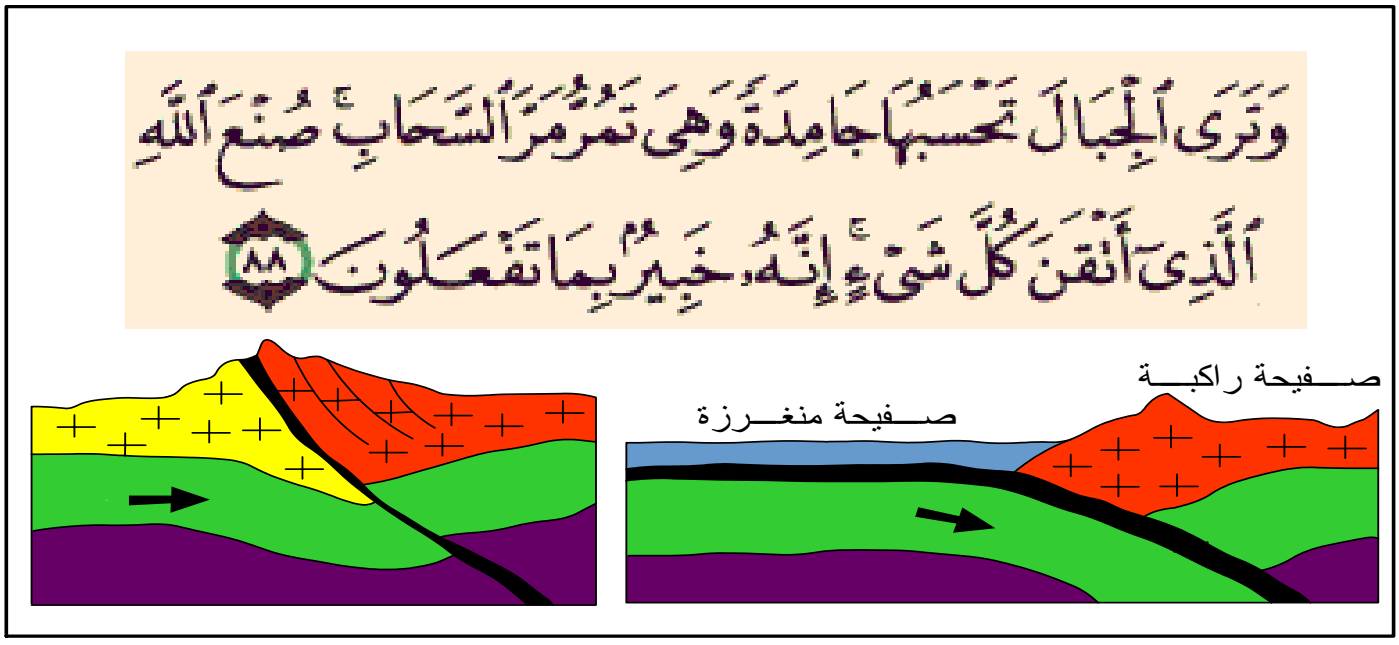
الأكاديمية الجهوية للتربية والتكوين
جهة مراكش تانسيفت الحوز
نيابة الحوز
ثانوية أبطيح التأهيلية

ملف التلميذ

عنوان الوحدة:

الظواهر الجيولوجية المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية وعلاقتها بتكتونية الصفائح

برنامج السنة الثانية بكالوريا شعبة العلوم التجريبية:
مسلكي علوم الحياة والأرض والعلوم الفيزيائية



ملف خاص بالتلميذ: ----------

اقتراح: الأستاذة خديـــــجة زكريـــــط الموسم الدراسي: 2016/2015

البرنامج الخاص بتدريس مادة علوم الحياة والأرض.
السنة الثانية علوم تجريبية ـ مسلكي علوم الحياة والأرض والعلوم الفيزيائية
عنوان الوحدة: الظواهر الجيولوجية المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية وعلاقتها بتكتونية الصفائح.

		الحصص
المكتسبات القبلية	الأولى الإعدادية: الظواهر الجيولوجية الخارجية. الثانية الإعدادية: الظواهر الجيولوجية الباطنية. السنة الأولى بكالوريا مسلك علوم تجريبية: الظواهر الجيولوجية الخارجية.	
المضامين المراد دراستها والغلاف الزمني المخصص لكل منها	❁ السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح ..... - سلاسل الطمر. - سلاسل الاصطدام. - سلاسل الطفو	04 ساعات
	❁ طبيعة التشوهات التكتونية المميزة لسلاسل الطمر وسلاسل الاصطدام ..... - الطيات. - الفوالق. - السدائم.	04 ساعات
	❁ التحول وعلاقته بدينامية الصفائح ..... - المميزات العيدانية والبنيوية للصخور المتحولة بمناطق الطمر والاصطدام. - ظروف الضغط ودرجة الحرارة المسؤولة عن تشكل هذه الصخور. - مفهوم المعدن المؤشر والسلسلة التحولية. - مفهوما تحول الطمر (الدينامي) والتحول الدينامي – حراري.	11 ساعة
	❁ الكرانيتية وعلاقتها بظاهرة التحول ..... - أصل وتموضع الكرانيت الأنتكتي. + العلاقة بين الصخور الكرانيتة والصخور المتحولة المجاورة. + دراسة مقارنة للبنية والتركيب العيداني للكرانيت الأنتكتي والصخور المتحولة المجاورة. - تأثير ظاهرة اندساس الصهارة الكرانيتية على الصخور المجاورة (مفهوم تحول التماس).	08 ساعات
	❁ حصيلة: علاقة مختلف الظواهر الجيولوجية المدروسة بتكتونية الصفائح.....	02 ساعات
التقويم القبلي التقويم التكويني + الدعم التقويم الإجمالي	في بداية معالجة الوحدة. في منتصف الوحدة. عند نهاية الوحدة. عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل مكونات الوحدة.	30 دقيقة 60 دقيقة 90 دقيقة 120 دقيقة
	المجمـــــــــــــــوع	34 ساعة

الفـــــــــهــرس

العنوان	الصفحة
تذكير ببعض المكتسبات	3
الفصل الأول: السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح	6
الفصل الثاني: التحول وعلاقته بتكتونية الصفائح	19
الفصل الثالث: الكرانيتية وعلاقتها بالتحول	28
المعجم	35

تذكير ببعض المكتسبات – تقويم قبلي

I أنواع صخور الغلاف الصخري

يتكون الغلاف الصخري من ثلاثة أنواع من الصخور وهي:

❁ **الصخور الرسوبية**: ----------

❁ **الصخور الصهارية**: ----------

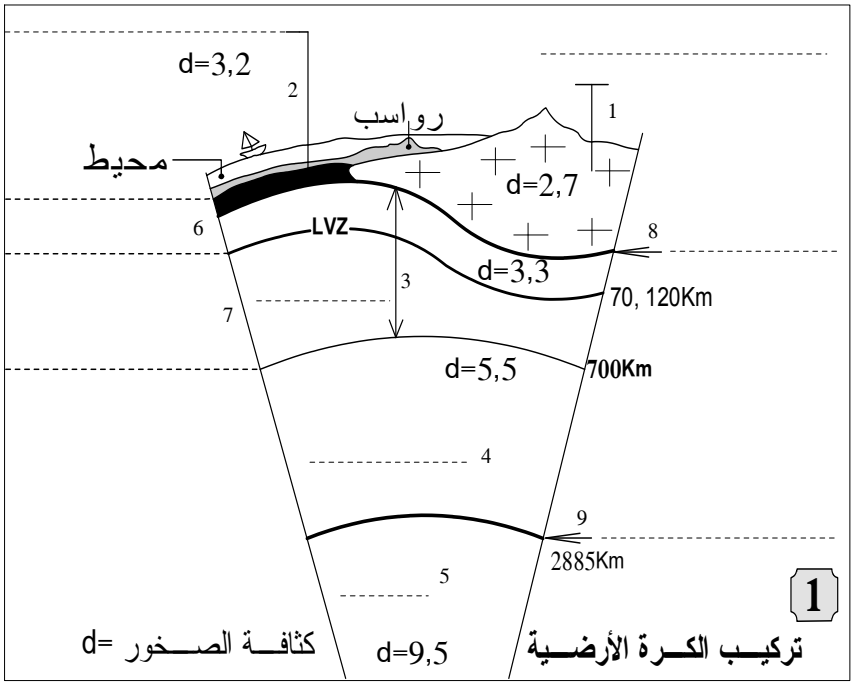
❁ **الصخور المتحولة**: سيأتي ذكرها بتفصيل في هذه الوحدة

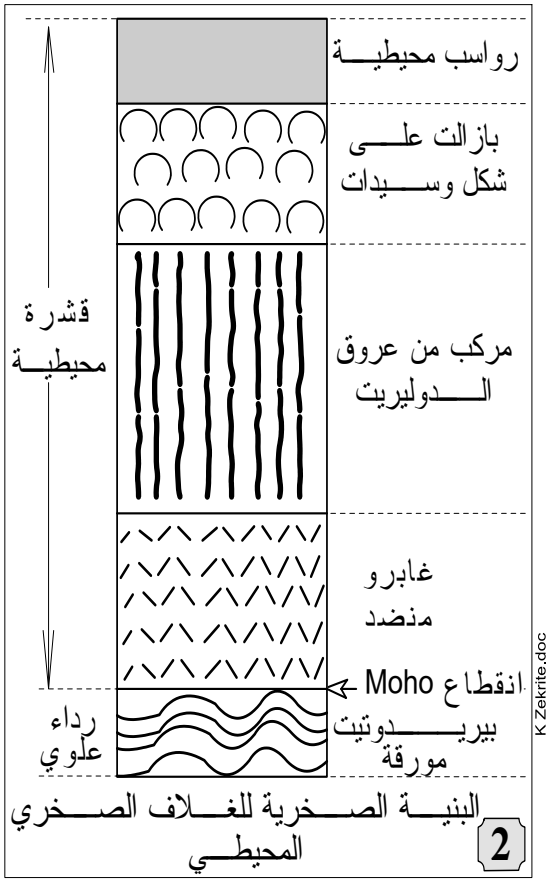
املأ الجدول التالي بأسماء الصخور التي تعرفها أو تلك التي صادفتها عند تناول هذه الوحدة

الصخور الرسوبية	الصخور الصهارية		الصخور المتحولة
	الداخلية المنشأ	البركانية	

II بنية الكرة الأرضية

تمثـــل الوثيقـــة 1 رســـما تخطيطيـــا لتركيـــب الكـــرة الأرضـــية
** حدد أســـماء الطبقـــات الأرضـــية.
** اعـــط تعريفـــا للغـــلاف الصـــخري.
** تعـــرف التركيـــب الصـــخري للغـــلاف الصـــخري المحيطـــي من خـــلال الوثيقـــة 2.





❁ **الغلاف الصخري:** .....

.....

❁ تتميز المنطقة LVZ (Low Velocity Zone) zone à faibles vitesses بكون البيريدوتيت تكون قريبة من حالة الانصهار، وبذلك نفصل الرداء العلوي إلى جزأين: جزء صلب يكون مع القشرة الأرضية الغلاف الصخري وجزء لدن يسمى الأستنوسفير.

II مفهوم الصفيحة وتكتونية الصفائح الوثائق 3 و 4

❁ **الصفيحة الصخرية:** .....

.....

.....

.....

.....

.....

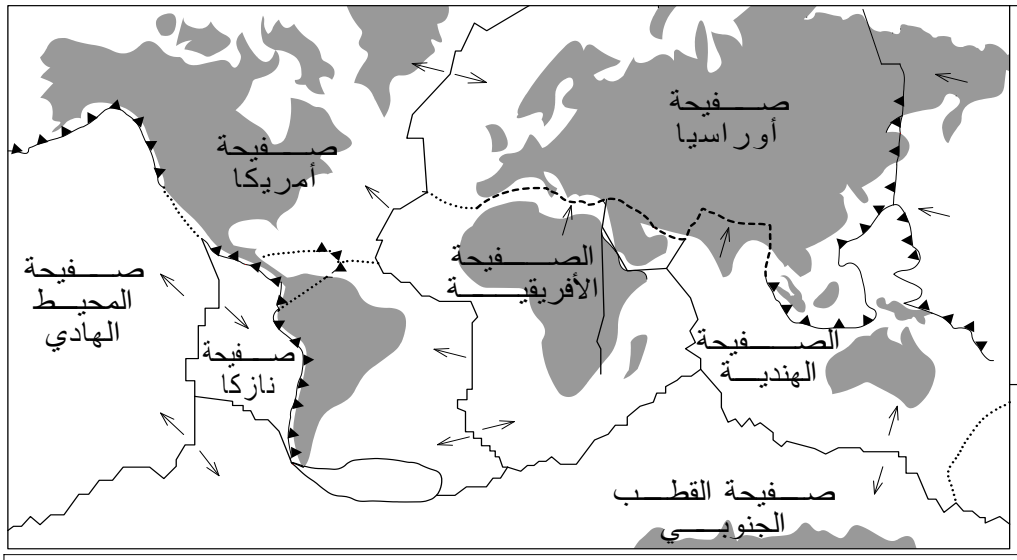
❁**ذروة محيطية:** .....

❁ **حركية الصفائح = تكتونية الصفائح:**

❁ **<u>ظاهرة الطمر</u>:**

❁ **<u>ظاهرة الطفو</u>:**

❁ **<u>ظاهرة الاصطدام</u>:**

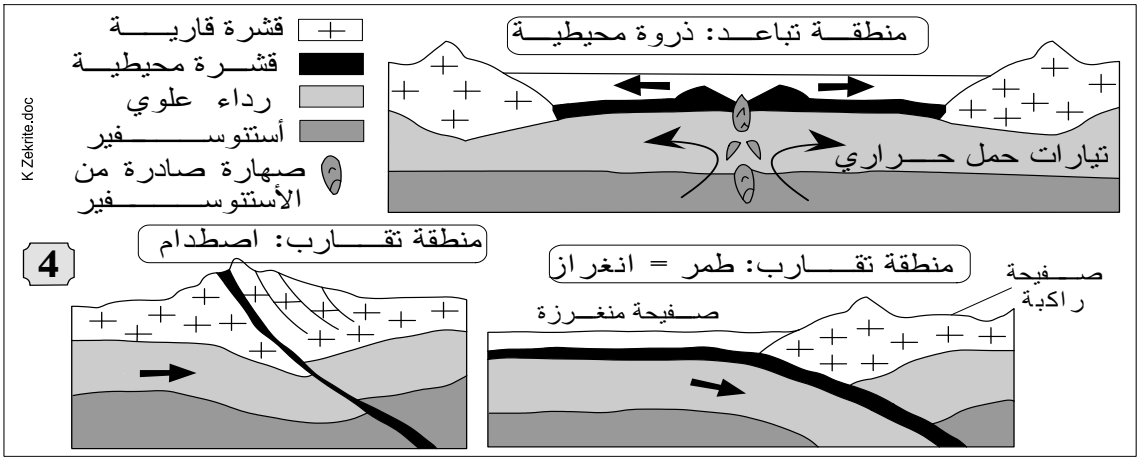


3 **الصفائح السبع الرئيسية**

ذروات وسط محيطية
مناطق الطمر
مناطق الاصطدام
فوالق محولة
الحركة النسبية للصفائح

تمثل الوثيقة 3 الصفائح الأرضية الرئيسية وتمثل الوثيقة 4 مناطق الحدود بين هذه الصفائح.

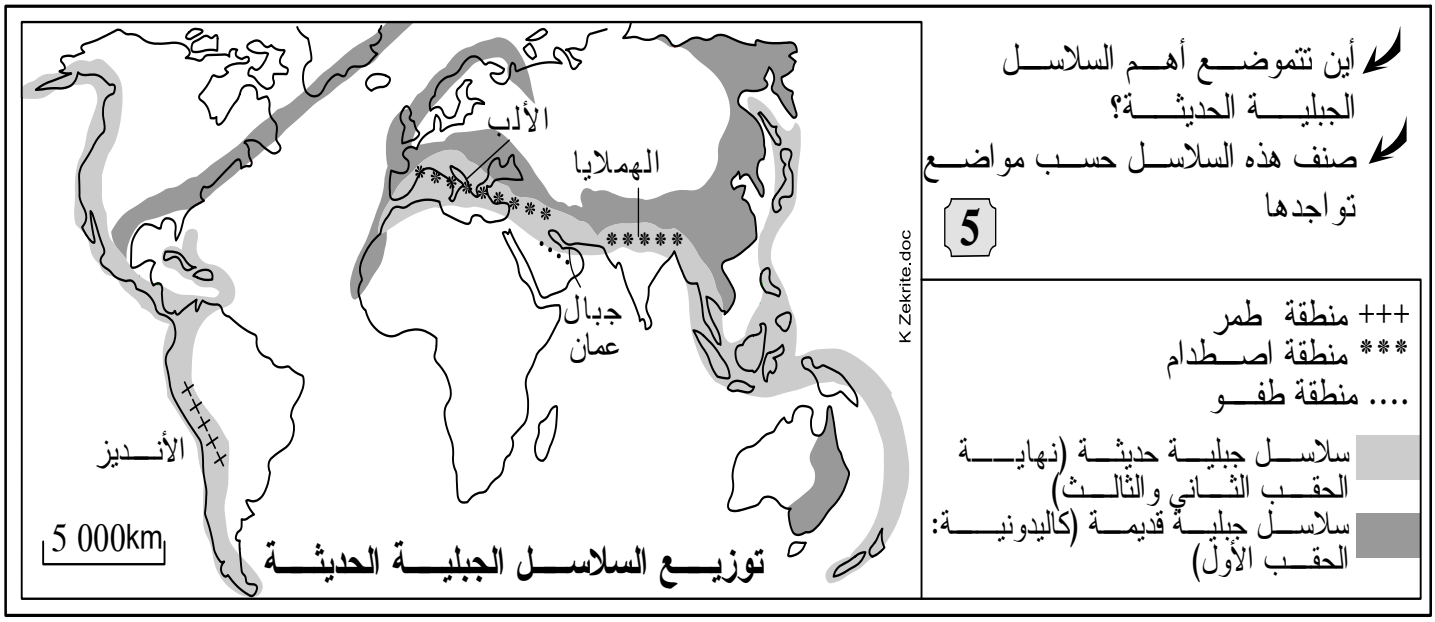
ذكر بإيجاز
* بمفهوم الصفيحة.
** بآلية حركية الصفائح.
** بظاهرة الطمر.
** بظاهرة الطفو.
** بظاهرة الاصطدام.



4

الفصل الأول:
السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح

I علاقة السلاسل الجبلية الحديثة بالتقارب بين الصفائح



✷ تتموضع كل السلاسل الجبلية الحديثة .....

.....

.....

✷ تصنف هذه السلاسل حسب مواقع تشكلها إلى:

- .....
- .....
- .....

II سلاسل الطمر: مثال جبال الأنديز

1 – الخاصيات الجيوفيزيائية لمناطق الطمر الوثيقة 6 في الصفحة الموالية

✷ تتموضع جبال الأنديز في .....

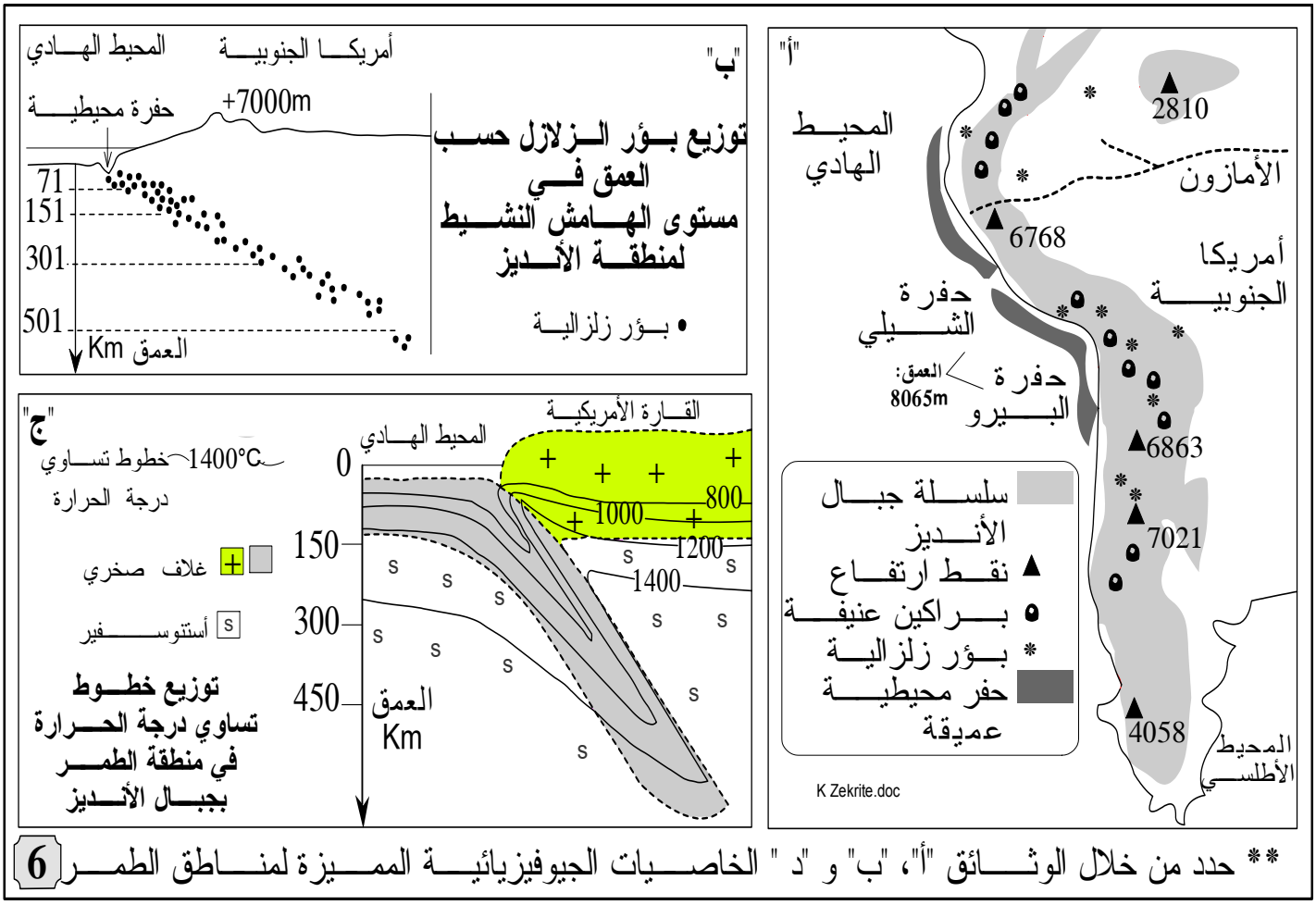
✷ يتميز الهامش النشيط بظواهر جيولوجية خاصة أبرزها:

.....

.....

.....

.....



** حدد من خلال الوثائق "أ"، "ب" و "د " الخاصيات الجيوفيزيائية المميزة لمناطق الطمر **6**

2 – الخاصيات الجيولوجية لجبال الأنديز الوثيقة 7

تتميز سلسلة جبال الأنديز:

- بانتشار صخور .....

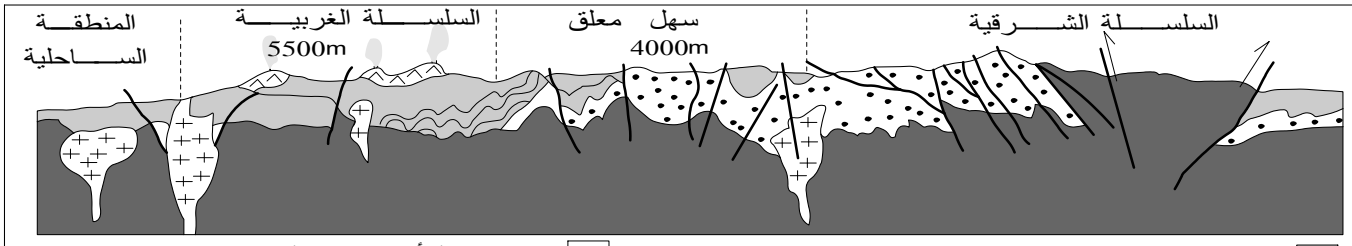
.....

.....

- بصخور .....

.....

- بتشوهات .....

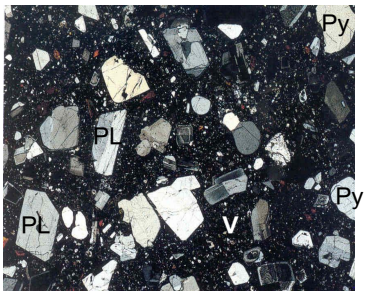


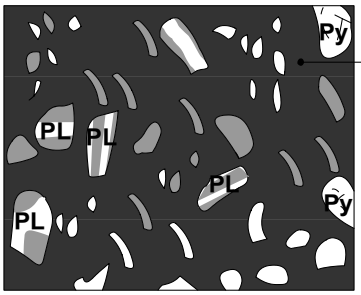
طبقات الحقب الثاني: الكريتاسي
طبقات الحقب الأول
قاعدة قديمة
"أ" مقطع جيولوجي في جبال الأنديز

بركانية أنديزينية
نرجفية = بلوتونات الكرانوديوريت
فوالق معكوسة
طيات مروحية الشكل

صخرة الأنديزيت ملاحظة بالعين المجردة

صفيحة دقيقة للأنديزيت ملاحظة بالضوء المستقطب مصحوبة برسم تفسيري





v = زجاج: مادة غير متبلورة
ميكروليت: بلورات صغيرة
بلورات كبيرة:
بلاجيوكلاز =PL
بيروكسين= Py

"ب" **صخرة الأنديزيت:**
هي صخرة رمادية اللون ذات انتشار واسع في مناطق الطمر وقد سميت بذلك لوجودها بكثرة في جبال الأنديز

** استخرج من خلال وثيقة الشكل "أ" المميزات التكتونية والصخرية لجبال الأنديز.
** الشكل "ب": صف صخرة الأنديزيت واربط علاقة بين بنيتها وظروف تشكلها.

2 – سلاسل الطمر هي نتاج لحركية الصفائح

أ ـ الصهارية وعلاقتها بظاهرة الطمر. (الوثيقة 8)

❁ الشكل (أ):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❁ الشكل (ب):

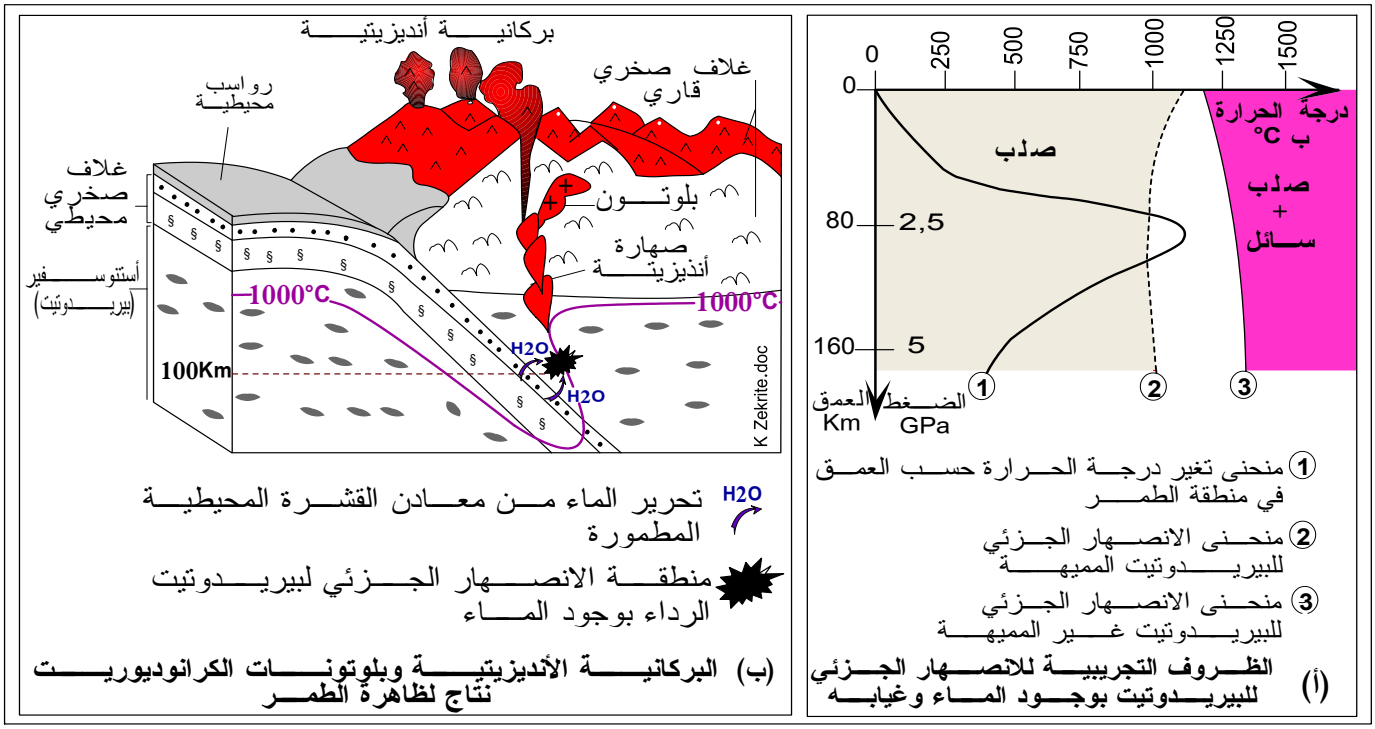
.....

.....

.....

.....

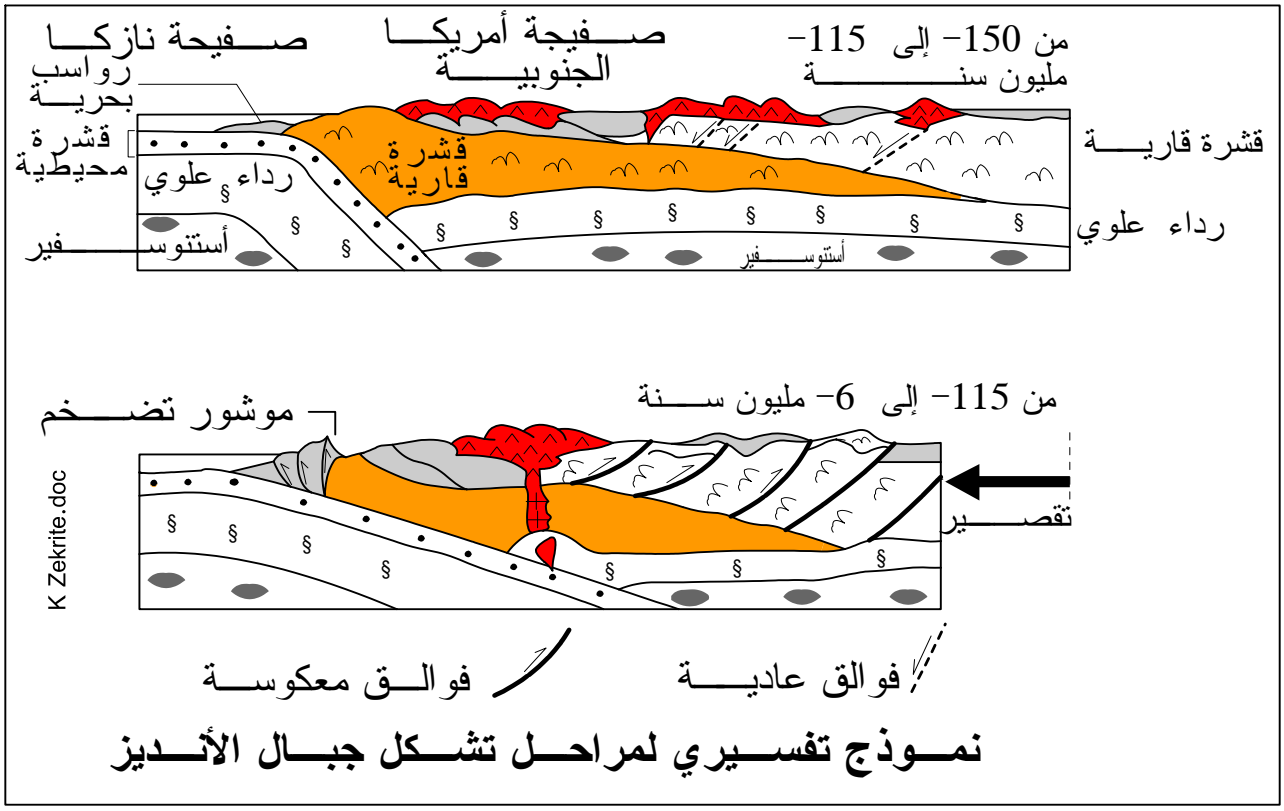
الوثيقة 8: لمعرفة شروط وكيفية تشكل الصخور الصهارية بمناطق الطمر (بلوتونات الكرانوديوريت والأنديزيت) نقدم الشكل (أ) الذي يوضح الظروف التجريبية لبداية انصهار صخرة البيريدوتيت المكونة للرداء العلوي والشكل (ب) الذي يبين مكان وكيفية تشكل هذه الصخور الصهارية حسب العمق ودرجة الحرارة.



❁ بين من خلال استغلال شكلي هذه الوثيقة ظروف وكيفية تشكل الصخور الصهارية وعلاقتها بمناطق الطمر.

ب ـ موشور التضخم والتشوهات التكتونية وعلاقتهما بظاهرة الطمر. (الوثيقة 9)

الوثيقة 9: تمثل الوثيقة جانبه مقطعا تركيبيا نموجيا يبن مراحل نشأة سلسلة جبال الأنديز ومختلف البنيات المرتبطة بها.



❁ باستغلال معطيات هذه الوثيقة وضح كيف ينشأ موشور التضخم وصف تسلسل الأحداث المؤدية إلى نشوء سلسلة جبال الأنديز

III سلاسل الطفو: مثال سلاسل عمان

1 – الخاصيات البنيوية والصخرية لجبال عمان الوثيقة 10

✷ تتميز سلسلة جبال عمان ب:

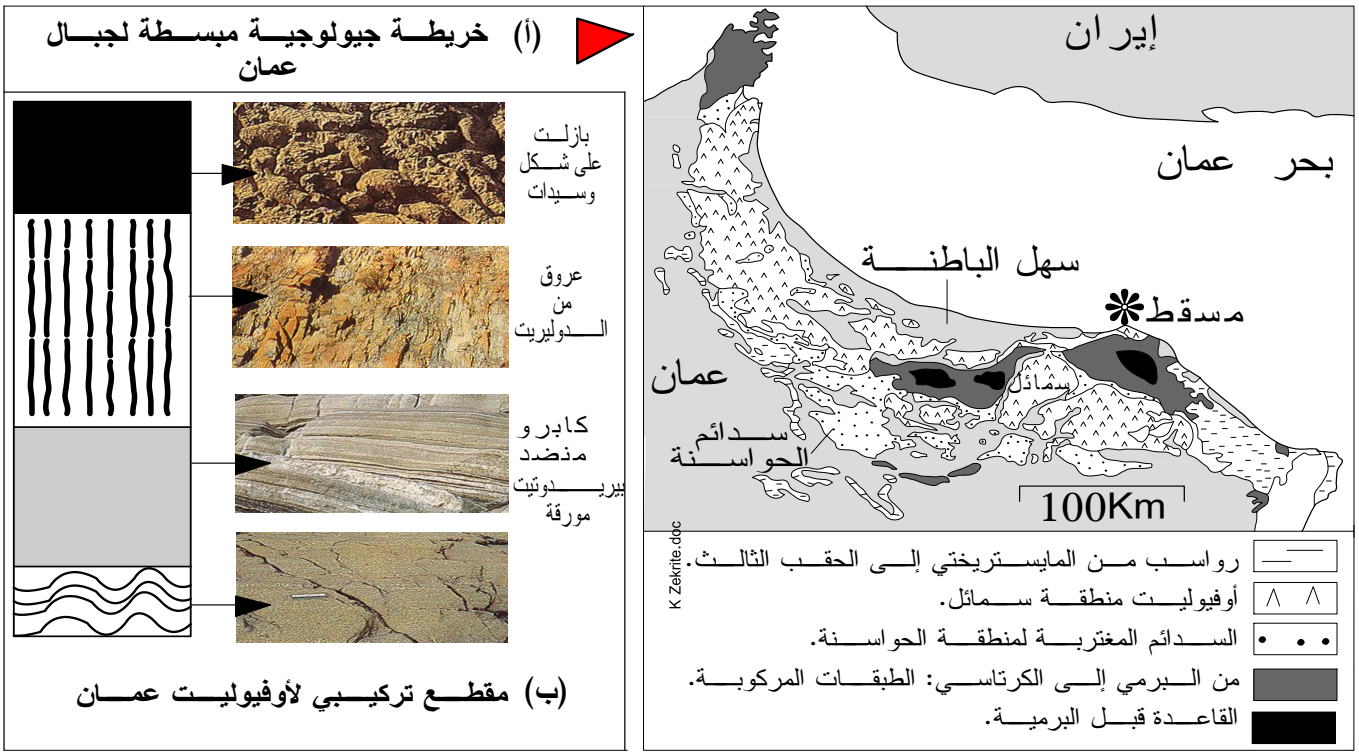
- .....

.....

- .....

✷ يعتبر وجود صخور المركب الأفيوليتي، داخل المجال القاري لعمان، دليلا شاهدا عن .....

.....



الشكل (ج): "أي جيولوجي، ومهما كانت تجربته وتعوده الكبير والعمل في الميدان، فإنه يبقى مشدودا أمام المشهد الذي يكتشفه خلال تحليقه فوق جبال عمان بين مسقط وأبو ظبي.

في كل مكان تحت الطائرة، تشاهد تجاعيد خيالية من أعراف مسودة: إنها الأوفيوليت، الغلاف الصخري المحيطي القديم الذي يوجد عرضة للحث الصحراوي. تمتد هذه السدائم الأوفيوليتية العمانية تحت أعيننا على طول يبلغ 500 كلم وعرض يتراوح بين 80 و 100 كلم."

عن مجلة la recherche n°186

- بين من خلال الشكل (أ) المميزات البنيوية والصخرية لجبال عمان.
- باستغلال الشكلين (ب) و (ج)، حدد المعلومات التي يحملها تواجد المركب الأوفيوليتي في جبال عمان القارية.

الوثيقة 10

2 – مراحل تشكل جبال عمان الوثيقة 11

باعتبار الخصائص البنيوية والصخرية الحالية لجبال عمان، يمكن استعادة التاريخ الجيولوجي للمنطقة،

والذي تتمثل أحداثه كالتالي:

.....

.....

.....

.....

.....

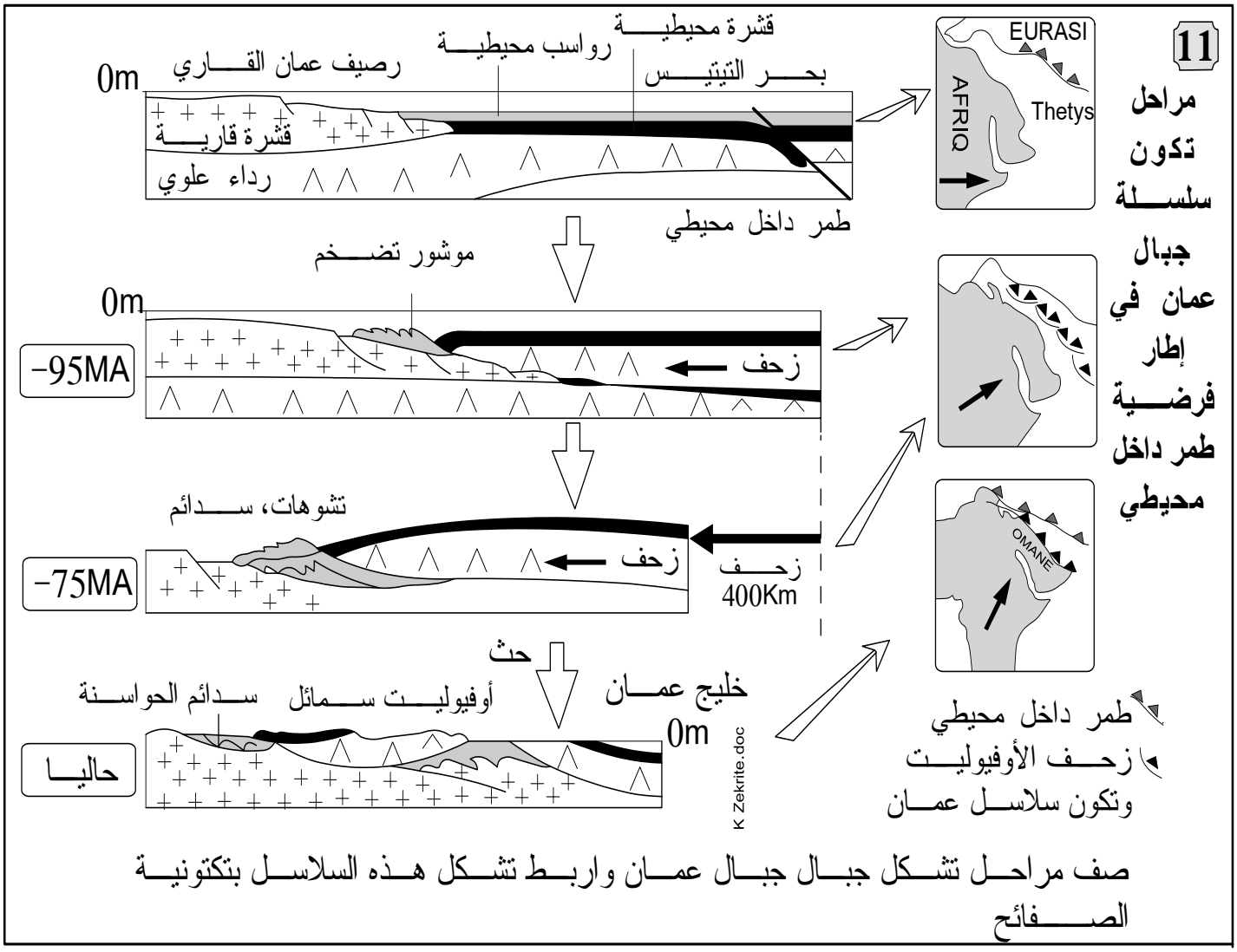
.....

.....

.....

.....

.....



IV سلاسل الاصطدام: مثال جبال الهملايا

1 – الخاصيات البنيوية لجبال الهملايا الوثيقة 12

✷ تنحصر جبال الهملايا بين كتلتين قاريتين متصادمتين: الهند وآسيا وتتكون من:

- .....
- .....
- .....

- .....

✹ يدل وجود الصخور الأنديزيتية المنتشرة في بعض الجهات من سلسلة الهملايا عن .....

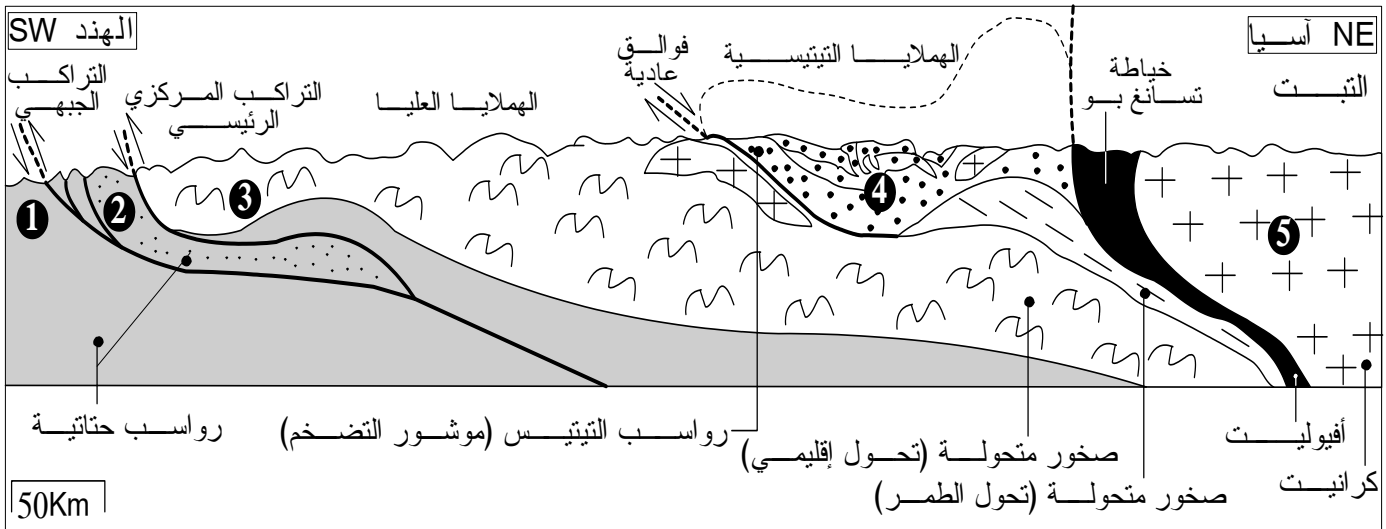
.....

✹ يشهد وجود صخور الأفيوليت وموشور التضخم عن .....

"أ" صورة بالأقمار الاصطناعية للهمالايا

** حدد تموضع جبال الهملايا على الصورة المأخودة بالأقمار الاصطناعية. صف الكيفية التي تتموضع بها هذه الجبال.

** استخرج من خلال المقطع الجيولوجي الخاصيات البنيوية لجبال الهمالايا، عن ماذا يدل تواجد الأوفيوليت في أعالي هذه الجبال؟



❶ وحدة سيواليك شمال الهند.

❷ وحدة الهملايا الوسطى: تركب وحدة سيواليك بواسطة التراكب الجبهي.

❸ وحدة الهملايا العليا: تركب وحدة الهملايا الوسطى بواسطة التراكب المركزي الرئيسي.

❹ وحدة الهملايا التيتيسية ترتفع نتيجة عمل الفوالق العادية كالفالق الشمالي للهملايا.

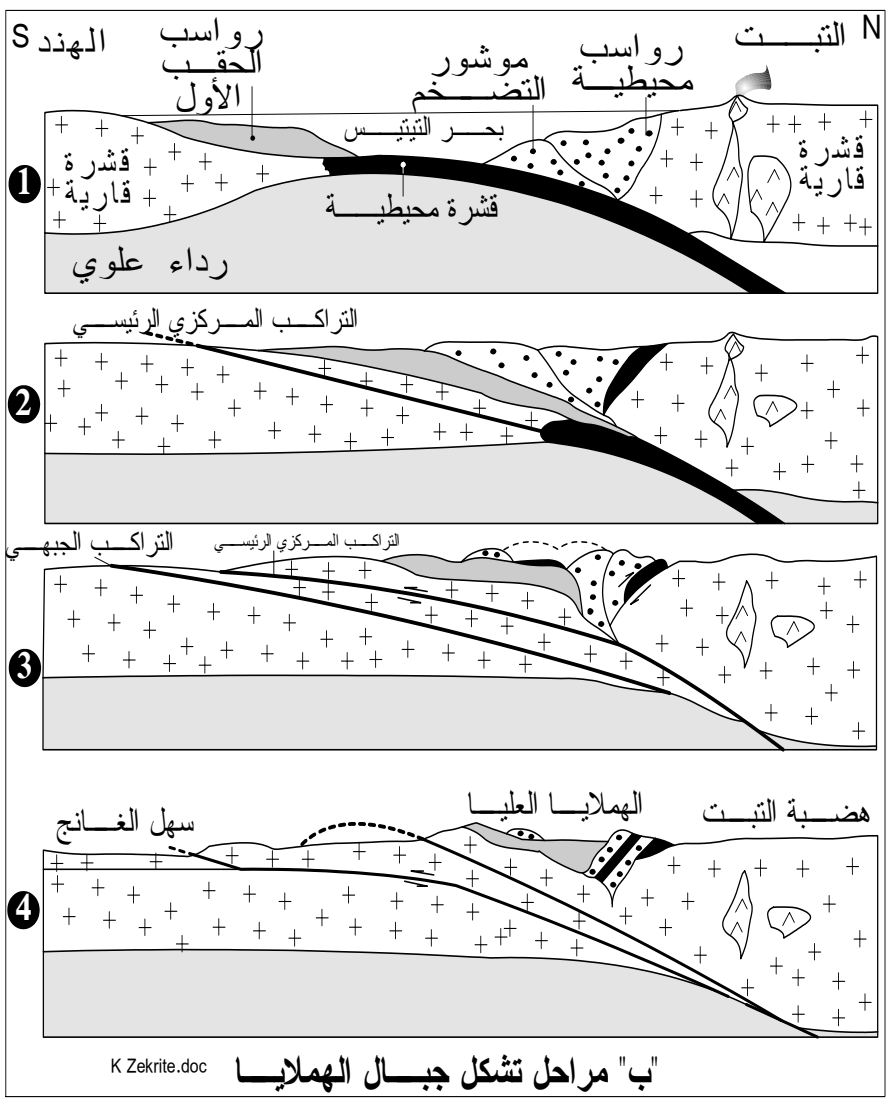
❺ هضبة التبت: ترتبط بباقي الهملايا بواسطة الخياطة الأفيوليتية لمنطقة تسانغ بو.

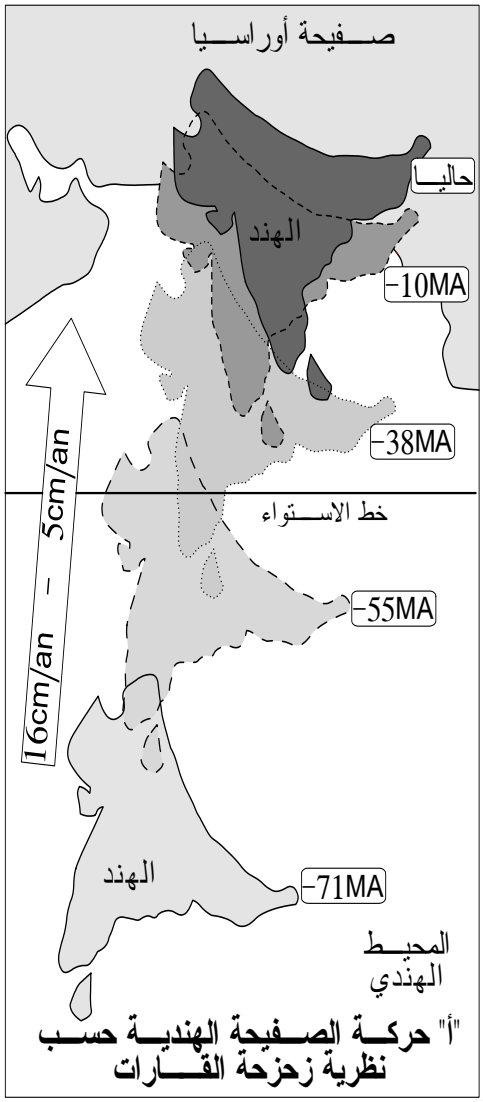
" ب" بنية جبال الهملايا (Dazes, 1999)

K Zekrite.doc

12

2 – مراحل تشكل جبال الهملايا الوثيقة 13





13

انطلاقا من الشكل "أ"، صف تطور وضعية الهند عبر الزمن واربط ذلك بزحزحة القارات.

انطلاقا من الشكل "ب"، أبرز تسلسل الأحداث المؤدية إلى تشكل جبال الهملايا.

تشكلت السلاسل الجبلية للهملايا نتيجة حركية الصفائح عبر المراحل التالية:

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ملحوظة: إن اصطدام قارتين يمكن أن يكون مسبوقا بـ:
- طمر دون طفو: غياب المركب الأفيوليتي.
- طمر مع طفو: تواجد المركب الأفيوليتي.

V التشوهات التكتونية المميزة لسلاسل الطمر والاصطدام

التشوه هو كل تغير في شكل القشرة الأرضية، ويؤدي إلى تكوين بنيات تكتونية يمكن تصنيفها إلى:
- تشوهات متواصلة: .....
- تشوهات غير متواصلة: .....

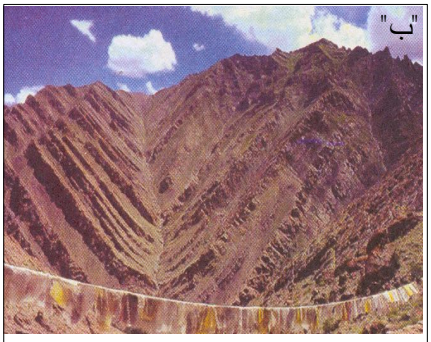
1 – الطيات الوثيقة 14

الطيات .....

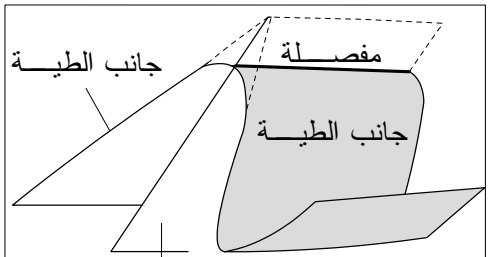
.....

.....

"أ" طية محدبة بجبال الألب (سلسة اصطدام)



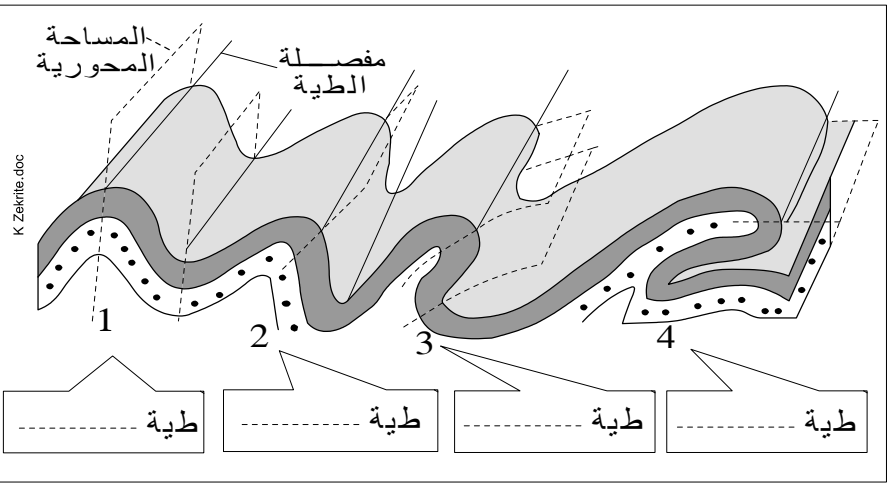
طية مقعرة بسلسلة الهملايا



"ج" عناصر الطية

"ت" أنواع الطيات

يعتمد في تصنيف الطيات على وضع المفصلة والجانبية وزاوية المساحة المحورية



1- تعرف أنواع الطيات المميزة لمناطق الطمر والاصطدام (الشكل أ و ب).
2- تعرف عناصر الطية (الشكل ج).
3- ميز بين مختلف أصناف الطيات (الشكل ت).

14

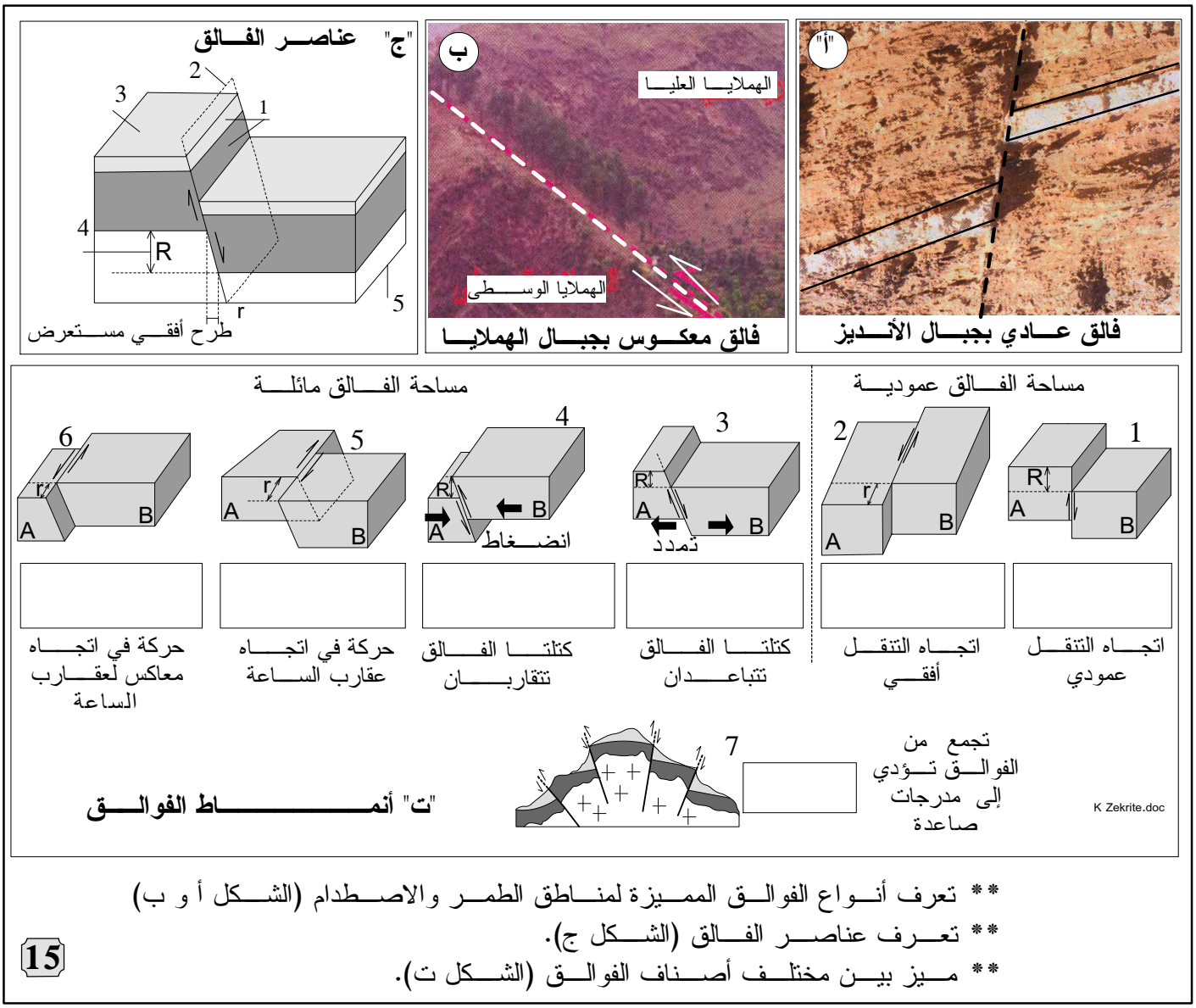
K Zekrite.doc

2 – الفوالق

الفوالق .....

.....

.....



** تعرف أنـــواع الفوالـــق المميـــزة لمنـــاطق الطمـــر والاصـــطدام (الشـــكل أ و ب)
** تعـــرف عناصـــر الفـــالق (الشـــكل ج).
** مـــيز بيـــن مختلـــف أصـــناف الفوالـــق (الشـــكل ت).

15

3 – التشوهات الوسيطة الوثيقة 16

✷ أدت الضغوطات التقصيرية التي تعرضت لها القشرة الأرضية بمناطق الطمر والاصطدام إلى تعقيد التشوهات التكتونية لتتحول إلى تشوهات وسيطة: طيات - فوالق، تراكبات وسدائم.

✷.....

.....

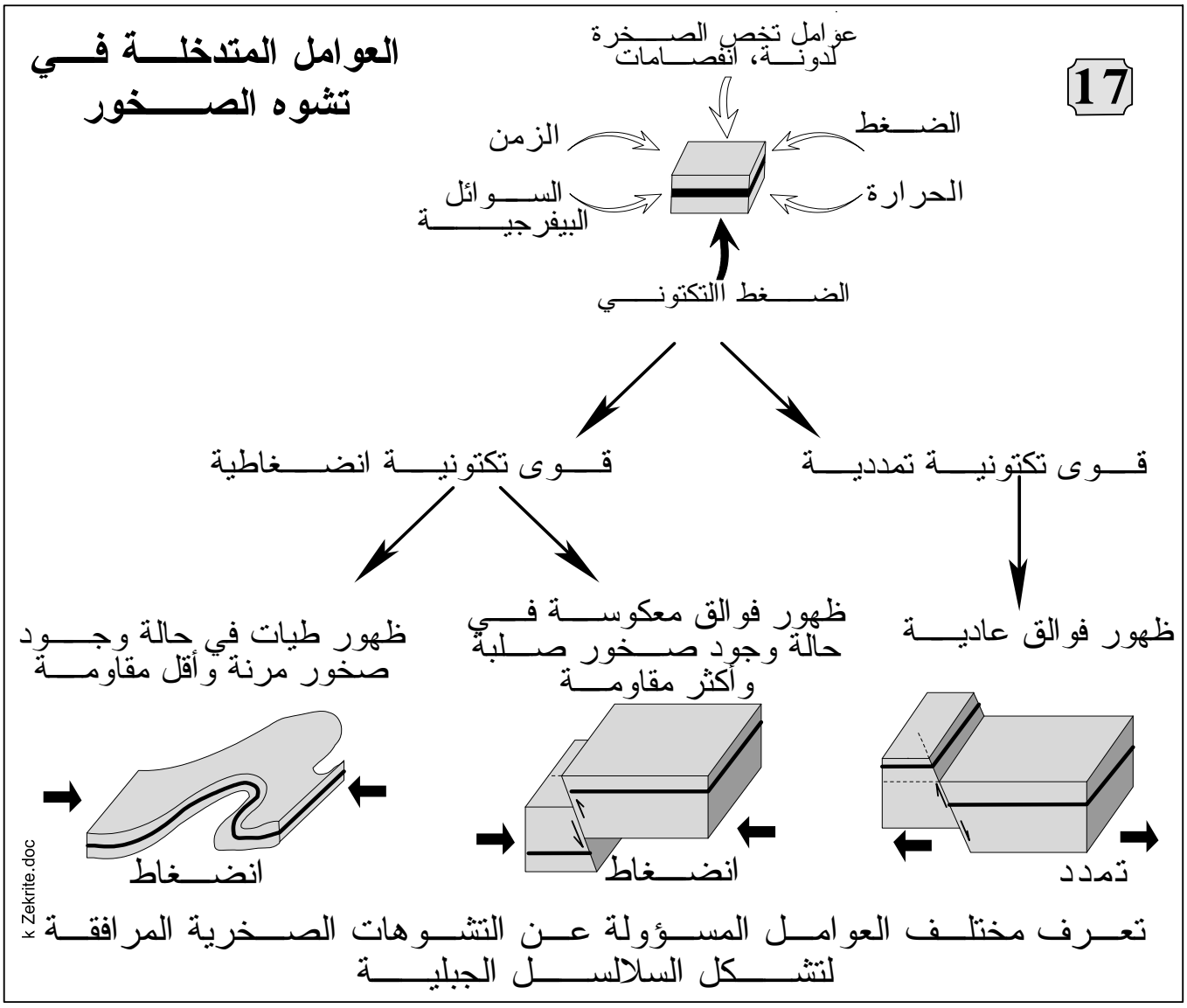
.....

.....

.....

.....

4 – العوامل المسببة لتشوه الصخور الوثيقة 17



يرتبط نمط التشوه التكتوني بمناطق التجابه بين الصفائح بعوامل:

- داخلية: .....
- خارجية: أهمها:
  - .....
  - .....
  - .....

VI حصيـــــــــــلة عامة:

.....

.....

.....

.....

.....

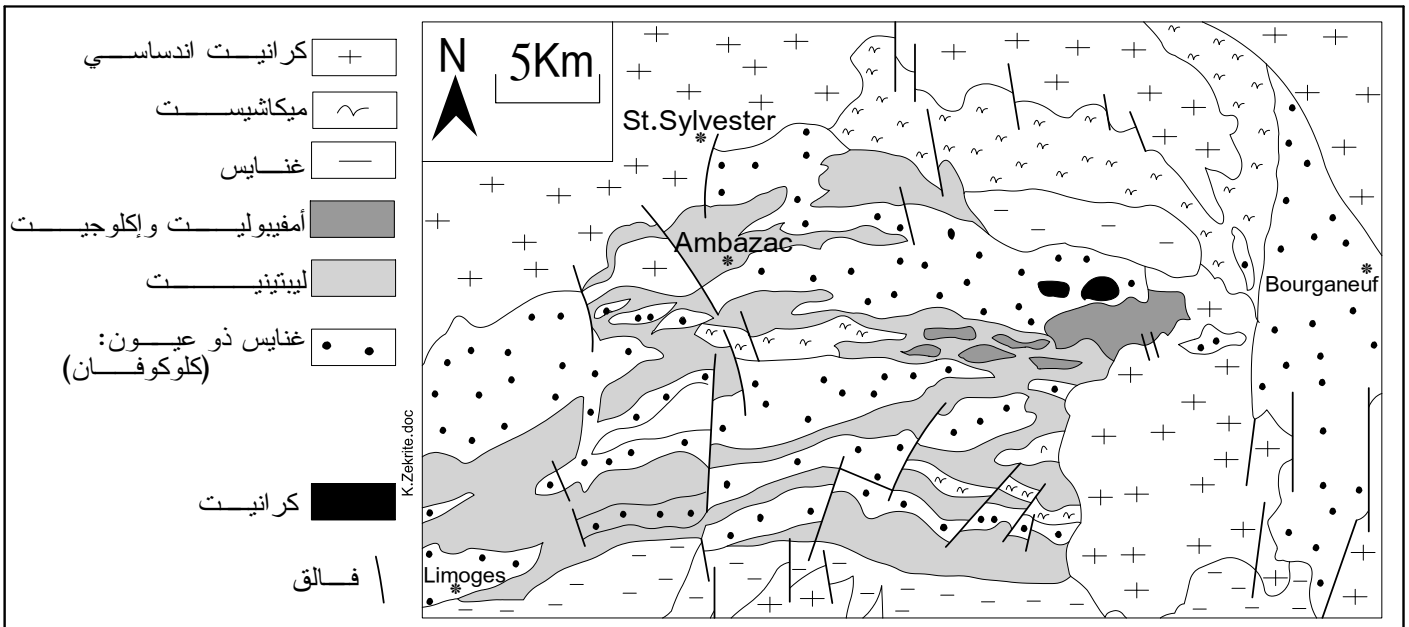
الفصل الثاني:
التحول وعلاقته بتكتونية الصفائح

الصخور المتحولة هي صخور ناتجة عن تحول في الحالة الصلبة لصخور سابقة الوجود تحت تأثير تغير عوامل الضغط والحرارة، يصاحب تشكلها نشوء السلاسل الجبلية.

- فما هي الخاصيات البنيوية والعيدانية للصخور المتحولة المميزة لمناطق الطمر والاصطدام؟
- ما هي ظروف التحول وما هي علاقتها بتكتونية الصفائح؟
- كيف يمكن للصخرة المتحولة أن تختزن ظروف تحولها؟

I الصخور المتحولة بمناطق الاصطدام

1 – دراسة خريطة جيولوجية لمنطقة Bas Limousin بجبال الألب



1 خريطة جيولوجية مبسطة لمنطقة Bas Limousin بفرنسا تنتمي لجبال الألب

صف استسطاح الصخور المتحولة بهذه المنطقة من السلسلة الألبية

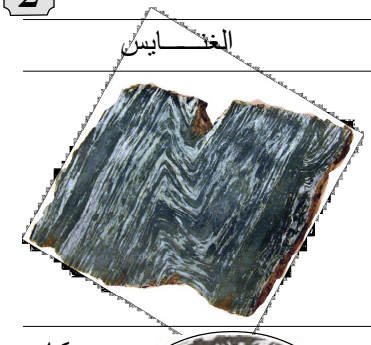
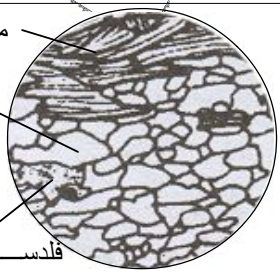
.....

.....

2 – الخصائص البنيوية والعيدانية والكيميائية للصخور المتحولة في مناطق الاصطدام

الوثيقة 2

2 لنتعرف على بعض مميزات الصخور المنتشرة في مناطق الاصطدام

	الشيست الأخضر	الميكاشيست	الغنايس
ملاحظة الصخرة بالعين المجردة			
ملاحظة الصفيحة الدقيقة بالمجهر المستقطب	سريسيت (ألوان زاهية) + كلوريت (لون أخضر)	مرو (لون منطفئ) ميكا بيوتيت وموسكوفيت (ألوان زاهية)	 ميكا مرو فلدسبات
وصف حالة المعادن	المعادن موجهة على شكل صفائح	أسرة من المرو وأسرة من البيوتيت والموسكوفيت	تعاقب أسرة فاتحة مكونة من المرو والفلدسبات مع أسرة داكنة مكونة من البيوتيت
البنية	----------	----------	----------
التركيب العيداني	معادن طينية (كلوريت وسيريسيت) + سيلكات ألومين	مرو بيوتيت بيجادي + سيلكات ألومين	مرو + بيوتيت فلدسبات بيجادي + سيلكات ألومين سليمانيت

التركيب الكيميائي		الشيست الأخضر	الميكاشيست	الغنايس
	SiO_2	60,2%	60,9%	68,7
	Al_2O_3	20,9%	19,1%	16,2%
	FeO	3,7%	4,1%	4,1%
	K_2O	4,1%	3,7%	3%

** قارن بين مميزات هذه الصخور.
** تتشكل الصخور الطينية في قسمها الكبير من سيلكات الألومين. اقترح فرضية حول العلاقة بين هذه الصخور والصخور المتحولة.

✷ عند الانتقال من الشيست إلى الميكاشيست إلى الغنايس:

..... -

..... -

..... -

..... ✷

.....

.....

التنضد:
نوع من التطبق تبينه مكونات الصخرة وهو ناجم فقط عن ظاهرة الترسب.

الشيستية:
تجمع المعادن على شكل أسرة دقيقة يجعل الصخرة سهلة الانفصام إذ تتجزأ إلى وريقات منتظمة.منتظمة.

التوريق:
تعاقب المعادن على شكل أسرة فاتحة وأخرى داكنة، يجعل الصخرة غير قابلة للانفصام

K Zekrite.doc

✷ الشيستية والتوريق بنيتان مميزتان للصخور المتحولة.

II الصخور المتحولة بمناطق الطمر

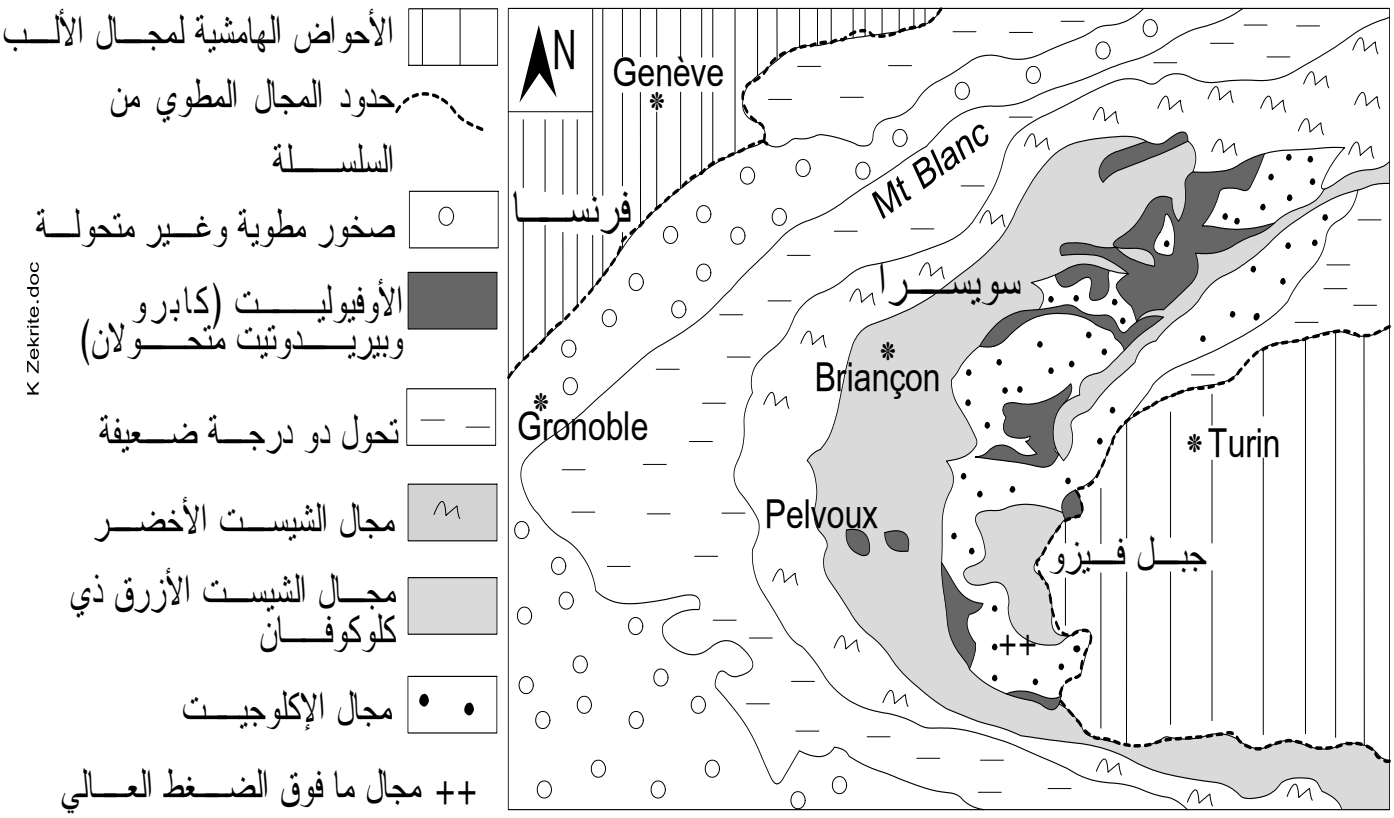
1 – استسطاح بعض الصخور المتحولة الشاهدة عن طمر قديم الوثيقة 3

✷ تتميز مناطق الطمر الحالية بظروف ملائمة لتشكل الصخور المتحولة، إلا أنه يصعب ملاحظتها ودراستها لوجودها في الأعماق، لذلك يتم اللجوء إلى دراسة .....

✷ تبرز خريطة الوثيقة 3 .....

.....

.....



3 خريطة جيولوجية تظهر توزيع بعض الصخور المتحولة المرتبطة بمنطقة الطمر بجبال الألب

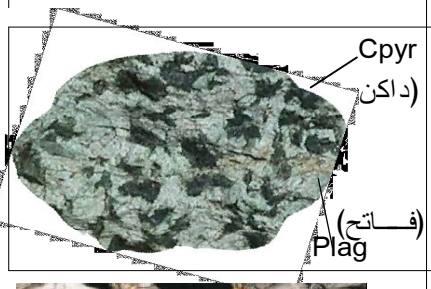
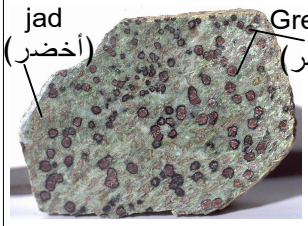
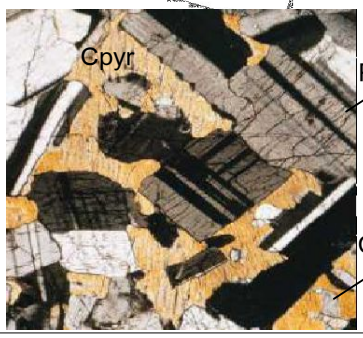
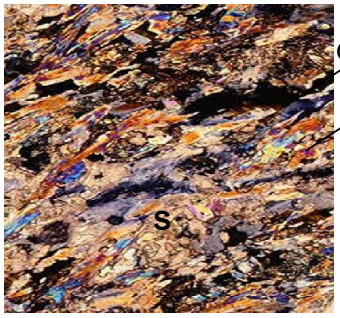
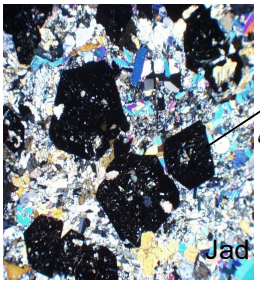
من خلال قراءة هذه الخريطة، صف توزيع الصخور المتحولة بمناطق الطمر

2 – خصائص الصخور المتحولة بمناطق الطمر الوثيقة 04

✷ .....

✷ .....

لنتعرف على بعض مميزات الصخور المتحولة المنتشرة بجبال الألب والمرتبطة بظاهرة الطمر

	الغابرو الأفيولي	الشيست الأزرق ذي كلوكوفان وإبيدوت	الإكلوجيت ذات بيجادي وجاديت
ملاحظة الصخرة بالعين المجردة			
ملاحظة الصفيحة الدقيقة بالمجهر المستقطب			
التركيب العيداني	كلينوبيروكسين: Cpyr بلاجيوكلاز: Plag	كلوكوفان: Glau إبيدوت: Epi سبينيل: Sp	بيجادي : Grenat جاديت : Jad (=كلينوبيروكسين)

التركيب الكيميائي

لهذه الصخور نفس التركيب الكيميائي المبين في الجدول جانبه

K_2O	Na2O	CaO	FeO	MgO	Al_2O_3	SiO_2
0,4%	2,2%	9,9%	11%	12,7%	14,2%	47,1%

K Zekrite.doc

** قارن بين مميزات هذه الصخور.
ما المعلومات الإضافية التي يمكن استخلاصها من وجود الغابرو الأوفيوليتي بهذه المنطقة وما علاقته بالصخور المتحولة المجاورة له؟ **4**

III عوامل التحول

1 – معطيات تجريبية الوثيقة 5

.....

.....

.....

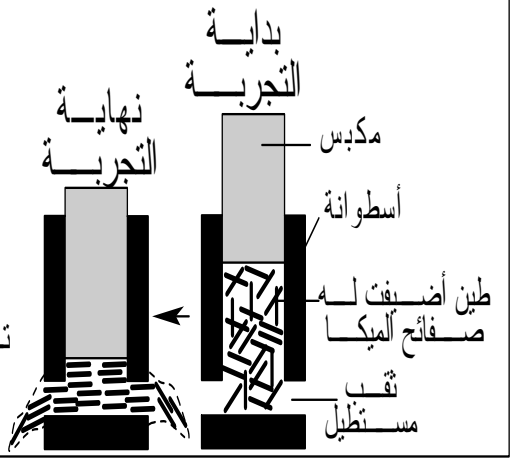
.....

.....

.....

"أ" تـــأثير الضـــغط: تجربـــة Daubrée

أخضع الباحـــث Daubrée خليطا مـــن الطيـــن وصـــفائح بلورية مـــن الميكـــا لضـــغط عـــال بواســـطة مكبـــس داخـــل أســـطوانة بقاعـــدتها ثقـــوب مســـتطيلة الشـــكل يوضـــح الرســـم أســـفله معطيـــات ونتـــائج هـــذه التجربـــة.



"ب" تـــأثير الحـــرارة: تجربـــة Winkler

أخضع Winkler صـــخورا طينيـــة لضـــغط ثابـــت: 2Kbar مع ارتفـــاع تـــدريجي لدرجـــة الحـــرارة:

صخور طينيـــة ← 570°C ظهور معادن جديدة فـــي الصـــخرة الصـــلبة

- 700°C ← جزء ســـائل
- جزء صلب

* كلوريـــت * سيريســـيت * موســـكوفيت	* بلاجيـــوكلاز * بيوتيـــت * أندلوســـيت	* بلاجيـــوكلاز * بيوتيـــت * ســـيليمانيت

حلـــل معطيـــات الشـــكلين (أ) و (ب) وحدد الظروف الفيزيائيـــة المســـؤولة عـــن:
- ظهـــور البنيـــة المورقـــة المميـــزة للصـــخور المتحولـــة
- ظهـــور واختفـــاء المعـــادن أثنـــاء التحـــول التـــدريجي للصـــخور.

5

2 – ظروف التحول في الطبيعة الوثيقة 6

6

ظروف التحـــول فـــي الطبيعـــة؟

"أ" الضـــغط؟

** الضـــغط التكتونـــي: الناجم عن القـــوى التكتونيـــة فـــي المنـــاطق الغـــير المســـتقرة

** الضـــغط الصـــخري: $P = \frac{\text{وزن العمود}}{\text{مساحة قاعدتـــه}}$

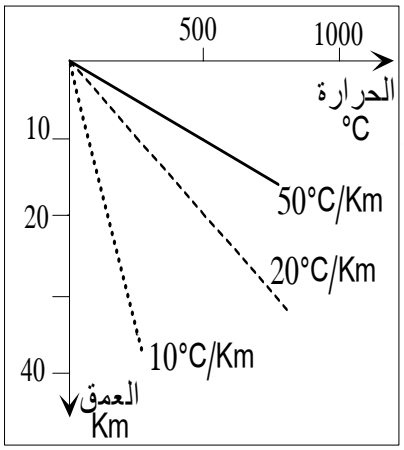
وبـــذلك تخضـــع المـــواد فـــي بـــاطن الأرض لضـــغط تتناســـب درجتـــه مـــع العمـــق وكثافـــة الصـــخور

** الضـــغط الجزيـــئي للموائـــع البيفرجيـــة تضـــم الصـــخور بيـــن بلوراتهـــا بعـــض الموائـــع (CO_2 و H_2O) تتســـبب فـــي ضـــغط إضـــافي يســـمى الضـــغط الجـــزئي للموائـــع.

"ب" الحرارة؟

تتغير درجات الحـــرارة فـــي الأعمـــاق (الدرجـــة الســـعيرية) حسب:

* التركيـــب الـــداخلي لـــلأرض.
* توصـــيلة الصـــخور للحـــــــرارة.
* الطبيعـــة الجيولوجيـــة للمنطقـــة، حيـــث تكـــون منخفضـــة فـــي المنـــاطق المســـتقرة جيولوجيـــا ومرتفعـــة فـــي المنـــاطق النشـــيطة.

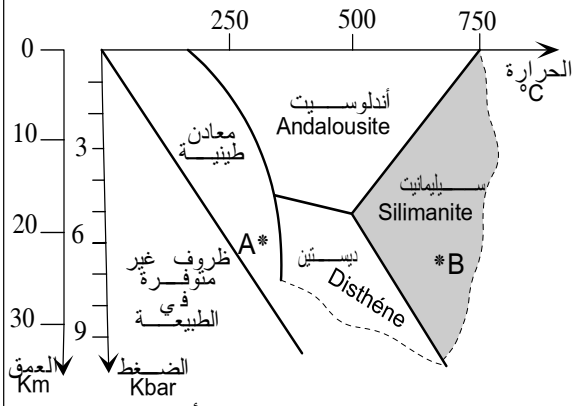


K Zekrite.doc

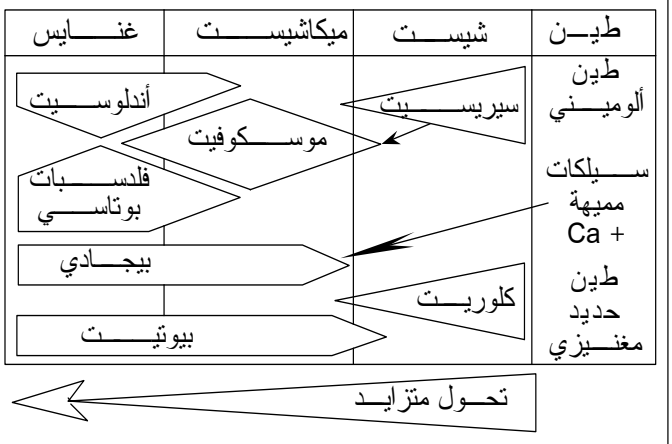
IV مفهوم المعدن المؤشر والسلسلة التحولية

1 – مفهوم التحول، المتتالية التحولية والمعدن المؤشر الوثيقة 7 (أ و ب)

أخضع Richardson خليطا من معادن طينية (سيليكات الألومين) لظروف حرارة وضغط متغيرين ثم سجل تبعا لذلك ظروف ظهور واختفاء المعادن.



"أ" مجالات استقرار معادن سيليكات الألومين K Zekrite.doc



"ب" متتالية تحولية لصخور طينية وتركيبها الكيميائي

** الشكل (أ): بعد تحديدك لمجالات استقرار كل من معادن الأندلوسيت والدستين والسيليمانيت، عرف المعدن المؤشر مبرزا أهمية تواجده في الصخور المتحولة.

** اعتمادا على كل ما سبق وعلى معطيات وثيقة الشكل (ب)، صغ تعريفا دقيقا لمفهوم التحول والمتتالية التحولية. 7

✷ الشكل "أ": .....

.....

.....

.....

❁ **معدن مؤشر**: .....

.....

.....

❁ **التحول:** .....

.....

.....

❁ **متتالية تحولية**: .....

.....

.....

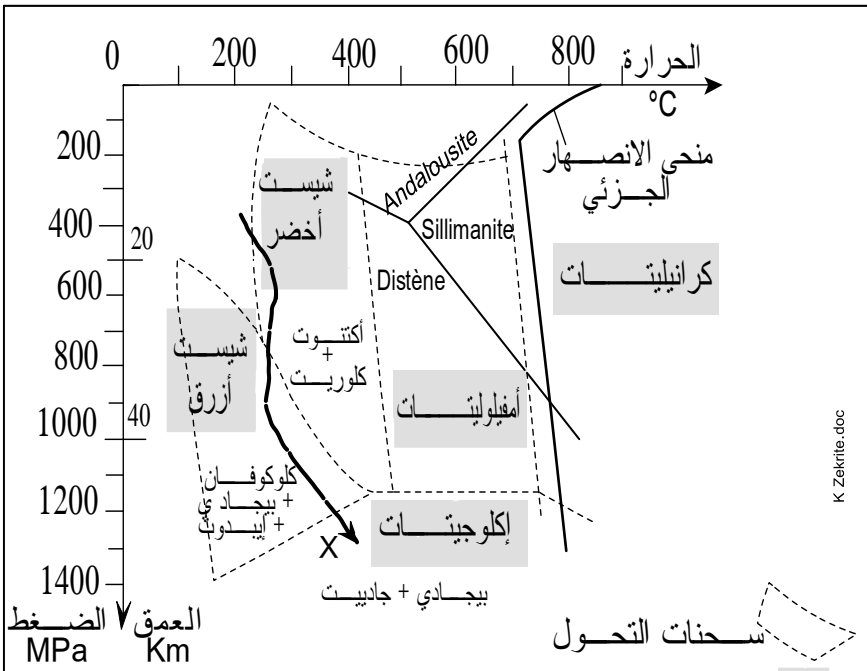
.....

2 – مفهوم سحنة التحول والسلسلة التحولية الوثيقة 8

تسجل المجموعات العيدانية بالصخور المتحولة الظروف الفيزيائية (P, T) التي كانت تسود في الوسط الذي تشكلت فيه هذه الصخور.
أخضع Escola صخرة البازلت لظروف متغيرة لكل من درجة الحرارة والضغط فتمكن من تحديد سحنات التحول المبينة في الوثيقة جانبه .

** اعط تعريفا لسحنة التحول والسلسلة التحولية.

ملحوظة
إذا طبقنا نفس ظروف الضغط ودرجة الحرارة المقابلة لسحنة معينة على صخرة أخرى، نحصل على مجموعة معدنية أخرى. فمثلا تتحول صخرة الطين في سحنة الشيست الأزرق إلى ميكاشيست ذي كلوكوفان.



اسم الصخور الناجمة عن تحول البازلت أو الكابرو في هذه الظروف (P, T)

مبيان تركيبي لمجالات استقرار معادن السلسلة التحولية لصخرة البازلت حسب Escola ومجالات استقرار سيليكات الألومين

8

MPa= mégapascal
1MPA = 10^6Pa
GPa = gigapascal
1GPa = 10^9Pa

❁ **سحنة التحول**: .....

.....

.....

.....

.....

❁ **سلسلة التحول**: .....

.....

.....

.....

.....

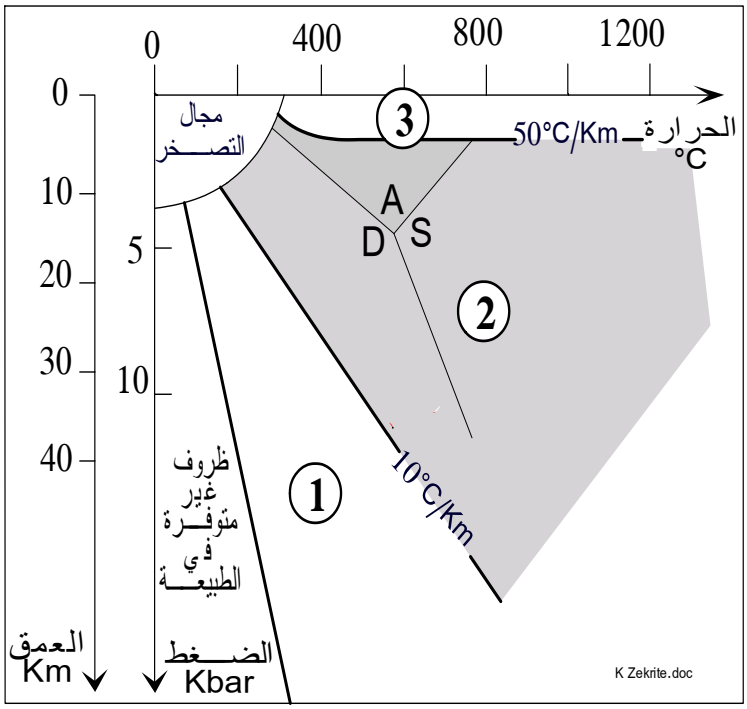
.....

.....

V أنماط التحول في مناطق الطمر والاصطدام

1 – مجالات التحول في الطبيعة

9 مجالات التحـــول



وضع Winkler تصورا يحدد مختلف أنواع التحول حسب مجالات تأثير عاملي الضغط والحرارة، تقدم الوثيقة جانبه هذا التقسيم

** تعرف مختلف أنماط التحول مبرزا ظروف الحرارة والضغط لكل منها

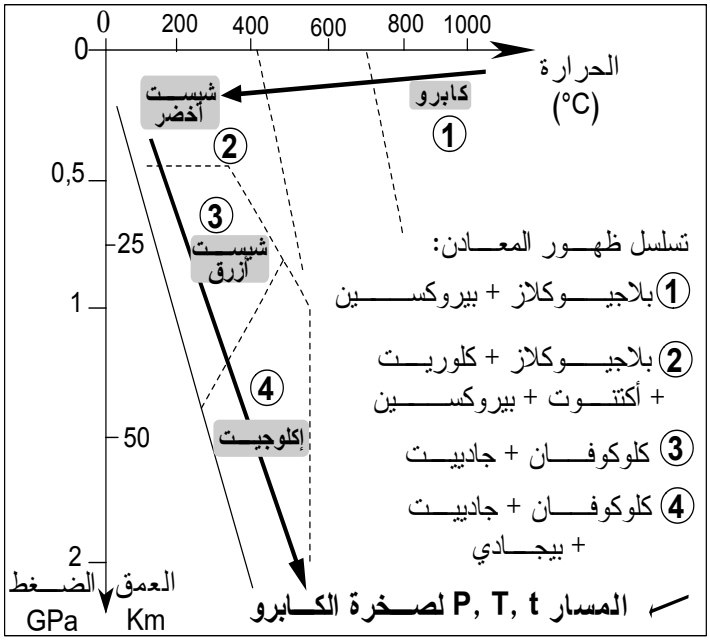
① _____

② _____

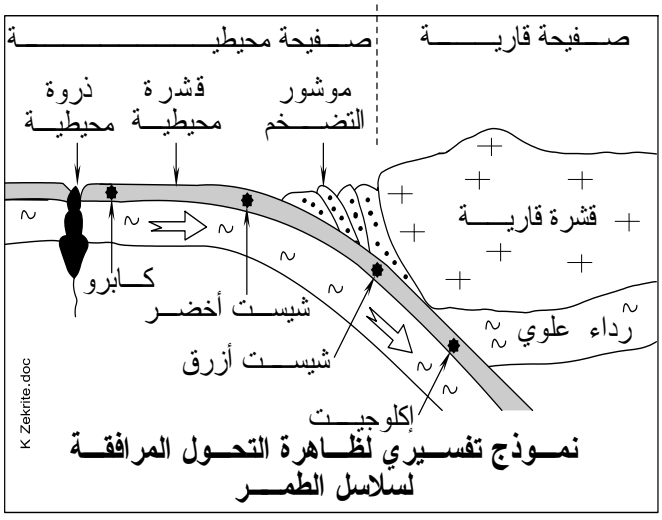
③ _____

** تعرف مواقع حدوث مختلف أنماط التحول

2 – التحول الدينامي: تحول مناطق الطمر الوثيقة 10



تمكن الملاحظة المجهرية للصفائح الدقيقة من تحديد تسلسل ظهور واختفاء المعادن المكونة للصخور المتحولة. بذلك تمكن الجيولوجيون من تحديد المسار الديناميّ- الحراري بدلالة الزمن (P, T, t) لصخرة الكابرو (الشكل أ) واقترحوا النموذج التفسيري (الشكل ب).



نموذج تفسيري لظاهرة التحول المرافقة لسلاسل الطمر

** اعتمادا على الشكلين (أ) و (ب)، اعط تعليقا تبين من خلاله مراحل تطور صخرة الكابرو منذ نشأتها على مستوى الذروة المحيطية حتى طمرها تحت الغلاف الصخري القاري.

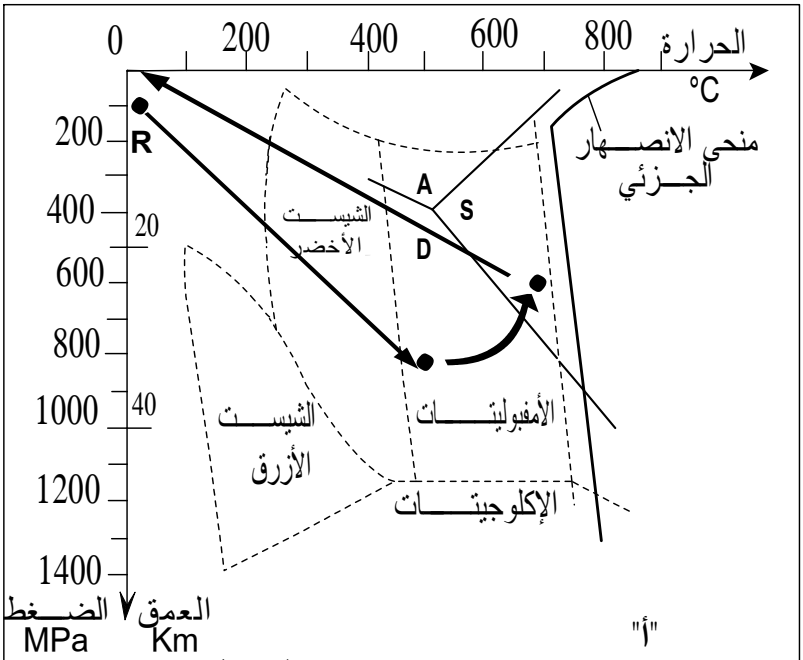
** استخلص نمط التحول المرتبط بسلاسل الطمر.

10

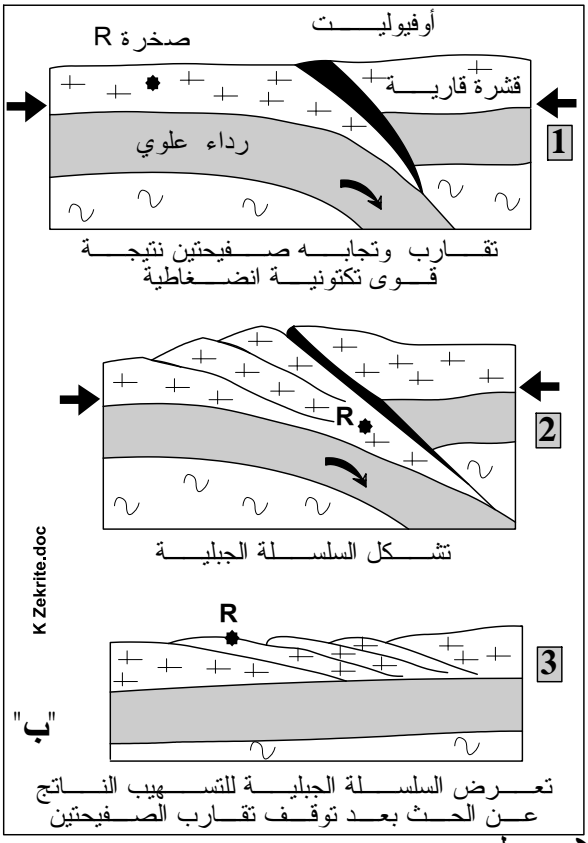
أجوبة

3 – التحول الدينامي - حراري: تحول مناطق الاصطدام الوثيقة 11

لاسترداد التاريخ الجيولوجي لسلسلة اصطدام، تم تتبع مصير صخرة R تنتمي لصفيحة قارية خلال تجابهها مع صفيحة قارية أخرى:



المسار الدينامي الحراري (P,T) لصخرة قارية R خلال ظاهرة الاصطدام



** اربط العلاقة بين المسار (P, T, t) للصخرة R الشكل "أ" والتاريخ الجيولوجي لسلاسل الاصطدام (الشكل ب) مبرزا تغيرات عاملي الضغط والحرارة.

** استخلص نمط التحول المرتبط بسلاسل الاصطدام.

11

أجوبة

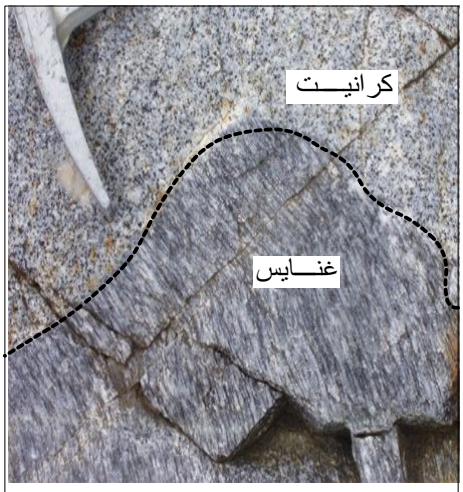
VI حصيلة عامة:

ترتبط أنماط التحول بدينامية الصفائح، إذ تختلف الظروف الجيوفيزيائية السائدة من مكان لآخر. إن دراسة هذه الصخور تمكن من تعرف الظروف التي خضعت لها أثناء التحول، إذ تتغير خاصياتها البنيوية والعيدانية تدريجيا حسب درجات التحول المتتالية تصاعديا، والتي يمكن تحديدها بواسطة المعادن المؤشرة وسحنات التحول. فحسب مجالات أهمية تأثير كل من عاملي الضغط ودرجة الحرارة تختلف المميزات العيدانية والبنيوية للصخور المتحولة، حيث تتم إعادة تنظيم العناصر الكيميائية للصخرة لفسح المجال لظهور أنواع معدنية جديدة، في الحالة الصلبة، تبعا لدرجات التحول المتصاعدة. وعليه يمكن تمييز ثلاث مجالات للتحول: التحول الدينامي والتحول الدينامي – حراري والتحول الحراري.

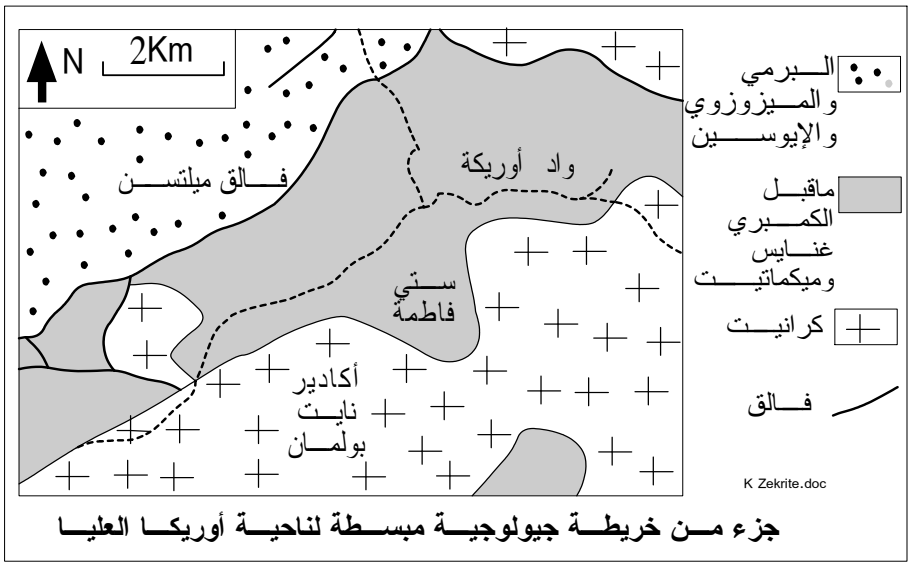
الفصل الثـــــــالث:
الكرانيتية وعلاقتها بالتحول

I الكرانيت الأناتكتي: مثال كرانيت أوريكا العليا

1- ملاحظات ميدانية:



منظـــر لاستســـطاح الميكماتيـــت بمنطقـــة ســـتي فاطمـــة يـــبرز تـــداخل الغنـــايس مـــع الكرانيـــت



جزء مـــن خريطـــة جيولوجيـــة مبســـطة لناحيـــة أوريكـــا العليـــا

** لون هذه الخريطـــة

** حـــدد خصـــائص الكرانيـــت المستســـطح فـــي هـــذه المنطقـــة وعلاقتـــه بالصـــخور المتحولـــة

1

❁ يرتبط كرانيت ستي فاطمة بصخور .....

.....

❁ .....

.....

.....

ملحوظة : يجمع الميكماتيت بين أشرطة كرانيتية وأخرى غنايسية: وينقص سمك الأشرطة الغنايسية كلما اقتربنا من كتلة الكرانيت.

2- ملاحظات بنيوية وعيدانية للصخور المستسطحة: (الوثيقة 2)

❁ إن المرور التدريجي من الصخور المتحولة (الغنايس) إلى الكرانيت ووجود صخرة وسيطة (الميكماتيت) يجعلنا نفترض أن الكرانيت .....

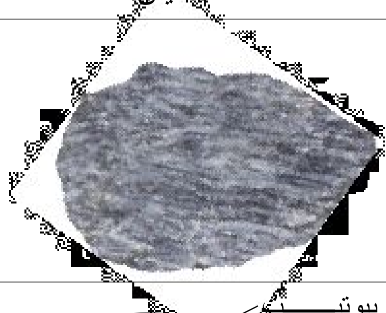
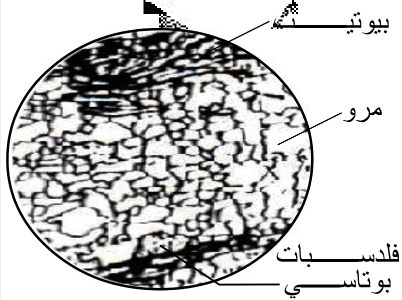
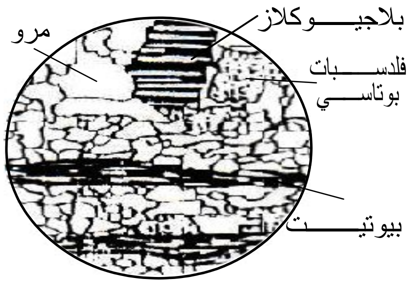
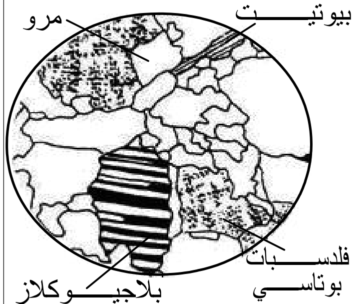
.....

❁ بما أن توجيه المعادن يفقد في صخرة الكرانيت، فيمكن أن نفترض أن المرور من الغنايس إلى الكرانيت يتم

....

....

2 لنتعـــرف علـــى خصـــائص الصـــخور المستســـطحة بمنطقـــة ســـتي فاطمـــة (أوريكـــا العليـــا)

	الغنـــايس	الميكماتيـــت	الكرانيـــــت
ملاحظة الصخرة بـــالعين المجردة			
ملاحظة الصـــفيحة الدقيقـــة بـالمجهر المســـتقطب			
وصف حالة المعادن والبنيـــة			
الحالة الفيزيائيـــة للصـــخرة أثنـــاء تشـــكلها			K Zekrite.doc

اجمـــع المعلومـــات الميدانيـــة لمنطقـــة أوريكـــا العليـــا والمعطيـــات البنيويـــة والعيدانيـــة واقـــترح فرضـــية حـــول العلاقـــة بيـــن هـــذه الصـــخور وتشـــكل كرانيـــت المنطقـــة

II أصل الكرانيت الأناتكتي

1- الأناتيكتية التجريبية: الوثيقة 3

أجوبـــة

1 – يتبين أنه **كيفما كان التركيب العيداني للصخرة الطينية** الأصلية فإن انصهارها الجزئي يعطي سائلا ....

....

....

2 – **ظاهرة الأناتيكتية** = Anatexie (انصهار = Anatéksis= fusion): هي ظاهرة ....

....

....

....

الوثيقة 3: نخضع 3 صخور طينية مختلفة A و B و C لضغوط هيدروستاتيكية قدرها 2 Kbar (الضغوط السائدة في عمق 7 أو8 Km) ولدرجات حرارة متصاعدة مع إضافة الصوديوم على شكل NaCl بنسبة 3% للاقتراب من الظروف الطبيعية:

C	B	A			
24%	20%	15%	quartz	المرو	التركيب العيداني للصخور الطينية
60%	70%	35%	illite	إليت	
10%	10%	50%	kaolinite	كاولنيت	
6%	0%	10%	divers	مختلفات	
670°C	670°C	670°C	درجة الحرارة الأناتيكتية température de l'anatexie		
34%	34%	34%	quartz	المرو	التركيب العيداني للصخرة المحصل عليها بعد تصلب السائل الأناتكتي
26%	26%	26%	orthose	أرتوز	
40%	40%	40%	plagioclase	بلاجيوكلاز (الألبيت)	

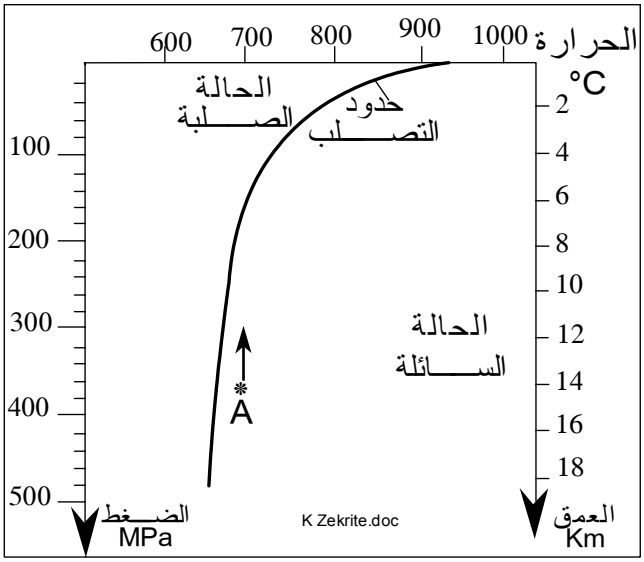
- انطلاقا من حرارة تساوي 500°C تقريبا، تتم إعادةالتنظيم البلوري وذلك باختفاء المعادن الطينية وظهور معادن مؤشرة للتحول.
- ابتداء من حرارة 670°C يحدث انصهار جزئي ينتج عنه سائل أولي ذو تركيب كرانيتي (سائل أناتيكتي) يؤدي تصلبه إلى تكون صخرة كرانيتية.

1 – قارن تركيب السائل الأناتيكتي المحصل عليه بتركيب الصخور الطينية A و B و C.

2 - عرف ظاهرة الأناتيكتية.

2- الأناتكتية وعلاقتها بتشكل السلاسل الجبلية

أ- ظروف تبلور الصهارة الكرانيتية: الوثيقة 4



✷ يمثل البيان جانبه منحنى التصلب الذي يعبر عن الحد الفاصل بين الحالة السائلة والحالة الصلبة للصهارة الكرانيتية حسب الضغط ودرجة الحرارة.

1 – كيف تتغير درجة حرارة التصلب بدلالة الضغط؟

✷ لنعتبر صهارة كرانيتية A تكونت تحت ضغط 370 MPa ودرجة حرارة 700°C.

2 – حدد الضغط والعمق الذين تتصلب فيهما هذه الصهارة في حالة صعودها دون أن تغير من درجة حرارتها.

3.– كيف تفسر ظهور الكرانيت في السطح إذن؟

✷ في حالات استثنائية تصل الصهارة الكرانيتية إلى السطح، لتعطي بعد تصلبها صخرة الريوليت Rhyolite.

4 – اعتمادا على المبيان جانبه، حدد درجة الحرارة الدنيا اللازمة لصهارة كرانيتية لكي تصل إلى السطح .

الوثيقة 4

أجوبة

1) .....

.....

.....

(2 .....

.....

(3 .....

.....

(4 .....

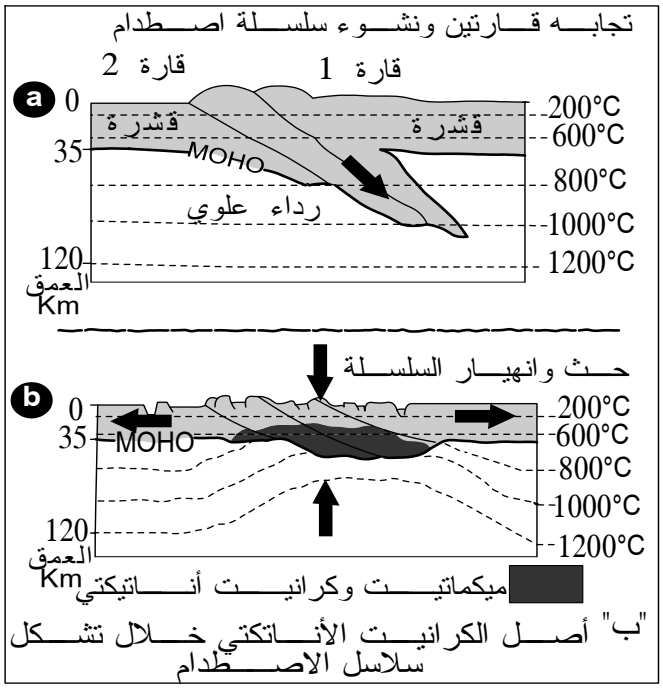
.....

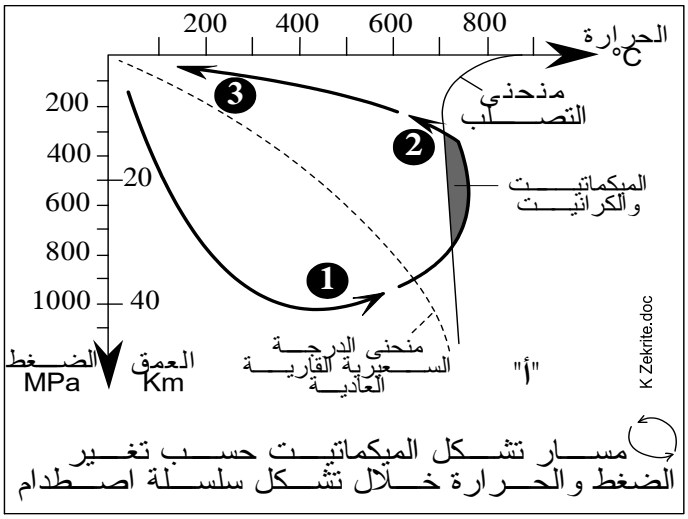
ب- <u>علاقة الكرانيت الأناتكتي بسلاسل الاصطدام</u>: الوثيقة 5

✷ ناسب لشكلي الوثيقة "ب" المراحل المناسبة لها (1 و 2) من الوثيقة "أ"

✷ اربط بين الوثيقتين "أ" و "ب" واعط تعليقا موجزا تبين من خلاله ظروف تشكل الكرانيت الأناتكتي وعلاقته بتشكل سلاسل الاصطدام

الوثيقة 5





✵ في مناطق الاصطدام، تؤدي القوى الانضغاطية إلى .....

.....

.....

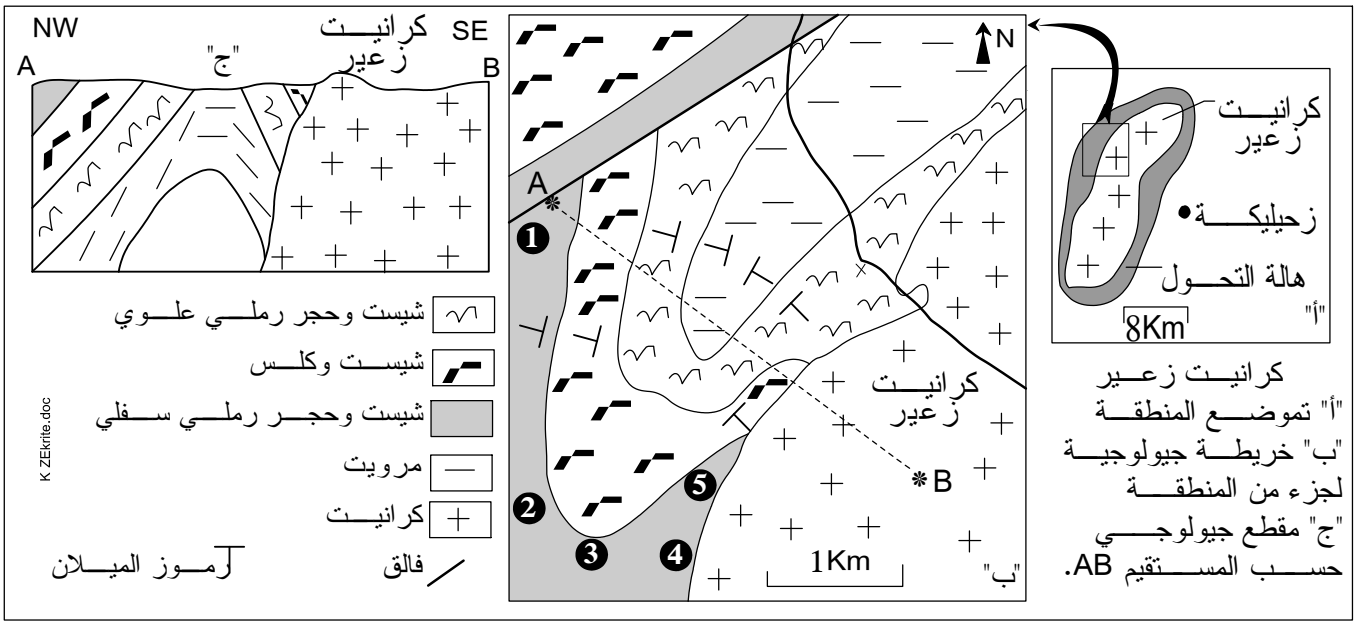
✵ في نهاية التقارب، تشهد السلسلة الجبلية قوى تكتونية تمددية فتصعد الوحدات الصخرية، .....

.....

.....

III الكرانيت الاندساسي وأثره على الصخور المجاورة: مثال كرانيت زعير

لنتعرف على مميزات كرانيت منطقة زعير وأثر هذا الكرانيت على الصخور المجاورة له:

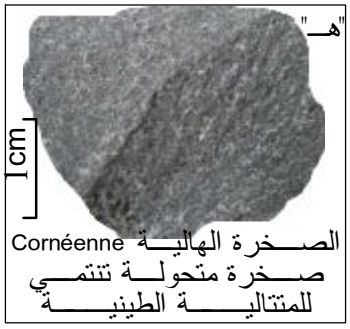


كرانيت زعير
"أ" تموضع المنطقة
"ب" خريطة جيولوجية لجزء من المنطقة
"ج" مقطع جيولوجي حسب المستقيم AB.

أخذت عينات صخرية من المواقع 1 إلى 5، يبين الجدولان (ت) و (ث) والصور (هـ) و (د) مميزات هذه الصخور:

"ت"	مجموعة الشيست والحجر الرملي السفلي
المجموعة الصخرية وموقعها في خريطة الشكل "ب"	❶ شيست طيني به كلوريت وسيريسيت. ❷ شيست به أندلوسيت ذو قد صغير. ❸ شيست به بيوتيت وأندلوسيت ذو قد كبير ❹ صخرة هالية بها فلدسبات بوتاسي (انظر الشكل "هـ"). ❺ حبيسات صخرة هالية في كتلة كرانيتية: (انظر الشكل "د").
حالة المعادن	– ظهور شيستية في الصخرة ❶ – غياب أي أثر لتوجيه المعادن في الصخور ❷ إلى ❺

يميز معدنا الكلوريت والسيريسيت درجات تحول ضعيفة، أما الفلدسبات البوتاسي فيميز درجات التحول المرتفعة. ويؤشر الأندلوسيت عن تعرض الصخرة لحرارة مرتفعة.
"ث"



الصخرة الهالية Cornéenne
صخرة متحولة تنتمي للمتتالية الطينية

حبيسة لصخرة هالية 'cor' داخل كتلة كرانيتية 'gra'.

1- انطلاقا من تحليل الخريطة والمقطع الجيولوجيين، حدد خاصيات كرانيت زعير وعلاقته بالصخور المتحولة
2- لنأخذ مجموعة الشيست والحجر الرملي السفلي "الشكل ت"، قارن بين مختلف العينات الصخرية كلما اقتربنا من الكتلة الكرانيتية
3- اجمع كافة المعطيات المتوفرة، وحدد نمط التحول الذي خضعت له الصخور المجاورة لكتلة كرانيت زعير

6

1 – على مستوى الخريطة والمقطع الجيولوجيين يظهر كرانيت زعير:

.....

.....

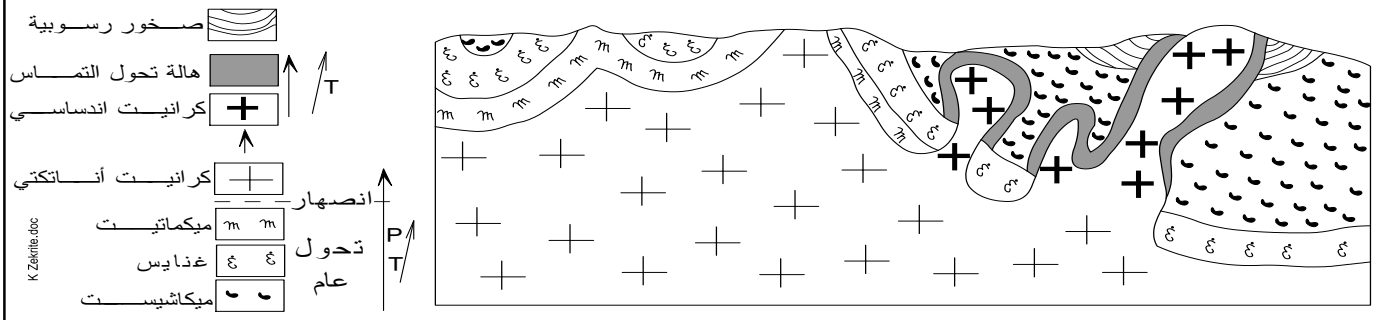
.....

بقية الأجوبة

المصاحبة لنشوء السلاسل الجبلية في برنامج السنة الثانية بكالوريا العلوم التجريبية مسلكي علوم الحياة والأرض وعلوم فيزيائية
اقتراح الأستاذة خديجة زكريط
ثانوية أبطيح

IV العلاقة بين الكرانيتية والتحول

يمثل المقطع التالي رسما تصوريا للعلاقة بين التحول العام والكرانيت الأناتكتي من جهة وبين تحول التماس والكرانيت الاندساسي من جهة ثانية:



اعتمادا على هذا الرسم التصوري، وعلى معلوماتك السابقة، استخرج أهم خصائص كل من الكرانيت .الأناتكتيي والكرانيت الاندساسي وعلاقة كل منهما بظاهرة التحول

7

يدرج الجدول التالي العلاقة بين نوعي الكرانيت ونوعي التحول المرتبطين بهما:

	الكرانيت الأناتكتي وعلاقته بالتحول الإقليمي	**الكرانيت الاندساسي وعلاقته بتحول التماس**
أصل الكرانيت	صهارة ناتجة عن ظاهرة الأناتكتية تتبلور في موقع تشكلها	صهارة ناتجة عن ظاهرة الأناتكتية تغادر موقعها الأصلي، تصعد عبر الصخور التي تعلوها وتحل محلها.
العلاقة الوراثية كرانيت - تحول	يدخل الكرانيت الأناتكتي ضمن متتالية التحول العام (يشكل حلقة قصوى من درجات "التحول").	الكرانيت الاندساسي هو المسؤول عن حدوث التحول الذي حوله (هالة التحول = تاج).
المميزات الميدانية للحدود بين الكرانيت والصخور المتحولة.	انتقال تدريجي من الصخور المتحولة إلى الكرانيت الأناتكتي، الحدود غير صريحة تتميز بظهور صخرة الميكماتيت، الصخرة المزيج بين الكرانيت والغنايس.	حدود صريحة بين الكرانيت الاندساسي والصخور المتحولة التي تحيط به. تتميز الحدود بتواجد حبيسات مؤشرة على بقايا صخور أصلية لم تهضم بفعل الصهارة الكرانيتية المندسة.
مميزات الصخور المتحولة	- امتداد جغرافي شاسع (تحول إقليمي = عام) - تضم الصخور المتحولة معادن موجهة مؤشرة على ضغط وحرارة مرتفعين. (تحول دينامي - حراري)	- امتداد جغرافي جد محدود. - تضم هالة التحول معادن غير موجهة مؤشرة على حرارة مرتفعة وضغط منخفض.(تحول حراري) K Zekrite.doc

V حصيلة عامة

في أقصى درجات التحول بمناطق تشكل السلاسل الجبلية، تخضع الصخور لانصهار جزئي يعطي سائلا ذا تركيب كرانيتي تتصلب قطراته الأولى داخل مادة غير منصهرة مما يؤدي إلى تكون الميكماتيت. عندما تزداد نسبة السائل يمكن أن يتصلب في موقعه ليعطي الكرانيتات الأناتيكتية، كما يمكنه أن يغادر موقعه الأصلي ليصعد عبر التشققات فيتصلب في الأعماق مكونا كتلا اندساسية تؤثر في الصخور المجاورة التي تخضع لظاهرة تحول التماس.

رجاء لا تنسوني من الدعاء

المعجـــــــــــم

❁ **الصخور الرسوبية**: تتكون على سطح الأرض، غالبا في الأوساط المائية عبر أربع مراحل وهي الحت ثم النقل ثم الترسب ثم التصخر، تكون هذه الصخور على شكل طبقات أفقية ومتوازية ومتراكبة قد تحتوي على مستحاثات . مثال الكلس، الطين، الحجر الرملي الخشن، السجيل، الفوسفاط، الملح الصخري...

❁ **الصخور الصهارية**: وهي نتاج لتبريد وتصلب الصهارة. وحسب موقع التبريد، نميز بين:

- الصخور الصهارية الداخلية المنشأ = البلوتونية = النرجفية: تتبرد الصهارة في الأعماق. تكون بنية هذه الصخور محببة = كاملة التبلور. مثال الكرانيت، الغابرو، الكرانوديوريت، الدوليريت...
- الصخور الصهارية الخارجية المنشأ = البركانية: تتميز ببنية ميكروليتية. مثال: البازلت، الريوليت، الأنديزيت....

❁ **الصخور المتحولة**: هي صخور تعرضت لضغط وحرارة مرتفعين مما أدى الى تغير في بنيتها و تركيبها. تتميز هذه الصخور ببنيات خاصة مثل الشيستية والتوريق. مثال الشيست الأخضر، الميكاشيست، الغنايس، الشيست الأزرق، الإكلوجيت، الأمفيبوليت، الصخرة الهالية، الفولاستونيت، الرخام ....

❁ **القشرة القارية**: هي طبقة من الصخور الرسوبية والمتحولة والصهارية التي تُشكل القارات والمناطق الضحلة (المغمورة بطبقة قليلة من الماء) من قاع البحر بالقرب من الشواطئ والتي تُسمى بالرصيف القاري. يتراوح سمك القشرة القارية بين 30 و 80Km، تتألف في أغلبها من صخور الكرانيت، كثافتُها $2,7g/cm^3$.

❁ **القشرة المحيطية**: هي جزء من غلاف الأرض الصخري وتشكل قيعان المحيطات، تتكون بشكل رئيسي من المعادن القاتمة الغنيّة بالحديد والمغنيسيوم . سمكها عموما أقل من،10Km كثافتها أعلى من القشرة القارية حيث تصل إلى $2,9g/cm^3$

❁ **الرداء**: يتمركز بين القشرة الأرضية والنواة، يصل سمكه الى حوالي 2900Km، يتكون أساسا من صخرة البيريدوتيت، وهو مقر لحركات داخلية لحالته الفيزيائية اللدنة، يتكون من جزأين:

- الرداء العلوي: يتكون من جزء صلب قابل للانكسار يشكل مع القشرة الأرضية ما يسمى بالغلاف الصخري وجزء لدن وأقل صلابة (تكون البيريدوتيت قريبة من حالة الانصهار) يسمى الأستينوسفير.
- الرداء السفلي يمتد عمقه من 700Km إلى 2885.

❁ **الغلاف الصخري**: الطبقة الصلبة من الأرض ذات سمك يتراوح بين 70 و 120Km يتكون من القشرة الأرضية والجزء الصلب من الرداء العلوي.

❁ **انقطاع Moho**: انقطاع يفصل بين القشرة الأرضية والرداء العلوي، يحدث على مستواه تغير مفاجئ في اتجاه وسرعة الموجات الزلزالية.

❁ **الصفيحة الصخرية**: قطعة من الغلاف الصخري الصلب، تطفو فوق الأستينوسفير اللدنة، تشتمل على أجزاء محيطية فقط أو على أجزاء قارية ومحيطية معا. تحد الصفائح بهوامش نشيطة (الذروات، مناطق الطمر، الفوالق المحولة، مناطق الاصطدام).

❁ **حركية الصفائح = تكتونية الصفائح**: تتحرك الصفائح بعضها بالنسبة للبعض، وهذه الحركية إما أن تكون حركة التباعد ⇨ ⇦ (مثل صفيحة إفريقيا وصفيحة أمريكا الجنوبية) أو حركة تقارب ⇨⇦ (مثل صفيحة إفريقيا و الصفيحة الأوروأسيوية). تسمى هذه الحركية النسبية للصفائح بتكتونية الصفائح. ويمكن قياس هذه الحركية باستعمال تقنيات حديثة مثل GPS.

❁ **ذروة محيطية**: سلسلة جبلية بركانية تخترق وسط معظم المحيطات يتوسطها خندق عميق يسمى بالخسف، يتم على مستواها تجديد الغلاف الصخري المحيطي باستمرار مما يجعلها منطقة تباعد حيث تبتعد الصفيحتان عن بعضهما البعض. تتراوح سرعة التباعد بين 2cm في السنة (ذروة المحيط الأطلسي) وأكثر من 10cm في السنة (ذروة المحيط الهادي).
❁ **ظاهرة الطمر**: انغراز الغلاف الصخري المحيطي (كثافة مرتفعة) تحت الغلاف الصخري القاري (كثافة منخفضة).
❁ **ظاهرة الاصطدام**: عندما ينفذ الغلاف الصخري المحيطي الموجود بين قارتين بفعل الطمر، تتجابه الكتلتان القاريتان فنتكلم عن اصطدام.
❁ **ظاهرة الطفو**: لظروف معينة، يمكن أن يزحف الغلاف الصخري المحيطي (كثافة مرتفعة) فوق الغلاف الصخري القاري فنتكلم عن ظاهرة الطفو.
❁ **سلاسل الطمر**: تنشأ هذه السلاسل عندما تنغرز صفيحة محيطية تحت صفيحة قارية. تتميز هذه الهوامش بقوى تكتونية انضغاطية تسبب: تقصير وازدياد سمك الغلاف الصخري القاري مع تشوهه (طيات وفوالق)، حدوث زلازل (سطح مائل: Benioff)، بركانية أنديزيتية وصخور بلوتونية من نوع الكرانوديوريت في مستوى الصفيحة القارية الراكبة، شذوذ حراري (معدل الدرجة السعيرية لا يتعدى 10°C/Km)، نشوء موشور التضخم، وميلاد حفر محيطية عميقة (8Km)، تحول صخور الغلاف الصخري المحيطي المنغرز (تحول دينامي).
❁ **سلاسل الاصطدام**: تنشأ هذه السلاسل عندما تتجابه صفيحتان قاريتان. ويكون هذا الاصطدام مسبوقا بطمر يؤدي إلى اختفاء القشرة المحيطية التي كانت تفصل القشرتين القاريتين المتصادمتين. تتميز هذه الهوامش بقوى تكتونية انضغاطية، تقصير وازدياد سمك الغلاف الصخري القاري مع تشوهه (طيات، فوالق وتراكبات)، وجود صخور أنديزيتية وصخور بلوتونية من نوع الكرانوديوريت وموشور التضخم نتجت خلال ظاهرة الطمر، وجود أوفيوليت (غلاف صخري محيطي قديم)، صخور متحولة (تحول دينامي: نشأت خلال ظاهرة الطمر) وصخور متحولة (تحول دينامي حراري: تشكلت خلال الاصطدام، كما أنها حدود ملائمة لنشوء الكرانيت الأناتكتي.
❁ **سلاسل الطفو**: تنشأ هذه السلاسل عندما يتوقف الطمر وتحت تأثير القوى الانضغاطية المتزايدة، حيث تزحف الكتلة المحيطية فوق الكتلة القارية. تتميز هذه الهوامش بقوى تكتونية انضغاطية، تقصير وازدياد سمك الغلاف الصخري القاري مع تشوهه (تراكبات ضخمة: سدائم)، وجود صخور أنديزيتية وصخور بلوتونية من نوع الكرانوديوريت وموشور التضخم نتجت خلال ظاهرة الطمر، وجود أوفيوليت (غلاف صخري محيطي قديم يغطي قشرة قارية)، صخور متحولة (تحول دينامي: نشأت خلال ظاهرة الطمر).
❁ **الأوفيوليت**: مركب من الصخور الصهارية (بازلت على شكل وسيدات ← عروق الدوليريت ← الغابرو البيريدوتيت) ذو لون أخضر، وهو عبارة عن قطعة من الغلاف الصخري المحيطي القديم أدمجت داخل السلاسل الجبلية إثر ظواهر ترتبط بتكتونية الصفائح (الطفو أو الاصطدام).
❁ **موشور التضخم**: كتل صخرية رسوبية بحرية نتجت عن كشط الرواسب التي تعلو القشرة المحيطية بفعل القشرة القارية خلال ظاهرة الطمر. تدفع هذه الكتل في التجاه القارة وتشكل مقدمة السلاسل الجبلية.
❁ **الطيات**: نوع من التشوهات تبقى خلالها الطبقات الصخرية متصلة، تنجم عن قوى تكتونية انضغاطية في مناطق التجابه والتقارب، حيث تطوى الطبقات الصخرية المرنة لتأخذ أشكالا محدبة (طيات محدبة) أو أشكالا مقعرة (طيات مقعرة).

❁ **الفوالق**: عبارة عن تشوهات تكتونية تنفصل خلالها الطبقات الصخرية، لتعطي كتلتين تتحركان نسبيا عن بعضهما البعض. تصنف الفوالق حسب وضع مساحة الفالق ومنحى التنقل النسبي للكتلتين، إذ نميز الفالق العادي والفالق المعكوس والانقلاع. تشهد الفوالق المعكوسة على تدخل قوى انضغاطية، بينما تحدث الفوالق العادية إثر قوى تمددية.

❁ **الطية/ فالق**: نوع من التشوهات الوسيطة حيث تنتج الطية الفالق بعد تعرض الطية لقوى انضغاطية من أحد جانبيها فيتمدد ويترقق الجانب المقابل لمنحى القوى، فينكسر ويعطي فالق.

❁ **التراكبات**: نوع من التشوهات الوسيطة تحدث نتيجة استمرار القوى الانضغاطية على الطية/ الفالق، حيث يزحف الجانب الأعلى فوق الآخر مشكلا تراكبا.

❁ **السدائم**: عندما يكون زحف الطبقات الراكبة فوق الطبقات المركوبة لمسافات كبيرة قد يصل لعدة كيلومترات، نتكلم عن سديمة.

❁ **الدرجة السعيرية**: قيمة ارتفاع درجة الحرارة مع زيادة العمق. تصدر الحرارة داخل الكرة الأرضية عن تفكك العناصر إشعاعية النشاط مثل الأورانيوم، وتزداد كمية هذه العناصر غير المستقرة حسب العمق مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة معه. تقدر الدرجة السعيرية ب 5 إلى 10°C/Km في الكتل القارية القديمة وفي مناطق الطمر وتصل إلى 50 إلى 100°C/Km في مناطق الذروات الوسط محيطية.

❁ **تيارات الحمل الحراري**: يؤدي تدفق الحرارة داخل الأرض إلى حدوث حركة للمادة في الحالة الصلبة مما يؤدي إلى تشكل تيارات الحمل الحراري وهي المسؤولة عن حركية الصفائح، فتتقارب في مناطق الطمر (تيارات هابطة) وتتباعد في مناطق الذروات (تيارات صاعدة)

❁ **التحول**: هو مجموع التغيرات البنيوية و العيدانية التي تخضع لها الصخور القديمة (رسوبية أو صهارية) يتم التحول في الحالة الصلبة تحت تأثير الضغط أو الحرارة أو هما معا

❁ **الشيستية:** تجمع المعادن على شكل أسرة دقيقة يجعل الصخرة سهلة الانفصام إذ تتجزأ إلى وريقات منتظمة.

❁ **التوريق**: تعاقب المعادن على شكل أسرة فاتحة وأخرى داكنة، يجعل الصخرة غير قابلة للانفصام.
الشيستية والتوريق بنيات مميزة للصخور المتحولة وتعبر عن تعرض الصخرة في حالتها الصلبة لعامل الضغط

❁ **بنية ميكروليتية**: نتحدث عن بنية ميكروليتية عندما تكون الصخرة مكونة من بلورات كبيرة وأخرى مجهرية مغمورة في عجينة زجاجية غير متبلورة. تميز هذه البنية الصخور الصهارية البركانية وتعبر عن تبلور مرحلي إذ بدأ التبلور في الغرفة الصهارية فأدى إلى نشوء البلورات الكبيرة، أما الميكروليتات فتبلورت أثناء صعود الصهارة، واكتمل التبرد في السطح بشكل سريع فنجم عنه مادة غير متبلورة تسمى الزجاج.

❁ **بنية محببة**: نتحدث عن بنية محببة عندما تكون الصخرة مكونة من بلورات كبيرة فقط دون عجين زجاجي. تميز هذه البنية الصخور الصهارية البلوتونية، إذ نجمت عن تبرد بطيئ للصهارة في العمق.

❁ **مجال استقرار معدن معين**: عند إخضاع صخرة لارتفاع الضغط أو الحرارة أو هما معا تختفي بعض المعادن و تظهر معادن جديدة، تسمى المعادن المختفية بالغير المستقرة و تسمى المعادن الجديدة بالمستقرة، فكل معدن يستطيع التواجد في مجال محدود من قيم الضغط و الحرارة، يسمى مجال الاستقرار.

❁ **التفاعل العيداني**: إثر تغير ظروف الضغط والحرارة تظهر معادن أكثر استقرارا في الظروف الجديدة نتجت إثر تفاعلات بين معادن سابقة أصبحت غير مستقرة. مثال لتفاعل عيداني في صخور القشرة المحيطية خلال الطمر : بلاجيوكلاز + كلوكوفان ⇦ بيجادي + جاديبيت + ماء

❁ **معدن مؤشر**: معدن يظهر في ظروف جد محددة لدرجة الضغط والحراة، يتميز بمجال استقرار ضيق، وبذلك فتواجده في صخرة متحولة يمثل ذاكرة للظروف القصوى للضغط والحرارة التي تعرضت لها الصخرة.

❁ **متتالية تحولية**: يؤدي اختفاء المعادن الغير مستقرة و ظهور المعادن الجديدة المستقرة إلى تغير الصخرة، نسمي مجموع الصخور الناتجة عن تحول نفس الصخرة الأم عند زيادة شدة التحول بالمتتالية التحولية مثلا: المتتالية البازلتية (أو الصادرة من الكابرو): البازلت (الكابرو) ----- الشيست الأخضر----- الشيست الأزرق ----- الإكلوجيت.

❁ **سحنة التحول**: يمكن هذا المفهوم من تجميع صخور تعرضت لظروف ضغط وحرارة معينة، بغض النظر عن تركيبها الكيميائي. أما أسماء السحنات فتمثل أسماء الصخور المتحولة ذات التركيب البازلتي بذلك تعبر السحنة عن تجمعات معدنية تتقارب في ظروف التشكل والتي تميز صخرة معينة، هذا يعني أن كل سحنة تقابل مجال معين من الضغط والحرارة.

❁ **سلسلة تحولية**: مجموع سحنات التحول المسؤولة عن ظهور المتتالية التحولية.

❁ **التحول الدينامي**: تحول يتميز بارتفاع سريع للضغط في حين يكون ارتفاع درجة الحرارة منخفضا. يتميز بوجود الشيست الأزرق. تخضع لهذا الصنف من التحول صخور القشرة المحيطية أثناء انغرازها بفعل ظاهرة الطمر، إذ يتحول الكابرو (أو البازلت) بالتتالي إلى ⇦ شيست أخضر ⇦ شيست أزرق ⇦ إكلوجيت.

❁ **التحول الدينامي – حراري = التحول العام = التحول الإقليمي**: يحدث تحت ارتفاع متزامن لكل من درجة الحرارة والضغط. يتميز بالمرور من الدستين إلى السليمانيت. يخضع لهذا الصنف من التحول صخور القشرة القارية أثناء ظاهرة الاصطدام إذ يمكن أن تتحول صخرة الطين مثلا ⇦ شيست أخضر ⇦ ميكاشيست ⇦ غنايس

❁ **التحول الحراري = تحول التماس**: أثناء صعود الصهارة تتعرض الصخور المحيطة لتغير مفاجئ في درجة الحرارة دون زيادة في الضغط فتتعرض لتحول حراري (هالة التحول)، يتميز بالمرور من الأندلوسيت الى السليمانيت

❁ **ظاهرة الأناتيكتية** = Anatexie (انصهار = Anatéksis= fusion): هي ظاهرة الانصهار الجزئي التي تخضع لها الصخور الرسوبية (أو الصخور التحولية الناجمة عنها على إثر التحول العام)، بفعل الارتفاع التدريجي لدرجة الضغط والحرارة. تسمى الحرارة الضرورية لهذا الانصهار الجزئي بالحرارة الأناتيكتية، ونسمي السائل (الخليط) الذي يظهر في بداية هذا الانصهار بالسائل الأناتيكتي.يعطي هذا السائل عند تبرده كرانيتا نسميه بالكرانيت الأناتكتي.

❁ **الميكماتيت**: تشكيلات وسيطة عبارة عن خليط من الكرانيت والغنايس.(خليط = migma = mélange).

❁ **الكرانيت الأناتكتي**: صخرة صهارية بلوتونية ناتجة عن ظاهرة الأناتكتية إذ تتبرد الصهارة الناتجة عن الانصهار الجزئي في موقع تشكلها. يتشكل إثر ارتفاع الضغط والحرارة في مناطق الاصطدام وبذلك فهو يجاور الصخور المتحولة الناجمة عن التحول الدينامي- حراري تتميز، حدوده مع الصخور المتحولة بظهور صخرة الميكماتيت.

❁ **الكرانيت الانسداسي**: صخرة صهارية بلوتونية ناتجة عن ظاهرة الأناتكتية إذ تغادر الصهارة موقعها الأصلي وتصعد عبر الصخور التي تعلوها. تؤدي الحرارة المنبعثة من هذه الصهارة إلى تحول الصخور المجاورة وظهور هالة تحول (تحول حراري) تتميز حدود هذا الكرانيت مع الصخور المتحولة بوجود حبيسات وهي بقايا الصخور الأصلية في الموقع والتي لم تهضمها الصهارة.

المراجع

- في رحاب علوم الحياة والأرض (الكتاب المدرسي) السنة الثانية من سلك البكالوريا شعبة العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض.
- الكتاب المدرسي لمادة العلوم الطبيعية السنة الأولى ثانوي شعبة العلوم التجريبية.
- الجديد في علوم الحياة والأرض (الكتاب المدرسي) السنة الثانية من سلك البكالوريا شعبة العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض.
- الامتحانات الوطنية للبكالوريا مادة علوم الحياة والأرض شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية ومسلك علوم الحياة والأرض.
- سلسلة باك الأكاديميات.
- Sciences de la vie et de la terre Régis Demounem, Josef Gourlaouen, Eric Périlleux 1re S NATHAN
- Sciences de la vie et de la terre Tavernier C.Lizeaux TermS BORDAS