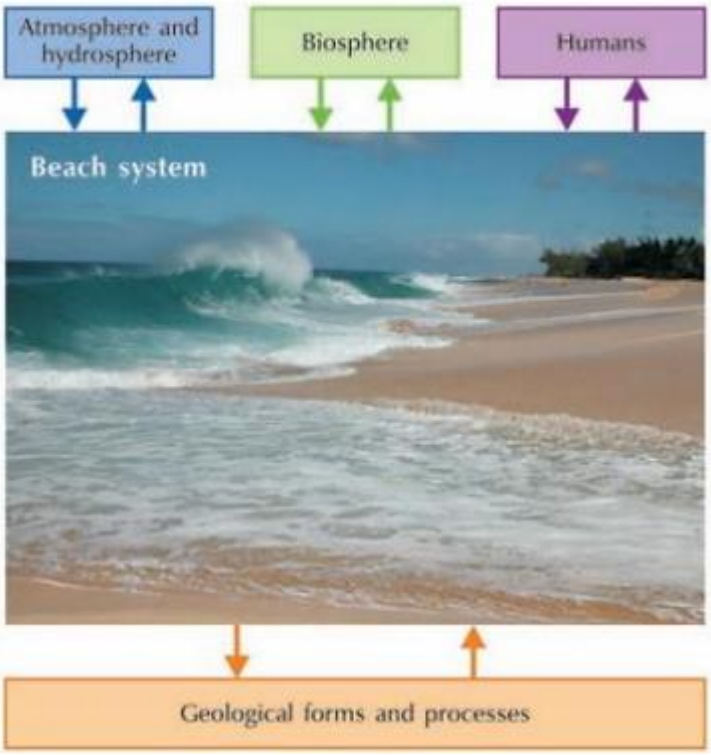
# المحاضرة الاولى

## مقدمة:

ما هي الجيومورفولوجيا؟ كلمة جيومورفولوجي geomorphology مشتقة من ثالث كلمات يونانية: وهي جيو وتعني أرض، مورف وتعني شكل، لوجي وتعني علم. و تعني الجيومورفولوجيا بدراسة معالم سطح الأرض الطبيعية، و أشكالها الأرضية كالنهار والتلال والسهول والشواطئ والكثبان الرملية وغيرها. و بعض المتخصصين يشمل التضاريس تحت البحرية في نطاق الجيومورفولوجيا؛ وقد يضيف البعض التضاريس للكواكب الأرضية والتوابع الأخرى في النظام الشمسي - المريخ والقمر والزهر ة وما إلى ذلك .إن التضاريس هي معالم بارزة للأرض وتوجد في كل مكان. وهي تتراوح في حجمها من تلال ترابية صغيرة إلى جبال إلى صفائح تكتونية رئيسية، وتتراوح أعمارها من أيام إلى آلاف السنين إلى دهور ، ولا تعتبر علما مستقلا ، أو عن الأفرع الأخرى لهذا العلم، فالتشابك موجود بين المواضيع المختلفة لكل منها، ولما كانت الجيومورفولوجيا تتعامل مع أكثر من غلاف للكرة الأرضية، أهمها الغلاف الجوي والغلاف الصخري، فإنها تتغير بالتغير الحادث في كل منهما، بمعنى آخر فإن العديد من المتغيرات التي تحدث على سطح الأرض (في الغلاف الجوي)، وتحت سطح الأرض (في الطبقات الصخرية) تؤثر على ديناميكية مواضيع هذا العلم . تتحرى الجيومورفولوجيا عن التضاريس والعمليات التي تشكلها. إن للشكل و العملية و العالقات المتبادلة بينهما أهمية محورية لفهم أصل وتطور أشكال التضاريس. في الجيومورفولوجيا، الشكل أو علم التشكيل له ثلاثة جوانب ( أول التركيب أو البنية )الخصائص الكيميائية والفيزيائية الموصوفة من خلال متغيرات خاصية المادة( على سبيل المثال الكثافة، الترشيح، النفاذية والمسامية، ثانيا الشكل أو الهيئة )الحجم والشكل الموصوف من خلال متغيرات هندسية (على سبيل المثال الطول، الارتفاع، العمق، المسافة، المساحة، الحجم والزاوية، و ثالثا تدفق الكتلة )معدلات التدفق الموصوفة من خلال متغيرات تدفق الكتلة ( مثل التصريف، معدل الهطول، معدل التبخر، معدل التعرية. تتباين هذه المتغيرات الشكلية مع المتغيرات الديناميكية المرتبطة بعمليات جيومورفية؛ وهي تشمل القدرة وتدفق الطاقة والقوة والإجهاد والزخم. لنأخذ على سبيل المثال حالة الشاطئ (شكل 1). تشمل الخصائص التركيبية أو البنيوية درجة فرز الحبيبات، متوسط قطر الحبيبات، شكل الحبيبات، و محتوى الرطوبة في الشاطئ؛ وتشمل الخصائص الشكلية مقاييس هندسة الشاطئ كزاوية الانحدار وشكل المقطع الجانبي للشاطئ وعمق المياه؛ وتشمل متغيرات التدفق الكتلي معدلات التعرية والنقل و الترسيب. وتشمل المتغيرات الديناميكية الإجهادات المتشكلة بفعل التيارات المائية المتصاحبة مع الموجات والتي يتم تشكلها بواسطة المد والجزر، وربما عن طريق المياه التي تتدفق على الشاطئ، والرياح ، وتشملً أيضا القوى التي تم إنشاؤها بواسطة الحيوانات الحافرة والبشر الذين يحفرون الشاطئ.




شكل 1 تفاعلات الشكل والعملية بالنسبة للشاطئ.

## الجيومورفولوجيا التاريخية

جميع التضاريس لها تاريخ. هكذا تضاريس مثل النيم على الشواطئ وفي قيعان الأنهار على منحدرات التلال تميل إلى أن تكون قصيرة العمر، بحيث أن تاريخها سيمر بدون تسجيل ما لم تدفن برواسب تضمن بقاءها في السجل الطباقي (الصخور). ولهذا السبب، فإن خبراء الجيومورفولوجيا الذين لديهم اهتمام رئيسي بالتغييرات طويلة الأجل عادة ما يتعاملون مع أشكال أرضية أكثر ا ثباتا نسبيا على مقاييس تتراوح بين معالم ساحلية و انهيارات أرضية و مصاطب نهرية ، و خلال السهول والهضاب، إلى أنظمة تصريف إقليمية و قارية. ومع ذلك، فإن عالمات النيم وغيرها من المعالم الرسوبية صغيرة المقياس التي نجحت في البقاء يمكن أن تقدم أدلة على العمليات والحداث الماضية .الجيومورفولوجيا التاريخية هي دراسة تطور التضاريس الأرضية أو التغيرات في أشكال التضاريس خلال مقاييس زمنية متوسطة وطويلة، وعادة ما تكون المقاييس الزمنية على امتداد قرون، آلاف السنين، ماليين ومئات الماليين من السنين. وهي تعيد البعد التاريخي للموضوع بكل افتراضاته وطرقه، وتعتمد بشكل رئيسي على شكل سطح الأرض وعلى السجل الرسوبي لقواعد بياناتها .

**الدراسات الجيومورفولوجية**

هناك أنواع من الدراسات الجيومورفولوجية. ومن هذه الدراسات الجيومورفولوجية الأخرى هي الجيومورفولوجيا التطبيقية، والجيومورفولوجيا التكتونية، والجيومورفولوجيا تحت البحرية، و الجيومورفولوجيا المناخية و جيومورفولوجيا الكواكب.

**الجيومورفولوجيا التطبيقية**

الجيومورفولوجيا التطبيقية، والتي هي امتداد للجيومورفولوجيا العملية، تعالج الطريقة التي تؤثر فيها العمليات الجيومورفية و مدى تأثرها بالأنشطة البشرية. وقد ساهم المتخصصين في الجيومورفولوجيا العملية، وباستخدام موديلاتهم، في التحري عن المشاكل المقلقة المرتبطة بالتأثيرات البشرية على المناظر الطبيعية. وقد درسوا تعرية السواحل وادارة الشواطئ، وتعرية التربة، وتجوية المباني، و الوقاية وا الأنهار، واستصلاح قنوات الأنهار وتخطيط وتصميم مواقع دفن من الانهيارات الأرضية، دارة النفايات .

**الجيومورفولوجية التكتونية**

وهذه تدرس التفاعل بين العمليات التكتونية والجيومورفية في المناطق التي تتشوه فيها قشرة الأرض .إن التقدم في قياس المعدلات وفهم الأساس الفيزيائي للعمليات التكتونية والجيومورفية قد أعاد إحياءه كحقل من مجالات البحث. وهو حقل يستخدم تقنيات وبيانات مستمدة من دراسات علم شكل سطح الأرض، علم الزلازل، علم التأريخ الجيولوجي، التركيبية، علم المساحة و تغير مناخ العصر الرباعي .

**الجيومورفولوجيا تحت البحرية**

وهذه تتعامل مع الشكل، الأصل وتطو ر معالم قاع البحر. تغطي التضاريس تحت البحرية حوالي (71) في المائة من سطح الأرض، ولكنها في الغالب مدروسة بشكل أقل من نظيراتها الأرضية. في البيئات البحرية الضحلة، تتضمن التضاريس النيم، الكثبان، التلال الرملية، الشواطئ ، والقنوات تحت السطحية. في نطاق الانتقال من المنحدر القاري توجد أخاديد تحت بحرية ووديان، ومناطق بين الأخاديد، وأحواض بين المنحدرات وندوب انزلاق وانهيار. تحتوي البيئة البحرية العميقة على أشكال تضاريسية متنوعة، بما في ذلك سهول خندقية وحوضية، مراوح خندقية، أوتاد من الرواسب، سهول سحيقة، قنوات أفرع نهرية و أخاديد بحرية .

**جيومورفولوجيا الكواكب**

وهي دراسة التضاريس على الكواكب والقمار الكبيرة ذات القشرة الصلبة، على سبيل المثال الزهرة، المريخ، وبعض أقمار المشتري و زحل. وتعتمد العمليات السطحية على الكواكب الأخرى و أقمارها ماديا على متوسط بعدها عن الشمس، الذي يحدد الاستلام السنوي من الطاقة الشمسية، و على فترة دورانها وعلى طبيعة الغلاف الجوي للكوكب. تشمل عمليات المراقبة التجوية، النشاط الريحي، النشاط النهري، النشاط الجليدي، والانهيارات الصخرية .

**الجيومورفولوجيا المناخية**

يؤثر المناخ بقوة على العمليات الجيومورفية وبالتالي على طبيعة التضاريس.

# المحاضرة الثانية

## التعرية والترسيب

## التجوية والتآكل

التجوية Weathering هي تحلل الصخور بواسطة عوامل بايولوجية و كيميائية و ميكانيكية مع نقل قليل أو معدوم. و هي تنتج غطاء من بقايا صخرية. قد يظل هذا الغطاء المتجوي في مكانه، أو قد يتحرك إلى أسفل منحدرات التلال، أسفل الأنهار، وأسفل المنحدرات البحرية. تدفع قو ى الجاذبية والسوائل هذه الحركة نحو اسفل المنحدر. التآكلErosion ، المشتق من اللاتينية erodere ، نخر أو قرض، erosus، متآكل ، هو مجموع كل العمليات المدمرة التي يتم من خلالها التقاط نواتج التجوية ونقلها بوسائط النقل - الجليد والماء والرياح. إن الماء عامل نقل واسع الانتشار، و الثلج أقل من ذلك بكثير. قد يعمل الهواء المتحرك على تآكل وحمل الرواسب في جميع البيئات السطحية. و هو الأكثر فعالية عندما يكون الغطاء النباتي قليل أو معدوم. و قد تحمل الرياح هذه الرواسب فوق المنحدرات وعلى مسافات كبيرة.

## النقل

إن النهر خلال الفيضان يظهر بوضح عملية نقل الرواسب، فمياه الفيضان تحمل حمولة ضمن المواد المشتقة من سطح الأرض. و بالإضافة إلى الراسب المرئي، يحمل النهر أي حمولة من المادة بشكل ذائب في محلول. غالبا ما يميز علماء الجيومورفولوجيا بين نقل الرواسب، و الذي هو ا ميكانيكي في الإساس، والنقل بشكل ايونات ذائبة في المحلول، و الذي هو كيميائيا في الأساس .إن نقل جميع المواد من حبيبات صلبة إلى ايونات ذائبة يحتاج إلى قوة تعمل على بدء وديمومة الحركة. هكذا قوة تجعل الجلاميد تسقط من الجروف الصخرية، وتتحرك الترب والرواسب نحو اسفل منحدرات التلال، و تتدفق المياه على طول القنوات .إن القوى التي تقود حركة الرواسب مشتقة من الجاذبية، و من التأثيرات المناخية (التسخين والتبريد، الانجماد والدفئ، الرياح) ومن فعل الحيوانات والنباتات. وهي قد تعمل بشكل مباشر كما في حالة الجاذبية، أو بشكل غير مباشر من خلال و سائط مثل الماء والرياح. في الحالة الأولى، تقوم القوة بجعل الرواسب تتحرك، كما هو الحال في الانزلاقات الأرضية؛ وفي الحالة الثانية، فإن القوة تجعل الوسائط تتحرك )الماء على سبيل المثال(، وبالمقابل تبذل الو اسطة المتحركة قوة على الرواسب وتميل إلى تحريكها، كما هو الحال في نقل الرواسب في الأنهار. إن القوى الرئيسية التي تعمل على المواد الجيومورفية هي قوة الجاذبية، قوة المائع، قوة ضغط المياه، قوة التمدد، والقوى البايولوجية.

1- قوى الجاذبية الجاذبية :هي القوة الأكبر في تسيير العمليات الجيومورفية. وهي تعمل مباشرة على أجسام الصخور والرواسب والمياه والجليد، وتميل إلى تحريكها. وعلاوة على ذلك، فإنها تعمل في جميع أنحاء العالم ، مع وجود اختلافات طفيفة ناتجة عن المسافة من مركز الأرض وخط العرض.

2- قوة السوائل يتدفق الماء على سطوح الأرض المنحدرة، كالجداول والأنهار. و الماء عبارة عن سائل يتحرك في اتجاه أي قوة تسلط عليه. لذا يتدفق الماء نحو الأسفل تحت تأثير وزنه، وهي قوة الجاذبية. تحريك المياه يستخدم جزءا من قوة الانحدار، والجزء المتبقي بعد التغلب على مقاومات مختلفة للجريان قد يقوم الماء بحمل مادة في الجريان أو على طول سطح تماس المياه مع الأرض. وتحمل المياه أي مادة مذابة تنتقل بنفس سرعة الماء وتتصرف بشكل أساسي كجزء من السائل نفسه.

3- قوة ضغط الماء يخلق الماء في التربة والرواسب قوى مختلفة يمكن أن تؤثر على حركة الرواسب. و تختلف القوة في الظروف المشبعة) جميع المسام ممتلئة ( وغير المشبعة) بعض المسام ممتلئة. إن قطرات المطر المتساقطة تخلق أيضا قوة عندما تضرب الأرض. اعتمادا على حجمها وسرعتها، فإنها قد تخلق قوة قوية بما يكفي لتحريك حبيبات الرواسب.

4- قوة التمدد قد تتمدد الرواسب والترب وحتى الصخور الصلبة وتتقلص استجابة لتغير درجات الحرارة (التسخين والتبريد والتجميد والذوبان) أو محتوى الرطوبة (الترطيب والتجفيف)، وأحيانا استجابة لتغيرات كيميائية في المعادن. إن فعل الجاذبية على المنحدرات يعني أن التمدد في اتجاه اسفل المنحدر يكون أكبر من الانكماش في اتجاه اعلى المنحدر، مما يؤدي إلى حركة شاملة للمادة نحو اسفل المنحدر .

5- القوى البايولوجية الحيوانات والنباتات تخلق قوى تؤثر على حركة الرواسب. تدفع جذو ر النبات المواد جانبا واذا حدث ذلك على منحدر، فقد ينتج عن ذلك حركة نحو اسفل المنحدر. عندما تحفر الحيوانات في المنحدرات، يحدث ميل للحركة نحو اسفل المنحدر .باختصار، تتطلب معظم حركات الرواسب قوة انحدار ناتجة عن عمل الجاذبية، ولكن قد تلعب العوامل المناخية والأحيائية ا أيضا دور ا مهم في نقل المواد.

**إجهاد القص، الاحتكاك، التماسك ومقاومة القص**

إن قوة الجاذبية تعمل على الرواسب مما يخلق إجهادات. يميل الإجهاد العمودي (الذي يعمل بشكل اكان متعامد مع المنحدر) إلى تثبيت الرواسب في مكانها. يعمل إجهاد القص في اتجاه الانحدار، و اذا كان كبيرا بما فيه الكفاية، فسوف يحرك التربة إلى أسفل التل.

هناك ثالثة عوامل تقاوم حركة الانحدار هذه وهي الاحتكاك والتماسك ومقاومة القص. الاحتكاك يقاوم الانزلاق. هناك العديد من العوامل التي تؤثر عليه، وأهمها :

- الاحتكاك بين الرواسب والصخور في الأسفل
- الاحتكاك الداخلي للحبيبات داخل الرواسب (التي تعتمد على حجمها وشكلها وترتيبها ومقاومتها للتكسير)
- (الإجهاد العمودي ) كلما كبر كلما زادت درجة الاحتكاك
- نعومة مستوى التماس بين الرواسب والصخور، مما يؤثر على زاوية الاحتكاك .

إن كتلة التربة على منحدر ال تحتاج إلى قوة مسلطة من الخارج حتى تتحرك. إذا كانت زاوية الانحدار حادة بما فيه الكفاية، فإن عنصر الانحدار لوزن التربة سيوفر قوة انحدار كافية لإحداث الحركة. عندما تصل زاوية الانحدار إلى قيمة حرجة ، ستبدأ التربة بالانزلاق. يؤثر تماسك التربة ( درجة احتجاز الحبيبات المنفردة معا )أي على الانزلاق فالرواسب المتماسكة تقاوم الانزلاق أكثر من الرواسب غير المتماسكة. أخيرا ، المقاومة القصية ، و التي هي مقاومة التربة إجهاد القص، تؤثر على الحركة. عندما يتجاوز إجهاد القص (القوة الدافعة) مقاومة القص(القوة المقاومة)، يحدث انهيار المنحدر وتتحرك التربة. في الصخور، فإن التجوية (التي قد تزيد من التماسك)، وجود الفواصل و مستويات التطبق (التي قد تقلل من زاوية الاحتكاك)، الماء المسامي (الذي يقلل من الإجهاد العمودي المؤثر ويزيد من التماسك)، والغطاء النباتي (الذي يزيد من زاوية الاحتكاك وقد يزيد من التماسك ) تؤثر على مقاومة القص. وتشمل العوامل الأخرى التي تؤثر على مقاومة القص هي زيادة وزن مضاف إلى المنحدر مثل المياه أو مواد البناء، والزلازل ، وتآكل أو قلع الصخور.

**الترسيب**

الترسيب هو تموضع الرواسب بوسائل كيميائية أو فيزيائية أو بيولوجية. تحرك قوة الجاذبية و قوة السوائل المواد المتآكلة. عندما تكون قدرة نقل السائل غير كافية لحمل حمولة الرواسب الصلبة، أو عندما تؤدي البيئة الكيميائية إلى ترسيب الحمولة المذابة، يحدث ترسيب للرواسب. وتشمل مستودعات الرواسب النصف السفلي من منحدرات التلال، وقيعان الوديان، والانهار، والبحيرات، ومصبات الانهار، والشواطئ، والرفوف القارية ، وقيعان المحيط المفتوحة .تأتي المواد الرسوبية من التجوية، من التعرية والتآكل، من النشاط البركاني، من تأثير الأجسام الكونية، ومن العمليات البيولوجية. تتراكم جميع الرواسب تقريبا في طبقات مرتبة تسجل تاريخا من الترسيب. خلال تاريخ الأرض ، أنتج الترسيب العمود الجيولوجي أو الطبقي.

# المحاضرة الثالثة

## العمليات التكونية والتضاريس الأرضية

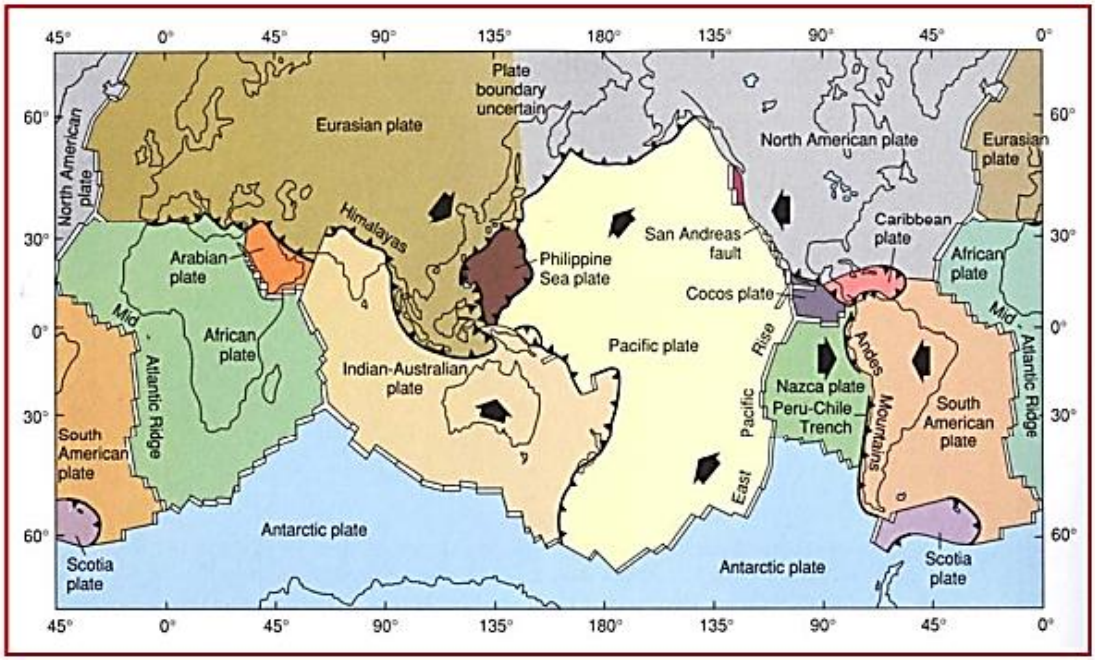
إن صعود الطاقة الداخلية الناشئة في لب الأرض يؤدي إلى مجموعة معقدة من العمليات الجيولوجية. إن العمليات التي تحدث عميقا في الغلاف الصخري ( تتراوح بين 50 و 200 كيلومتر)، و العمليات في اللب والجبة، تؤثر على شكل وديناميكيات الغالف الخارجي (مجموع تضاريس الأرض). إن المعالم السطحية الأساسية للعالم هي إلى حد كبير نتاج العمليات الجيولوجية، ولاسيما العمليات التكتونية. هذا التأثير التكتوني الأساسي على الغالف العلوي يعبر عن نفسه في تراكيب السلاسل الجبلية والبراكين وأقواس الجزر، وغيرها من التراكيب الضخمة التي تنكشف على سطح الأرض ، وكذلك في المعالم الأصغر مثل منحدرات الصدوع . قد تكون التضاريس ذات المنشأ الداخلي هي ذات أصل تكتوني أو تركيبي. تشكل التضاريس التكتونية نتاجات للعمليات الداخلية للأرض بدون تدخل قوى التعرية. وهي تشمل الفوهات و المخاريط البركانية، و منحدرات الصدوع وسلاسل الجبال. تقوم الجيومورفولوجيا التكتونية بالتحري عن تأثيرات العمليات التكتونية النشطة - كالتصدع والميل والطي والنهوض والانخساف - على التضاريس.

## الصفائح التكتونية والعملية البركانية

الغلاف الخارجي الصلب للأرض - الغلاف الصخري (lithosphere) ليس عبارة عن قشرة صخرية واحدة مستمرة؛ بل هو مجموعة من الصفائح. في الوقت الحالي، توجد هناك سبع صفائح كبيرة، مساحة كل منها أكثر من 100 مليون كيلومتر مربع. وهي

الطبق الهادي (Pacific Plate) طبق أوراسيا (Eurasian Plate) طبق أمريكا الشمالية (North American Plate) , طبق أمريكا الجنوبية (South American Plate) الطبق الأفريقي ( African Plate) الطبق الهندي الاسترالي ( Indian- Australian Plate) طبق القارة القطبية الجنوبية ( Antarctic Plate)

هناك أكثر من اثنتي عشرة صفيحة أصغر حجما تتراوح مساحتها ما بين 1 إلى 10 مليون كيلومتر مربع. وهي تشمل : الطبق الفلبيني ( Philippine Plate) ,الطبق العربي (ArabianPlate) , الطبق التركي (Turkish Plate), طبق سيناء (Sinai Plate) ,الطبق الكاريبي (Caribbean Plate) طبق نازكا (Nazca Plate) واخيرا طبق القوقاز (Cocos Plate) وعدد آخر من الأطباق التي لم تحدد أبعادها بدقة حتى الآن شكل رقم (2).



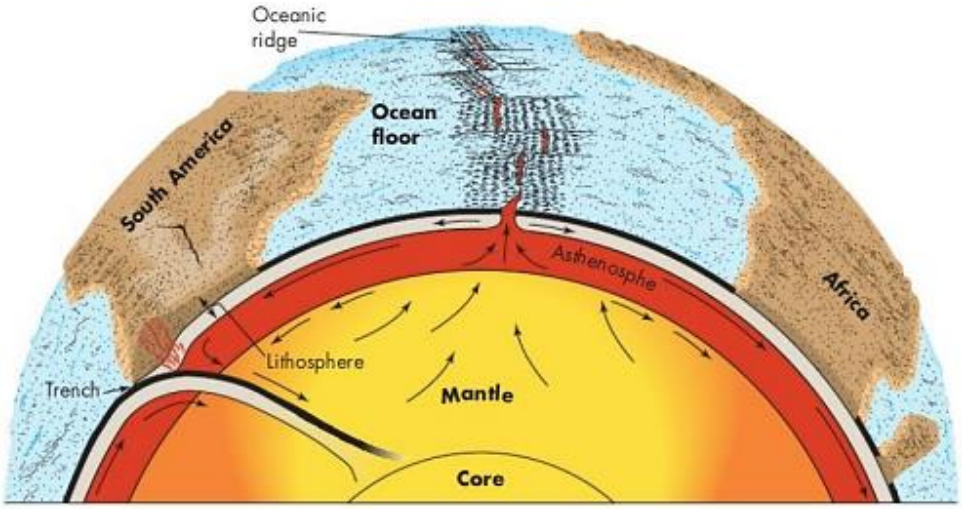

شكل رقم (2) : مواقع لأطباق التكتونية الرئيسة والثانوية واتجاهات حركتها النسبية (Plummer.,al et ,2003 )

على طول الحافة الغربية للقارات الأمريكية، تتواجد الحافات القارية مع حدود الصفائح و تكون حافات نشطة (active margins) ,عندما تقع الحافات القارية داخل صفائح، تكون حافات خاملة (passive margins) أدى تفكك بانجيا إلى خلق العديد من الحافات الخاملة، بما في ذلك الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية والساحل الغربي لأفريقيا .

## أنواع الحافات بين الأطباق :

اعتماداً على اتجاه الحركة النسبية بين الأطباق الأرضية فان الحافات بين الأطباق تقسم إلى ثلاث أنواع رئيسة هي( 1: ) حافات الأطباق التباعدية (Divergent Plate Boundaries) وهي التي يتحرك فيها الطبقان المتجاوران بعيداً عن بعضهما البعض , (2) حافات الأطباق التصادمية او التقاربية (Convergent Plate Boundaries ) وهي التي يتحرك فيها الطبقان المتجاوران باتجاه بعضهما البعض(3) حافات الأطباق الانتقالية (Transform Plate Boundaries) وهي لتي يتحرك فيها الطبقان المتجاوران بموازاة بعضهما البعض.

يشير مصطلح التكونية إلى العمليات الجيولوجية واسعة النطاق التي تشوه قشرة الأرض، وتنتج أشكالا أرضية مثل أحواض المحيطات والقارات والجبال. تقاد العمليات التكونية بواسطة قوى عميقة داخل الأرض، كما هو موضح في الشكل رقم (3).




شكل رقم (3): يوضح العمليات التكتونيةى داخل الأرض

## التضاريس المتعلقة بالصفائح التكتونية

### تضاريس داخل الصفيحة landforms interior-Plate

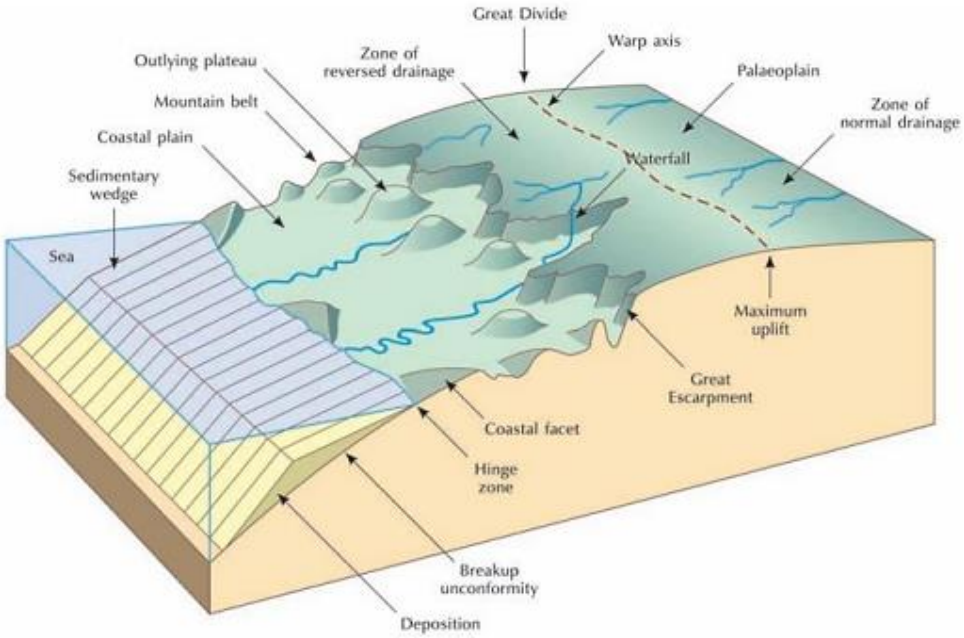
الكتل الصخرية القديمة أو الرواسخ Cratons هي الأجزاء المركزية والواسعة من القارات. وهي مناطق دروع قارية مستقرة إلى حد ما ذات قاعدة صخرية بعمر ما قبل الكمبري التي لا تتأثر إلى حد كبير بالقوى البانية للجبال ولكنها خاضعة لنشؤ القارات. إن أهم أشكال التضاريس الكبيرة المترافقة مع هذه المناطق هي الأحواض، والهضاب ، و وديان الصدع، والبراكين داخل القارة. وتوجد أشكال أرضية مهمة بنفس القدر على طول الحافات القارية الخاملة، أي حافات القارات التي نشأت عندما انشقت كتل أرضية في السابق، كما حدث لأفريقيا وأمريكا الجنوبية عندما تفككت قارة بانجيا. قد تكون الأحواض الداخلية بعرض 1000 كم أو أكثر .تمتلك بعض القارات، وخاصة أفريقيا، هضبة واسعة تقع فوق متوسط ارتفاع الأرصفة القارية. ومن الأمثلة على ذلك هضبة أهجار وهضبة تيبستي في شمال أفريقيا. يبدو أن هذه الهضبة قد رفعت بدون حدوث تصدع ولكن مع بعض النشاط البركاني.

### تضاريس حافة خاملة Passive - margin landforms

يوضح الشكل أدناه الخصائص الجيومرفولوجية الأساسية لحافات من النوع الخامل مع سلاسل جبلية. من المرجح أن هذه المعالم تبدأ كسهل قديم من الداخل القاري الذي ينفصل على طول وادي صدع. إن السهل القديم على الحافة القارية الجديدة ، الذي أحدثه التصدع، يواجه تشوه تقعري. ومن ثم، فإن تمدد قاع البحر يدعم نمو محيط جديد تتراكم فيه رواسب ما بعد الصدع كإسفين على السهل القديم المغمور لتشكيل عدم توافق قاعدي مائل نحو البحر. نحو الداخل يبقى السهل القديم كهضبة .قد تكون بعض الهضاب ترسيبيه ولكن معظمها عبارة عن سطوح تآكل تتكون من سهول قديمة. في مناطق حيث تشكل الطبقات الرسوبية طيات.

## تضاريس حافة نشطة Active – landforms margin

عندما تتقارب الصفائح التكونية أو تنزلق بجانب بعضها البعض، يقال أن الحافات القارية نشطة . إن أشكال التضاريس الأساسية المرتبطة بالحافات المتقاربة هي أقواس الجزر و الأحزمة الجبلية. وتعتمد أشكالها على :1) ما الذي يحدث لتقارب قارتين, 2) ما إذا كان يحدث غوران Subduction للقشرة المحيطية أو يحدث تصادم. يعتقد أن الغوران Subduction ينشأ حافات حالة ثابتة بمعنى إن القشرة المحيطية تغور بينما يقاوم القارة الغوران .ويعتقد أن التصادمات Collisions تحدث عندما تتصادم أقواس القارات أو الجزر مع بعضها البعض.

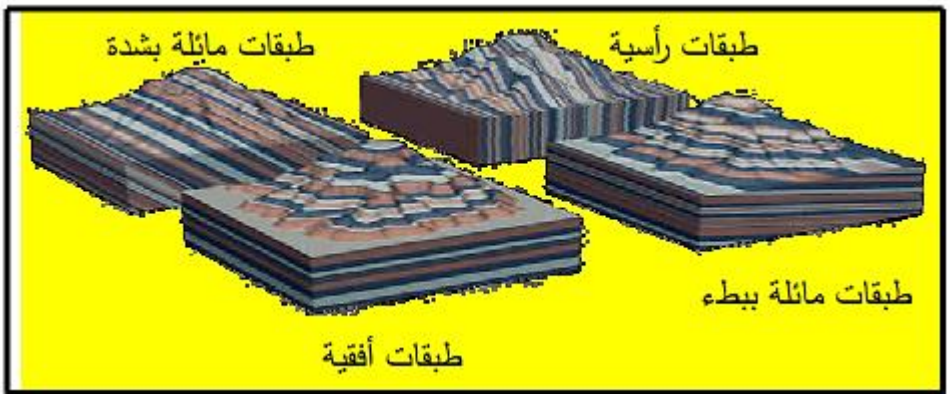



شكل رقم (4): شكل يوضح المعالم المورفوتكتونية الرئيسية لحافة قارة خاملة مع سلاسل جبلية.

# المحاضرة الرابعة

## الظاهرات الجيومورفولوجية التركيبية Structural Features

تتعدد أنواع الظاهرات الجيومورفولوجية، يأتي تعددها من عوامل مختلفة منها تعدد عوامل التعرية المكونة لها أو تغيرها، أو من تعدد التراكيب الصخرية التي تنعكس خصائصها الصخرية على شكل هذه الظاهرات، أو حسب القوي الأرضية التي تكونها، وما يهمنا هنا تقسيمها إلى نوعين رئيسيين هما :ظاهرات تعرية (Features Erosion ) : أي التي تتكون كليا وتأخذ خصائصها السطحية من فعل عوامل التعرية بالنحت والإرساب، وظاهرات تركيبية (Features Structural)أي تكونها التراكيب الصخرية ( Rocks Formation)،وتشكل سطحها عوامل التعرية، بمعنى أنها تأخذ خصائصها من التشكيلات تحت السطحية والقوى الخارجية. ولما كانت تتعدد أشكال التراكيب الصخرية بنظامها المتعدد الأحوال، فقد تكون الطبقات الصخرية أفقية أو مائلة أو رأسية، أو تأثرت بالحركات الأرضية التي تعقد من نظامها، فإن التعدد حادث في الظاهرات الجيومورفولوجية الناتجة عنها، فيأخذ سطح الأرض شكله الأولي من التراكيب الصخرية، في حين يتغير شكله من فترة زمنية إلى أخرى تحت تأثير عوامل التعرية الخارجية، هذا، ويوضح شكل رقم (5) وضع الطبقات الصخرية تحت سطح الأرض. يظهر في الشكل الطبقات الصخرية الأفقية والمائلة والرأسية.




شكل رقم ( 5): أوضاع الطبقات الصخرية تحت سطح الأرض

**أولاً: ظاهرات تكونها الطبقات الأفقية Horizontal Formation :-** تكون الطبقات الصخرية الأفقية أنواعا مختلفة من الظاهرات، نذكر منها:-

1- **الشلالات River Falls : –** من أجمل الظاهرات الطبيعية على سطح الأرض، لاسيما أنها تجمع بين عامل الصخر والمياه الجارية بحركتها الساقطة من أعلى إلى أسفل، تتكون هذه الظاهرة إذا توفرت الشروط الآتية

أ- أن تكون الطبقات الصخرية أفقية .

ب- أن تكون الطبقات الصخرية الأكثر مقاومة لعوامل التعرية عليا (سطحية)، وأن تكون الطبقات الصخرية الأقل مقاومة (اللينة) أسفل منها .

ج - أن يؤثر على المنطقة مياه جارية (ً غالبا ما تكون أنهار دائمة الجريان) مثل نهر النيل ونهر سانت لورنس.

هذا، وتتكون الشلالات على قيعان الأودية، ويكون انحدار سطح الأرض فيها رأسيا عادة، يقوم مجرى النهر في منطقة الشلال بالآتي -:

عندما تسقط مياه النهر تعمل على نحت الطبقة الصخرية السفلى (الأقل مقاومة)، يحدث ذلك نتيجة للمياه المرتدة على القاع بعد سقوطها من أعلى إلى أسفل، عندئذ يحدث تجويف أسفل الطبقة الصخرية العليا (الأكثرمقاومة)، يزداد التجويف تدريجيا باستمرار ارتداد المياه الساقطة، باستمرار ذلك يصبح مكشف الطبقة العليا معلقا فتحدث فيه شقوق أعلى التجويف من الداخل تحت تاثير ثقلها، واذا تراجع التجويف أكثر فإن المكشف المعلق للطبقة العليا ينهار في قاع النهر ليصبح جزءا من الحمولة النهرية (Load River)، يعني ذلك أن الشلال يتراجع تدريجيا نحو روافد النهر من المراتب الأولى.

٢ **السهول** الصخرية **Plains -:**

تتكون أيضا في الطبقات الصخرية الأفقية لكن تحت ظروف صخرية تختلف عن تلك التي تكون الشلالات مع اشتراك عامل التعرية في الحالتين، وهو التعرية النهرية. نذكر هنا أنه توجد سهول أخرى مثل السهول الفيضية Flood Plains التي تتكون في الأجزاء الدنيا من الأودية عن طريق إرساب مجرى النهر، كما توجد السهول التحاتية Pine - Plains التي تمثل نهاية الدورة الجيومورفولوجية لعامل التعرية، تتكون السهول الصخرية إذا توفرت الشروط الآتية:

أ - أن تتكون المنطقة من طبقات صخرية أفقية على كل مساحتها .

ب - أن تكون الطبقة الصخرية اللينة (الأقل مقاومة لعامل التعرية) العليا (السطحية)، وتكون الطبقة الصخرية المقاومة أسفل منها .

ج - أن تغطي هذه الطبقات منطقةً واسعة تتأثر بالمياه الجارية ناحتا الطبقة العليا مع الانحدار العام لسطح الأرض.

## تطور السهول الصخرية:

يمكن تتبع تطور السهول الصخرية في الخطوات التالية :

1 - تبدأ الطبقة الصخرية العليا بالتآكل بفعل التعرية النهرية، يكون التآكل سريعا رأسيا لأسفل نظراً لليونتها، حيث تتكون أودية جوانبها شديدة الانحدار او رأسية، تستمر الأودية في تعميق اوديتها رأسيا لأسفل حتى يظهر الصخر الصلب (المقاوم) في قيعان الأودية. كنتيجة لذلك تتكون هضاب بين الأودية (أراضي بين الأودية) تتميز بالسطح شبه المستوي، والجوانب شديدة الانحدار أو رأسية ، تتناقص مساحتها تدريجيا نظرا لاتساع قيعان الأودية تدريجيا, تسمى كل هضبة منها باسم الموائد الصخرية Mesa، كما تتكون أودية نهرية عميقة جوانبها شديدة الانحدار، حيث تبدأ بالنحت الجانبي عندما تصل إلى الطبقة الصلبة, بادئا نحتها بصعوبة. تعني كلمة Mesa باللغة الأسبانية (الطاولة) ، حيث السطح المستوي عند السطح Level land on top والجوانب الصخرية المكونة من حافات عميقة

Steep rock cliffs من أشهرها ما يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية (جنوب غرب) وبخاصة في ولاية كلورادو Colorado .

2 - 2 - يستمر نحت الموائد الصخرية تحت تأثير مجموعة من العوامل منها نحت الأنهار، والانهيارات الحادثة على جوانبها، وفعل التجوية، وكنتيجة لذلك تتراكم الصخور المتكسرة عند أقدامها، لتصل مرحلة يكون امتدادها الرأسي أكبر من امتدادها الأفقي، في هذه الحالة تسمى بالشواهد الصخرية (البيوت Butte )كما في الصور ادناه.

٣ – تتكون عند أقدام الشواهد الصخرية أكوام كبيرة من الصخور المفتتة (رواسب مختلفة)، تظهر في شكل أهرامات ترابية، تعرف باسم المخروطات الارسابية Scree ، ويكون للسيول والتجوية دورا في تكوينها. غالبا ماتكون رواسبها تلك التي تكسرت بفعل تجمد الرطوبة في شقوق الصخور أو بفعل الحرارة (تكسر ميكانيكي) ثم سقوطها على المنحدرات الجبلية, كما تكون غالبا زاوية الشكل particles Angular كما في الصور ادناه.

4- تستمرمجاري الأنهار بعد ذلك في نحت الطبقة الصلبة (السفلى)، لتكون أودية جديدة لها تختلف عن خصائصها التي كانت لها في الطبقة العليا ، تسمى بالأودية المنطبعة.

**الوادي المنطبع Superimposed River :**

هو النهر الذي شق واديه في صخور لينة، ثم عمقه عن طريق النحت الرأسي ليصل إلى الصخور الصلبة التي تقع أسفل منها، ليشبه في شكله الوادي الأول إلى حد ما، بمعنى آخر أنه طبع واديه في الطبقة الصخرية الصلبة.

**٣ -الموائد الصحراوية Desert Mesa** : ظـاهرة أخـرى تتكـون فـي طبقـات صـخرية أفقيـة مـع تغيـر عامـل التعريـة مـن المياه الجارية River Erosion إلـى التعرية بالريـاح Wind Erosion ، وبتغيـر المنـاطق مـن رطبـة إلـى جافـة. تتكـون الموائـد الـصحراوية إذا تـوفرت الشروط الآتية :

١ - وجود طبقات صخرية أفقية بحيث تكون الطبقة الصخرية المقاومة أعلى (سطحية)، وتكون الطبقة الصخرية اللينة أسفلها في مواجهة الرياح المحملة بالرواسب .

٢ -أن تكـون الريـاح عامـل التعريـة الـسائد فـي المنطقـة، لـذلك تتواجـد هـذه الظاهرة في المناطق الصحراوية الجافة.

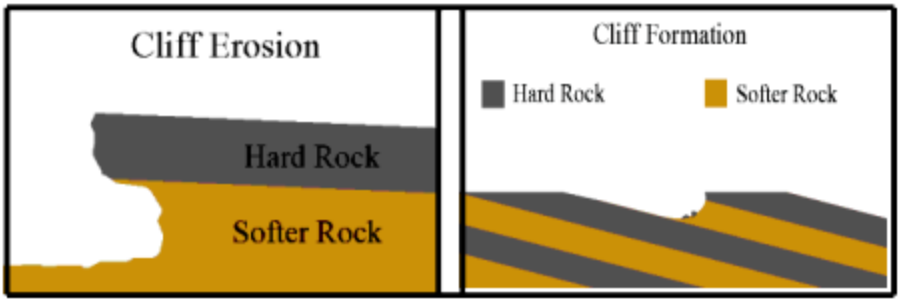
**ديناميكية العمل -:** يمكن تتبع التطور في شكل الموائد الصحراوية من الآتي:

1 - تعمل الرياح بما تحمله من مفتتات صخرية صغيرة الحجم على نحت الأجزاء المواجهة لها في الطبقات الصخرية السابقة الذكر، يكون النحت في الطبقة اللينة أكثر نظرا لضعف مقاومتها للنحت، ولأن معظم حمولة الرياح تكون أقرب إلى سطح الأرض، وكنتيجة لاستمرار عملية النحت تتكون تجاويف (فراغات) أسفل الطبقة الصخرية الصلبة (العليا)، يكون حجمها ونموها أكبر في الجهة التي تهب منها الرياح.
2 - تتكون شقوق رأسية في الأجزاء البارزة من مكشف الطبقة الصخرية الصلبة فوق تجاويف الطبقة اللينة، تزداد اتساعا وتعمقا مع كبر حجم التجاويف تدريجيا, تنهار (تسقط) بعد ذلك الأجزاء المعلقة من مكشف الطبقة الصلبة تحت تأثير ثقلها وفعل الجاذبية الأرضية.
3 - تتكون أكوام من الرمال والحصى المنهار من الطبقة الصلبة، تحمل الرياح منه ما تستطيع إلى أماكن أخرى.

**ثانياً: ظاهرات تتكون في طبقات مائلة Slope Formation:** تنتج الطبقات الصخرية المائلة نتيجة لتأثر الطبقات الصخرية بالحركات الأرضية كحركة الرفع أو الالتواء مثلا، أو لترسب المفتتات الصخرية على أسطح صخرية مائلة في الأصل، يعمل تبادل الطبقات الصخرية الصلبة واللينة مع أثر عوامل التعرية على تكوين مظهرا جيومورفولوجيا له خصائص معينة.

**ظاهرة الكويستا Cuesta Features** : ظاهرة جيومورفولوجية تركيبية تظهر في صورة منطقة مرتفعة (أشبه بالتلال)، لها انحداران أحدهما شديد الانحدار والآخر بطيء، ويكون خطا انحدارهما متعاكسان، يطلق عليها أيضا اسم الحافة Escarpmen ، تتكون الكويستا إذا توفرت الشروط الآتية – -

1- وجود طبقات صخرية مائلة متبادلة ، مختلفة في درجة مقاومتها لعوامل التعرية، بمعنى أن تكون الطبقة الصخرية الصلبة Hard Rocks بجوار الطبقة الصخرية اللينة Soft Rocks . شكل رقم (6).




شكل رقم (6): طبقات صخرية مائلة وديناميكية تراجعها.

2- غالبا ما يتشكل سطحها الخارجي بفعل المياه الجارية، لذلك توجد عليها وحولها أنواع مختلفة من الأنهار.

## مكونات الكويستا :

تتكون الكويستا من الأجزاء الأتية:

١ **القمة The Crest Cuesta** : منطقة صغيرة المساحة غالبا، أشبه ما تكون مستوية، وتكون أعلى المناسيب في جسم الكويستا .

2- **جناحا الكويستا The Flanks Cuesta :** منطقتان جانبيتان تنحصران بين المحور الطولي للكويستا وبين أدنى المناسيب في الإتجاه العرضي لها، ومناسيبهما أعلى من مناسيب المناطق المنخفضة حول الكويستا .

3- **حافة الكويستا The Cliff Cuesta:** أكثر المناطق انحدارا على الكويستا، تمثل مكشف الطبقة الصخرية الأكثر مقاومة .

٤ - **الإمتداد الأفقي Transverse (Cross) Extent:** المسافة الممتدة بين أدنى المناسيب للجناحين، وتكون متعامدة على محور الكويستا.

5- **الإمتداد الطولي Longitudinal Extent** المسافة الممتدة مع المحور الطولي للكويستا (بين قمة الكويستا وبين أدنى المناسيب على طول الكويستا في الاتجاه البعيد عن الحافة) .

6- **ظهر الكويستا The Cuesta 's, Back:** يمثل المنطقة بطيئة الانحدار من الكويستا (مكشف الطبقة الصخرية اللينة)، ويمثله الجناحان.

7- **أنف الكويستا The Cuesta ' s, Nose:** منطقة تمثل قمة الكويستا وما حولها، بمعنى أنها المنطقة التي تبدأ منها روافد الأنهار العليا بالانحدار نحو المناطق المنخفضة حولها.

٨- **قنطرة الكويستا The Cuesta ' s Bridge:** منطقة صغيرة المساحة تقع أسفل حافة الكويستا، تفصل عادة بين أعلى روافد نهرية .

## الخصائص العامة :

للوصول إلى تصور كامل عن الكويستا نلخص الخصائص الرئيسية لها :

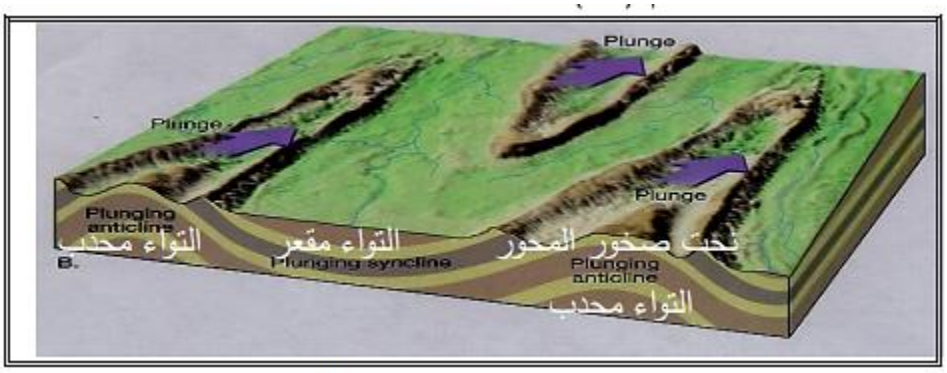
1- يرتبط بالكويستا عدة أنواع من الأنهار هي-:

أ- **الأنهار الأصلية الأولية Consequent ( Primary) Rivers**: هي أنهار تجري مع اتجاه ميل الطبقات .

ب- **الأنهار التالية (الثانوية ) Subsequent (secondary) Rivers:** هي أنهار تجري في اتجاه مضرب الطبقات الصخرية (مناطق الضعف الجيولوجية), علما بـ أن خط المضرب هو الخط العمودي على خط انحدار الطبقات.

ج _ **الأنهار العكسية Obsequent Rivers:** أنهار تجري في اتجاه معاكس لخط انحدار الطبقات.

2- قد تتكون الكويستات نتيجة لوجود التواء مقعر أو التواء محدب، وتساعد عوامل التعرية في تشكيلها، تحدث هذه الحالة عندما تنحت المناطق العليا من الالتواء المحدب بفعل عوامل التعرية، وتكون أنهار تجري على طول خط المحور، أو لتجمع الرواسب في أدنى المناطق من الالتواء المقعر. يوضح الشكلان الآتيان هذه الحالة.




شكل رقم (7): علاقة الكويستات بالالتواءات.

٣ عندما تتأثر حافة الكويستا بالانكسارات فإنها تتقطع وتتكون من أجزاء متباعدة، ويساوي مقدار التباعد مقدار الزحزحة التي يسببها الانكسار.

4- إذا كانت الطبقات الصخرية اللينة التي تفصل بين الكويستات متساوية في السمك وفي درجة مقاومتها لعوامل التعرية، فإن الامتداد الطولي لها يكون متساويا، ويكون انحدار ظهورها واحداً.

٥ يدل وجود الكويستات في منطقة ما على تعاقب الطبقات الصخرية الصلبة واللينة مع وجود درجة ميل معينة لها، لذلك لا تتكون الكويستات في مناطق ذات تكوينات صخرية أفقية حتى لو كانت متفاوتة في درجة مقاومتها لعوامل التعرية .

٦ - تتكون الكويستات في صخور رسوبية أو متحولة، ولا تتكون في تكوينات صخرية نارية أو صخور متجانسة.

٧ - تتكون حافة الكويستا من مكشف الطبقة الصخرية الصلبة, وغالبا ما تكون مقطعة بالأودية العميقة، وشديدة الانحدار، في حين يتكون ظهر الكويستا من مكشف الطبقة اللينة، يكون انحداره وتقطعه أقل، هذا، ويدل ارتفاع حافة الكويستا على سمك الطبقة الصلبة المكونة لها، والعلاقة بينهما طردية.

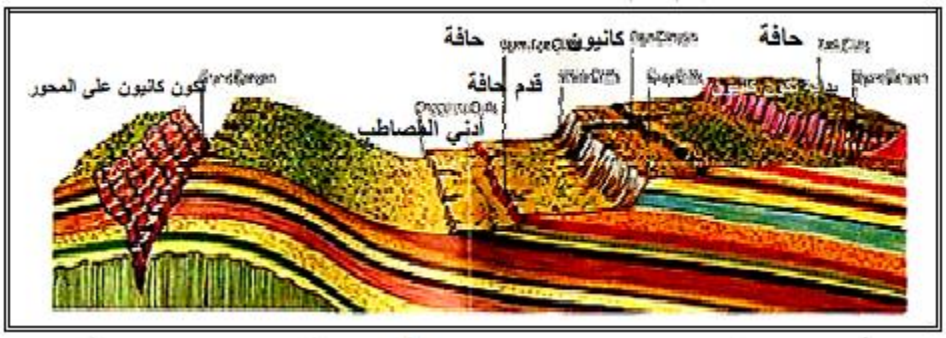
**2- المصاطب التركيبية Structural Rock-Benches :**

تتنوع المصاطب الموجودة على سطح الأرض، يأتي التنوع من جهتين الأولي من حيث مكان وجودها، والثانية من حيث العامل أو العوامل التي كونتها، إلا أنه ليست جميعها تركيبية، فمنها مصاطب نهرية River Terraces, ومنها مصاطب بحرية Marine Terraces ، وأخري جليدية Glaicers Terraces، ومنها ما تكون في عصر البلايوستوسين Pleistocene نتيجة للتغيرات المناخية التي حدث فيه. وما نحن بصدده هنا المصاطب الصخرية Structural Benches (Terraces) التي يكون الصخر مسئولا عنها ولا تتكون المصاطب الصخرية في كل مكان من سطح الأرض، لذلك يجب أن تتوفر شروط معينة لتكوينها-:

أ - تعاقب الطبقات الصخرية الصلبة واللينة مع وجود ميل فيها.

ب- تأثير عوامل التعرية عليها، مما ينتج عنها تفاوت النحت وتكوين المصاطب الصخرية.

ج- قد تتكون مصاطب صخرية تكتونية ناتجة عن الانكسارات، لكن ما يميزها عن المصاطب الصخرية أن مكاشف الطبقات المكونة لحافات المصاطب تكون من نوع صخري واحد. هذا، يوضح شكل رقم (8) طبقات صخرية مائلة وأخري ناتجة عن تآكل الجزء العلوي من انحدار محدب.




شكل رقم (8): طبقات صخرية مائلة وتكون مصاطب.

يلاحظ أن النصف الشرقي من الشكل يتكون من صخور مائلة انعكست في صورة مصاطب مختلفة السمك على السطح من نوع المصاطب في عكس ميل الطبقات Anti- type Benches ، في حين يتكون النصف الغربي من جانبي التواء محدب بعد انقسامه.

هذا، وتتكون كل مصطبة من جزأين رئيسيين هما حافة المصطبة، تمثل الانحدار الشديد, وتمثل أيضا مكشف الطبقة الصخرية الصلبة. أما الجزء الثاني منها فهو سطح المصطبة، يمثل الانحدار البطيء، ويمثل أيضا مكشف الطبقة الصخرية اللينة، ويجب ملاحظة أنه إذا كانت مكاشف الطبقات الصخرية الصلبة من صخور مختلفة فإن انحداراتها تكون متفاوتة، ويكون الحال أيضا على أسطح المصاطب الصخرية كذلك إذا كانت متفاوتة وعند تمثيل المصاطب الصخرية بخطوط الكنتور فإن الخطوط

الكنتورية الممثلة لحافة المصطبة تكون متقاربة نظرا للانحدار الشديد، في حين تظهر خطوط الكنتور الممثلة لسطح المصطبة متباعدة حيث الانحدار البطيء.

**أهم خصائصها العامة:**

أ- تكون انحدارات سطح الأرض متباينة على طول خط الانكسار الرئيسي، يتبع فيها انحدار شديد انحدار بطيء أو بالعكس

ب- تظهر مكاشف الطبقات الصخرية على الأرض في مقدمة المصاطب الصخرية، تتفق فيها الانحدارات الشديدة والانحدارات البطيئة مع مكاشف الطبقات الصلبة واللينة على التوالي .

ج - يتباين ارتفاع سطح الأرض بتباين سمك مكاشف الطبقات الصخرية المتعاقبة، يتأثر هذا التباين بعوامل التعرية المؤثرة عليها، ولسمك الطبقة الصخرية الصلبة دور رئيسي في ذلك، وكلما زاد سمكها زاد انحدارها وزاد تقطعها بعوامل التعرية لا سيما النهرية منها .

د- يرتبط امتدادها وتوزيعها الجغرافي بالتوزيع الأفقي والرأسي للطبقات الصخرية في المنطقة.

**أنواع المصاطب الصخرية**

تتعدد أنواع المصاطب الصخرية، ويمكن تمييز الأنواع التالية منها :

أ- مصاطب مع اتجاه ميل الطبقات Dip- type Benches: يتوافق فيها اتجاه انحدار سطح الأرض مع اتجاه ميل الطبقات .

ب- مصاطب مع عكس اتجاه ميل الطبقات Anti- dip type Benches: يكون انحدار سطح الأرض فيها عكس اتجاه ميل الطبقات .

ج- مصاطب مائلة :Oblique Benches: تظهر بصفة خاصة على جوانب الكويستات (الجناحان)، تتأثر بالحركات التكتونية البسيطة وبعوامل التعرية.

**الرياح ودورها الجيومورفولوجي:**

يمكن أن يصنف ثلث مساحة سطح الأرض باعتباره مناطق جافة أو شبه جافة ويعني ذلك أن الظروف الصحراوية تسود في هذا الثلث من سطح الأرض. تقوم الرياح بتعرية الصخور التي تواجهها وتنقل الحطام الصخري المفكك من مكان إلى أخر وتقوم أيضا بعملية الترسيب في مواقع معينة أخرى. وتشبه الرياح الأنهار والجليد في أن عملها في تعرية الصخور يكون أسرع إذا كانت محملة بذرات الصخور المختلفة.

**تعرية الرياح:** تقوم الرياح بتعريتها للصخور من خلال عمليتين هما:

**١- عملية التفريغ:**

وتعني عملية إزالة المواد الصخرية المفككة إما برفعها أو دحرجتها. وتعرف أحيانا بعملية التذرية. كما أن عملية التفريغ تعني الإزاحة الكاملة للذرات الدقيقة من الصخور من منطقة ما بوساطة الرياح تاركة المواد ذوات الذرات الثقيلة التي لا تستطيع الرياح رفعها. وتعتبر الصحاري الصخرية (صحاري الحمادة) صورة (١) نتاجا أساسيا لعملية التفريغ أيضا حيث تقوم الرياح بالتقاط ذرات الرواسب الدقيقة وتترك الحصى والحجارة في مكانها مكونة ما يعرف باسم الصحاري المرصوفة أو الحمادا.

**صورة (١) الصحاري الصخرية (صحاري الحمادة)**

2- **الصحاري الحجرية:** تغطي سطوحها الحجارة والحصى المتنوع بسبب تعرضها إلى عملية التذرية، حيث تقوم الرياح بنقل الحبيبات الناعمة تاركة المواد الخشنة التي يصعب تحريكها. وتسمى باسماء محلية ففي الجزائر والمغرب تعرف باسم صحاري الرق Reg وفي ليبيا ومصر تسمى بالسرير.

**صورة (٢) الصحاري الحجرية**

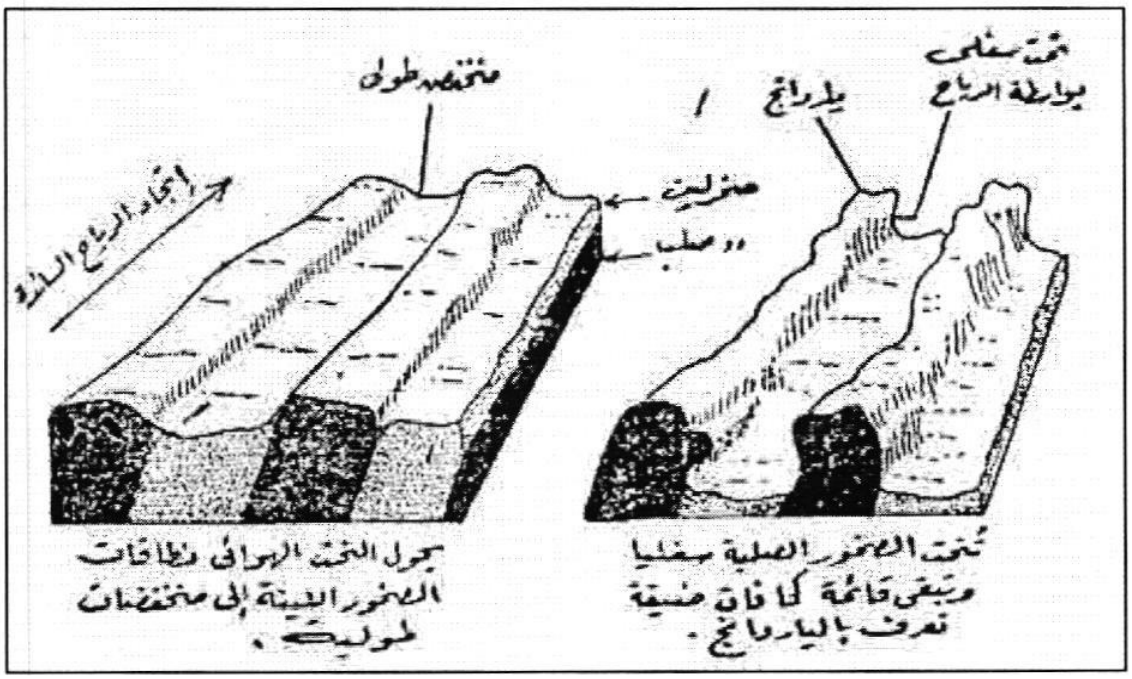
٢- **عملية النحت ( الصقل ):** وهي التي تقوم بها الرياح من خلال ضربها للسطوح الصخرية بوساطة ما تحمله من ذرات الرمل وذرات الصخور الأخرى. وبذلك فان عملية التفريغ تتم من خلال حركة الهواء فقط بينما لا يمكن لعملية الصقل أن تتم دون وجود أدوات القطع، وتكون الرياح قادرة فيها على أن ترفع ذرات الرمل إلى مسافة لا تزيد عن المتر الواحد ومن الاشكال الارضية الناتجة عن التعرية الريحية:

١. الحصى والصخور ذوات الأوجه المتعددة، صورة (٣)، من نتائج عملية الصقل التي تقوم بها الرياح في الصحاري الحجرية حيث تسود رياح قوية. إذ تقوم الرياح بصقل الجانب المواجه لها من تلك الصخور بصورة مستمرة بوساطة ما تحمله من ذرات الصخور كالرمال مثلا. ويختلف شكل أوجه تلك الحصى تبعا لاتجاه الرياح ومقدار سرعتها.

**صورة (٣) الحصى والصخور ذوات الأوجه**

٢. اليارداتج: ينتج عن التعرية الميكانيكية ( النحت والصقل ) التي تقوم بها الرياح. ويتكون اليارداتك من مجموعة من الحافات المرتفعة والوديان المتوازية مع بعضها البعض. وتمثل الوديان مناطق الصخور القليلة المقاومة التي استطاعت الرياح تعريتها في حين تحتل الحافات مناطق الصخور الصلبة التي لم تؤثر فيها تعرية الرياح كثيرا.

**شكل (١) اليارداتج**



٣. نبات الفطر (موائد الشيطان): حين تكون الطبقات السفلى من الصخور اقل صلابة من الطبقات العليا تتعرض إلى تعرية شديدة في حين تظل الطبقات العليا بعيدة عن التعرية صورة (٤) وتحدث نفس الحالة مع الأعمدة الصخرية، صورة (٥).

**صورة (٤) نبات الفطر (موائد الشيطان)**

**ترسيب الرياح:**

تترسب كافة المواد الصخرية التي نقلتها الرياح والتي تتباين طرق نقلها تبعا لأحجامها من ذرات دقيقة تنقلها الرياح بطريقة التعلق إلى ذرات خشنة تنقل بطريقتي الدحرجة والقفز، ويتم ذلك الترسيب حالما تبدأ سرعة الرياح بالتناقص. وتتناقص سرعة الرياح أما عند اقترابها من مناطق الضغط الخفيف التي سببت حركة تلك الرياح أو من جراء وجود عوارض متنوعة إن أهم الأشكال الجيومورفوجية الناتجة عن ترسيب الرياح الكثبان الرملية وتكون على انواع اهمها:

أ- الكثبان الهلالية Barchan Dunes: تستعمل كلمة برخان في المناطق الصحراوية لوسط آسيا للاشارة إلى الكثبان الهلالية، ويتميز الكثيب الهلالي بوجود طرفين يمتدان إلى الجهة التي تهب نحوها الرياح، ويظهر جانبه المواجه للرياح السائدة محدباً طويلاً قليل الانحدار، يتراوح انحداره ما بين 6-17° بسبب كثرة ما يترسب عليه من حبيبات الرمال ويطلق على هذا الجانب ظهر الكثيب، فيما يكون الجانب الاخر مقعر شديد الانحدار صورة (٦)، (٧).

وينبغي توافر مجموعة من الشروط لتكوين الكثبان الرملية الهلالية مثل انتظام هبوب الرياح من اتجاه واحد لمعظم ايام السنة، وانبساط السطح الذي ينعدم أو يقل فيه الغطاء النباتي الطبيعي، فضلاً عن وجود رواسب سطحية رملية تشكل مصدراً مجهزاً لتلك الكثبان.

**صورة (٥) الأعمدة الصخرية**

**صورة (٦) الكثبان الهلالية**

**صورة (٧) كثيب هلالي**

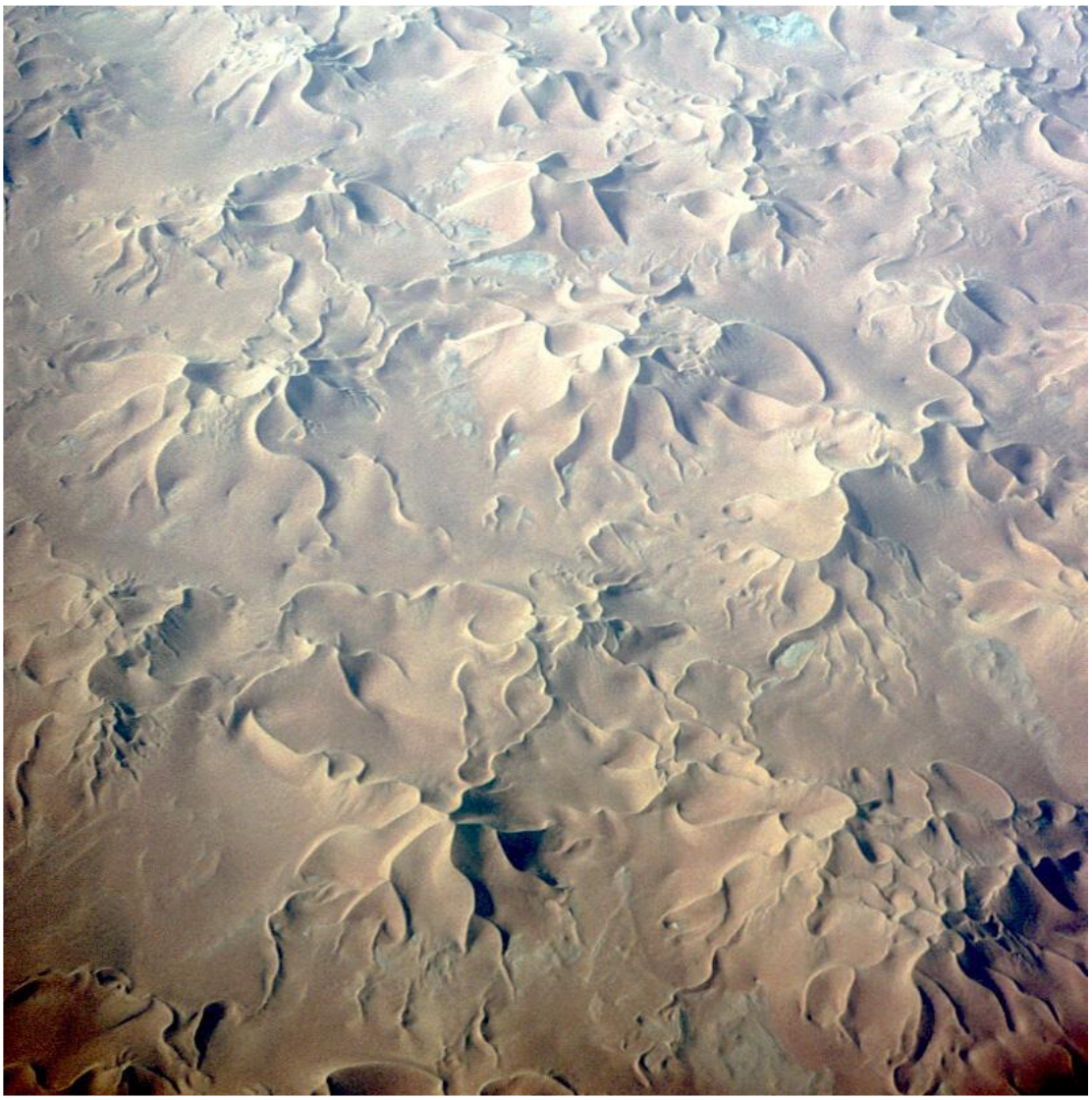
**٢- الكثبان الطولية:**

وتمتد هذه بشكل سلاسل من الرواسب الرملية بصورة موازية للاتجاه العام للرياح السائدة وتسير هذه الكثبان في بعض الأحيان وبصورة متصلة لمسافة تصل لعدة مئات من الكيلو مترات. صورة (٨) وقد أظهرت الدراسات أن هذه الكثبان تنشا في المناطق التي توجد فيها تيارات هوائية متجاورة قوية حيث تتناقص سرعة التيارين كليهما على الجوانب مما يؤدي إلى إلقاء الرواسب الرملية التي تحملها. وتعرف هذه الكثبان باسم كثبان السيف او (الغرود).

د- الكثبان النجمية Star Dunes: تسمى احياناً بالكثبان الهرمية، وتتكون فوق اراضي منبسطة تتعرض لهبوب رياح من اتجاهات مختلفة، وتبدو اشكالها متوافقة إلى حد كبير مع وردة الرياح للمكان الذي تتواجد فيه، حيث تمتد على شكل اذرع من قمة مرتفعة تقع في الوسط ويتوافق عدد تلك الأذرع وطول كل ذراع مع تكرار اتجاهات الرياح. وينتشر هذا النمط من الكثبان الرملية في تركستان وايران وصحراء ثار شمال غرب الهند وبعض اجزاء صحاري استراليا (تراب، 2005، صورة (٩).

**صورة (٨) السيف او الغرود**

**صورة (٩) كثبان النجمة**



و- كثبان النباك Nebkha Dunes: يتكون هذا النوع من الكثبان عندما تعترض مسار الرياح المحملة بالرمال عقبة من النباتات وبخاصة الشجيرات التي تعمل كمصد للرمال، مما يؤدي إلى انخفاض سرعة الرياح وتناقص قدرتها على حمل الرمال التي تتراكم خلف العائق النباتي مباشرة، وعند تكرار هذه العملية يزداد حجمها فيتكون كثيب رملي صغير الحجم يتخذ شكلاً مثلثاً قاعدته في الجهة التي تواجه الرياح ورأسه عند الجهة المغايرة، صورة (١٠) (١١).

صورة (١٠) كثبان النباك

صورة (١١) كثبان النباك وعلامات النيم

# تكملة المحاضرة الخامسة

**الأودية في الصحراء الجافة:**

تتميز معظم الأودية في الصحاري الجافة بأنها ذات تصريف داخلي، أي تنتهي إلى المنخفضات الصحراوية والواحات، لكن القليل منها يعتبر أودية دائمة الجريان، حيث تستطيع اختراق الصحراء والوصول إلى مستوى القاعدة العام، من أمثلتها نهر النيل. على أية حال فإن الأودية الصحراوية تتعرض للظروف الآتية- -:

١ تتعرض الأودية في الصحراء الجافة إلى تراكم الرواسب الناتجة عن التجوية وارسابات الرياح والانهيارات خلال فترة طويلة هي فترة انقطاع الأمطار (قد تصل إلى عشر سنوات).

2- عندما تسقط الأمطار فإن حمولتها تتكون من الإرسابات الحصوية والرملية الناتجة عن التجوية والرياح بالإضافة إلى نحت المجرى للوادي، لذلك يكون لونً مياه المجرى بلون الأرض نظرا لكبر كمية الرواسب التي يحملها.

٣ - تكون مياه المجرى سريعة نظرا لكبر كمية الأمطار الساقطة في فترة زمنية قصيرة، لذلك لا توجد فرصة للمجرى لفرز الحمولة النهرية أسوة بالأنهار دائمة الجريان.

4- يرسب المجرى حمولته في صورة مراوح ارسابية Alluvial Fans ، تختلط فيها الرواسب الناعمة بالرواسب الخشنة بالحصى، بمعنى أنه لا يوجد فرز للرواسب في منطقة الترسيب، أنظر شكل رقم

5- قد لا تظهر معالم القطاع العرضي للوادي إذا كانت كمية الرواسب التي ترسبت فيه كبيرة مقترنة بطول فترة الجفاف.

٦- قد تنتهي الأودية إلى مستنقعات أو برك تجف في فترة الجفاف، لكنها تكون مكانا لترسب الرواسب دقيقة الحجم كما يحدث في مناطق البلايا ( قيعان المنخفضات الصحراوية).

7- يكون تراجع القطاع الطولي للوادي نحو المنابع بطيئا, إذ أن النحت الرأسي له متوقف على مدة الجريان.

مراوح إرسابية وفيضية متعددة.

# المحاضرة السادسة

## التعرية الجليدية Glacial Erosion

يقصد بالتعرية الجليدية كل ما يقوم به الجليد على سطح الأرض من نحت وارساب، يجب أن نميز بين نوعين من الجليد المتراكم على سطح الأرض، الأول يمثل الغطاءات الجليدية في المناطق القطبية، ويمثل الثاني الأودية الجليدية، وسوف يتم الحديث هنا عن الأودية الجليدية.

**العوامل التي تحدد حركة الجليد:**

بالرغم من أن الجليد جسم صلب إلا أنه يتحرك على سطح الأرض الصلب أيضا، يتحكم في حركة الجليد عدد من العوامل:

1- انحدار سطح الأرض: توجد علاقة طردية بين درجة انحدار سطح الأرض وسرعة تحرك الجليد.
2- الجاذبية الأرضية: تعمل على جذب الأشياء لأسفل، أي تجذب الجليد نحو المناطق المنخفضة .
3- استمرار الزيادة في كمية الجليد: هناك علاقة طردية بين الزيادة في كمية الجليد وسرعة تحركه، يتوقف ذلك على الأحوال المناخية فوق منطقة التزويد، وتغير الأحوال المناخية بين منطقتي التزود والذوبان على طول الوادي الجليدي.

**مفاهيم جليدية :**

1- الرف الجليدي Ice Shelf :يمثل مقدمة الغطاءات الجليدية في المناطق القطبية نحو البحر، يظهر في صورة حافة ترتفع بين ( ٢ -50) مترا فوق سطح البحر. ، وعادة ما تكون امتدادا للجليد الممتد بين اليابس والبحر.
2- قبة (قلنسوة) الجليد Ice Cap : قبة جليدية تكون عادة أصغر حجما ومساحة من الغطاءات الجليدية، ، توجد في المناطق القطبية.
3- الغطاءات الجليدية Ice Sheets : تغطي المناطق القطبية من الأرض شمالا وجنوبا، وهي ظاهرة دائمة تقل مساحتها أو تزيد حسب التغيرات المناخية على سطح الأرض.
4- الوادي الجليدي Glacier :كتلة من الجليد الصلب تمتد طوليا من منطقة التزود الجليدي إلى منطقة الذوبان، يوجد في المناطق التي تنخفض فيها درجات الحرارة حتى درجة التجمد- .
5- التراكم الجليدي Accumulation Glacial: المنطقة التي يحدث فيها كل العمليات الخاصة بسقوط الثلج وتحركه بواسطة الرياح، وتجمده على سطح الأرض، ثم تجمعه في الأودية الجليدية .
6- كتل الجليد الطافية Iceberg : كتل من الجليد يزيد طولها عن ١٠٠ كم، ويتراوح سمكها بين ٢٠٠ - ٣٠٠ ً مترا انفصلت عن الغطاءات الجليدية في المناطق القطبية، ثم اتجهت إلى مياه المحيط لتطفو عليها .
7- الموجة الجليدية Ice Surge : الفترة التي تحدث فيها تحركات ملحوظة في الثلاجات، لا تقل عادة عن سنة
8- التيار الجليدي Ice Stream : المقصود به تحرك الجليد على طول الثلاجات، يتراوح تدفق الجليد فيها بين عدة مئات من الأمتار إلى كيلومترات في السنة.
9- وادي الثلاجة Valle Glacier: يكون أصغر حجما من القبة الجليدية، يسير في واد محدد على سطح الأرض.

10- الوادي الجليدي Glacial Valley : الوادي الذي شكل بواسطة الجليد وأخذ قطاعه العرضي شكل حرف (U) .

11- الثلاجات الألبية Alpinel Glaciers : لثلاجات المحددة بأودية جليدية في المناطق الجبلية المرتفعة .

12- منطقة التراكم الجليدي Zone Of Accumulation: المنطقة الواقعة أعلى من خط الثلج Snowline، يتساقط فيها الثلج باستمرار، ويتدفق منها في الأودية الجليدية .

13- منطقة الاضمحلال الجليدي Zone Of Ablation :المنطقة الواقعة أسفل خط الثلج، وهي منطقة يبدأ الجليد فيها بالذوبان، ويتحول إلى مياه تغذي الأنهار المتصلة به.

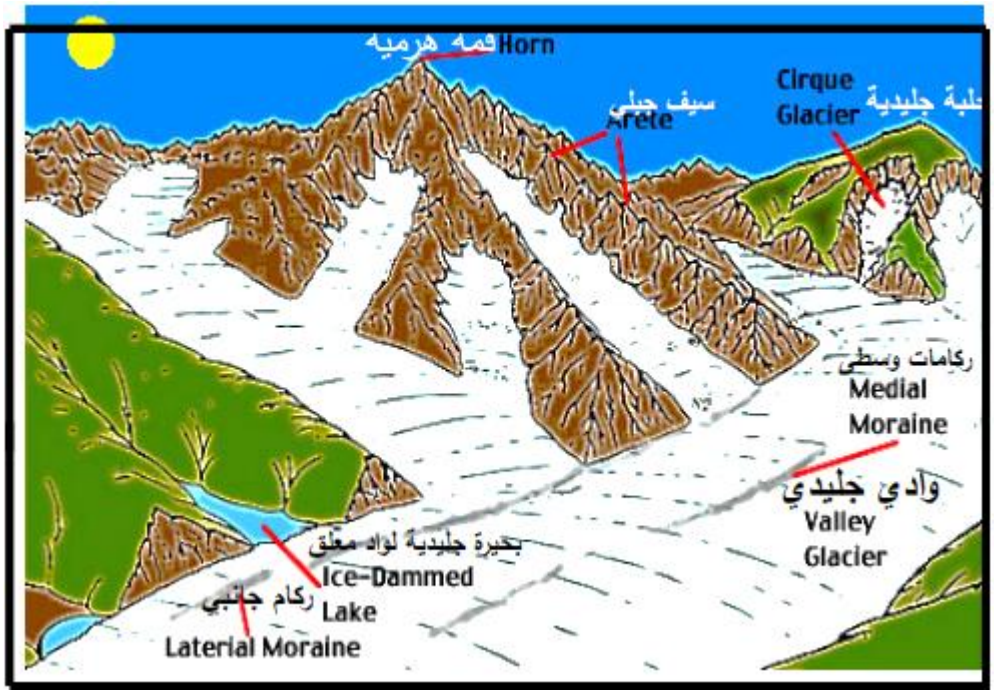
14- خط الثلج :Snowline الخط الفاصل بين منطقة التراكم الجليدي ومنطقة الذوبان ( الاضمحلال الجليدي).

15- الركامات الجليدية -: Moraines رواسب أشبه بالتلال يكونها الجليد، عادة ما تكون مختلطة، يوجد منها عدة أنواع، الركامات الجانبية، والوسطى، والنهائية.

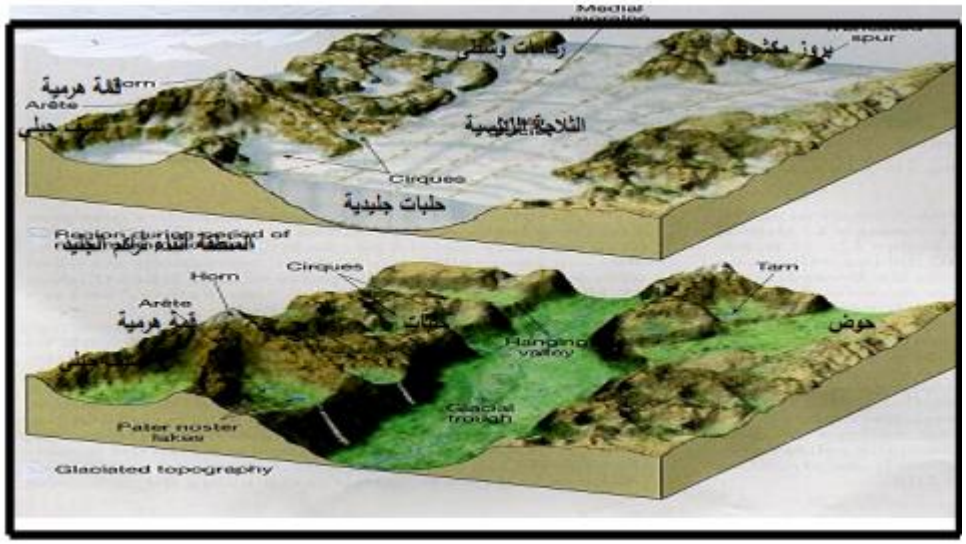
16- الركامات الجانبية Lateral Moraines: الرواسب الجليدية التي تمتد بجوار جوانب الوادي الجليدي، تتكون عادة من الصخور المنهارة من الجوانب.

17- الركامات الوسطى Medial Moraines: رواسب جليدية تمتد وسط الوادي الجليدي ، تتكون من التقاء ركامات جانبية بعد اتحاد رافدين جليديين.

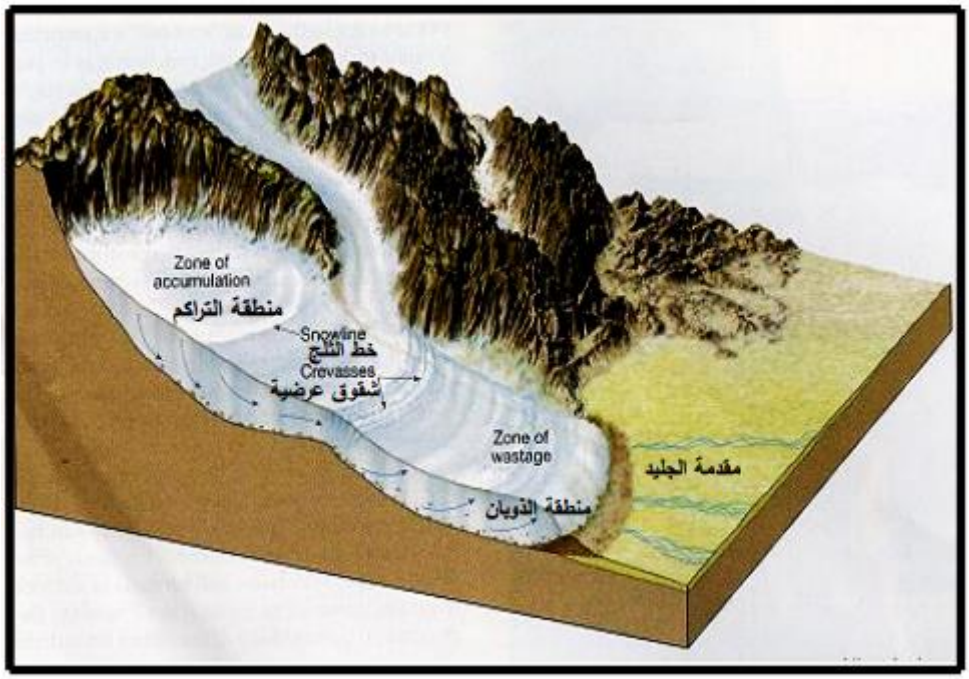
18- الركامات النهائية End (Terminal) Moraines: رواسب جليدية تترسب في نهاية تحرك الجليد، توجد بشكل عرضي، تتكون من تلال رسوبية جليدية.



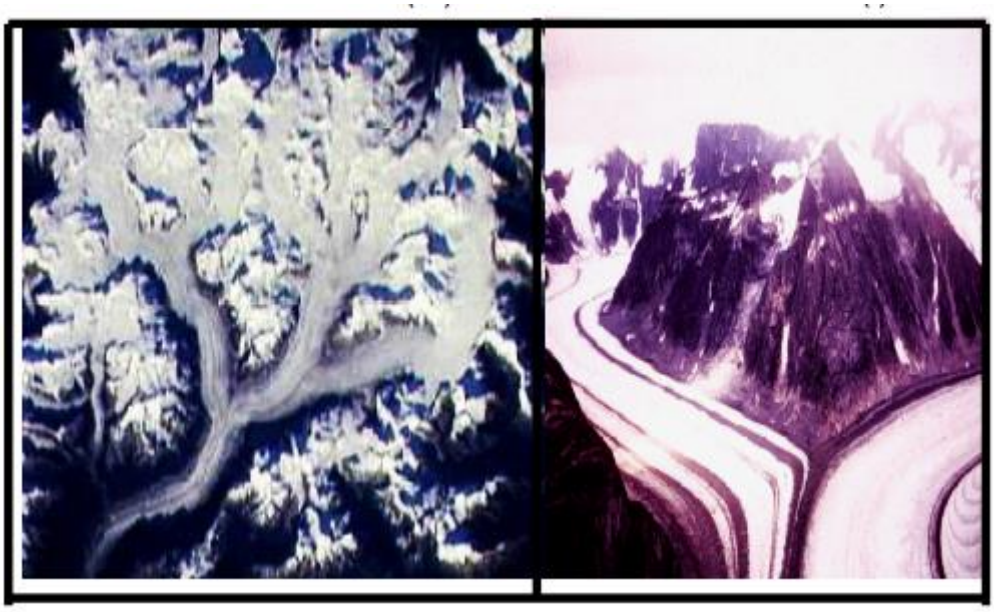

القمم الهرمية وبعض الظاهرات المرتبطة بها.




أودية جليدية قبل ذوبان الجليد وبعده.




قطاع في وادي جليدي بين منطقتي التراكم والذوبان.



الأودية الجليدية وروافدها

(أ): التقاء واديين جليديين (ب): منظر لثلاجة من الجو.

**الوادي الجليدي :** يأخذ القطاع العرضي Section Cross للوادي الجليدي شكل حرف (U) ، يختلف بذلك عن شكل القطاع العرضي للوادي النهري الذي يأخذ شكل حرف (V) ، يعود ذلك إلى طبيعة النحت لكل منهما، ففي حين يحاول مجرى النهر أن يعمق واديه رأسيا، فأن الوادي الجليدي يتحرك بحمولته كجسم صلب، وينحت الجوانب . يبدأ الجليد بالتجمع عادة من القمم الهرمية في الحلبات الجليدية، ثم بزيادة حجمه يندفع مع الانحدار العام نحو الوادي الجليدي، لتختلط به عند الجوانب الكتل الصخرية والرواسب المنهارة من الجوانب، ثم يتخطى العقبات الصخرية الموجودة على القاع، إضافة لذلك يمر من أجزاء يضيق فيها قطاع الوادي أو يتسع، أو يلتقي به روافد جليدية أخرى.

# المحاضرة السابعة

## التعرية الساحلية Coastal (Marine) Erosion

تحدث التعرية الساحليةً بفعل مياه البحر العاملة على يابس الأرض المحيط بها، إضافة إلى تأثر هذا اليابس المناطق الساحلية بكل من التجوية وعوامل التعرية الأخرى كالمياه الجارية والرياح، لذلك قد تكون الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية تكونت كليا بفعل مياه البحر، أو يكون تكوينها جزئيا، أي يشترك في تكوينها عوامل تعرية أخرى، لذلك تسمى ظاهرات مشتركة . كذلك يعتبر يابس الأرض المحيط بمياه البحر حصيلة صراع طويل امتد عبر الأزمنة الجيولوجية السابقة بين مياه البحر واليابس، بمعنى أن مياه البحر كانت تغمر أجزاء من اليابس المجاور لها لفترة زمنية طويلة، ثم تتراجع عنها فترة زمنية طويلة أخرى، يعني ذلك أن مساحة اليابس أو الماء على سطح الأرض لم تكن ثابتة في الأزمنة الجيولوجية السابقة، فكل منهما بين زيادة أو نقصان . تتشابك ثلاثة عوامل خاصة بمياه البحر عند تأثيرها على المناطق الساحلية وهي-:

1- حركة مياه البحر: تتمثل في أمواج البحر Waves Sea ، وأمواج المد والجزر Tides ، والتيارات البحرية Currents ، هذا إذا أضفنا أن التيارات البحرية منها أفقية Horizontal Currents، ومنها رأسية Vertical Currents ، واذا علمنا أن مياه البحر بيئة حية، فإن المياه البحرية غير ساكنة حتى في الأعماق، أيضا تنقسم التيارات البحرية الأفقية إلى أفقية عليا، وأفقية سفلى، كذلك تنقسم الرأسية إلى هابطة وصاعدة. وكغيرها من عوامل التعرية الأخرى، فإنها تنحت وترسب، وينتج عنها ظاهرات جيومورفولوجية تتكون بالنحت أو بالإرساب.

2- ملوحة مياه البحر: يضاف إلى حركة مياه البحر ملوحتها، بمعنى أن الصخر العاملة عليه مياه البحر يتأثر كيميائيا بما تحتويه مياه البحر من ملوحة، لذا تتأثر الصخور كيميائية التكوين ( المجاورة لمياه البحر) بالإذابة أو بالتحلل الكيميائي.

3- يابس الأرض المجاور لمياه البحر: لا يقتصر انعكاس نوع الصخر ونظامه، وما يحتويه من شقوق وفواصل على الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية ( أي التي تتكون بفعل مياه البحر) بل نجد هذا الأثر في جميع عوامل التعرية ، لكن يبقى لمياه البحر خصوصية في ذلك حيث يكون أثر مياه البحر عليه مزدوج.

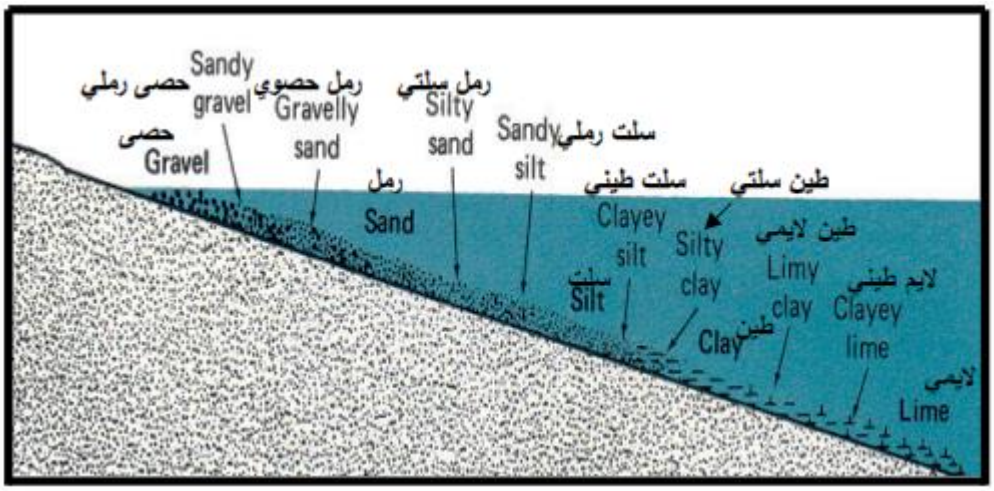
## أجزاء المنطقة الشاطئية:

تتكون المنطقة الشاطئية والتي على جانبي خط الساحل من الأجزاء الآتية:

1- **منطقة الشاطئ Shore Zone :** المنطقة المحصورة بين أدنى منسوب لمياه البحر وأدنى منسوب للحافة الساحلية، أي عند حد ارتطام الأمواج. هذا، وتنقسم منطقة الشاطئ إلى قسمين

أ - الشاطئ الخلفي Behind Shore :المنطقة المحصورة بين أعلى منسوب لمياه البحر وأدنى منسوب للحافة الساحلية، وهي جزء من منطقة النحت الساحلية Eroding Area ، تكون فيها الرواسب زاوية Angular ، وغير مصنفة Poorly Sorted ، وغالبا ما تكون مختلطة وكبيرة نسبياً .

ب- الشاطئ الأمامي Front Shore :المنطقة المحصورة بين أعلى وأدنى منسوب لمياه البحر، وهي منطقة نقل الرواسب Transportation Of Sediments نحو قاع البحر بواسطة الأمواج الراجعة بعد تكسرها أسفل الحافة وفي منطقة الشاطئ الأمامي، وتكون الرواسب فيها بين شبه زاوية إلى شبه دائرية Sub- angular to Sub- rounded ، كما تكون مصنفة جزئيا Sorted Partly ، كما أنها أصغر حجما من رواسب المنطقة السابقة .ويبين الشكل التالي تغير حجم الرواسب وشكلها في المنطقة البحرية المجاورة لليابس.




شكل يوضح تدرج الرواسب البحرية

ت- **منطقة أمام الشاطئ Off- Shore- Zone** المنطقة التي تقع تحت أدنى منسوب لمياه البحر بجوار منطقة الشاطئ الأمامي والى الداخل منها, هي منطقة الإرساب Deposition ، تكون الرواسب فيها دائرية Rounded ومصقولة بدرجة كبيرة، كما أنها تكون مفروزة جيدا ( Well Sorted متشابهة إلى حد كبير)، وهي أصغر حجما من رواسب المنطقتين السابقتين، نذكر أيضا أن حجم الرواسب يقل تدريجيا في هذه المنطقة بالاتجاه نحو القاع العميق، حيث تقل قوة الأمواج الراجعة وتزيد قوة الأمواج القادمة.

٢- **الحافة الساحلية Coastal Cliff:** منطقة ذات انحدار مميز (شديد) ، تواجه مياه البحر مباشرة، وترتطم عليها الأمواج، كما تمثل أول جزء من السهل الساحلي نحو البحر، تتعرض الحافة الساحلية لفعل التجوية وعوامل التعرية في الجزء الأعلى منها، وتتعرض لنحت الأمواج في الجزء الأسفل منها، لذلك تتكون أسفلها أكواما من الرواسب المختلطة تعرف بالمراوح الإرسابية الصغيرة Scree .

3- **خط الساحل Coastal Line:** خط وهمي منسوبه صفر (يمثل متوسط منسوب مياه البحر)، يفصل بين المنطقة الممثلة لقاع البحر وبين اليابس المحيط به، بذلك هو يفصل بين منطقتين، تمثل الأولى (اليابس) المصدر الرئيسي للرواسب البحرية Source Of Sediments ، وتمثل الثانية منطقة الإرساب لها (قاع البحر).

4- **السهل الساحلي Coastal Plain :**المنطقة التي تبدأ من الحافة الساحلية خارج مياه البحر، تأثرت في أزمنة وعصور جيولوجية سابقة بمياه البحر، إذ تكونت عليها ظاهرات

جيومورفولوجية بحرية، تظهر معالمها البحرية غالبا تحت السطح، إلا أن السطح الخارجي لها تشكل بفعل عوامل التعرية الأخرى بعد انحسار مياه البحر وتراجعها نحو قاعه.

## الظاهرات الجيومورفولوجية البحرية:

تتكون بفعل مياه البحر ظاهرات جيومورفولوجية متعددة الأشكال والأحجام، سواء بالنحت أو بالإرساب، وقد تتكون هذه الظاهرات كليا بفعل مياه البحر، أو يساعد في تكوينها عوامل تعرية أخرى، كذلك قد يكون مصدر رواسب هذه الظاهرات محليا أو منقولا من بحار مجاورة، أو من اليابس المجاور للبحر، يمكن ذكر أهم الظاهرات البحرية كالآتي:

**الحافة الساحلية Coastal Cliff :** ظاهرة نحت بحرية تتكون نتيجة لارتطام مياه البحر بيابس الأرض المحيط به، تتميز الحافات الساحلية باختلاف صخورها نوعا ونظاما من منطقة لأخرى على طول خط الساحل، سواء على النطاق المحلى أو الإقليمي أو العالمي، لذلك تختلف الظاهرات الجيومورفولوجية من منطقة لأخرى على طول الحافات الساحلية، تتأثرً الحافات الساحلية أحيانا بعوامل تعرية أخرى غير المياه البحرية كالرياح والمياه الجارية، فإذا تأثرت بالمياه الجارية يلاحظ تكون ظاهرات جيومورفولوجية مثل الدلتا والفجوات التي تمثل مخارج السيول والأودية نحو البحر إلى غير ذلك، أما إذا تأثرت بالرياح فإنه توجد ظاهرات مثل الكثبان الرملية بجوار الحافة الساحلية نحو السهل الساحلي، في حين إذا تأثرت بالجليد فإنه توجد عليها آثار النحت والإرساب الجليدي.

**ظاهرات النحت الساحلية Coastal Erosion Features -:** تتكون ظاهرات نحت متعددة بواسطة مياه البحر، يمكن القول أنها جزء من تطور الحافة الساحلية بالنحت، من هذه الظاهرات

1- **المدرجات البحرية -:( Marine Steps (Terraces:** تتكون المدرجات البحرية لأسباب متعددة، منها-:

أ- التغيرات المناخية التي حدثت في عصر البلايوستوسين حيث كان منسوب مستوى سطح البحر ينخفض فترة من الزمن ثم يعود للارتفاع، فقد تكرر ذلك عدة مرات، مع ملاحظة أن مستوى سطح البحر امتاز بالانخفاض منذ بداية عصر البلايوستوسين، تاركا أجزاءا من المناطق الشاطئية لتكون فيما بعد المدرجات البحرية.

ب- اختلاف الطبقات الصخرية المكونة للحافة الساحلية من حيث النوع والنظام، إذ يعمل تبادل الطبقات الصخرية بين صلبة ولينة على تفاوت مقدار النحت الحادث على الحافة، تعمل الأمواج على نحت الطبقات اللينة بصورة أسرع، لتكون أسطح المصاطب البحرية بانحدار بطيء، وتبقى الصخور الصلبة بارزة بانحدار شديد مكونة حافات المصاطب.

ت- تتكون أيضا إذا تعرضت المنطقة الساحلية للانكسارات، حيث تتحرك الكتل الصخرية رأسيا، عندئذ تتكون سواحل مرفوعة أو شواطئ هابطة، تمثل حافات الانكسارات حافات المصاطب البحرية.

ث- قد تتكون المصاطب البحرية نتيجة لطبيعة النحت الحادث من الأمواج والتيارات البحرية المتحركة أمام السواحل.

**2- الجروف البحرية Cliffs :**

حوائط تشرف مباشرة على مياه البحر بانحدار شديد يصل إلى ٩٠˚ ، واذا كانت حديثة التكوين فإنها تبدوا في صورة حوائط شديدة الانحدار غير مقطعة، أما إذا كانت قديمة فإنها تتقطع بفعل عوامل التعرية الأخرى، وبخاصة التعرية النهرية، تتكون الجروف البحرية نتيجة لأحد الأسباب الآتية:

أ - اختلاف التكوين الصخري في الطبقات الصخرية المتعاقبة في المنطقة الساحلية، حيث تتبادل الطبقات الصلبة مع اللينة .

ب - انخفاض منسوب سطح البحر وتراجعه عن اليابس، في هذه الحالة تمثل الجروف البحرية شواطئ تعرية بحرية.

ج- قد تكونها الحركات التكتونية التي تتعرض لها المنطقة الساحلية.