2. فهم زحف الرمال

يشار إلى أن زحف الرمال يحدث عندما تحمل الرياح حبيبات الرمل التي تتراكم على الساحل وعلى طول المجاري المائية وعلى الأراضي المزروعة وغير المزروعة.

وتبعاً لحركة تراكمات الرمال (الكثبان)، فإنها تدفن القرى، الطرق، الواحات، المحاصيل، حدائق السوق وقنوات الري والسدود، متسببة في اضرار مادية واجتماعية اقتصادية كبرى. ولا بد من ثم من تنفيذ برامج مكافحة التصحر حرصاً على عكس مسار هذه الأوضاع البالغة الخطورة.

وتدعو الحاجة، قبل تصميم مثل هذه البرامج، إلى معلومات عن العوامل والعمليات التي تعزز من تكوين وحركة الكتل الرملية، أي الرياح والتربة.

التعرية بفعل الرياح

الأسباب الرئيسية للتعرية بفعل الرياح هي:

- هبوب رياح شديدة على مساحات واسعة؛
- غطاء خضري متقزم أو متفرق؛
- تربة متدهورة متنقلة وجرداء وجافة.

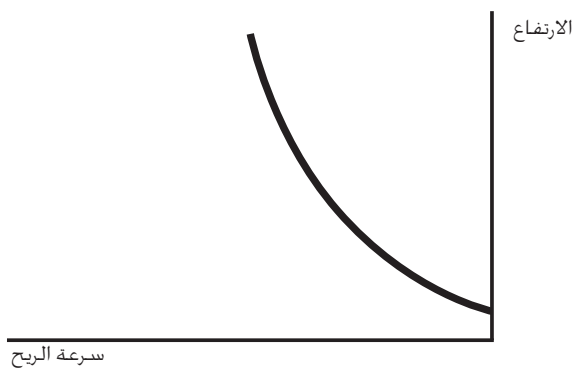
شدة الرياح

العامل الأول الذي يؤثر على إنزياح حبيبات التربة هو إتجاه الرياح وسرعتها ومدتها. عندما تهب الرياح بصورة أساسية من إتجاه واحد فإنها تعرف بالرياح السائدة. وتكون سرعة الرياح صفر عند سطح الأرض، إلا أن قوتها تتزايد مع ارتفاعها عن سطح الأرض، وتتزايد سرعتها على أساس لوغاريتم الارتفاع (شكل 1).

والرياح لا ترفع حبيبات الرمل عن الأرض إلا عندما تبلغ سرعتها على ارتفاع 30 سنتيمتراً فوق سطح الأرض، 6 أمتار في الثانية، مقاسة بجهاز الانيمومتر. وسرعة الرياح عامل أساسي إذ أنها تحدد قوة إزاحة الرمال. وكلما تصاعدت السرعة، زادت القدرة على حمل الرمال.

العامل الثاني هو حجم وكثافة حبيبات الرمل. وأولى الحبيبات التي تنزاح هي التي يبلغ سمكها نحو 0.1 ملم، في حين تتطلب إزاحة الذرات الأكبر رياحاً شديدة.

شكل 1
سرعة الرياح كدالة للارتفاع



المنحنى s = f(h)، وفقا لهينان

المصدر: هينان واخرون، 1960

وتتفاوت طبيعة حركة الحبيبات وفقاً لحجمها (الشكل 2):

- تتدحرج الحبيبات الكبرى أو تنزلق على سطح الأرض في آلية تعرف باسم الزحف. ويتراوح قطر حبيبات الرمل التي تتحرك على هذا النحو، بين 0.5 و2 ملليم تبعاً لكثافتها ولسرعة الرياح. وعندما تبدأ في التحرك ببطء أكثر بسبب التأثير الكابح لكتلة الرمال، تصبح ميكانيكية القفز ممكنة.
- تتحرك الذرات ذات الحجم المتوسط (سمك 0.5 إلى 1.1 ملليم) إلى الأمام في قفزات متتالية فيما يعرف بميكانيكية القفز. وعقب القفز في الهواء، تتساقط هذه الحبيبات إلى الأرض تحت تأثير وزنها؛ وتصل قرابة 90 في المائة منها إلى ارتفاع لا يزيد عن 30 سم، متحركة على الأرض ما بين 0.5 إلى 1 متر في المتوسط. وميكانيكية القفز ذات أهمية حيوية في إثارة التعرية بفعل الرياح.
- الحبيبات الناعمة للغاية، ويبلغ سمكها 5 ميكرون أو أقل، فإنها تطير في الهواء في شكل غبار بفعل تأثير الحبيبات الأكبر. وتظل هذه الحبيبات عالقة في الهواء ولربما حملتها الرياح في شكل سحابة غبار، وكثيراً ما تصل إلى ارتفاع يتراوح بين 3 000 إلى 4 000 متر.

الآليات العامة المصاحبة

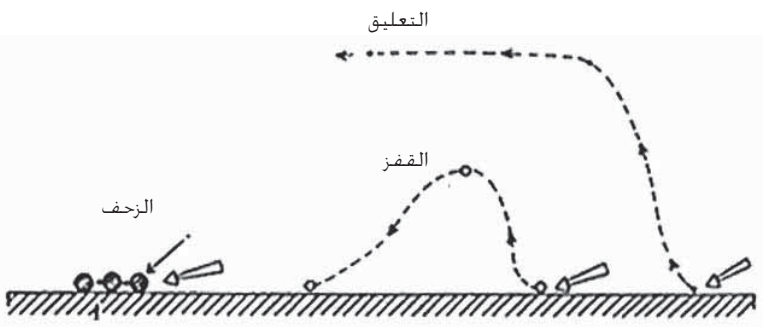
تشكل الحبيبات في حركتها موقع تفاعلات شتى، تتمثل الرئيسية منها في تأثير السقوط والفرز والتآكل.

فتأثير السقوط هو نتيجة القفز. فعندما تتساقط حبيبات الرمل مرة أخرى إلى الأرض، فإنها تتسبب في إزاحة كمية أكبر من الحبيبات، وبالتالي كلما زادت كثافة عملية القفز بفعل الرياح، زاد عدد الحبيبات المتحركة حتى تصل نقطة قصوى أو نقطة التشبع حين تكون الكمية المفقودة مساوية للكمية المكتسبة في لحظة ما. وتتوقف المسافة المطلوبة للوصول إلى نقطة التشبع هذه على مدى حساسية التربة للتعرية: ففي أنواع التربة الهشة للغاية فإنها تحدث على مسافة قرابة 50 مترا، على حين تتطلب أكثر من 1 000 متر في التربة المتماسكة فعلا.

وتتعلق ميكانيكية الفرز بفعل إزاحة الرياح للحبيبات الناعمة والخفيفة تاركة الحبيبات الكبيرة. وتؤدي هذه العملية إلى افقار التربة تدريجيا، لا سيما وأن المادة العضوية المكونة من عناصر صغيرة خفيفة هي التي تنزاح أولا.

التآكل هو هجوم ميكانيكي على سطح الأرض عندما تهب عليه الرياح المحملة بالرمال. وفي المناطق القاحلة فإن التآكل هو السبب في استفحال تعرية التربة ويتبدى في شكل خطوط متوازية أو صقل (تلميع) الصخور.

شكل 2
الطرق التي تحمل بها الرياح الحبيبات



المصدر: ليموين، 1996

حالة الغطاء الخضري

يعمل الغطاء الخضري على الحفاظ على تماسك الطبقة السطحية للتربة، ويحتفظ بالحبيبات، ويقاوم تأثير السقوط ويعد أفضل حماية من التأثيرات السلبية للرياح. ولهذا السبب باتت التعرية بفعل الرياح خطراً يتهدد المناطق الجافة وشبه الجافة حيث يكون الغطاء الخضري الطبيعي (سواء أراضي غابية، دغلية أو عشبية) متفرقاً، متقزماً أو معدوماً، حيث الأمطار قليلة ومتقطعة.

علاوة على ذلك، فإن الحصاد غير المستدام لمثل هذه المجموعات الشجرية ذات النمو البطئ يؤدي إلى تدهور سريع للتربة التي تفتقر إلى الحماية، وبالتالي تكون عرضة لتأثيرات الرياح.

طبيعة وحالة التربة

تنجم التعرية بفعل الرياح عن هجوم الرياح على التربة. وتحدث هذه التعرية عندما تتصف التربة بالسمات التالية:

- متنقلة، جافة مدقوقة إلى حد بعيد (ذات قوام خشن، غنية بالرمل الناعم وفقيرة في الطين والمادة العضوية)؛
- سطح مستو لا توجد به عوائق طبيعية أو اصطناعية؛
- غطاء نباتي متفرق أو معدوم؛
- تغطي مساحة كبيرة تقع في اتجاه مهب الرياح.

وتوجد التربة التي تجففت على مدى فترة زمنية طويلة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة على وجه خاص.

ومن الممكن أن تتفاقم قابلية التربة للتعرية، بالممارسات الزراعية الضعيفة (إزالة مساحات واسعة)، ممارسات الرعي الضعيفة (الإفراط في الرعي مما يؤدي إلى تفكك التربة وتحويلها إلى تراب) والحصاد غير المستدام للغابات، وجميعها تجعل التربة ضعيفة للغاية في وجه تأثير الرياح.

وتتسم التربة في موريتانيا بالعمق والهشاشة عموماً وغالبيتها رملية، حيث توجد في معظمها في مناطق تقل فيها الأمطار السنوية عن 100 مللم.

منشأ الرمال

عندما تحمل التيارات البحرية الرمال حيث تتراكم على طول الساحل بكميات كبيرة، فإنها تشكل كثباناً ساحلية.

أما إذا جاءت من الداخل فإنها تشكل كثبان داخلية، وفي هذه الحالة تكون الرمال غير محلية جاءت من مسافات بعيدة وتتميز بحبيبات يقل قطرها عن 0.05 مللم، أو أنها محلية ذات منشأ محلي ومصدرها تحلل الصخور الجبلية (الحجر الرملي)، تفكك تربة غرينية إثر اندثار الغطاء النباتي، أو من غرين حملته الوديان عقب تعرية أحواض مجمعات المياه بفعل المياه.

وكان الرأي، لزمن طويل، أن زحف الرمال في موريتانيا هو نتيجة مواد جاءت من قريب ومن بعيد. بيد أنه وفقاً لكل من رونييه (1985) وكاتللي (1989)، فإن المادة غير المحلية ليست ذات بال مقارنة مع المادة المحلية.

تأثيرات التعرية بفعل الرياح

على التربة

تحمل الرياح في البداية الأجزاء الناعمة من التربة – الغرين والرمال الناعمة و المادة العضوية، مما يضعف من تركيبة التربة. وتبعاً لتحول التربة إلى تربة رملية بقدر أكبر، فإنها تصبح أكثر ضعفاً في وجه تأثير الرياح وتتقلص طاقتها على الاحتفاظ بالمياه. ويتحول لونها من الرمادي إلى الأبيض، ومن ثم إلى الأحمر بعد تعرضها للفرك وتتفتت الأرض تدريجياً بتكوين كومات مرتفعة صغيرة حول الغطاء النباتي والعشبي أثناء تدهوره. وتصبح الأرض تدريجياً غير صالحة للزراعة.

على الغطاء الخضري

تترك الرياح تأثيرات ميكانيكية وفسيولوجية على الغطاء الخضري.

- ***التأثيرات الميكانيكية:*** تصطدم حبيبات الرمل التي تحملها الرياح بسيقان وأوراق النباتات بقوة تحت إنسجتها. وتتعرى الجذور في المناطق التي أزيحت منها الحبيبات ويتعرض الغطاء

الخضري لخطر الاقتلاع، في حين يدفن هذا الغطاء بصورة مطردة في الأماكن التي تتراكم فيها الحبيبات.

- ***التأثيرات الفسيولوجية:*** تزيد الرياح من معدل التبخر وتؤدي إلى جفاف النباتات، أساساً خلال موسم الجفاف. وطاقة الهواء على إحداث التبخر تناسبية مع الجذر التربيعي لسرعة الرياح. علاوة على ذلك، تتناقص طاقة التربة على الاحتفاظ بالماء، مما يترتب عنه إجهاد مائي وعادة ما تمتص كتلة الهواء الجاف المحيطة أو المتحركة، الرطوبة وتزيد من حدة نقص الماء – وهذا النقص هو العامل الرئيسي الذي يحدد الغطاء الخضري المحلي لأن هذا الغطاء لا بد أن يتكيف مع النقص الشديد في الماء.

التراكمات التي تحملها الرياح

عندما تخف سرعة الرياح فإنها تفقد قدرتها على حمل حبيبات الرمل وحينها تتساقط هذه الحبيبات إلى الأرض. وتتفاوت أشكال التراكمات الرملية تفاوتاً كبيراً تبعاً لشكل الأرض وطبيعة التربة التي تتعدى عليها، ووجود الغطاء الخضري أو عدمه، وحجم حبيبات الرمل.

والأشكال الرئيسية للتراكم والتي توجد في موريتانيا هي، سواتر الرياح، النبقة، الكثبان الهلالية، الكثبان الطولية، التلال الرملية، الكثبان الهرمية، الكثبان المركبة والعروق الرملية.

ساترالرياح

تحمل الرياح حبيبات الرمل فوق سطح صلب منسبط ومستو، حيث تشكل ساتراً رملياً بكثافات مختلفة تعد خطراً مستمراً على القرى والطرق والسكك الحديدية وقنوات الري. وهذا التراكم بسبب الرياح هو مصدر تعدي الرمال السطحي الذي يوجد في كل مكان تقريباً من البلاد، والتي تصبح خطراً حقيقياً بعد تطهير الأرض وحرائق الغابات والإفراط في الرعي.

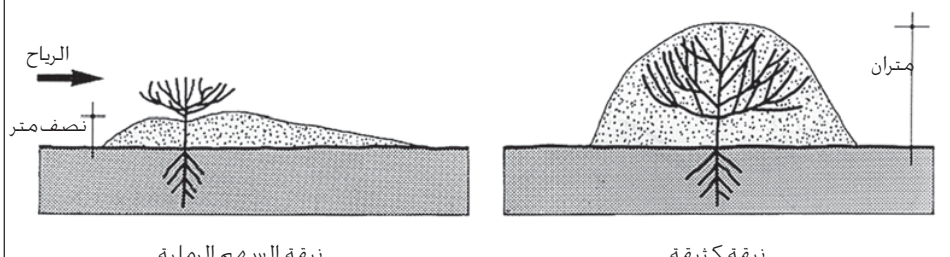
كثبان النبقة

تنشأ هذه التراكمات نتيجة وجود صخرة، نبات أو عائق آخر في وجه حركة حبيبات الرمل المتحركة. وثمة نوعين من النبقة: نبقة السهم الرملية، و هي كثبان صغيرة بيضية الشكل (بارتفاع 50 سم، وطول 150 سم وعرض 40 سم) وتقع في اتجاه الرياح السائدة؛ والنبقة الكثيفة التي تماثل نبقة السهم الرملية، ولكنها قد تصل إلى ارتفاع مترين وبطول 3 إلى 4 أمتار (شكل 3).

الكثبان الهلالية القوسية

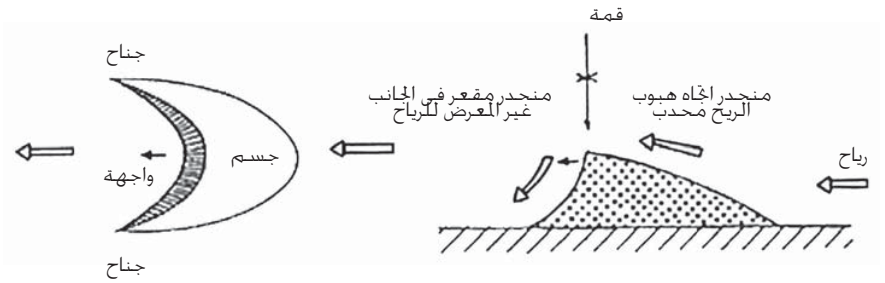
هذه كثبان هلالية الشكل ومحدبة في اتجاه الرياح (الشكل 4). وتتشكل على عدة مراحل: فهي في البداية ساتر رملي، ثم تتحول إلى ساتر هلالي وبعدها إلى كثيب مزدوج، وأخيرا، تصبح كثيب هلالي مكتمل. ولا تبقى الكثبان الهلالية في العادة منعزلة، بل تنضم إلى بعضها البعض لتشكل تراكمات مركبة تتفاوت بين سلاسل كثبان هلالية أشبه بالقطار، كتل كثبان جبلية حقيقية.

شكل 3
النبقة



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

شكل 4
الكثبان الهلالية



المصدر: روشيت، 1989

ج. شديد

كثبان هلالية معزولة

ج. شديد

حقل أو مجموعة من الكثبان الهلالية

ولا بد من توافر ثلاثة ظروف لكي تتحرك تراكمات الكثبان الهلالية: رياح ثابتة من جهة واحدة، مصدر كبير للرمال التي يبلغ سمك حبيباتها من 0.12 إلى 0.25 ملليم في القطر، وسطح صلب منسبط. ونظراً لأن الكثبان الهلاليةغير مستقرة، فهي تكوينات متنقلة تعيد الرياح تشكيلها بصفة مستمرة، فمن الممكن أن تتحرك لعشرات الأمتار في العام.

الكثبان الطولية أو كثبان السيف

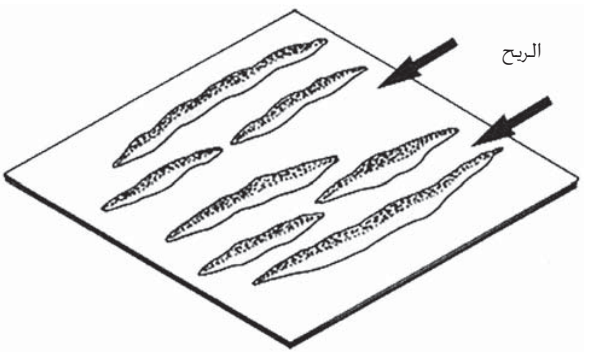
الكثبان الطولية هي تراكمات رملية ممدودة بشكل طولي أشبه بالسيف (شكل 5). وطولها يزيد دائماً ثماني إلى عشر مرات عن عرضها – حيث تصل في المعتاد كيلومتراً إلى كيلومترين في الطول، و50 إلى 200 متر في العرض. وتتجمع أحياناً في تكوينات قد تصل إلى 20–40 كيلومتراً في الطول، كتلك التي توجد في طريق الأمل.

ويحدث هذا النوع من التراكم الذي تكونه الرياح في بيئات قاحلة تتسم برياح سائدة من جهتين (شمالية شرقية وجنوبية غربية، مثلا)، أو رياح سائدة واحدة يتجزأ إنسياب هوائها بفعل عدم انتظام تضاريس الأرض. وتتكون هذه الكثبان بشكل مائل ينحرف عن الاتجاه السائد للرياح. وتحدث حركة الكثبان الطولية من خلال امتدادها تبعاً لإضافة رمال جديدة تحملها الرياح.

التلال الرملية

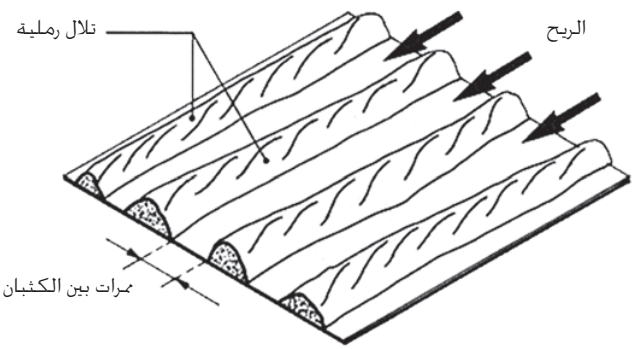
هذه الحافات هي أكوام رملية عريضة تمتد بشكل طولي جنباً بجنب، تفصل بينها ممرات انخفاض (شكل 6). وهي مستقرة عادة ولا تتحرك كثيراً. وتتكون في اتجاه الرياح السائدة، على نقيض الكثبان الطولية، التي تكون مائلة عن الوجهة السنوية المعتادة. ويرتبط فقدان هذه التلال لاستقرارها

شكل 5
الكثبان الطولية



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

شكل 6
التلال الرملية



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

باندثار الغطاء الغابي والعشبي. ويمكن مشاهدة هذا النوع من التكوينات على جانبي طريق الأمل، حيث تمتد هذه التلال من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي.

الكثبان الهرمية أو الغرود

الكثبان الهرمية هي تلال رملية كثيراً ما تكون في شكل لجمة، وقد يبلغ ارتفاعها عدة مئات من الأمتار (الشكل 7). وتنشأ عن هبوب الرياح من جهات مختلفة، وهي عادة مستقرة وغير متنقلة. وعلى ذلك تصبح مصدراً للرمال التي تتكون منها الكثبان الهلالية أو الكثبان الطولية، كما يحدث في ولايتي تانغات وأدرار.

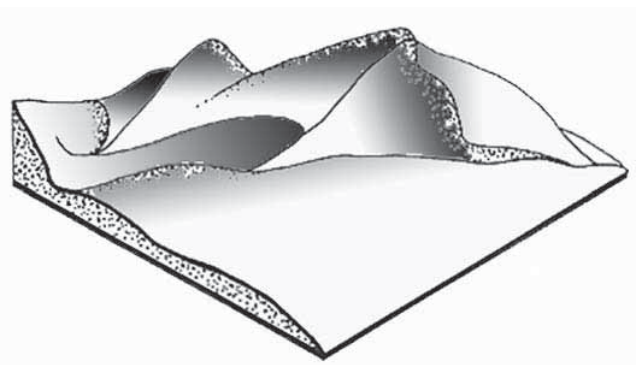
الكثبان المركبة (المتداخلة)

يوجد هذا النوع من التكوينات في ولايتي إنشيري وأدرار، وتكون في شكل مركب من الكثبان المتداخلة (شكل 8).

العروق الرملية

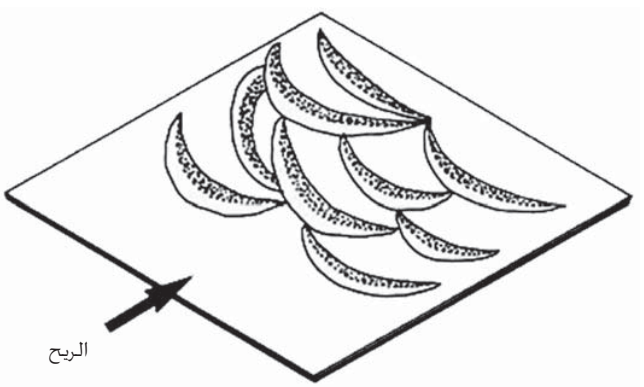
العروق الرملية هي مساحات شاسعة تغطيها الكثبان. وهذا النوع من التكوينات بالغ القدم (000 15 إلى000 20 سنة) وتتميز بالاستقرار. كما أنها لا تشكل أي خطر على المناطق الخضرية والطرق أو المحاصيل.

شكل 7
الكثبان الهرمية



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

شكل 8
الكثبان المركبة (المتداخلة)



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

تحديد المواقع التي غطتها الرمال

الملاحظة الميدانية

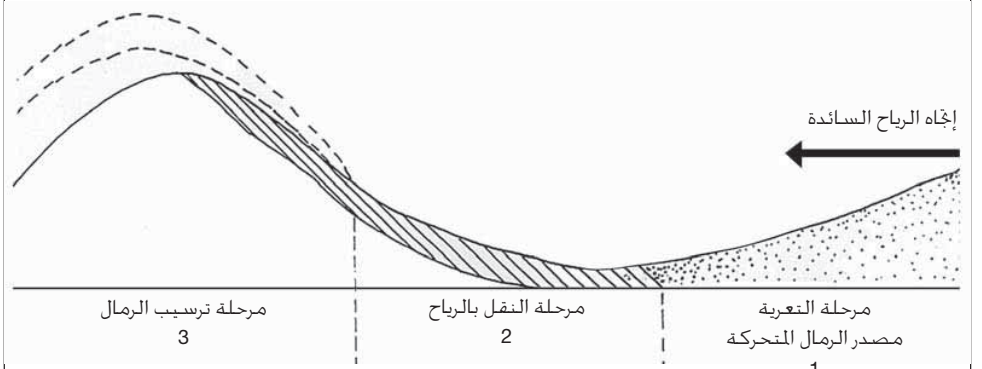
ينبغي، عندما يهدد زحف الرمال موقع ما، التحديد المتأني لمصادر الرمال ومناطق نقلها وقطاعات تراكمها (شكل 9).

مصادر الرمال قد تكون محلية أو خليطاً (محلية وغير محلية). كما أن منشأ الرمال قد يكون جراء تدهور الغطاء النباتي والكثبان العتيقة التي استأنفت حركتها، أو مادة حالية مصدرها انتشار السيول ومصاطب غرينية أو وديان. وعندما يتم تحديد الموقع ونطاق مصادر الرمال على وجه الدقة، يتسنى حينها تحديد أفضل تقنيات التثبيت التي ينبغي اتباعها.

مناطق النقل هي المساحات التي تتحرك فوقها الرمال من خلال القفز والتدحرج مخلفة وراءها أثر مرورها في شكل سواتر رياح أو نبقات. ويبين إتجاه هذه الآثار اتجاه حركة الرمال نحو مناطق الترسيب.

قطاعات التراكم أو مناطق الترسيب هي كتل رملية كبيرة، مثل الكثبان الهلالية، الكثبان الطولية والتلال الرملية. وتتحول هذه الكتل إلى جبهات كثبان عندما تعترض مسارها عوائق. وتعني قمم هذه الجبهات أنها تشكل مصائد للرمال والتي قد يصل ارتفاعها إلى عدة أمتار وقادرة على دفن كل شيء في طريق حركتها. كذلك تشكل قطاعات التراكم كتلاً كبرى من المادة الرملية التي يمكن أن تحملها الرياح وتكتسح مواقع أخرى.

شكل 9
ديناميه زحف الرمال



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 1988

مناطق الإنخفاض ومناطق النقل

ج. شديد

رسم خرائط المناطق التي غطتها الرمال

يتوجب مسح المناطق التي غطتها الرمال ورسم خرائطها وفقاً لأحداثيات جغرافية دقيقة. وستبين الدراسات اتجاهات زحف الرمال، موقع قطاعات ترسيب الرمال وأنماط المعالجة الملائمة.

ولقد جرى مسح المواقع التي غطتها الرمال في شتى الولايات في موريتانيا، وجرى رصدها عام 1990 في خريطة عامة لبرنامج مكافحة التصحر المتعدد القطاعات. وتتاح هذه البيانات لدى دائرة حماية الطبيعة التابعة لوزارة البيئة والتنمية المستدامة.

أنماط المعالجة

من الضروري، بغية تثبيت الكثبان المتنقلة، دراسة تركيبة وخصائص الرمال، شدة الرياح وتكرارها ووجهتها، وكميات الأمطار وفترتها وتكرارها، ووجود الغطاء النباتي الطبيعي على الكثبان أو عدم وجوده.

ويتمثل المبدأ الأساسي لتبيت الكثبان المتنقلة في الحيلولة دون انتقال الرمال لفترة زمنية طويلة بشكل كاف ليتسنى إستيطان الغطاء الخضري الطبيعي أو المزروع. وإذا أريد مكافحة زحف الرمال، فلا بد من الحد من قفز الحبيبات، سواء عن طريق تثبيت التربة أو تخفيض سرعة الرياح قرب سطح الأرض. كما يمكن استخدام سرعة الرياح في تقنيات لإدارة كتل الرمال والكثبان، إذ أن الرياح عند هبوبها بسرعة تزيح الرمال، مما يزيل الرمال من المناطق التي غطتها. من جهة أخرى، فإنها تسقط هذه الرمال عندما تخف سرعتها. واستناداً إلى هذين المبدأين العامين، يمكن تمييز نمطين لتثبيت الرمال.

ينطوي التثبيت الأولي على تثبيت ميكانيكي لكتل الرمال بتخفيض سرعتها وحركتها، أو من طريق تلافي تكوين هذه الكتل من خلال:

- إقامة اسوار أو سياجات أو حواجز من الأغصان عمودية على اتجاه الرياح السائدة؛
- نشر مادة يمكن أن تغطي التربة على نحو متجانس(طبقة عضوية)؛
- تشكيل عائق للمحافظة على سرعة الرياح أو زيادتها، وهي تقنية تزيد من طاقات تحريك الرمال ونقلها.

وينجز التثبيت النهائي أو الحيوي بإنشاء غطاء نباتي غابي و/أو عشبي دائم وحمايته (بذر مرج أو بذر مباشر، التسييج، تعيين حراس دائمين).