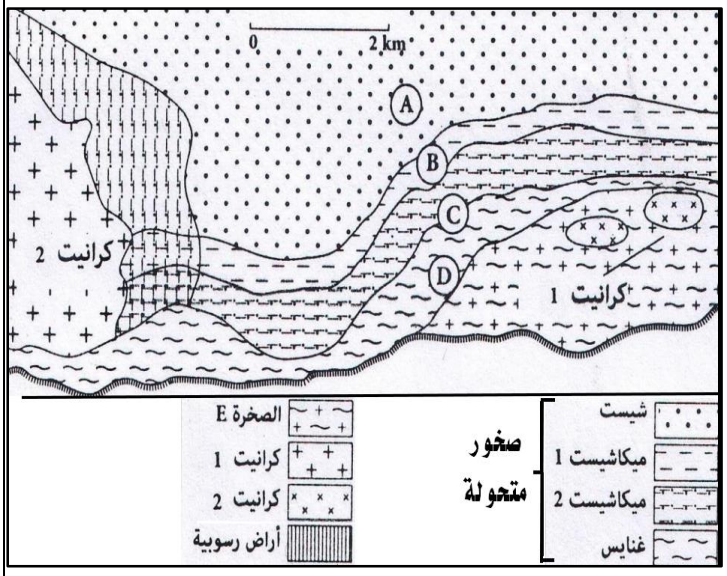
بطاقة النشاط 1: الصخور المتحولة وظاهرة التحول

الوضعية

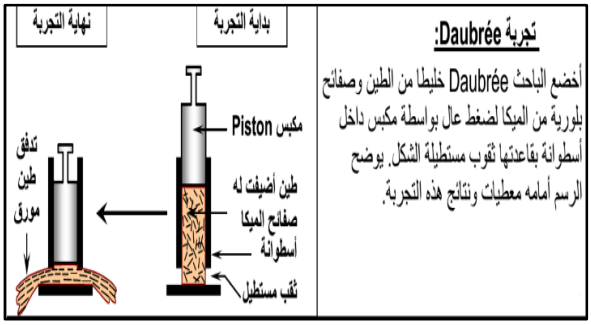
تبين دراسة أعماق الغلاف الصخري ان يتكون أساسا من الصخور الصهارية الكرانيتية والصخور المتحولة، هذه الأخيرة تظهر كذلك في الأجزاء العميقة من السلاسل الجبلية ولا تظهر في السطح إلا في حالة حث الطبقات التي تعلوها. للكشف عن أصل الصخور المتحولة وعلاقتها بتشكل السلاسل الجبلية ندرس في هذا النشاط مميزات الصخور المتحولة وتعريف ظاهرة التحول والعوامل المتدخلة فيها من خلال الأسناد التالية:

الأسنـــــــاد

- الوثيقة 1: خريطة جيولوجية مبسطة لجزء من جبال البيريني الفرنسية.
- عينات من الصخور المتحولة، الصهارية والرسوبية.
- الوثيقة 3: تجربة الكشف عن تأثير درجة الحرارة في التحول.
- الوثيقة 4: تجربة الكشف عن تأثير الضغط في التحول.
- الوثيقة 5: تجربة الكشف عن تأثير الضغط ودرجة الحرارة معا في التحول.

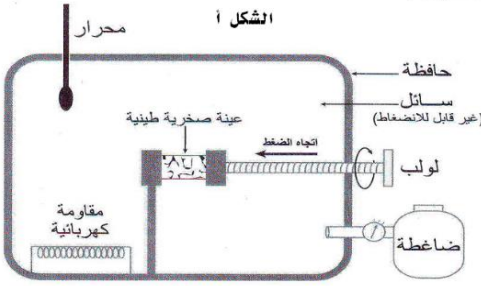


تأثير درجة الحرارة : تجربة Winkler : قام Winkler بإخضاع صخور طينية لضغط ثابت 2 Kbar مع ارتفاع تدريجي لدرجة الحرارة فحصل على النتائج الممثلة في الوثيقة



يُمكّن التركيب التجريبي الشكل (أ) من الحصول على صخور متحولة بشكل تدريجي وذلك انطـــلاقا من عينة طينية أُخضعت، تحت تأثير ضغط موجه معين، لارتفاع عاملي الضغط والحرارة داخل الحافظة ويلخص الجدول (ب) ظروف ونتائج هذه التجربة.

الشكل أ



- اللولب : ضبط الضغط الموجه الذي يجسد الضغط التكتوني.
- الضاغطة : ضبط الضغط داخل الحافظة. يجسد ضغط الغلاف الصخري.
- المقاومة : ضبط الحرارة داخل الحافظة.

الشكل ب

الضغط و الحرارة السائدين داخل الحافظة	غياب الضغط الموجه (تقصير منعدم)	تطبيق ضغط موجه (تقصير مهم)
T= 300°C P= 3.5 Kbar	ظهور السيريسيت و الموسكوفيت. (معادن غير موجهة)	ظهور السيريسيت و الموسكوفيت. (معادن غير موجهة = شيستية)
T= 400°C P= 4.5 Kbar	- اختفاء السيريسيت و الموسكوفيت. - ظهور البجادي و البيوتيت. (معادن غير موجهة)	- اختفاء السيريسيت و الموسكوفيت. - ظهور البجادي و البيوتيت. (كل المعادن موجهة)

التعليمـــــات

1. اعتمادا على معطيات الوثيقة 1، **صف** توزيع الصخور المتحولة بجانب باقي أنواع الصخور.
2. من خلال ملاحظة عينات الصخور المتحولة، الرسوبية والصهارية، **استنتج** مميزات الصخور المتحولة.
3. باستغلالك معطيات الوثائق 2، 3 و 4، **استنتج** مفهوم التحول والعوامل المتدخلة فيه ودور كل عامل.

ذ. محمد اشباني

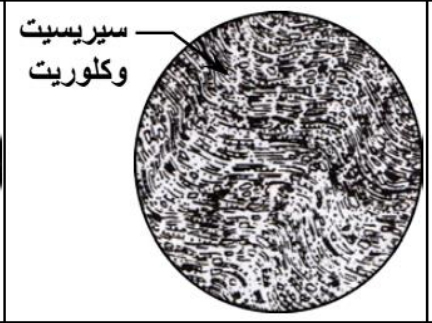
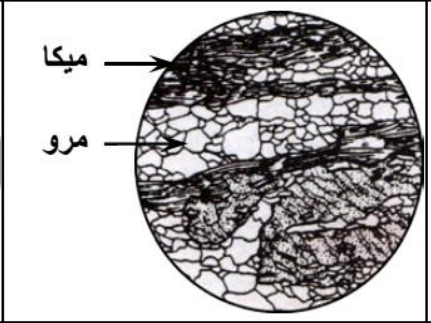
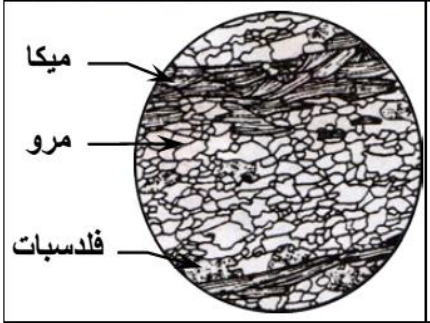
بطاقة النشاط 2: المميزات البنيوية والعيدانية للصخور المتحولة في مناطق الاصطدام

الوضعية

تتميز سلاسل الاصطدام إضافة للتشوهات التكتونية والصخور الصهارية بوجود استسطاح مهم للصخور المتحولة حيت تم تحديد 3 أنواع أساسية وهي الشيست والميكاشيست والغنايس. للكشف عن المميزات البنيوية والعيدانية للصخور المتحولة المميزة لسلاسل الاصطدام نقترح دراسة معطيات الوثيقة التالية

الأســنـــــــــاد

- الوثيقة : مقارنة البنية المجهرية والتركيب العيداني والكيمائي للخصور المتحولة المميزة لمناطق الاصطدام.

	الشيست	الميكاشيست	الغنايس
ملاحظة الصخرة بالعين المجردة			
ملاحظة الصفيحة الدقيقة بالمجهر المستقطب			
التركيب الكيميائي (%) SiO_2	60.2	60.9	68.7
Al_2O_3	20.9	19.1	16.2
Fe_2O_3	2.8	1.2	0.7
FeO	3.7	4.1	4.1
MgO	0.85	1.4	1.3
CaO	0.55	1.7	1.8
Na_2O	2.45	2.1	3.8
K_2O	4.1	3.7	3
الماء	4,05	3,65	1,39

التعليمـــــات

1. **قارن** البنية المجهرية والتركيب العيداني لكل من الشيست، الميكاشيست والغنايس **واقترح تفسيرا** لتغير بنية ومعادن تلك الصخور.
2. **ماذا تستنتج** من خلال مقارنة التركيب الكيميائي للصخور المدروسة؟
3. بينت الدراسة الكيميائية الصخور الطينية في مناطق تواجد الصخور المتحولة المدروسة ان تتكون أساسا من سيليكات الألومين Al_2SiO_5 ، **هل** هذا يمكن ان يفسر أصل الصخور المتحولة ؟ **علل إجابتك**

بطاقة النشاط 3: مفهوم المعدن المؤشر، المتتالية التحولية، السحنة التحولية والسلسلة التحولية

الوضعية

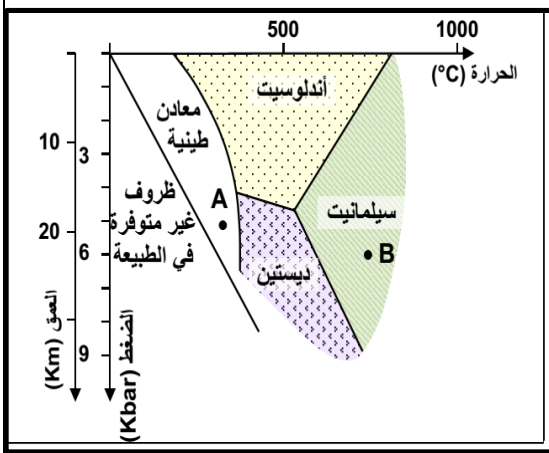
خلال التحول تختفي معادن وتظهر أخرى وذلك حسب درجة الحرارة والضغط فماهي مجالات استقرار المعادن؟ وكيف يتم توظيفها في تقدير شدة التحول؟

الأسـنـــــاد والتعليـمات

- الوثيقة 1: تجربة الكشف عن طبيعة التغير العيداني المصاحب للتحول (المعادن المؤشرة).

تجربة Richardson ومساعدوه:

أخضع هؤلاء الباحثون عينات من خليط من سيليكات الألومين لدرجة حرارة وضغط مرتفعين ومتغيرين، فاستطاعوا تحديد مجال استقرار المعادن الثلاثة: الأندلوسيت Andalousite، والسيلمانيت Sillimanite، والدستين Disthène (أنظر المبيان أمامه) تمثل الخطوط المستقيمة حدود مجال استقرار كل معدن، ويعبر الخط الفاصل بين مجالين عن الظروف اللازمة لكي يتم التفاعل العيداني، وبالتالي تحول معدن إلى آخر.



التعليمات

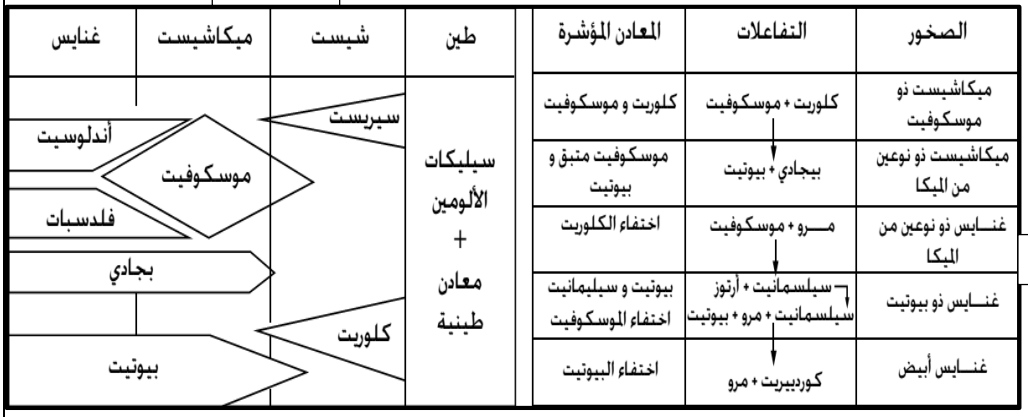
1. من خلال معطيات الوثيقة 1، **حدد** مجال استقرار المعادن الثلاث الملاحظة.
2. بالاستعانة بمعطيات الوثيقة 1، **استنتج** المعادن التي ستظهر في صخرة طينية إذا كانت في عمق 10 كيلومتر ودرجة حرارة 200c ثم 500c.
3. تم العثور على صخرة متحولة تحتوي على كمية مهمة من معدن السيليمانيت. **هل** يمكن ان يفيد هذا المعطى في تعرف ظروف التحول التي أدت لتشكل تلك الصخرة؟ **علل إجابتك**.
4. انطلاقا من مما سبق **بين** لماذا يطلق على كل من الأندلوسيت والسيليمانيت والديستين معادن مؤشرة.

- الوثيقة 2: الجدول أ متتالية تحولية لصخور طينية وتركيبها العيداني. الجدول ب: تغير التركيب العيداني حسب ظروف الضغط ودرجة الحرارة مع مجالات استقرار هذه المعادن.

الجدول أ

الصخور	التفاعلات	المعادن المؤشرة
ميكاشيست ذو موسكوفيت	كلوريت + موسكوفيت	كلوريت و موسكوفيت
ميكاشيست ذو نوعين من الميكا	بيجادي + بيوتيت	موسكوفيت منبق و بيوتيت
غنـايس ذو نوعين من الميكا	مـــرو + موسكوفيت	اختفاء الكلوريت
غنـايس ذو بيوتيت	سيلسمانيت + أرتوز → سيلسمانيت + مرو + بيوتيت	بيوتيت و سيليمانيت اختفاء الموسكوفيت
غنـايس أبيض	كورديبريت + مرو	اختفاء البيوتيت

الجدول ب

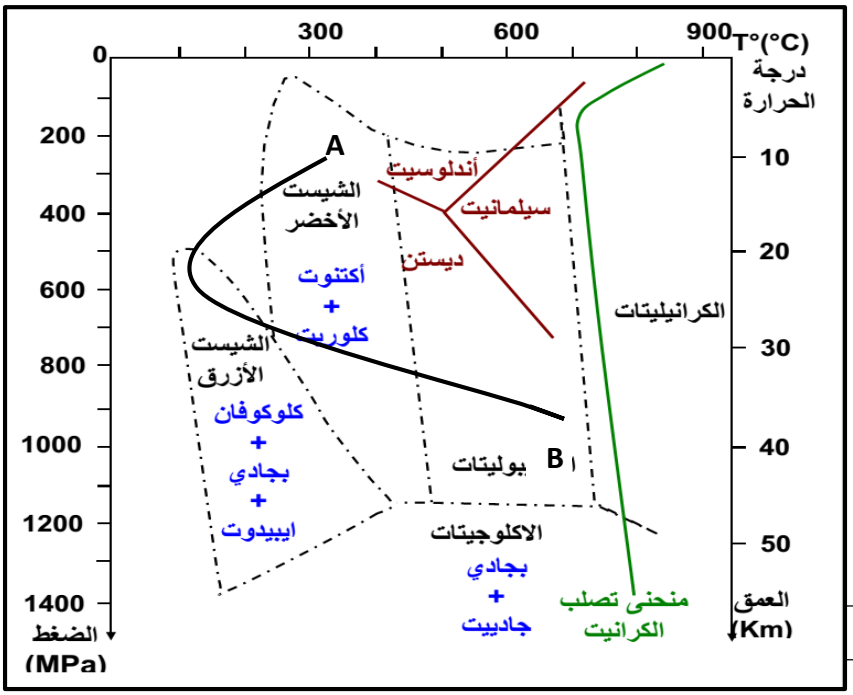


التعليمات

5. **صف** معطيات الجدولين أ و ب **واستنتج** منهما تعريف المتتالية التحولية

الوثيقة 3: سحنات التحول والسلسلة التحولية

قام الجيولوجي الفنلندي Escola بإخضاع صخرة بازلتية لظروف ضغط وحرارة متغيرين فحصل على النتائج المبينة في الوثيقة.



الوثيقة 3

التعليمات

6. **صف** مبيان الوثيقة 3 **واستنتج** مفهوم سحنة التحول.
7. من خلال مبيان الوثيقة **ماهي** سحنات التحول التي ميزت تحول الصخرة A الى الصخرة B؟

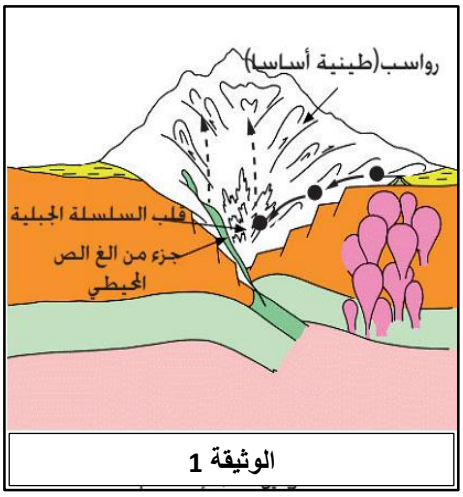
بطاقة النشاط 4: مميزات التحول المصاحب لتشكل سلاسل الاصطدام

الوضعية

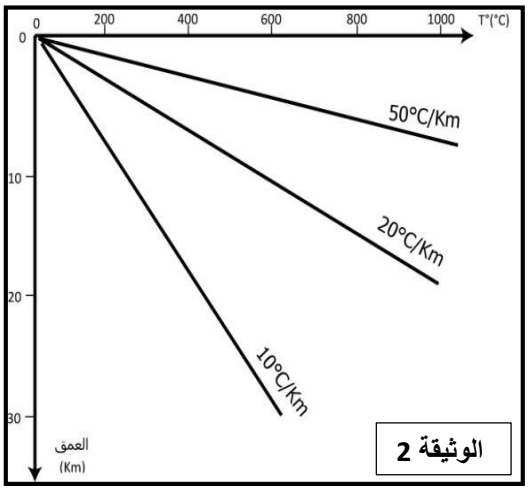
تتميز سلاسل الاصطدام باستسطاح ثلاث صخور متحولة وهي الشيست، الميكاشيست والغنايس حيث بينت دراستها ان لها بنيات وتركيب عيداني مختلف ولها نفس التركيب الكيميائي فماهي ظروف تشكلها؟ وماهي العوامل الأساسية المتدخلة في تحولها؟ وماهي السلسلة التحولية المميزة لها؟

الأســنـــــــــاد

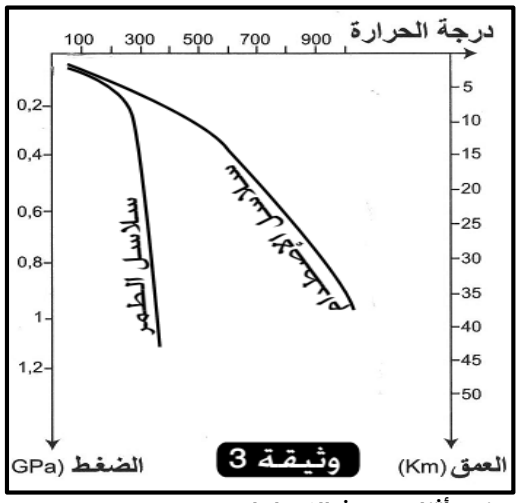
- الوثيقة 1: ظروف التحول في مناطق الاصطدام
- الوثيقة 2: تغيرات الدرجة السعيرية حسب العمق في مناطق مختلفة من الغلاف الصخري.
- الوثيقة 3: تغير درجة الحرارة والضغط في مناطق الاصطدام والطمر.



الوثيقة 1



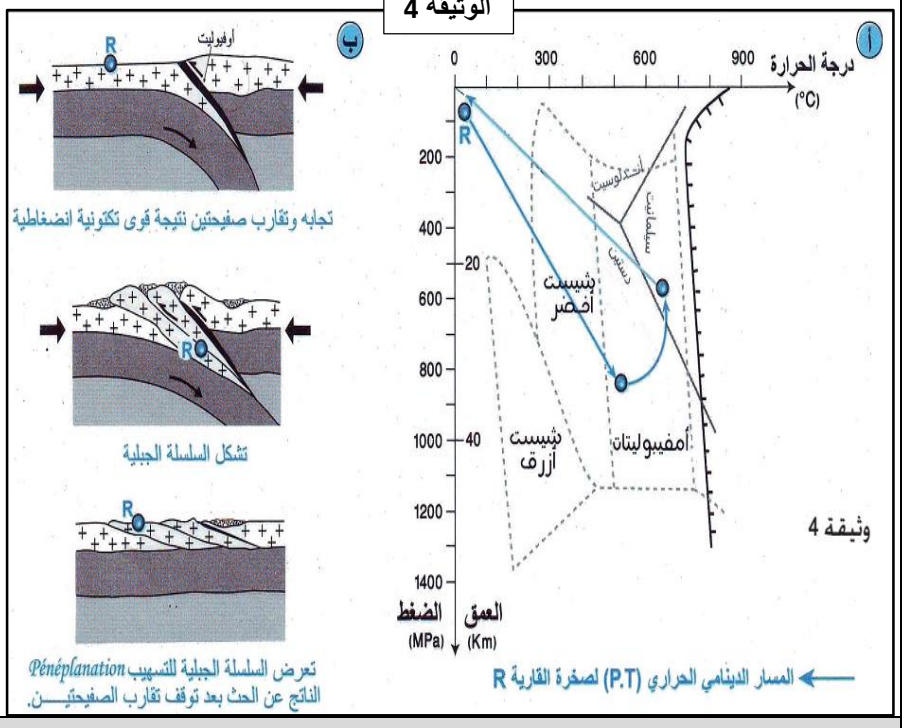
الوثيقة 2



وثيقة 3

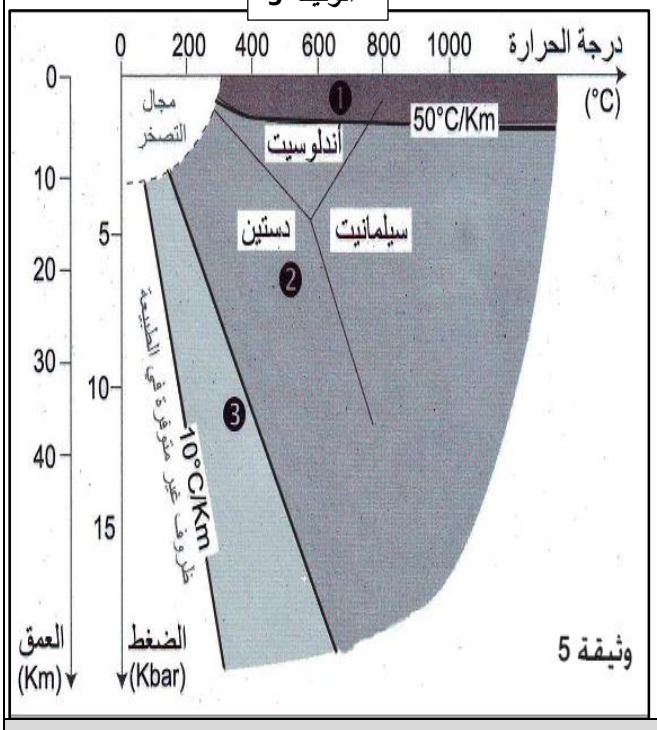
- الوثيقة 4: مسار تطور التحول في مناطق الاصطدام: تتم تتبع مصير صخرة R تنتمي للغلاف الصخري أثناء حدوث الاصطدام
- الوثيقة 5: مجالات التحول في الطبيعة.

الوثيقة 4



وثيقة 4

الوثيقة 5



وثيقة 5

التعليمـــــات

1. انطلاقا من معطيات الوثائق 1، 2 و 3، **صف** ظروف التحول المميز لمناطق الاصطدام **محددا** درجة تأثير عاملي التحول في تلك المناطق.
2. من خلال الوثيقة 4، **حدد** السلسلة التحولية المميزة للتحول المصاحب لتشكل سلاسل الاصطدام.
3. **حدد** مميزات مجالات التحول 1، 2 و 3 الممثلة في الوثيقة 5 وبالاستعانة بكل المعطيات السابقة **استنتج** لأي مجال ينتمي التحول المميز لسلاسل الاصطدام.
4. بواسطة خطاطة واضحة، **لخص** ظروف التحول المصاحب لتشكل سلاسل الاصطدام **محددا فيه** نوع التحول، العوامل المتدخلة فيه ودرجة كل عامل وعلاقتها بتكتونية الصفائح، الصخور الأصلية التي تخضع للتحول والمتتالية التحولية والسلسلة التحولية.

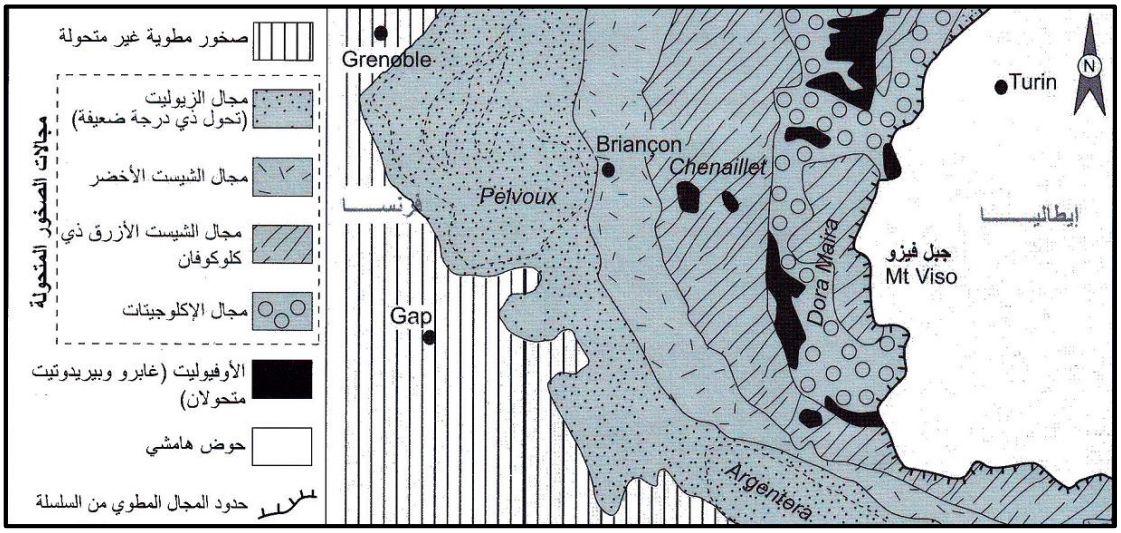
بطاقة النشاط 5: المميزات البنيوية والعيدانية للصخور المتحولة في مناطق الطمر

الوضعية

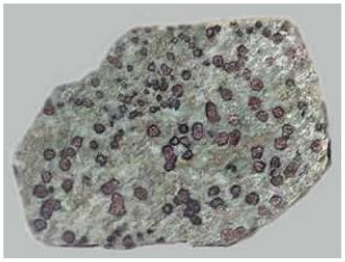
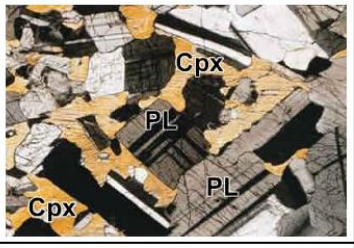
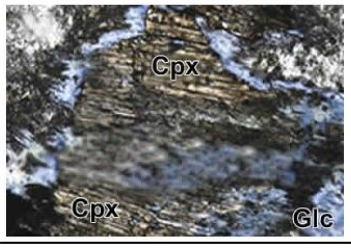
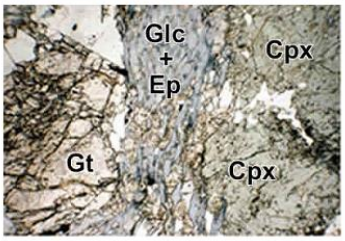
تتميز مناطق الطمر أساسا بظواهر صهارية تنتج انصهار البيريدوتيت لكن الغلاف الصخري المحيطي المنغرز يخضع أثناء انغرازه لظروف درجة حرارة وضغط عاليين مما يعني أنها ظروف ملائمة لحدوث ظاهرة التحول. للكشف عن المميزات البنيوية والعيدانية للصخور المتحولة المميزة لمناطق نقترح دراسة معطيات الوثيقة التالية

الأسـنـــــــــاد

- الوثيقة 1 : الخريطة الجيولوجية لمنطقة الطمر من جبال الألب الفرنسية.



- الوثيقة 2: عينات من الصخور المميزة لمناطق الطمر مع ملاحظاتها بالمجهر المستقطب وتركيبها الكيميائي.

	غابرو أوفيوليتي	شيست أزرق ذي كلوكوفان وايبيدوت	اكلوجيت ذو بجادي وجاديت
الملاحظة بالعين المجردة			
ملاحظة الصفيحة الدقيقة بالمجهر المستقطب			
التركيب العيداني	Cpx = بيروكسين PL = بلاجيوكلاز	Cpx = بيروكسين Glc = كلوكوفان	Cpx = بيروكسين Ep+Glc= كلوكوفان وابيدوت Gt = البجادي

التركيب الكيميائي (لهذه العينات نفس التركيب الكيميائي العام)	العناصر	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	FeO	TiO_2	Al_2O_3	SiO_2
	النسب المئوية	0,4	2,2	9,9	12,7	11	2,3	14,2	47,1

التعليمـــــات

1. انطلاقا من دراستك السابقة لظاهرة الطمر وباعتبار معطيات الوضعية، **حدد** الصخور التي تخضع للتحول في مناطق الطمر **وبين** الصعوبات التي تطرحها دراسة الصخور المتحولة في تلك المناطق.
2. من خلال الخريطة الجيولوجية الممثلة في الوثيقة 1 **حدد** أنواع الصخور المتحولة المميزة لمناطق الطمر. **هل** هي نفسها الموجودة في مناطق الاصطدام؟ **ماذا يعني ذلك؟**
3. **قارن** البنية والتركيب العيداني والكيميائي لصخور الكابرو، الشيست الأزرق والإكلوجيت **مستنتجا** المتتالية التحولية المميزة لمناطق الطمر.

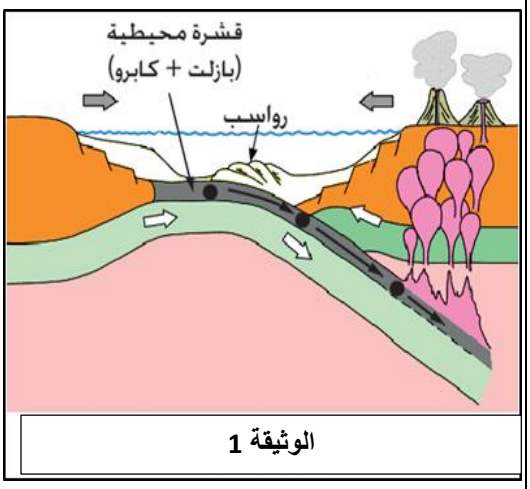
بطاقة النشاط 6: مميزات التحول المصاحب لتشكل سلاسل الطمر

الوضعية

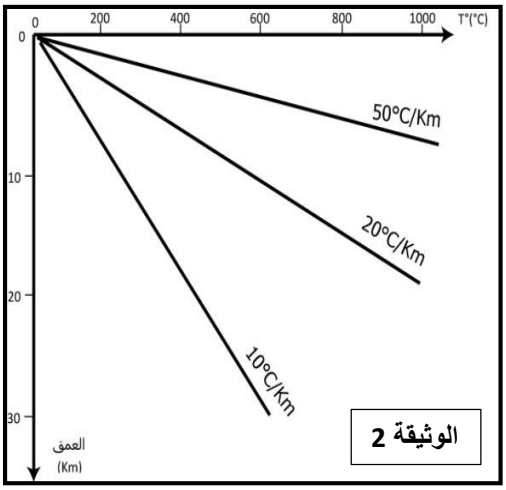
خلال ظاهرة الطمر تخضع صخور الغلاف الصخري المحيطي لظروف التحول حيث تتعرض صخور الكابرو والبازلت لظاهرة التحول مكونة صخور مثل الشيست الأزرق والإكلوجيت وقد بينت دراسة تلك الصخور ان لها بنيات وتركيب عيداني مختلف ولها نفس التركيب الكيميائي فماهي ظروف تشكلها؟ وماهي العوامل الأساسية المتدخلة في تحولها؟ وماهي السلسلة التحولية المميزة لها؟

الأسـنـــــــــاد

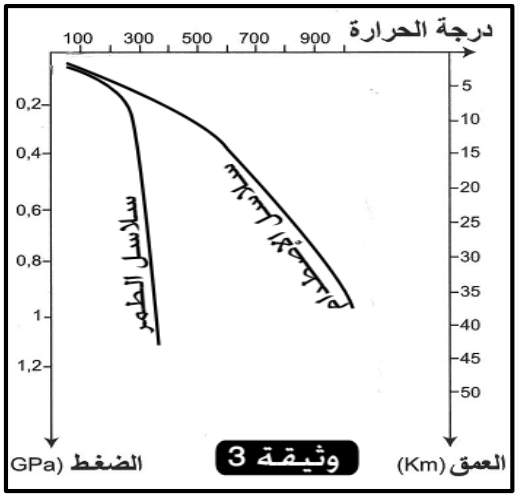
- الوثيقة 1: ظروف التحول في مناطق الطمر
- الوثيقة 2: تغيرات الدرجة السعيرية حسب العمق في مناطق مختلفة من الغلاف الصخري.
- الوثيقة 3: تغير درجة الحرارة والضغط في مناطق الاصطدام والطمر.



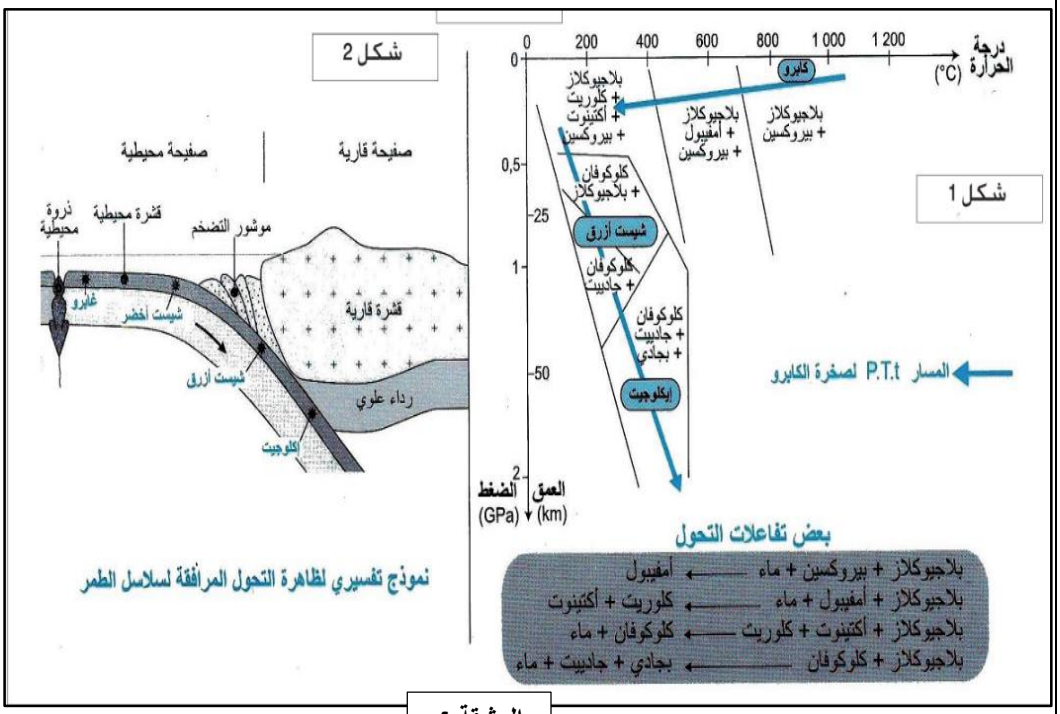
الوثيقة 1



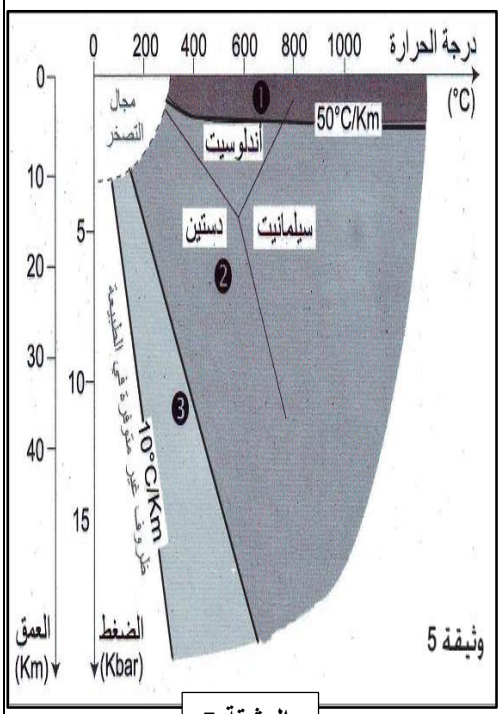
الوثيقة 2



- الوثيقة 4: مسار تطور التحول في مناطق الطمر.
- الوثيقة 5: مجالات التحول في الطبيعة.



الوثيقة 4



الوثيقة 5

التعليمـــــات

1. انطلاقا من معطيات الوثائق 1، 2 و 3، **صف** ظروف التحول المميز لمناطق الطمر **محددا** درجة تأثير عاملي التحول في تلك المناطق.
2. من خلال الوثيقة 4، **حدد** السلسلة التحولية المميزة للتحول المصاحب لتشكل سلاسل الطمر.
3. **سم** مجالات التحول الممثلة في الوثيقة 5 وبالاستعانة بكل المعطيات السابقة **استنتج** لأي مجال ينتمي التحول المميز لسلاسل الطمر.
4. بواسطة خطاطة واضحة، **لخص** ظروف التحول المصاحب لتشكل سلاسل الطمر **محددا فيه** نوع التحول، العوامل المتدخلة فيه ودرجة كل عامل وعلاقتها بتكتونية الصفائح، الصخور الأصلية التي تخضع للتحول والمتتالية التحولية والسلسلة التحولية.

ذ. محمد اشباني