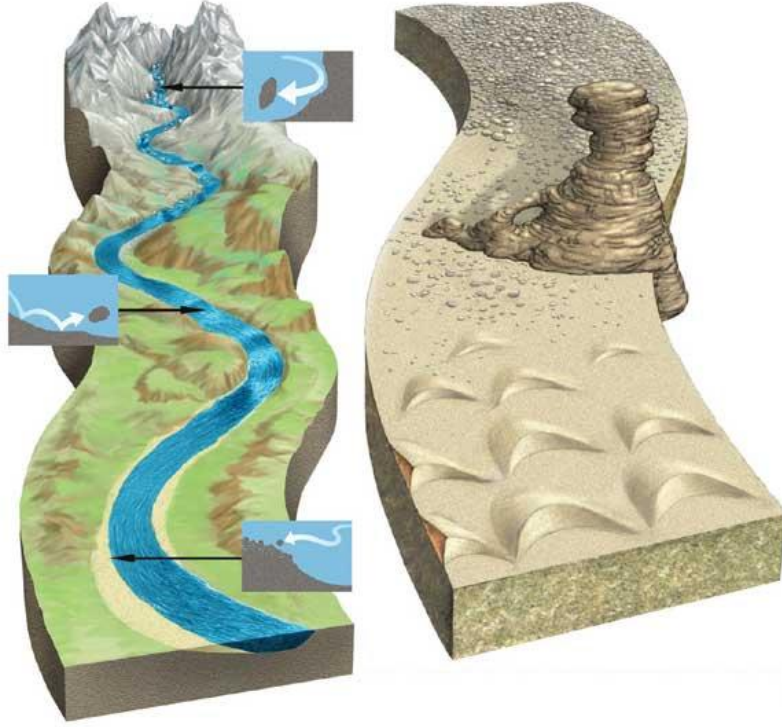


# الوحدة الأولى:

## الظواهر الجيولوجية الخارجية

### مقدمة



تشمل الدينامية الخارجية كل القوى المتحركة في الظواهر الخارجية ( الحت، النقل، الترسيب ) 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 الترسيب في المناطق البحرية. وترتبط الدينامية الخارجية بالدينامية الباطنية، حيث تؤدي التشوّهات 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 ترسيبها قصد إنجاز 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؟

## 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؟

## 1 - تصنيف مكونات الرواسب

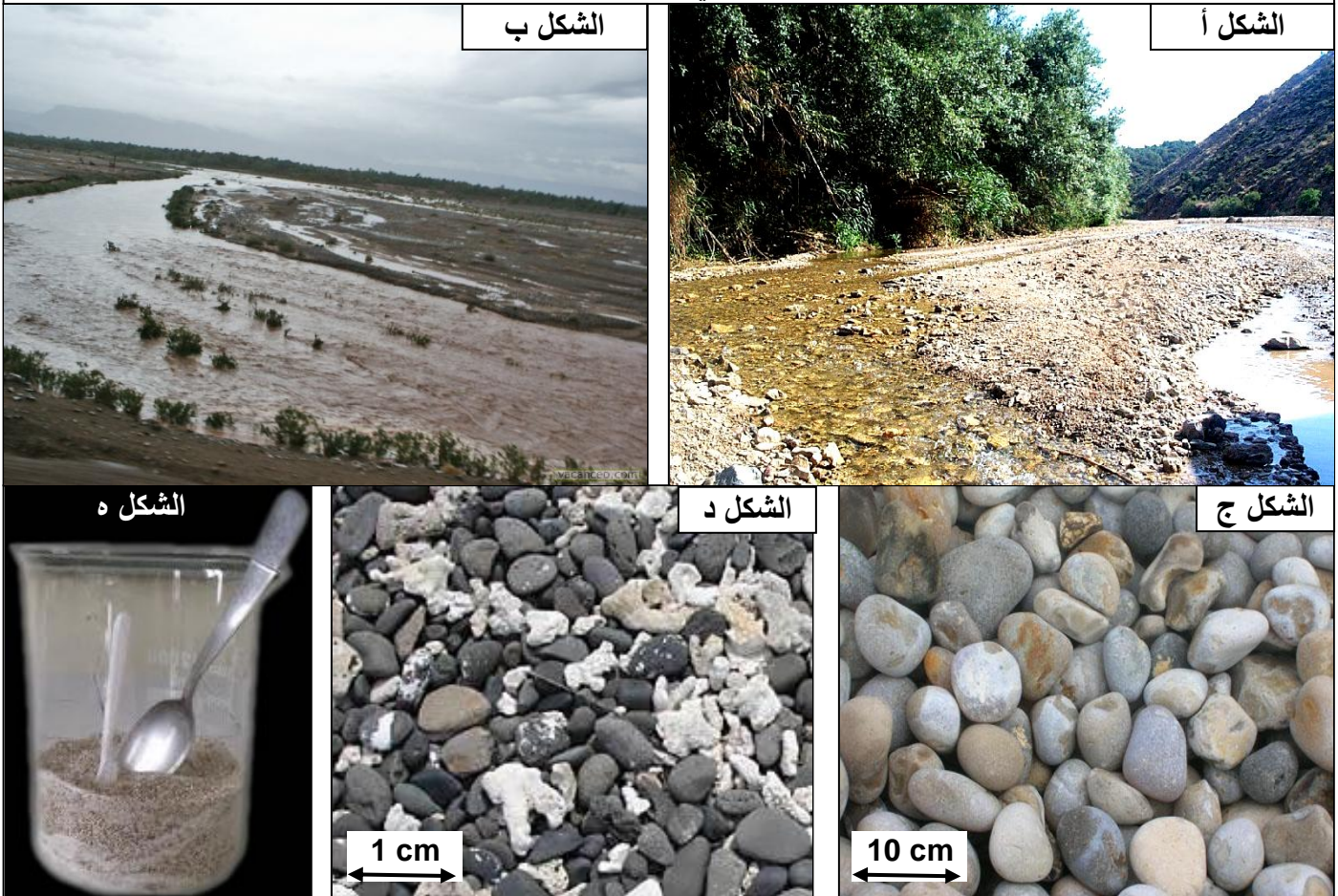
### ① تصنيف مكونات الرواسب حسب قدها

#### 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 هـ: 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 و

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



## ب - تحليل واستنتاج.

- 1) يتبين من هذه الوثائق أن رواسب المجاري المائية تتكون أساسا من جلاميد وحصى كبير وحصى صغير وحببيات 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 الترسيب في الوسطين الممثلين في الشكلين. وهل نوع الراسب كاف للدلالة على وسط الترسيب؟



الشكل ب



الشكل أ

## ب - تحليل واستنتاج.

يتميز الوسط الصحراوي ( الشكل أ ) برواسب ريفية، إذ يعتبر الريح العامل المتدخل في الترسيب في هذا الوسط. أما الوسط الشاطئي فيخضع باستمرار لحركات الأمواج وهبوب الرياح من جهة البحر، إذ تعمل الأمواج على توزيع الحصى والعناصر الرملية على طول الشاطئ، بينما الرياح تنقل الحبات الرملية الصغيرة القد بعيدا عن الشاطئ فيكون كثبانا رملية موازية للشاطئ. يخضع ترسيب العناصر المنقولة لدينامية موائع وسط الترسيب 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 عيونته 0.063 mm، ثم نغسلها بالماء لإزالة الطمي والطين.
- نعالج العينة باستعمال حمض HCl قصد التخلص من المواد الكلزية، وبالماء الأكسجيني قصد إزالة المواد العضوية.
- بعد التجفيف نضع 100 g من الرمل المحضر في الغربال العلوي لمجموعة من الغربال ( الشكل أمامه ) ذات ثقوب ينقص قطرها من الأعلى إلى الأسفل بالنصف (من 2 إلى 1/16 mm). ثم نحرك الغربال لمدة 15 دقيقة.
- نزن العينات المتبقية في كل غربال.



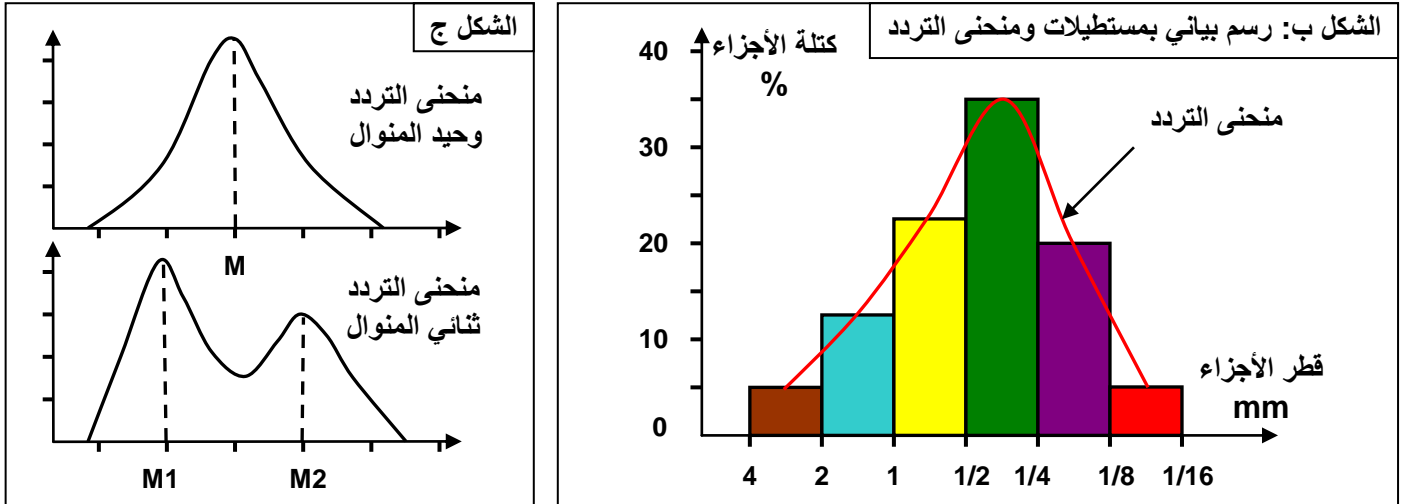
## ب - تمثيل النتائج.

### 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 الأرتيب كتل حبات المرو المحصل عليها في كل غربال.

✓ نرسم في الأول مدرج *histogramme* يمثل كل درج فئة تضم قطر الحبات بين غربالين متتاليين، ثم نربط بين أوساط المدرج لنحصل على منحنى يسمى منحنى التردد ( أنظر الشكل ب ).



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

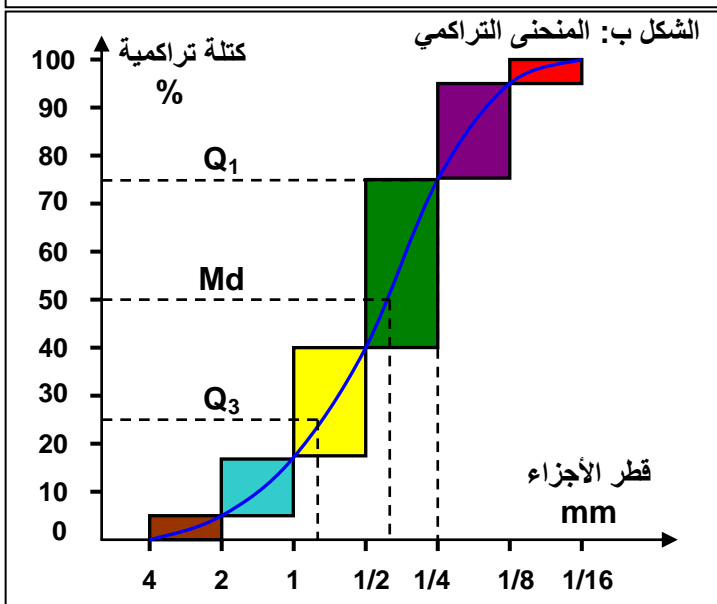
### b - طريقة ثانية: المنحنى التراكمي *courbe cumulative* ( الوثيقة 4 )

ننجز المنحنى التراكمي حسب الطريقة الآتية:

✓ نمثل على محور الأفاصيل قطر الغرابيل حسب السلم اللوغارتمي، وعلى محور الأرتيب 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.

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



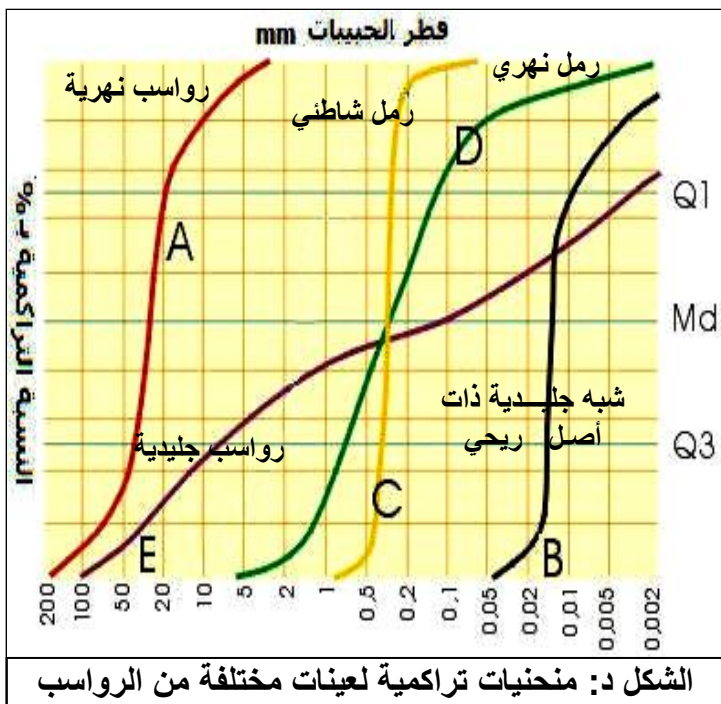
الشكل أ: حساب النسبة التراكمية

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:  $25\% = Q_3$ ،  $50\% = Md$ ،  $75\% = Q_1$

وهكذا يحسب مدل الترتيب حسب الصيغة التالية:

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

أنظر الشكل ج.



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

**مثال:** انطلاقا من الوثيقة ب نحدد قيمة الأرباع:

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

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.

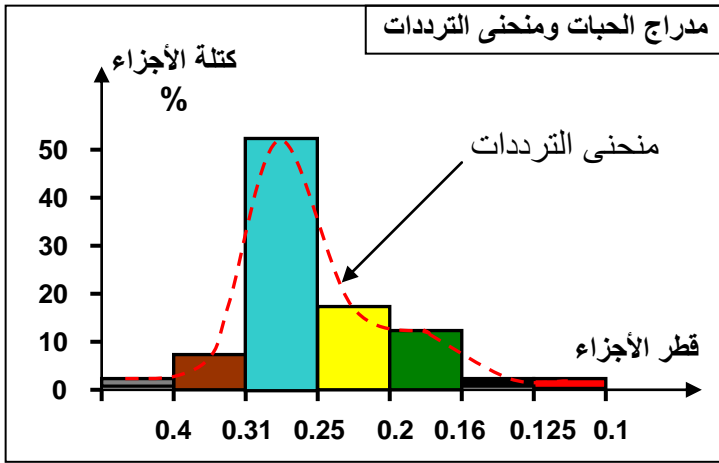
### التمرين الأول: الوثيقة 5

الوثيقة 5: تمرين تطبيقي							
أعطت غربلة عينة من الرمل النتائج الملخصة في الجدول التالي:							
7	6	5	4	3	2	1	رقم الغربال
0.1	0.125	0.16	0.20	0.25	0.31	0.4	قطر ثقبة ب mm
0.4	0.3	20.9	23.8	69.8	12.8	0.6	كمية الحبات ب g
0.31	0.23	16.25	18.51	54.28	9.95	0.47	النسبة المئوية
100	99.69	99.46	83.21	64.7	10.42	0.47	النسبة التراكمية

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

## حل التمرين الأول:

(1) انجاز مدرج الحبات ومنحنى الترددات



(2) منحنى الترددات التراكمي.

$$Q_1 = 0.23$$

$$Q_3 = 0.27$$

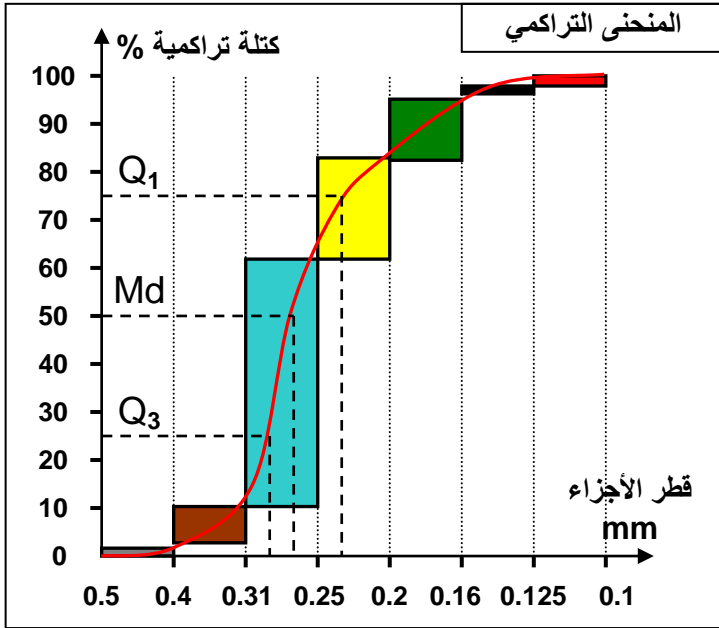
$$Md = 0.26$$

(3) مدل Trask  $S_0$

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

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

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



## التمرين الثاني: الوثيقة 6

### الوثيقة 6: دراسة مقارنة لرمل شاطئي ونهري وصراوي.

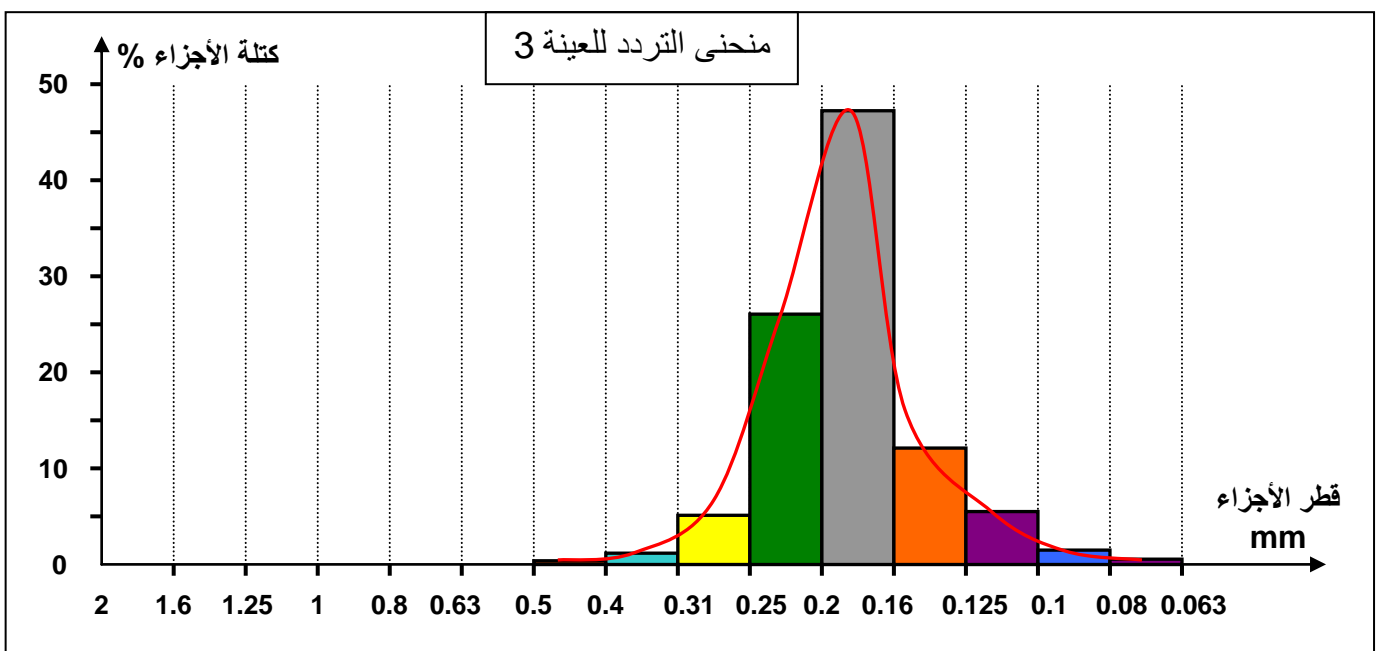
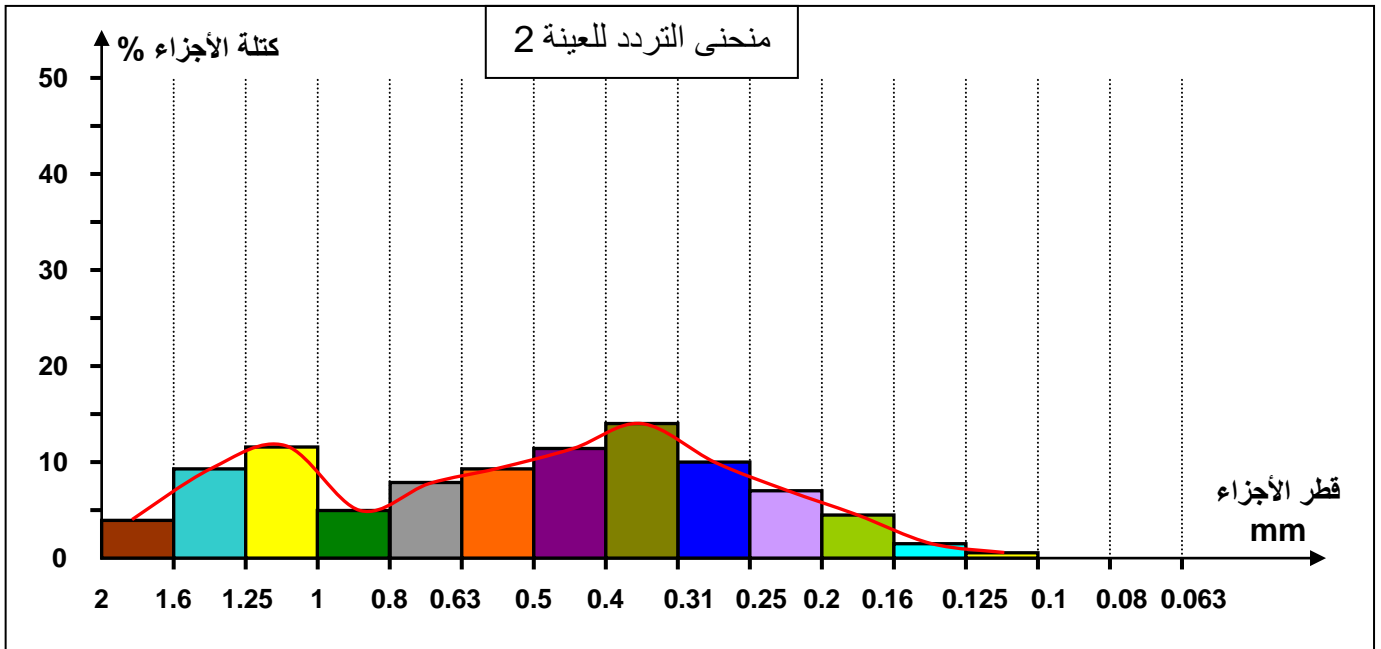
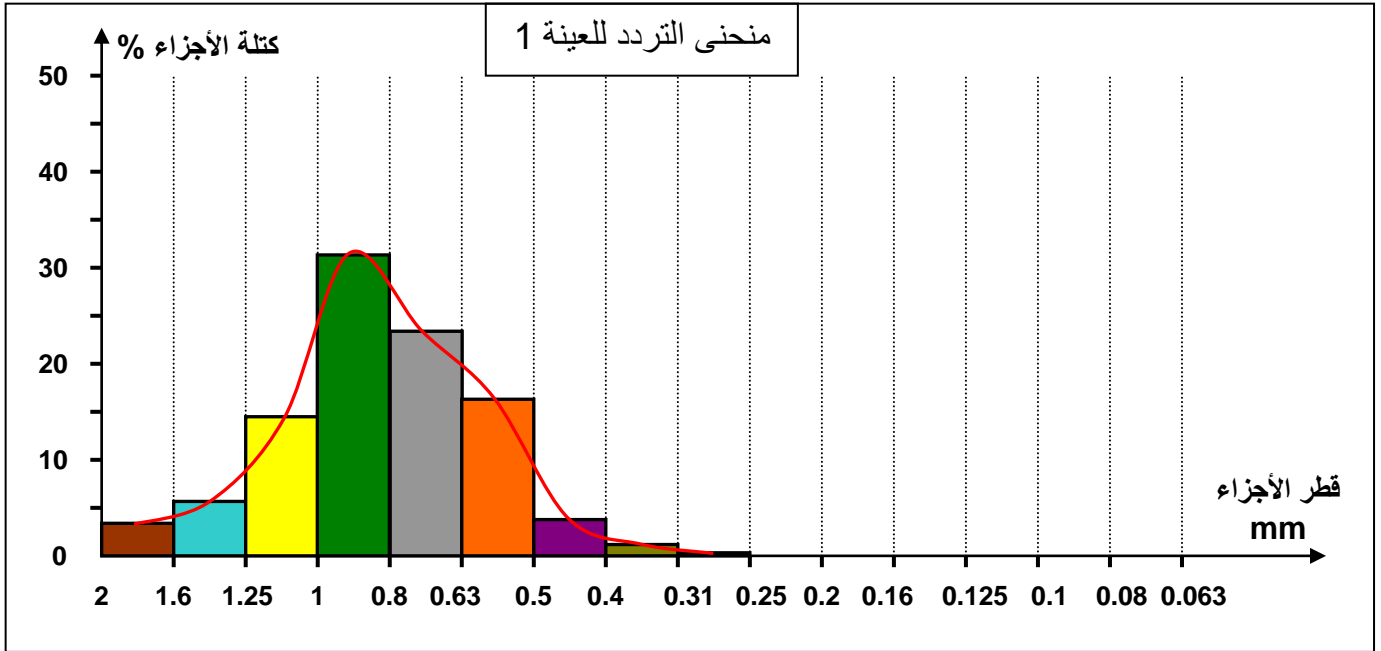
يعطي الجدول التالي نتائج الدراسة الحبيبية لثلاث عينات من الرمل (100g) أخذت من ثلاثة أوساط رسوبية مختلفة.

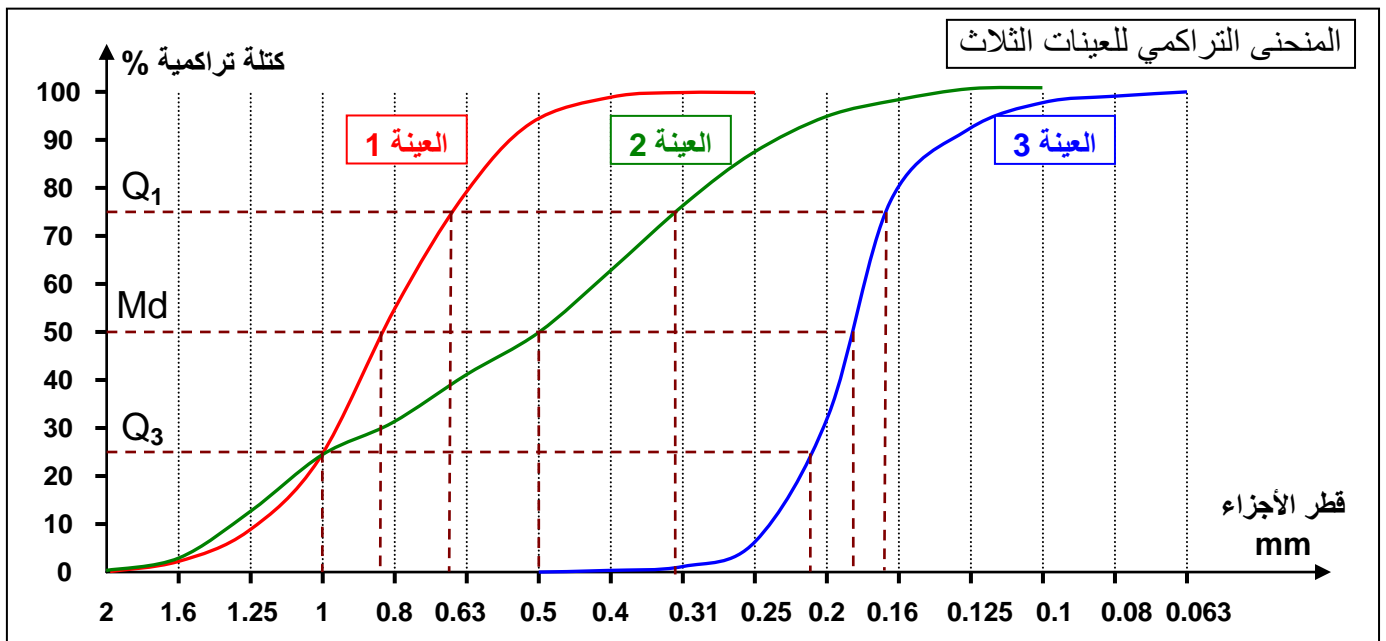
قطر العيون ب mm	0.063	0.08	0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.31	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2
العينة 1	0	0	0	0	0	0	0.3	1.2	3.8	16.3	23.4	31.4	14.5	5.7	3.4	0
النسبة التراكمية	100	100	100	100	100	100	100	99.7	98.5	94.7	78.4	55	23.6	9.1	3.4	0
العينة 2	0	0.5	2.5	3.2	6.5	10	14	11.4	9.3	8	4.7	5	11.6	9.3	4	0
النسبة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

(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.

1) منحى الترددات والمنحنى التراكمي للعينات الثلاث. ( أنظر الوثيقة )





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

- مدل الترتيب للعينة 1:  $S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.66}} = 1.23$   
 $Q_2 = 0.84$

- مدل الترتيب للعينة 2:  $S_0 = \sqrt{\frac{1}{0.32}} = 1.77$   
 $Q_2 = 0.50$

- مدل الترتيب للعينة 3:  $S_0 = \sqrt{\frac{0.22}{0.17}} = 1.14$   
 $Q_2 = 0.18$

- الخاصيات العامة للعينات الثلاث:

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

### III - دراسة الشكل الخارجي لمكونات الرواسب (دراسة مورفولوجية).

إن شكل ومظهر العناصر الحثائية 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.



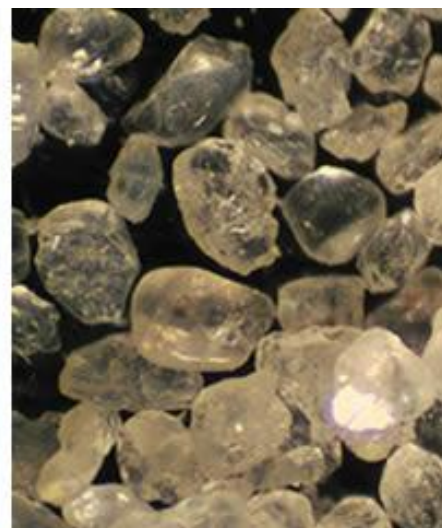
## ① دراسة إحصائية للمظهر الخارجي لحبات المرو.

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 - الملاحظة بالمكبر الزوجي. الوثيقة 7

#### الوثيقة 7: المظهر الخارجي لحبات المرو.

يمكن 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.

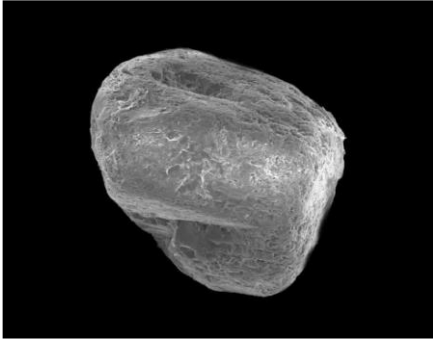


حبات مستديرة غير لامعة RM Grains rond mat	حبات مدملكة براقية EL G.emoussés luisants	حبات غير محزة NU Grains non usés
نصف شفافة ومثقبة ذات شكل بيضاوي	شفافة ذات زوايا غير حادة	شفافة ذات محيط مزوى
تنتج عن اصطدامات أثناء النقل في وسط هوائي مثال: الرمل الريحي	تنتج عن حث مستمر وطويل في مياه الأنهار أو الشواطئ.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

**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 الترسيب.

### أ - الملاحظة بالمكبر الإلكتروني. الوثيقة 8



### الوثيقة 8: ملاحظة حبات المرو بالمجهر الإلكتروني الكاسح:

مكنت ملاحظة حبات المرو لعينات من الرمل الفوسفاتي لأولاد عبدون بواسطة المجهر الإلكتروني الكاسح من معاينة الآثار التي تعاقبت على سطح هذه الحبات. انطلاقاً من المعطيات الواردة في هذه الوثيقة استردد تاريخ حبات المرو المكونة للرمل الفوسفاتي.

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

### ب - تمثيل النتائج.

غالباً ما يحتوي الرمل على نسب متفاوتة من EL، و RM، و NU. 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.

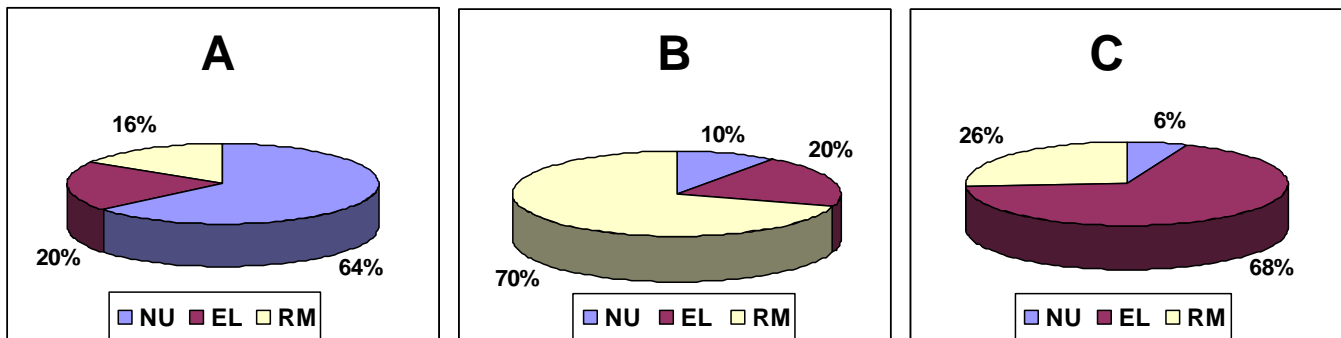
### الوثيقة 9: تمثيل نتائج الدراسة الإحصائية لمظهر حبات المرو.

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 جداً 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.

## ② خلاصة

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

### III – دراسة الأشكال الرسوبية. Les figures sédimentaires

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

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. حل هذه الصور واستنتج ظروف الترسيب.

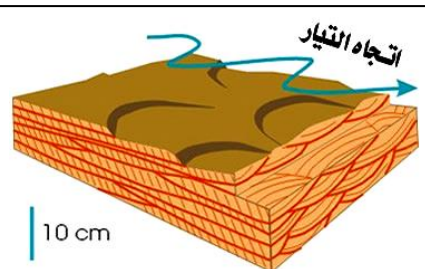
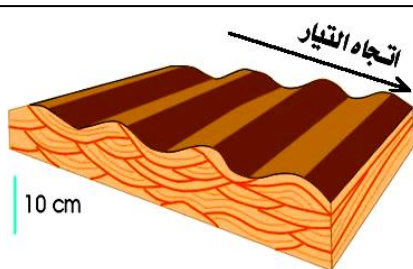
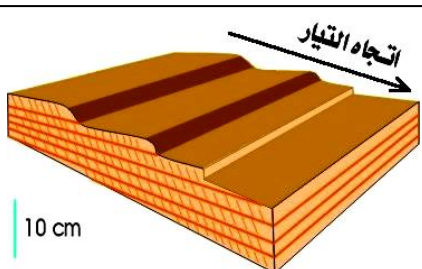
#### الوثيقة 10: الأشكال الرسوبية.



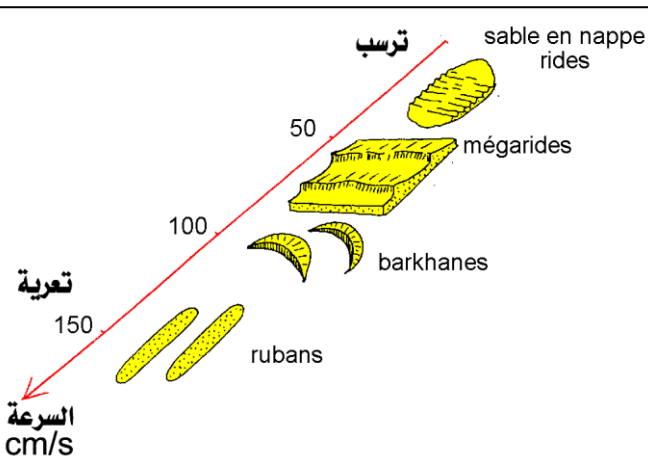
الشكل ب: تجعدات في عينة من حجر رملي (200Ma-)



الشكل أ: تجعدات نتيجة تيارات في شاطئ حالي



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



الشكل هـ: العلاقة بين شكل التجاعيد وسرعة التيار الهوائي



الشكل د: أشكال رسوبية مرتبطة بتيارات هوائية



تظهر الأشكال الرسوبية على شكل تجعدات تعبر عن دينامية مواعع وسط الترسيب 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 هلامي تسمى كثنان 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 الترسيب. (أنظر الوثيقة 11)

#### الوثيقة 11: بصمات على سطح الرواسب



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



الشكل أ: شقوق تيبس تربة في راسب طيني حالي



الشكل ج: آثار 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 آثار للديناصور يدل على عمق ضعيف بعد تراجع البحر...

### ② خلاصة.

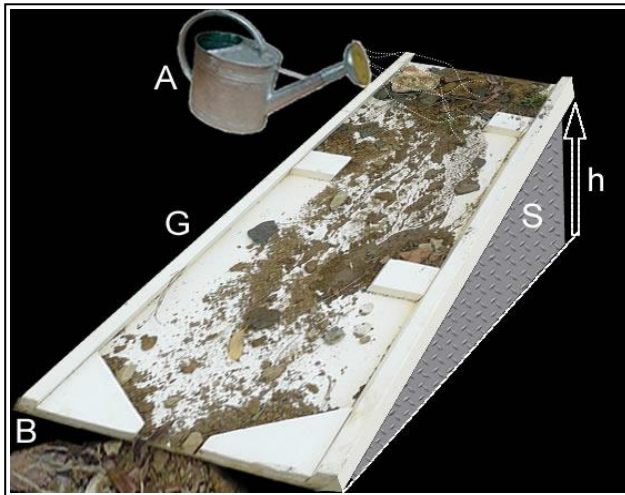
الأشكال الرسوبية هي عناصر هندسية تكون على سطح الطبقات الرسوبية، أو بداخلها. تنتج عن دينامية مواعع الترسيب، أو نشاط الكائنات الحية التي تعيش في هذا الوسط، أو ظروف الترسيب. تمكن هذه الأشكال من تحديد دينامية هذه المواعع، وعمقها، والحدود العليا والدنيا للطبقات الرسوبية التي تتضمنها.



## V - دينامية 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 مزارب (G) خليطاً من 500 g رمل و 500 g جراول و 500 g حصى. نصب على هذه العناصر كمية من الماء بواسطة مرشحة (A). ويستقبل حوض (B) موضوع تحت الطرف السفلي للمزارب العناصر التي نقلها الماء. ويلخص الجدول نتائج مناولتين أجريتا في نفس المدة الزمنية مع استعمال دعامة (S) علوها h على التوالي 30 و 50cm.

اعتماداً على نتائج هذه المناولة حدد العلاقة بين العلو h للدعامة S وسرعة التيار في المزارب، سرعة التيار وكمية المواد المنقولة، سرعة التيار وقد العناصر المنقولة. اربط بين النموذج التجريبي وانحدار مجرى الوادي في الطبيعة.

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

### ب - تحليل واستنتاج.

انطلاقاً من النموذج التجريبي يمكن القول أنه كلما زادت قيمة العلو h للدعامة S، إلا وزادت سرعة التيار المائي في المزارب.

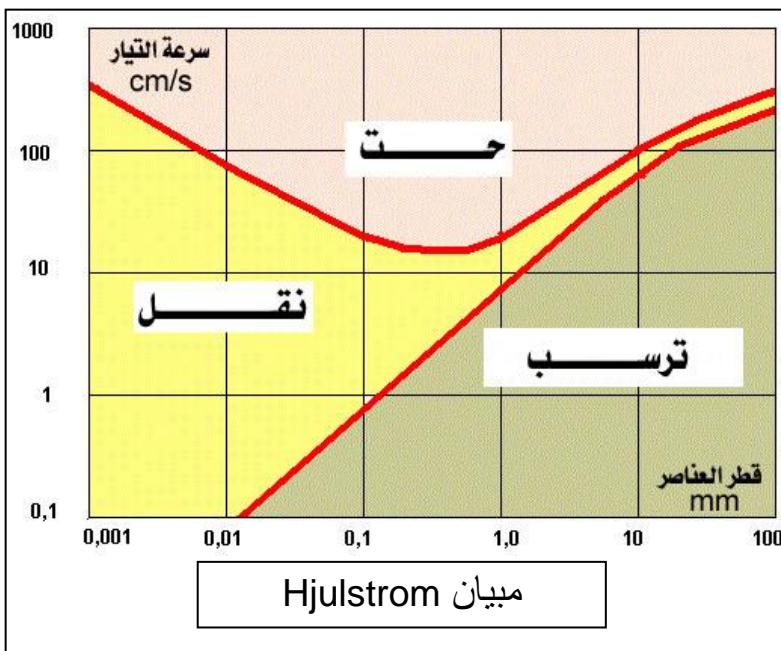
انطلاقاً من جدول نتائج المناولتين يمكن أن نستنتج ما يلي.

✓ 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 الحث والنقل والترسب.

(1) من خلال تحليل مبيان Hjulstrom حدد بالنسبة لجزيئات ذات قطر 0.1mm السرعة الدنيا والسرعة القصوى لتيار مائي - يمكن من حث ونقل هذه الجزيئات. - يمكن من نقلها فقط وترسيبها.

(2) حدد تأثير تيار مائي ذو سرعة 100cm/s على العناصر الرسوبية.

تحدد هذه الوثيقة مجالات الحث والنقل والترسب، وذلك حسب سرعة المجاري المائية وقد الجزئيات.  
 (1) بالنسبة لجزئيات ذات قطر  $0.1\text{mm}$  فإنها تحث وتنقل بواسطة تيار سرعته أكبر من حوالي  $10\text{cm/s}$  ويستمر نقلها طالما كانت السرعة أكبر من حوالي  $1\text{cm/s}$ ، ثم تترسب عندما تصبح السرعة أقل.

(2) يستطيع تيار ذو سرعة  $100\text{cm/s}$  من نقل عناصر رسوبية قطرها أصغر من  $0.02\text{mm}$ ، ويحت وينقل العناصر ذات قطر ما بين  $0.02$  و  $10\text{mm}$ ، 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، الترسيب). 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 الحث. بينما على مستوى الضفة المقعرة تنخفض سرعة التيار فنلاحظ ظاهرة الترسيب. في وسط المجرى سرعة متوسطة تساهم في عملية النقل.

## ② خلاصة:

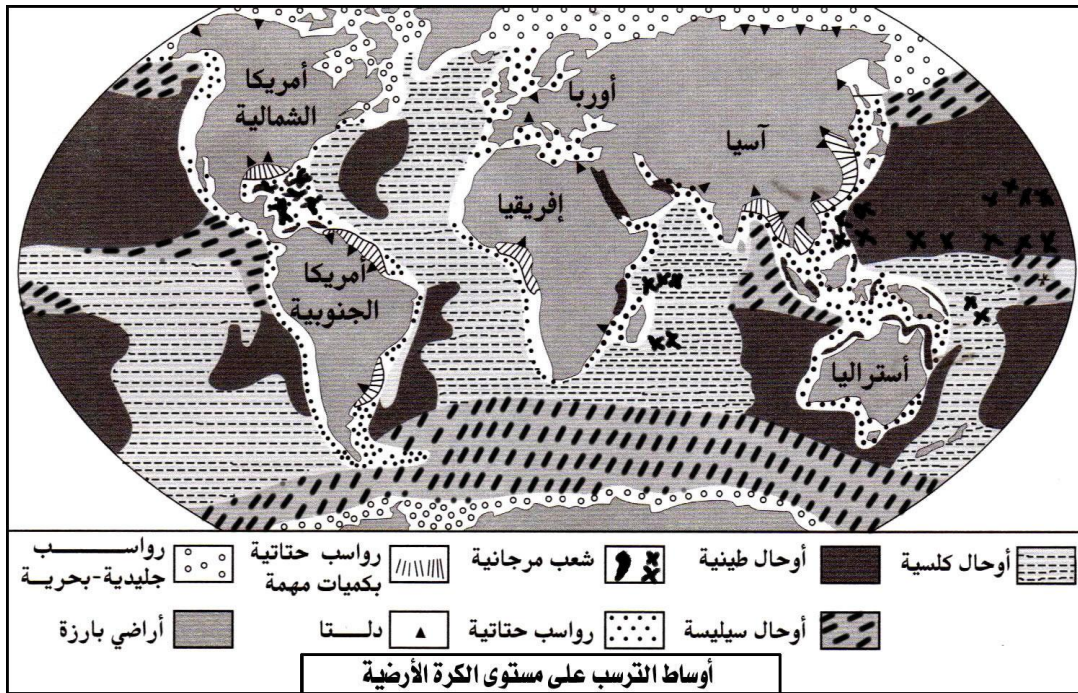
تتغير سرعة التيار المائي حسب شكل التضاريس وصبب الماء. كما تتغير كمية وقد العناصر المنقولة حسب تغير سرعة التيار المائي والهوائي. وهكذا تتداخل قوة الجاذبية وقوة التيار المائي أو الهوائي في تحديد قوة الحث والنقل. إذن يمكن اعتبار قد العناصر المترسبة على طول المجرى المائي مؤشرا لقوة التيار المائي السائد في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



## VI - ظروف الترسيب في أهم أوساط الترسيب. ( أنظر الوثيقة 15 )

الوثيقة 15: توزيع أوساط الترسيب على مستوى الكرة الأرضية.

صف توزيع الرواسب في أوساط الترسيب الحالية.



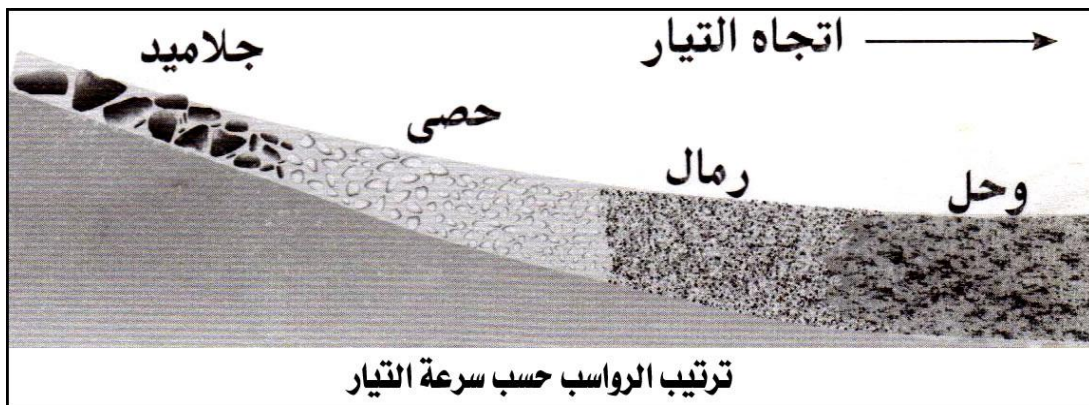
تنتج الصخور الرسوبية عن ترسيب مواد قديمة على سطح الكرة الأرضية وفق أنماط ترسيبية مختلفة في أوساط قارية أو بحرية، لتعطي بذلك أنماطاً مختلفة من الصخور الرسوبية، ذات سحنات تختلف حسب الظروف السائدة خلال عملية الترسيب. ويمكن تصنيف أوساط الترسيب إلى ثلاثة مجالات:

- الرواسب القارية: تتموضع على اليابسة.
- الرواسب البحرية: تتموضع بمحاذات الهوامش القارية وعلى مجموع قعر المحيطات.
- الرواسب البيئية: تتموضع على مجموع الهوامش القارية.

### ① الرواسب القارية. Sédiments continentaux.

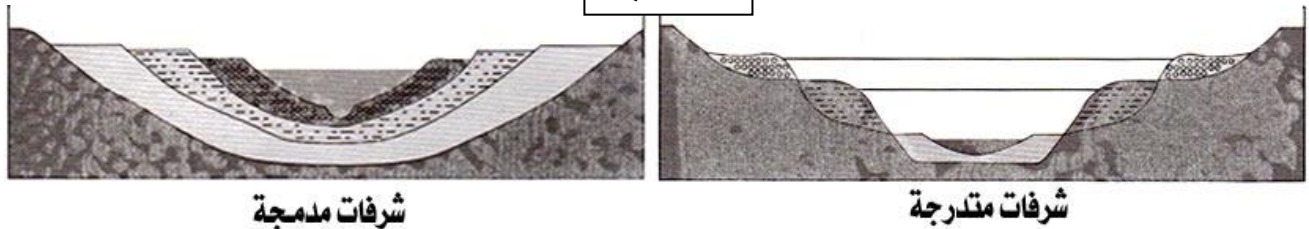
أ - الرواسب النهرية. ( أنظر الوثيقة 16 )

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



الشكل أ

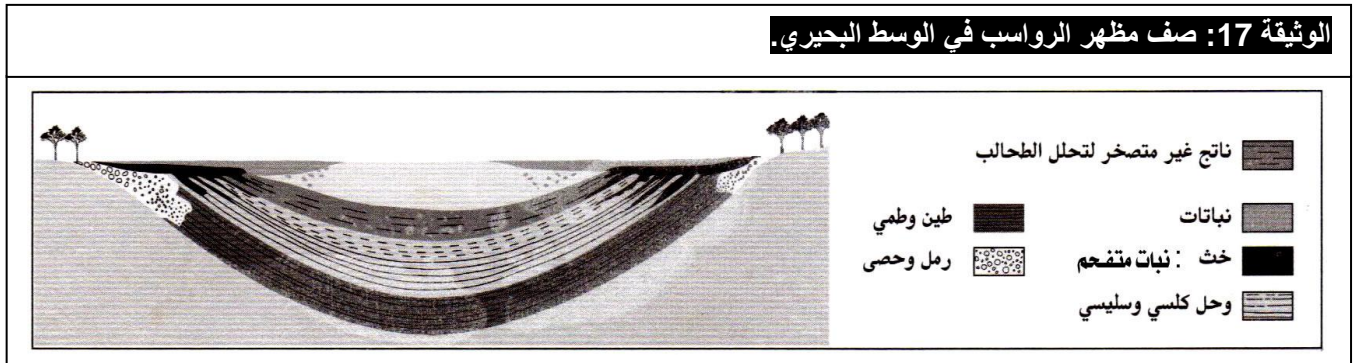
الشكل ب



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 الترسيب لتتكون شرفات متدرجة، وفترات يكون فيها الترسيب سائدا لتتكون شرفات مدمجة.

### ب - الرواسب البحرية. ( أنظر الوثيقة 17 )



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

### ج - الرواسب الجليدية.

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

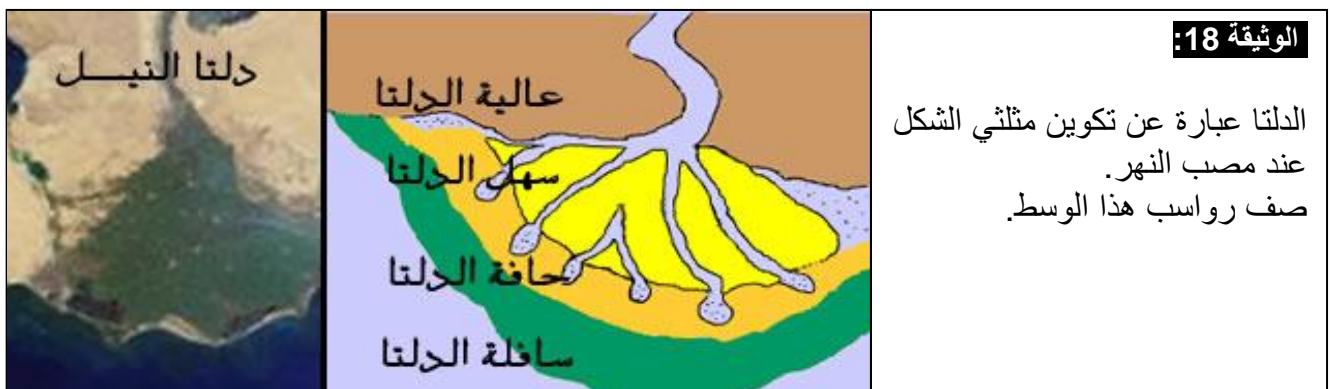
### د - الرواسب الريحية.

تعتبر الرياح العامل المسؤول عن نقل الرواسب في هذه الحالة. وتتميز هذه الرواسب بكثبان رملية ذات طبقات 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 البيئية.

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 )

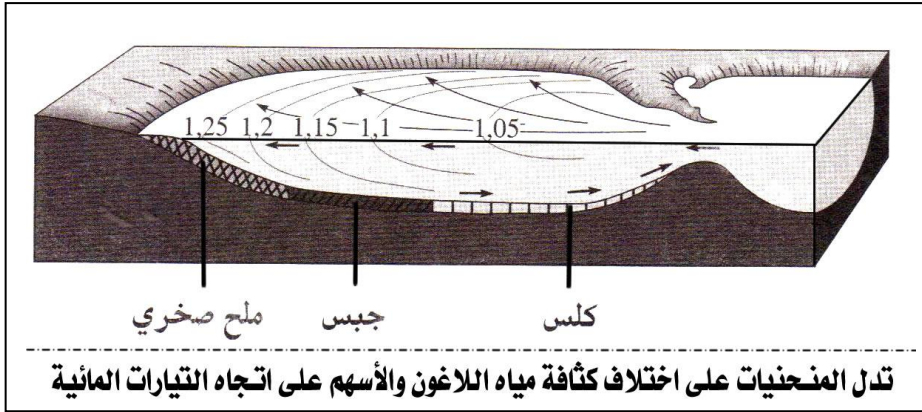




تتشكل الدلتا عند مصب النهر، حيث يلقي هذا الأخير ما يحمله من مواد عالقة نتيجة اختلاف طبيعة التيار وسرعته في هذه المنطقة مما يؤدي إلى تراكم الترسبات مع الزمن.

تتأثر الترسبات بهذه المنطقة بالحمولة الحثائية 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.

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

### ب - رواسب شاطئية.

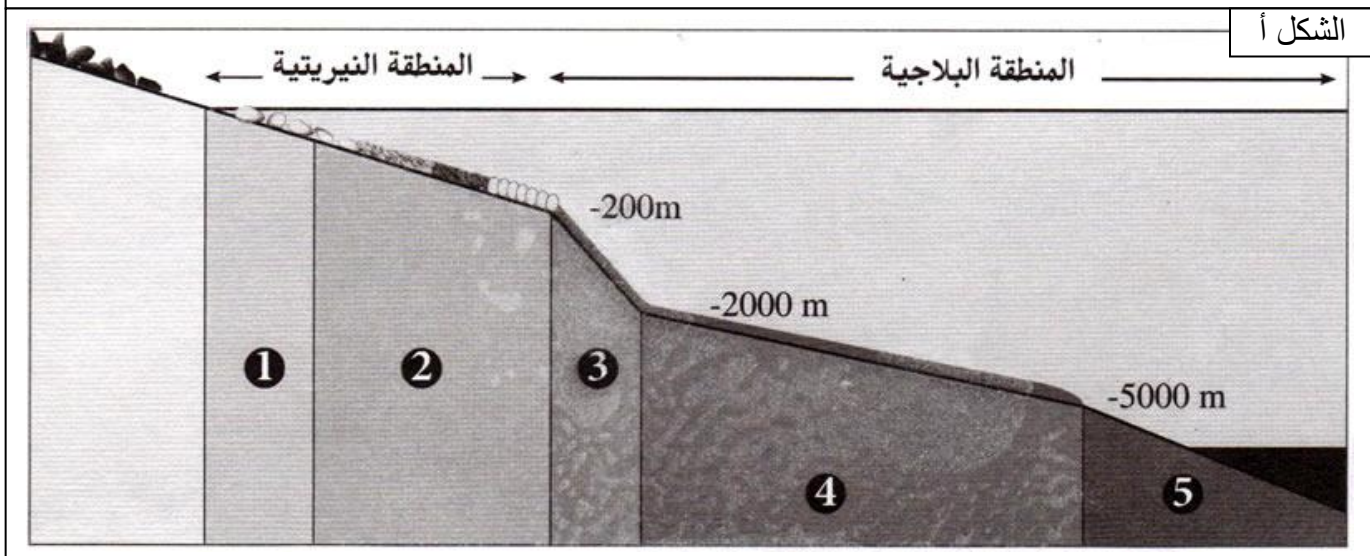
تتميز بتراكم رواسب حثائية رملية غنية بالعناصر الكلسية الناتجة عن تفتت القواقع، وتتأثر بعدة عوامل أهمها طبيعة وحجم المواد الرسوبية، حركات الأمواج، المد والجزر وقوة الرياح التي تهب من جهة البحر.

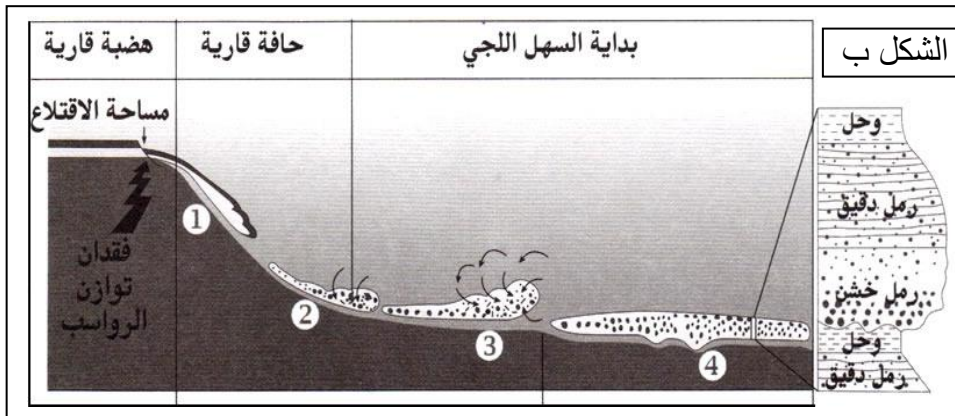
### ③ الرواسب البحرية. ( أنظر الوثيقة 20 )

#### الوثيقة 20: ظروف الترسب في الأوساط البحرية.

باعتدال البعد عن القارة وعمق المياه يمكن تحديد عدة أوساط ترسب في المجال البحري، يتميز كل منها بخصائص هيدرودينامية ورسوبية مختلفة. انطلاقاً من معطيات هذه الوثيقة، حدد مختلف الأوساط الترسيبية البحرية، وظروف الترسب في المنطقة الساحلية والهضبة القارية والحافة القارية.

#### الشكل أ





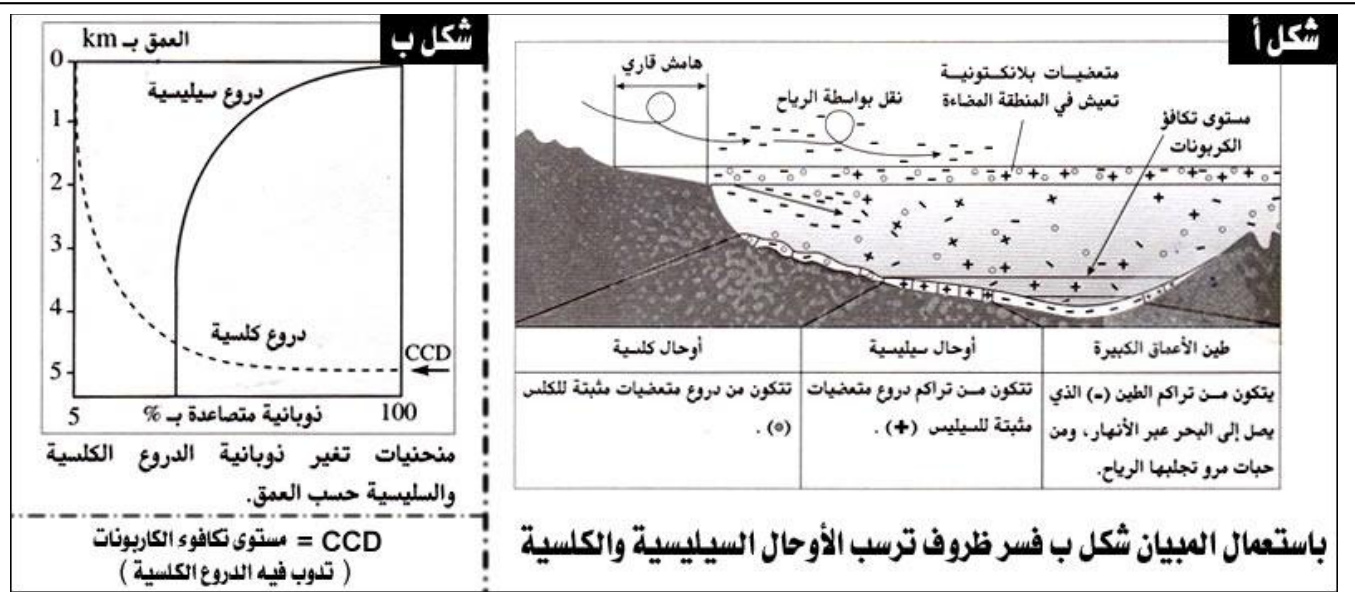
تحمل الأنهار إلى البحار والمحيطات مواد مختلفة اقتلعتها المياه من القارات بفعل الحث. وتنقل هذه المواد على شكل جزيئات حثائية أو محلولات لتشكل الرواسب البحرية. ويمكن تقسيم أوساط ترسب المجال البحري إلى عدة مناطق باعتبار عدة عوامل أهمها عمق المياه ( أنظر الجدول وثيقة 21 )

**الوثيقة 21: الترسبات وظروف الترسيب في مختلف الأوساط البحرية**

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

**الوثيقة 22: ظروف الترسيب في السهل اللجي والأعماق الكبيرة**

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



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

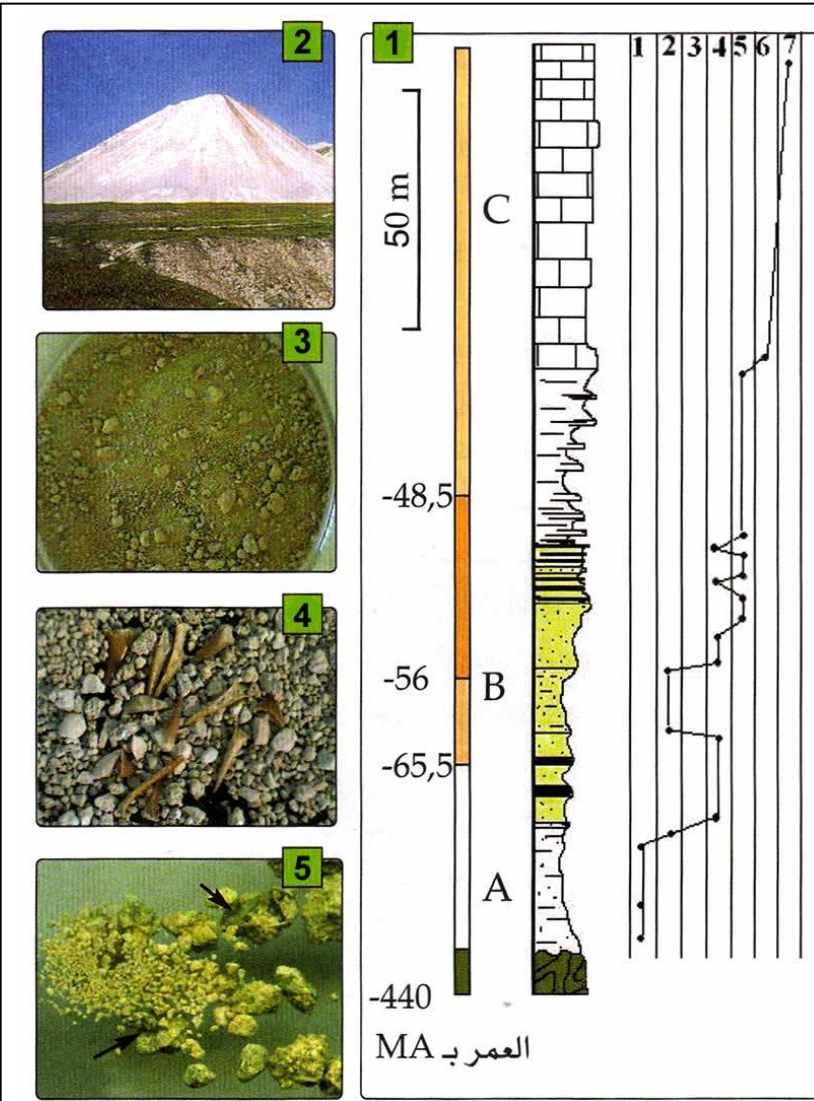
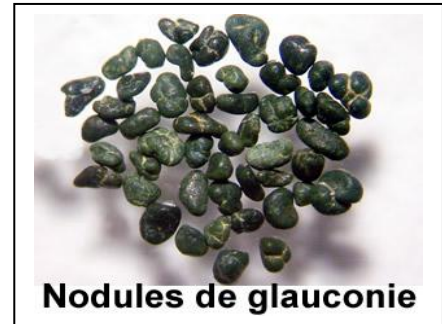




الشكل ب: إيقاع تعاقب الطبقات في عمود استراتيجرافي أنجز بمنطقة كنتور. (1)

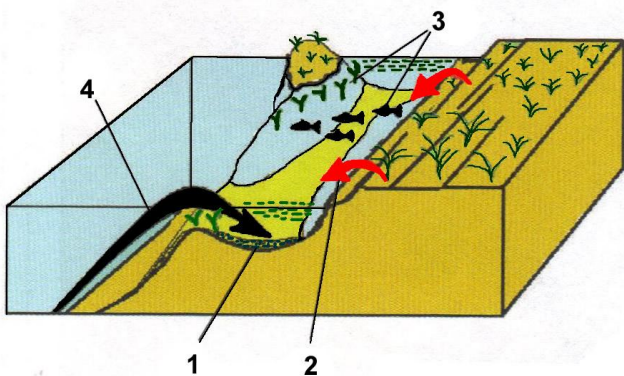
A: متتالية قبل فوسفاتية.  
B: متتالية فوسفاتية.  
C: متتالية بعد فوسفاتية.  
1 = حجر رملي خشن، 2 = طين،  
3 = سجيل، 4 = صخور فوسفاتية،  
5 = صخور ذات عقيدات سيليسية  
تحتوي على عظام وأسنان الأسماك.

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



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

- ✓ من حيث الموقع بالنسبة لخطوط العرض: ما بين 0 و 40 أي مناخ مداري ومياه ساخنة.
- ✓ بالنسبة لعمق الترسب: المنطقة البحرية الموجودة بين الحافة القارية والهضبة القارية (1).
- ✓ ضعف الحمولة الحثائية القادمة من المناطق البارزة (2).
- ✓ نشاط بيولوجي مكثف (بلكتون وحيوانات قصرية ولاقصرية) (3). وهذا النشاط مرتبط بصعود المياه العميقة الباردة (4)، الغنية بالفسفور والازوت. تتراكم بقايا هذه الكائنات الحية الغنية بالفسفور بعد موتها أو يذاب الفسفور الذي تحتوى عليه هياكلها، ويركز في الصخور على شكل رواسب فوسفاتية.



الشكل ج: ظروف تكون الرواسب الفوسفاتية

استخلاصات

خصائص رسوبية

قرب المناطق البارزة مع

حثاتي دقيق

تضاريس شبه مسطحة

عمق ضعيف (30 إلى 300 م)

فوسفاط

مياه دافئة وغنية بالأوكسجين.

الكلوكوني

مياه دافئة

ايقاعية

تغيرات دورية للعمق

فقريات

مياه ساخنة، مناخ مداري

الفلورة

مناخ مداري أو استوائي



## ب - تحليل واستنتاج.

(1) مناجم الفوسفات الموجودة في المغرب هي: أولاد عبدون ( خريكة وسيدي حجاج )، الكنتور ( اليوسفية وابن جريير )، مسقالة ( شيشاوة )، وبوكرام ( العيون ).

(2) يتميز الترسيب الفوسفاتي بإيقاع منتظم، حيث يلاحظ تواجد طبقات كلسية وسجيلية بين طبقات فوسفاتية. كما تتميز السحنة الفوسفاتية بوفرة المستحاثات الفقرية ( أسماك وزواحف )، وبوجود بعض المستحاثات اللاقارية. يوجد الفوسفات في المغرب على ثلاث حالات:

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

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

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

- ✓ كون الطبقات الصخرية تحتوي على مستحاثات بحرية يدفع إلى الاعتقاد أن هذه الصخور تكونت في وسط بحري.
- ✓ كون أغلبية هذه المستحاثات 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 الفوسفاتية يمكن تفسيره بكون المنطقة خضعت لحركات الأمواج، الشيء الذي جعل الترسيب يحدث بإيقاع غير مستمر.

## ② خلاصة.

لا يمكن للفوسفات أن يترسب مباشرة في مياه البحر، فالكائنات الحية تلعب دورا هاما في تثبيت مادة الفسفور. ويتطلب تكون الفوسفات ظروفًا إيكولوجية وجغرافية خاصة.

فما هي ظروف تثبيت الجذر (PO4) في الرواسب؟

- حسب العالم KAZAKOV ( 1937 ) فإن الفوسفور P الناتج عن ذوبان الألبتيت في ماء البحر يستغل من طرف بعض الكائنات الحية البحرية الدقيقة (البلانكتون) والفقرات في تغذيتها وبعد موتها تقوم البكتيريا بتفكيك أجسادها في الأعماق مما يحرر P و CO2، تتفاعل المادتين لتكوين جذر الفوسفات PO4 لكن هذا التفاعل يتطلب عاملين أساسيين:

- ✓ عمق ضعيف أي صعود المياه العميقة الغنية بـ CO2 و P نحو السطح.
  - ✓ انخفاض CO2 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 - إنجاز خريطة الجغرافيا القديمة لحوض الفوسفات .

تتميز الصخور الرسوبية بسحنات صخرية Facies pétrographiques وسحنات أحفورية تجعلها تمثل أرشيف الجغرافيا القديمة للأرض.

كيف إذن نستثمر مميزات السحنات الفوسفاتية في بناء خريطة الجغرافية القديمة لهذه الأوساط؟

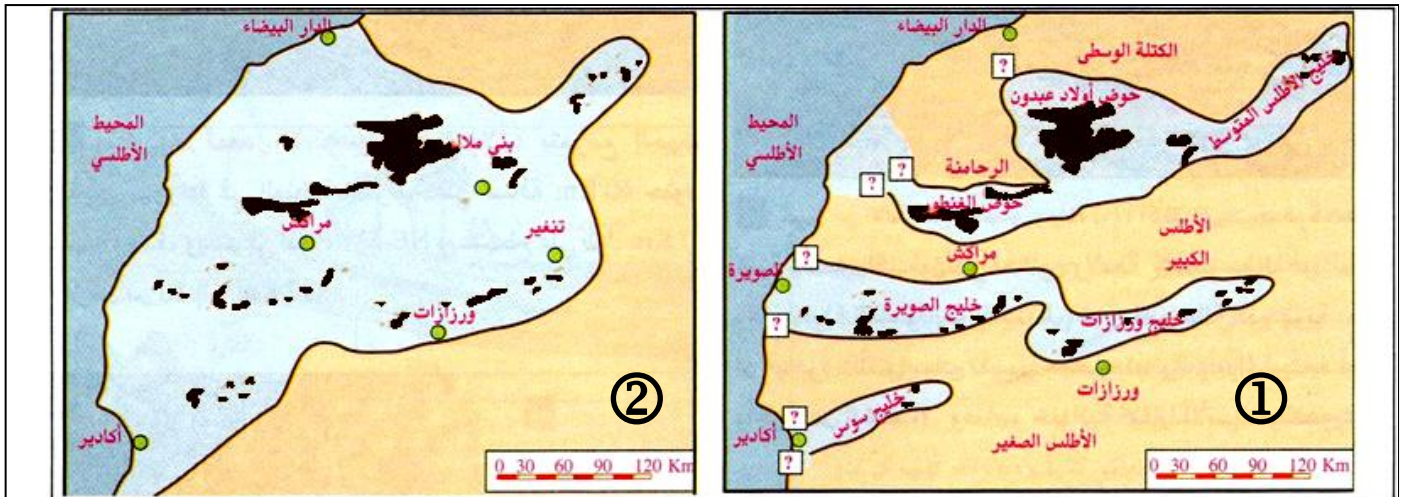
### ① توزيع الاستسطاحات الفوسفاتية في المناطق الشمالية للمغرب. ( أنظر الوثيقة 22 )

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

هذه الأحواض بدأ ترسيبها منذ ما يقارب 65 Ma-، وتوضعت فوق رواسب بحرية أكثر اتساعا من أحواض الفسفاط حيث تصل إلى أماكن جبلية (جبال الأطلس). كما أن هذه الرواسب قبل الفسفاطية والتي بدأ ترسيبها منذ حوالي 250Ma- توضعت بدورها فوق دعامة صخرية أساسية ترجع إلى الحقب الأول والتي بقيت بعض أجزائها بارزة في شكل استسطاحات الهضبة الوسطى، الرحامنة، جيبلات... 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 الوثيقة 24 )



EL MOUNTASSIR M. These (2005).

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 مفتوحة على المحيط الأطلسي مياها قليلة العمق ودافئة وتأتيها المواد الاقثيائية P، NO2، CO2 ... من الأعماق الباردة للمحيط بمساعدة تيارات upwelling فتوفرت بذلك ظروف تكون الفوسفاط الذي ساهمت في ترسيبه 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 فغور منخفضة توفرت فيها شروط الترسيب وأخرى مرتفعة لم تتوفر فيها.