

الفصل الأول

السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح

مقدمة: السلاسل الجبلية الحديثة تضاريس بارزة على سطح الأرض، ارتبطت تشكلها بحركية الصفائح التكتونية خلال الأزمنة الجيولوجية القديمة.

ما علاقة السلاسل الجبلية الحديثة بتكتونية الصفائح ؟
ما هي أنواع السلاسل الجبلية الحديثة ؟ وما هي مميزاتها ؟
ما هي أبرز التشوهات التكتونية المميزة للسلاسل الجبلية الحديثة ؟

1 - أنواع السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح. أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

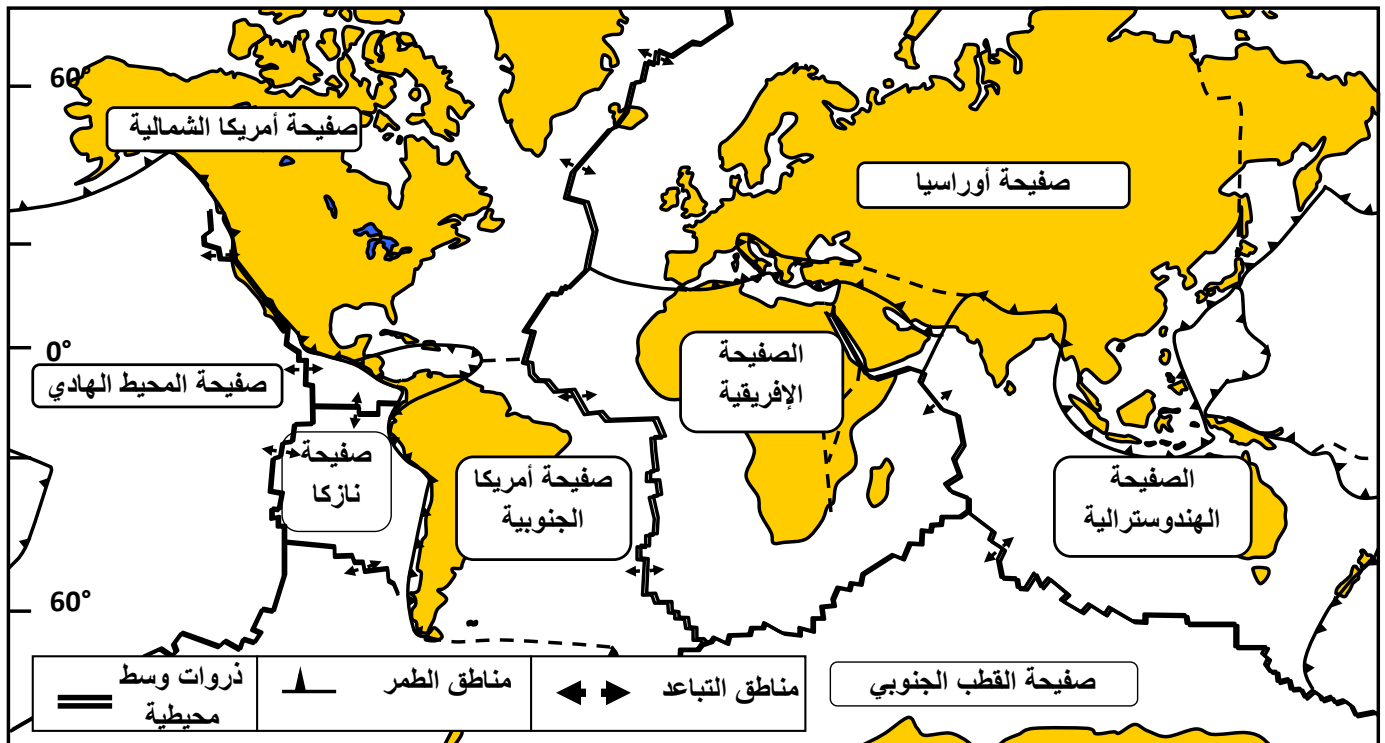
اللوحة 1

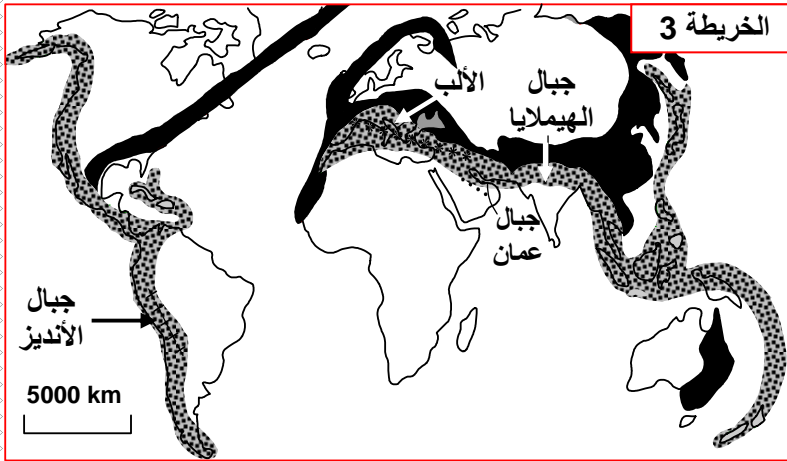
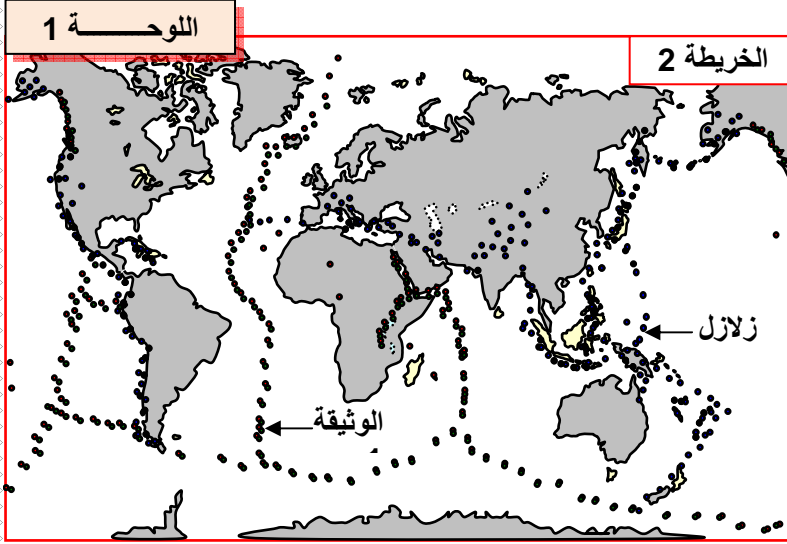
الوثيقة 1

- الصفائح الصخرية هي قطع صلبة طافية على الأستينوسفير، تتكون من جزء من الرداء العلوي تعلوه قشرة قارية أو قشرة محيطية أو هما معا. يشكل مجموع الصفائح الغلاف الصخري للكرة الأرضية.
- تمثل الخريطة 1 أهم الصفائح التكتونية وعلاقتها ببعضها البعض. وتمثل الخريطة 2 التوزيع الجغرافي للبراكين وبؤر الزلازل على مستوى الكرة الأرضية.
- (1) اعتمادا على الخريطة 1 و 2 وعلى مكتسباتك ذكر بمميزات حدود الصفائح ؟
- تمثل الخريطة 3 التوزيع الجغرافي للسلاسل الجبلية الحديثة على مستوى الكرة الأرضية.
- (2) بالاعتماد على هذه الخريطة والخرائط السابقة، حدد تموضع السلاسل الجبلية الحديثة .
- (3) صنف هذه السلاسل الجبلية حسب مواضع تواجدها.

اللوحة 1

الخريطة 1





(1) الصفيحة التكتونية هي قطعة من الغلاف الصخري شاسعة وهادئة، تحدها مناطق ضيقة ذات نشاط بركاني وزلزالي كثيف. وتتميز حدود الصفائح بـ :

- مناطق التباعد: تتموضع وسط المحيط وتتمثل في الذروات الوسط محيطية.
- مناطق التقارب أو التجابه وتتكون من:
 - مناطق الطمر Subduction حيث تنغرز صفيحة تحت أخرى.
 - مناطق الطفو Obduction حيث يزحف الغلاف الصخري المحيطي فوق الغلاف الصخري القاري.
 - مناطق الاصطدام Collision حيث تصطدم كتلة قارية مع أخرى.
- مناطق الاحتكاك: تحتك صفيحة بأخرى مع حركة أفقية للصفيحتين.

(2) تتموضع السلاسل الجبلية الحديثة على مستوى مناطق التقارب بين الصفائح التكتونية، مما يدل على وجود علاقة بين حركية الصفائح وتشكل السلاسل الجبلية الحديثة.

(3) يمكن تصنيف السلاسل الجبلية الحديثة إلى ثلاثة أنواع هي:

- سلاسل الطمر : تتشكل في مناطق الطمر بين صفيحة محيطية وصفيحة أخرى.
- سلاسل الاصطدام : تتشكل اثر اصطدام كتلتين قاريتين تنتميان لصفيحتين مختلفتين.
- سلاسل الطفو : تنتج عن طفو أو تراكم غلاف صخري محيطي فوق غلاف صخري قاري ينتميان لصفيحتين مختلفتين.

II – خصائص السلاسل الجبلية الحديثة.

① سلاسل الطمر

أ – الخصائص البنيوية والجيوفيزيائية لمناطق الطمر: مثال جبال الأنديز وثيقة 1 لوحة 2

(1) تتموضع جبال الأنديز (سلاسل الطمر) في منطقة التجابه بين صفيحة المحيط الهادي وصفيحة أمريكا الجنوبية. ويتميز هذا الهامش النشط بظواهر جيولوجية خاصة أبرزها:

- وجود حفر محيطية عميقة.
- زلزالية شديدة تنتظم بؤرها على مستوى مائل يسمى مستوى Benioff.
- شدوذات حرارية، حيث أن خطوط ثوابت درجة الحرارة غير موازية لسطح الأرض، بل تنغرز نحو العمق حسب سطح مائل موافق لمستوى Benioff. يفسر الجيوفيزيائيون هذه الشذوذات بانغراز صفيحة باردة بالأسستينوسفير الساخن.

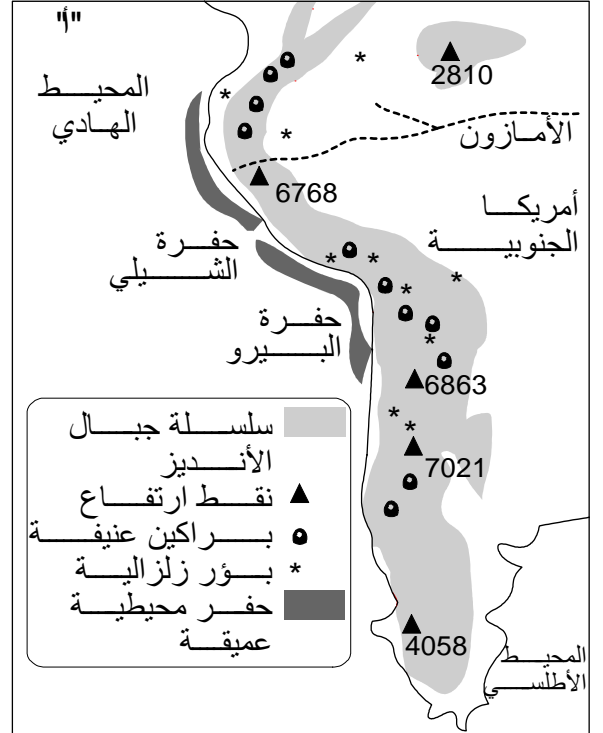
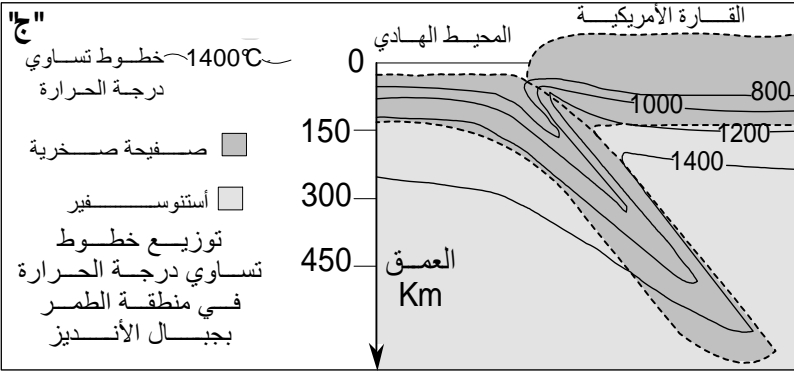
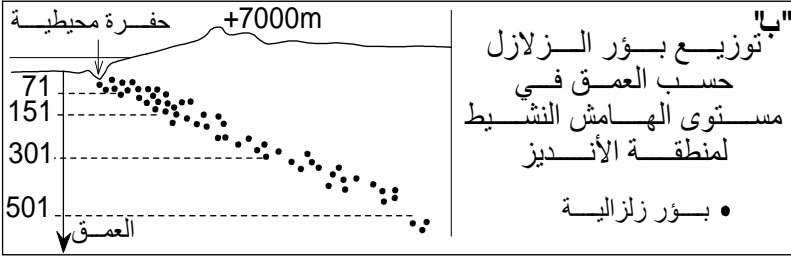
- بركانية عنيفة تؤدي إلى قذف صهارة أنديزيتية يسبب تبردها المرحلي صخرة ذات بنية ميكروليتية تسمى الأنديزيت Andésite.

(2) تتكون صخرة الأنديزيت من مادة غير متبلورة تدعى عجين أو زجاج، وبلورات كبيرة الحجم (البلاجيوكلاز و البيروكسين)، وبلورات صغيرة الحجم تدعى ميكروليتات. لدى نتكلم عن بنية ميكروليتية، الشيء الذي يدل على أن صخرة الأنديزيت تشكلت عبر مراحل:

- تبريد بطيء في العمق مكن من تشكل البلورات الكبيرة.
- تبريد سريع على السطح ترتب عنه تشكل الزجاج والميكروليتات.

اللوحة 2

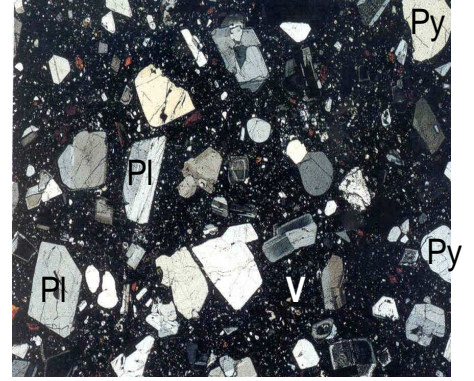
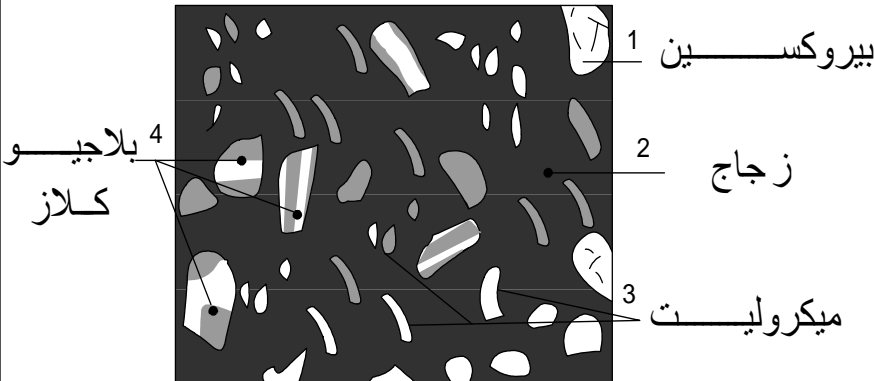
الوثيقة 1: الخصائص البنيوية والجيوفيزيائية لمناطق الطمر.



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

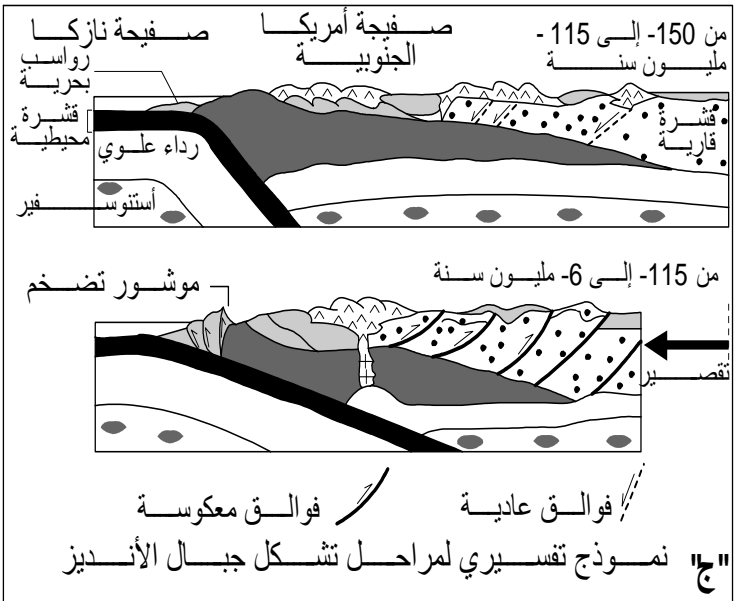
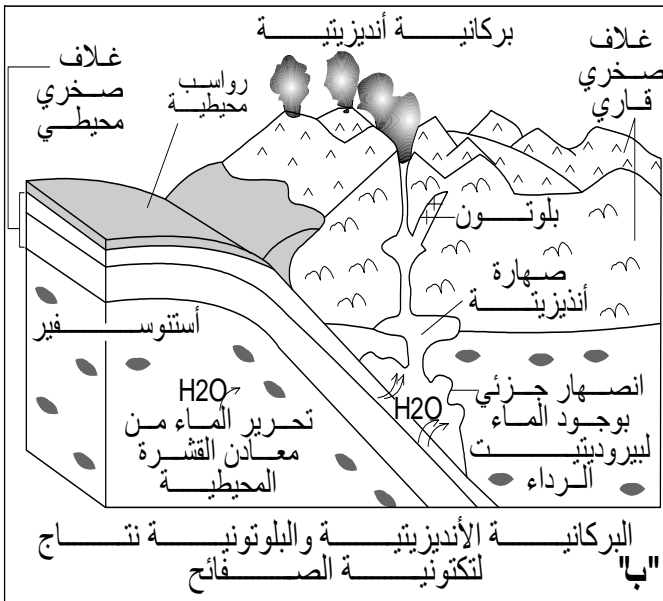
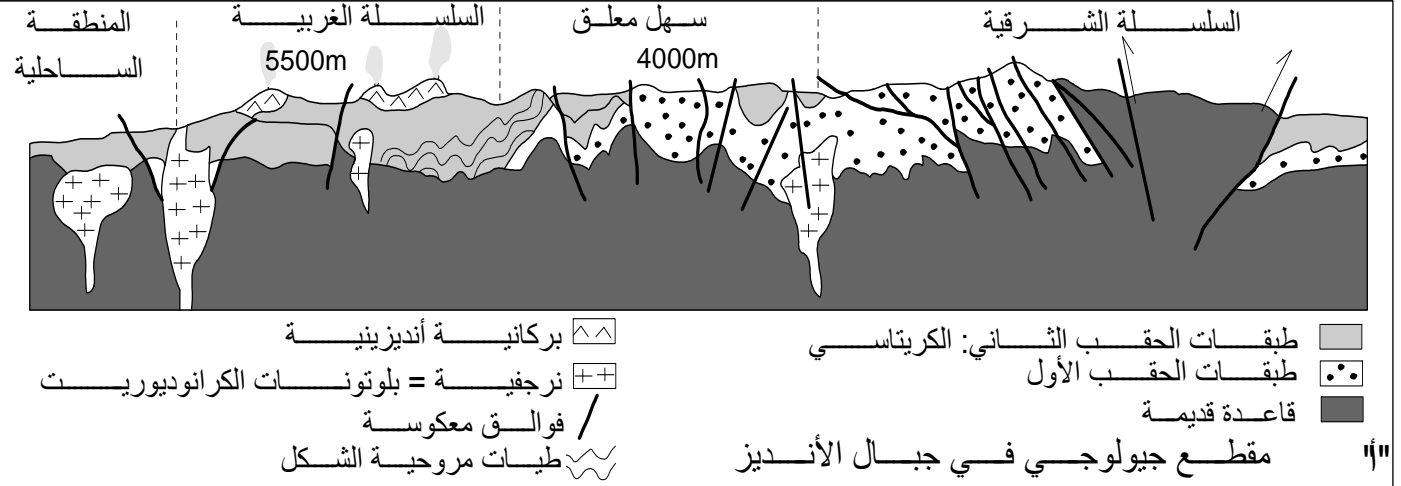
- 1- حدد من خلال الوثائق "أ"، "ب" و "د" الظروف الجيوفيزيائية المميزة لمناطق الطمر
- 2- حدد من خلال الشكل "د" بنية صخرة الأنديزيت وظروف تشكلها.

صفحة دقيقة للأنديزيت ملاحظة بالضوء المستقطب ورسم تفسيري لها



ب - تشكل سلاسل الطمر: وثيقة 1 لوحة 3

الوثيقة 1 : تشكل سلاسل الطمر



- 1- ستخرج من خلال وثيقة الشكل "أ" المميزات التكتونية لجبال الأنديز.
- 2- من خلال قراءة وثيقة الشكل "ب"، يبين كيف تتشكل البركانية الأنديزيتية وبلوتونات الكرانوديوريت واربط هذين الحدثين بتكتونية الصفاق.
- 3- حدد تسلسل الأحداث المؤدية إلى تشكل جبال الأنديز من خلال تحليل وثيقة الشكل "ج".

(1) انطلاقا من الشكل أ من الوثيقة يمكن القول أن سلاسل الأنديز تتميز بـ:

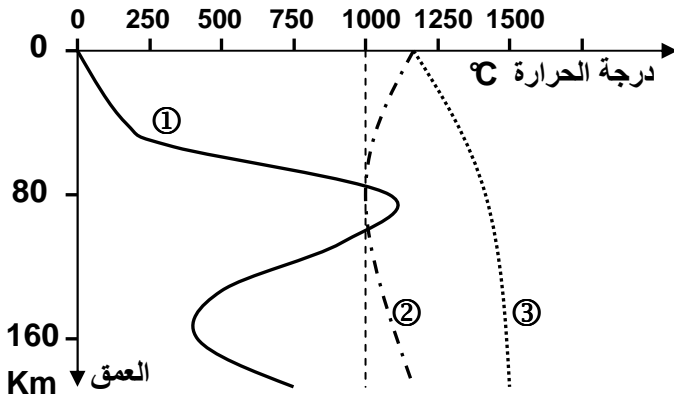
- بركانية أنديزيتية وبصخور بلوتونية (صخرة صهارية داخلية المنشأ أي تبردت في العمق).
- تشوهات تكتونية بسيطة: طيات على شكل مروحة وفوالق معكوسة.

(2) انطلاقا من معطيات الوثيقة 2 لوحة 2، والشكل ب من الوثيقة 1 لوحة 3، نفسر البنيات

التكتونية والصخرية لمناطق الطمر بما يلي:

يؤدي انغراز الغلاف الصخري المحيطي (أكثر كثافة) تحت الغلاف الصخري القاري (أقل كثافة) إلى خضوع الصخور عند وصولها إلى الأستوسفير لارتفاع في درجة الحرارة والضغط، وينتج عن هذا تحرير الماء الذي ينتشر عبر الرداء فيصبح هذا الأخير تحت شروط الانصهار الجزئي. تصعد الصهارة الناتجة عن هذا الانصهار الجزئي نحو السطح مؤدية إلى بركانية أنديزيتية. كما يتبرد جزء من هذه الصهارة في الأعماق فيعطي بلوتونات الكرانوديوريت.

اللوحة 2



الوثيقة 2: تطور درجة الحرارة حسب العمق تحت القوس الصحاري لمنطقة الطمر ① .

على نفس المبيان مثلت المنحنيات التجريبية لبداية انصهار البيريدوتيت المكونة للرداء تحت ظروف الضغط والحرارة:

② = منحني تصلب البيريدوتيت المميّهة.

③ = منحني تصلب البيريدوتيت غير المميّهة.

من خلال تحليل معطيات هذه الوثيقة، أربط العلاقة بين البلوتونية والبركانية الأنديزيتية وتكتونية الصفائح.

3) تكون الصفيحة المنغرفة أثناء الطمر مكسوة بطبقات رسوبية، تعمل الصفيحة الراكبة على كشطها وفصلها عن القشرة المحيطية المركوبة، فتشكل هذه الرواسب موشور التضخم. بتوالي الضغوط التكتونية، تزداد أهمية الطي والقوق المعكوسة، فينتج عن هذا تقصير وارتفاع في الغلاف الصخري مشكلا تضاريس عالية تمثل سلاسل الطمر.

② سلاسل الطفو:

أ - الخصائص البنيوية لسلاسل الطفو: مثال جبال عمان وثيقة 2 لوحة 3.

اللوحة 3

مقطع مبسط للأفيوليت

رواسب
بازلت
(وسيدات)
عروق من
الدوليريت
كابرو
منضد
بيريدوتيت
مورقة

المفتاح

رواسب من المايستريختي
إلى الحقب الثالث

أفيوليت سمائل

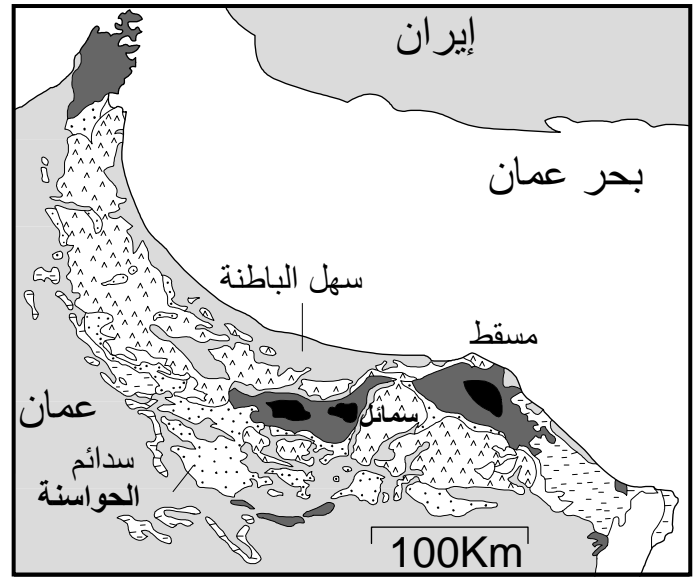
سدائم الحواسنة المغترية

من البرمي إلى الكريتاسي
(الطبقات المركوبة)

القاعدة قبل البرمية

- 1) حدد من خلال هذه الوثيقة المميزات البنيوية لجبال عمان.
- 2) ما المعلومات التي يفيد بها وجود الأفيوليت في جبال عمان؟

الوثيقة 2 : خريطة جيولوجية مبسطة لجبال الحجر شمال عمان.



1) تتميز سلسلة جبال عمان ب:

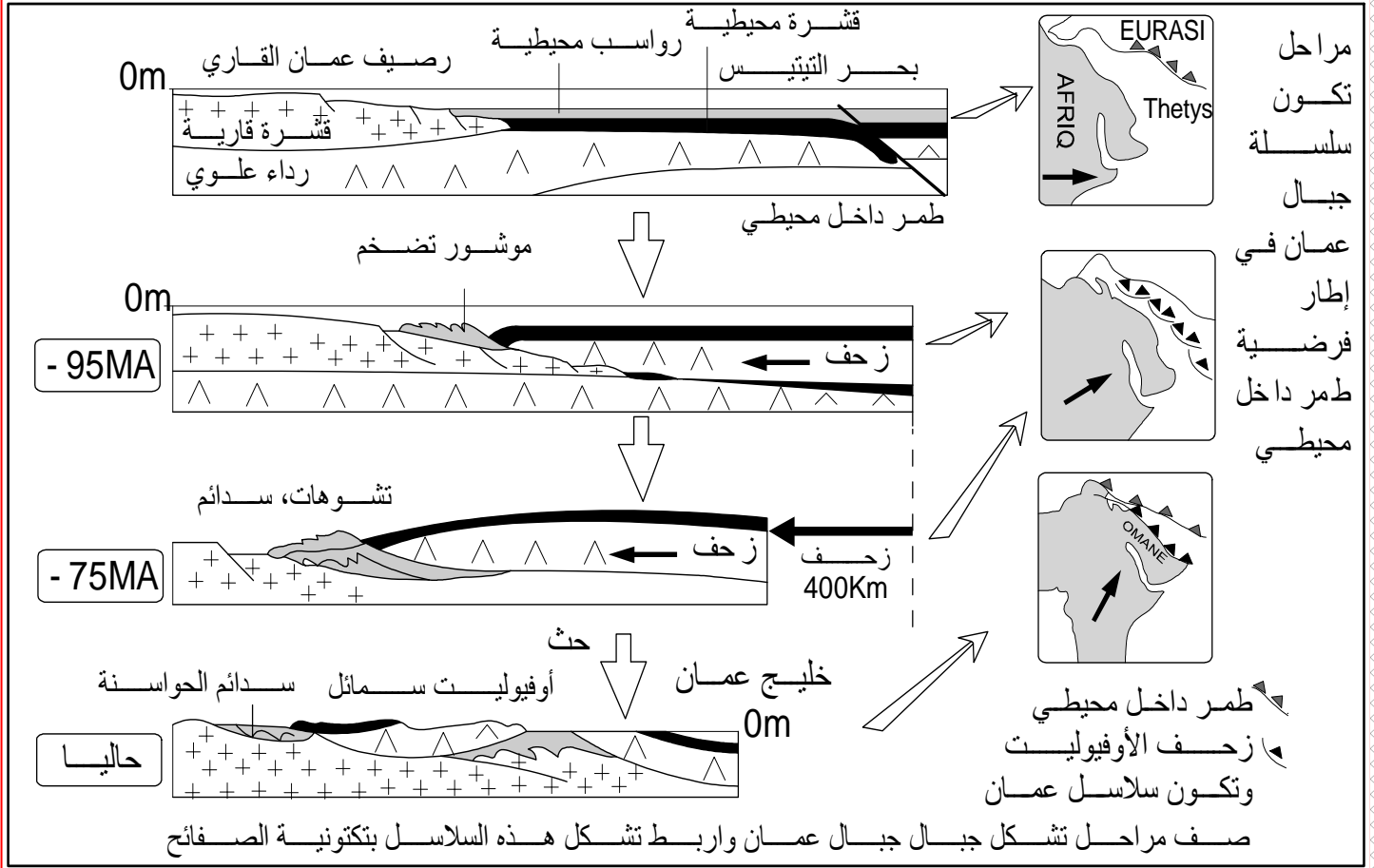
- وجود سدايم، وهي تشكيلات صخرية مغترية ذات امتداد كبير (مئات الكيلومترات)، زحفت من موقع نشأتها واستقرت في مكان آخر وغطت صخورا أخرى تسمى بالصخور المركوبة.
- وجود صخور المركب الأفيوليتي Ophiolite له نفس تركيب الغلاف الصخري المحيطي.

2) داخل المجال القاري لعمان، يعتبر وجود صخور المركب الأفيوليتي شاهدا عن انغلاق مجال محيطي وزحف لصفيحة محيطية على صفيحة قارية، وهو ما يسمى بالطفو Obduction.

ب - تشكل سلاسل الطفو: وثيقة 1 لوحة 4.

اللوحة 4

الوثيقة 1: تشكل سلاسل الطفو:



باعتبار الخصائص البنيوية والصخرية الحالية لجبال عمان، يمكن استعادة التاريخ الجيولوجي للمنطقة، والذي تتمثل أحداثه كالتالي:

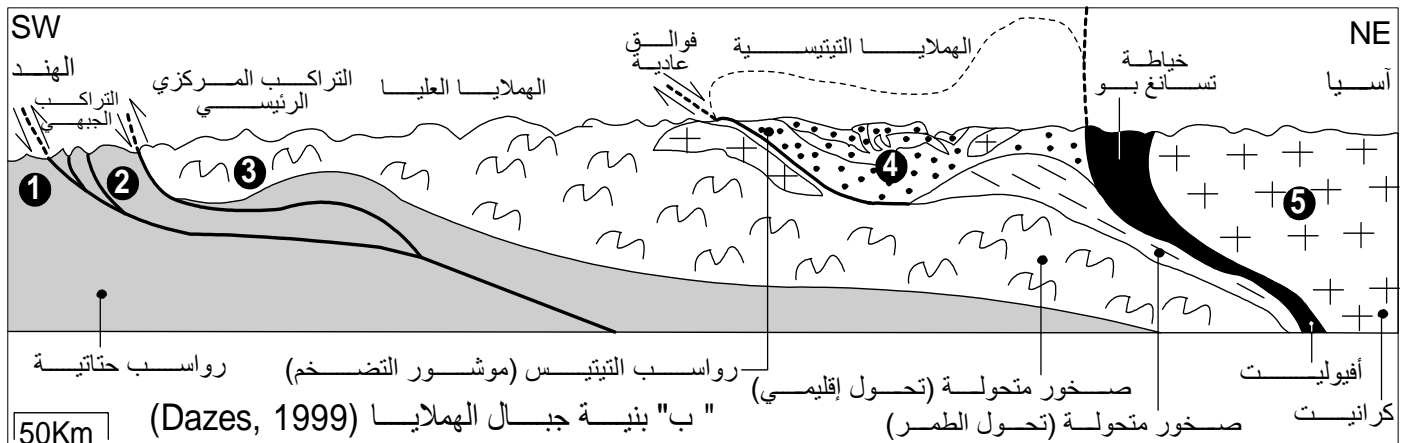
- بين الصفيحة الإفريقية والصفيحة الأوراسيوية كان هناك محيط قديم هو التيتيس Téthys (البحر الوحيد الذي كان يحيط باليابسة الوحيدة حسب نظرية زحزحة القارات)، حيث ظهرت منطقة طمر ضمحيطية تم فيها طمر الصفيحة الإفريقية تحت الصفيحة الأوراسيوية.
- عندما نفذت القشرة المحيطية المغمورة، ووصلت القارة (شبه الجزيرة العربية) إلى منطقة الطمر بدأ طمر الغلاف الصخري القاري، غير أن ضعف كثافة هذا الأخير تحول دون استمرار طمره، مما أدى إلى حجز الطمر.
- مع تواصل القوى الانضغاطية، يزحف الغلاف الصخري والرواسب المحيطيين فوق الغلاف الصخري القاري. نتكلم عن ظاهرة الطفو.
- تؤدي هذه التراكبات من الصخور إلى تضخم الغلاف الصخري، فينتج عن ذلك نشوء سلاسل جبلية تسمى بسلاسل الطفو.

③ سلاسل الاصطدام:

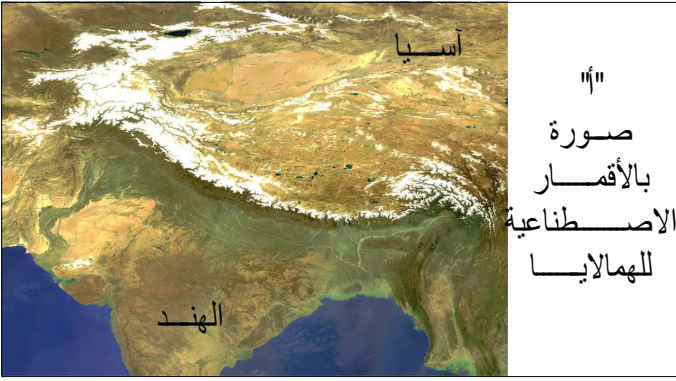
أ - الخصائص البنوية والبتروغرافية لسلاسل الاصطدام: مثال جبال الهملايا وثيقة 2 لوحة 4.

اللوحة 4

الوثيقة 2 : سلاسل الاصطدام (سلسلة جبال الهملايا)



- ① وحدة سيواليك شمال الهند.
- ② وحدة الهملايا العليا: تركيب وحدة الهملايا الوسطى بواسطة التراكيب المركزي الرئيسي.
- ③ وحدة الهملايا التيتيسية ترتفع نتيجة عمل الفوالق العادية كالفالق الشمالي للهملايا.
- ④ هضبة التبت: ترتبط ببقايا الهملايا بواسطة الخياطة الأفيوليتية لمنطقة تسانغ بو.



- 1 - حدد تموضع جبال الهملايا على الصورة المأخوذة بالأقمار الاصطناعية. صف الكيفية التي تتموضع بها هذه الجبال
- 2 - استخرج من خلال المقطع الجيولوجي الخصائص البنوية لجبال الهملايا، عن ماذا يدل تواجد الأفيوليت في أعالي هذه الجبال

(1) تنحصر جبال الهملايا بين كتلتين قاريتين متصادمتين: الهند وآسيا.

(2) تتميز هذه السلاسل بـ :

- تراكيبات Chevauchement وتشوهات ناتجة عن قوى انضغاطية عرفت منطقة التجابه بين الكتلتين القاريتين.
- وجود صخور أنديزيتية وكرانيتية بالتبت، تدل على نشاط صهاري ناتج عن ظاهرة الطمر.
- وجود صخور الأوفيوليت وصخور رسوبية تيتيسية (موشور التضخم) تدل على حدوث طفو.

ب - تشكل سلاسل الاصطدام: وثيقة 1 لوحة 5.

(1) حسب الشكل أ، قبل 70 مليون سنة كانت القارة الهندية والأسيوية متباعدتان، ونتيجة لحركة الصفائح انتقلت القارة الهندية نحو الشمال، مع اختفاء المحيط الذي يفصلها عن القارة الأسيوية، إلى أن التصقت بالقارة الأسيوية وتشكلت بينهما سلاسل جبال الهملايا.

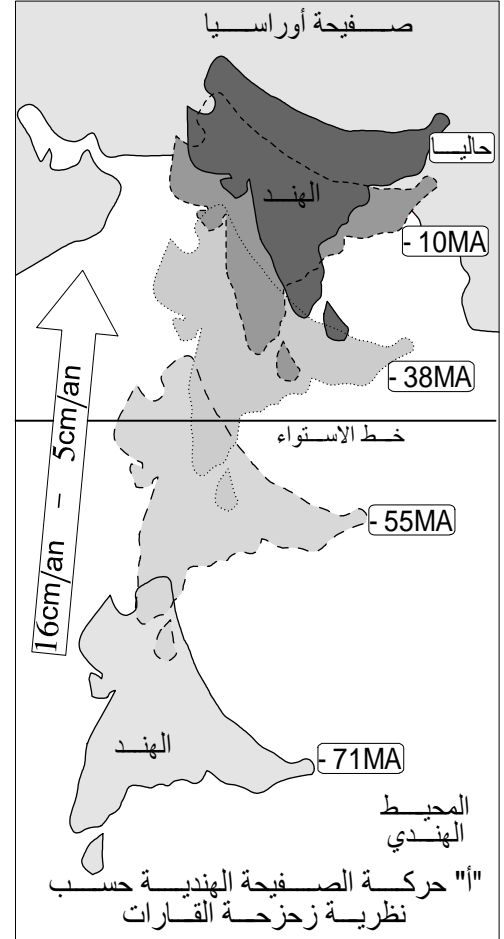
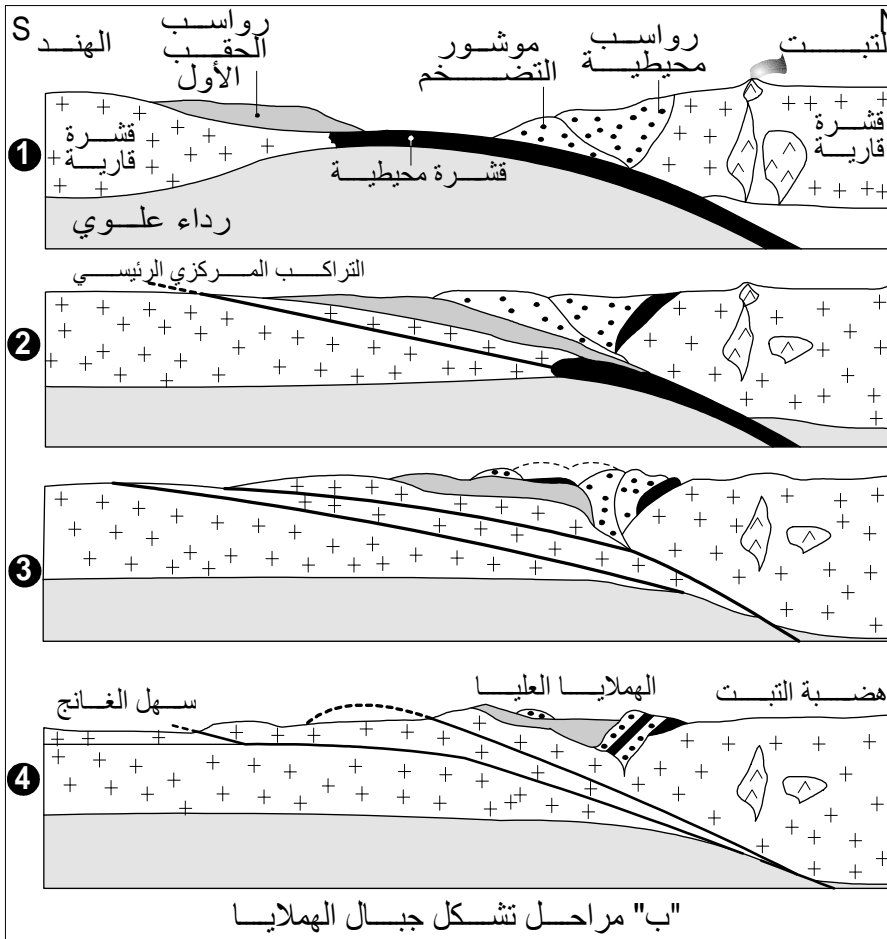
(2) تشكلت السلاسل الجبلية للهملايا نتيجة حركية الصفائح عبر المراحل التالية:

- قبل 100 مليون سنة كانت هناك منطقة طمر ضمحيطية بين الصفيحة التي تحمل القارة الهندية والصفيحة الأوراسيوية.
- طمر الغلاف الصخري المحيطي تحت الصفيحة الأوراسيوية أدى إلى نشوء الصحارة الأنديزيتية والبلوتونية.

- بعد استنفاد الغلاف الصخري المحيطي للصفحة المطمورة يتم حجز الطمر، فينتج عن ذلك طفو جزء من الغلاف الصخري المحيطي للصفحة الراكبة فوق القشرة القارية للهند الشيء الذي أعطى مركب الأفوليت.
- مع استمرار القوى الانضغاطية، اصطدم الهامشان القاريان للهند وآسيا، مع تكون موشور تضخم بينهما ونشوء تراكبات كبيرة في اتجاه الجنوب.
- بتزايد الضغوطات التكتونية، نشأت تشوهات معقدة دفعت بموشور التضخم باتجاه آسيا مع رفع الكتل الصخرية عاليا وهذا ما أعطى الهملايا العليا (حيث توجد أعلى قمة: Everest).

الوثيقة 1: تشكل سلاسل الاصطدام:

اللوحة 5



- 1 - انطلاقا من الشكل "أ"، صف تطور وضعية الهند عبر الزمن واربط ذلك بزحزحة القارات.
- 2 - انطلاقا من الشكل "ب"، أبرز تسلسل الأحداث المؤدية إل تشكل الهملايا.

ملحوظة: إن اصطدام قارتين يمكن أن يكون مسبقا بـ:

- طمر دون طفو: غياب المركب الأفوليتي.
- طمر مع طفو: تواجد المركب الأفوليتي.

III - التشوهات التكتونية المميزة لسلاسل الطمر والاصطدام.

① **العوامل المتدخلة في تشوه الصخور.** أنظر الوثيقة 1 لوحة 7.

أ - ملاحظات:

(1) يرتبط نمط التشوه التكتوني بمناطق التجابه بين الصفائح، بعوامل خارجية أهمها: العمق الذي يحدد تغيرات الضغط ودرجة الحرارة والزمن والحركات التكتونية. وعوامل داخلية أهمها: خاصيات المرونة والميوعة.

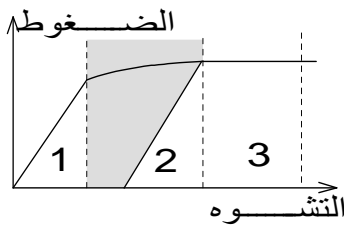
(2) تختلف استجابة الصخور للضغوط التكتونية حسب العمق:

- على السطح تكون ظروف الضغط والحرارة منخفضة، فتكون الصخور هشة مما يجعل التشوهات التكتونية من النوع الكسور. وتتمثل أساسا في الفوالق المعكوسة والسدائم المرتبطة بها.
- في العمق يزداد الضغط والحرارة مما يجعل الصخور مرنة، فتصبح التشوهات التكتونية على شكل طيات متساوية السمك، ثم متغيرة السمك مع ازدياد العمق. وتتطور التشوهات حسب شدة الضغوط المسلطة عليها، وبذلك نحدد ثلاثة مجالات هي: المجال 1 = المجال المرن، المجال 2 = المجال اللدن، المجال 3 = مجال التدفق اللدن (Fluage).

اللوحة 7

الوثيقة 1: العوامل التكتونية المتدخلة في تشوه الصخور

تخضع تجريبيا عينة صخرية لضغوط ميكانيكية متزايدة الشدة بسرعة ثابتة، يمثل البيان أسفله النتائج:

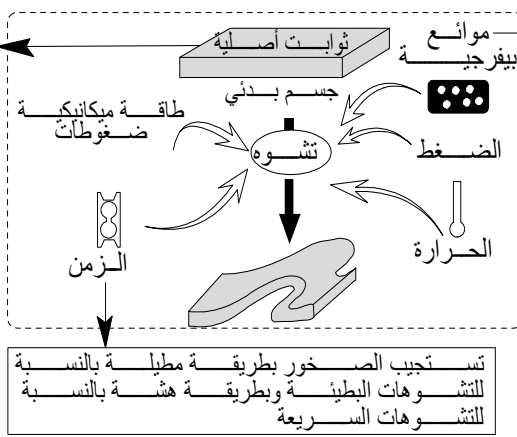


المجال 1 = مجال مرن: عند حذف القوى المسلطة على الصخرة ترجع قيمة الضغط والتشوه إلى قيمتها الأصلية
المجال 2 = مجال لدن: تحتفظ الصخرة بالتشوه رغم زوال القوى المطبقة عليها
المجال 3 = مجال التدفق اللدن: تؤدي التغيرات الطفيفة في الضغط إلى تغيرات مهمة في التشوه

في بعض الظروف يمكن أن يقع كسر إذا وقع هذا الكسر في المجال 1 نقول أن هناك سلوكا هشاً ويكون التشوه متواصل. أما إذا وقع الكسر في المجال 2 و 3 ستحصل تشوهات متصلة (طيات) مصحوبة بتشوهات غير متصلة (فوالق)

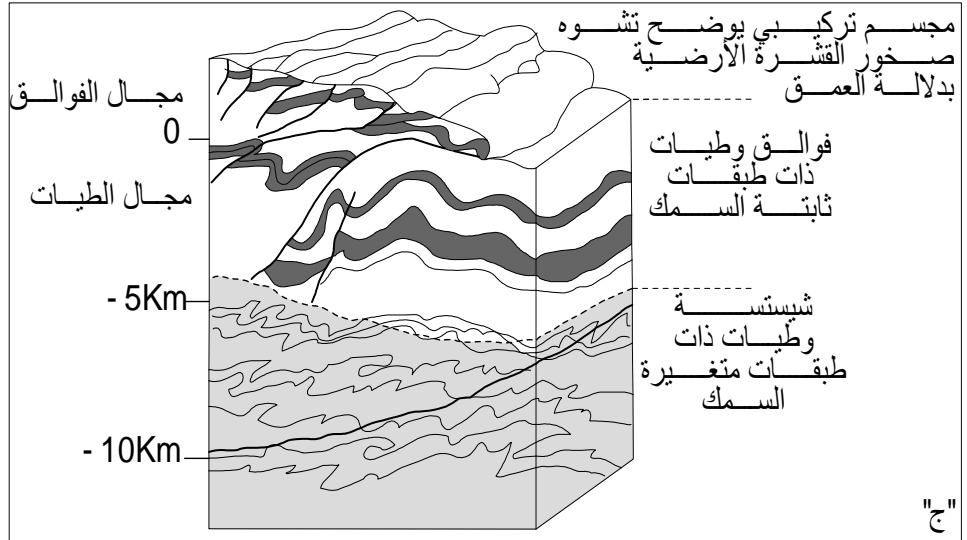
تختلف استجابة الصخور للضغوط حسب مجموعة من الثوابت:

- المرونة
- الميوعة
- نوع المعادن وطبيعة الصخرة
- قد الحبيبات: تكون الصخرة مطيئة أكثر إذا كانت مشكلة من معادن دقيقة



عوامل تشوه الصخور

تسهل الموانع التي تتخلل الفراغات داخل الصخرة (كالماء) التشوه المطيئ للمعادن وذلك عن طريق الذوبان وإعادة التبلور. وتنشط هذه الظاهرة تناسيبا مع ارتفاع درجة الحرارة. يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى جعل الصخور مطيئة كلما اقتربنا من درجة الانصهار.



- 1- استخراج من خلال الشكل "أ" أهم العوامل المؤثرة في تشوه الصخور بالسلاسل الجبلية
- 2- اعتماد على الدراسة التجريبية المدرجة في الشكل "ب" فسر سلوك الصخور إزاء التشوهات بدلالة العمق (شكل ج).

② التشوهات التكتونية.

أ - الطيات: أنظر الوثيقة 2 لوحة 5.

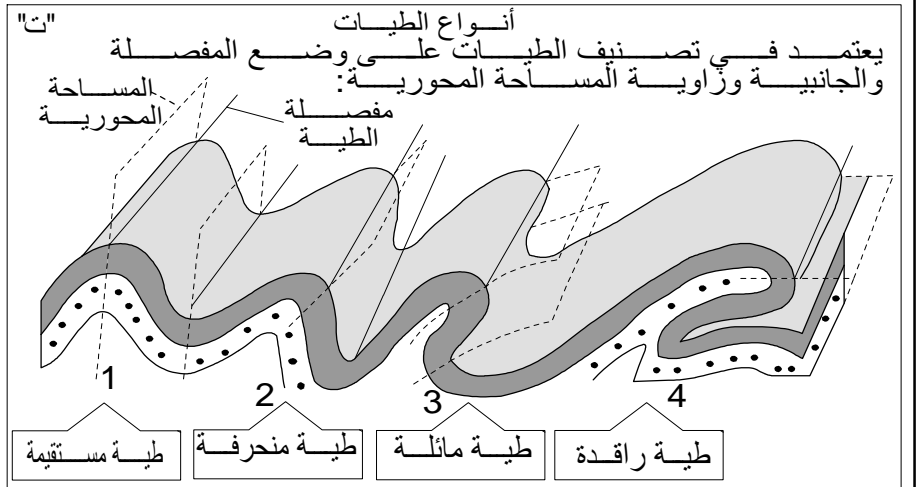
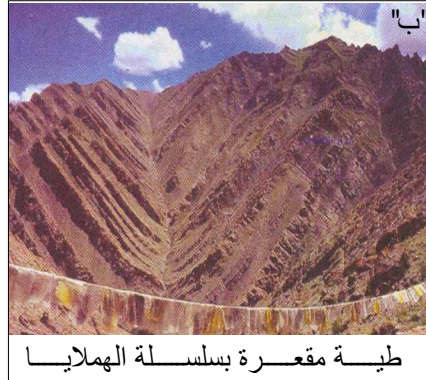
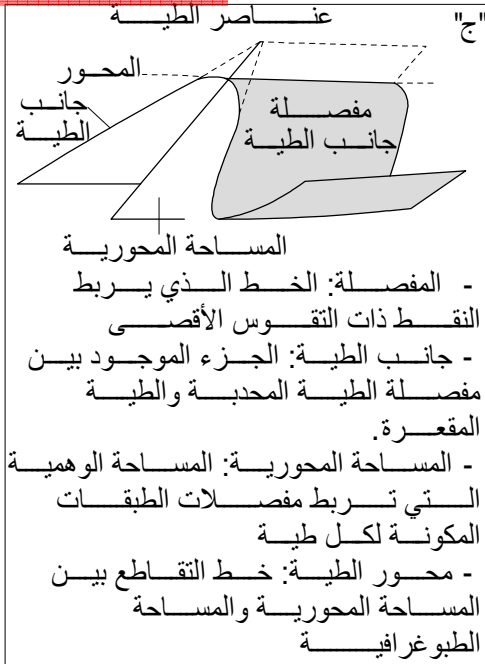
الطيات هي عبارة تشوهات تكتونية متواصلة (تبقى الطبقات الصخرية متصلة على طول مساحة الطي)، تنتج عن قوى انضغاطية، مما يترتب عنه تقصير في الطبقات الصخرية.

- 1) تتميز سلاسل الطمر والاصطدام بتشوهات تكتونية تتجلى في طيات محدبة، وطيات مقعرة، وهي تشوهات تقاربية ناجمة عن ضغوط تكتونية بمناطق التجابه بين الصفائح.

(2) (أنظر الشكل ج) عناصر الطية هي: المفصلة، جانب الطية، المساحة المحورية، محور الطية.

(3) (أنظر الشكل ت) أصناف الطيات هي: طية مستقيمة، طية منحرفة، طية مائلة، طية راقدة.

اللوحة 5



- 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).

ب - الفوالق: أنظر الوثيقة 1 لوحة 6.

هي عبارة عن انكسارات للكتل الصخرية مصحوبة بتفاوت للكتلتين الناتجتين عن الكسر.

(1) تتميز سلاسل الطمر والاصطدام بفوالق معكوسة وعادية، وسدائم، وهي تشوهات تقاربية ناجمة عن ضغوط تكتونية بمناطق التجابه بين الصفائح.

(2) (أنظر الشكل ج) عناصر الفالق هي: سطح الفالق يكون مصحوبا بصقل إلي يسمى مرآة الفالق. طرح الفالق مركب من طرح أفقي مستعرض (r)، وطرح عمودي (R).

(3) (أنظر الشكل ت) أنماط الفوالق هي: فالق عادي، فالق معكوس، فالق عمودي، انقلاع. الفوالق المركبة هي مجموعة من الفوالق المعكوسة، في مناطق تسود فيها القوى الانضغاطية فتؤدي إلى تشكل مدرجات صاعدة (الأنشاز) Horst.

ج - التشوهات الوسيطة: أنظر الوثيقة 2 لوحة 6.

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

ا - الطيات - الفوالق pli-faille

نتيجة لتزايد الضغوط المسلطة على الطية من أحد جانبيها، يتمدد الجانب المقابل لمنحى الضغوط ثم يترقق، فيؤدي ذلك إلى حدوث فالق، لتتطور الطية إلى طية-فالق.

b - التراكب Chevauchement

بعد تشكل الطية-الفالق، وإذا استمرت الضغوطات، يزحف الجزء الأعلى فوق الآخر مشكلا تراكبا.

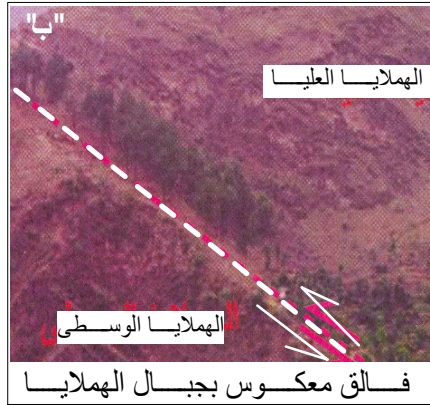
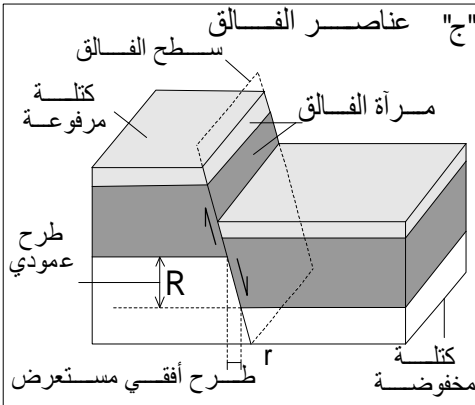
c - السديمة Nappe de charriage

بعد تشكل التراكب، وإذا استمرت الضغوطات، تصبح مسافة زحف الجزء الأعلى كبيرة، فتتكون بذلك السديمة. يسمى الجزء المتنقل بالراكب، وتسمى القاعدة بالمركب.

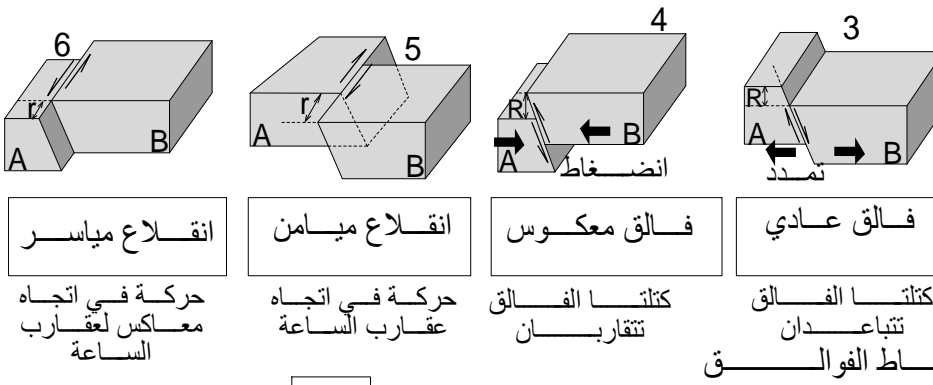
تتعرض الصخور الراكبة للحت فتتكون نافذة تسمح برؤية الطبقات المركوبة. ويمثل الكليب Klippe الصخور الراكبة التي لم تتعرض للحت، وتبقى شاهدة على التراكبات.

اللوحة 6

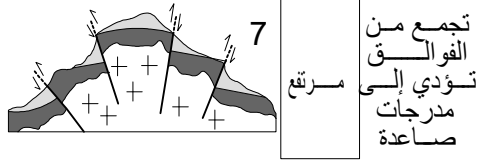
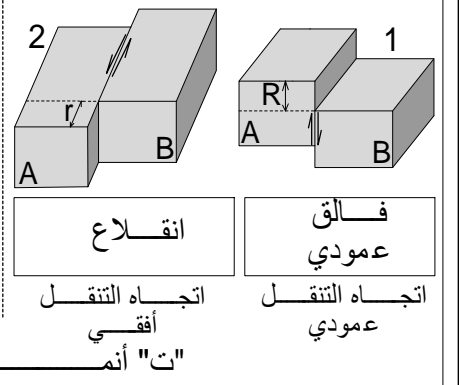
الوثيقة 1 : الفوالق



مساحة الفالق مائلة



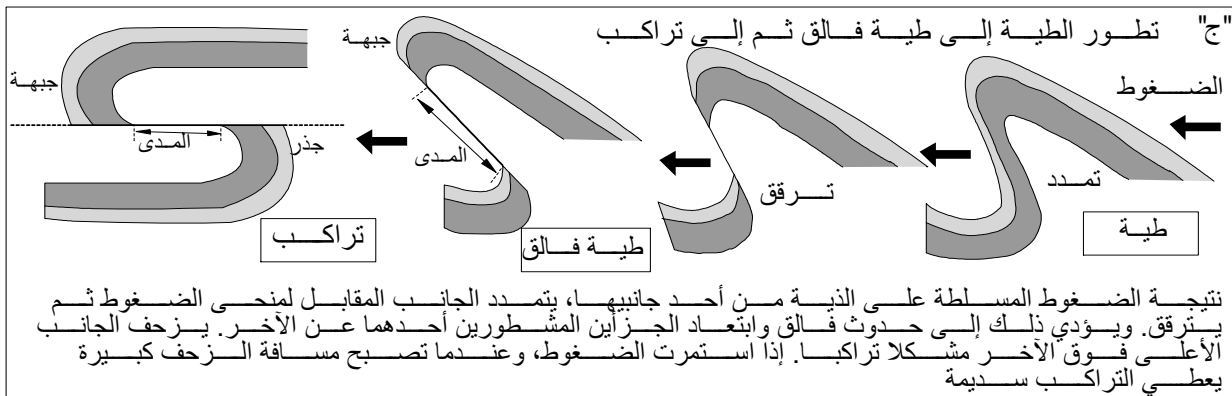
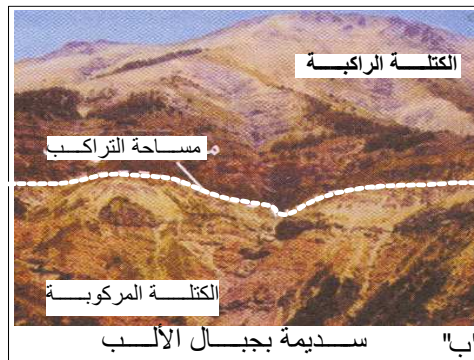
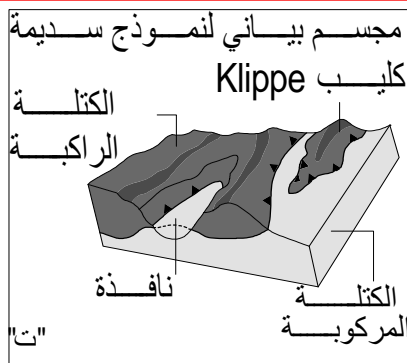
مساحة الفالق عمودية



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

اللوحة 6

الوثيقة 2 : التشوهات الوسيطة



تعرف
مختلف
التشوهات
الوسيلة
المميزة
لمناطق
الظمر
والاصطدام