الماء على سطح الأرض

تقدر كمية المياه على سطح الأرض بحوالى ١,٣٦ بليون متر مكعب ، تحتوى المحيطات وحدها على حوالى ٩٧,٢ ٪ من هذه الكمية ، ويوجد حوالى ٢,٥١ ٪ على هيئة جليد .. أما الكمية المتبقية ، فتمثل البحيرات والأنهار والمياه الجوفية ، بالإضافة إلى بخار الماء فى الغلاف الجوى .

وعلى الرغم من ضآلة نسبة الماء فى كل المصادر الأخيرة إلا أن كميتها الفعلية ضخمة .

ونظراً لأهمية المياه كعنصر أساسى لاستمرار الحياة ، فقد اهتمت الدراسات العلمية بدراسة عملية تبادل (دورة) الماء بين المحيطات والغلاف الجوى واليابسة، فيما يعرف باسم **دورة الماء فى الطبيعة *Water cycle*** .

وتعتبر حرارة الشمس هى العامل الأساسى فى هذه الدورة ، إذ تعمل حرارة الشمس على تحويل الماء السائل إلى بخار فيما يعرف بعملية التبخر ***evaporation*** ، وعندما تبرد جزيئات الماء المتبخر فى الهواء فإنها تتحول إلى ماء سائل فيما يعرف بعملية التكثيف ***Condensation*** ، وعند ذلك يتساقط الماء ثانية ليعود إلى الأرض على هيئة مطر أو ثلج .

ويتبخر الماء باستمرار من المحيطات بكميات كبيرة ، ومن اليابسة بكميات أقل ، نافذاً إلى الهواء (الغلاف الجوى) حيث تحمله الرياح مسافات بعيدة تتكون خلالها السحب ..

والمياه المتساقطة على المحيطات تكون قد أتمت دورة كاملة ، بينما يلزم المياه المتساقطة على القارات الرجوع مرة أخرى إلى المحيط لاستكمال هذه الدورة .

❐ ولكن : ماذا يحدث للماء عند سقوطه على اليابس ؟

ينفذ جزء منه إلى داخل الأرض ، لينساب إلى البحيرات والأنهار ، أو مباشرة إلى المحيطات .

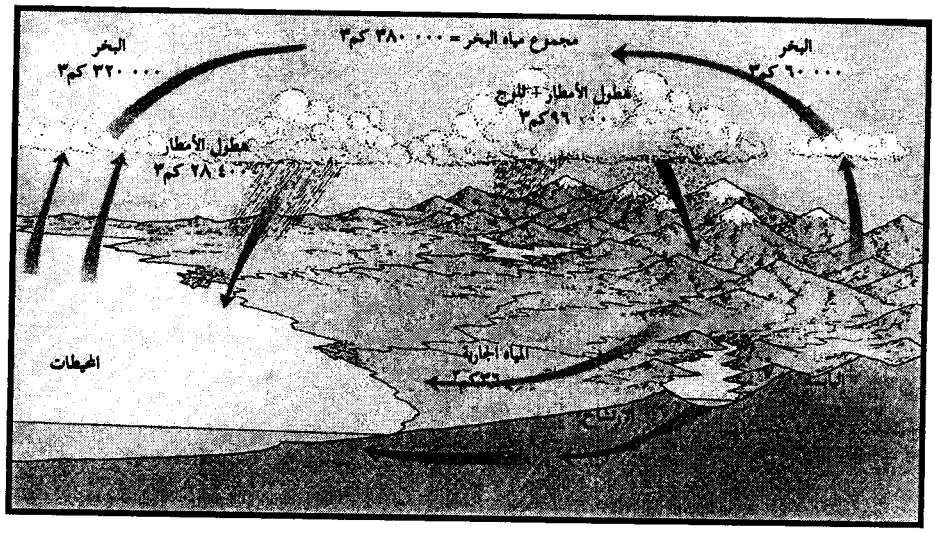
أما فى حالة الأمطار الغزيرة والتى لا يمكن للأرض أن تمتصها كاملة ، فإن الزائد منها يندفع لتكوين البحيرات والأنهار .

وكلاً من الماء النافذ إلى جوف الأرض والماء الجارى على السطح يعود ثانية إلى الهواء (الغلاف الجوى) عن طريق التبخر مباشرة من التربة والبحيرات والأنهار .. بالإضافة إلى أن جزءاً من النافذ إلى جوف الأرض والذى يمتصه النبات ، ينطلق ثانية إلى الغلاف الجوى فيما يعرف بعملية **النتح** .

وكمية الماء الناتجة من عملية النتح لا يستهان بها ، إذ تذكر الدراسات أن الحقل المزروع بالنباتات يمكنه إطلاق كمية من الماء تكفى لتغطيته بطبقة سمكها ٦٠ سم .. بينما تطلق الغابات ضعف هذه الكمية .

أما الأمطار التى تسقط على ارتفاعات عالية أو مناطق قريبة من أحد القطبين، فإنها لا تتسرب فى الحال إلى باطن الأرض ، ولا تتبخر ، وإنما تتجمد ، وتخزن مؤقتاً حتى تذوب لتكمل دورتها .

والصورة التالية توضح دورة الماء فى الطبيعة .



وتقدر كميات الماء المتبخر من الأرض والمحيطات إلى الغلاف الجوى بالآتى :

٣٢٠,٠٠٠ كم^{٣}	ما يتم تبخره من ماء المحيطات
٦٠,٠٠٠ كم^{٣}	ما يتم تبخره من اليابس
٣٨٠,٠٠٠ كم^{٣}	المجموع

يعود هذا البخار ثانية إلى الأرض بعد تكثفه على هيئة أمطار بالكميات التالية:

٢٨٤,٠٠٠ كم^{٣}	ما يسقط مباشرة على المحيطات
٩٦,٠٠٠ كم^{٣}	ما يسقط على اليابس
٣٨٠,٠٠٠ كم^{٣}	المجموع

وحيث إن تبخر الماء من اليابس يقدر بحوالى ٦٠,٠٠٠ كم٣ ، فإن الماء المتبقى والذى يقدر بحوالى ٣٦,٠٠٠ كم٣ يعمل على تعرية سطح الأرض فى طريقه إلى المحيطات .

❐ البحيرات :

البحيرة هى مسطح مائى يشغل حفرة منخفضة من سطح الأرض ، ويحيط بها اليابس من جميع الجهات .. وغالباً ما تكون كمية الماء التى تدخل البحيرة أكبر من تلك التى تفقد بالتبخر .. كما أنه عادة ما يخرج منها نهر، وفى تلك الحالة تكون مياهها عذبة .

ومن هنا تأتى أهمية البحيرات ، حيث تملأ بالمياه فى مواسم الأمطار الغزيرة، وتمنع فيضان الأنهار ، وفى المواسم التى تقل فيها الأمطار يستخدم هذا الماء المخزون ، وتجرى الأنهار ، وبالتالى تمنع حدوث الجفاف .

وفى الأقاليم التى لا يسقط فيها المطر إلا بمقدار ضئيل ، ويشتد فيها البخر، ولا يكون للبحيرة أى مخرج ، فتصبح بذلك منطقة صرف داخلى، وتتراكم فيها الأملاح المذابة ، فترتفع بها نسبة الملوحة .. ولعل أشهر الأمثلة على ذلك البحر الميت .

ولما كان الناس يستخدمون كميات كبيرة من الماء العذب ، وبخاصة فى أغراض الزراعة والصناعة ، وخوفاً من فترات الجفاف التى يندر فيها الماء ، فقد لجأ الإنسان إلى عمل بحيرات صناعية ، وهى أشبه ما يكون بالخزانات.. وتقام هذه البحيرات الصناعية عن طريق إقامة السدود العملاقة على الأنهار لحبس الماء والتحكم فيه وقت الحاجة ، ولعل أشهر هذه البحيرات الصناعية ، بحيرة ناصر الموجودة على النيل خلف السد العالى بأسوان .

وعن طريق التحكم فى الماء المخزون فى هذه البحيرات ، وباستخدام الفرق بين منسوبى الماء على جانبى السد يمكن توليد الطاقة الكهربية .

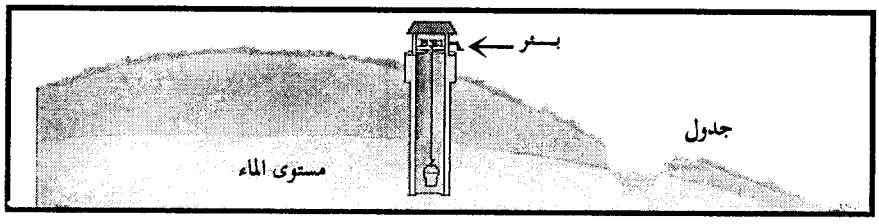
❐ الماء المالح .. والماء العذب :

تحتوى مياه البحار على نسبة عالية من الأملاح والمعادن .. تبقى هذه الأملاح والمعادن وتنفصل عن الماء عند عملية التبخر .. ولذا ، فإن ماء المطر أو الثلج دائما يكون ماءً عذباً ، وحياة الكائنات على الأرض لاغنى لها عن الماء العذب .

❐ مستوى الماء :

يعرف مستوى المياه الجوفية (الباطنية) باسم مستوى الماء الباطنى ***Water table*** ، وهو الحد أو السطح الذى تكون الصخور أسفله مشبعة بالماء .. وليس هذا الحد (السطح) أفقياً بصفة عامة ، كما أنه ليس متساوياً فى جميع الأماكن ، وإنما يتغير من منطقة لأخرى ، كما يتغير من فصل لآخر.. فيرتفع مستوى المياه الجوفية أثناء فصول المطر ، بينما يقل فى الفصول الجافة .

وفى بعض المناطق يمكن حفر الآبار والاستفادة من هذه المياه الجوفية ، فكثيراً ما تكون هذه المياه قليلة الملوحة ..



أما إذا غمرت هذه المياه الجوفية سطح الأرض (فى الأماكن المنخفضة) ، فإنها تجرى على سطح الأرض على هيئة جداول وقنوات .

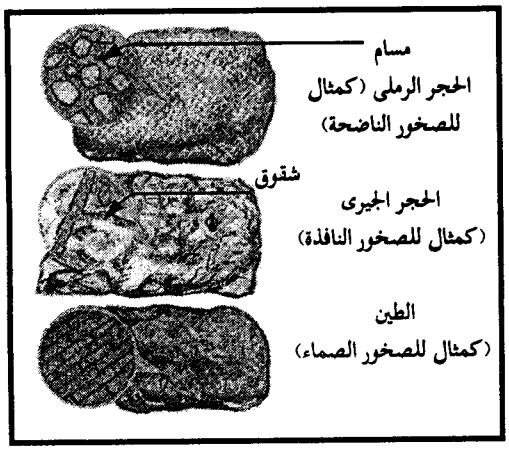
❐ اضطراب توازن الماء فى الطبيعة :

عندما يغير الإنسان طبيعة سطح الأرض ، فهو بذلك يعمل على اضطراب توازن الماء فى الطبيعة ، مما يؤدى إلى جفاف الأرض أو غمرها بالماء .. فمثلاً :

* بناء المدن وشق الطرق ، يؤدى إلى تغطية سطح الأرض بطبقات من الأسفلت والخرسانة ، وهى طبقات عازلة للماء ، تمنع تسرب الماء داخل جوف الأرض .. فبدلاً من أن يترسب ماء المطر ببطئ إلى جوف الأرض ، فإن هذه الطبقات تمنعه إلى أن يغير الماء وجهته حتى يصب فى المجارى والأنهار .. وهذا يؤدى حتماً إلى هبوط مستوى المياه الجوفية فى بعض الأماكن ، فى نفس الوقت الذى تفيض فيه الأنهار وتحدث الفيضانات فى أماكن أخرى .

* عملية تقطيع الغابات وتحويل أراضيها إلى مساكن ومصانع باستخدام الآلات الثقيلة ، يؤدى إلى دك التربة الزراعية وجعلها غير مسامية ، مما لا يسمح بنفاذ الماء إلى التربة ، فتجرى فوق سطح الأرض حاملة معها بعض مكونات التربة .. بالإضافة إلى أن قطع أشجار الغابات يؤدى إلى اختلال فى دورة الماء فى الطبيعة نتيجة القضاء على أوراق النبات التى تقوم بعملية النتح .

❐ مسامية الصخور :



تنقسم الصخور من حيث قابليتها لمرور الماء خلال حبيباتها إلى : صخور تسمح بذلك ***Premeable rocks*** .. وصخور لا تسمح ***Impermeable rocks*** أما التى تسمح بمرور الماء خلال حبيباتها فهى :

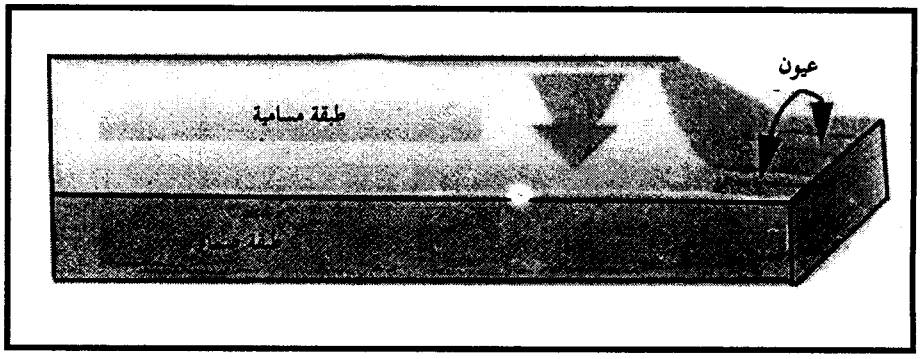
أ – صخور ناضحة : ***(Porous-rocks)*** وهى صخور مسامية ، تحتوى على مسام دقيقة جداً تسمح بتسرب الماء ، كما فى صخور الحجر الرملى .

ب – صخور نافذة : ***(Pervious)*** وهى صخور تسمح بمرور الماء خلالها، إما لأنها مسامية ، أو لأنها تحتوى على شقوق أو فراغات ، أو ما إلى ذلك مما يسمح بتسرب الماء ، وذلك كما فى صخور الحجر الجيرى .

أما الصخور التى لا تسمح بتسرب الماء خلالها فهى صخور صماء ***Impermeable rocks.***

ولكن : ماذا يحدث إذا وقعت طبقة مسامية فوق أخرى صماء ؟

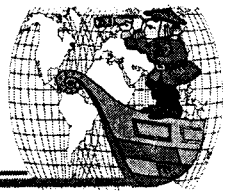
إذا حدث ذلك ، كما يتضح من الشكل التالى ، فإن الماء يتسرب خلال الطبقة المسامية حتى يلاقى الطبقة الصماء ، وعندها يخرج الماء ثانية على هيئة عيون أو ينابيع .



**** هل تعلم ؟**

يعتبر برج بيزا المائل من أشهر المعالم الإيطالية ، ولكن هل سألت نفسك يوماً : كيف بنى هذا البرج مائلاً ؟

إن البرج لم يُبْنَ مائلاً ، وإنما حدث الميل نتيجة سحب كميات ضخمة من المياه الجوفية فى المنطقة المجاورة له ، مما أدى إلى حدوث هبوط للأرض فى تلك المنطقة نتج عنه هذا الوضع المائل والذى اشتهر به البرج !!



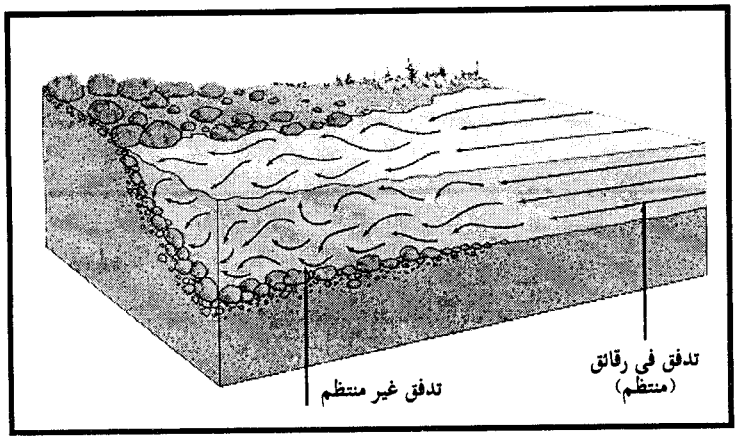
الأنهار والمجارى المائية

تلعب المياه الجارية دوراً هاماً فى حياة البشر ، إذ يعتمد على الأنهار كثيراً فى توليد الطاقة الكهربية ، وكذا النقل ، بالإضافة إلى الرى ، كما لعبت التربة الخصبة التى ينقلها الماء دوراً هاماً فى خصوبة مساحات كبيرة من الأراضى وجعلها صالحة للزراعة .. كما لعبت هذه المجارى المائية دوراً أساسيا فى ترسيم وتحديد سطح الأرض كحدود طبيعية .

ومصطلح المجرى المائى أعم دلالة من «النهر» .. إذ أن المجرى المائى يعنى القنوات المائية الصغيرة منها والكبير (بما فيها الأنهار) ، أما النهر فإنه يستخدم للدلالة على المجرى المائى الذى تصب فيه عدة روافد ..

**** دراسة حركة الماء فى المجارى المائية :**

يتدفق الماء فى المجرى المائى ، إما بطريقة منتظمة (فى رقائق) أو بطريقة غير منتظمة .. كما يوضح ذلك الشكل التالى :



وعملياً ، فإن المياه تتدفق فى جميع المجارى المائية بصورة غير منتظمة (عشوائية) ، إذ أن التدفق المنتظم (فى رقائق) يحتاج إلى سرعة بطيئة منتظمة فى قناة ملساء ..

وتعمل حركة الماء العشوائية (غير المنتظمة) فى الاتجاهات المختلفة على تعرية قناة المجرى ، وفى نفس الوقت على الحيلولة دون ترسيب حمولتها المعلقة من الطمى وجزيئات التربة .

يأخذ الماء طريقه فى المجرى المائى نحو البحر ، حيث يصب هناك ، تحت تأثير الجاذبية .. ويعتمد زمن هذه الرحلة أساساً على سرعة الماء داخل المجرى.. فبعض المجارى بطيئة لاتزيد سرعتها على كيلومتر واحد فى الساعة ، والبعض الآخر قد تتعدى سرعتها ٣٠ كم/ساعة .. وفى نفس الوقت فإن سرعة الماء فى المجرى الواحد تختلف من مكان لآخر ، ففى الأجزاء المستقيمة من المجرى المائى تكون أقصى سرعة للماء عند منتصفه تحت السطح بقليل .

حيث تكون قوة الاحتكاك أقل ما يمكن .. وفى نفس الوقت تكون السرعة أقل ما يمكن عند جوانب المجرى وقاعه ، إذ تكون قوة الاحتكاك أعلى ما يمكن .

أما عند انحناءات المجرى ومنعطفاته ، فإن سرعة الماء عند جوانب المجرى تكون أكبر من سرعتها فى وسط المجرى ، لذا فإن طاقتها تكون أكبر للحت والنقل ، بينما يكون الماء المتدفق وسط المجرى بطيئاً ، لذا يحدث الإرساب .

وتلعب سرعة المجرى المائى دوراً مباشراً فى النقل والتعرية ، إذ أن تغيراً بسيطاً فى السرعة يؤدى إلى تغير فى كمية ما يحمله المجرى من رسوبيات .. وتتأثر سرعة المجرى بعوامل ثلاثة هى :

أ – درجة الميل .

ب – شكل وجسم وخشونة القناة .

جـ – كمية التدفق .

إذ أن زيادة درجة الميل يؤدى إلى سرعة فى التدفق .. كما أن خشونة القناة وكثرة الجزيئات الصخرية بها يؤدى إلى إعاقة حركة الماء .

❐ تعرية المجارى المائية :

يقوم المجرى المائى بتعرية قناته (مساره) بعدة طرق ، أهمها :

* رفع المواد غير المتماسكة .

* الكشط .

* الإذابة .

وعندما ينطلق الماء فى حركة غير منتظمة وفى اتجاهات مختلفة فإن ذلك يعمل على اقتلاع جزيئات مكونات القناة ، وبالتالى تعمل المياه الجارية على تعرية مجراها .

ويلاحظ أنه كلما زادت حمولة الماء من الجزيئات المقتلعة ، زادت قدرتها على التعرية .. إذ أن تيار الماء فى هذه الحالة يعمل عمل ورق السنفرة ، فكما أن ورق السنفرة لديه القدرة على كشط الطبقة الخشنة من أعلى قطعة الخشب، كذلك فإن للماء المحمل بالحبيبات الصلبة القدرة على كشط قاع وجوانب القناة ..

بل قد يتحرك الماء المحمل بحبيبات الحصى والرمال حركة دوامية (دائرية) مما يؤدى إلى إحداث فجوات دائرية فى قاع القناة (المجرى) ، ويكون عمل الماء والحبيبات هنا ، أشبه بعمل أدوات الحفر ، ويصل قطر الفجوة الواحدة إلى عدة أمتار ، وكذا عمقها .

❐ نقل المجارى المائية للرسوبيات :

تعد المجارى المائية كالأنهار من أهم عوامل التعرية ، فبالإضافة إلى قدرتها على شق قنواتها ، فهى قادرة أيضاً على نقل كميات كبيرة من الرسوبيات .

وتنقل الأنهار حمولتها من الرسوبيات بطريقتين هما :

(١) حمولة معلقة . (٢) حمولة القاع .

هذا بالإضافة إلى الحمولة المذابة والتى تشكل قدراً لا بأس به من حمولة

المجارى المائية ، إذا أن بعضها يتكون نتيجة الإذابة المباشرة لصخور القناة ، أما معظمها فإنه يأتى من المياه الجوفية .

❐ الحمولة المعلقة :

تكون الحمولة المعلقة غالبية حمولة معظم المجارى المائية ، وعادة ما تتكون هذه الحمولة من الرمال الدقيقة والطين الغرين ، وإليها يعزى تعكير المياه .. وفى حالات الفيضانات الشديدة تزداد حمولة المجارى المائية ، فبالإضافة إلى حبيبات الرمال الدقيقة والطين والغرين ، يمكن للماء أن يحمل كذلك حبيبات أكبر حجماً ، فتزداد نسبة الحمولة المعلقة بشكل واضح .. ولعل خير مثال لذلك نهر **هوانج هو** الصينى ، والذى يعرف بالنهر الأصفر ، إذ أن حمولته من المواد المعلقة أثناء الفيضانات تقدر بما يساوى وزن المياه الحاملة لهذه الحمولة !!

هذا ، وتتوقف كمية الحمل المعلق على عاملين أساسيين هما :

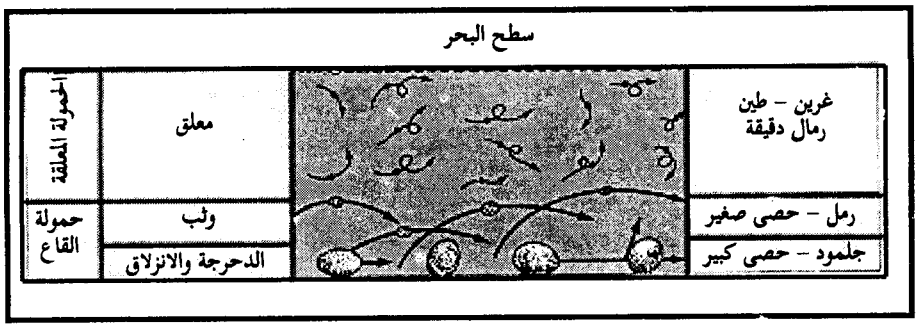
(أ) سرعة تدفق الماء . (ب) سرعة ترسب الحبيبات .

وهذه الأخيرة ، هى السرعة التى تغوص بها الحبيبات فى سائل راكد .. وهى تعتمد على حجم الحبيبات المحمولة ، فكلما زاد الحجم زادت سرعة الترسب ، وكذا تعتمد على الشكل ، فالحبيبات الكروية أسرع ترسباً من الحبيبات العريضة ، كما تعتمد أيضاً على الكثافة ..

وطالما كانت سرعة التدفق أكبر من سرعة الترسب ، فإن الماء يعمل على نقل حمولته المعلقة ..

❐ حمولة القاع :

وتعرف أيضاً بالحمولة الأرضية ، وهى تتكون من مواد صلبة ذات أحجام كبيرة لا يمكن نقلها معلقة ، وإنما ينقلها المجرى المائى عن طريق حركتها على القاع ، ولا يخفى دور هذه الحمولة فى تعرية القناة ، إذ ينقلها المجرى المائى إما : دحرجة ، أو تزحلقاً ، أو وثباً .. والشكل التالى يوضح كلاً من الحمولة المعلقة وحمولة القاع .



وواضح أن الحمولة الأرضية (حمولة القاع) تحتاج إلى قوة دفع كافية لنقلها ..

وكمثال لتوضيح كمية نقل المجارى المائية (الأنهار) لحمولتها ، فإن نهر المسيسبى يقوم بنقل حوالى ٧٥٠ مليون طن من المواد سنوياً إلى خليج المكسيك على النحو التالى :

٥٠٠ مليون طن حمولة معلقة .

٢٠٠ مليون طن حمولة ذائبة .

٥٠ مليون طن حمولة القاع .

❐ ماذا ينتج عن تراكم تلك الرسوبيات ؟

مع اقتراب المجرى المائى (النهر) من مصبه تتناقص سرعته ، ومع تناقص السرعة يحدث ترسيب للجزيئات المحمولة حسب حجمها ، وكما ذكرنا ، فإنه مع انخفاض سرعة التدفق عن سرعة الترسب ، فإن ذلك يؤدى إلى بدء عملية الترسب .. ويبدأ المجرى المائى فى ترسيب حمولته تبعاً لأحجامها المختلفة .. وتعرف هذه الظاهرة بعملية الفرز ، وهذا ما يفسر ترسب الحبيبات المتقاربة فى الحجم مع بعضها .

وتعرف الرسوبيات ذات الفرز الجيد باسم الركام .. ويكوّن الركام العديد من المظاهر الرسوبية التى توجد داخل قناة المجرى ، أو بمحاذاتها ، أو عند المصب .. ويتضح ذلك مما يلى :

(أ) رسوبيات القناة :

بينما يقوم النهر بنقل حمولته إلى المحيط (البحر) ، فإن جزءاً من هذه الحمولة يترسب داخل القناة ، وعادة ما تكون هذه الرسوبيات من الأجزاء كبيرة الحجم نسبياً من الحمولة ، وتعرف هذه الرسوبيات باسم : العقبات .. وهى رسوبيات مؤقتة كثيراً ما تنقل مكوناتها بعد ذلك إلى المحيطات ..

وتكثر العقبات منحيات المجرى المائى ، أو المنعطفات meanders ، حيث تزيد السرعة عند الحافة الخارجية للمنحنى ، مما يزيد معدل التعرية ، وفى نفس الوقت تقل السرعة على الجانب المقابل مما يؤدى إلى إرساب جزء من حمولة المجرى .

وغالباً ما يشبه هذا النوع من الرسوبيات اللسان الداخلى للثنية ، لذا ، فقد يسمى برسوبيات اللسان .

فإذا مازاد ترسيب الحمولة على قاع القناة ، أدى ذلك إلى اختناقها ، وبالتالى يتفرع المجرى المائى إلى عدة تفرعات تكوّن فى مجملها شبكة معقدة من القنوات المتفرعة والمتلاحمة بين العقبات وكأنها جدائل .. ولذا يعرف المجرى المائى حينئذ بالمجرى المجدول ، وتحدث هذه الظاهرة عندما تزيد حمولة المجرى على قدرته .. فمثلاً عند التقاء رافد شديد الانحدار بمجرى رئيسى ، فإن ذلك يؤدى إلى ترسيب الرافد لحمولته عند منطقة الالتقاء .

(ب) رسوبيات السهل الفيضي :

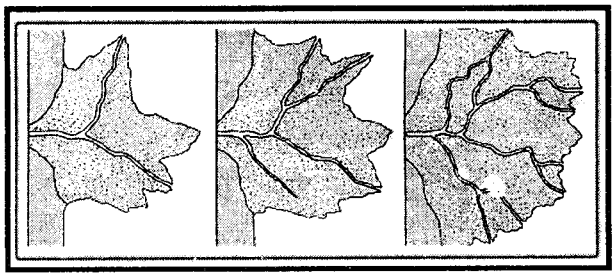
السهل الفيضى ***Flood plain*** هو جزء من وادٍ غمرته المياه أثناء الفيضانات ، ويتكون على جانبى النهر (المجرى المائى) بفعل الرواسب التى جلبها هذا النهر.. فعندما يرتفع مستوى النهر ويفيض على الجانبين ، تنتشر المياه على السهل الفيضى وترسب هناك طبقة من الطمى أو الغرين فى كل فيضان .. ومن ثمّ يرتفع السهل الفيضى تدريجياً ، وعادة ما يكون هذا السهل مرتفعاً بالقرب من النهر ومنخفضاً عند الأطراف .. ويمتاز عند تكوينه غالباً بكثرة المستنقعات والبحيرات المقتطعة .. فإذا ما تغير نظام الصرف وتحول النهر إلى منطقة أخرى

أصبح السهل الفيضى عبارة عن منطقة منبسطة من الأرض تمتاز بخصوبة تربتها .

(جـ) الدلتا :

الدلتا ***Delta*** ، أرض فيضية مروحية الشكل ، تتكون عند التقاء مصبات الأنهار بمياه البحار (المحيطات) الهادئة ، حيث لا تتعرض رواسب النهر لعمليات الجرف الناتجة عن ظواهر المد والجزر أو التيارات البحرية الشديدة ، وغيرها ..

وتبعاً لازدياد كمية الرواسب التى ينقلها النهر يسهل عليه أن يتفرع إلى فرعين أو أكثر ، وتأخذ الرواسب شكل المروحة أو المثلث ، كما هو واضح من الشكل .



ولعل أشهر الدلتات فى العالم : دلتا نهر النيل بمصر ، ودلتا المسيسبى بالولايات المتحدة الأمريكية .

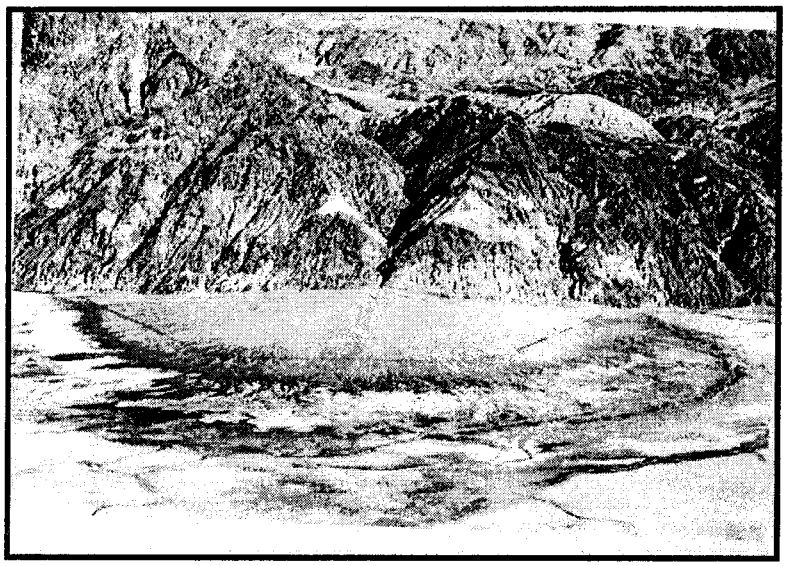
(د) المراوح الركامية :

تشبه المراوح الركامية ***alluvial fan*** الدلتا إلى حد كبير فى الشكل ، وكذا فى سبب التكوين ، وهو الفقدان المفاجئ لكفاءة المجرى (النهر) .. وعلى الرغم من هذا التشابه ، إلا أن لكل منهما مميزاته ، فبينما تترسب الدلتا فى الماء عند التقاء النهر بالمحيط ، فإن المراوح الركامية تتكون على اليابسة عند دخول المجرى المائى (النهر) إلى منطقة سهلية أو مستوية .

تكثر المراوح الركامية عادة فى المناطق الجافة ، وذلك لأن تتابع جفاف ثم فيضان المجارى المائية الجبلية يساعد على تكوينها ، وقد تنمو حتى يبلغ اتساعها عدة كيلو مترات مربعة .. وقد تتشابك عدة مراوح ركامية متجاورة لتكون سهلاً متصلاً يعرف باسم السهل الرسوبى السفحى ، وفى مثل هذه الظروف قد يصل

سمك المواد المترسبة إلى مئات الأمتار ، وغالباً ما تكون تربتها عالية الخصوبة .

وقد تعرف المراوح الركامية باسم المراوح الغرينية .. أو الدلتا الجافة والشكل التالى يوضح مروحة ركامية بوادى الموت بكاليفورنيا .

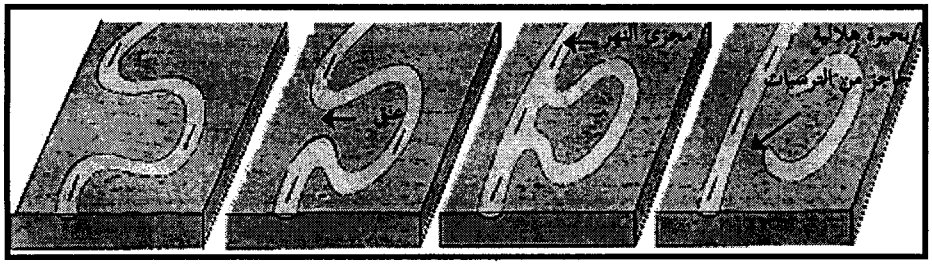


❐ البحيرات الهلالية :

وتعرف أيضاً بالبحيرات المقتطعة ***ox-bow lakes*** ..

والبحيرة المقتطعة بحيرة مقوسة تظهر على شكل حدوة الفرس ، كانت فى الأصل جزءاً من المنعطفات ***meanders*** ، ثم اقتطعت منه وانفصلت عن المجرى بفعل عوامل النحت أو التوسع والإرساب التى تعرضت لها جوانب النهر (المجرى) ، إذ كلما ازداد انحناء النهر فى الأجزاء الملتوية من مجراه اتسعت الانحناءات حتى تقترب أطرافها ، ولا يبقى بينها سوى رقبة ضيقة لا يلبث المجرى (النهر) أن يخترقها ويمر خلالها تاركاً الانحناء المقطوع ، فيبدو الجزء المنفصل على شكل بحيرة مقوسة .. وأمثلتها عديدة فى أنهار : الفرات ، والكانج ، والدانوب ، والمسيسيبى .

والشكل التالى يوضح مراحل تكوين هذه البحيرات :



❐ حوض النهر :

تُغذى الأنهار – تتلقى مياهها – عن طريق شبكة من الجداول تسمى روافد.. وتعرف المنطقة التى تصرف كل مياه الأمطار الساقطة عليها إلى تلك الروافد باسم : **منطقة الصرف** أو **حوض التجمع** .

وبالنظر إلى هذه المنطقة وكيفية تصريف المياه فيها ، يمكن إدراك أنها عبارة عن شبكة من الجداول لها أشكال متعددة منها :

(أ) الصرف الشجرى *Dendritic drainage*

يتميز هذا النظام بروافد متفرعة وغير منتظمة من مجارى المياه التى تشبه فروع الأشجار .. ويميز هذا النظام المناطق المتجانسة فى تكوين صخورها ، مثال الطبقات الأفقية ، أو كتلة من الصخور النارية ، وحيث إن مقاومة الصخور للتعرية متجانسة ، فإنها لن تتحكم فى نظام الصرف ، بل يكون التأثير أساساً ناتجاً عن اتجاه ميل سطح الأرض . [انظر الشكل (أ)] .

(ب) صرف تكعيبى *Trellised drainage* :

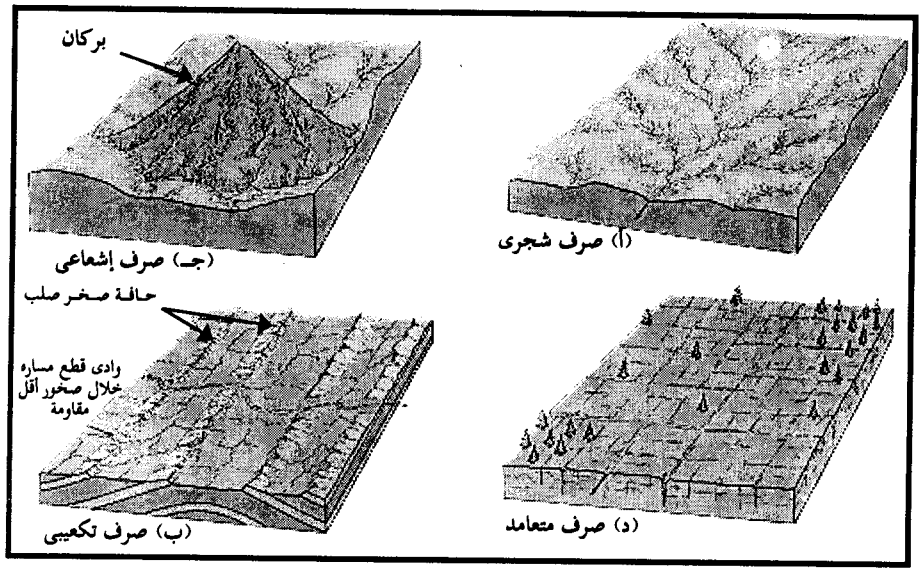
حيث يعزى فيه التصريف إلى وجود أنهار أصلية موازية لميل الطبقات ، وأنهار تالية موازية لخط الظهور ، مكونة بذلك نماذج من المستطيلات أو المكعبات الصغيرة بما يشبه التكعيبة أو التخشيبة . [انظر شكل (ب)] .

(جـ) صرف إشعاعى *Radval drainage* :

وفيه تتشعب الروافد وتبتعد عن بعضها البعض من نقطة مركزية مرتفعة . ويتكون مثل هذا النظام بمناطق مخروطات البراكين المنعزلة ، وتراكيب القباب المرتفعة . [انظر شكل (ج)] .

(د) صرف متعامد *Rectangular drainage* :

وفيه يمكن ملاحظة العديد من الزوايا القائمة بداخله ، ويتكون هذا النظام من الصرف فى منطقة مقطعة بالصدوع والفواصل ، وحيث أن هذه التراكيب يمكن تعريتها بسهولة أكثر من الصخور غير المتأثرة بالصدوع والفواصل ، فإن أشكالها تتحكم فى اتجاهات المجارى المائية .. [انظر شكل (د)] .



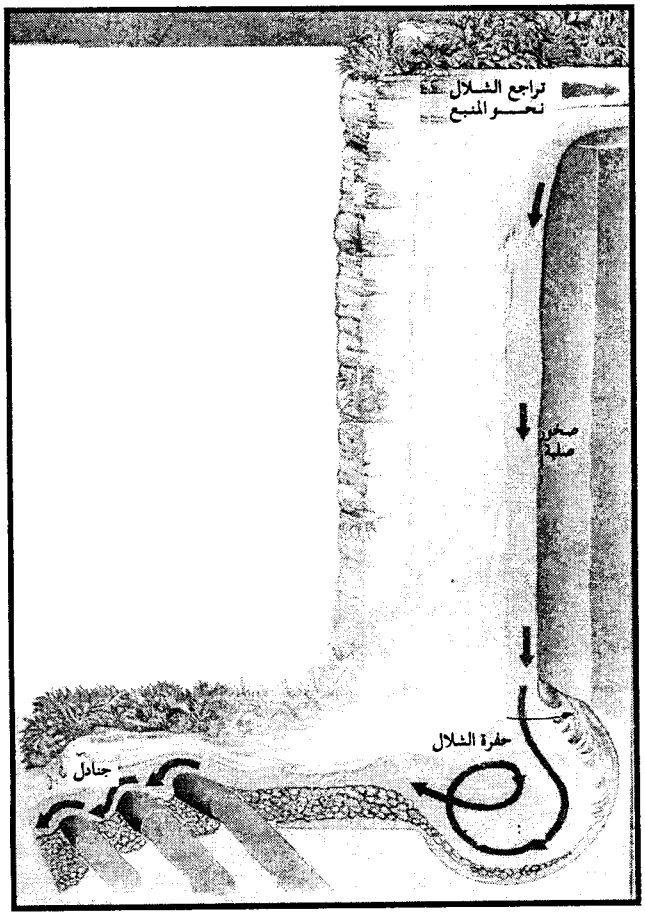
❐ الشلالات والجنادل :

الشلال (***Water fall***) يعنى سقوط المياه عمودياً أو فجائياً من مجرى النهر.. ويعزى حدوثه عادة إلى وجود طبقة أفقية من الصخور الصلبة (أو مائلة قليلاً فى اتجاه المنبع) تحتها طبقة من الصخور اللينة تتعرض للحت النهرى ، فتبقى الطبقة الصلبة وكأنها معلقة عليها ، ومن ثمّ يحدث المسقط المائى ، أو الشلال.

وقد تتكسر بعض أجزاء الطبقة الصلبة من وقت لآخر فيتراجع الشلال تدريجياً نحو المنبع ، كما حدث فى شلالات **نياجرا** الشهيرة ، إذ قدّر تراجعها منذ تكونها بحوالى ١١ كم .

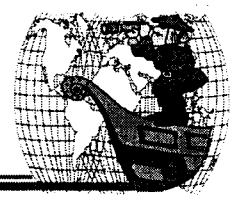
ونتيجة لسقوط الماء من هذا الارتفاع الشاهق، فإن الماء ينحت فى القاع مكوناً ما يعرف باسم حفرة الشلال ***Plunge pool*** ، وهى بركة عميقة ينصب

إليها الماء أسفل الشلال .. فإذا ما حدث أن غير النهر بعد ذلك مجراه ، أصبحت هذه الحفر عبارة عن بحيرات مستديرة ، أو فجوات عميقة داخل طبقات الصخور .



❐ ما هى الجنادل ؟

أما الجنادل ***Rapids*** هى صخور تعترض مجرى النهر ، يجرى فيها التيار بسرعة كبيرة مطردة ، دون أن يكون هناك انحدار شديد يساعد على تكوين الشلالات ، وأشهر أمثلتها : جنادل أسوان ، والجنادل الستة التى تعترض مجرى نهر النيل فى إقليم النوبة بمصر .



الشواطئ

الماء بالبحار والمحيطات فى حركة دائمة ، ويمكن للمشاهد ملاحظة حركتى المد والجزر على الشواطى مع قدوم الأمواج وانحسارها ، والتى قد تكون منخفضة وهادئة ، أو عنيفة تضرب الشواطئ بقوة .

وتعد الشواطئ مواقع للتداخل الحركى باستمرار بين الأرض والبحر ، وخير دليل على استمرار حركة المياه فى البحار والمحيطات ، فالشواطئ فى حركة تشكل وتغير بصفة مستمرة تحت تأثير الأمواج ..

وتعتبر الرياح المصدر الرئيسى للطاقة التى تشكل وتعدل فى الشواطئ عن طريق الأمواج ، فالأمواج المنتقلة مسافات طويلة تبلغ المئات والألوف من الكيلو مترات تجد فجأة ما يعترض طريق تقدمها عند التقاء الماء باليابسة .. أو بعبارة أخرى ، فإن الشواطئ تمثل مواقع تصادم قوة لاتقاوم مع جسم لا يتحرك !

وهناك نوعان من الموجات :

(أ) موجات مدمرة *Distructive waves*

وهى موجات طويلة متكررة ، تكثر فى الجو العاصف ، وتعمل على حت الشاطئ ، وتحطم ما يقابلها من الشواطئ فتفكك مكوناتها من الرمال والحصى وغيرها .. وتعود بها إلى البحر ..

(ب) موجات بناءة *Constructive waves* :

تبنى الشواطئ ، حيث ترتطم بها بحركة رقيقة ، ويحدث ذلك عند سكون الرياح ، حيث ترسب حمولتها على الشاطئ .

❐ تعرية الأمواج :

يصل فعل الأمواج حده الأدنى عند فترات الهدوء .. وكما تقوم الأنهار بمعظم نشاطها أثناء الفيضانات ، فإن الأمواج تنشط كذلك أثناء العواصف

البحرية ، فقد تدفع كل موجة متكسرة بآلاف الأطنان من الماء على اليابسة.

فمثلاً ، يصل معدل ضغط موجات المحيط الأطلسى إلى ١٠٠٠٠ كيلوجرام لكل متر مربع خلال فصل الشتاء ، وتزيد هذه القوة أثناء العواصف .. فقد نقلت الأمواج تجاه الشاطئ كتلة تزن حوالى ١٣٥٠ طناً من الحديد والخرسانة بعد تمزيق كاسر للأمواج بخليج «**ويك**» باسكتلندا .. وبعد خمس سنوات واجهت كتلة أخرى تزن حوالى ٢٦٠٠ طن نفس المصير ، وكانت قد وضعت مكان الكتلة الأولى !

وهناك أمثلة كثيرة على قدرة الأمواج المنكسرة على الشواطئ .. فلا عجب أن نلاحظ التشققات والتصدعات التى سرعان ما تظهر بالأجرف والأسوار البحرية وكاسرات الأمواج ، وغيرها مما يعترض هذه الصدمات القوية.. فيندفع الماء إلى كل فتحة مما يجعل الهواء تحت قوة ضغط كبيرة تكفى لخلع الكتل الصخرية ، أو زيادة اتساع التشققات بها .

هذا ، وتعتبر المنافذ الهوائية التى توجد ببعض الشواطئ ذات الأجرف مثالا على قوة الأمواج الرهيبة .

وإلى جانب التعرية عن طريق الاصطدام المباشر أو قوة الضغط ، تعمل الأمواج على كشط ، أى القطع والطحن ، تحت تأثير الماء المحمل بقطع الصخور ، ويكون الكشط أكثر فعالية فى نطاق الأمواج المنكسرة منه فى الأماكن الأخرى ..

ومعدل التعرية فى الشواطئ المكونة من مواد متماسكة أعلى بكثير منه فى الشواطئ الصخرية الصلبة .. ففى مناطق بريطانيا ، حيث تتكون الشواطئ من رسوبيات جليدية رملية ، وحصى ، وطين ، عملت التعرية على تراجع الشاطئ مسافة تتراوح ما بين ٣–٥ كيلومترات من موقعه إبان العهد الرومانى ، مكتسحة العديد من القرى والأماكن الأخرى ..

والصورة التالية توضح ذلك .

كان هذا البيت قديماً فى مأمن من خطر الأمواج لبعده عن الشاطئ
أما الآن ، وبعد تراجع الشاطئ ، صار البيت فى خطر لتعرضه إلى قوة الأمواج الضاربة

❐ الجرف والتيارات الشاطئية :

تصل معظم الأمواج إلى الشاطئ فى اتجاه شبه عمودى ، وبالتالى فإن الماء المندفع مع كل موجة منكسرة يكون فى اتجاه مائل ، غير أن المياه فى طريق عودتها إلى البحر تأخذ اتجاهاً مستقيماً مع الانحدار ، ويعمل هذا على نقل الرسوبيات فى اتجاه متعرج على طول الساحل ، وتعرف هذه الحركة بالجرف الشاطئى .. وقد يعمل هذا على نقل حبيبات الرمال والحصى مئات وأحيانا آلاف الأمتار يومياً .

وتعمل الموجات المائلة كذلك على إحداث تيارات بنطاق الأمواج المنكسرة موازية للشاطئ ، وحيث إن الماء مضطرب هناك ، فإن التيارات الشاطئية تعمل على نقل حبيبات الرمال الدقيقة والمعلقة [المحمولة المعلقة] ، بالإضافة إلى دحرجة الحبيبات الأكبر حجماً على القاع [حمولة القاع] .. وعند إضافة الرسوبيات المنقولة بواسطة التيارات الشاطئية إلى تلك المنقولة عن طريق الجرف

نجد أنه لا يستهان بها .. فقد وُجد مثلاً في منطقة «**ساندى هوك**» بنيوجرسى، أن الكمية المنقولة على مدى ٤٨ سنة قدِّرت بحوالى ٧٥٠,٠٠٠ طن فى السنة.. ولذا تسمى مثل هذه الشواطئ بالشواطئ الرملية .

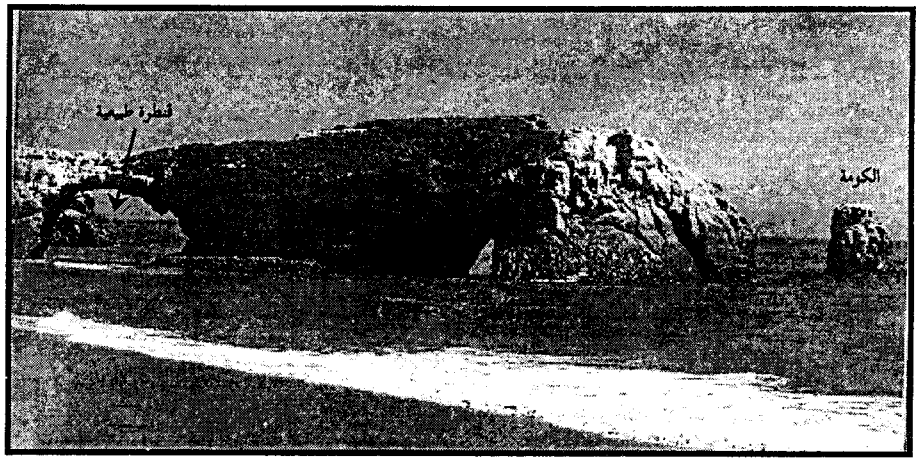
❐ معالم الشواطئ وكيفية تكونها :

تتكون أجْرُف قطع الأمواج ، كما تدل تسميتها ، بقطع قاعدة اليابسة بفعل الأمواج المنكسرة ، ومع استمرار التعرية تتهاوى الأجزاء التى بقيت بارزة بعد نقل ما تستند إليه من رسوبيات .. وهكذا يتراجع الجرف عن موقعه ، وتتكون أرصفة قطع الأمواج ***wave - cut platforms*** بتراجع الأجرف التى تكون نسبياً منبسطة فيما يشبه المنضدة .

ويزداد الرصيف اتساعاً كلما استمرت الأمواج فى تعريتها ، ويبقى بعد ذلك الحطام الصخرى الناتج عن انكسار الأمواج على حافة الماء كجزء من معالم الشاطئ بينما ينقل الباقى إلى داخل البحر ..

وبسبب ظاهرة جرف الأمواج ، فإن الأجزاء البارزة تجاه البحر يتم مهاجمتها بعنف ، وتكون تعريتها مميزة ، حيث يتم نقل الأجزاء الأقل صلابة والأكثر تشققاً بمعدل أعلى من غيره .. ويتكون نتيجة لذلك **الكهوف البحرية** ، وعند التقاء كهفين يتكون ما يعرف **بالقوس البحرى** أو **القنطرة الطبيعية** .. وبعد تهاوى القوس تبقى بقاياه معزولة داخل الماء على أرصفة قطع الأمواج ، شاهدة على ذلك ، فيما يعرف **بالكومة** أو **المسلة البحرية** .

والصورة التالية توضح ذلك :



وفى مواقع جرف الشواطئ وتياراتها تتكون عدة ظواهر لها علاقتها بحركة الرسوبيات على طول الشاطئ ، منها :

*** اللسان الساحلى *Spit* :**

وهو شريط أو جسر ضيق بارز ، يتكون من الرواسب الرملية أو الحصوية ، يمتد من الأرض فى اتجاه مدخل خليج مجاور، وغالباً ما يكون طرفه ملتوياً تجاه الأرض بفعل تأثير التيارات ..

وعادة ما ينشأ هذا اللسان من تقابل تيارين يسيران تقريبا فى نفس الاتجاه، فتترسب الرمال والحبيبات التى كانا يحملانها عند خط احتكاكهما .

وقد يتكون اللسان أيضاً أمام مصب النهر ، كما هو الحال فى لسان رأس البر .

*** عقبة مداخل الخلجان (بار) *bar* :**

وهى عبارة عن حاجز رملى يسد بالكامل مدخل خليج عن البحر ، ويمتد هذا عندما تكون التيارات ضعيفة ، تسمح بوصول اللسان إلى الجهة المقابلة .

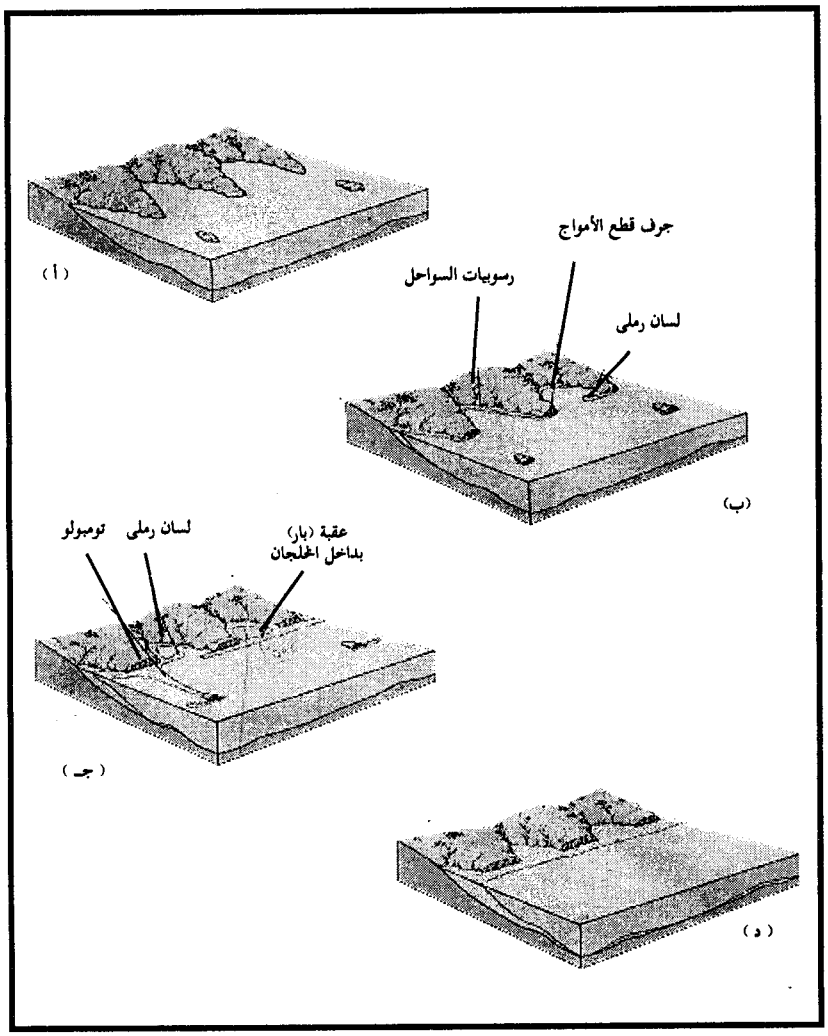
* **البحيرة الشاطئية *lagoon*** :

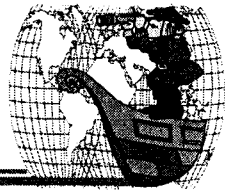
وهى بحيرة أو شبه بحيرة ، أو سطح مائى مالح ضحل ، يفصله عن البحر شريط ضيق من الأرض (البار) .

* **التومبولو *Tombolo*** :

وهى كلمة إيطالية ، تعنى سلسلة رملية تصل بين جزيرة واليابسة ، أو بين جزيرة وأخرى .. وهى تشابه عقبة مداخل الخلجان فى طريقة تكوينها .

والأشكال التالية توضح كيفية تطور ونمو شاطئ غير منتظم فى بدايته :





الجليد على سطح الأرض - الجليديات

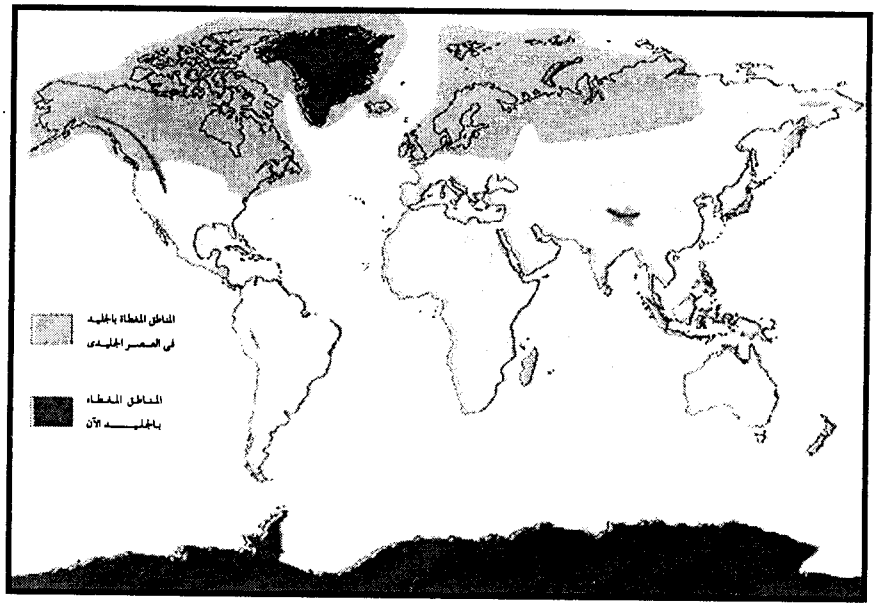
Glaciers

يغطى الجليد حوالى ١٠ ٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية ؛ معظمها يقع فى منطقتين ؛ هما : منطقة جرينلاند ، ومنطقة القطب الجنوبى .

ويغطى الجليد حوالى ٨٠ ٪ من مساحة جرينلاند ، بكمية قدرها ١,٦ مليون متر مكعب ، وبمتوسط سمك ١٥٠٠ متر .. وبمقارنة جليد جرينلاند بجليد قارة القطب الجنوبى ، نجد أنها تبدو كمية صغيرة للغاية ..

وكما نعلم من تاريخ الأرض ، فإنها قد مرت بعدة عصور ، منها ما يسمى بالعصور الجليدية ، وهى فترات طغت فيها الغطاءات الجليدية على مساحات شاسعة من القارات والبحار .. ولقد بدأ آخر عصر جليدى منذ حوالى ٢ مليون سنة ، وانتهى فقط منذ حوالى ١٠,٠٠٠ سنة .. وخلال هذه الفترة ذابت بعض المناطق الجليدية .

والخريطة التالية توضح المناطق التى كانت تغطى بالجليد فى آخر عصر جليدى (العصر الجليدى) والأماكن التى يغطيها الجليد الآن :

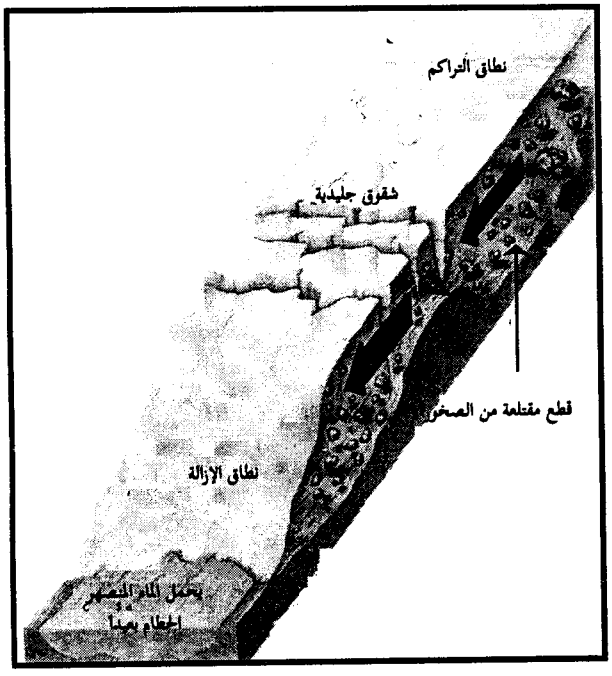


❐ فيضان الجليد

بداية لابد وأن نفرق بين الثلج ***snow*** والجليد ***ice*** ..

فالثلج نوع من التساقط يأخذ شكلاً ريشياً بللورياً ، ويتكون من بخار الماء عندما تهبط درجة حرارة الجو إلى أقل من نقطة التجمد ، ويسقط الثلج إما على شكل بللورات أو على شكل نتف ، وتنشأ النتف الثلجية الكبيرة من تجمع البللورات باصطدامها مع قطرات الماء أثناء هبوطها ، إذ أن بللورات الثلج الجافة لا تتماسك ، وفى كثير من الأحيان يذوب الثلج أثناء سقوطه فيصل إلى السطح على شكل مطر ، ومن ثمَّ ففى الإقليم الواحد يكون التساقط على الأرض المنخفضة على شكل مطر ، بينما يكون التساقط على الأرض المرتفعة المجاورة ، حيث الحرارة المنخفضة ، على شكل ثلج .

وإذا حدث التساقط على مستويات تقل درجة حرارتها عن (-١٢°م) تقريبًا تكوَّن الجليد ، ولا يذوب هذا الجليد إلا إذا كانت درجة حرارة الهواء السفلى أعلى من نقطة التجمد ، وبحيث تكون الفترة التى يمكثها الجليد فى هذا الهواء كافية لإذابته .



والجليد : هو الحالة الصلبة للماء فى الطبيعة ، ويتكون إما بتجمد الماء كما هو الحال فى الأنهار الجليدية والبحار المتجمدة ، أو بتكثف بخار الماء فى الجو مباشرة وسقوطه على هيئة بللورات صغيرة ، أو بتجمع والتئام الثلوج ، أو بتجمد الكتل الثلجية المسامية .

وفى الأماكن دائمة البرودة ، البعيدة عن أشعة الشمس تتحول طبقات الثلج إلى جليد صلب قوى ، وعندما يصبح هذا الجليد تحت ضغط أو قوة الجاذبية ، فإنه يتحرك ببطء فوق الأرض ، هذه الحركة (أو الفيضان) هو ما يعرف باسم النهر الجليدى .

يعرف الجزء العلوى من النهر الجليدى باسم **نطاق التجمع** أو **التراكم** ***Accumulation Zone*** ، حيث تتحول طبقات الثلج إلى جليد .. وعلى الطرف الآخر (السفلى) من النهر الجليدى يقع ما يعرف باسم **نطاق الإزالة** ***Ablation zone*** ، بينما يعرف الجليد المنصهر (المذاب) والمتحول إلى ماء باسم **ماء الذوب ، أو ماء الثلاجات** ***melt water*** .

وبينما يتدفق النهر الجليدى (المجالد) إلى أسفل ، فإن الجليد يتمدد ويتشقق مكوناً فتحات عميقة تعرف باسم **الشقوق الجليدية** ***Crevasses*** .

تعمل المجالد (الأنهار الجليدية) على نحت (تآكل) الصخور التى تتحرك فوقها ، تتجمد الطبقة السفلى من النهر الجليدى حول الصدوع والشقوق الموجودة بالصخور ، وعندئذ تقتلع قطعاً من الصخور أثناء حركة النهر الجليدى.

تعرف هذه القطع الصخرية باسم **الحطام** ***debris*** .. ومع استمرار الحركة، فإن هذا الحطام يحفر (يحك) الصخور الموجودة أسفله ، مما يؤدى إلى إزالة طبقة ناعمة من هذه الصخور ، وتعرف هذه العملية باسم **البرْى (النحر)** ***abrasion*** ، وينتج عن ذلك أن يصبح سطح الصخور أملس ناعماً مع استمرار عملية الحفر ، وأخيراً فإن الماء المنصهر ***melt water*** يحمل الحطام ويرسبه فى منطقة أخرى على هيئة طبقات سميكة من الجلاميد والطين فيما يعرف باسم **الركام الجليدى** ***moraine*** .

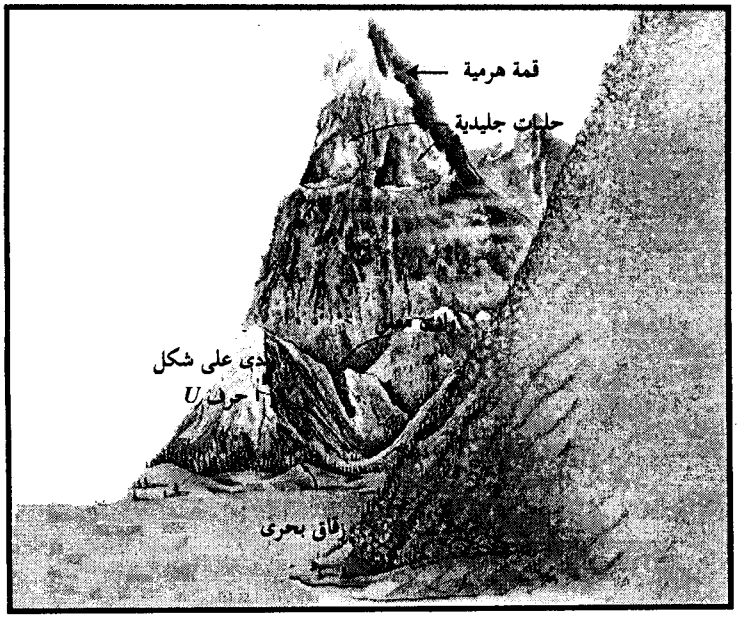
❐ نظرة إلى سطح الأرض وأثر التعرية الجليدية :

عبر قرون عديدة مضت ، نحت (نحر) الجليد أشكالاً فى الطبيعة يمكن مشاهدتها وإدراكها ، تحدث عندما يتجمع الثلج فى التجويفات الجبلية ، فإن ذلك يؤدى إلى تآكل الصخور الجبلية ، وتتكون أحواض عميقة تعرف باسم : الحلبة الجليدية ***Cirque, corrie*** ..

أى أن الحلبة الجليدية تكونت بفعل الحت الجليدى فى المناطق الجبلية المرتفعة والتى تأثرت بالتعرية الجليدية .

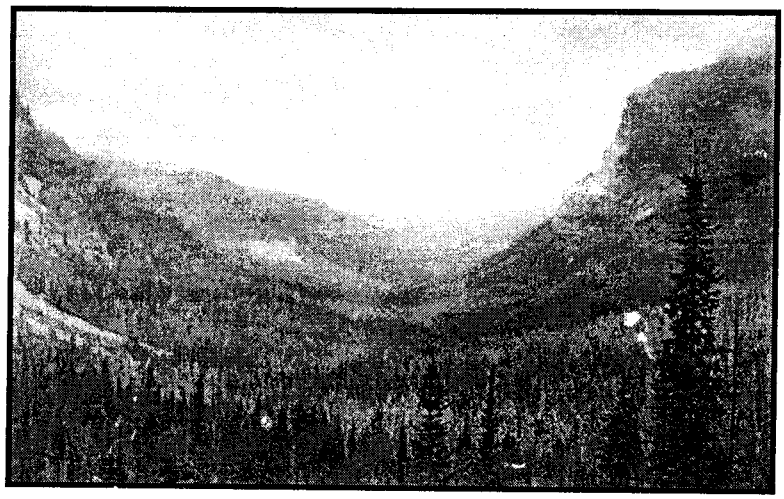
وعند وجود العديد من الحلبات الجليدية ، فإنها تكون قمة هرمية حادة كما فى **ماترهورن** ***Matterhorn*** بسويسرا .

والشكل التالى يوضح ذلك :



❐ الوادى الجليدى ***Valley glacier*** :

وينتج عندما يجرى الجليد من هذه الحلبات الجليدية فى وادٍ عميق قريب مجاور ، مكوناً الوادى الجليدى ، وعادة ما يكون على شكل حرف U .. كما فى الشكل التالى :



❐ **الأودية المعلقة** ***Hanging valleys*** :

ونظراً لأن قدرة التعرية للمجلد تعتمد على سمك الجليد به ، فإن مجارى المجالد الرئيسية يتم تعميقها إلى مستويات أقل من روافدها .. وعليه ، فإنه بعد

انحسار الجليد تبقى الروافد على مستوى أعلى من المجرى الرئيسى ، وتسمى بالوديان المعلقة .

وعادة ما تكون هذه الأودية المعلقة مواقع شلالات فيما بعد ، كما هو الحال فى شلالات **يوسيميتى** بكاليفورنيا .. والتى يوضحها الشكل السابق .

❐ الكثبان الجليدية *Drumlins* :

وهى تلال طولية أو سلاسل من الطفل الجلمودى ، تمتاز بشكل بيضاوى ، وتوجد فى المناطق التى تعرضت لفعل الجليد فى الماضى ، ويقع محورها الطويل فى اتجاه زحف الثلج .

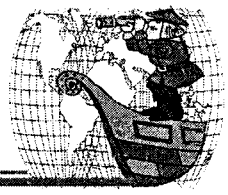
وأينما توجد هذه الكثبان الجليدية ، فإنها تكون فى أعداد كبيرة ، ومن أشهر مجموعات هذه الكثبان ، تلك التى توجد بالقرب من **مادسون** فى **وسكنس** بالولايات المتحدة الأمريكية .. ومجموعة أخرى تقع جنوب بحيرة **انتاريو** فى وسط نيويورك ، وثالثة بالقرب من **بوسطن** .

❐ الفيوردات (الأزقة البحرية) *Fjords* :

وهى مدخل أو ذراع ضيق طويل فى ساحل البحر تحده عامة جوانب مرتفعة ؛ ولذا فهى تكثر عند ملاصقة الجبال للمحيطات .. ونظراً لعدم وجود هذه الفيوردات على طول أطراف الأقاليم الجبلية ، والتى كانت عرضة فى الماضى للحت الجليدى ، فمن المعتقد أن تكون هذه الفيوردات ترجع إلى الوقت الذى كانت فيه الأنهار الجليدية تشق طريقها نحو البحر ، ومن ثم حفرت لنفسها وديانا عميقة إلى أقل من مستوى سطح البحر ، فقطعت مياهه أطرافها الدنيا .

ولعل أشهر الأمثلة على الفيوردات تلك التى توجد على سواحل **النرويج وجرينلاند ، وكولومبيا ، ونيوزيلندا ، وشيلى** .

ولذا ، فإن هذه الأزقة البحرية (الفيوردات) تمثل أغواراً جليدية شبه مغمورة بعد انحسار الجليد عنها ، وارتفاع مستوى سطح البحر لتغطية جزء منها ، ويصل عمقها فى بعض الأحيان ١٠٠٠ - ١٥٠٠ متر .



الطقس

كثيراً ما نسمع عن وصف حالة الطقس فى مكان ما ، فما الطقس ؟

** **الطقس** : وصف لحالة الجو وظواهره المختلفة فى مكان ما خلال فترة قصيرة لا تتعدى أسبوعاً ، وأهم هذه الظواهر الجوية :

درجة الحرارة ، الضغط الجوى ، الرياح ، الأمطار ، الرطوبة .

ولا يتغير الطقس كثيراً قرب خط الاستواء ، وعند ذلك يكون الطقس مرادفاً للمناخ كما سنعلم .

❐ الفرق بين الطقس والمناخ :

قد يحدث خلط لدى البعض بين مفهوم كل من الطقس والمناخ ، وسبق أن عرفنا مفهوم الطقس .. فما المناخ ؟

** **المناخ** : معدل أحوال الطقس لمكان ما أو إقليم ما خلال فصول السنة .

ويتأثر المناخ بخطوط العرض ، والموقع بالنسبة للقارات والمحيطات ، والظروف الجغرافية المحلية .

وبوجه عام ، فإن المناطق الشرقية من القارات الكبرى والأقاليم الداخلية فيها تتميز بالمناخ القارى ، أى أمطار قليلة وتفاوت كبير فى المدى الحرارى اليومى والفصلى . أما الجزر المحيطية والجهات الغربية من القارات فيتميز مناخها بأمطار غزيرة ونسبة عالية من الرطوبة ، وحرارة أكثر ثباتاً ..

** ولكن : ما الذى يؤدى إلى تغير الطقس ؟

من المعروف أن الغلاف الجوى ، وهو ذلك الغلاف الهوائى الذى يحيط بالأرض ، يتحرك دائماً مع الأرض ، وبينما يتحرك هذا الغلاف ويدور حول سطح الأرض ، فإنه يحرك ويغير فى الطبقة السفلى منه ، والتى تعرف باسم التروبوسفير ، مسبباً تقلبات الطقس .

يتحرك الهواء بسبب تغيرات الضغط الجوى ، وهو ضغط الغلاف الجوى على سطح الأرض ، الناتج عن الجاذبية الأرضية التى تعمل على جذب كل الجسيمات التى فى الهواء .

وللحرارة تأثير مباشر على الضغط الجوى ، إذ ينتج عن اختلافها على سطح الأرض اختلاف كثافة الهواء ، فتتكون مناطق ذات ضغط مرتفع ، وأخرى ذات ضغط منخفض ، وعندما يكون الهواء ساخناً ، فإنه يرتفع مسبباً ضغطاً أقل [حيث تبتعد الجسيمات عن بعضها] ، وعندما يبرد الهواء فإنه يهبط لأسفل مسبباً ارتفاعاً فى الضغط [حيث تقترب الجسيمات من بعضها] .

وتختلف درجات الحرارة على سطح الأرض اختلافاً كبيراً بين الأرض والبحر على سبيل المثال ، لهذا فإننا نجد الهواء بارداً فى مكان ما ، بينما يكون دافئاً فى مكان آخر ..

يعمل الغلاف الجوى على أن يكون الضغط الجوى متساوياً حول سطح الأرض ؛ لهذا فإذا كان الضغط منخفضاً فى منطقة ما ، تحرك الهواء من حيث يكون الضغط مرتفعاً .. وتعرف حركة الهواء هذه باسم : **الرياح** .

والشكل التالى يوضح ذلك :

هذه الصورة توضح كيف يتحرك الهواء فى دورته بين المناطق الباردة والمناطق الدافئة من سطح الأرض

❐ الرياح على سطح الأرض :

عند خطوط عرض معينة من سطح الأرض ، توجد أحزمة (مناطق) ذات ضغط مرتفع وأخرى ذات ضغط منخفض .

وعلى سبيل المثال ، فإن الضغط الجوى دائماً حول خط الاستواء يكون منخفضاً ، نظراً لحرارة سطح الأرض هناك .

يؤدى هذا الفرق فى الضغط إلى هبوب رياح أرضية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض وإذا فرض أن الأرض ثابتة ، لهبت هذه الرياح فى اتجاهات عمودية ومسارات مستقيمة ، إلا أنه بسبب دوران الأرض ، فإن هذه الرياح تنحرف يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى ، بينما تنحرف يسار اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى .. وأهم هذه الرياح :

أ - رياح تجارية *Trade winds* :

وهى تلك الرياح التى تهب من نطاقات الضغط المرتفع فى الأقاليم دون المدارية إلى إقليم الضغط المنخفض عند خط الاستواء ..

وهى رياح شمالية شرقية فى نصف الكرة الشمالى .. جنوبية شرقية فى نصف الكرة الجنوبى .

وتهب الرياح التجارية بصورة منتظمة فى كثير من جهات العالم خصوصاً فى المحيطات والصحارى الحارة ، ولكنها أقل انتظاماً فى المناطق القارية الداخلية الأخرى .. فقد تغير التضاريس المحلية من اتجاهها ، كما قد يتغير اتجاه الرياح أيضاً فوق المحيطات .

وقد سميت بالرياح التجارية ، لأنه كان يعتمد عليها قديماً فى حركة السفن الشراعية التجارية .

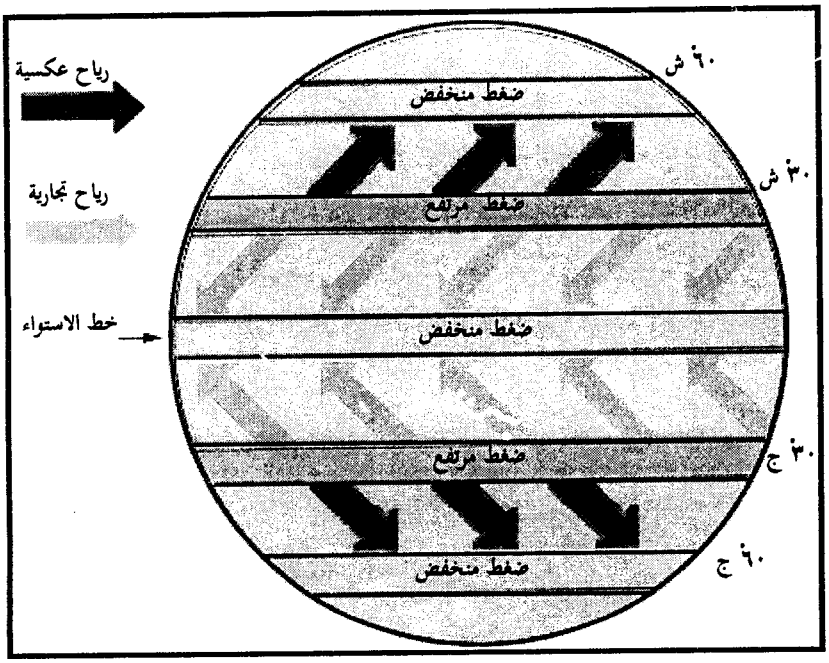
وعلى الرغم من اعتدال الطقس بصفة عامة فى أقاليم الرياح التجارية ، إلا أنه كثيراً ماتحدث فيها الأعاصير المدارية .

ب - رياح عكسية *Westerlies* :

وتعرف أيضاً بالرياح الغربية .. وهى رياح دائمة تهب على العروض الوسطى

فى كل من نصفى الكرة ، فهى جنوبية غربية فى نصف الكرة الشمالى ، شمالية غربية فى نصفها الجنوبى ..

والصورة التالية توضح كلاً من الرياح التجارية والرياح العكسية :



❐ لماذا تمطر السماء ؟

يحتوى الغلاف الجوى على نسبة من بخار الماء .. وعندما يرتفع الهواء فى طبقات الجو العليا ، فإن ذلك يؤدى إلى برودة بخار الماء وتكثفه ، حيث يتحول إلى قطرات دقيقة جداً من الماء .. وتتجمع هذه القطرات مع بعضها لتكون السحاب .. أى أن السحاب هو تجمع قطرات الماء الصغيرة بفعل تكاثف بخار الماء فى الجو .

وعندما تكون درجة حرارة الجو منخفضة لدرجة تكفى لتحول بخار الماء إلى قطرات صغيرة سائلة ، فإن ذلك يعرف باسم **نقطة الندى** ..

أى أن نقطة الندى هى : درجة الحرارة التى يهبط إليها الجو ويصبح مشبعاً ببخار الماء ، وبينما يستمر بخار الماء فى البرودة والتكثف ، فإن القطرات

الصغيرة تكبر وتصبح أكبر حجماً ، وبالتالى تصبح ثقيلة مما يجعلها أخيراً تتساقط على الأرض على هيئة مطر .

وعندما يسقط الماء من الهواء على شكل سائل كما فى المطر أو الندى ، أو على شكل صلب كما فى بللورات الثلج ، فإن ذلك يعرف باسم : **التساقط أو الهطول** ***Precipitation*** ، وهو فى علم الجغرافيا اصطلاح عام يفيد كل ما يسقط من الجو إلى سطح الأرض فى الحالة الصلبة أو الحالة السائلة ، ومن ثمَّ، فإن التساقط لا يشمل المطر فقط ، ولكنه يضم كذلك: الثلج ، والبَرَد ، والندى، والصقيع ، وغير ذلك ..

ويُعد التساقط الخطوة التالية فى دورة بخار الماء بعد التكثف .

❐ أشكال التساقط :

* عندما تكون درجة الحرارة منخفضة جداً ، فإن بخار الماء يتحول إلى بللورات ثلجية دقيقة مكوناً **النتف (الندف) الثلجية** ***Snow flakes*** .

* وبينما تتساقط هذه النتف الثلجية ، فإن منها ما يذوب (ينصهر) ويختلط بالمطر ، مكوناً ما يعرف **بالشفشاف أو الجليد المتميع** (مطر ثلجى) ***Sleet*** .

فهو إذن نوع من التساقط يتألف من خليط من البَرد والمطر ، أو من الثلج والمطر ، أو قطرات الثلج التى تتآلف من مطر متجمد ، أو ثلج ذاب جزئياً ثم عاد فتجمد مرة أخرى عند سقوطه خلال طبقة باردة من الهواء قرب سطح الأرض..

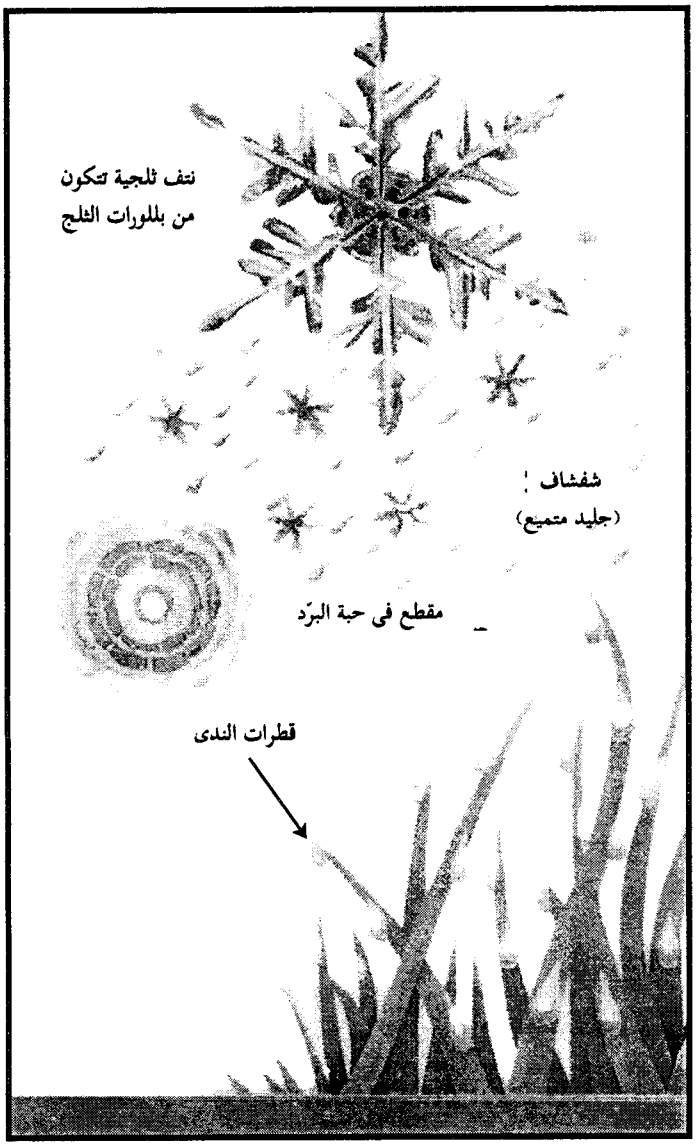
ويعد الشفشاف حلقة الانتقال بين المطر والثلج ، ولا يتكون إلا إذا كانت درجة الحرارة قريبة من نقطة التجمد ، أو أعلى منها قليلاً .

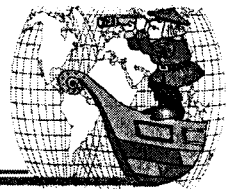
* تتجمد حبيبات المطر فى السحاب لتكون حبيبات **البَرَد** ***hailstones*** ، وحبيبات البرد هذه تتكون من العديد من طبقات الثلج .

* عندما يمر الهواء الدافئ الرطب فوق سطح الأرض البارد ، ويتكثف بخار الماء ، ينزل **الندى** ***Dew*** على سطح الأرض .

أى أن الندى هو تكاثف بخار الماء الموجود بالهواء على سطح الأرض أو الأجسام القريبة منه كالنبات مثلاً ..

ويحدث الندى أثناء الليل عندما تبرد الطبقات السفلى من الهواء إلى ما دون نقطة الندى ، فيتكاثف بخار الماء على شكل قطرات مائية ، ويزداد الندى كلما ازدادت كمية بخار الماء فى الهواء وقلت درجة حرارة الأرض .





دراسة الطقس

ذكرنا فيما سبق أن الطقس وصف لحالة الجو وظواهره المختلفة فى مكان ما خلال فترة قصيرة لا تتعدى أسبوعاً ..

ونظراً لارتباط حالة الجو بكثير من نشاطات الحياة اليومية ، فقد اهتم علماء الأرصاد الجوية بدراسة الطقس وتغيراته .

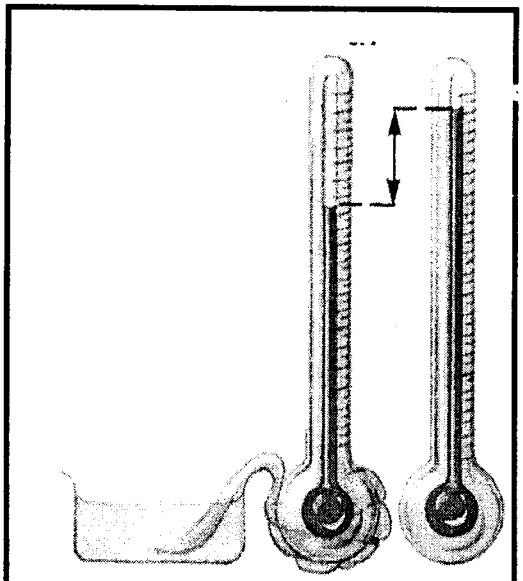
وتحتاج هذه الدراسة إلى بعض الأدوات التى تستخدم فى قياس : الرطوبة، الضغط الجوى ، الحرارة ، الأمطار .. إذ يمكن القول بأن الطقس هو خليط من هذه العوامل الأربعة ..

* **ولقياس درجة الحرارة** : يستخدم الترمومتر ، وهو يتكون فى أبسط صوره من : سائل ، وعادة ما يكون الزئبق أو الكحول ، يتمدد ويتحرك فى أنبوبة رفيعة مدرجة ، ويشير الارتفاع الذى يصل إليه السائل داخلها إلى درجة الحرارة .

* **أمـا الرطوبة *Humidity***، فإنها تقاس باستخدام ترمومترين :

الأول : يكون انتفاخه (مستودع الزئبق) جافاً .. بينما يكون انتفاخ الثانى مبتلاً ، كما بالشكل :

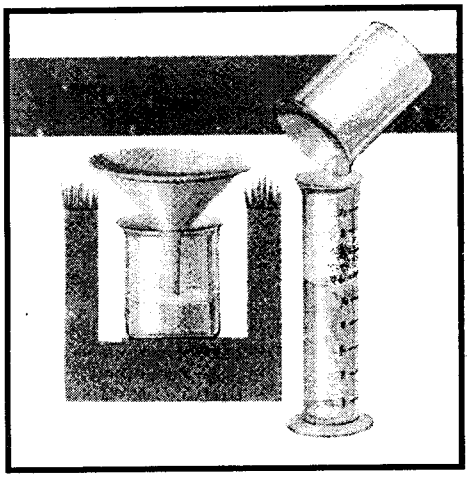
يلف انتفاخ أحد الترمومترين بقطعة من القطن المبلل .. وعندما يكون الجو جافاً (نسبة الرطوبة منخفضة) ، يتبخر الماء من قطعة القطن ، ويؤدى هذا



الترمومتر الجاف الترمومتر المبتل

التبخر إلى تبريد انتفاخ الترمومتر ، فتهبط قراءة هذا الترمومتر عن قراءة الترمومتر الثانى (الجاف) .. والفرق بين قراءتى الترمومترين يشير إلى الرطوبة.

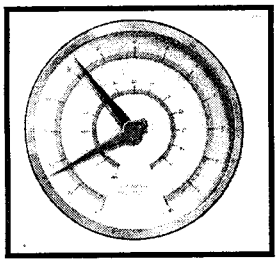
* **أما التساقط** (المطر ، الجليد المتميع ، الثلج ، البرد) ، فإنه يقاس عن طريق مقياس المطر ***rain gauge*** .. والذى يتكون بدوره من:



جهاز قياس المطر

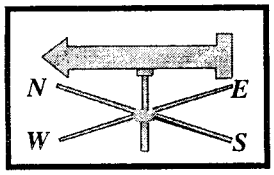
قمع مثبت فيه إناء زجاجى ليحجز المطر المتساقط من فوهة القمع ، وبذلك فلا مجال للتبخر من هذا الإناء .. فإذا ما تجمعت كمية المطر لفترة معينة ، تقاس هذه الكمية باستخدام إناء آخر مدرج بحسب مساحة فوهة القمع .

ولقياس **الضغط الجوى** ، يستخدم البارومتر ***Barometer*** ، وهو أنواع .. منها البارومتر المعدنى ***aneroid barometer*** ، والذى يتكون من :



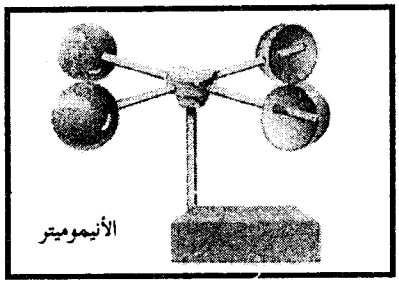
علبة أو عدة علب معدنية مفرغة من الهواء ، موضوع بداخلها سلك لولبى (زنبرك) يجعلها حساسة لأى تغير يحدث للضغط الجوى الواقع على جوانبها ..

تتصل هذه العلبة (أو العلب) بذراع يتصل بدوره عن طريق عدة روافع بمؤشر يتحرك على قرص مدرج، تشير قراءته إلى الضغط الجوى ووحدته الهيكتوباسكالس ***hpa*** أو المللى بار ***mb***.



ولتحديد **اتجاه الرياح** ، تستخدم المروحة الموضحة بالشكل المقابل ، حيث يشير السهم إلى اتجاه هبوب الرياح .

أما سرعة الرياح وقوتها ، فإنها تقاس بالأنيمومتر ، ***Anemometer*** ..

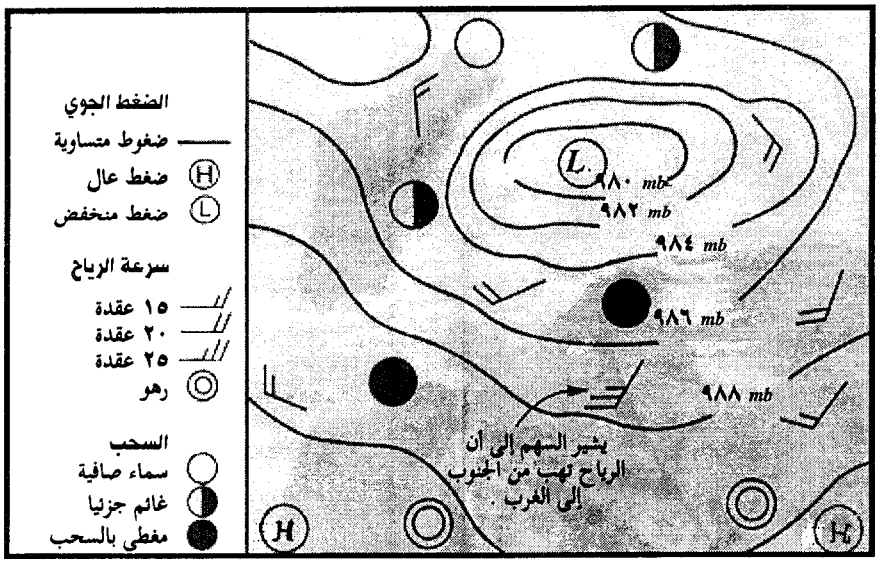


وأكثر أنواعه شيوعاً هو ذلك الذى تستخدم فيه مجموعة من الكئوس ، ومن الأنواع الأخرى نوع يدل على معدل دوران الكئوس ، ومن ثمَّ استنتاج قوة هبوب الرياح بواسطة مؤشر خاص .

❐ خرائط الطقس :

وهى خرائط تبين حالة الطقس فى المنطقة التى تمثلها الخريطة فى وقت معين ، حيث يجمع علماء الأرصاد البيانات الخاصة بالطقس من مختلف محطات الأرصاد الجوية ، ويحولون هذه البيانات إلى خرائط يمكن قراءتها والتعرف على ما فيها ، وبدراستها يمكن توقع الأحوال الجوية فى الفترة المقبلة.

والخريطة التالية توضح نموذجاً لذلك :



* يوجد على الخريطة خطوط تعرف بخطوط تساوى الضغط *Isobars* وتربط بين المناطق التى يتساوى فيها الضغط الجوى .

* تشير الأسهم الريشية (⟋⟋⟋ ، ⟋⟋⟋⟋) إلى اتجاه هبوب الرياح ، وفى نفس الوقت إلى سرعة الرياح بالعقدة .

* **والعقدة *Knot*** هى وحدة قياس سرعة الرياح وتساوى ١,١٤٣ ميل فى الساعة .. أى ٦٠٣٥ قدماً تقريباً ، فكل ٧ عقدة = ٨ ميل فى الساعة أو ١٢,٨ كيلو متر فى الساعة تقريباً ..

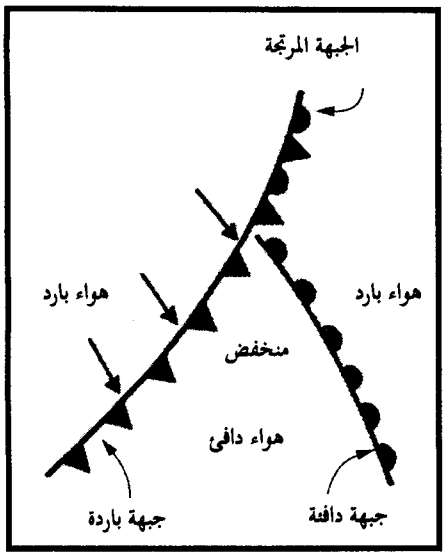
* **الرهو *Calm*** : حالة سكون ، أو عدم هبوب أى رياح تذكر .

❐ الجبهات والمنخفضات :

الجبهة ، خط وهمى على الأرض ، أو خط على الخريطة يمثل السطح الفاصل بين كتلتين هوائيتين ، إحداهما دافئة والأخرى باردة ، وهى أيضاً مساحة التلامس بين هاتين الكتلتين ..

وتوصف الجبهة بأنها دافئة أو باردة تبعاً للكتلة الهوائية التى تدفع الأخرى، فإذا كان الهواء الساخن يدفع الهواء البارد تكون عندئذ **الجبهة الدافئة** (الساخنة) ***warm front*** .. والعكس صحيح ، فإذا كان الهواء البارد هو الذى يدفع الهواء الساخن ، تكوَّن عندئذ **الجبهة الباردة *Cold front*** .

توضح الجبهات الباردة على خرائط الطقس باللون الأزرق ، بينما توضح الجبهات الدافئة باللون الأحمر ، وقد تمثل الجبهات الباردة بمثلثات سوداء تشير رؤوسها إلى اتجاه حركة الجبهة ، وتمثل الجبهة الدفيئة بخطوط سوداء عليها أنصاف دوائر سوداء تشير إلى اتجاه حركتها ..

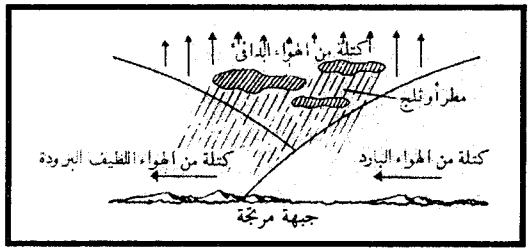


فإذا حدث وأن حشرت (أقحمت) كتلة من الهواء الدافئ فى منفسح من الهواء البارد تكوَّن ما يعرف **بالمنخفض *depression*** .

يندفع الهواء البارد أسفل الهواء الدافئ ، وأخيراً تلتقى الجبهتان الباردة والدافئة ، وعندئذ تتكوّن الجبهة **الملتئمة** (الجبهة المرتجة) ***Occluded front*** ..

أى أن الجبهة المرتجة تمثل حالة الطقس عندما تدرك جبهة باردة أخرى دافئة وتتجاوزها فترتفع حافة إحداهما على حافة الأخرى ، ويصحب ذلك عادة سقوط مطر ثلجى ..

❐ مراقبة السحب :



من السهل توقع ما سيكون عليه الطقس فى اليوم التالى ، وذلك بدراسة: ارتفاع ، شكل ، ولون السحب ..

تتكون السحب على طول الجبهات ، لذا فهى غالباً تشير إلى حدوث منخفض ، وهذا يعنى عدم استقرار الطقس ..

❐ أنواع السحب :

هناك ثلاثة أنواع أساسية من السحاب ، وهى :

(أ) **سحاب سمحاقى** ***Cirrus*** : وهو سحاب مرتفع ، يتألف من قطع منفصلة من بللورات جليدية رقيقة ، ريشية الشكل ، وعادة ما يكون على ارتفاع حوالى ٦٠٠٠ متر ، ويسمى السحاب السمحاقى أحياناً باسم «ذيل الفرس» وذلك لشبهه بالريش أو خصلة الشعر .

(ب) **سحاب ركامى** ***Cumulus*** : وهو سحاب منخفض ، تتميز بسمك كبير ، كالعهن – وهو الصوف المنفوش – يمتد إلى أعلى ، مدوّر الرأس والجوانب ، مسطح القاعدة .

(جـ) **سحاب طبقى** : ***Stratus*** : وهو نوع من السحاب يكون فى صورة طبقة متناسقة أشبه بالضباب الذى ارتفع عن سطح الأرض ، ويكون عادة على ارتفاع أقل من ٢٠٠٠ متر فوق سطح الأرض .