قسم الجغرافية / السنة الثالثة – جيومورفولوجيا

المحاضرة الرابعة / عمل الرياح في الصحاري؛ والأشكال الجيومورفولوجيَّة الناتجة عنه

أ.د. فاتنة ياسين الشعال

الصحراء ((Desert)):

هي مناطق جافَّة من اليابسة خالية تقريباً من التجمعات السُكانيَّة، ومن الغطاء النباتي وإن وجد فيتمثل في بعض النباتات الشوكية، كما وتتواجد فيها بعض الحيوانات التي تستطيع الحياة مع الجفاف كالزواحف.

تتميز الصحراء بقلَّة الرطوبة الجويَّة وندرتها، وارتفاع درجات الحرارة حيث تصل إلى نحو (٥٠°م) نهاراً لتنخفض ليلاً إلى ما دون الصفر تاركةً بذلك أثرها على السطح بتفكيكه وتفتيته، إضافة إلى ندرة الهطولات المطرية (فهُناك من يُحدد الصحاري بأنَّها المناطق التي تقل فيها الأمطار عن (٢٥٠مم/سنويَّاً))، والتي تتصف بأنها اعصاريه وفُجائيَّة تسقُط بكميَّات كبيرة خلال فترة زمنيَّة قصيرة على شكل سيول جارفة فوق سطح مجوَّى دون أن تتبع نظام مُعيَّن في سقوطها.

– إنَّ أهم ما يُميِّز الرياح كعامل جيومورفولوجي أنَّه عاملاً انتشاريَّاً قياساً بالأنهار التي تظهر كعامل خطِّي محدود ومحصور.

أنواع الصحاري: يُمكن أن تنقسم الصحاري حسب موقعها إلى ثلاثة أنواع رئيسة:

١– الصحاري المداريَّة الحارَّة – الفلكيَّة ٢– الصحاري الحوضيَّة أو التضريسيَّة

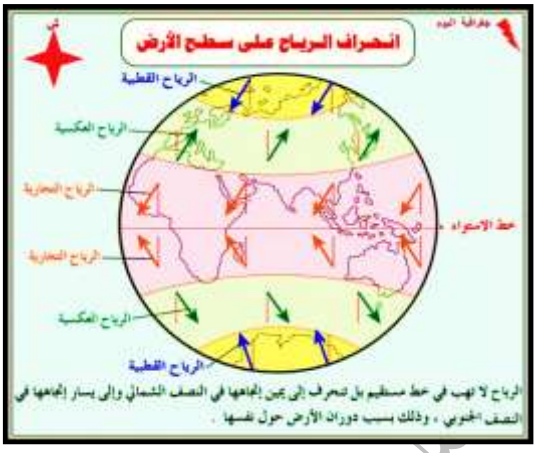
٣– الصحاري الساحليَّة

١– الصحاري المداريَّة الحارَّة – الفلكيَّة (Tropical Desert): تقع هذه الصحاري في المناطق التي تسود فيها الرياح التجاريَّة.

تتلقَّى الأرض أشعَّة الشمس بميولٍ مُختلفة، وبسبب وجود قوَّة انحراف الأجسام (قوَّة كوريوليس) أدَّت إلى انحراف الرياح التجارية التي يجب أن تهبُّ من المنطقة فوق المدارية باتجاه خط الاستواء.

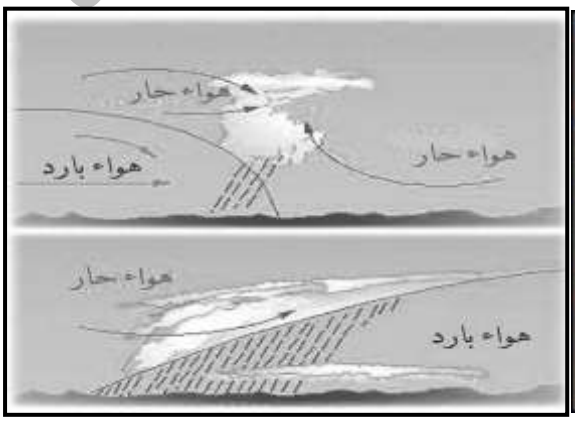
فنتيجة لدوران الأرض حول نفسها تنحرف هذه الرياح نحو اليمين في نصف الكرة الشمالي، ونحو اليسار في نصف الكرة الجنوبي، ممَّا يؤدِّي إلى تجفيف الأماكن التي تهبُّ عليها بسبب عدم مرورها فوق البحار والمحيطات، مثال ذلك: صحراء أتاكاما والصحراء الكُبرى.

عمل الرياح في الصحاري – أ.د. فاتنة ياسين الشعال



٢- الصحاري الحوضيَّة أو التضريسيَّة (Mountain shadow Desert): وهي الصحاري التي تكوَّنت بفعل اعتراض السلاسل الجبليَّة للرياح الرطبة التي تهُب من المسطحات المائيَّة، ممَّا يُعيق دخول المؤثرات الرطبة باتجاه الداخل، ومثال عليها: صحراء الحوض العظيم غرب الولايات المُتحدة الأمريكيَّة.

٣- الصحاري الساحليَّة (Costal Desert): وتتكوَّن هذه الصحاري على طول السواحل، وتلعب التيارات البحريَّة دوراً كبيراً في تشكُّلها فتؤدِّي إمَّا إلى تبريد المنطقة أو تجفيفها، فمرور التيار البارد فوق منطقة دافئة سوف يزيد من رطوبة وبرودة الصحراء وبالتالي يزيد من جفافها، وفي حال حدوث العكس وذلك باندساس التيار الحار أسفل التيار البارد سوف يرتفع التيار البارد الحامل للرطوبة إلى طبقات الجو العُليا مُحدثاً هطولات ولا يجفف المنطقة.



الأعمال الجومورفولوجيَّة في الصحاري:

تلعب الرياح في المناطق الصحراويَّة دوراً جيومورفولوجيَّاً بالغ الأهميَّة في تشكيل سطح الأرض، مُتضمِّناً ثلاث عمليات رئيسة تتمثَّل بـ: الحت والنقل والترسيب

ولكن لا يُمكن للرياح أن تقوم بهذا الدور إذا كانت خاليةً من الحمولة (الغبار والرمال)، لذا لا بُدَّ لها من حمولة رمليَّة تكون بمثابة معاول تُساعدها على القيام بوظيفتها، وهي ما توفرها عمليات التجوية خاصَّة التجوية الفيزيائيَّة (الميكانيكيَّة) حيث تعمل على تهيئة سطح الصحراء لتقوم الرياح فيما بعد بعملها الجيومورفولوجي.

- التجوية (تهيئة سطح الصحراء للعمليَّات الجيومورفولوجيَّة) وتشمُل:

١- ظاهرة التجمند (الفروق الحرارية).

٢- ظهور الأملاح بالخاصَّة الشعرية ونمو بلوراتها (زهرات ملحية).

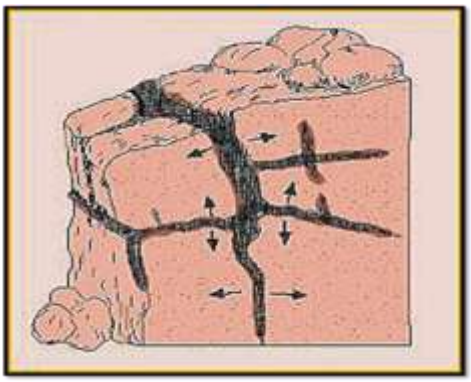
٣- التقشُّر البصلي.

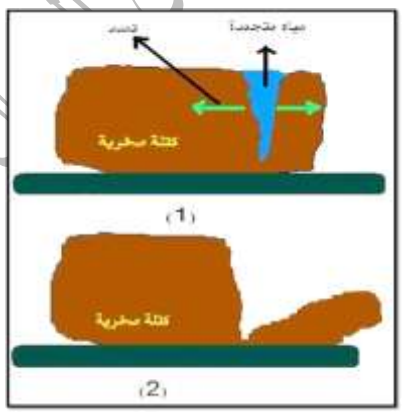
٤- الدهان الصحراوي

٥- القشرات الكلسية أو الجصيَّة

١- ظاهرة التجمند (الفروق الحراريَّة): تسود في الصحاري التجوية الفيزيائية المُختلفة، وفي مُقدمتها الأعمال المُتأثِّرة بالتباينات الحرارية التي تنشط في شروط معينة من وجود فروق كبيرة بالحرارة، وسقوط الأشعة الشمسيَّة مباشرة على سطح الصخر العاري من النباتات، وكذلك الجفاف والرطوبة القليلة، وبما أنَّ سطح الصحراء (الصخر الأم) يتألَّف من فلزَّات معدنيَّة تتمدَّد بالحرارة وتتقلَّص بالبرودة، حيث نهاراً تسقط أشعة الشمس ممَّا يؤدِّي إلى تشكيل شقوق نتيجة تمدُّد الصخر، وفي الليل يتشكَّل الندى الليلي فيدخُل في الشق، ممَّا يؤدِّي إلى امتلائه بالماء وتجمُّده وذلك بسبب انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر ليلاً.

وبما أنَّ الماء قد تجمَّد ضمن الشق فسوف يزداد وزنه وحجمه وبالتي يقوم بالضغط على أطراف الصخر، ممَّا يؤدِّي إلى توسُّع الشق على حساب الصخر الأم، وفي اليوم التالي يدخل الماء إلى الشق الجديد، ويتجمد ليلاً بسبب انخفاض درجات الحرارة فيتوسَّع الشق من جديد...وهكذا، حتى يتفكَّك الصخر بشكلٍ كبير ويتهيَّأ للعمليَّات الجيومورفولوجية في الصحراء.





عمل الرياح في الصحاري - إعداد

٢- الزهرات الملحيَّة:

عندما تسقط أشعة الشمس على السطح تبدأ بتبخّر الماء الموجود عليه بواسطة الخاصّة الشعرية (أنابيب دقيقة جدًّا)، ممَّا يؤدِّي إلى ذوبان الملح، حيثُ يرتفع نحو السطح، وتبدأ أشعة الشمس بامتصاص الماء تاركةً الملح أو الكبريت على شكل كتل يُطلق عليها اسم الزهرات الملحيَّة.

وفيما بعد تتعرَّض الزهرات الملحيَّة للترطُّب بالندى الليلي فتبدأ الزهرة بالانتفاخ وبالتالي يزداد حجمها – تجوية كيميائيَّة – ممَّا تؤدِّي إلى الضغط على الأطراف كونها تكون مغروسة ضمن الصخر الأم، دافعةً بذلك السطح إلى التفكُّك والتفتُّت بتضافُر كُلًّا من أعمال التجوية الفيزيائيَّة والكيميائيَّة.

ونتيجةً لذلك: تتلاصق الزهرات مع بعضها البعض، وتُشكِّل القشرة الملحيَّة الموجودة على السبخات.

٣- التقشُّر البصلي: وهو عبارة عن تفلُّق وتقشُّر الصخور على شكل كروي (أشبه بقشور البصل)، ناتجةً عن سقوط أشعة الشمس على الصخر بميولٍ وأعماق مختلفة تكون عمودية وعميقة في الوسط ومائلة وقليلة العمق باتجاه الأطراف.

وقد تتدخَّل التجوية الكيميائيَّة في التقشُّر، وذلك عندما تقوم أشعة الشمس الساقطة على الصخر بامتصاص الماء الموجود ضمنه رافعةً معها الحمولة، التي لا تستطيع بسببها الوصول إلى السطح، وإنَّما تصل إلى المنطقة الحديَّة – منطقة الضعف – التي تلتقي عندها الشقوق الناتجة عن التفكُّك الميكانيكي، ممَّا يؤدِّي إلى انفصال بعض الأجزاء عن الصخر الأم وسقوطها على الأطراف بحسب الجاذبيَّة الأرضيَّة.

٤- الدهان الصحراوي: يُعتبر الدهان الصحراوي عامل وقاية وحماية للصخر لفترة زمنيَّة مُعيَّنة، لتأتي بعد ذلك الرياح وتقوم بحفره مشكلةً ثقب يطلق عليه اسم التافوني وهو عبارة عن حفرة تشكلَّت نتيجةً للتخريش الريحي فوق الصخور المُغطاة بالدهان الصحراوي.

٥- القشرات الكلسيَّة: تتشكَّل القشرات الكلسيَّة بفعل الخاصَّة الشعريَّة التي تقوم برفع المياه الحاوية على كافَّة الأملاح والعناصر القابلة للانحلال (خاصَّة الكلس أو الجص) نحو السطح لتُشكِّل طبقة كلسيَّة يُطلق عليها اسم الدروع الصحراويَّة.

العمل الريحي الجيومورفولوجي: ويتمثَّل بالحت والنقل والترسيب.

قبل البداية في العمل الريحي المورفولوجي، لا بُدَّ من التفريق ما بين عمل المياه الجارية وعمل الرياح، من حيث:

١- طبيعة العمل: يكون عمل النهر محدود الانتشار خطِّي، وبالتالي يتوسَّع جانبيَّاً ويتعمَّق عموديَّاً، بينما يكون عمل الرياح انتشاري.

٢- المدَّة الزمنية: عمل المياه الجارية دائمة، في حين يكون عمل الرياح مؤقت.

٣- الطاقة: طاقة النهر أكبر من الرياح: وذلك لأنَّه كُلَّما ازداد الانحدار ازدادت السرعة وازدادت الطاقة، ويبدأ العمل الحتِّي بالحُصيَّات، أمَّا طاقة الرياح فهي تتبدَّل وفق اختلاف الضغوط من الضغط المرتفع باتجاه الضغط المنخفض، وكُلَّما ازداد الفرق كُلَّما ازدادت سرعة الرياح.

٤- تستطيع المياه نقل رواسب متباينة الأحجام تتراوح ما بين الغرين والطين والحصى والجلاميد كبيرة الحجم خاصة خلال الفيضان، وذلك على عكس الرياح التي لا تتمكن إلَّا من نقل المواد الناعمة كالغبار والرمال، بينما تخلِّف المواد الخشنة من الحصى والجلاميد في أماكنها.

- لا يُمكن للرياح أن تقوم بعملٍ جيومورفولوجي إذا كانت خالية من الحمولة، (والحمولة هي الرمال التي تختلف بأنواعها وأحجامها وذلك حسب الصخور الأم).

- غالباً ما تكون الرمال الصحراوية الكوارتزية أقصى الأنواع حسب سلَّم موست، كون الرمال هي المُسبِّبة في تشكُّل الظاهرة الترسيبية والحتيَّة.

- هُناك علاقة ما بين سرعة الريح وحجم حبَّة الرمل، حيثُ أنَّه كُلَّما كانت حبَّة الرمل كبيرة أو خشنة تحتاج إلى سرعة كبيرة لحملها أو تحريكها.

عمل الرياح في الصحاري - أ. فاتنة ياسين النعال

وحسب جدول (بوفور)، تمَّ تقسيم الرمال حسب حجومها إلى مراتب:

حجم الحبَّات (مم)	نوع الحبَّات	شدَّة الرياح
٠.٠٠١ – ٠.٠٠٣	غبار	ريح ساكنة لبقاءها في الجو، ولكن لتحريكها تحتاج إلى سرعة كبيرة
٠.٠٠٣ – ٠.٢٥	رمل ناعم	ريح هادئة لتحريكها
٠.٢٥ – ١	رمل خشن	ريح شديدة لدحرجتها

هُناك العديد من العوامل التي تلعب دوراً مُهمَّاً وكبيراً في تحديد الخصائص التي تُميِّز الأشكال الناتجة عن العمل الجيومورفولوجي للرياح (Areal Processes) من أهمُّها:

أ- سرعة الرياح

ب- تلاحم التكوينات الصخرية

ج- درجة اضطراب الرياح وخشونة السطح

د- أحجام الحبيبات

هـ- خصائص الغطاء النباتي: حيث يرتبط الغطاء النباتي مع الرياح بعلاقة عكسيَّة، حيثُ أنَّه كُلَّما قلَّ الغطاء النباتي ازدادت سرعة الرياح وبالتالي ازدادت قدرتها على التأثير الجيومورفولوجي في عمليَّتي الحت والنقل، وكذلك الأمر أيضاً بالنسبة إلى خشونة السطح.

أوَّلاً: النقل الريحي:

وهو أوَّل العمليَّات الجيومورفولوجيَّة للرياح لكونها لا تستطيع القيام بأي عمل إذا كانت خاليةً من الحمولة، وتتوقَّف قدرة الرياح على النقل على عاملين أساسيين هما:

أ- سرعة الرياح: حيثُ أنَّه كلَّما ازدادت سرعة الرياح ازدادت قدرتها على حمل كمِّيات أكبر وحُبيبات أكبر من المواد الفُتاتيَّة (الرمال).

ب- قوَّة الرياح: فكلَّما كانت الرياح قويَّة كانت قدرتها على الحمل والنقل كبيرة، والعكس صحيح.

حركة الرمال في الصحاري:

تُقسم حركة الرمال في الصحراء إلى:

أ- الحركة القافزة: وتقوم بهذه الحركة الرمال الناعمة.

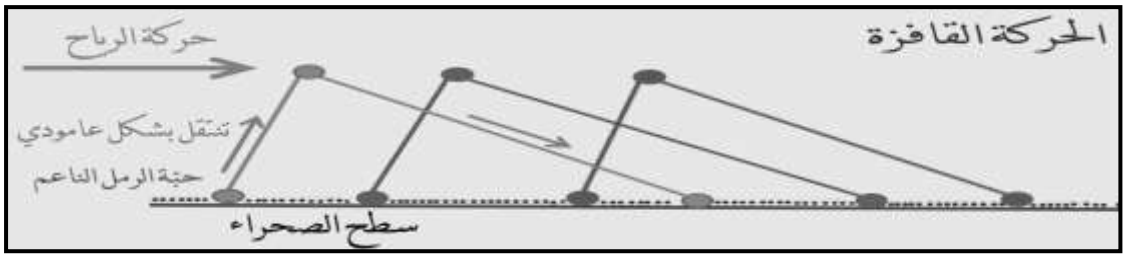
ب- الحركة الزاحفة أو المدحرجة: وتقوم بهذه الحركة الرمال الخشنة.

ج- الحركة المُعلَّقة: وتقوم بهذه الحركة جزئيات الغبار والحُبيبات الناعمة جدَّاً.

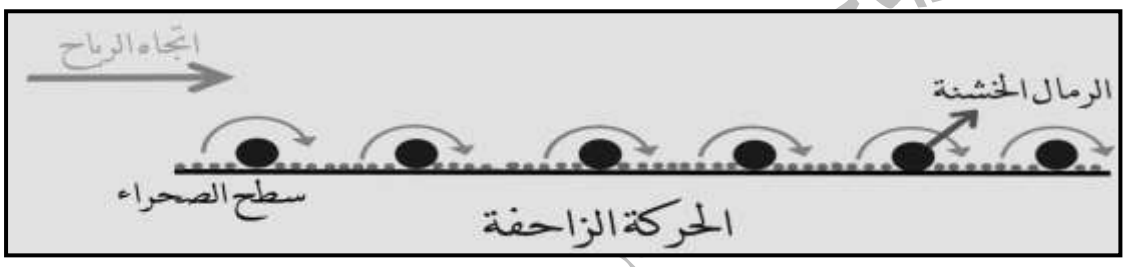
أ- الحركة القافزة للرمال: تتم هذه الحركة عندما تكون أحجام حبَّات الرمال أصغر من طاقة وقدرة الرياح على حملها، ممَّا يسمح للرياح والحالة هذه على حمل الحُبيبات لمسافاتٍ كبيرة وارتفاعات تُحددها سرعة الرياح وحجم

عمل الرياح في الصحاري - أ.د. فاتنة ياسين الشعلان

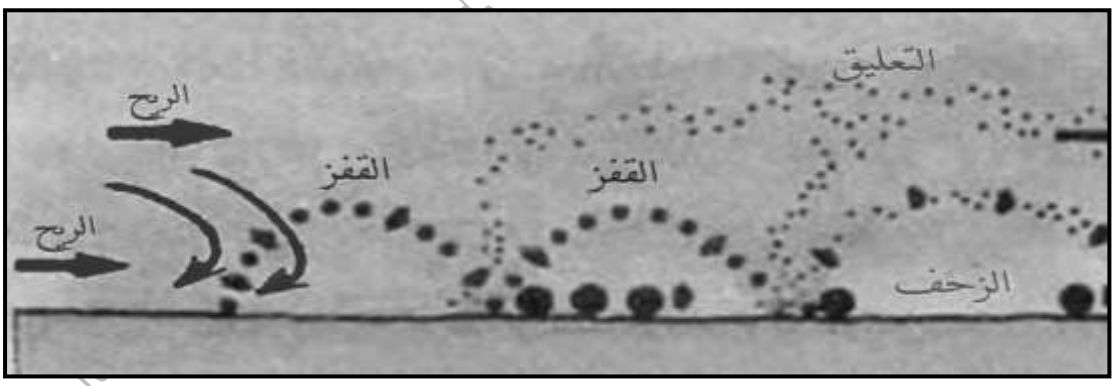
حبة الرمال، تأخُذ شكلاً شبه عمودي وبزاوية تصل إلى (٩٠°) لتبقى بعد ذلك مُعلَّقة حتى علو تُصبح فيه طاقة الرياح غير قادرة على حملها، ممَّا يؤدِّي إلى سقوطها على السطح بعد سحب الرياح إليها.



ب- الحركة المُدحرجة – الزاحفة للرمال: وتتم عندما تقوم الرياح بدحرجة الحُبيبات الرمليَّة الخشنة التي لا تستطيع حملُها فتدفعها دفعاً على شكل دائري ممَّا يعمل على تصغير حجمها، لتتحوَّل من حُبيبات رمل كبيرة وخشنة إلى حُبيبات رمل صغيرة وناعمة تستطيع الرياح حملها من جديد.



ج- الحركة المُعلَّة لجزئيات الغبار والحُبيبات الناعمة جدًّا: حيثُ ترتفع في الجو وتبقى مُعلَّقة فيه، طالما طاقة وقوَّة الرياح قادرة على حملها.



ثانيًا: الحت الريحي:

تعمل الرياح على الحت في الصحاري عن طريق عمليَّتين أساسيَّتين هُما:

١- التذرية ٢- التخريش

١- التذرية: وتقوم الرياح من خلالها بحمل ودفع المواد المُفتَّتة من غبار ورمال من مكانٍ إلى آخر.

ويختلف عمل التذرية حسب:

١. طبيعة الرواسب نفسها

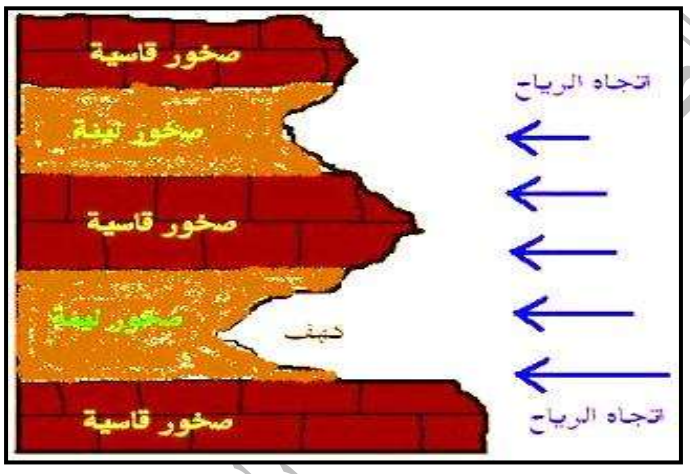
٢. طبيعة الأرض التي ترَّسبت عليها الرواسب

أ- فإذا كانت الرواسب مؤلَّفة من حصى وجلاميد إلى جانب مواد ناعمة (رمال – أتربة) ففي هذه الحالة تحمل الرياح المواد الناعمة تاركةً الحصى والجلاميد على سطح الأرض على شكل غطاء مُشكِّلاً:

- إمَّا صحراء حجريَّة (حمَّاد): إذا كانت مؤلَّفة من الحجارة المزوَّاة بأحجام مختلفة.
- أو صحراء حصويَّة (سرير): إذا كانت مؤلَّفة من حصى صغيرة الحجم.

ب- أمَّا إذا كانت رواسب مؤلَّفة من موادٍ مُفككة بسمكٍ كبير، فإنَّ التذرية في هذه الحالة تعمل على تكوين مُنخفضات كبيرة وعميقة نتيجة حمل كميَّات من الرواسب المُفككة من بُقعة مُعيَّنة، ولا تتوقَّف عمليَّة التذرية في هذه المُنخفضات إلَّا إذا وصل قاعها إلى طبقة صخريَّة صلدة أو إلى مستوى الماء الجوفي، ومن أشهر المنخفضات الناشئة عن التذرية و التفريغ الريحي: منخفض القطارة في مصر.

٢- التخريش: وهو الأسلوب الثاني من أساليب الحت الريحي، وفيه تقوم الرياح المُحمَّلة بالرياح بالمُفتات الصخريَّة بمسح الصخور وبريها وصقلها مُخلِّفةً أشكالاً مُتعددة، وذلك حسب جهة الرياح وطبيعة الصخور وقدرتها على المقاومة.



الأشكال الناتجة عن الحت الريحي:

وهي الأشكال التي يلعب هبوب الرياح دوراً أساسيًّاً في تشكيلها:

- هبوب الرياح من جهة واحدة: ينتج عنها الشرفات
- هبوب الرياح من جهات مختلفة: ينتج عنها الأشكال الفطريَّة – الياردنغ
- هبوب الرياح من جهة واحدة ثُمَّ تتحوَّل إلى عدَّة جهات: ينتج عنها الأشكال الموشوريَّة

الشرفات: وهي عبارة عن تضريس صحراوي حتِّي، نشأ نتيجة هبوب الرياح المُحمَّلة بالرمال على جهة واحدة منه، فتبعاً لاختلاف التركيب الصخري لطبقات التضريس يتباين مدى فعل الرياح فيها، حيثُ تعمل على تخريش الأجزاء اللينة من الصخر (تخريش اصطفائي) مشكلةً حفر صغيرة، لا تلبث أن تتوسَّع وتنقلب إلى مغاور تظهر أسفل التضريس.

ومع استمرار الرياح بالتخريش تتصل المغاور مع بعضها البعض مُشكلةً شرفة تبدأ بالتعمُّق تدريجيًّاً، لتتحوَّل فيما بعد إلى فجوة واسعة تحمل رأس كبير لا يستطيع الفراغ المُتشكِّل فوقها على حملها، ممَّا يؤدِّي إلى سقوطها

وانهيارها تحت تأثير الجاذبيَّة الأرضيَّة مُشكلةً جدار قائماً تتكدَّس عند أقدامه الأنقاض المُنهارة، لتبدأ الرياح عملها على هذه الأنقاض.

الأشكال الفطريَّة – موائد الشيطان – الموائد الصحراويَّة: وهي عبارة عن تضريس صحراوي حتِّي نتج عن هبوب الرياح من عدَّة جهات على المناطق التي تتعاقب فيها التكوينات الصلبة مع اللينة.

تشكلَّت نتيجة اعتراض الرياح المُحمَّلة بالرمال لعائق صخري في كافَّة الجهات، مؤديَّاً إلى تشكُّل فجوات صغيرة تتصل مع بعضها البعض في مناطق الضعف القريبة من سطح الأرض، ممَّا يؤدِّي إلى تآكل الجزء السفلي، وبقاء الجزء العلوي البعيد عن ضربات الرياح على شكل رأس كبير فوق عنق على شكل مائدة لها تسميات مُختلفة فيُمكن أن تُسمَّى موائد صحراوية – موائد الشيطان – الأشكال الفطرية، ويتراوح ارتفاع الموائد من (١٠–١٥م).

الياردنغ أو الخرافيش (Yardang):

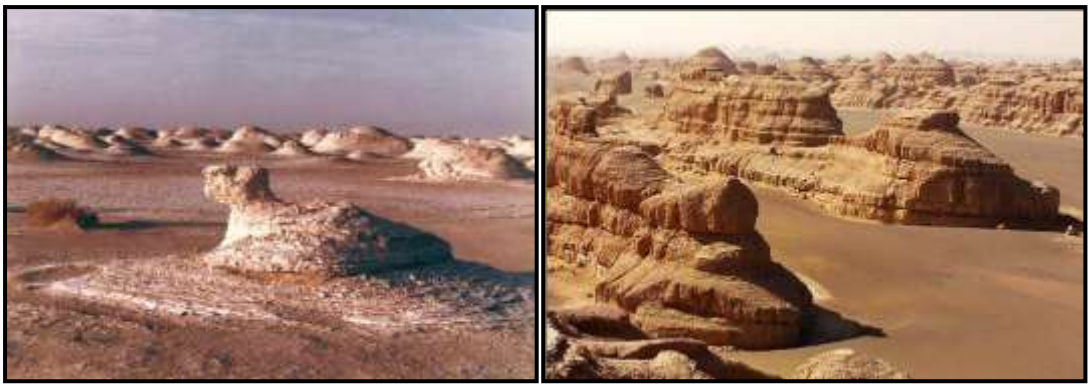
وهي عبارة عن أشكال حتيَّة تتشكَّل على سطوح البُحيرات الجافَّة، تتألَّف من تلال طولانيَّة ذات جبهة قائمة ومرتفعة من الجهة الأماميَّة، وقليلة الارتفاع من الجهة الخلفيَّة، وتتميَّز بسفحين مُنحدرين بشدَّة ومُتناظرين ومُقوَّرين من الأسفل بسبب عمليات التخريش الريحي الدوامي.

تبدو على شكل حيتان طافية، يتراوح ارتفاعها بين (١.٥ – ٢م)، وعمق أكثر من المتر وعرض حوالي المتر أو أكثر.

يُعتبر الياردنغ أحد الأشكال الصحراويَّة التي تدُّل على المُناخ السابق، وذلك كون أنَّ هذه الأشكال لا تتشكَّل إلَّا في الأحواض الصحراوية المُغلقة (السبخات) التي كانت سابقاً عبارة عن بُحيرات توضَّعت بها الرواسب النهريَّة عندما كان المُناخ أكثر رطوبةً، وبعد جفاف البُحيرة بدأت الرياح بواسطة الرمال بالنفريغ والتخريش فوق سطحها مُشكلةً حفر صغيرة هي بداية لتشكُّل الياردنغ، وتبعاً لاستمرار عمليَّة التخريش تزول الطبقة الأولى لتبدأ الرياح عملها في الطبقة الثانية وهكذا..... حتَّى تتفرَّغ البحيرة بشكلٍ كامل إذا ما تغيَّرت الظروف.

يُطلق على هذه الأشكال الوعرة أيضاً اسم التعوس، مثال: يكثُر اليارادنغ في شرقي حوض دمشق، وشمال شرقي سبخة جيرود، وسبخة تدمر في سورية.

عمل الرياح في الصحاري - [illegible]



الأحجار الموشوريَّة – دراي كانتر – وجه الريحيات Venti Facts: وهي عبارة عن حجارة وحصى قامت عوامل التجوية والتخريش الريحي بتفكيكها وتصغير حجمها، ومن ثُمَّ تعرَّضت لهبوب الرياح المُحمَّلة بالرمال على أحد وجوهها لفترة طويلة ممَّا أدَّى إلى بريه وصقله فيُعرف عندئذٍ بذات الوجه الواحد (Einkanter) الذي تتعامد حافته مع اتجاه الرياح.

ومع انقلاب الحجارة أو الحصى تحت تأثير عاملٍ ما كالسيول أو غيرها من العوامل، يتعرَّض وجهها الجديد لهبوب الرياح فيتكوَّن وجه مصقول ومُبري ثاني..... وهكذا، ممَّا يؤدِّي في النهاية إلى تحوُّل الحجارة إلى أشكال مُثلثيَّة ثُلاثيَّة أو رُباعيَّة أو أكثر وذلك حسب اتجاه الرياح.

هُناك حالةً أُخرى يُمكن من خلالها أن تنشأ هذه الأحجار، تتمثَّل ببقاء الحصى ثابتاً في مكانه مع تغيُّر في إتجاه الريح بانتظام.

ثالثاً: الترسيب الريحي "العمل التراكمي للريح":

تقوم الرياح بترسيب حمولتها من الرمال والغبار عندما تخف سرعتها وقوَّتها (بسبب إما طول المسافة التي تقطعها أو اصطدام الرياح بعوائق تضاريسية)، وتزداد حمولتها من الرواسب، فيتم في البداية ترسيب الحُبيبات الأكبر حجماً، أمَّا المواد الدقيقة فيتم حملها أحياناً إلى مسافاتٍ بعيدة ليتم ترسيبها خارج حدود المناطق الجافَّة.

يتمثَّل العمل التراكُمي للرياح في ثلاث مظاهر رئيسة هي:

أ- التجعدات الرمليَّة

ب- الكثبان الرمليَّة

ج- الأغشية الرملية الغباريَّة

أ- التجعدات الرمليَّة: وهي عبارة عن مرتفعات ومنخفضات من الرمال، يبلغ ارتفاعها عدَّة سنتيمترات، تتشكَّل بشكلٍ أساسي نتيجة عدَّة نظريات منها:

١- نظريَّة فيبر: وتقول بأنَّ: التجعُدات الرمليَّة تشكلَّت نتيجة هبوب الرياح على شكل دوامات صغيرة على أطراف التجعُّد نتيجة اختلاف الضغوط على السطح، وبالتالي تحرُّك الهواء المُحمَّل بالرمال بحركة دواميَّة حاملةً معها الرمال التي يُوضعها على طرفي التجعُّد.

٢- نظريَّة ايكسنر: وتقول بأنَّ: الهواء يحمل حبَّات الرمال الكبيرة ويرفعها إلى أعلى القمَّة (الرأس)، دون أن تستطيع الرياح فيما بعد من تحريكها، وبالتالي تبقى الرمال الأصغر في مكانها.

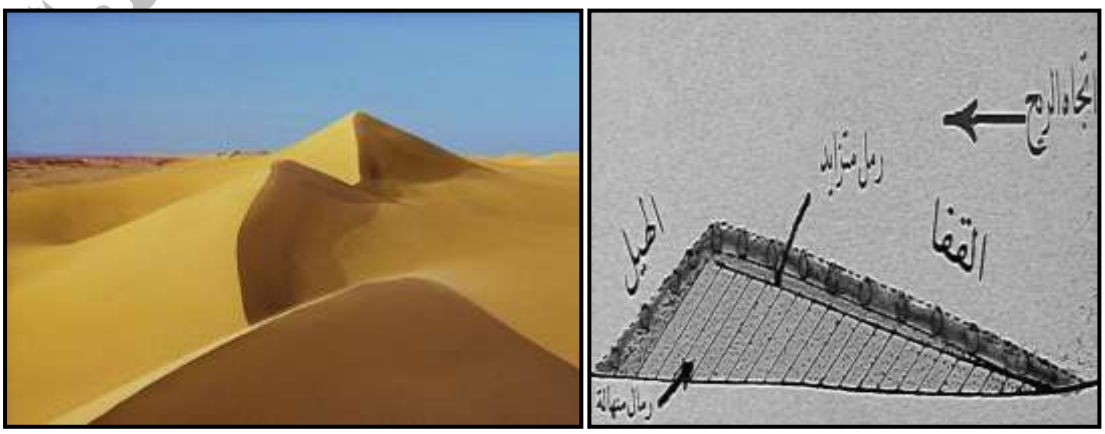
٣- نظريَّة كورنيش: وتقول بأنَّ: هناك سرعة مُحددة للرياح لتشكُّل التجعدات، ولكنَّه لم يُحدد هذه السرعة.

ب- الكثبان الرمليَّة (Sand dunes): وهي عبارة عن أشكال تضريسيَّة ترسيبيَّة ناجمة عن تكدُّس وتجمُّع الرواسب الرمليَّة على شكل تلال مُتباينة في أحجامها وامتدادها وأشكالها.

تتميَّز الكُثبان الرمليَّة النموذجيَّة بجانبين غير مُتناظرين هُما:

القفا: هو الجهة التي تقع في مهب الريح، يقل انحدار السطح فيها عن زاوية استقرار الرمال الجافَّة والتي تبلُغ حوالي (١٥ْ) تقريباً.

الهيل: وهو الجهة التي تقع في مصرف الريح، ويكون انحدارها مساوياً لدرجة استقرار الرمال الجافَّة (=١٥ْ).



يعتمد تكوُّن الكثبان الرمليَّة على عدَّة عوامل مُتشابكة ومُعقدة من أهمها:

أ- تفاوت حجم حُبيبات الرمال

ب- سرعة الرياح واتجاهاتها

يُوجد هناك عاملين أساسيين يلعبان دوراً كبيراً في بداية تكوين الكثيب هُما:

١- تعرُّض الرياح المُحمَّلة بالرمال لعائقٍ ما في طريق اتجاهها يعمل على عرقلة حركتها وإجبارها على التخلي عن حمولتها من الرمال.

٢- انخفاض سرعة الرياح وضعفها وبالتالي عدم قدرتها على نقل ما تحمله من رواسب.

أنواع الكثبان الرمليَّة:

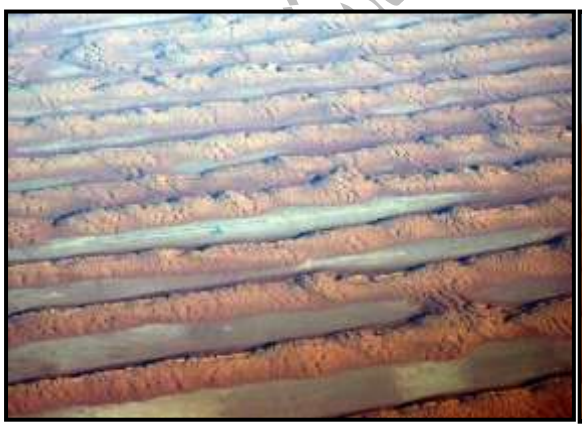
- ✓ الكثبان الرمليَّة الثابتة: وتضم: الكثبان الرمليَّة الطولانيَّة - الكثبان النجميَّة - النباك
- ✓ الكُثبان الرمليَّة الثابتة: وتضم: الكثبان العرضانيَّة - الكثبان الهلاليَّة (البراخان): ولكن هذه الكثبان رُبمَّا تكون ثابتة، ورُبما تكون مُتحركة

الكثبان الرمليَّة الثابتة:

الكثبان الرملية الطولانيَّة Longitudinal:

وتُعرف أيضاً بالكثُبان السيفيَّة (Siefdunes) أو الغرود في الصحراء الغربيَّة المصريَّة، وهي عبارة عن أعراف رملية ذات امتداد طولي موازي لاتجاه الرياح، يبلغ ارتفاعها تقريباً (١٢٠م)، ويُقدَّر عرضها ستة أمثال ارتفاعها وقد تمتَّد مئات الكيلومترات.

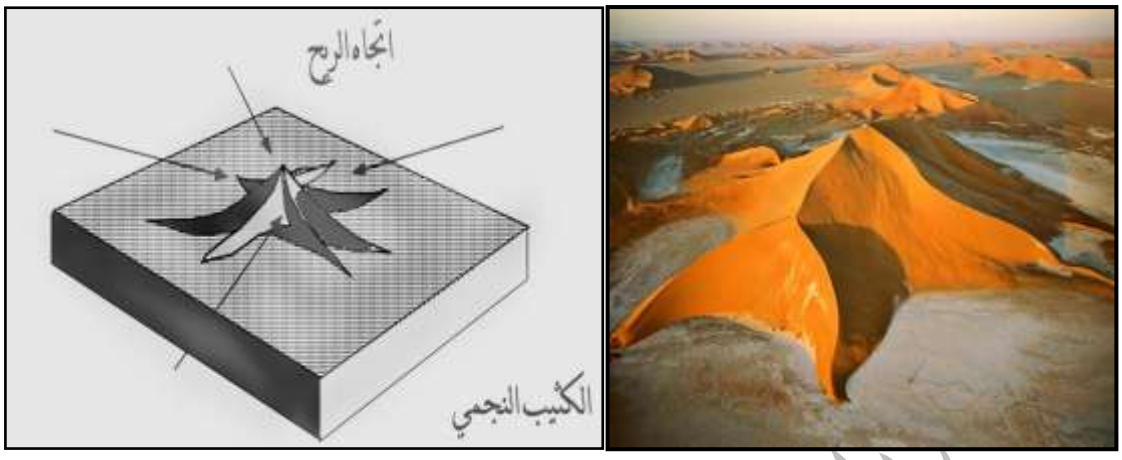
تظهر الكثبان الرملية كحواجز رملية طولية يفصلها عن بعضها البعض أراض أو عتبات صخرية تمتد على طول الكثبان باتساع شبه متساوي يبلغ نحو (١كم).



الكُثبان النجميَّة Star dunes:

تُعرف أيضاً بالكثبان الهرمية، وتُعتبر من الكُثبان الثابتة نتيجةً لضخامة حجمها، وهي تُشبه النجوم، ذات قمم مُدببة وأذرع مُمتدَّة شديدة الانحدار، تمتد على مسافة تتراوح بين (١- ٢كم)، تتشكَّل نتيجة لتلاقي كثيبين

طولانيين، أو تلاقي كثيب طولاني مع كثيب عرضاني بسبب تغيُّر في اتجاه الرياح، ورُبَّما تنتُج من التحام كُثبان صغيرة بكُثبان أكبر حجماً.



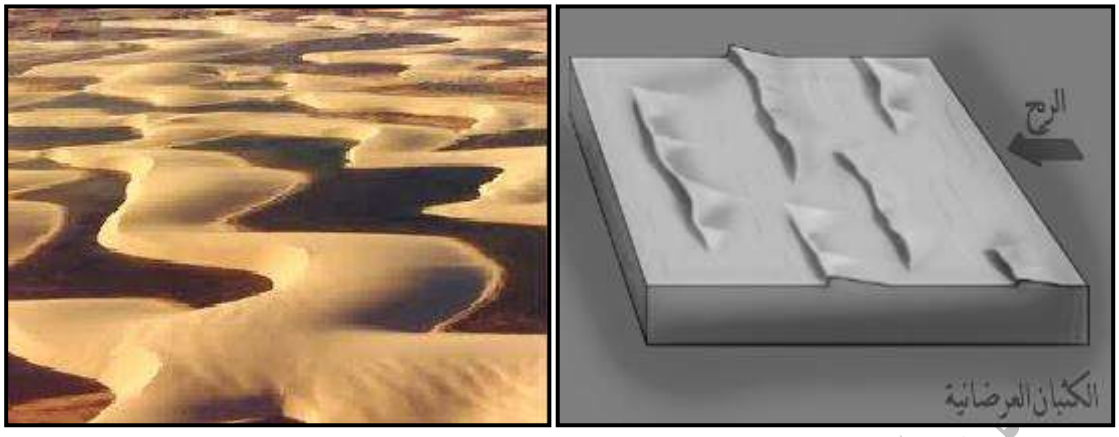
النباك: يُوجد بشكلٍ كبير على أطراف البُحيرات الجافَّة والسبخات، وهو عبارة عن تجمُّعات من الرمال المُتراكمة حول الحشائش والنباتات الصحراويَّة، تتشكَّل عندما تتعرَّض حركة الرياح المُحمَّلة بالرمال لعائق صخري أو نباتي فتضعُف سرعتها، ممَّا يُسبِّب توضُّع جزء من الحمولة قبل العائق وكميَّة كبيرة خلفه ليبدأ تشكُّل كثيب رملي صغير خلف العائق.

ومع استمرار التغذية يتغطَّى العائق كاملاً في حال كان هذا العائق صخريَّاً أمَّا إذا كان نباتي فهُنا يُحاول النبات الوصول إلى الضوء فيبدأ بالنمو على سطح التلة الرمليَّة، ممَّا يزيد من حجمها كونها تُشكِّل عائق أمام الرياح المُحمَّلة بالرمال.

الكُثبان الرملية المُتحركة: وتتميَّز هذه الكُثبان بالتحرُّك والانتقال الدائمين دون أن تُغيِّر من شكلها – ما يُؤخذ من القفا يتوضَّع في الهيل، وتضُم:

الكُثبان العرضانيَّة: وهي عبارة عن كُثبان ضخمة تتألَّف من قفا قليل الانحدار وهيل شديد الانحدار، تتكوَّن في أحزمة مُمتدَّة في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح السائد.

وغالباً ما تتكوَّن هذه الكُثبان في الصحاري في المناطق المُنبسطة القريبة من بحور الرمال.



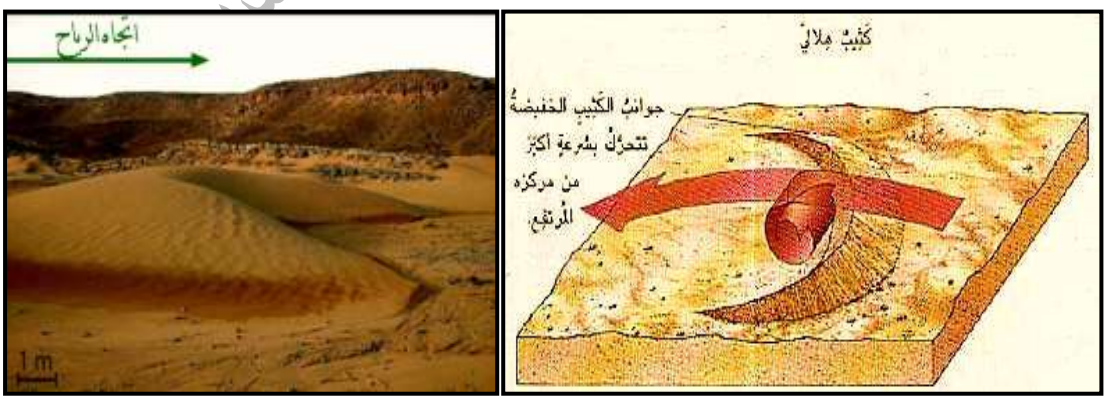
الكُثبان الرمليَّة الهلاليَّة – البرخان Barc hans:

تُصنَّف الكُثبان الهلاليَّة ضمن الكُثبان الرمليَّة المُتحركة، وقد تتحوَّل إلى كُثبان ثابتة على سطح الأرض من خلال وجود حالتين:

الحالة الأولى: قُرب المياه الباطنيَّة من سطح الأرض عند أطراف الكثيب الهلالي، ممَّا يُساعد على نمو نباتات تعمل على تثبيته.

الحالة الثانية: وجود عوائق صخريَّة أو نباتيَّة تتوضَّع على قرون الكثيب، ممَّا يؤدِّي إلى تثبيته.

يأخُذ الكثيب الهلالي شكل هلال ذو نهايتان مُتطاولتان تُعرفان بالقرنين متباعدين بمسافة تمثل عرض الكثيب، يكون طرفه المواجه للرياح (قفا) مُحدَّباً طويلاً ولطيف الانحدار (٦– ١٧°)، بينما طرفه الآخر (الهيل) قصيراً وشديد الانحدار بين (٣٠– ٤٠°) ويعود السبب في ذلك إلى أنَّ الرياح حينما تجتاز قمَّة الكثيب تواجه انخفاضاً فُجائيَّاً في الطرف المُقابل فتحدُث لها حركة عكسيَّة أشبه بالدوامة تعمل على رفع جزء من الرمال من جهة، وعلى تثبيت بعض حبَّات الرمال فوق قمَّة الكثيب فتحول دون هبوطها من جهةٍ أُخرى.



أما ارتفاع الكثيب فيصل إلى نحو (١٠/١) عرضه، وكثيراً ما ينقلب شكل البرخان عندما تُغيِّر الرياح اتجاهها فيُصبح في اتجاه معاكس لاتجاهه الأول وبالتالي يُصبح الهيل شديد الانحدار ومُحدَّباً، والقفا لطيف الانحدار ومُقعراً فيُعرف والحالة هذه بالحُقف.

ج- الأغشية الرملية الغبارية: تنتشر في الصحاري وخارجها نوعان من الأغشية هُما:

١- الأغشية الرملية ٢- الأغشية الغبارية

١- الأغشية الرملية: وهي عبارة عن مساحات واسعة ومستوية من الرمال الخشنة المختلطة برمال ناعمة مع ندرة الرمال متوسطة الحجم، تترسَّب على شكل سهول منبسطة مستوية تماماً، أو متموجة بفروق ارتفاع ضعيفة وبسماكة تتجاوز (١٠٠م).

ويتفق انتشار هذه الأغشية مع مناطق ذات بُنية تكتونية حوضيَّة واسعة، ممَّا دعا ذلك للقول بأنَّها محليَّة النشأة تشكلت نتيجة تعرُّض الطبقات الصخرية لنشاط التجوية وبقاء نتاجها في أماكنها، إلا أنَّه بالمقابل لا يمكن تفسير سماكة الكبيرة بفعل التجوية لعجزها عن الوصول إلى أعماق كبيرة.

لذا لا بد من وجود عامل آخر مؤثر ألا وهو المياه الجارية والسيول في العصور الرطبة السابقة حيث عملت على جرف وحمل الرمال ووضعها في أحواض نهائية، وممَّا يؤيد ذلك انتشار الأودية الجافة على أطراف مناطق انتشار الأغشية الرملية.

أي أنَّ نشوء الأغشية هو محصلة تضافر عاملين هما: المياه و التفكك الموضعي، وبالتالي فإنَّ عامل الرياح لم يكن له دوراً في نشأتها وإنَّما اقتصر عمله على نقل الرمال التي تكدَّست في الأحواض البنائية الكبيرة.

وهذا ما دعا للقول بأنَّها نشأت محليَّاً، أي أنَّ الرمال لم تُنقل إلى هذه المناطق من بقاع مجاورة بواسطة الرياح أو غيرها، بل تشكلَّت نتيجة تعرُّض الطبقات الصخرية لأعمال التجوية، وبقاء نتاجها في أماكنها.

الأغشية الغبارية: لا تتخذ الأغشية الغبارية شكلاً أرضيَّاً معيَّناً، بل تغلف الأسطح التي تتوضَّع عليها بطبقة من الغبار متفاوتة السماكة حسب الكميَّة التي تنقلها العواصف الغبارية، ومن المظاهر الرئيسة لهذه الترسبات تكوينات اللوس (Loess) التي تتكوَّن من غطاء من الرواسب المتجانسة من الغرين والطين والرمل الناعم، وتغطي مساحات واسعة في مناطق مختلفة من العالم، مثال توضعات اللوس في الصين.

العمل الجيومورفولوجي للمياه في الصحاري

قبل الحديث عن العمل الجيومورفولوجي للمياه في الصحاري لا بُدَّ من الإشارة إلى أنَّنا لا نستطيع القول بأنَّ: العمل المائي الجاري في الصحاري أكثر فعاليَّة منه في الأنهار العادية خارج نطاق الصحاري بل العكس صحيح، فالواقع هو استمرار عمل الأنهار الجارية دون انقطاع، بينما يقتصر عمل السيول على فترة قصيرة يتوقَّف بعدَها أي نشاط مائي إلى حين حدوث هطولات جديدة.

لذا لا يُمكننا مقارنة النشاط الجيومورفولوجي للسيول في الصحاري؛ بالعمل الجيومورفولوجي الدائم والمستمر للأنهار العادية.

إنَّ المصدر الأساسي للمياه السطحية في الصحاري هو الأمطار القليلة، والتي تتميَّز بكونها: إعصارية غزيرة فُجائية، تسقط في فترة زمنية قصيرة، فتتشكَّل السيول والفيضانات المؤقتَّة على امتداد السطوح، وقد يكون الجريان إمَّا مُحدَّداً ومحصوراً بخطوط الأودية، أو حُرَّاً غير مُقيَّد على مساحات واسعة على شكل سيول انتشارية.

ويتأثَّر الجريان السطحي في الصحاري بعددٍ كبير من العوامل التي تتضافر لتسهيل أو عرقلة حركة المياه على السطح منها: (كميَّة المياه المُتحركة – انحدار السطح الطبوغرافي – طبيعة الصخور – عناصر المناخ (التبخُّر ودرجات الحرارة).....، وغيرها من العوامل الأخرى.

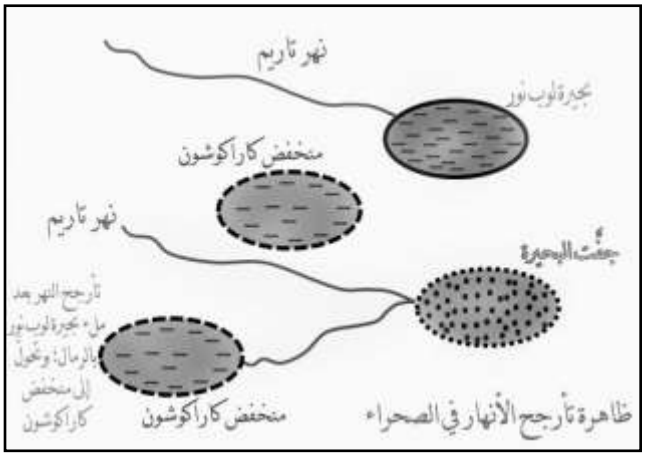
إنَّ بدايات السيول الصحراوية هي الجبال والمرتفعات الواقعة على هوامش الصحراء أو المُبعثرة في داخلها في الأحوال العادية.

فعندما تتعرَّض تلك البُقاع لأمطار صحراوية تسيل المياه في خطوط دقيقة تترافد وتتجمَّع بسرعةٍ نتيجة غزارة الأمطار وانحدار السطوح الطبوغرافية، لتُشكِّل نواشغ وجداول صغيرة لا تلبث في النهاية أن تتلاقى في وادٍ رئيسي محفور بمياه جارية سابقة.

عندها يكون السيل قد تكوَّن في المرتفعات، ليندفع باتجاه الأراضي الأقل انحداراً ، فإن كانت جميع العوامل مُساعدة على استمرار الجريان وصلت المياه إلى أحواض مُغلقة تُشكِّل مستويات أساس للأودية، أو أنَّها تغيض وتضيع في الرمال.

كما قد يحدُث أن تكون الأمطار غزيرة شاملة لشبكة أودية كاملة، فيمتلئ الحوض النهائي بالمياه، بل وقد تفيض عنهُ فتتسكب في أحواض مُجاورة.

وهذه الظاهرة معروفة في الأنهار الصحراوية المُستمرة الجريان في الصحاري الحوضية، كما هو الحال في نهر تاريم في صحراء في غربي الصين، حيثُ يُعَدُّ هذا النهر (نهر تاريم) ومستوى أساسهُ (بُحيرة لوب نور) نموذجاً على التطورات الجيومورفولوجية الناجمة عن عمل الرياح والمياه.



ففي أحد الأعوام تغيَّر اتجاه النهر عن البُحيرة المذكورة، وشكَّل بُحيرة جديدة (بُحيرة كاراكوشون) تبعُد حوالي (١٠٠) كم عن بُحيرة لوب نور، وبانقطاع المياه عن لوب نور جفَّت البُحيرة، وتعرَّض قاعها للعمل الريحي، ويُعزى ذلك إلى عاملين أساسيين هُما:

أ- امتلاء قاع لوب نور بالترسُّبات البحيرية – اللحقيَّة، وما أعقبه من ارتفاع مستوى سطح مياه البُحيرة.

ب- مرور المنطقة بفترات رطبة – مطيرة زادت من غزارة النهر، ممَّا سبب خروج المياه إلى الحوض المُنخفض المُجاور، وبالتالي سوف تتعرَّض بُحيرة كاراكوشون للامتلاء والردم بالترسُّبات كما سبق وتعرَّضت له بُحيرة لوب نور.

وفي هذه الفترة يعود سطح لوب للانخفاض نتيجة التذرية والتفريغ الريحي، ممَّا سيُساعد على إمكانية عودة مياه النهر إليها مرة ثانية، وهو ما حدث، حيثُ أخذت مياه نهر تاريم للعودة إلى حوضها السابق (لوب نور)، وأخذت بُحيرة كاراكوشون بالاختفاء التدريجي، وانكشاف قاعها وتعرُّض رسوبياتها للتذرية الريحية (ظاهرة تأرجح الأودية في الصحراء).

الأودية الصحراوية:

تُقسم الأودية الصحراوية إلى:

- الأودية الموروثة الناجمة عن مُناخ سابق.
- الأودية الناجمة عن المُناخ الحالي.

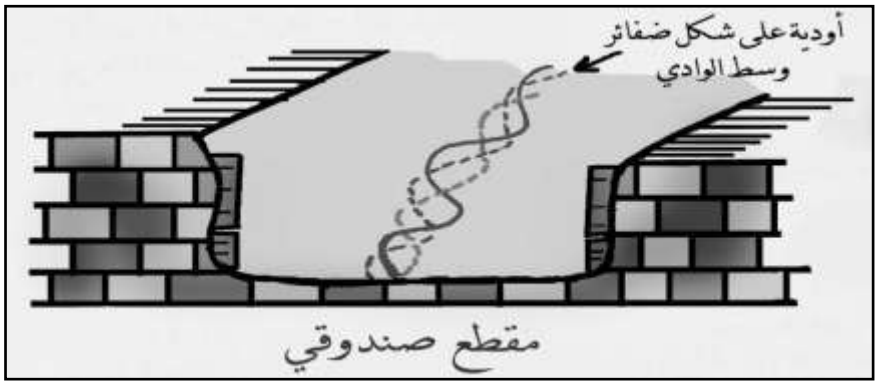
الأودية الناجمة عن المُناخ الحالي:

تعتمد على الأمطار السيلية، وتتميَّز بمواصفات خاصَّة ناجمة عن الأمطار الفُجائيَّة وغير دائمة الجريان، والتي تسقط في فترة زمنية قصيرة فوق سطح الصحراء المُجوَّى.

المقطع العرضاني لأودية الصحراء: يأخُذ المقطع العرضي للأودية شكلين:

إمَّا شكل صندوقي ذو جوانب قائمة، وسرير مُنبسط بصورةٍ عامة.

عمل الرياح في الصحاري - إعداد فاتنة ياسين الشعار



ويكمُن السبب في الشكل الصندوقي بـ :

١- سيطرة الحت الجانبي، حيثُ تضرب المياه السيلية أسفل جوانب الأودية.

٢- عدم تغذية الوادي بمياهٍ جانبية أو مطرية تنساح على الجوانب، ممَّا يُساعد على تلطيف شدَّة انحدار الجوانب.

أو مقطع عرضي مفتوح بجوانب انحداراتها لطيفة حتَّى مُتوسطة، ويكون من الصعوبة تمييزُها.

أمَّا في المقطع العرضي للأودية المفتوحة، فتأخُذ فيه السيول شكلاً انتشاري ممَّا يعطيه هذا الشكل (مفتوح)، من الصعوبة تمييزه عن مكانه السابق إلَّا من خلال: ١- وجود نباتات في سرير الوادي أكثر من جانبيه.

٢- لون التربة الذي يتميَّز عن جانبيه.

المقطع الطولاني للأودية الصحراوية: يتميَّز المقطع الطولاني للأودية الصحراوية بالانحدار الشديد، وبأنَّه غير مُنتظم، غني بالسقطات والركب والانقطاعات المُنبسطة الواسعة، وذلك بسبب وجود عمليات الحت في المجرى الأعلى دون الأسفل، لأنَّ المياه غير كافية للوصول إلى المجرى الأدنى.

بطون الأودية وسررُها: يُسيطر عليها مظهر الانبساط والانفتاح، مع الاتساع بين شفيري (جانبي) الوادي القائمين عادةً، ومن الأسباب التي تزيد من عدم انتظام واستواء أرض السرير:

١- أن أرضُها تكون مُغطاة بالترسُبات السيلية – اللحقية التي تُشوِّه الانبساط العام.

٢- حفر خيوط المياه المطرية مسارات مُتعمِّقة في الترسبَّات المذكورة تأخُذ اتجاهاتٍ مُختلفة، ويرجع السبب في تغطية أرض معظم الأودية الصحراوية بهذه الشبكة من المسارات والمسيلات الصغيرة إلى أنَّ مياه الأمطار لا

تملأ أرض الأودية من الضفة إلى الضفة دوماً، بل تسيل على شكل جداول صغيرة في أودية عريضة واسعة تتزنّح في أرضها.

الأودية الموروثة:

إنَّ خطوط الأمطار تتجمَّع في وادٍ رئيسي محفور بمياهٍ جارية سابقة، وهذا يعني بأنَّ الوادي هو وادي قديمٌ وموروث، ومن الشواهد الهامَّة على ذلك هو عدم انسجام أحجام وأبعاد معظم أودية الصحراء مع كميَّات المياه السيلية التي قد تجري فيها.

ممَّا يؤكِّد على أنَّ مناخ الصحاري كان أكثر رطوبةً وأمطاراً وأقل حرارة وتبخرُاً عمَّا عليه الحال في الوقت الحاضر.

نماذج التضاريس المميزة للصحاري

١- الصحراء الحصوية (السرير) والحجرية (الحمَّاد):

تعد التذرية (التسفيه أو الكنس الريحي) العملية الأساسية والأولية التي تقوم بها الرياح عندما تمر فوق سطح الصحراء المؤلَّف إمَّا من رمال مختلطة أو رمال متجانسة الحجم، حيث تبدأ الرياح بحمل وكنس كل ما تستطيع حمله فتصبح حاملة للأسلحة التي تقوم بها فيما بعد بعملية التخريش الريحي أو الترسيب.

وتتم عمليه التسفيه فوق سطح الصحراء إذا كانت الرمال متجانسة الحجم، وتستطيع الرياح حملها فتسمى التذرية الكلية (التسفيه)، مثال ذلك: منخفض القطارة في مصر.

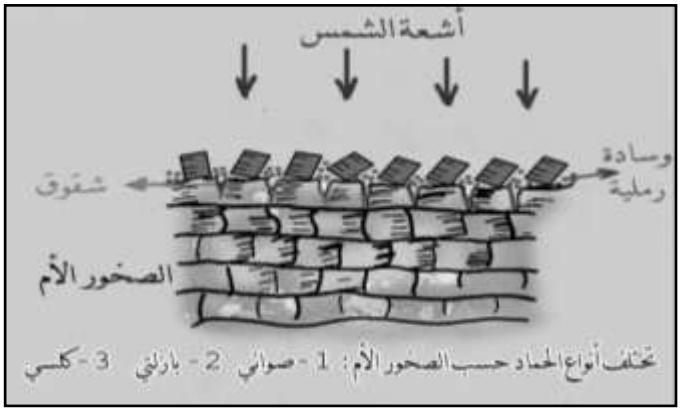
أمَّا إذا كان سطح الصحراء غير متجانس يتألَّف من رمال وحجارة أو حصيات ذات حجوم مختلفة، تهب الرياح على السطح فتحمل ما تستطيع حمله وتبقى الحجارة الكبيرة التي تكوَّنت نتيجة عمل التجوية الفيزيائيَّة، ويُطلق على هذه الظاهرة اسم الحمَّاد، الذي يغلب عليه اللون الداكن الواقع بين السواد والحمرة البنيَّة عائداً السبب في ذلك إلى تأثر السطح بعمليَّة الأكسدة، ويرجع نشوء الحمَّادات إلى تضافر كل من نشاط التجوية (تكسر الصخور العارية على السطح إلى كتل وشظايا مزوَّاة)، مع الحت الريحي "تذرية" والترسيب النهري حيثُ يقوم كلاهما بحمل ونقل المواد الناعمة عن السطح مخلفة عليه الأحجار التي عجزت عن حملها وتحريكها من أماكنها

- أمَّا إذا كان سطح الصحراء يتألَّف من حصيَّات ورمال مختلفة الأحجام، تهب الرياح لتحمل ما تستطيع حمله من الرمال وتبقي الحصيَّات على سطح الصحراء فيطلق عليها اسم السرير الذي يتميَّز بكونهُ سطح مستوي ينعدم عليه الغطاء النباتي، ويمتد على مساحات كبيرة ومسافات بعيدة تصل إلى (١٠٠- ٣٠٠كم).

الحماد

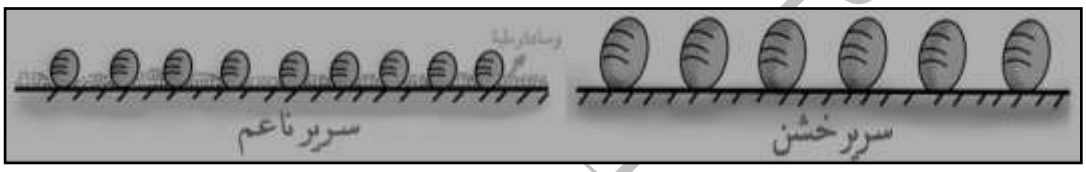
السرير

عمل الرياح في الصحاري - أ. وائل ياسين الشعل



كما ويمكن التمييز بين نوعين من الصحاري الحصوية:

التمييز من حيث:	الصحراء الحصوية (السرير) الخشنة	الصحراء الحصوية (السرير) الناعمة
شكل الحصيَّات	قليلة التكوير	مكوَّرة جيداً



٣- الصحراء الرمليَّة: تنشأ من نتاج مُباشر للنشاط الريحي المُتمثِّل بالتذرية والتراكم الريحي في الظروف المُناخية الحالية السائدة على المناطق الصحراوية، دون أي مساعدة من عوامل أخرى

وتتميز الصحاري الرمليَّة بعدم ثبات مساحاتها عبر الزمن، وانعدام الغطاء النباتي فيها بشكل كامل، إضافة إلى تزويدها الرياح بالرمال (تغذية).

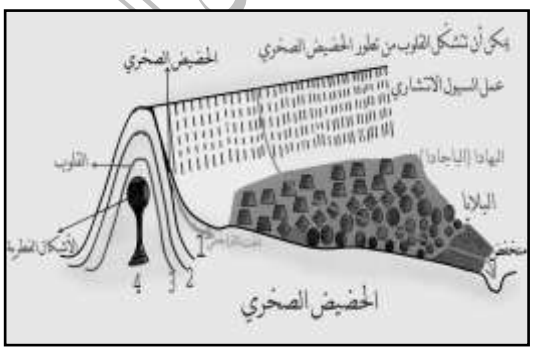
٤- الصحراء الصخريَّة والترابيَّة: تنتشر على المساحات المائدية والمستوية والمُتموجَّة ذات الانحدارات الخفيفة، على هوامش الصحراء.

٥- القلوب أو الانزلبرغ أو السطيلة (تصغير السطل): هي عبارة عن أشكال صحراوية تظهر بصورة تلال مستطيلة منخفضة ذات قمم شبه مستوية وجوانب شديدة الانحدار، وهي ناجمة عن نشاط فعل التجوية للصخور، ومن ثُمَّ تعرَّض المنطقة إلى نهوض ممَّا أدَّى إلى تكسُّر الأجزاء المجواة، وبقاء الأجزاء القاسية على السطح على شكل جبل جزيري (انزلبرغ) "نظرية الانكشاف".

٦- الحضيض الصخري (البيدمنت): وهو عبارة عن أشكال تضريسية تنتشر في المناطق شبه الصحراوية التي تحدث فيها السيول العامل الرئيس في تشكلها حيث تؤدي بواسطة الحت الانتشاري إلى تراجع الصخور القاسية، وعندما يقلُّ الانحدار يؤدِّي إلى بدأ ترسيب الأنقاض التي حملتها السيول على شكل حجارة مزوَّاة كبيرة في البداية ثُمَّ تصغُر كلَّما ابتعدنا عن العائق الصخري، يُطلق عليها اسم البهادا أو الباجادا (توضعات ناجمة عن عمل الحت السيلي)

وفي حال كان السيل مُستمر فإنَّه يؤدِّي إلى تجذيب زوايا الحجارة وتحويلها إلى حُصيَّات تكون كبيرة الحجم في بدايتها (بداية الترسيب) وتصغُر فيما بعد كُلَّما اتجهنا نحو مستوى الأساس (خبرة أو سبخة) ليُطلق على هذه الترسبات اسم البلايا، وبعد ذلك يبدأ الترسيب بالأجزاء الأصغر انتهاءً بمستوى الأساس.

إنَّ تراجع الحضيض الصخري يؤدِّي في النهاية إلى إعطاء شكل تضريسي نموذج من نماذج الصحراء يُطلق عليها اسم القلوب.



٧- التضاريس الحوضية الجبلية الصحراوية:

السبخة: وهي عبارة عن تسمية عربية تُطلق على المنخفضات التي تخلو من النباتات خلوًّا تامًّا، وتكون مُغطَّاة عادةً بقشرة ملحية تُعرف باسم (سولونتشاك)، مثال: سبخة الموح في تدمر.

عمل الرياح في الصحاري - إد. فاتن ياسين

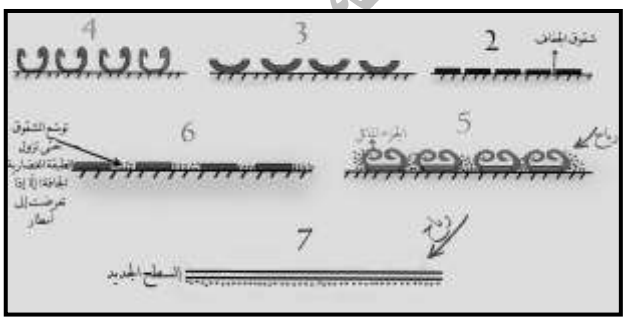
يعود تشكُّل هذا الغطاء الملحي إلى الخاصَّة الشعرية، التي تُعطي في حال وجود الأنابيب الخاصَّة متقاربة من بعضها البعض القشرات الملحيَّة، أمَّا إذا كانت مُتباعدة عن بعضها فتُعطي الزهرات الملحيَّة.

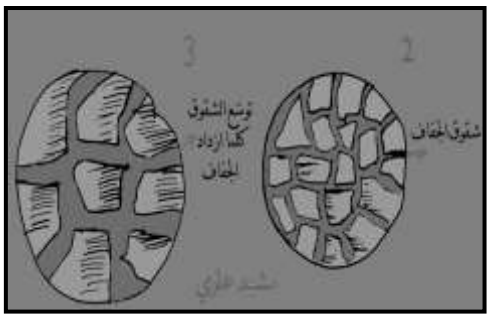
الخبرة: وهي عبارة عن مُنخفض تتجمَّع فيه المياه (مياه السيول).

يعود هذا المُنخفض إلى كونه بحيرة سابقة تشكلَّت نتيجة للعمل الكارستي (مُناخ رطب مطير) تُميِّز هذه المُنخفضات، فتتوضَّع على شكل سافات (حوليات) من الرواسب غُضارية، تتعرَّض لأشعة الشمس ممَّا يؤدِّي إلى تجفاف السطح الغضاري وتشكيل ما يُسمَّى بشقوق الجفاف.

وكُلَّما بعدت فترة التهطال جفَّت الشقوق وازداد اتساعها، ومن ثُمَّ تبدأ المادة الغُضاريَّة التي انفصلت عنها الشقوق بالتجفاف والالتفاف على شكل قرون، هذه القرون لا تستطيع مُقاومة عمل الريح فتُكسر وتبقى فقط الأجزاء المُلتصقة بسطح الخبرة، ممَّا يؤدِّي إلى اتساع الشقوق من الأجزاء المُلتصقة وتعرِّضُها تدريجياً، وتبدأ الرياح بحملها.

وإذا ما تعرَّضت الخبرة لرطوبة ثابتة، تعود الرياح وأشعة الشمس للعمل في السافات اللاحقة بعد إزالة السافات السابقة.





الرياح في الصحاري - أ.د. فاتنة