

التحول و علاقته بدينامية الصفائح

تبين دراسة أعماق الغلاف الصخري القاري خاصة في المناطق الجبلية التي شهدت أنشطة تكتونية مكثفة ، أنه يتكون أساسا من أنواع صخرية مميزة تمثلها الصخور المتحولة و الكتلان الغرانيتية التي حملتها نحو الأعلى التشوهات التكتونية من طي و فوالق و التي استسطحت بفعل الحث الذي أزال الطبقات التي كانت تعلوها ؟
فما هي الخصائص البنيوية و العيدانية للصخور المتحولة ؟
و ما هي الظروف التي أدت إلى تكونها ؟

1- ملاحظات ميدانية :

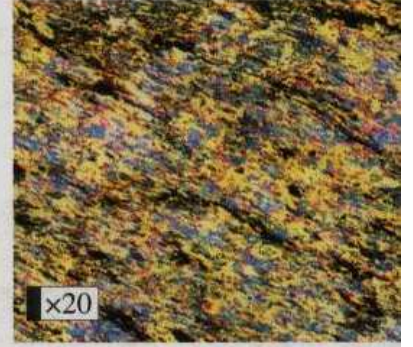
+ بمنطقة الرحامنة المنتمية إلى الأطلس المتوسط نجد بنيا جيولوجية معقدة شديدة التصدع متعددة الفوالق و الانقلاعات ، كتلة غرانيتية مندسة عميقة حولها هالة تحول و سلسلة صخرية متحولة تمتد من الشمال نحو الجنوب على الشكل التالي : شيست غير متحول ، شيست متحول و ميكاشيست.
+ على طول الساحل المتوسطي من الجهة إلى تطوان نجد بهذه المنطقة المنتمية إلى جبال الريف من الغرب نحو الشرق سلسلة صخرية متحولة على الشكل التالي : الشيست التحولي الميكاشيست ثم الغنايس .

2- دراسة هذه السلسلة الصخرية المتحولة :

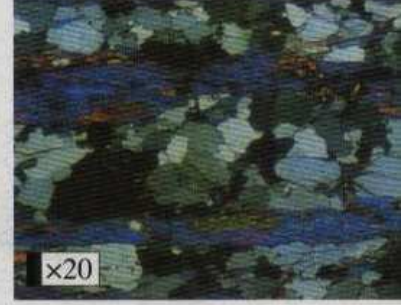
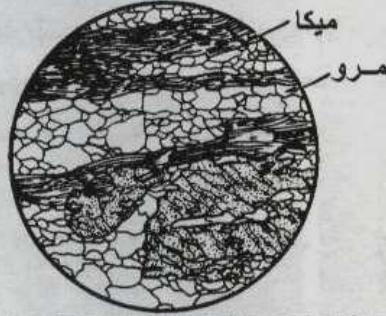
أ- البتروغرافية و العيدانية :

العينة	ملاحظة بالعين المجردة	ملاحظة بالمجهر المستقطب	التركيب العيداني	البنية
الشيست	-صخرة داكنة -معادن لا ترى بالعين المجردة - تقطلع على شكل صفيحات	معادن طينية معادن منتظمة و متجهة	السيريت الكلوريت المرو	من التتضد إلى الشيستية يدل اتجاه المعادن على اتجاه الضغوطات التي خضعت لها
ميكاشيست	-صخرة لامعة - معادن متجمعة على شكل أسرة دقيقة -مورقة سهلة الانفصام	تناوب أسرة البيوتيت و الموسكوفيت مع أسرة المرو	البيوتيت الموسكوفيت المرو	من الشيستية إلى البنية المورقة المنفصمة
الغنايس	بلورات واضحة تناوب أسرة فاتحة و أسرة داكنة على شكل أوراق غير قابلة للانفصام	تعاقب أسرة البيوتيت و أسرة المرو و الفلدسبات	المرو الفلدسبات البيوتيت السيليمانيت البيجادي	بنية مورقة غير منفصمة

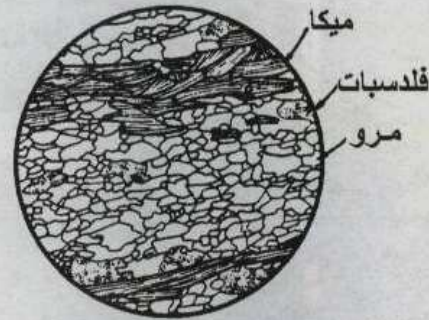
البنية النضدية
للشيست



البنية الشيستية
للميكاشيست



البنية المورقة
للغنايس



ب-التكوين الكيميائي :

عناصر كيميائية	الصخور المتحولة		
	غنايس	ميكاشيست	شيست
SiO ₂	68,7	60,9	60,2
Al ₂ O ₃	16,2	19,1	20,9
Fe ₂ O ₃	0,7	1,2	2,8
FeO	4,1	4,1	3,7
MgO	1,3	1,4	0,85
CaO	1,8	1,7	0,55
Na ₃ O	3,8	2,1	2,45
K ₃ O	3	3,7	4,1

تتشابه هذه الصخور فيما بينها و مع الطين ، فهي غنية بالسيلييس SiO₂ و الألومين Al₂O₃ الشيء الذي يعطيها معادن متنوعة تسمى سيليكات الألومين ، كما يلاحظ تناقص تدريجي في نسبة الماء بهذه الصخور عند الانتقال من الشيست نحو الغنايس .

ت-نتيجة الدراسة :

نلاحظ من خلال هذه الدراسة أن الانتقال من الشيست نحو الغنايس يبين مظاهر بنيوية و خصائص عيدانية مختلفة :

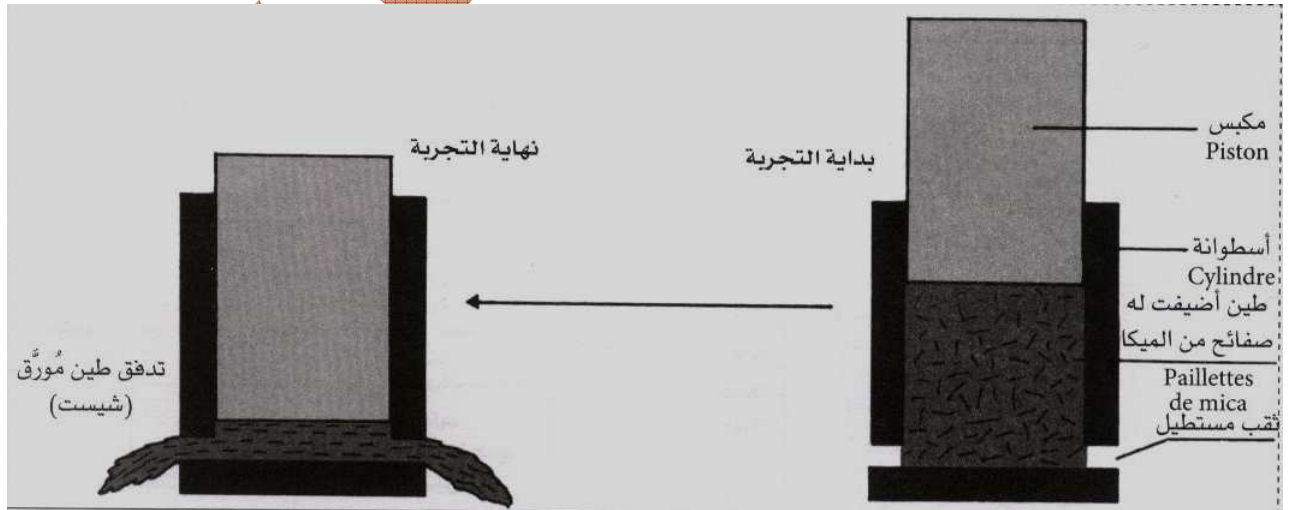
على مستوى البنية : الانتقال من الشيستية نحو التوريق
على مستوى البلورات : يزداد قدها تدريجيا من الشيست إلى الغنايس
على مستوى المعادن : ظهور معادن مثل السيريت و الكلوريت ثم اختفاؤها لتظهر معادن أخرى مثل المرو البيوتيت و البجادي ، توصف المعادن المختفية بالغير مستقرة instables و توصف المعادن التي تظهر بالمستقرة .

ت-فرضيات حول أصل السلسلة الصخرية :

انطلاقا من هذه الدراسة يمكن وضع الفرضيات التالية :
- المعادن الموجهة و وجود الشيستية و التوريق و نقصان الماء يؤدي إلى افتراض تعرض هذه الصخور أثناء تكونها إلى ضغوط مرتفعة.
- وجود تشابه في تركيبها الكيميائي يوحي بأصل موحد لها ، و أنها نتجت عن تحول صخرة سابقة الوجود تحت تأثير عوامل محددة .
- اختفاء المعادن و ظهور أخرى يدل على إعادة تنظيم الجزيئات داخل المجموعات العيدانية أثناء التعرض لعوامل معينة .

3- الكشف عن عوامل التحول :

أ - تأثير الضغط : أعمال Daubrée :



أخضع عينة من الطين مع صفائح الميكا لضغط بمكبس فحصل على طين مورق شيست مع صفائح ميكا موجهة حسب سطح تطبيق الضغط.
للضغط إذن تأثير كبير على بنية هذه الصخور خاصة في توجيه المعادن و في ظهور البنية المميزة لهذه الصخور من شيستية و توريق .

أ- تأثير درجة الحرارة :

كاولينيت [معدن طيني] ← 500°C ← ميتاكاولينيت ← 870°C ← ميليت

870°C

المرو ← التريديميت

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى اختفاء معادن و ظهور معادن أخرى مستقرة في درجة الحرارة المرتفعة .
انخفاض درجة الحرارة لا يعيد المعادن إلى أصلها ، فالتحول غير قابل للقلب .

ت - تأثير الضغط والحرارة : أعمال Winkler

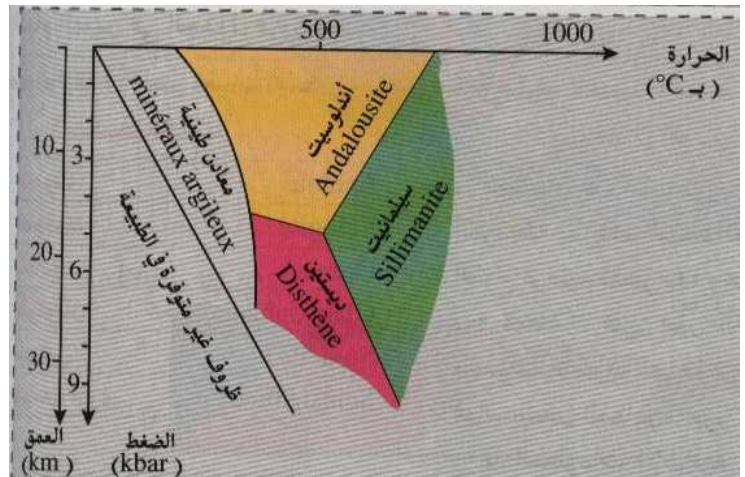
- أخضع Winkler صخرة طينية لضغط 2 Kb و رفع تدريجيا درجة الحرارة فلاحظ :
 - بين 400°C و 600°C اختفاء المعادن الطينية و ظهور معادن جديدة مثل الميسكوفيت و البيوتيت
 - بين 600°C و 650°C اختفاء الميسكوفيت و ظهور معادن غير مميّهة مثل الأندلوسيت و السليمانيت .
 - عند 700°C يبدأ الانصهار الجزئي ، فيتكون جزء صلب يضم معادن درجة الحرارة المرتفعة كالبيوتيت و السليمانيت ، و جزء سائل ناتج عن انصهار جزئي للمادة الأصلية .

ث- تأثير الضغط الجزئي للموائع البيفرجية :

- الموائع البيفرجية تمثلها الغازات الموجودة بين البلورات في باطن الأرض خاصة ثنائي أكسيد الكربون و بخار الماء .
- في نفس الضغط ارتفاع الضغط الجزئي للموائع البيفرجية يرفع درجة حرارة اختفاء المعادن و ظهور أخرى.
- في نفس درجة الحرارة ارتفاع الضغط الجزئي للموائع البيفرجية يرفع درجة الضغط لاختفاء المعادن و ظهور أخرى.

ج - استنتاج :

تحت تأثير الضغط و الحرارة أو أحدهما تصبح بعض المعادن غير مستقرة فتتحول إلى معادن جديدة مستقرة في ظروف الضغط و الحرارة الجديدين ، مجموع قيم درجات الحرارة و الضغط المناسبين لمعدن ما يكون مجال استقراره

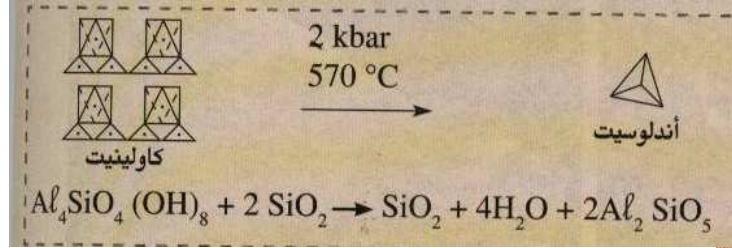


مجال استقرار معادن التحول
الأندلوسيت ، الديستين و السليمانيت

معادن طينية ← أندلوسيت ← السليمانيت

↑↑ P T ↑ P T

يحدث الانتقال من معدن إلى آخر في الحالة الصلبة ، و تنتج عن إعادة تنظيم الشبكة البلورية للمعدن .



وجود هذه المعادن المستقرة في الصخور يدل على ظروف الضغط و الحرارة التي تعرضت لها الصخرة ، لذلك تسمى هذه المعادن بالمعادن المؤشرة أو الدالة . فهي تحدد سحنة التحول

لتقدير سحنة التحول ، اعتمد Grubenman ومساعدوه على العمق فحددوا عدة مناطق للتحول :

الأنكوزون : منطقة وسيطة بين التصخر و التحول .

الإيزون : منطقة التحول تحت ضغط منخفض .
الميزوزون : منطقة تحول تحت ضغط و درجة حرارة عاليين .

الكتازون : منطقة تحول تحت ضغط و درجة حرارة مرتفعين جدا، و تتميز بإعادة تبلور مهم للمعادن و بانطلاق الانصهار الجزئي .
الأولترزون : منطقة الانصهار الكلي .

المناطق	المعادن المؤشرة ودرجات التحول	السحنات
انكوزون	معادن طينية كلوريت	حدود التصخر
إيزون	كلوريت، سرسيت، موسكوفيت بيوتيت	كلوريت وسرسيت
مميززون	بيوتيت بجادي	بيوتيت
	ستوروتيد ستوروتيد	بجادي
	دستين دستين	ستوروتيد
	سيلمانيت	دستين
	سيلمانيت موسكوفيت (-) فلدسبات	سيلمانيت
	بوتاسي (+)	فلدسبات بوتاسي
كتازون	سيلمانيت و فلدسبات بوتاسي	ميكمايت
إلترزون	أناتيكيتية جزئية أناتيكيتية كلية صهارة كرانيتية	كرانيت أناتيكتي

1- مفهوم التحول و السلسلة التحولية :

أ- تعريف التحول:

التحول هو مجموع التغيرات البنيوية و العيدانية التي تتم في الحالة الصلبة لصخرة سابقة الوجود تحت تأثير الضغط او الحرارة أو هما معا ، و تسمى الصخور الناتجة عنه بالصخور المتحولة .

ب- مفهوم المتتالية التحولية:

يؤدي الارتفاع التدريجي للضغط او الحرارة أو هما معا إلى الظهور المتوالي للمعادن المستقرة والاختفاء المتوالي للمعادن الغير مستقرة إلى الانتقال من صخرة إلى أخرى و 2 ص 190 ، يطلق لفظ متتالية تحولية على مجموع الصخور المنحدرة من نفس الصخرة الأصلية التي خضعت لدرجات تحول متصاعدة .

أمثلة :

المتتالية الطينية : طين ← شيبست ← ميكاشيست ← غنايس

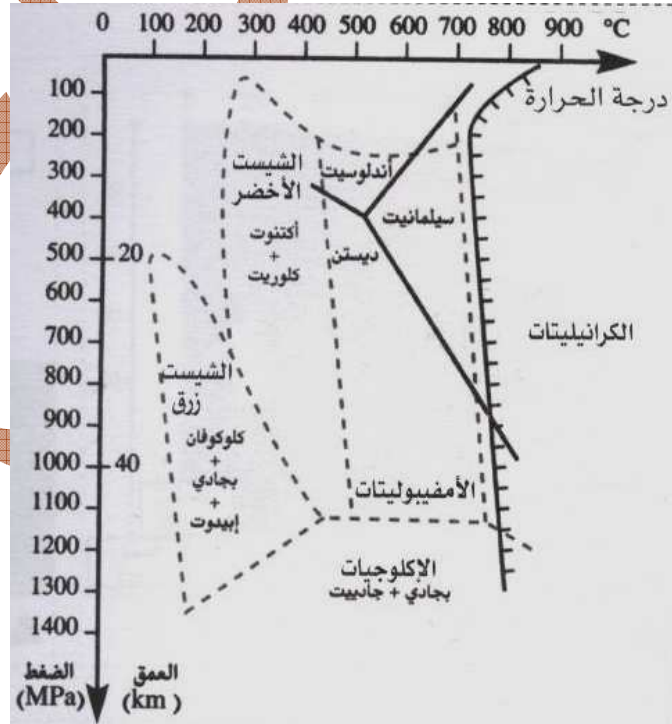
المتتالية الكربونية : فحم حجري ← غرافيت ← ماس

المتتالية البازلتية : بازلت ← شيبست أزرق ← إيكلوغيت [في T معتدلة و P مرتفعة، تتوفر هذه الظروف في مناطق الطمر]

بازلت ← شيبست أخضر ← أمفيبوليت [في T مرتفعة و P مرتفعة ، تتوفر هذه الظروف في مناطق الاصطدام]

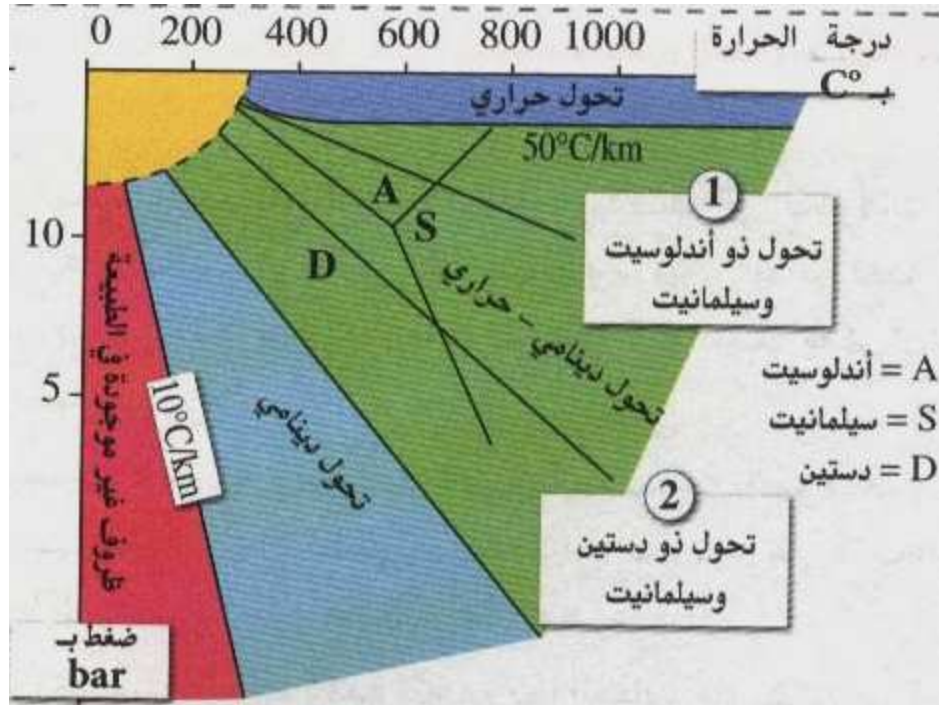
ت- مفهوم السلسلة التحولية :

يطلق لفظ سلسلة تحولية على مجموع سخنات التحول المتتالية لصخرة معينة ، مثال :السلسلة التحولية للبازلت.



2- أنماط التحول :

ترتبط أنماط التحول بدينامية الصفائح تبعاً لتغيرات درجات الحرارة والضغط الناتجة عنها ، و قد وضع Winkler تصوراً لتحديد مختلف أنواع التحول



فالتحول الدينامي الحراري أو التحول الإقليمي الناتج عن الارتفاع المتزامن للضغط و الحرارة نجده في مناطق الاصطدام أما التحول الدينامي الناتج عن ارتفاع الكبير للضغط و درجة حرارة معتدلة فيميز مناطق الطمر

ملحوظة : بالإضافة إلى التحول الدينامي و الدينامي حراري نميز التحول الحراري الذي ينتج عن ارتفاع مهم لدرجة الحرارة و ضغط معتدل إثر اندساس الصهارة الغرانيتية بين طبقات الغلاف الصخري . أنظر الدرس المقبل .