومن أشهرها أسنان القرش.
نلاحظ أن بعض المستحاثات تتواجد فقط في مستوى معين من المتتالية الطبقاتية. يفسر ذلك بكون بعض الكائنات الحية ظهرت في زمن جيولوجي معين، لتزدهر في فترة معينة وتنقرض في زمن معين.

Moutamadris.ma

- أهمية المستحاثات في التقسيم الكرونولوجي:

تكمن أهمية المستحاثات أساسا في كونها تمثل معالم زمنية تمكن من ترتيب الطبقات، كما يمكن اعتماد بعضها في تقسيم الزمن الجيولوجي.

b – خاصيات المستحاثات المعتمدة في التأريخ النسبي: (الوثيقة 4)

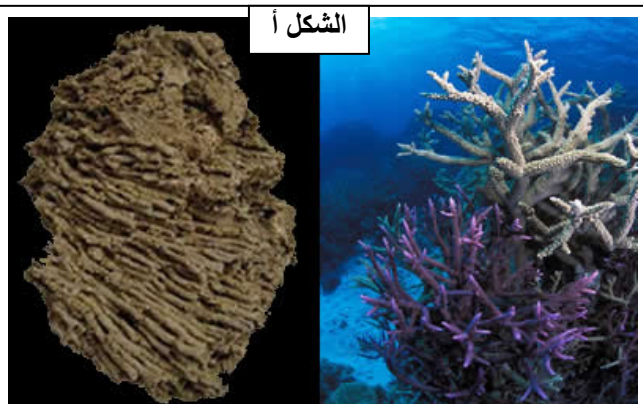
الوثيقة 4: نعتبر نموذجين من المستحاثات :

✓ الشعب المرجانية Récifs coralliens: (الشكل أ) هي حيوانات بحرية ظهرت في الترياس (الحقب II)، وما زالت تعيش إلى حد الآن في بحر قليل العمق، بمياه ساخنة وغنية ب CO_2.

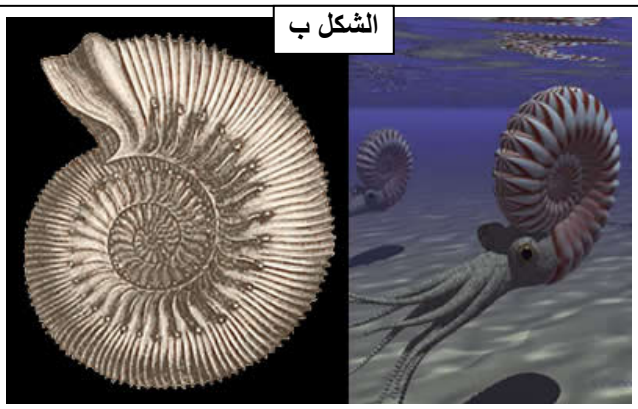
✓ الأمونيت: Ammonites (الشكل ب) عبارة عن مستحاثات ظهرت في الترياس، عرفت انتشارا جغرافيا كبيرا أثناء الجوراسي والكريتاسي. لكنها انقرضت في أواخر الحقب II.

قارن بين النموذجين من المستحاثات. بما يفيد كل نوع منهما؟

الشكل أ



الشكل ب



✓ النموذج الأول (الشعب المرجانية): يعيش في مناطق محدودة، لأنه يتطلب ظروف خاصة، نقول أن له امتداد جغرافي أو أفقي ضيق. كما أنه ظهر في الحقب الثاني واستمر حتى الآن، نقول أن له امتداد عمودي واسع (الزمن): ادن هو يمكننا من استعادة الظروف الجغرافية (ظروف ووسط الترسب) لمنطقة ما، ويسمى بمستحاثة السحنة Fossile de facies. ولا يمكننا من تأريخ الطبقات لأنه لا يميز فترة زمنية محددة.

✓ النموذج الثاني (الأمونيت): يعيش في مناطق غير محدودة، لأنه لا يتطلب ظروف خاصة، يعني أن له امتداد جغرافي واسع. لكنه عاش في الحقب الثاني فقط، أي له امتداد عمودي ضيق. يمكننا هذا النموذج من إعطاء التأريخ النسبي لطبقة ما، ويسمى بمستحاثة طبقاتية F.stratigraphique.

✓ من خلال هذا يمكننا تأريخ طبقات متباعدة رغم تغير سحنتيهما، إذا كانتا تتوفران على نفس المستحاثة الطبقاتية الجيدة، وهذا ما يسمى مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي.

c – مضمون مبدأ تماثل المحتوى الاستحاثي:

تعتبر من نفس العمر كل الطبقات التي تحتوي على نفس المستحاثات الطبقاتية.

II – التقسيمات الجيوكرونولوجية للزمن الجيولوجي.

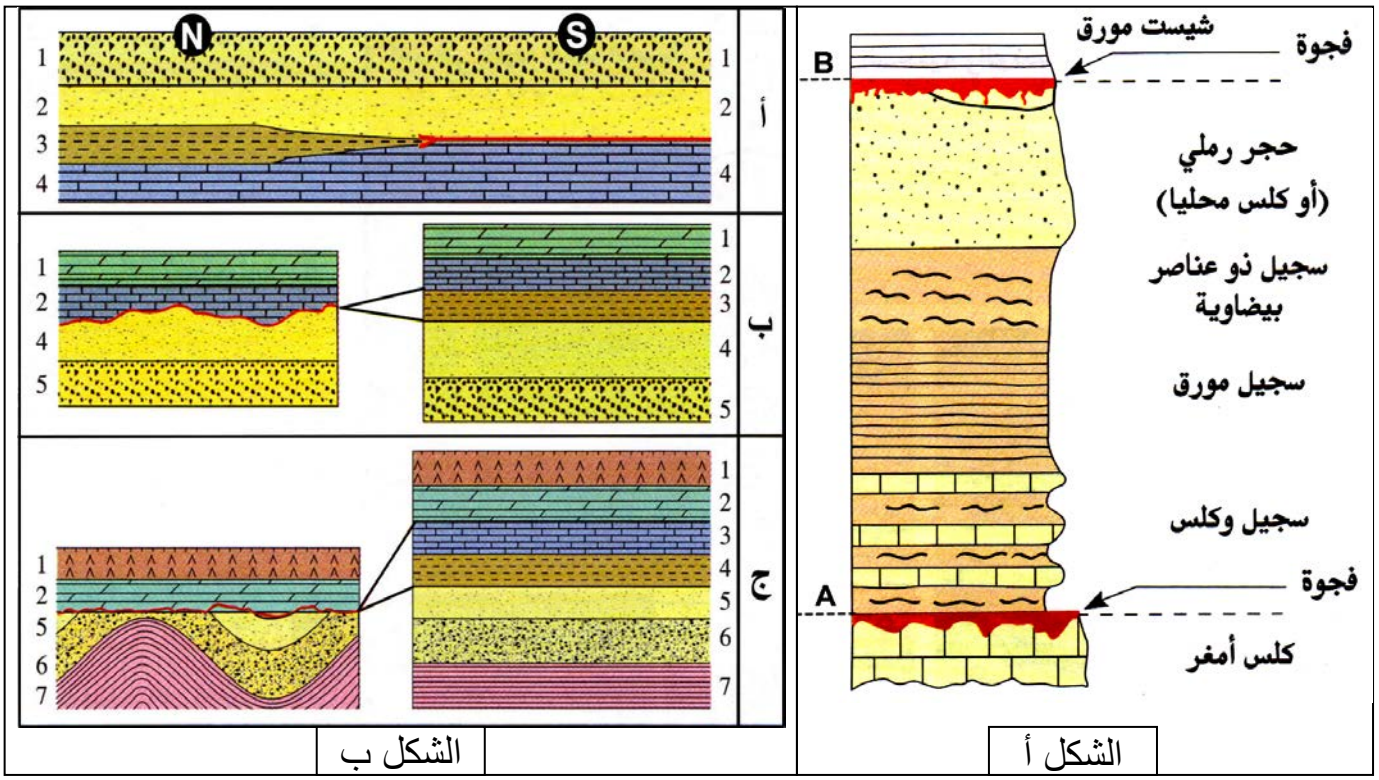
① الوحدة الاستراتيغرافية الأساسية: (الطابق Etage). (الوثيقة 5)

الوثيقة 5: مفهوم التشكيلة النمطية . يعطي الشكل أ من الوثيقة، التشكل النمطي البليونسبكي Pliensbachien

- الحد A به عقيدات فوسفاتية ومستحاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات غائبة.
- الحد B به حجر رملي وحديد سرئي oolithique

1) حدد أهمية التشكيلة النمطية في بناء السلم الاستراتيغرافي وتأريخ الطبقات.
2) تعرف خاصيات حدود التشكيلة النمطية البليونسبكية.
3) من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة، عرف الفجوة الاستراتيغرافية وأبرز مختلف أنماطها، وبين أهمية الفجوات الطبقاتية في معرفة حدود التشكيلة النمطية.

Moutamadris.ma



1) اختار الجيولوجيون تشكلات صخرية نموذجية توجد في أوساط رسوبية معينة، لا تشهد حركات تكتونية وغنية بالمستحاثات الطبقاتية، وتحمل مؤشرات مختلفة ويسهل الفصل بين حدودها. فاعتبروها مرجعيات استراتيغرافية، أطلقوا عليها اسم التشكلات الاستراتيغرافية النمطية Stratotype، تؤرخ تشكلات جيولوجية أخرى طبقا لمبادئ الاستراتيغرافية. ونسبوها للمنطقة الجغرافية التي وجدت فيها. ويسمى هذا التشكل النمطي طابقا.
مثلا بمنطقة Pliensbach بألمانيا تم تحديد الطابق Pliensbachien البليونسبكي، وذلك بإضافة "ien" لاسم المنطقة.

2) تحديد سقف وسرير الطابق.
- الحد A (سرير الطابق): المساحة الفوقية للكلس الأمغر بها عقيدات فوسفاطية، ومستحاثات من أعمار مختلفة مميزة لطبقات صخرية غائبة في المتتالية الرسوبية. تسمى هذه المساحة A بمساحة متصلبة، وتعبر عن وجود فجوة استراتيغرافية ناتجة عن قوة التيارات البحرية التي حالت دون الترسب.
- الحد B (سقف الطابق): وجود الحجر الرملي والحديد السرئي اللذان يعبران عن سحن بحرية قليلة العمق، وهذا يعلن عن تراجع البحر عن المنطقة مما سبب فجوة استراتيغرافية.

3) مفهوم الفجوة الاستراتيغرافية:
من خلال تحليل الشكل ب من الوثيقة يتبين أن:
- المقطع أ: غياب الطبقة 3 في الجزء الجنوبي من المقطع، وذلك راجع إلى غياب الترسب نتيجة بعض العوامل كالتيارات وحركات الأمواج.
- المقطع ب: غياب الطبقة 3 في الجزء الشمالي من المقطع بسبب عملية الحث.
- المقطع ج: غياب الطبقات 3 و4 في الجزء الشمالي من المقطع، نتيجة بروز الطبقات الرسوبية اثر عوامل تكتونية، وتعرضها للحث قبل عودة الترسب.

انطلاقا من هذه المعطيات يمكن تعريف الفجوة الاستراتيغرافية كما يلي:
تظهر التشكلات الصخرية في بعض المناطق نقصا في تسلسل الطبقات الرسوبية مقارنة مع المعطيات الجهوية أو العالمية. يشار لهذا النقص بالفجوة الاستراتيغرافية، والتي تدل على انقطاع في الترسب نتيجة عدم الترسب أو حث بعد الترسب.

يتبين إذن أن الطوابق تكون محدودة على العموم بانقطاعات في الترسب، أي فجوات استراتيغرافية.

Moutamadris.ma

② مفهوم الدورة الرسوبية. (Cycle sédimentaire) (الوثيقة 6)

الوثيقة 6: مفهوم الدورة الرسوبية .

يلخص الجدول التالي خصائص الطبقات الرسوبية بمنطقة معينة من المغرب.
أتمم ملء الجدول بوضع علامات في الخانات المناسبة. ثم اربط هذه العلامات بخطوط، ماذا تلاحظ؟

العمر	السحنة	الوسط		تجاوز	تراجع
		قاري	بحري		
نيوجين	رصيص بعظام وأسنان قوارض	X			X
باليوجين وكريتاسي علوي	رمل، سجيل، رمل فوسفاطي		X	X	
جوراسي وسيط	حجر رملي خشن ورصيص بعظام ديناصورات عاشبة	X			X
جوراسي سفلي	كلس وسجيل بأمونيت		X		
	كلس مرجاني		X		
ترياس علوي	طين أحمر وحجر رملي خشن وجبس لاغوني		X	X	
باليوزوى علوي	رصيص بعظام زواحف وسرخسيات	X			X
باليوزوي سفلي	حجر رملي خشن وسجيل بثلاثية الفصوص		X	X	

نلاحظ تأرجحا خلال الأزمنة الجيولوجية بين أوساط بحرية وأوساط قارية. ويترجم هذا التأرجح تغير مستوى البحار بين تجاوز وتراجع بحري.

أ – تعريف الدورة الرسوبية:

هي الفترة الزمنية التي يتم فيها تجاوز بحري والتراجع الموالي بالنسبة لنفس المنطقة. ويطلق كذلك على مجموع الرواسب المتوضعة أثناء هذه الفترة.

ب – الخاصيات السحنية للدورة الرسوبية: (الوثيقة 7)

a – الخاصيات السحنية للتجاوز البحري: Transgression

لأسباب تكتونية ومناخية يتقدم البحر على منطقة ما ليغطيها تدريجيا، فتتوضع الرواسب تدريجيا على القاعدة الصخرية القديمة حسب درجة تقدم البحر. ويتجلى التجاوز على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبية بتوضع رواسب تميز مستوى بحري مرتفع فوق أخرى تميز مستوى بحري منخفض. أو توضع رواسب ذات سحن بحرية فوق أخرى ذات سحن قارية.

b – الخاصيات السحنية لتراجع البحري: Régression

لأسباب تكتونية ومناخية يتراجع البحر عن منطقة ما، فينخفض العمق تدريجيا. وهكذا يتجلى التراجع على مستوى تسلسل الطبقات الرسوبية بتوضع رواسب تميز مستوى بحري منخفض فوق أخرى تميز مستوى بحري مرتفع. أو توضع رواسب ذات سحن قارية فوق أخرى ذات سحن بحرية.

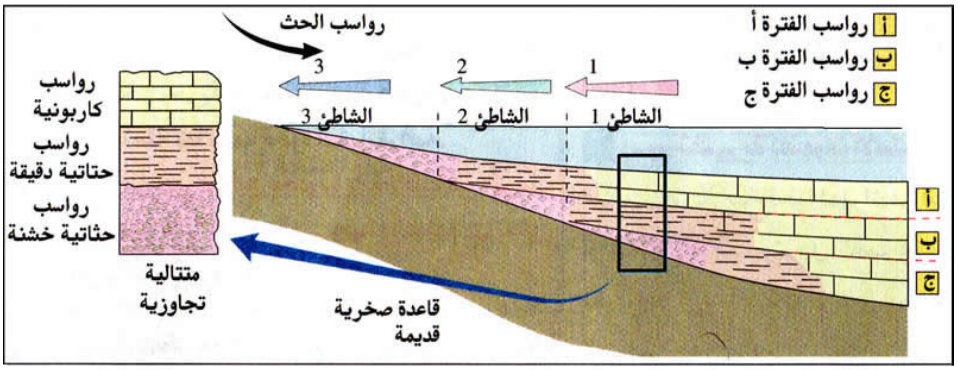
c – الخاصيات السحنية لدورة رسوبية:

تتميز الدورات الرسوبية على مستوى المقاطع الجيولوجية بمتتالية رسوبية تجاوزية متبوعة مباشرة بمتتالية تراجعية.

Moutamadris.ma

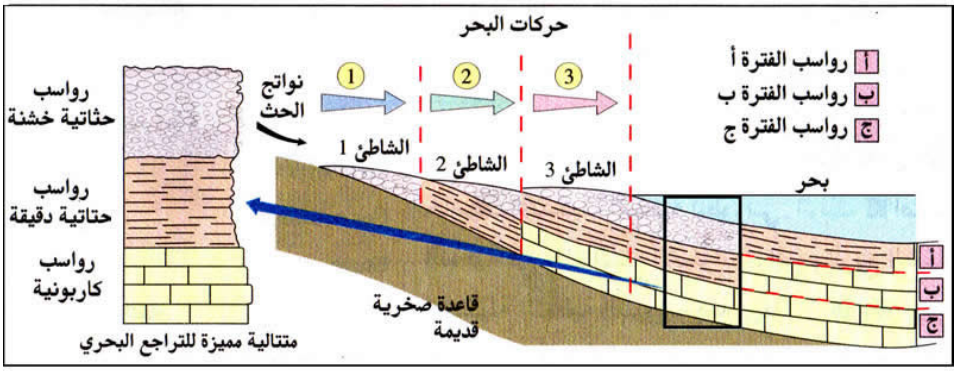
الوثيقة 7: الخاصيات السحنية للدورة الرسوبية .

1) اعتمادا على الشكل أ من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية التجاوزية.
2) اعتمادا على الشكل ب من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية التراجعية.
3) اعتمادا على الشكل ج من الوثيقة استخرج الخاصيات السحنية للمتتالية المميزة للدورة الرسوبية.



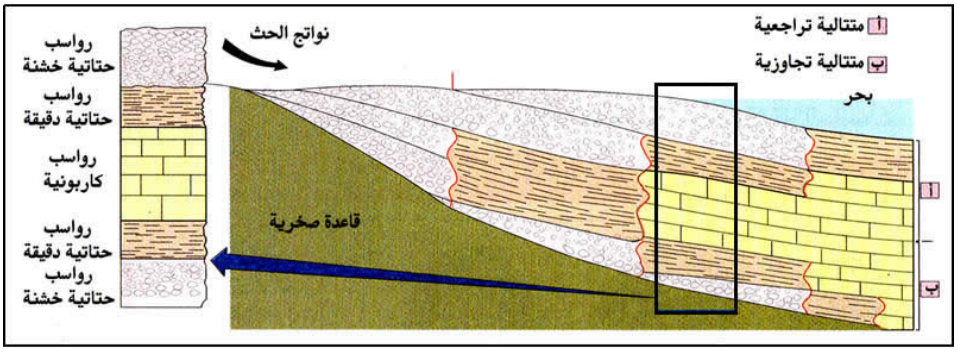
الشكل أ: الخاصيات السحنية لتجاوز بحري :

تقدم البحر ليتجاوز حدوده السابقة وذلك لأسباب تكتونية ومناخية



الشكل ب: الخاصيات السحنية لتجاوز بحري :

انسحاب البحر خلف حدوده السابقة وذلك لأسباب تكتونية ومناخية



الشكل ج: الخاصيات السحنية لدورة رسوبية :

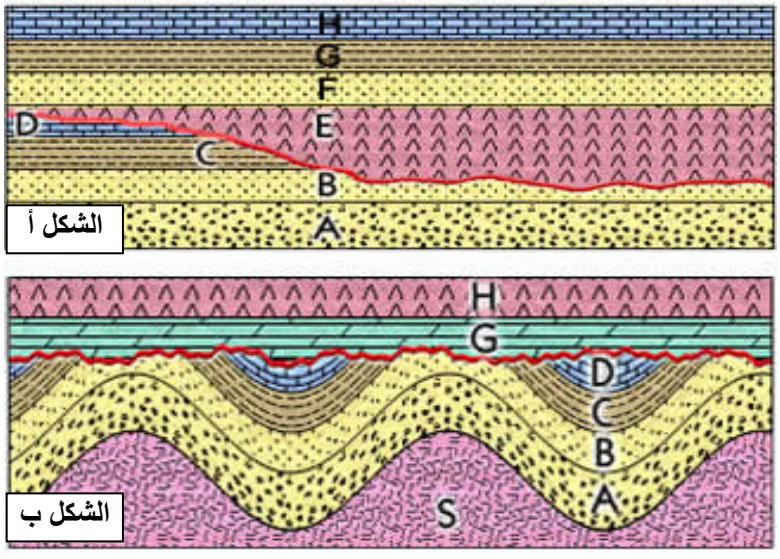
بعد تجاوز للبحر متبوع بتراجع، نحصل على متتالية تجاوزية متبوعة بمتتالية تراجعية

ج – وضع الطبقات الرسوبية بالنسبة للقاعدة الصخرية: (الوثيقة 8)

الوثيقة 8: مفهوم التنافر الجيولوجي .

تترسب الطبقات التجاوزية على طبقات القاعدة القديمة وفق تموضعين هندسيين أساسيين: الشكل أ والشكل ب.

قارن بين الحالتين ثم استخلص طبيعة الملامسات بين طبقات هذه المقاطع الجيولوجية.



Moutamadris.ma

تتوضع الطبقات الرسوبية التجاوزية أحيانا على قاعدة صخرية تعرضت للحث، ولها بنية مختلفة عن بنية الغطاء الرسوبي.
ويسمى الحد الفاصل بين القاعدة والغطاء الرسوبي بالتنافر الجيولوجي Discordance
يجسد التنافر غالبا حدا فاصلا بين تشكيلتين نمطيتين متتاليتين، مما يكسبه أهمية في التقسيم الكرونولوجي.

- ✓ الشكل أ: تغطي الطبقات H,G,F,E طبقات أقدم منها هي D,C,B,A تعرضت للحث ولم تتعرض لأي تشوه، وبالتالي يحتفظ بالتوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر مواز.

- ✓ الشكل ب: تغطي الطبقات H وG طبقات أقدم منها هي D,C,B,A تعرضت للتشوه، وللحث وبالتالي يغيب التوازي الأصلي بين الطبقات. نحصل في هذه الحالة على تنافر زاو.

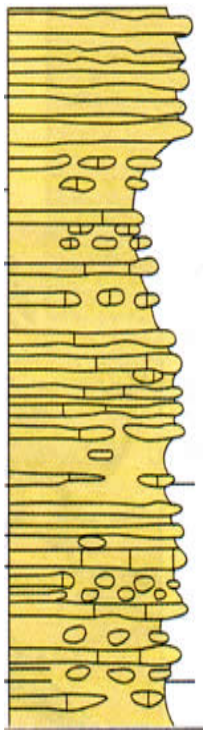
③ مفهوم المنطقة الإحيائية: Biozone (الوثيقة 9)

الوثيقة 9: تقسيمات بيوستراتيغرافية دقيقة بفضل الأمونيتات داخل الطابق الطورسي .

المنطقة الإحيائية تقسيم جيوكرونولوجي داخل الطابق. برر ذلك بالاعتماد على معطيات الوثيقة.

Hildoceras semipolitum	Hildoceras bifrons	Hildoceras tethysi	Orthildaites douvillei

- المنطقة الإحيائية : مجموعة من الطبقات المتتالية التي توجد بها مجموعة من المستحاثات والمعرفة بوفرة صنف معين من المستحاثات الاستراتيغرافية الذي يبقى ثابتا من حيث خاصياته المميزة ويعطي للطبقة الإحيائية اسم هذه المستحاثة.
- الأمونيت: مجموعة من رأسيات الأرجل البحرية، تعيش في قوقعة ويمكن أن يتجاوز قطرها المتر الواحد. ونميز بين مختلف أصناف الأمونيتات بواسطة بعض خصائص القوقعة التي تعكس التطور السريع لهذه المجموعة مما يجعلها مستحاثات استراتيغرافية جيدة تستعمل في تحديد المناطق الإحيائية.

الآفاق	جزء من التشكيلة النمطية للطورسي	H.caterinii	H.sublevisioni	H.tethyi	H.crassum	H.lusitanicum	H.apertum	H.bifrons	H.semipolitum	O.douvillei
XIII										
XII									+ +	
XI									+	
X								+ + +		
IX					+ +	+ +	+	+		
VIII				+ +						
VII		+	+ +							
VI										+

Moutamadris.ma

داخل التشكيلة النمطية للطورسي Toarcien تمكن الأمونيتات من التحديد الدقيق لتأريخ الطبقات. وبذلك تساهم هذه المستحاثات الطبقاتية في تقسيم الزمن الجيولوجي داخل الطابق. وهكذا فالمنطقة الإحيائية هي وحدة استراتيغرافية من الطابق، تحدد بطبقة أو مجموعة من الطبقات المتتالية التي تحتوي على مستحاثات استراتيغرافية، يبقى نوع منها ثابتا من حيث خاصياته المميزة. ويعطى لهذه المنطقة اسم هذه المستحاثة.

④ مفهوما الحقب والدور. (Ere et Cycle) (انظر الوثيقة 10)

الوثيقة 10: نحو سلم استراتيغرافي للزمن الجيولوجي .

مكنت دراسات جيولوجية في أربع مناطق مختلفة من المغرب من تحديد بعض المستحاثات المتواجدة في هذه المناطق (الجدول أسفله)، وتوفير الأعمدة الاستراتيغرافية S_4, S_3, S_2, S_1.

Clypeaster

Pectens

Nummulites

Acanthoceras

Hoplites

Perisphincte

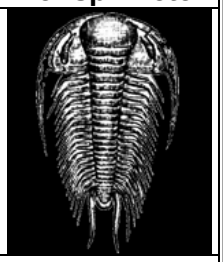
Harpoceras

Gemmulifera

Latifrons

Caudatum

Goldfussi


Bohemicus

العمود S_1: السفح الجنوبي الشرقي للأطلس الصغير الغربي	العمود S_2: الحافة الجنوبية للأطلس المتوسط	العمود S_3: منطقة أولماس	العمود S_4: منطقة أمصيلة بشمال تازة
شيست وحجر رملي كلسي Phacops latifrons	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	بازلت من بركان مجاور	سجيل وكلس Clypeaster-pecten
شيست أسود Dalmanite caudatum	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	كلس Nummulites	كلس سجيلي Nummulites
شيست وحجر رملي خشن بحري Trinucleus goldfussi	حجر رملي خشن وشيست phillipsia gemmulifera	كلس وسجيل Ammonite acanthoceras	سجيل Ammonite hoplites
شيست Paradoxides bohemicus	حجر رملي خشن كلسي وشيست Phacops latifrons	سجيل Ammonite hoplites	كلس طيني Ammonite perisphinctes
صخور متطبقة كلسية بدون مستحاثات	شيست Dalmanites caudatum	كلس وسجيل Ammonite harpoceras	كلس طيني Ammonite harpoceras
	حجر رملي خشن Trinucleus goldfussi	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	
		شيست جد مطوي Trinucleus goldfussi	

1) وظف المبادئ الاستراتيغرافية وقارن بين الأعمدة S_1 وS_2 وS_3 وS_4 . وضع الطبقات المتشابهة في نفس المستوى على جدول.
2) بين أن النتيجة التي حصلت عليها عبارة عن سلم استراتيغرافي مبسط.

Moutamadris.ma

1) تتميز طبقات الأعمدة باختلاف السحنات الصخرية والمستحاثية، وبوجود طبقات بدون مستحاثات. كما تتواجد طبقات متشابهة فيما بينها، أما من حيث السحنة الصخرية أو المستحاثية أو هما معا.

- باعتماد مبدأ التراكب يمكن القول أن الأمونيتات وثلاثية الفصوص لم تعش في نفس الزمن الجيولوجي لكون ثلاثيات الفصوص توجد في طبقات أسفل من الطبقات التي تحتوي على الأمونيتات. كما أن مختلف أنواع ثلاثيات الفصوص لم تعش في نفس الزمن لكونها تتواجد في طبقات صخرية مختلفة متراكبة، مما يدل على أنها تعرضت للتطور عبر الزمن، وهذه ميزة للمستحاثة الطبقاتية.
- يمكن تفسير غياب الطبقات في الأعمدة الاستراتيغرافية بغياب الترسب أو حث الطبقات بعد ترسبها. وذلك ما يسمى بالفجوة الرسوبية أو الطبقاتية Lacune stratigraphique.
- تمثيل نتائج المقارنة على شكل جدول يمثل عمر مختلف طبقات الأعمدة S_1 وS_2 وS_3 وS_4 . (أنظر الجدول على الصفحة الموالية).

2) يصعب أن نعتمد فقط على الطوابق كسلم جيوكرونولوجي، نظرا لعددها الهائل ونظرا لوجود ظواهر جيولوجية وبيولوجية كبرى (كالانقراضات) ميزت مراحل معينة من الزمن الجيولوجي. لهذا لجأ العلماء إلى البحث عن تقسيمات أخرى تعتمد على معايير مستحاثية ومعايير استراتيغرافية تكتونية.

- **المعايير الاستحاثية:** باعتماد هذه المعايير استطاع العلماء تقسيم الزمن الجيولوجي إلى حقب:

✓ ما قبل الكمبري Précambrien (570 Ma-):
يتميز بعدم وجود مستحاثات. وتسمى هذه الفترة أيضا بفترة الكريبتوزوي Cryptozoïque عكس الأحقاب الأخرى التي ظهرت فيها مستحاثات فسميت بذلك الفانيروزوي Phanérozoïque.

✓ الحقب الأول (الباليوزوي Paléozoïque) حيث نجد أغلب الحيوانات التي ظهرت على الأرض والتي أغلبها قد انقرض. مثلا ثلاثيات الفصوص.

✓ الحقب الثاني (الميزوزوي Mésozoïque) حيث أن نصف الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب قد انقرض كالديناصورات، والنصف الثاني لازال يعيش حاليا. ويتميز هذا الحقب بالأمونيتات.

✓ الحقب الثالث (السينوزوي Cénozoïque) حيث أن أغلب الحيوانات التي ظهرت في هذا الحقب لا زالت تعيش حاليا.

- **المعايير الاستراتيغرافية التكتونية:**

يترتب عن حركية الصفائح المكونة لسطح الأرض، نشأة مجالات للترسب كالبحار والمحيطات، ثم اختفاؤها نتيجة الطمر والاصطدام، مما ينتج عنه تكون سلاسل جبلية تحل محل المحيطات المختفية. فتخضع هذه الأخيرة لعوامل الحث لتكون بذلك نهاية دورة تكتونية.
لقد عرفت الكرة الأرضية عدة دورات تكتونية اعتمدت في تقسيم الزمن الجيولوجي:

✓ الدورات قبل الكمبرية: من نشأة الأرض إلى 570- مليون سنة.
✓ الدورة الكلدونية والهرسينية Hercynien et calédonien من 570- إلى 245 Ma-.
✓ الدورة الألبية Alpin ابتداء من 245 Ma-.

يعرف النظام أو الدور Système كمجموعة الطوابق التي توضعت أثناء فترة زمنية تسمى العصر الجيولوجي. وتحدد أسرة وأسقف الأنظمة بواسطة دورات رسوبية. واعتمد في تسميتها معايير مختلفة:

✓ التفحمي Carbonifère: غنى الطوابق بالفحم.
✓ الطباشيري أو الكريتاسي Crétacé: وفرة التشكلات الطباشيرية.

Moutamadris.ma

العمود S_1:	العمود S_2:	العمود S_3:	العمود S_4:	السلم الاستراتيغرافي
------------	------------	بازلت من بركان مجاور	------------	الحقب الثالث
------------	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	------------	سجيل وكلس Clypeaster-pecten	
------------	------------	كلس Nummulites	كلس سجيلي Nummulites	
------------	------------	كلس وسجيل Ammonite acanthoceras	------------	الحقب الثاني
------------	------------	سجيل Ammonite hoplites	سجيل Ammonite hoplites	
------------	------------	------------	كلس طيني Ammonite perisphinctes	
------------	------------	كلس وسجيل Ammonite harpoceras	كلس طيني Ammonite harpoceras	
------------	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	طين أحمر جبسي بدون مستحاثات	------------	
------------	حجر رملي خشن وشيست phillipsia gemmulifera	------------	------------	الحقب الأول
شيست وحجر رملي كلسي Phacops latifrons	حجر رملي خشن كلسي وشيست Phacops latifrons	------------	------------	
شيست أسود Dalmanite caudatum	شيست Dalmanites caudatum	------------	------------	
شيست وحجر رملي خشن بحري Trinucleus goldfussi	حجر رملي خشن Trinucleus goldfussi	------------	------------	
شيست Paradoxides bohemicus	------------	------------	------------	
صخور متطبقة كلسية بدون مستحاثات	------------	شيست جد مطوي Trinucleus goldfussi	------------	ما قبل الكمبري

Moutamadris.ma

⑤ السلم الاستراتيغرافي. (Echelle stratigraphique) (انظر الوثيقة 11)

يعتمد تقسيم الزمن الجيولوجي أساسا على تطور أشكال الحياة (الأزمات البيولوجية) والدورات الرسوبية وكذا على التغيرات الكبرى في الجغرافيا القديمة لكوكب الأرض وفي هندسة المجموعات الجيولوجية (الدورات التكتونية).

الوثيقة 11: تمثيل مبسط للسلم الاستراتيغرافي

Ere الحقب			Système النظام (période) الدور	Epoque الحقبة	Etage الطابق	العمر مليون سنة
Phanérozoïque	Cénozoïque الحياة الحديثة	Quaternaire الرابع		Holocène		-2
				Pléistocène		
		Tertiaire الثالث	Néogène النيوجين	*Pliocène*	Gélacien Plaisancien Zancléen	-6
				Miocène	Méssinien Tortonien Sérravallien Langhien Burdigalien Aquitanien	-23
			Paléogène الباليوجين	Oligocène	Chattien Rupélien	-34
				Eocène	Priabonien Bartonien Lutétien Yprésien	-55
				Paléocène	Thanétien Danien	-65
	Mésozoïque الحياة الوسطى	Secondaire الثانوي	Crétacé الكريتاسي	Supérieur	Maestrichien Campanien	-95
				Inférieur		-140
			Jurassique الجوراسي	Malm		-160
				Dogger		-181
				Lias		-210
			Trias التريـاس			-245
	Paléozoïque الحياة القديمة	Primaire الأول	Permien البرمي			-290
			Carbonifère التحفري			-360
			Dévonien الديفوني			-410
			Silurien السيلوري			-440
			Ordovicien الأوردوفيسي			-500
			Cambrien الكمبري			-590
Crypto-zoique	Précambrien ما قبل الكمبري		Protérozoique			-570
			Archéen			-2500
						-4000

Moutamadris.ma

III – الخريطة الجيولوجية، حصيلة تركيبية للدراسات الاستراتيغرافية.

① الخريطة الجيولوجية وثيقة تركيبية.

أ – تذكير الخريطة الطبوغرافية: Carte topographique

الخريطة الطبوغرافية هي تمثيل لتضاريس سطح الأرض، ومميزاتها الميدانية من حيث الارتفاع والشكل، على مساحة مسطحة. ويشار إلى التضاريس بوسيلتين:

- نقط الارتفاع: وهي نقط مرقمة تشير إلى ارتفاع نقطة عن مستوى سطح البحر.
- منحنيات المستوى: وهي خطوط تربط بين نقط لها نفس الارتفاع، وتنجز على الخريطة بفارق ارتفاع ثابت ينعت بتساوي البعد Equidistance بين منحنيين متتاليين.

ويتم تمثيل التضاريس بين نقطتين من الخريطة الطبوغرافية بانجاز الجانبية الطبوغرافية.

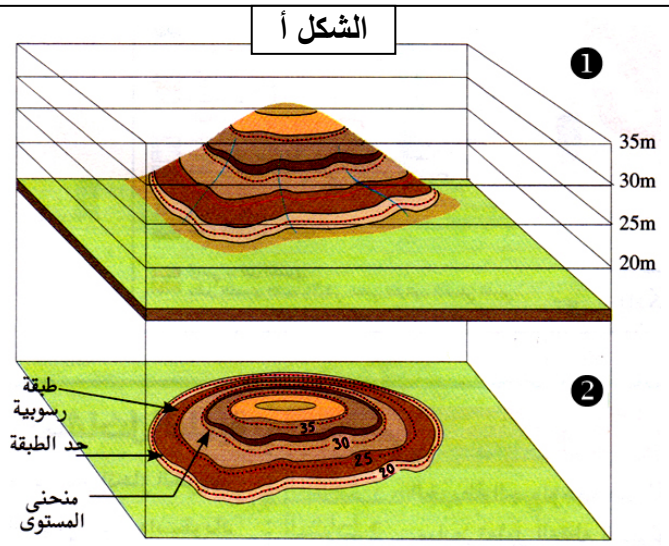
ب – الخريطة الجيولوجية: Carte géologique (الوثيقة 12)

الوثيقة 12: الخريطة الجيولوجية .

الشكل أ: الإسقاط العمودي لتلة ❶ على الخريطة ❷.
الشكل ب: رموز وألوان تعبر عن عمر الطبقات الصخرية وترتيبها الزمني.
الشكل ج: رموز تمثل المعلومات الصخرية.
الشكل د: رموز اصطلاحية لتمثيل ميلان الطبقات الصخرية.

وظف المعطيات المقترحة وتعرف باستعمال خرائط جيولوجية جهوية أو محلية مختلف المعلومات والرموز، ثم أبرز أهمية المعطيات الاستراتيغرافية والتكتونية في بناء الخريطة الجيولوجية.

الشكل أ



الشكل ب: تمثيل المعلومات الاستراتيغرافية

الحقب	النظام	الرمز	اللون
الرابع		a,q,A...	بيج
الثالث	البليوسين	p	أصفر
	الميوسين	m	
	الأوليكوسين	g	ليموني
	الاييوسين	e	
الثاني	الكريتاسي العلوي	c	أخضر فاتح
	الكريتاسي السفلي	n	
	الجوراسي الأوسط والعلوي	j	أزرق
	الجوراسي السفلي	l	
	الترياس	t	وردي
الأول	البرمي	r	بنفسجي
	التفحمي	h	رمادي
	الديفوني	d	بني
	السيلوري	s	أخضر قاتم
	الأردوفيسي	o	
	الكمبري	b,k	بيج داكن
قبل الكمبري			أحمر

الشكل ج: تمثيل المعلومات الصخرية

الرموز الصخرية	الصخور المقابلة
	Calcaire الكلس
	Dolomite الدولوميت
	Argile الطين
	Marne السجيل
	Grès الحجر الرملي
	Conglomérat الرصيص
	Sel الملح

الشكل د: تمثيل الطبقات المشوهة

الرمز	درجة الميلان
+	ميلان منعدم = طبقات أفقية
— · —	ميلان عمودي (90 °) = طبقات عمودية
	ميلان ضعيف (10° - 30°)
	ميلان متوسط (30° - 60°)
	ميلان قوي (60° - 80°)
	ميلان معكوس α > 90°

Moutamadris.ma

a – تعريف الخريطة الجيولوجية:

تعتبر الخريطة الجيولوجية إسقاطا عموديا على مساحة أفقية للمكونات الجيولوجية لمنطقة معينة، حيث تمثل الاستسطاحات بألوان ورموز اصطلاحية، ويراعى في هذا التمثيل عمر الطبقات وطبيعتها الصخرية (السحنة) وتسلسلها الزمني والتشوهات التكتونية التي أصابت الصخور ودرجة الميلان.

b – العناصر الأساسية للخريطة الجيولوجية:

العنوان: عادة المنطقة التي تمثلها الخريطة الجيولوجية بالإضافة إلى موقعها الجغرافي على الكرة الأرضية.
المقياس مثلا 1/100000. منحنيات المستوى وقيمة تساوي البعد. التوجيه: سهم يشير إلى الشمال الجغرافي.
المفتاح: السحنة، العمر، التسلسل الزمني، مجاري المياه، المناجم، الطرق، المساكن... الميلان والاتجاه والفوالق.

c – خلاصة:

تمثل الخريطة الجيولوجية مختلف التشكلات والظواهر الجيولوجية التي حدثت في حوض ترسبي خلال الأزمنة الجيولوجية.
وتتطلب قراءة الخريطة الجيولوجية ترجمة المعطيات الخرائطية وتحديد العلاقات الهندسية بين الطبقات وتمثيلها على مقاطع جيولوجية.

② المقطع الجيولوجي. Coupe géologique

أ – تعريف المقطع الجيولوجي:

المقطع الجيولوجي هو تمثيل للتشكلات الصخرية في العمق، انطلاقا من خط طبوغرافي وحسب سطح عمودي.

ب – عناصر المقطع الجيولوجي:

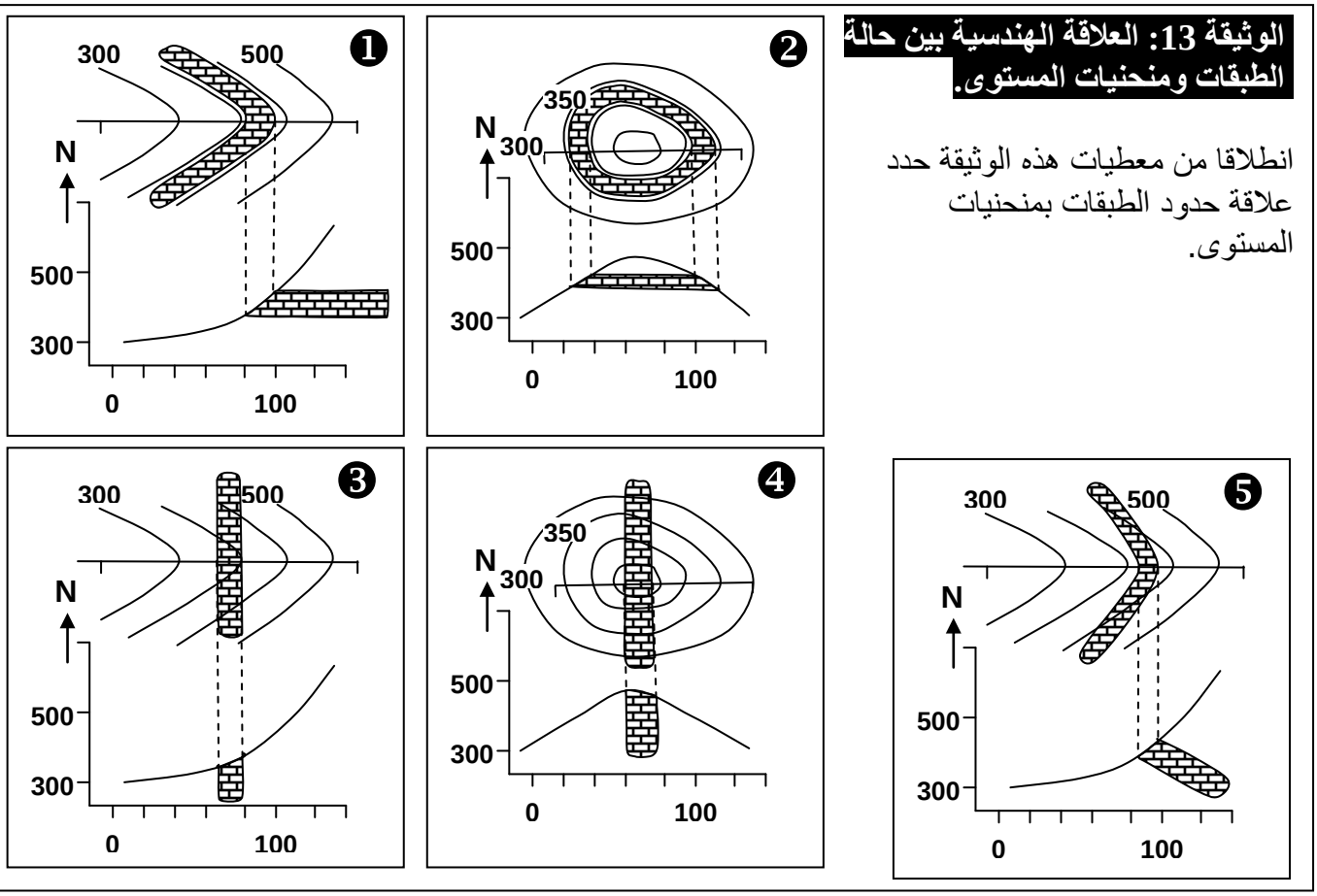
العنوان: عنوان الخريطة التي هي أصل المقطع. المقياس: مقياس الخريطة الأصلي. التوجيه: يحدد على طرفي المقطع التوجيه المناسب. المفتاح: رموز طبقاتية يشار فيها إلى سمك الطبقات.

ج – طريقة انجاز المقطع الجيولوجي:

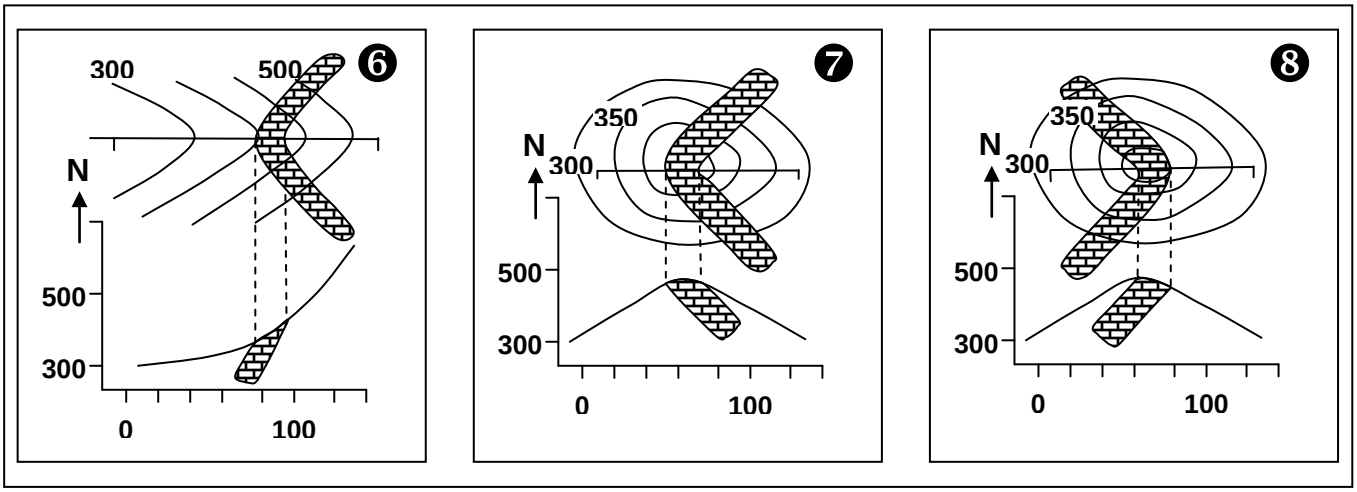
a – العلاقة الهندسية بين حالة الطبقات ومنحنيات المستوى: (الوثيقة 13)

الوثيقة 13: العلاقة الهندسية بين حالة الطبقات ومنحنيات المستوى.

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة حدد علاقة حدود الطبقات بمنحنيات المستوى.



Moutamadris.ma

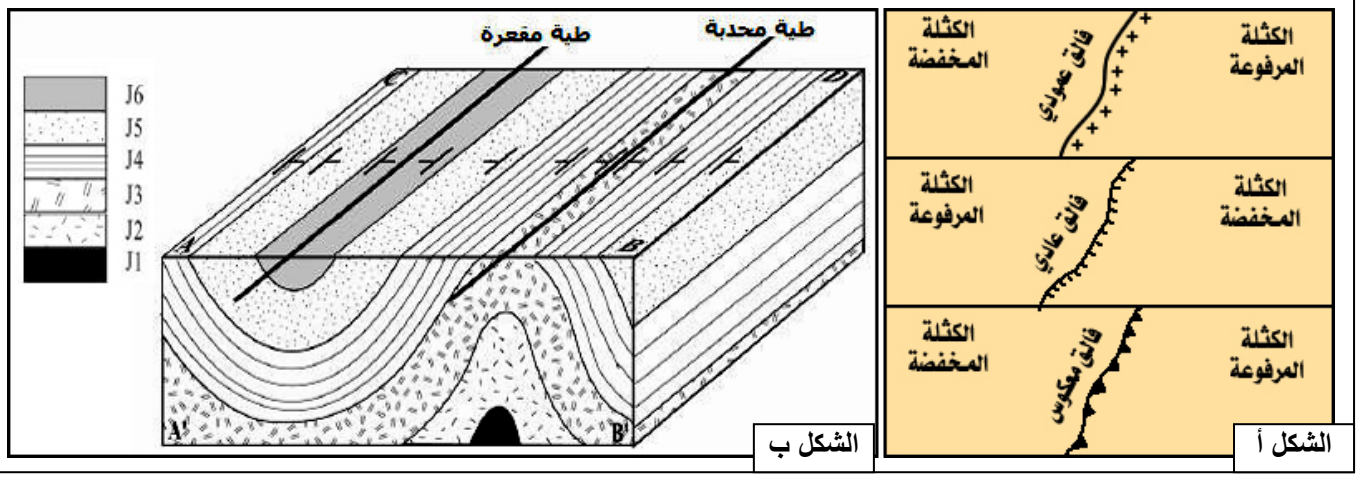


تعطي حدود استسطاح الطبقات على الخريطة الجيولوجية أشكالا متعددة يمكن استغلالها في تحديد اتجاه ميلان الطبقات.

- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات موازية لمنحنيات المستوى فان هذه الطبقات أفقية (الشكل ❶ و❷ من الوثيقة).
- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات على شكل رسم مستقيم فهذا يعني أن الطبقات عمودية (الشكل ❸ و❹ من الوثيقة).
- إذا كانت حدود استسطاح الطبقات تقطع منحنيات المستوى فهذا يعني أن الطبقة مائلة، وهذا التقاطع يرسم حرف V يتجه رأسه نحو اتجاه الميلان في حالة الوادي (الشكل ❺ و❻ من الوثيقة)، ويشير رأسه إلى عكس منحى الميلان في حالة التلال (الشكل ❼ و❽ من الوثيقة).

b – البنيات التكتونية على الخرائط والمقاطع الجيولوجية: (الوثيقة 14)

الوثيقة 14: تمثيل البنيات التكتونية على الخرائط والمقاطع الجيولوجية .



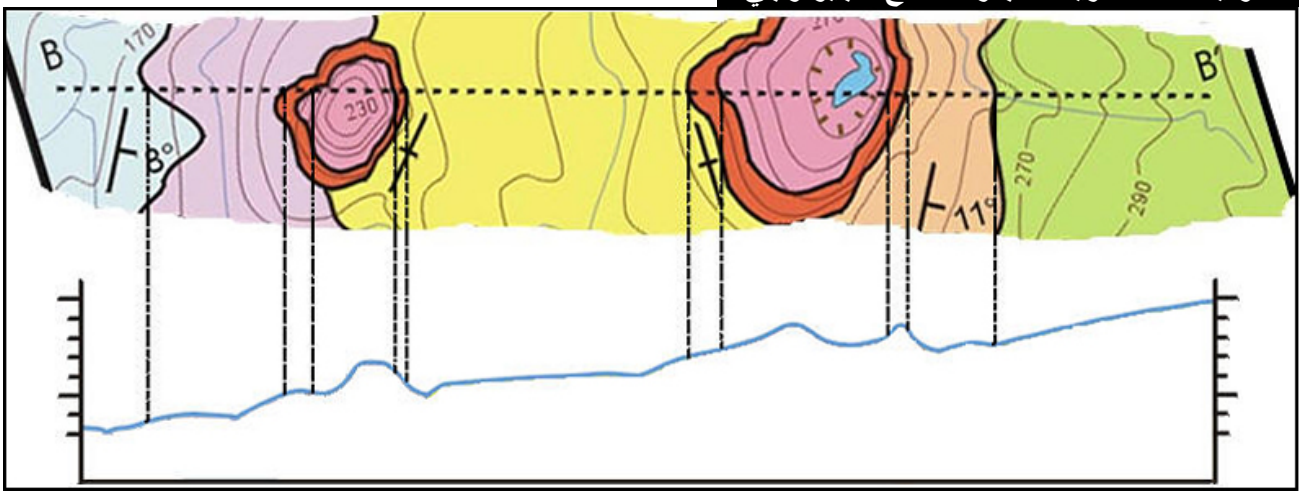
- **الفوالق:** (الشكل أ) يعبر عنها في الخريطة الجيولوجية بخطوط أكثر سمكا من حدود الطبقات ويصاحب أحيانا هذه الخطوط رموز تدل على نوع الفالق ومنحى الميلان إذا كان مائلا.

- **الطيات:** (الشكل ب) يتم التعرف على الطيات المحدبة في الخريطة أما برموز الميلان التي تكون كلها ذات منحى خارجي، أو بالتسلسل الزمني للطيات حيث يكون قلب الطية أقدم من جوانبها. أما بالنسبة للطيات المقعرة تكون رموز الميلان ذات منحى داخلي، ويكون قلب الطية احدث من جوانبها.

c – طريقة انجاز المقطع الجيولوجي: (الوثيقة 15)

Moutamadris.ma

الوثيقة 15: طريقة انجاز المقطع الجيولوجي .

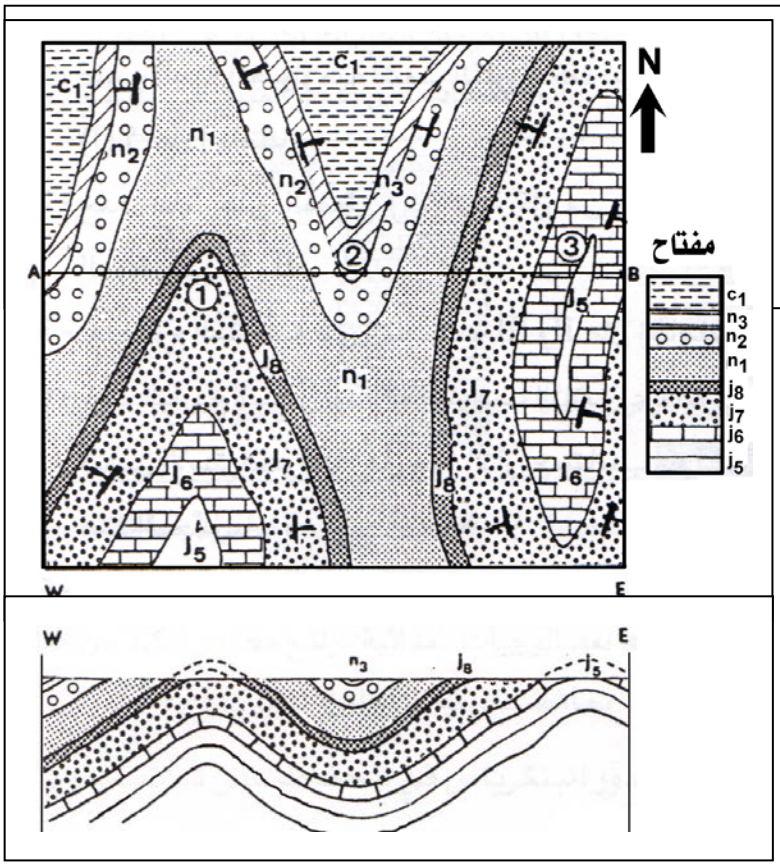


- **المرحلة الأولى:** انجاز المظهر الجانبي على الورق الميلمتري (في معلم مطابق لمسافة المقطع وعلو التضاريس الممثلة عليه)، وذلك بإسقاط نقط التقاطع بين منحنيات المستوى وخط المقطع، وربط النقط المحصل عليها. ولا يكون المظهر الجانبي كاملا إلا إذا كان مرفوقا بمفتاح يبين اسم الخريطة والسلم المعتمد واتجاه المقطع وبعض المعالم الطبوغرافية كالوديان والمدن...
- **المرحلة الثانية:** انجاز المقطع الجيولوجي ويتطلب:
  - ✓ فحص الخريطة الجيولوجية لتحديد خصائص الطبقات التي يمر منها المقطع.
  - ✓ إسقاط حدود الاستسطاحات على المظهر الجانبي مع كتابة رمز كل طبقة.
  - ✓ ربط الحدود العليا والسفلى لكل طبقة على حدة ابتداء من الطبقة الأحدث التي يعرف لها سرير وسقف.
  - ✓ إذا كانت الطبقات مشوهة يجب الأخذ بعين الاعتبار قيمة ومنحى الميلان عند تمثيل أول طبقة من هذه الطبقات.
  - ✓ تمثيل الطبقات برمز صخري أو لون مناسب، مع تحديده في المفتاح.

d – تمرين تطبيقي: (الوثيقة 16)

الوثيقة 16: تمرين تطبيقي .

1) لاحظ الخريطة الجيولوجية الممثلة أسفله وحدد الطبقة الأحدث والطبقة الأقدم (بالنظر إلى الترتيب الوارد في المفتاح).
2) حدد البنية التي تظهر في المنطقة.
3) أنجز المقطع الجيولوجي AB.



1) الطبقة الأحدث هي الطبقة c_1 والطبقة الأقدم هي الطبقة j_5.

2) تظهر الخريطة بنية مشوهة بطيات محدبة ومقعرة.

3) المقطع الجيولوجي: أنظر الوثيقة أسفله.

Moutamadris.ma

IV – استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة معينة.

يتمثل استرداد التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما في تحديد الأحداث الجيولوجية التي عرفتها المنطقة، وترتيبها حسب تسلسلها الزمني وذلك بالاعتماد على المعطيات الاستراتيغرافية والمستحاثية والتكتونية للمنطقة، وتحليل الخريطة الجيولوجية والمقاطع الجيولوجية والأعمدة الاستراتيغرافية.

① المثال الأول: هضبة الفوسفاط (الوثيقة 17)

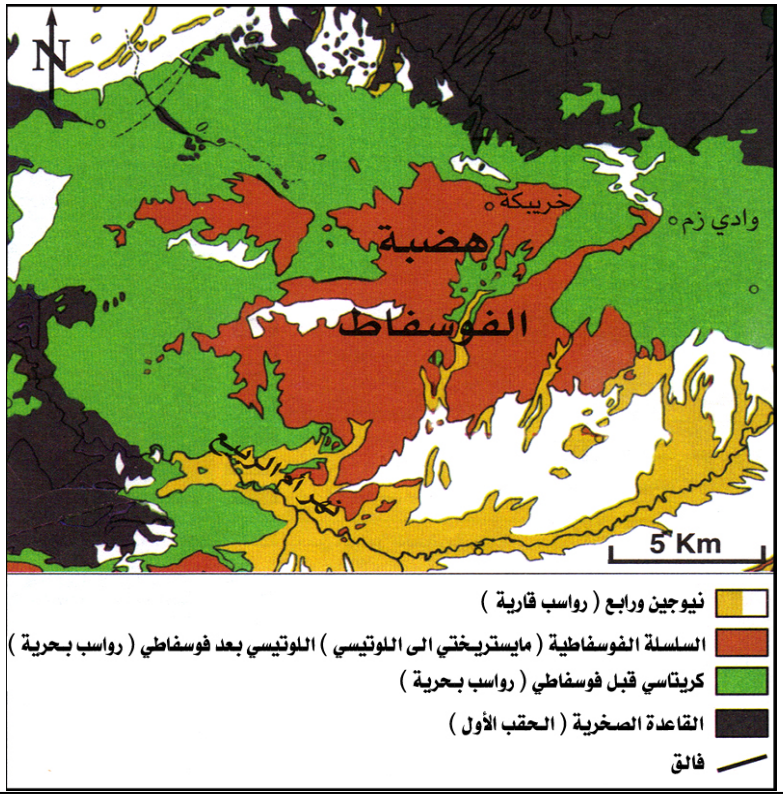
الوثيقة 17: استرداد التاريخ الجيولوجي لهضبة الفوسفاط

تمثل السلسلة الفوسفاطية لأولاد عبدون آخر جزء من سلسلة رسوبية تكونت فوق القاعدة الصخرية القديمة (الحقب الأول). وقد تعرضت الطبقات المكونة لهذه القاعدة الصخرية لتشوهات في آخر الحقب الأول على شكل طيات وفوالق، بينما لم تتعرض طبقات الحقب الثاني لأي تشوه وبقيت منضدية.

نعطي أهم مراحل التاريخ الجيولوجي غير مرتبة:

1) تشوه طبقات القاعدة الصخرية (الدورة الهرسينية).
2) ترسب طبقات القاعدة الصخرية (الحقب الأول).
3) تجاوز بحري.
4) تراجع بحري بعد لوتيسي.
5) تراجع بحري (الحقب الأول).
6) حت.
7) ترسب طبقات الكريتاسي قبل فوسفاطي.
8) ترسب السلسلة الفوسفاطية.
9) ترسب الطبقات الحديثة (نيوجين الرابع) وحت حديث.

بعد تحديد نوع الملامسة بين السلسلة قبل فوسفاطية والقاعدة الصخرية، استرد التاريخ النسبي لهضبة الفوسفاط وذلك بترتيب المراحل من 1 إلى 9.



القاعدة الصخرية مشوهة (طيات، فوالق) بينما لم تتعرض السلسلة قبل فوسفاطية (الحقب الثاني) لأي تشوه وبقيت منضدية، فالملامسة بين المجموعتين هي إذن تنافر زاوي.

يمكن استرداد التاريخ الجيولوجي للمنطقة بترتيب المراحل على الشكل التالي:

2 ← 5 ← 1← 6 ← 3 ← 7 ← 8 ← 4 ← 9.

بعد التراجع البحري للحقب الأول تم حت طبقات القاعدة الصخرية المشوهة خلال الدورة الهرسينية.

خلال الميسترختي (الكريتاسي II) تتوضع ترسبات بحرية قليلة العمق ذات خاصيات تجاوزية، أعطت ترسب طبقات الكريتاسي قبل الفوسفاطية.

خلال الكريتاسي العلوي والباليوجين (III السفلي) توضعت الرواسب الفوسفاطية وذلك ابتداء من الطابق الميسترختي (II علوي) إلى غاية الطابق اللوتيسي (III)، تميزت هذه الترسبات بخاصيات تجاوزية بحيث تشكل خليج بحري قليل العمق.

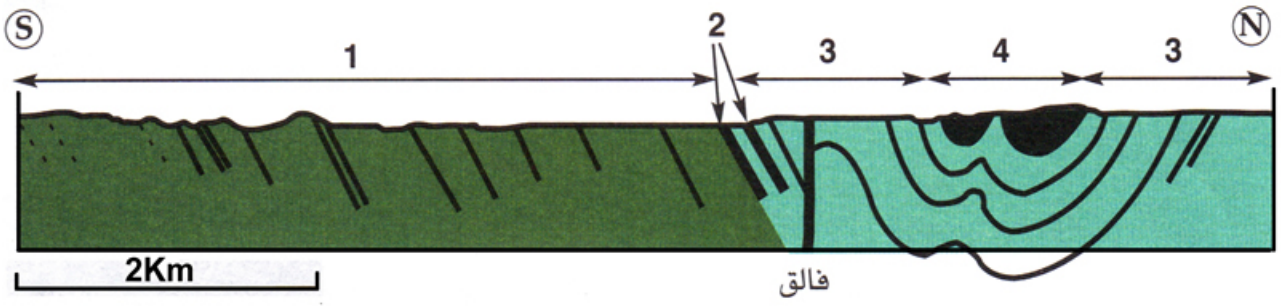
بعد اللوتيسي ظهرت رواسب (حجر رملي...) تعبر عن تراجع بحري ناتج عن الحركات التكتونية الأطلسية.

Moutamadris.ma

② المثال الثاني: الحوض الفحمي لجرادة (الوثيقة 18)

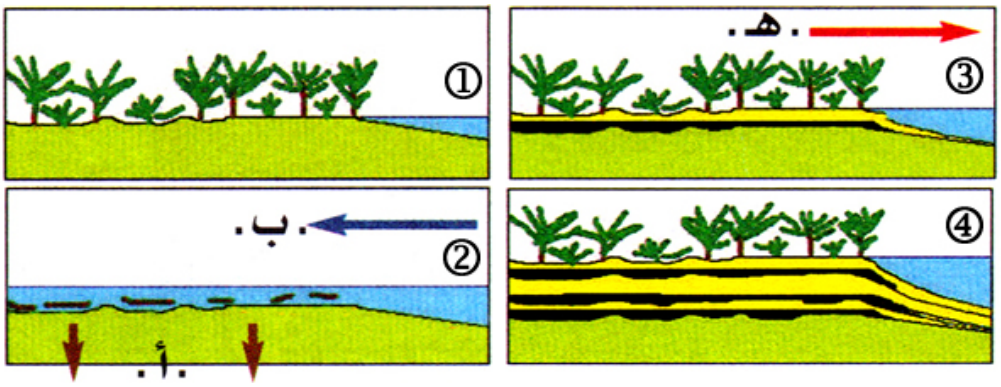
الوثيقة 18: استرداد التاريخ الجيولوجي للحوض الفحمي لجرادة .

يقع حوض جرادة على بعد 60 كلم جنوب غرب مدينة وجدة. ويمتد الحوض على مدى 25 كلم، وهو منجم للفحم الحجري ذو أصل ترسبي يظهر توالي الترسبات البحرية والقارية المناسبة لتكون الفحم، وذلك ما بين 315Ma إلى 300Ma-.



مفتاح: 1 = سلسلة بحرية تحتوي علة غونياتيت Goniatite (الحقب الأول).
2 = أول رواسب شاطئية تحتوي على فحم وسرخسيات Fougères (الحقب الأول، ويستفالي).
3 = رواسب بحرية تحتوي على غونياتيت (الحقب الأول، أحدث من السلسلة 1).
4 = سلسلة فحمية مع طبقات جرادة (الحقب الأول، ويستفالي، أحدث من المستويات 2).
ملحوظة: تغطي الطبقات الكلسية للجوراسي كل هذه الطبقات بتنافر أعظم.

يتطلب تكون الفحم الحجري مناطق رسوبية تتميز بكثافة الغطاء النباتي (مناخ مداري)، وإمدادات قارية ضعيفة: مستنقعات شاطئية معرضة لتجاوزات بحرية دورية. كما يتطلب أيضا الانغراز السريع لقعر الحوض الذي يحمي البقايا من الأكسدة. أنظر الصورة أسفله.



وظف المعطيات الواردة في الوثيقة لاسترداد التاريخ الجيولوجي لحوض جرادة.

يعتبر الحوض الفحمي لجرادة حوضا جانب بحري، ينتمي الفحم فيه الطابق الوستفالي من النظام التفحمي (315- إلى 300- مليون سنة)، (الحقب الأول).
خلال الطابق النامور كان الترسب بحريا وبقي كذلك خلال الوستفالي السفلي على شكل تجاوز بحري.
خلال الوستفالي بدأت الترسبات قارية مصحوبة بتكون الفحم حيث استمرت هذه الترسبات إلى نهاية الوستفالي.
تأثرت الرواسب الفحمية بالأطوار الأخيرة للدورة الانتهاضية الهرسينية، وبقيت عرضة للحت بع الهرسيني إلى حين توضع الرواسب الميزوزوية (II) وتدفق البازلت لنفس الحقب في شكل تنافر زاو.

Moutamadris.ma