الفصل الأول

السلاسل الجبلية الحديثة وعلاقتها بتكتونية الصفائح

مقدمة: السلاسل الجبلية الحديثة تضاريس بارزة على سطح الأرض، ارتبط 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 ؟

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

اللوحـــــــة 1

الوثيقة 1

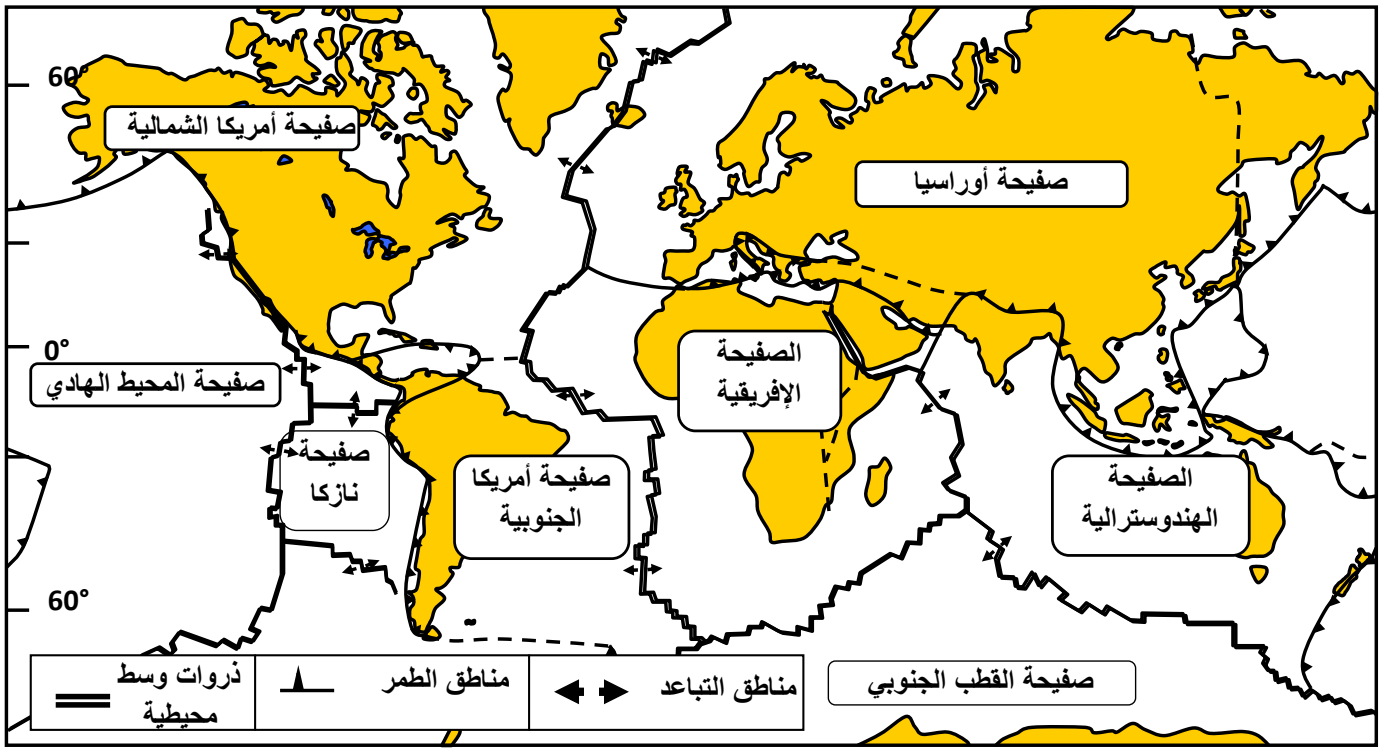
الصفائح الصخرية هي قطع صلبة طافية على الأستينوسفير، تتكون من جزء من الرداء العلوي تعلوه قشرة قارية أو قشرة محيطية أو هما معا. يشكل مجموع الصفائح الغلاف الصخري للكرة الأرضية.
تمثل الخريطة 1 أهم الصفائح التكتونية وعلاقتها ببعضها البعض. وتمثل الخريطة 2 التوزيع الجغرافي للبراكين وبؤر الزلازل على مستوى الكرة الأرضية.

1) اعتمادا على الخريطة1 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.

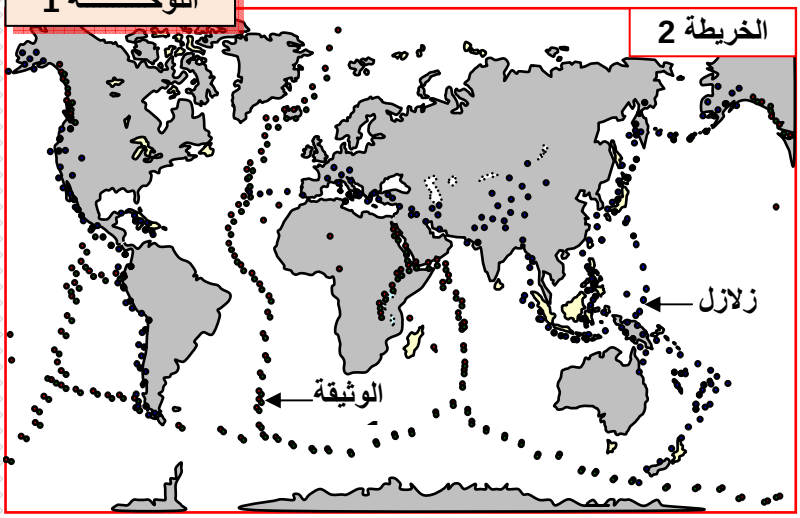
اللوحـــــــة 1

الخريطة 1

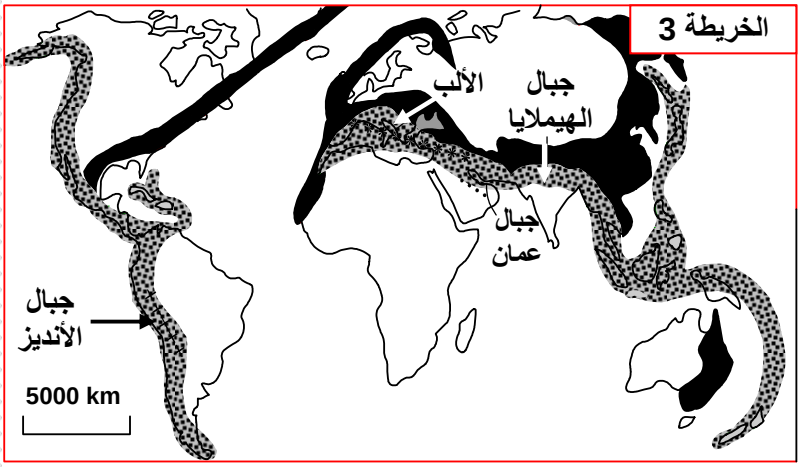


اللوحـــــة 1

الخريطة 2



الخريطة 3



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:
  - o مناطق الطمر Subduction حيث تنغرز صفيحة تحت أخرى.
  - o مناطق الطفو Obduction حيث يزحف الغلاف الصخري المحيطي فوق الغلاف الصخري القاري.
  - o 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 تراكب غلاف صخري محيطي فوق غلاف صخري قاري ينتميان لصفيحتين مختلفتين.

II – خصائص السلاسل الجبلية الحديثة.

① سلاسل الطمر

أ – الخاصيات 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 النشيط بظواهر جيولوجية خاصة أبرزها:

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

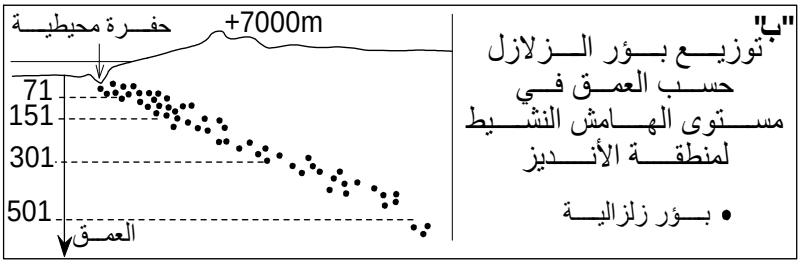
- بركانية عنيفة تؤدي إلى قذف صهارة أنديزيتة يسبب تبردها المرحلي صخرة ذات بنية ميكروليتية تسمى الأنديزيت Andésite.

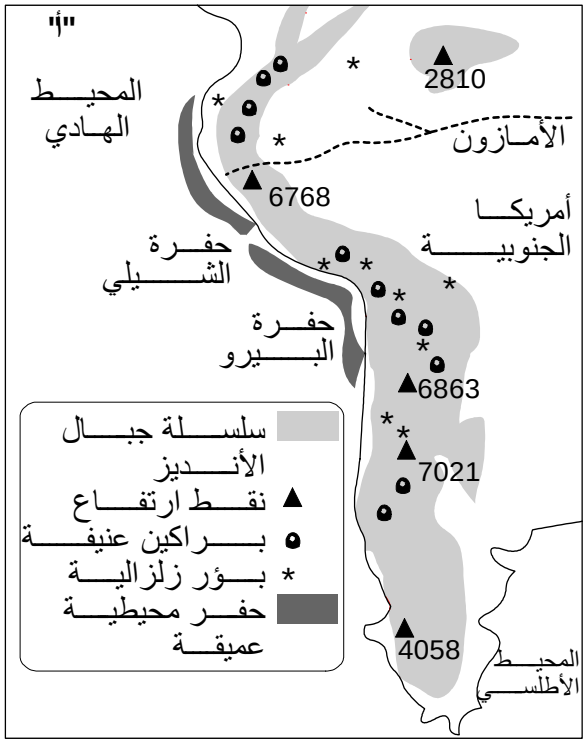
2) تتكون صخرة الأنديزيت من مادة غير متبلورة تدعى عجين أو زجاج، وبلورات كبيرة الحجم (البلاجيوكلاز و البيروكسين)، وبلورات صغيرة الحجم تدعى ميكروليتات. لدى نتكلم عن بنية ميكروليتية، الشيء الذي يدل على أن صخرة الأنديزيت تشكلت عبر مراحل:

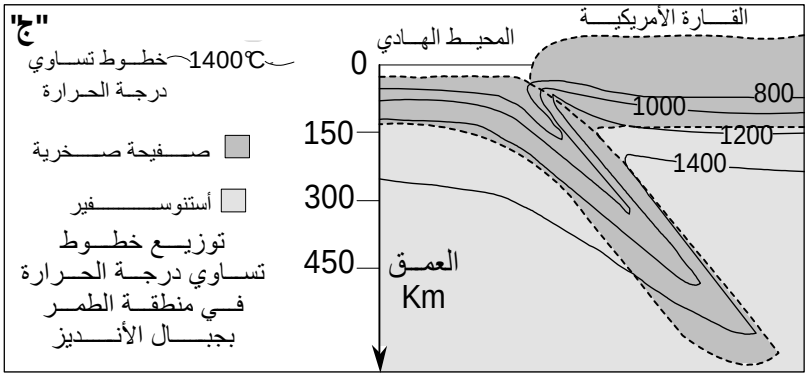
- تبريد بطيء في العمق مكن من تشكل البلورات الكبيرة.
- تبريد سريع على السطح ترتب عنه تشكل الزجاج والميكروليتات.

اللوحـــــة 2

الوثيقة 1: الخاصيات البنيوية والجيوفيزيائية لمناطق الطمر.





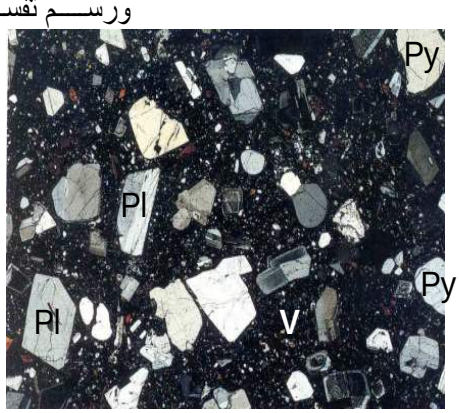


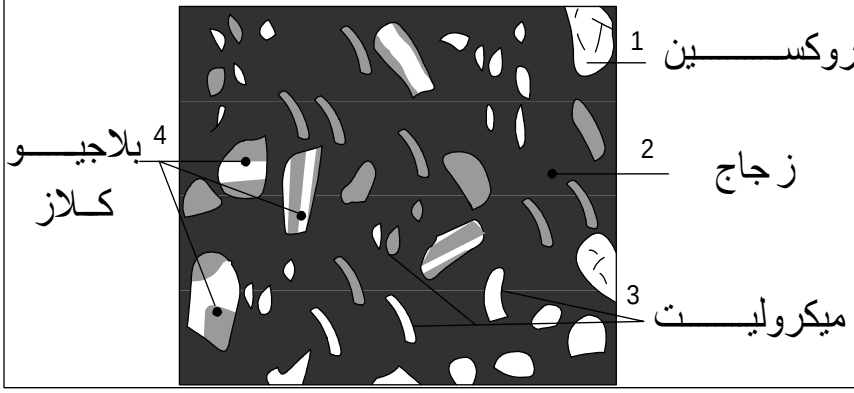
"د"
صخرة الأنديزيت هي صخرة رمادية اللون ذات انتشار واسع في مناطق الطمر وقد سميت بذلك لوجودها بكثرة في جبال الأنديز

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.

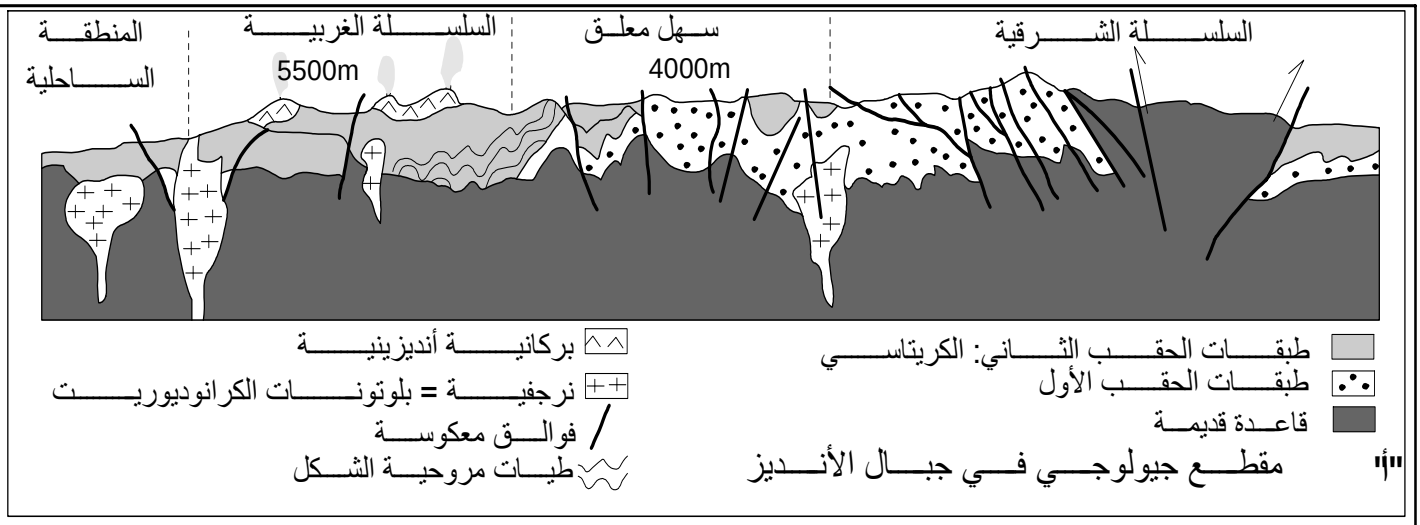
صفيحة دقيقة للأنديزيت ملاحظة بالضوء المستقطب ورسم تفسيري لها



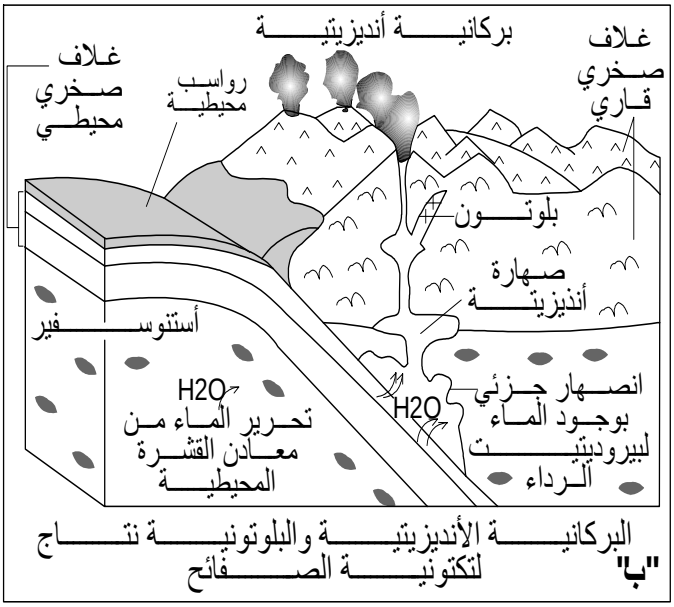


ب – تشكل سلاسل الطمر: وثيقة 1 لوحة 3

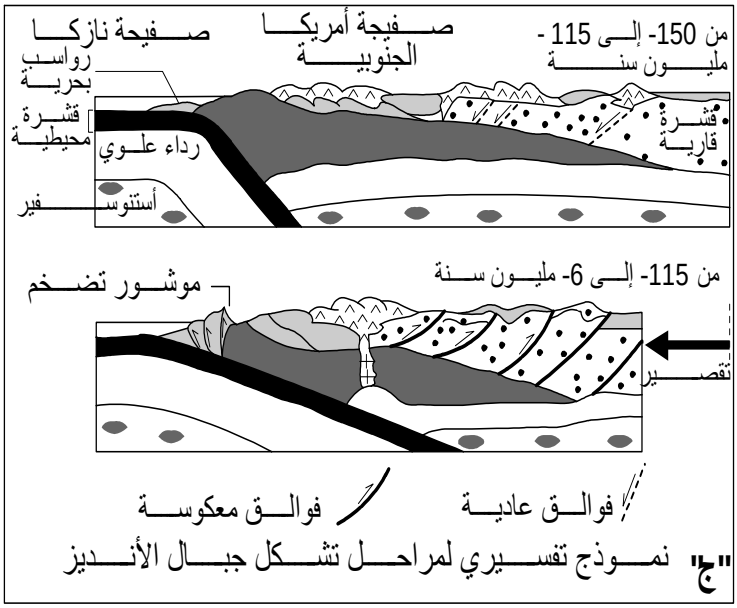
الوثيقة 1 : تشكل سلاسل الطمر



"أ" مقطع جيولوجي في جبال الأنديز



"ب" البركانية الأنديزيتية والبلوتونية نتاج لتكتونية الصفائح



"ج" نموذج تفسيري لمراحل تشكل جبال الأنديز

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

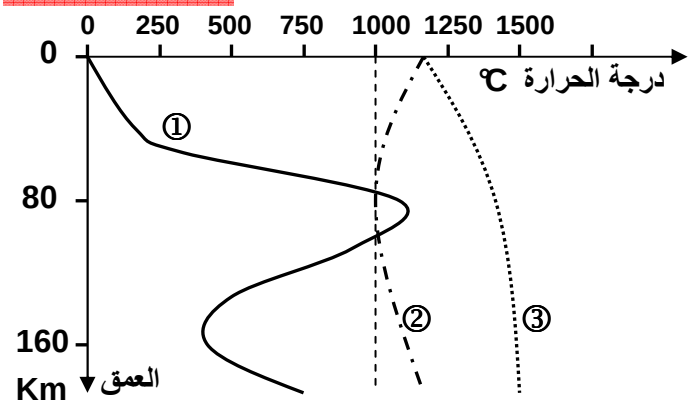
1) انطلاقا من الشكل أ من الوثيقة يمكن القول أن سلاسل الأنديز تتميز بـ:

- بركانية أنديزيتية وبصخور بلوتونية (صخرة صهارية داخلية النشأة 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 الأستنوسفير لارتفاع في درجة الحرارة والضغط، وينتج عن هذا تحرير الماء الذي ينتشر عبر الرداء فيصبح هذا الأخير تحث 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.

اللوحـــــــة 2



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

على نفس المبيان مثلت المنحنيات التجريبية لبداية انصهار البيريدوتيت المكونة للرداء تحت ظروف الضغط والحرارة:
② = منحنى تصلب البيريدوتيت المميهة.
③ = منحنى تصلب البيريدوتيت غير المميهة.

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

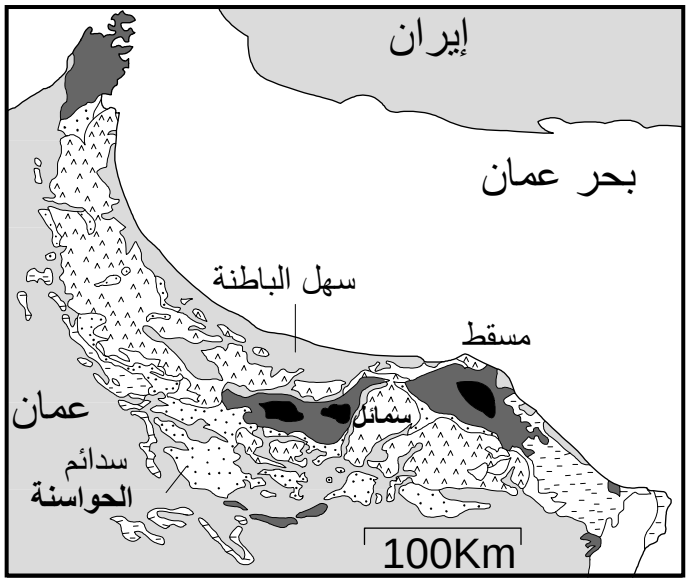
3) تكون الصفيحة المنغرزة أثناء الطمر مكسوة بطبقات رسوبية، تعمل الصفيحة الراكبة على كشطها وفصلها عن القشرة المحيطية المركوبة ، فتشكل هذه الرواسب موشور التضخم.
بتوالي الضغوط التكتونية، تزداد أهمية الطي والفوالق المعكوسة، فينتج عن هذا تقصير وارتفاع في الغلاف الصخري مشكلا تضاريس عالية تمثل سلاسل الطمر.

② سلاسل الطفو:

أ – الخاصيات البنيوية لسلاسل الطفو: مثال جبال عمان وثيقة 2 لوحة 3.

اللوحـــــــة 3

الوثيقة 2 : خريطة جيولوجية مبسطة لجبال الحجر شمال عمان.



المـــــفـــــتـــــاح

- رواسب من المايستريختي إلى الحقب الثالث
- أفيوليت سمائل
- سدائم الحوانسة المغتربة
- من البرمي إلى الكريتاسي (الطبقات المركوبة)
- القاعدة قبل البرمية

مقطع مبسط للأفيوليت

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

1) تتميز سلسلة جبال عمان ب:

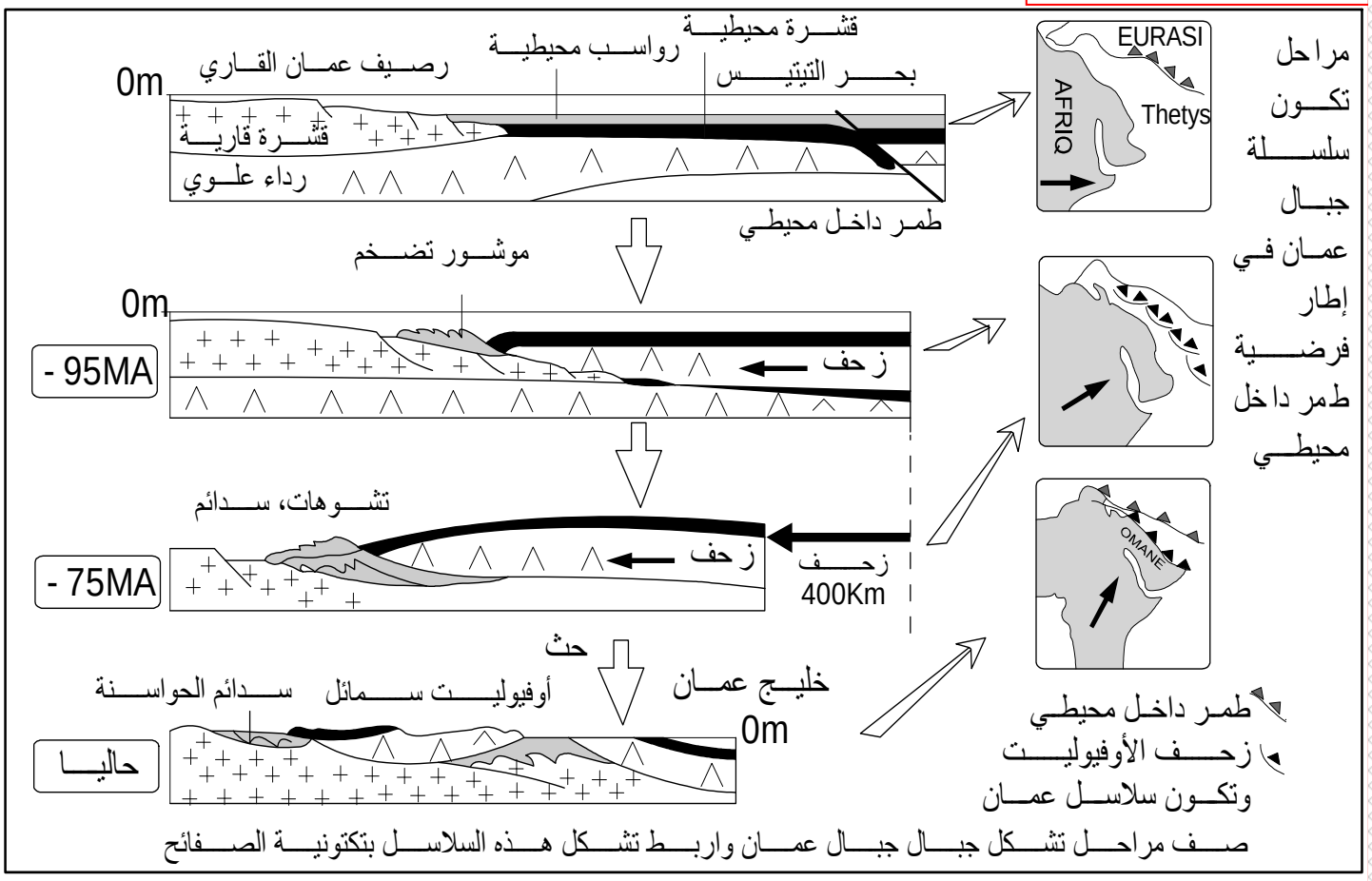
- وجود سدائم، وهي تشكيلات صخرية مغتربة ذات امتداد كبير (مئات الكيلوميترات)، زحفت من موقع نشأتها واستقرت في مكان آخر وغطت صخورا أخرى تسمى بالصخور المركوبة.
- وجود صخور المركب الأوفيوليتي Ophiolite له نفس تركيب الغلاف الصخري المحيطي.

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.

اللوحـــــة 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 المطمورة، 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.

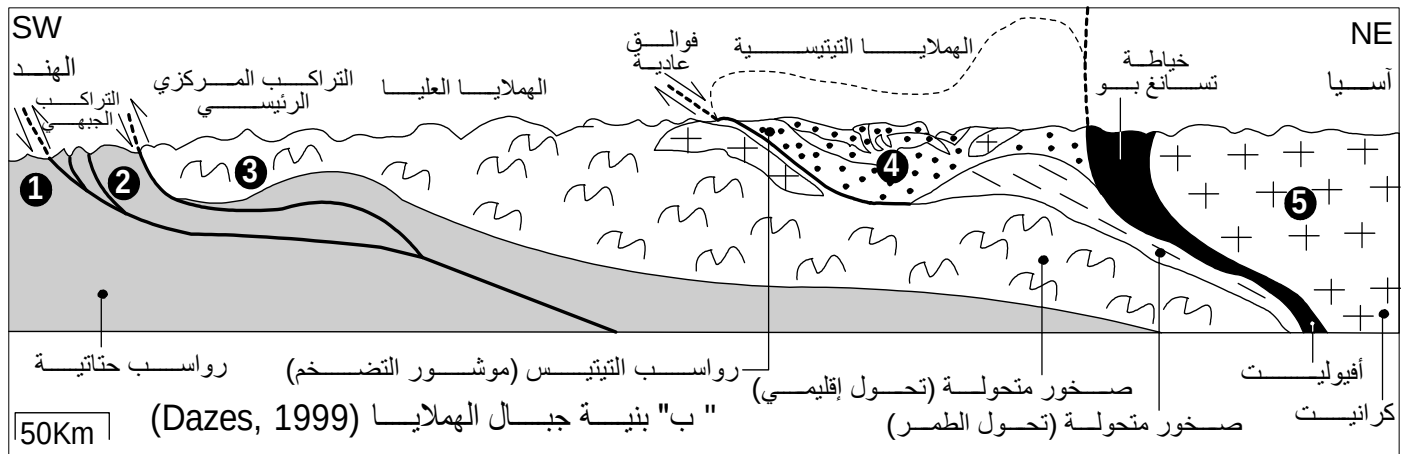
- تؤدي هذه التراكبات من الصخور إلى تضخم الغلاف الصخري،فينتج عن ذلك نشوء سلاسل جبلية تسمى بسلاسل الطفو.

③ سلاسل الاصطدام:

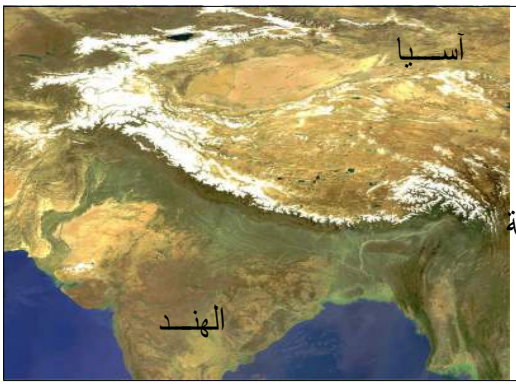
أ – الخاصيات البنيوية والبتروغرافية لسلاسل الاصطدام: مثال جبال الهملايا وثيقة 2 لوحة 4.

اللوحـــــة 4

الوثيقة 2 : سلاسل الأصطدام (سلسلة جبال الهملايا)



1 وحدة سيواليك شمال الهند. 2 وحدة الهملايا الوسطى: تركب وحدة سيواليك بواسطة التراكب الجبهي.
3 وحدة الهملايا العليا: تركب وحدة الهملايا الوسطى بواسطة التراكب المركزي الرئيسي.
4 وحدة الهملايا التيبتية ترتفع نتيجة عمل الفوالق العادية كالفالق الشمالي للهملايا.
5 هضبة التبت: ترتبط بباقي الهملايا بواسطة الخياطة الأفيوليتية لمنطقة تسانغ بو.



"أ" صورة بالأقمار الاصطناعية للهملايا

1 - حدد تموضع جبال الهملايا على الصورة المأخوذة بالأقمار الاصطناعية. صف الكيفية التي تتموضع بها هذه الجبال

2 - استخرج من خلال المقطع الجيولوجي الخاصيات البنيوية 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 :
- تراكبات Chevauchement وتشوهات ناتجة عن قوى انضغاطية عرفتها 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.

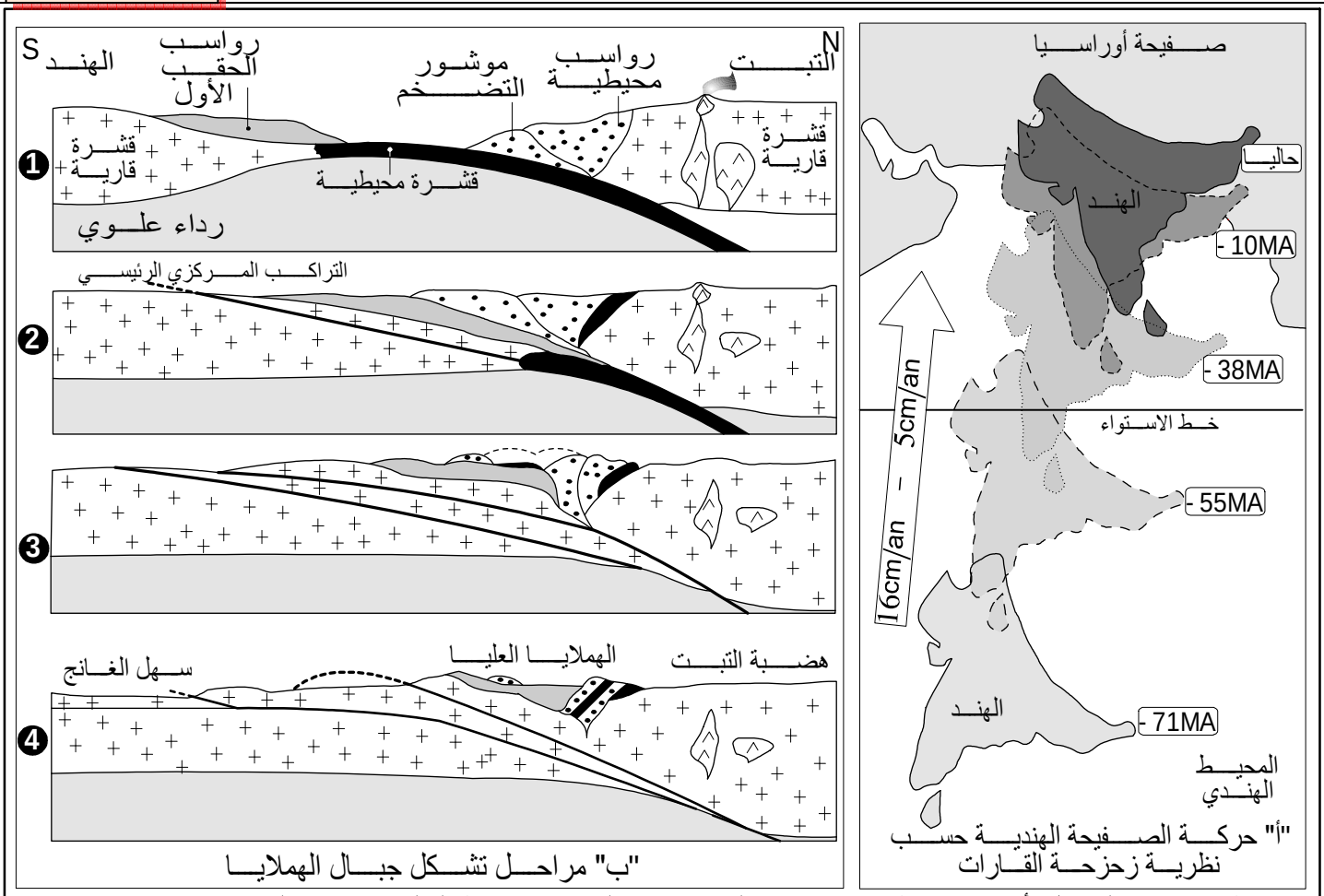
1) حسب الشكل أ، قبل 70 مليون سنة كانت القارة الهندية والأسيوية متباعدتان، ونتيجة لحركية الصفائح انتقلت القارة الهندية نحو الشمال، مع اختفاء المحيط الذي يفصلها عن القارة الأسيوية، إلى أن التصقت بالقارة الأسيوية وتشكلت بينهما سلاسل جبال الهملايا.

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 الصهارة الأنديزيتية والبلوتونية.

- بعد استنفاد الغلاف الصخري المحيطي للصفيحة المطمورة يتم حجز الطمر، فينتج عن ذلك طفو جزء من الغلاف الصخري المحيطي للصفيحة الراكبة فوق القشرة القارية للهند الشيء الذي أعطى مركب الأوفيوليت.
- مع استمرار القوى الانضغاطية، اصطدم الهامشان القاريان للهند واسيا، 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).

اللوحـــــة 5

الوثيقة 1: تشكل سلاسل الاصطدام:



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

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

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:

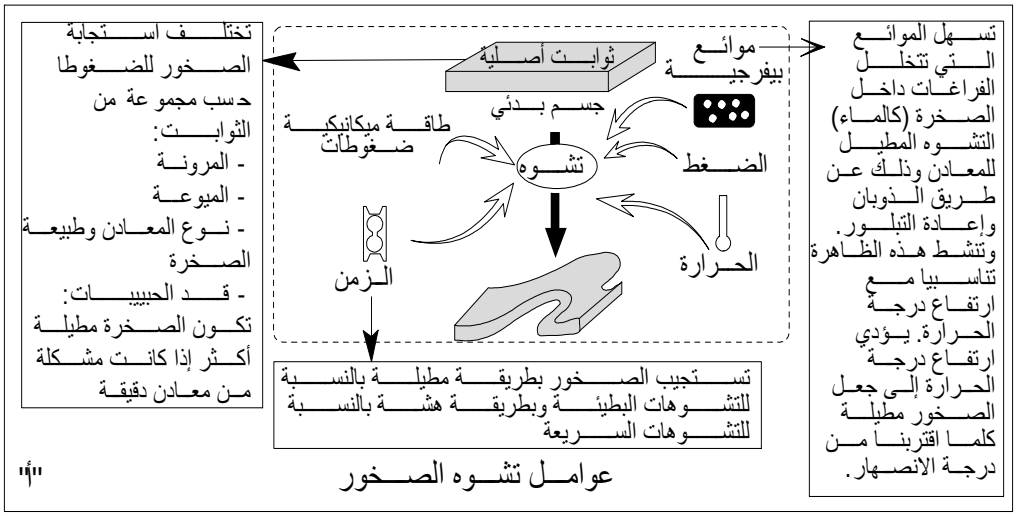
- على السطح تكون ظروف الضغط والحرارة منخفضة، فتكون الصخور هشة مما يجعل التشوهات التكتونية من النوع الكسور. وتتمثل أساسا في الفوالق المعكوسة والسدائم المرتبطة بها.

- في العمق يزداد الضغط والحرارة مما يجعل الصخور مرنة، فتصبح التشوهات التكتونية على شكل طيات متساوية السمك، ثم متغيرة السمك مع ازدياد العمق.

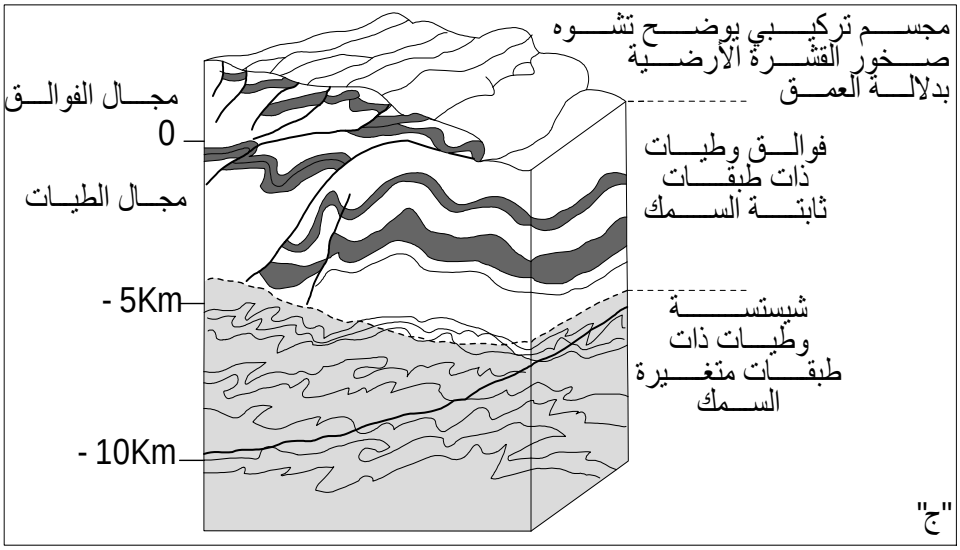
وتتطور التشوهات حسب شدة الضغوط المسلطة عليها، وبذلك نحدد ثلاثة مجالات هي: المجال 1 = المجال المرن، المجال 2 = المجال اللدن، المجال 3 = مجال التدفق اللدن (Fluage).

اللوحـــــة 7

الوثيقة 1: العوامل التكتونية المتدخلة في تشوه الصخور

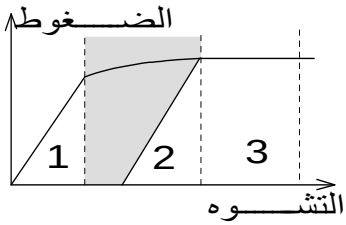


"أ" عوامل تشوه الصخور



"ج"

تخضع تجريبيا عينة صخرية لضغوطات 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 رغم حذف 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 هشا ويكون التشوه متواصل. أما إذا وقع الكسر في المجال 2 و 3 ستحصل تشوهات متصلة (طيات) مصحوبة بتشوهات غير متصلة (فوالق)

1 - استخرج 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.

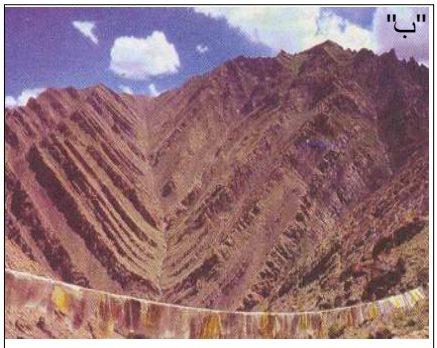
2) (أنظر الشكل ج) عناصر الطية هي: المفصلة، جانب الطية، المساحة المحورية، محور الطية.

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

اللوحـــــة 5

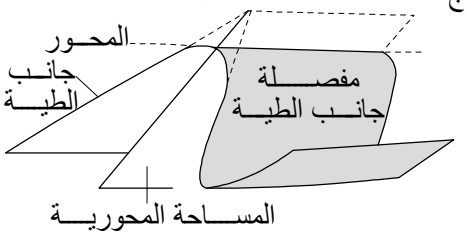
الوثيقة 2: الطيات

"أ" طيـــة محدبـــة بجبـــال الألـــب (سلســـة اصـــطدام)



"ب" طيـــة مقعـــرة بسلســـلة الهملايـــا

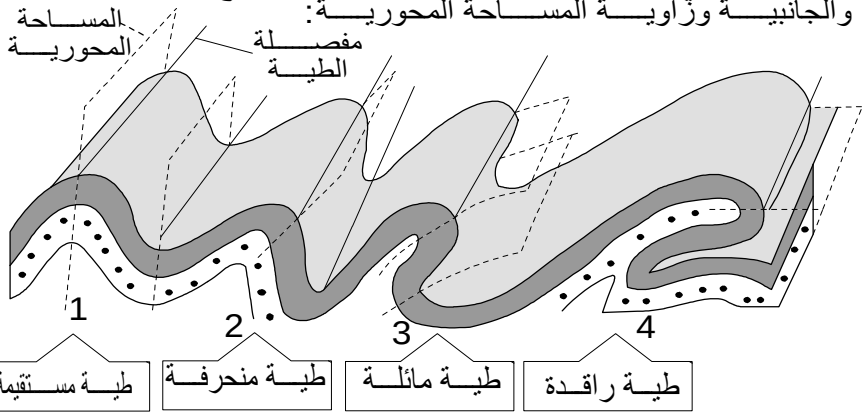
"ج" عنـــاصر الطيـــة



- المفصـــلة: الخـــط الـــذي يـــربط النقـــط ذات التقـــوس الأقصـــى
- جانـــب الطيـــة: الجـــزء الموجـــود بيـــن مفصـــلة الطيـــة المحدبـــة والطيـــة المقعـــرة.
- المســـاحة المحوريـــة: المســـاحة الوهميـــة الـــتي تـــربط مفصـــلات الطبقـــات المكونـــة لكـــل طيـــة
- محـــور الطيـــة: خـــط التقـــاطع بيـــن المســـاحة المحوريـــة والمســـاحة الطبوغرافيـــة

"ت" أنـــواع الطيـــات

يعتمـــد فـــي تصـــنيف الطيـــات علـــى وضـــع المفصـــلة والجانبيـــة وزاويـــة المســـاحة المحوريـــة:



1 - تعـــرف أنـــواع الطيـــات المميـــزة لمنـــاطق الطمـــر والاصـــطدام (الشـــكل أ و ب).
2 - تعـــرف عناصـــر الطيـــة (الشـــكل ج).
3 - مـــيز بيـــن مختلـــف أصـــناف الطيـــات (الشـــكل 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.

a – 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.

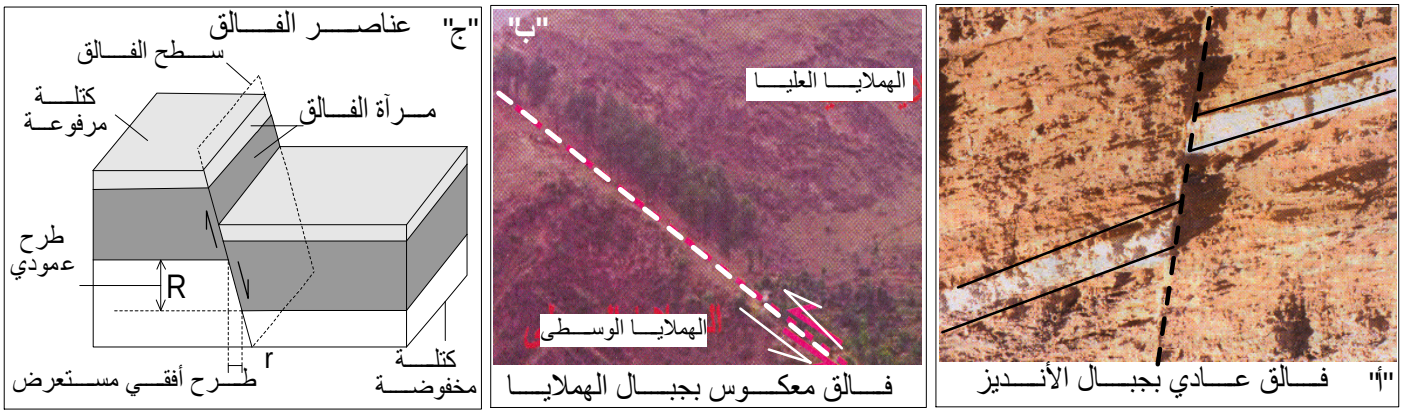
c – السديمة Nappe de charriage

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

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

اللوحـــــة 6

الوثيقة 1 : الفوالق

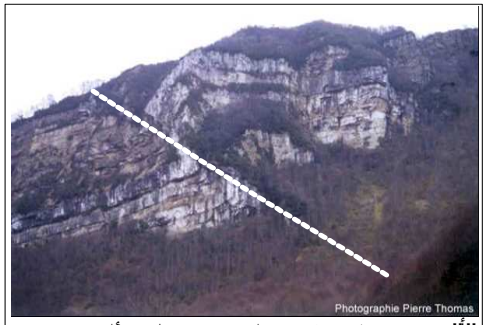


1 - تعـــرف أنـــواع الفوالـــق المميـــزة لمنـــاطق الطمـــر والاصـــطدام (الشـــكل أ و ب).

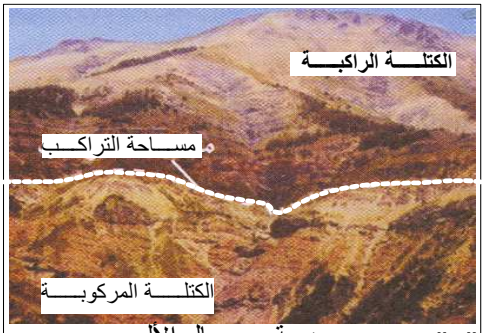
2 - تعـــرف عناصـــر الفـــالق (الشـــكل ج).

3 - مـــيز بيـــن مختلـــف أصـــناف الفوالـــق (الشـــكل ت).

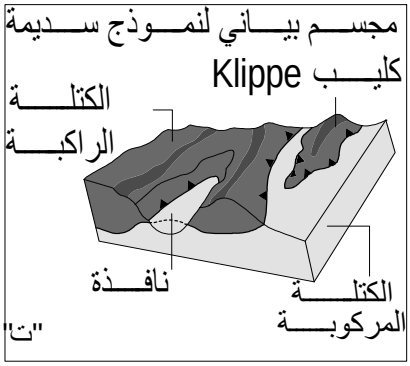
الوثيقة 2 : التشوهات الوسيطة



"أ" طيـــة فـــالق بجبـــال الألـــب

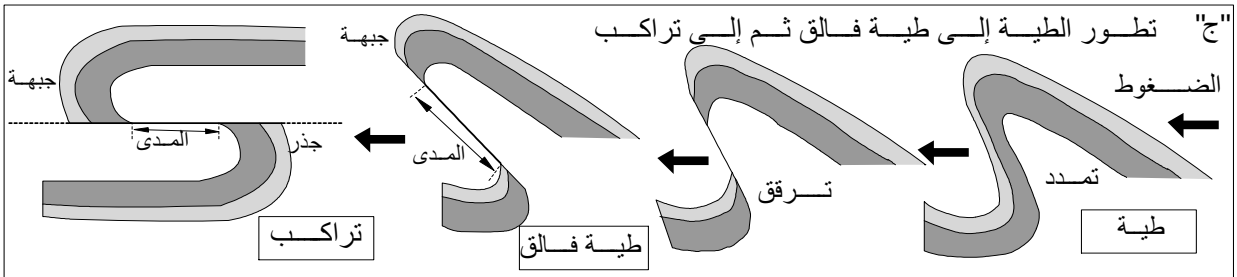


"ب" ســـديمة بجبـــال الألـــب



تعـرف مختلـف التشـوهات الوسـيطة المميـزة لمنـاطق الطمـر والاصـطدام

"ج" تطـور الطيـة إلـى طيـة فـالق ثـم إلـي تراكـب



نتيجـة الضـغوط المسـلطة علـى الذيـة مـن أحـد جانبيهـا، يتمـدد الجانـب المقابـل لمنحـى الضـغوط ثـم يـترقق. ويـؤدي ذلـك إلـى حـدوث فـالق وابتعـاد الجـزأين المشـطورين أحـدهما عـن الآخـر. يـزحف الجانـب الأعلـى فـوق الآخـر مشـكلا تراكبـا. إذا اسـتمرت الضـغوط، وعنـدما تصـبح مسـافة الـزحف كبـيرة يعطـي التراكـب سـديمة