الاكتساح والنحت
بواسطة الرياح

للدكتور جوده حسنين جوده

١ ـ تطور البحث فى تاثير الرياح على سطح الأرض وفى الصحارى :

فى النصف الثانى من القرن الثامن عشر أشار De Luc (١٧٧٦) إلى أهمية الرياح فى حمل الغبار ؛ وعالج هذه الظاهرة أيضاً Elie de Beaument (١٨٤٥) ، واعتبر الرياح من أهم عوامل النقل . وقد أشار كل من Virlet d'aoust (١٨٥٨) و Bravard (١٨٥٧) لأول مرة إلى أهمية تراكم الغبار فى تشكيل سطح الأرض . وقد استطاع Blake (١٨٥٥) أن يكتشف أهمية الرياح كعامل نحت ، ومن بعده استمر Gilbert (١٨٧٤) فى دراسة تلك الظاهرة . وكان O. Fraas (١٨٦٧) أول من شاهد عملية تشقق الصخور بفعل الذبذبة والتفاوت فى درجات الحرارة ؛ كما أشار إلى تكوين القشور الصلبة . .

وفيما يختص بالصحارى عموماً فقد وصف E. Desor (١٨٦٤) الصحراء الكبرى ، واستطاع أن يميز بين الصحارى الهضبية أو صحارى الحمادا Hamada ، وصحارى التعرية (البخا ، الجوف الحفرا ، الداجا ، الشط) والصحارى الرملية (الأرج Erg أو Areg) كأنماط من طبيعة الأرض الصحراوية . وقد تمسك هذا الباحث بنظرية الرحالة القدماء (هيرودوت و اراتوستينيس وديودور ، وسكيلاكس وبطليموس) التى كانت تعتبر الصحارى قيعاناً لبحار قديمة . أما Pomel (١٨٧٢) فقد عارض تلك النظرية التى عاد فعضدها من بعده Pélagaud (١٨٨٠) ، ولكن O. Lenz (١٨٨١) عارضها ثم استطاع K. V. Zittel (١٨٨٣) أن ينقضها من أساسها بأبحاثه الجيولوجية والباليونتولوجية فى الصحراء الليبية . وقرر أن مظاهر التضاريس الصحراوية إنما تدين بوجودها

وتكوينها إلى تضافر تأثير الجو والمياه العذبة لا إلى تأثير الأمواج . ولكنه حدد تأثير الرياح بقوله أنه يرى تأثير الرياح الحقيقى فى تكوين الكثبان وتوزيع وتنظيم الرمال ؛ أما الجافات الشديدة الانحدار والأراضى الصخرية والأودية الجافة التى رآها فى الصحراء فهى فى رأيه أدلة قاطعة على النحت بواسطة المياه .

وقد درس V. Richthofen (١٨٨٧) تأثير الرياح دراسة مستفيضة فى كتابه عن الصين ، وتبلورت أبحاثه وأفكاره فى نظريته عن تكوينات اللويس Loess

وقد تقدمت الأبحاث فى جيومورفوجية الصحارى وتأثير الرياح بعد ذلك بفضل مجهودات وأبحاث E. Kaiser و Passarge و Johannes Walther

٢ - مجالات تأثير الرياح :

الرياح ظاهرة عالمية تنتشر فى كل أرجاء الأرض ، لكنها لا تأتى كعامل مشكل لسطح الأرض إلا حيث تسود المحولة والجفاف ، فهنا يصبح لتأثير الرياح أهمية جيومورفوجية كبيرة . فالغطاء النباتى يكسر حدة احتكاك الرياح ويحمى التربة - إن لم يكن كلية فالى حد كبير - من تأثير الرياح (أنظر R. Geiger ١٩٤٢ ص ١٠٠ وما بعدها) . وعلى العكس من ذلك نجد أن عمليات الحفر وقلب التربة وحرمان الأرض من نباتها وتدخل الانسان والحيوان فى تدمير النبات ، كل ذلك يلائم عمليات التعرية الهوائية .

وعلى هذا نجد مناطق معينة تتميز بتأثير واضح للرياح هى (O. Maull ١٩٥٨ ص ٤٠٤) :

١ - المناطق الفقيرة فى نباتها والخالية من النبات حيث يسود الجفاف ، أى مناطق الصحارى والاستبس وغيرها من الأراضى شبه الجافة .

٢ - سواحل البحار وبعض البحيرات .

٣ – الأراضى الحصوية النهرية والشطوط الرملية للأنهار التى تخلو من النبات ، ويدخل ضمن هذه بعض الأراضى الفيضية .

٤ – المدرجات الجبلية الفقيرة فى النبات أو الخالية منه .

٥ – الأراضى البركانية الحديثة .

٦ – الأراضى الجليدية .

٧ – الطرق والأراضى الزراعية التى تخلو فترة من النبات (الشراقى)

وعلى العكس من ذلك لا تمارس الرياح أى تأثير واضح فى الأراضى التى يغطيها غطاء نباتى كثيف وفى الأراضى الزراعية (عدا ما ذكر منها تحت رقم ٧) . وأيضاً نجد أنه فى المناطق تحت رقم ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ تتدخل عوامل أخرى يندر معها تكوين أشكال مورفولوجية من تأثير الرياح .

٣ – قوة الرياح :

من الممكن تعيين قوة الريح – كقوة الماء – بالقاعدة الآتية :

$\frac{ك \times س^2}{2}$ باعتبار حرف « ك » دالا على كتلة الهواء المتحرك وحرف « س » دالا على سرعة الريح . وسرعة الرياح فى معظم الأحيان أكبر بكثير من سرعة المياه .

وتبلغ سرعة الرياح فى الجبال الشاهقة وعلى السواحل بين ٧ – ١٠ متر فى الثانية كمتوسط سنوى . ففى فالينتيا Valentia (جنوب ايرلندا) تبلغ سرعة الرياح ٧.٤ متر فى الثانية كمتوسط سنوى ، وفى مرتفعات سينتس Saentis (جبال الألب – ارتفاعها ٢٤٤٠ متر) ٧.٧ متر وفى سون بليك Sonnblick (ارتفاعها ٣١٠٠ متر بجبال الألب) تبلغ سرعة الريح ٧.٥ متر كمتوسط سنوى . أما فى بايكس بيك Pikes Peak (مرتفعات الروكى) فيصل المعدل السنوى لسرعة الرياح إلى ٩.٢ متراً فى الثانية . وتزداد سرعة الرياح على القمم المنعزلة التى يحيط بها فضاء واسع

حتى ولو كانت قليلة الارتفاع ؛ ففى مونت واشنجتن Mount Washington فى شمال مرتفعات الأبلاش يبلغ المعدل السنوى لسرعة الرياح ١٥ مترا فى الثانية على الرغم من أن ارتفاعه لا يزيد عن ١٩٥٠ متراً . ويمكن القول عموماً أن سرعة الرياح تشتد فى الأراضى الداخلية كلما ارتفعنا ؛ ففى أراضى منطقة ناوين Nauen غربى برلين تبلغ سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر ٣,٢٩ م/ثانية ؛ وعلى ارتفاع ١٦ م تبلغ سرعة الريح ٤,٨٦ م/ثانية ؛ وعلى ارتفاع ١٦ م تبلغ سرعة الريح ٤,٨٦ م/ثانية ، وعلى ارتفاع ٣٢ م يبلغ المعدل السنوى لسرعة الرياح ٥,٥٤ م/ثانية .

ويشتد تأثير الرياح على الخصوص عندما تبلغ سرعة الرياح نهاياتها العظمى . ففى مرتفعات Saentis وصل المتوسط اليومى لسرعة الرياح ٣٢,٣ متراً فى الثانية ، بل قد بلغت السرعة ٤٦,١ متراً/ثانية ، ويحدث ذلك على الخصوص فى بعض أيام وسط الشتاء . وفى مدينة « زيوريخ » تصل النهاية العظمى لسرعة الرياح أحياناً إلى ٢٤ م/ثانية .

وعلى الرغم من أن سرعة الهواء المتحرك تفوق سرعة المياه الجارية بكثير ، الا أن الهواء أقل كثافة من المياه ودونها فى كتلها (ك) المتحركة ، وبالتالى فأن قوة الهواء المتحرك أضعف من قوة المياه الجارية . ولا يعتمد تأثير الرياح على كتلة الهواء وإنما على سرعته فى مكان التأثير . وعموماً لاتتحرك الرياح فى مسار ضيق محدود كما هى حال مياه نهر ؛ ولكنها تهب على مساحة كبيرة فتصقلها . وتلائم نفسها بالبيئة الجديدة التى قد تتميز باختلاف فى طبيعتها ، وتباين فى ارتفاعها . وتتفوق الرياح على الجليد المتحرك والمياه الجارية فى قدرتها على مقاومة الجاذبية الأرضية ؛ فهى تتحرك صعدا إلى قمم المرتفعات وتهبط إلى أسافلها ؛ وهى فى مسارها لا تتقيد بانحدار معين ولهذا لا يمكن تلبية الطبيعية التى تشكلها الرياح أن تظهر فى صورة بيئة الأودية ، ولكنها تتطور إلى مظهر البيئة الجوضية ، وعندما يمر التيار الهوائى بعوائق فأنه يحتجز أمامها ، فيزداد عنفاً ، بينما يتوزع فى ظهرها فتضعف قوته . ومع هذا فأن قوة الرياح الهابطة تشتد فيما وراء العقبة

خاصة إذا كان الانحدار شديداً ، ويزداد تأثيرها كلما كبرت زاوية الانحدار .

ويصبح دوام تأثير الرياح دون تأثير المياه الجارية فى الجهات التى تهب عليها الرياح بانتظام . فتأثير الرياح يتغير بالتباين فى قوتها وفى اتجاهاتها وفى تكرر هبوبها . ويزداد تأثيرها عندما تهب على دفعات وفى شكل هبات مختلفة السرعة ، وكثيراً ما تتدخل مظاهر التضاريس فى إعاقتها أو فى تغيير اتجاهاتها ؛ وكثيراً ما تحدث الخطأ فى تمييز الجانب المقابل للرياح من الجانب المظاهر لها . وإلى جانب التيارات الهوائية السطحية السائدة ، هناك التيارات الصاعدة أو الدوامات التى تمتاز بقدرة كبيرة على الامتصاص صعداً .

ولا تستهلك الرياح قوتها فى الهبوب فحسب ، وإنما تقوم أيضاً بالنقل هبوطاً وصعوداً (E. E. Free ١٩١١) . وذرات المواد التى تحملها الرياح هى التى تصنع « اغبرار الجو » ؛ «والجو المغبر » كالماء العكر من تأثير ذرات المواد الدقيقة العالقة بهما .

وتتوقف مقدرة الرياح على النقل على سرعتها ، وذلك حينما تظل كتلة الهواء المتحرك ثابتة . وقد أجريت عدة تجارب لتعيين مقدرة الرياح على النقل مع اختلاف السرعة وباستخدام رمال من الكوارتز وكانت النتائج كالآتى (J. Thoulet ١٩١١ ؛ وأنظر أيضاً Sokolo ١٨٩٤ وBagnold ١٩٤١) :

	قطر الحبيبات بالمليمتر	سرعة الرياح متر / ثانية
رمل بالغ الدقة	٠ر٠٣	٠ر٢٥
	٠ر٠٤	٠ر٥٠
رمل دقيق جدا	٠ر١٢	١ر٠
رمل دقيق	٠ر٢٥	٣ر٠
	٠ر٣٢	٤ر٠
رمل متوسط	٠ر٦	٧ر٤
رمل خشن	١ر٠٤	١١ر٩

وتتحكم أيضاً فى كمية ما تستطيع الرياح نقله عوامل أخرى تختص بالحبيبات نفسها كشكل الحبيبة وموضعها ، إذ تزداد مقدرة الرياح على تحريك الحبيبات والذرات التى تتميز بشكل غير منتظم .

وتستطيع عواصف الغبار وزوابع الرمال أن تنقل ما تحمله الهواء من مواد دقيقة عبر مسافات شاسعة قد تصل أحياناً إلى عدة آلاف ومن الكيلو مترات L. Wittschell ١٩٣٠ ، Rodewald ١٩٣١ . هذه العواصف والزوابع تهب من الصحراء الكبرى ، إذ تثيرها انخفاضات جوية تتحرك على طول حواف الأقاليم الجافة ، وتلك هى العواصف التى أطلق عليها « تسيستلر Zistler (١٩٢٦) » اسم السيروكو Scirocco . ومثال تلك العواصف ماهب منها فى يوم ٩ - ١٢ مارس سنة ١٩٠١ فقد استطاعت تلك العواصف أن تنقل غبار الصحراء الكبرى الأفريقية إلى شمال القسم الأوسط من أوربا . وقد قدر وزن ما سقط منها من غبار فى شمال أفريقيا بـ ١٥٠ مليون طن مترى . وفى إيطاليا ١.٣١٤ مليون طن ، وفى النمسا والمجر ٣٧٥ ألف طن ، وفى شمال ألمانيا — ٩٣ ألف طن (أنظر Hellmann و Meinardus ١٩٠١) . وفى شهر فبراير سنة ١٩٠٣ هبت عاصفة ترابية أعنف ، أسقطت على أراضى غرب ووسط أوربا غبارا تقدر وزنه بعشرة ملايين من الأطنان (Herrmann١٩٠٣) ولا تتميز الصحراء الكبرى وحدها بظاهرة العواصف الترابية ، فهناك جهات كثيرة من أنحاء العالم تعرف زوابع الغبار وتعانى منها كشبه الجزيرة العربية والعراق وإيران والقسم الداخلى من قارة آسيا حيث تنشأ فيه الزوابع التى تهب على الصين (أنظر Guppy ١٨٨١ و Harrington ١٨٨٦ و Richthofen ١٨٧٧) ؛ وعدا هذه المناطق هناك أيضاً شمال غرب الهند (Baddeley ١٨٩٩) واستراليا (Noble ١٩٠٤) . ولا يقتصر حدوث تلك العواصف فى المناطق الصحراوية فحسب ، بل نصادفها أيضاً فى الجهات شبه الصحراوية ، فى أراضى الاستبس كما فى جنوب أفريقيا والسودان (تهب نحو خليج غينيا) ، وأراضى الاستبس الروسية ، وفى برارى أمريكا الشمالية ، وتتولد هنا على الخصوص فى أراضى الغرب الجافة .

ويتكرر سقوط الغبار الآتى من الصحراء الكبرى فى أراضى وسط أوربا كثيراً ، وهو — عدا المثالين السابقين الواضحى التأثير — يظهر هناك فى شكل ثلج ملون ؛ إذ يختلط بالثلوج المتساقطة فيخلع عليها لونه . ففى سنة ١٩٠٦ (٢٢ — ٢٣ مارس) تساقط ثلج مصفر اللون على مرتفعات الألب الشرقية فى جنوب النمسا وشمال إيطاليا (الألب الكارنية Carnic Alps) وفى سنة ١٩١٦ (٩ مارس) تساقطت ثلوج حمراء اللون على منطقة شتاير مارك Steiermark قرب جراتس Gratz بالنمسا . وفى سنة ١٩٣٦ (٢٨ فبراير) تلبدت سماء المنطقة السالفة الذكر بسحاب أصفر اللون ما لبث أن تساقطت منه ثلوج غزيرة صفراء اللون . وبعد مرور بضعة أيام من ذلك التاريخ انهمر مطر أصفر اللون على معظم الأراضى السويسرية . وقد تكرر حدوث هذه الظاهرة ست مرات فى مدى عام واحد (حتى ٢٤ مارس سنة ١٩٣٧) وشملت معظم مرتفعات الألب .

وعدا الغبار الذى يتكون من ذرات دقيقة ، تستطيع الرياح أيضاً أن تحرك مفتتات صخرية وحصى يصل فى حجمه إلى حجم بيض الدجاج . فالرياح إذن تمتاز بقدرة على النقل من موضع والارساب فى موضع آخر .

٤ — الاكتساح والنحت بواسطة الرياح :

تعتبر عملية التعرية بواسطة الرياح عملية مزدوجة تساهم فيها ظاهرتان يصعب تحديد أيهما أقوى تأثيراً . فعملية الاكتساح Deflation أو Ausblasung بواسطة الرياح تؤدى إلى حمل ودفع وإزالة المواد الصخرية الهشة من غبار ورمال وحصى ذى حجم معين . أما عملية النحت Corrosion فتتم بواسطة انقضاض الرياح المحملة بالمفتتات الصخرية التى تتحول إلى عواصف رملية تقوى على مسح الصخور وبريها وصقلها ، كما تستطيع نحر الصخر وحفره وتكوين كهوف وثقوب وخطوط غائرة . هاتان الظاهرتان — الاكتساح والنحت — تتأبان فى العمل وتتناوبان التأثير فى الصخر ، وبهما يتم تأثير الرياح كعامل تعرية . فحينما ترقى عملية الاكتساح — بما ترفعه وتحمله من حطام صخرى — إلى مرتبة النحت ، تبدأ عملية النحت فى تفكيك صخرى

وتفتيته وإعداده للاكتساح ، ثم يبدأ النحت من جديد . ولهذا فأن طبيعة الصخر عامل من العوامل الهامة التى تتوقف عليها قدرة تأثير كل من الاكتساح والنحت . وهناك خلاف بين الجيولوجيين والجيومورفولوجيين فى تقييم قدرة كل من الاكتساح والنحت على تشكيل سطح الصحارى . فيرى كل من والتر J. Walther (١٨٩١ و ١٩٠١ و ١٩٢٤) الذى درس التعرية الهوائية فى صحراء حلوان، وشفينفرث Schweinfurth (١٨٩٦) وكايزر E. Kaiser (١٩٢٣ و ١٩٢٦ و ١٩٢٧) الذى قام بأبحاثه فى صحراء ناميب Namib (أنظر الخريطة فى نهاية البحث) أن عملية الاكتساح أهم وأبعد أثراً واليها يرجع الفضل فى تكوين الأشكال الكبيرة فى الصحراء . بينما يعمل النحت على تكوين الأشكال الصغيرة فقط . ويعتقد هذا الفريق من الباحثين أن النحت بواسطة الرياح يقتصر تأثيره على الأراضى البالغة الجفاف والمحولة ، بينما يشمل تأثير الاكتساح مجالات أوسع رقعة وامتداداً .

وقد عارض بسارجى Passarge (١٩٠٩ و ١٩٢٤ و١٩٢٦ و١٩٣٣) هذا الرأى وقال إن صحراء ناميب نظراً لغناها بالرمال لا تصلح أساساً لمثل هذا التفسير ؛ وبناء على أبحاثه الجيومورفولوجية فى الصحارى المصرية ، استطاع أن يميز من خلال دراسته لمختلف العمليات التى تتم بناء على التباين فى طبيعة الأرض ، بين الدور الذى تقوم به عملية الاكتساح والدور الذى تقوم به عملية النحت . ففى الصحراء الشرقية التى تخلو من الرمال ، وتتميز بأرض تختلط فيها الغبار بالأملاح ، يوجد فيها الحطام الصخرى أسفل غشاء أو قشرة ملحية رقيقة لا يتعدى سمكها ملليمتراً واحداً ؛ وهى من الرقة بحيث يستطيع الاصبع اختراقها بسهولة ؛ وتوجد تحت تلك القشرة مواد دقيقة الحبيبات ترابية هشة من السهل تحريكها ، وتختلط بها بعض الحبيبات الخشنة . وعلى الرغم من وجود تلك المواد الهشة فأن الرياح لا تقوى على اكتساحها ، ويرجع ذلك لانعدام وجود رمال ، وبسبب وجود القشرة الملحية الرقيقة التى تحمى تلك المواد الدقيقة من تأثير الرياح . ويتضح تأثير

هذين العاملين حتى عندما تهب العواصف الشديدة ، إذ أن الجو يبقى نظيفاً خالياً من الغبار . هذه القشرة الملحية تماثل فى تأثير الجاف ما يسمى بالغشاء الترابى الذى وصفه Mortensen (١٩٢٩و١٩٥٠) فى صحراء شيلى (أنظر أيضاً Blanck ١٩٣١) كما شاهده ووصفه Brandt (١٩٣٢) و Passarge (أنظر المراجع السابقة له) فى صحارى مصر ؛ هذا الغشاء يمثل قشرة متصلبة لا يزيد سمكها عن بضع ملليمترات قليلة ، ويتركب من الغبار الهش غير المتماسك الذى يوجد أسفله . ويبدو أن هذا الغشاء قد تكون نتيجة لتعرض الأتربة لرطوبة عرضية أعقبها تبخير سريع فتماسكت وتلاحمت وتصلبت . وشبيه بهذه القشرة الرقيقة الكلسية التى تتكون عادة فى أراضى الاستبس ، والتى تغطى الأرض الجافة التى تحتوى على نسبة من أملاح الكلسيوم . ومثله أيضاً ما يحدث فى أراضى العروض المعتدلة إذ تجف التربة السطحية فى شكل قشرة صلبة . ولا يقتصر وجود تلك الظاهرة فى صحارى مصر وصحراء أتكاما Atacama فحسب ، بل توجد أيضاً فى الصحراء الجزائرية ، وفى الجهات الغربية الجافة من أمريكا الشمالية حيث استطاع راسيل J. C. Russell (١٨٨٩) أن يتعرف عليها فى حوض نهر «سنيك» Snake . وفى صحراء مصر الغربية حيث يتوفر وجود الرمال مع وجود الأراضى التى يختلط فيها الغبار بالأملاح . تستطيع الرياح أن تقوم بوظيفتى الاكتساح والنحت ، إذ تتوافر لديها معاول الهدم وهى الرمال . فالرياح هنا تستطيع بما تحمله من رمال أن تمزق الغشاء الملحى المتصلب ، وتنفذ إلى ما تحته من غبار فتذريه ، وسرعان ما يغير الجو حتى ولو كانت الريح ضعيفة ، وتهب على الصخور فتصقلها وتبريها وتخلع أشكالا جديدة وفى منطقة بحيرة قارون باقليم الفيوم نجد أمثلة حية واضحة للتعرية الهوائية سواء حيث توجد الرمال أو حيث ينعدم وجودها . ففى نطاق يتكون من « مارل » رملى (يحتوى على كربونات كلسيوم) ينتمى للعصر الكريتامى يمتد على طول شاطىء البحيرة الشمالى مسافة تصل إلى حوالى عشرين كيلومتراً بعرض يتراوح بين ٥ — ٨ كم ، استطاعت الرياح أن تنحت وتكتسح

من الأرض ما بلغ سمكه بين ٨ — ١٠ م منذ العصر البطلمى ، وحولت أرض النطاق إلى أشكال التلال الصخرية الطولية والأخاديد « الهوائية » أما فى جزيرة القرن التى تقع فى قلب البحيرة والتى تخلو من الرمال فتتكون أرضها من تربة بنية قديمة ، شاهد مثلها بسارجى Passarge (١٩٣٣) فى صحراء حلوان ، وعاد بنشأتها إلى عصر البليوستوسين . وقد غطت حواف الجزيرة من الطين البحيرى تعلوها قشرة متماسكة تحميها من تأثير الرياح .

وقد لاحظ « ماول Maull (١٩٣٢ و ١٩٥٨) من مشاهداته وأبحاثه فى شمال الصحراء الكبرى الأفريقية اضمحلال تأثير الرياح فى المناطق التى تحميها مثل تلك القشور الملحية أو الترابية الرقيقة . وفى منحدرات الشواهد Zeugen والجبال الجزيرية Inselberge التى تتركب من طبقات متعاقبة من صخور رملية وطفل جيرى (مارل) ورمال والتى تقع إلى الغرب من واحات توغورت (فى الجزائر) نجد أن الطبقات الصلبة تبدو معلقة إذ قد أزالت الرياح بما تحمله من رمال وغبار يتوافر فى الاقليم ما تحتها من طبقات هشة (شكل ٢ ، ٣ ، ٤) مثل تلك الأشكال لا نجدها فى منطقة قريبة (فى هضبة المزاب Mzab) تتألف من صخور جيرية كريتاسية يعوزها وجود الرمال .

وتعمل القشور السطحية بأنواعها المختلفة ومنها القشور الجيرية على حماية الأرض وإضعاف تأثير الرياح فيها ، ولكنها لا تستطيع أن تمنع هذا التأثير تماماً . وهذا يتوقف أولا وأخيراً على حمولة الرياح من الرمال . ففى المناطق العامرة بالرمال تصبح عملية النحت قوة فعالة فى تشكيل سطح الأرض رغم وجود القشور المتماسكة . أما عملية الاكتساح Deflation وحدها فلا تستطيع تكوين أشكال مورفولوجية إلا حيث تتوافر المواد الهشة العارية من كل حماية . ولا يشك فى الأهمية الجيومورفواوجية لعملية الاكتساح ، فهى المسئولة عن رفع كميات هائلة من الغبار فى شكل عواصف

ترابية وإن كانت عملية النحت Corrosion تساعدها وتشد من أزر أثرها فى البداية .

٥ ـ الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن فعل الرياح كعامل تعرية (اكتساح ونحت) :

مما لا شك فيه أن الأشكال الجيومورفولوجية التى نشاهدها فى المناطق التى يسودها تأثير الرياح قد أصابها الكثير من فعل التعرية المواثية أكثر مما فى الجهات الأخرى التى لا نعدم أن نجد لها مثيلا فيها . وهذه الأشكال لم تتحول وتتخذ صوراً جديدة ، ولهذا لا يمكن اعتبارها أشكالا مثالية للتعرية المواثية ، بل تذكر فى معرض دراسة سمات البيئة المورفواوجية للصحارى ولهذا تبدو الأشكال المثالية الناجمة عن تعرية الرياح قليلة نوعاً . ونظراً لتداخل وتعاون عمليتى الاكتساح والنحت فأنه يصعب بل يستحيل أحياناً التفريق بين الأشكال التى تدين بنشأتها لفعل هذه أو تلك .

ومن بين الأشكال الهامة التى يتضح فيها تأثير التعرية المواثية ما يطلق عليه باللغة الألمانية Windkanter أو Fazettengeschiebe وبالفرنسية Cailloux façonnés وبالانجليزية Ventifacts(١) (made by wind) أو Wind Cut Pepples وهى على الرغم من أنها أشكال متناهية الصغر إلا أن وجودها فى مكان ما يدل على أن صقل الرمال كان أو ما يزال دائباً فى العمل (شكل ٥)

وهى عبارة عن حصى أو قطع من الصخر تمزقت منه بتأثير القفز ، وتعرضت لانقضاض هبات الرمال فترة طويلة ، فنشأ عن ذلك برى وصقل أحد جوانبها ، وتعرف حينئذ بذات الوجه أو الجانب الواحد Einkanter الذى تتعامد حافته مع اتجاه الرياح . وحين يتغير وضع قطعة الصخر

(١) أطلق الاسم على هذه الأشكال ليدل على أن الرياح هى التى صنعتها أو شكلتها ، وقد أوحت إلى هذه التسمية الأشكال الحجرية التى كان يصنعها الإنسان فى العصور الحجرية القديمة Artifacts (أنظر ص ٤١٠ من كتاب Maull ١٩٥٨)

أو الحصوة لسبب أو لآخر ، كأن تدور أو تنقلب بفعل قوة هبوب الرياح يتعرض جانب ثان ثم ثالث .. لهبوب الريح المحملة بالرمال ، فتتكون عدة أوجه تصقلها وتبريها الرياح ، فينشأ عن ذلك أن يتحول الحصى إلى أشكال مثلثة أو رباعية أو خماسية أو متوازية الأوجه والحواف . وقد ينشأ مثيل لتلك الأشكال حينما يتغير اتجاه الرياح بانتظام ، ويبقى الحصى ثابت . وفى أثناء عملية بناء تلك الأشكال تجاهد الريح المحملة بالرمال فى برى قطع الصخر ونحتها لتصبح فى مستوى البقعة المحيطة بها ، ولكن يعوقها فى سبيل ذلك مقاومة الصخر نفسه . وينشأ عن تضارب تلك القوى وجه مصقول يشتد انحداره كلما ازدادت صلابة الصخر ، كما فى الجرانيت والكوارتز والكوارتزيت (متحول عن كوارتز الصخر الرملى فى مستويات التحول الثلاثة العليا والوسطى والسفلى) والجراوفاكين Grauwacken (١) أما فى حالتى الصخر الجيرى وصخر الدولوميت (يتركب من كربونات كلسيوم وكربونات مغنسيوم) فتتكون أشكال هرمية ومخروطية ذات أوجه مسطحة . أما الحواف أو الأضلع الحادة للأوجه فلا تظهر إلا عند تمام تكوين تلك الأوجه Cloos ١٩١١ Walther ١٨٨٧ ؛ ١٩١١ و Tolman ١٩٠٩ و Bryan ١٩٣٥ ، ١٩٢٢ و Davis ١٩٣٠ و Field ١٩٣٥ و Lawson ١٩١٥) .

وتوزيع هذه الأشكال ليس منتظماً فى كل الصحارى . فبينما يكثر وجودها فى الصحراء الليبية وفى صحراء ناميب حيث قام بدراستها «كلوس Cloos » على الخصوص ، نجدها قليلة أو نادرة الوجود فى صحراء أتكاما وفى صحراء الجزائر ، حيث يكثر وجود أشكال أخرى عبارة عن أحجار جيرية تتميز بخطوط غائرة وحزوز غير منتظمة وبحواف مستديرة ، كما تبرز فيها عقد جيرية تفصل بينها فجوات كانت تحتلها مواد لاحمة نحتها

---

(١) صخر رملى قديم يرجع إرسابه إلى الزمن الأول وما قبله وهو رمادى اللون أو رمادى مخضر ، ويتركب من الكوارتز والفلسبار كما يحتوى على حطام صخور ومعادن أخرى كالكوارتزيت والفليت Phyllite (متحول عن الصخور الرملية والطينية فى مستوى التحول العلوى) .

الرياح أو عروق كلسية تفصلها خطوط غائرة ، ويكثر أيضاً وجود الصخور التي صقلتها الرياح من جميع جوانبها فلا تكاد تظهر فيها الجوانب المستديرة . وتنشأ البثور أو الجدرات في أوجه الصخور في الغالب نتيجة لتأثير عمليات التحلل الكيماوي والتعرية الهوائية معاً .

وعدا هذا تتميز الأجزاء الشمالية من الصحراء الكبرى الأفريقية بتجمعات قد تبدو أحياناً في شكل مستويات من قطع صخرية صغيرة مصقولة برتها الريح برياً دقيقاً ، وهي في الواقع تمثل مخلفات عملية « الاختيار » التي تقوم بها الرياح التي تحمل ما تطيقه وتترك عدا ذلك من حطام صخري يلتصق بأرض الصحراء في شكل « زرد الدرع » Steinchen-panzer كما يسميه Mortensen (١٩٢٩ و ١٩٥٠) ، أما Penk (١٩٠٩) فيسمي هذه الظاهرة « عملية تابيس » Panzerung ؛ وهي عملية تمتاز بها الصحاري .

أما الحصى ذو الأوجه المصقولة Windkanter فتتميز بوجوده الجهات التي تتوفر فيها عملية الصقل والبرى بواسطة الرياح المحملة بالرمال . ولهذا يكثر وجوده أيضاً في غير الأراضي الصحراوية القاحلة ، إذ يوجد بكثرة في الرواسب البليوستوسينية في شمال ألمانيا ، ولا يعني هذا أن تشكيله قد تم في عصر البليوستوسين فحسب ، وانما قد تبين أن عملية الصقل والبرى لكثير من جوانبه ما تزال دائبة . ومثل هذا الحصى ما يوجد أيضاً في مناطق تراكم الرمال الهوائية في الجهات الداخلية كما في أحدود وادي نهر الرين إلى الجنوب من مدينة فرانكفورت .

وتستطيع الرياح المحملة بالرمال أن تنحت الصخور والحوائط الصخرية إلى ارتفاع محدود من سطح الأرض . ويشتد تأثير النحت في تلك الصخور والحوائط على ارتفاع قليل من سطح الأرض (أي من قاعدتها) ، نظراً لأن الريح تستهلك قسماً من قوتها في الاحتكاك بالأرض ، فتنشأ عن ذلك أشكال تشبه الأرائك أو « العروش » أو المظلات ، يطلق عليها جبال الشواهد الصحراوية Wuestenzeugenberge والجبال الجزيرية Insei berge حيث

استطاعت الرياح أن تنحت الصخور من جذورها ، أو تنحت الطبقات اللينة على مستويات مختلفة . كما تنشأ أيضاً وبنفس الطريقة الأشكال الصخرية التي تشبه في مظهرها عش الغراب . ويعتقد « لويس Louis » (١٩٦١) أن العامل الرئيسي في تكوين تلك الأشكال ليس النحت في كثير من الأحوال وإن لم ينكر أثره — وانما عملية اكتساح المواد الخشنة التي تتكثر عند أسافل الصخور عقب سقوط المطر وازدياد الرطوبة نتيجة لعمليات التحلل والاذابة

وبفعل النحت تنشأ الحفر والثقوب في الصحاري . ومثل تلك الحفر توجد أيضاً في المناطق الرطبة . ولكنها هناك قليلة ليست بالكثرة التي تجدها في الجهات الصحراوية ، ولهذا يمكن اعتبارها ظاهرة تختص بها الصحاري وللحفر الصحراوية التي لم يشترك في تكوينها عامل آخر غير النحت بواسطة الرياح مظهر خاص ، إذ تبدو جوانبها مصقولة تماماً ، كما يخلو قاعها من الرواسب أو يكاد . وتبدو بعض أشكال التعرية الهوائية كالأرائك والمظلات والموائد وما شاكل ذلك نادرة الوجود في بعض الصحاري كما في ايران وصحراء الجزائر وشمال صحراء شيلي . ولهذا ينبغي التحفظ عند التعميم في وصف أشكال التعرية الهوائية في الصحاري . وتستطيع الرياح أن تنحت في الصخور اللينة كصخور المارل والصخور الطينية والرملية والتوفا الجيرية مكونة خطوطاً غائرة وقنوات تعرف بالقنوات أو الأخاديد الهوائية . وبين تلك الأخاديد تمتد أحياناً حافات حادة مصقولة . وكثيراً ما تنتشر تلك الأخاديد الهوائية في أرض منبسطة متناسقة كما هي الحال في صحراء جوبي Gobi التي تتكون أرضها من طبقات صخرية هشة . ويعتقد Kaiser (١٩٢٦) أن الأخاديد والقنوات الغائرة التي يصل عمقها إلى ١٥ متراً والتي شاهدها في صحراء ناميب قد نشأت بفعل النحت الهوائي وعند أطراف الأراضي الفيضية الواسعة في الأحواض الصحراوية المغلقة تنتشر مساحات واسعة من الطفل والطين الملحي يطلق عليها البلايات Playas في أمريكا اللاتينية ، والسبخات في الصحراء الكبرى والكيوابر Kewire في ايران

وحين تجف تلك الرواسب وتتصلب فى الجهات التى تسودها رياح منتظمة الاتجاه ، يتحول سطحها بفعل الرياح إلى قنوات غائرة طويلة متوازية تقريباً ، ذات جوانب شديدة الانحدار ، يبلغ عمقها أكثر من المتر ، وعرضها حوالى متر أو أكثر . وفيما بين القنوات تبرز الأرض فى شكل عروق أو ضلوع . وتبدو الأرض فى مظهر مضرس فيصعب اجتيازها . ويطلق على هذه التضاريس فى إقليم بحيرة لوب نور Lob-nor (شرق حوض تاريم) بتضاريس الياردانج Yardang . ويظهر أن ضلوع اليارداتج يرتبط وجودها وثباتها بوجود شجيرات نامية أو يابسة تعمل جذورها على تماسك رواسب الطفل والطين وبالتالى على تقوية مقاومة تلك الرواسب للنحت الهوائى (لويس Louis ١٩٦١)

وتستطيع الرياح أيضاً أن تكون منخفضات هوائية Blowouts — Wider osionswannen تتعاون فى حفرها عمليتا الاكتساح والنحت . ويعزو «والتر Walther» (١٨٩١ و١٩٠١ و١٩٢٤) تكوين منخفضات الواحات الليبية إلى عملية الاكتساح وحدها ؛ ومثله «كايزر Kaiser» (١٩٢٣ و١٩٢٦ و١٩٢٧) فى تفسير تكوين منخفضات صحراء ناميب ؛ كما يعزى تكوين منخفضات البانج كيانج P'ang Kiang فى منغوليا والتى يصل عمقها إلى ١٤٠ متراً إلى عملية الاكتساح وحدها أيضاً (Maull ١٩٥٨) . أما بارجى Passarge (١٩٠٩ ١٩٢٤ و١٩٢٦ و١٩٣٣) فيرجع تكوين تلك المنخفضات وأمثالها إلى عملية النحت Corrosion وحدها .

ومن الممكن أن تنشأ « منخفضات الاكتساح » فى منطقة تكون من مواد هشة عارية تماماً من كل حماية . ومثلها التجاويف التى تنشأ فى مناطق الكثبان الرملية (أنظر Maull ١٩٥٨ ص ٤٢٠ وما بعدها والصورة رقم ٦٧) . أما حيث يغطى الرواسب الهشة غشاء صلب فأن عملية تكوين المنخفضات تحتاج فى مرحلتها الأولى إلى عملية خل Aufhebung (أى اكتساح Deflation) — تتم مثلا فى منطقة رملية مجاورة — تمكن لعملية

النحت من الانقضاض على « الغشاء الواقى » وتمزيقه ، فينفتح بذلك المجال لعملية الاكتساح من القيام بالعمل الرئيسى فى تجويف المنخفض وتعميقه وتتعاقب العمليات حينئذ على النحو الآتى :

عملية اكتساح يليها النحت ثم عملية اكتساح التعميق . أما التجاويف التى تنشأ بفعل الرياح فى الصخور الصلبة ، فلا يقوى على حفرها سوى عملية النحت ، وأن كان يسبقها عملية اكتساح تمهيدية قد لا تستمد حولها بالضرورة من نفس المكان . هذه التجاويف تسمى حينئذ بتجاويف النحت. وقد استطاع Kaiser (١٩٢٦) أن يميز فى منطقة أبحاثه فى صحراء ناميب منخفضات ضخمة عزى نشأتها إلى فعل عملية الاكتساح الهوائى وحدها . ويرى Maull (١٩٥٨) فى أصل نشأتها رأياً آخر ، إذ يعتقد أنها لا يمكن أن تنشأ إلا بواسطة عملية النحت . أما لويس Louis (١٩٦١) فيرجع تكوينها إلى عمليتى الاكتساح والنحت معاً . وقد قام Kaiser بدراسة صحراء ناميب ومنخفضاتها دراسة جيولوجية وطبوغرافية دقيقة ، وسجل نتائج أبحاثه على خرائط خاصة ملونة مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ . وقد استطاع أن يميز طبقات من الصخور الرملية وصخور الأركوز Arkose (١) التى ترجع إلى العصر الكامبرى ، وصخور الدولوميت ، وهى جميعاً ترتكز على أساس من الصخور البلورية التى تتركب منها كتلة جنوب غرب أفريقيا . وقد وجد أن تلك الطبقات قد أصابها التواء بسيط يتفق خط ظهور طبقاته مع الاتجاه العام للرياح السائدة من الجنوب إلى الشمال . ولما كانت صخور تلك الطبقات تتميز بسهولة تحللها وتفككها ، لهذا استطاعت الرياح أن تكتسح وتنحت تلك التكوينات مكونة لمنخفضات طويلة مغلقة ، يتراوح طولها بين ٥ و١٠ كيلومتراً ، وعرضها بين ٢٥٠ و١٠٠٠ متر ، كما يصل عمقها إلى نحو ٥٠ متراً .

---

(١) Arkose كلمة فرنسية تطلق على الحجر الرملى الذى يحتوى على نسبة كبيرة من معدن الفلسبار .

وتمتد تلك المنخفضات ، وكذلك الأشرطة البارزة التى تفصل بينها فى اتجاه الرياح السائدة من الجنوب إلى الشمال تقريباً ، ولهذا يبدو مظهر السطح العام منتظماً متناسقاً ، ولكنها أحياناً تتفرع وتتشعب ، وتتصل ببعضها مكونة شبكة من المنخفضات .

وفى بعض الأماكن ، على مستويات مختلفة من منحدرات تلك المنخفضات وعند حواف قواعدها خاصة حيث تلتقى تلك الحواف بحصبات المسيلات الجافة والقنوات المعلقة ، توجد بقايا تجمعات Fanglomerate (١) ووجود هذه التجمعات بنظامها المعين يدل على أن تلك المنخفضات لم تنشأ عن حدوث حركة التوائية ، وإنما بواسطة نوع معين من التعرية يستطيع رفع تلك الرواسب صعدا وإخلاء المنخفضات منها ، ونعنى بهذا النوع التعرية الهوائية .

وتبدو أهمية الأبحاث الخاصة بتلك المنخفضات فى أنها تثبت بالدليل الواضح عظم الدور الذى تقوم به التعرية الهوائية فى الجهات الجافة .

وتتميز التعرية الهوائية فى عملها بعملية واختيار» خاصة ، فعملية الاكتساح تنقل المواد الدقيقة بطريقة أو بأخرى ، وتترك المواد الخشنة فى شكل غطاء يتكون من صخور وحصى يتناثر هنا وهناك ، هذا الغطاء يطلق عليه والتر Walther غطاء الاختيار Auslesedecke ، ويسميه بسارجى Passarge الرصيف الحصوى Steinpflaster ، أما Kaiser فيطلق على الغطاء « مخلفات عملية الاكتساح Deflationsrueckstand » فالأرض حينئذ قد عانت « تلبيس Panzerung » بفعل التعرية الهوائية كما يقول بنك Penck (١٩٠٩) .

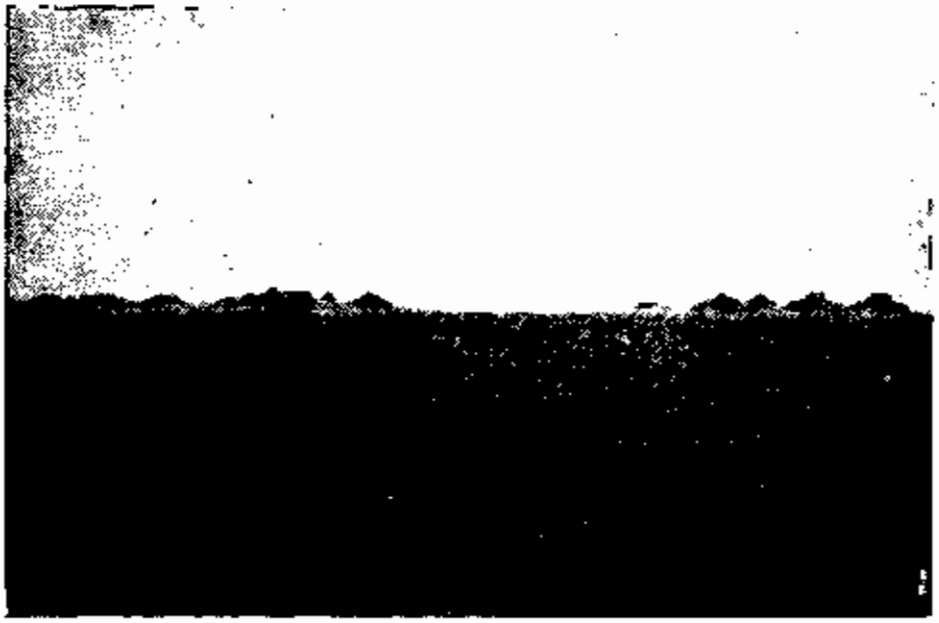
---

(١) Fanglomerate : (نوع من البريشيا breccie الطينية) عبارة عن رواسب تتميز بها الجهات الجافة ، وتنشأ من اكتساح تكوينات بواسطة مياه الأمطار الفجائية ، وإرسابها فى شكل مروحة (ومن هنا جاءت التسمية من الانجليزية Fan) فى سهل فسيح أو فى أحواض مغلقة ، وفى هذه الرواسب يختلط الحصى المذبب الكثير نزولها بالمواد الدقيقة فى غير تناسق أو انتظام أو تجانس .

مثل هذا الغطاء الحصوى الناتج عن عملية اختيار التعرية الهوائية وصفه Nordenskjoeld (١٩١٤) فى جنوب غربى جزيرة جرنيلندا ، وأطلق عليه اسم « الدرع الصخرى Steinpanzer ويغطى هناك الكتلة الصخرية القديمة التى تتكون منها الجزيرة . وهذا الغطاء كما قلنا يتركب من صخور وحصى مختلف الأحجام أثرت فيه التعرية الهوائية فصقلته وبرته . ويظهر الحصى والصخور مبعثرة هنا وهناك ، ولكنها تتجاور وتتلاصق أحياناً مكونة غطاء يختلف فى سمكه الذى قد يبلغ ١٠ سنتيمترات ، وهو حينئذ يقى الأرض من فعل التعرية الهوائية . وعملية التلبيس هذه لا يقتصر ظهورها على الصحارى والسواحل (جرينلندا) فقط ، وانما نجدها أيضاً فى أعالى المرتفعات التى تخلو من النبات فتتعرض لفعل التعرية الهوائية .

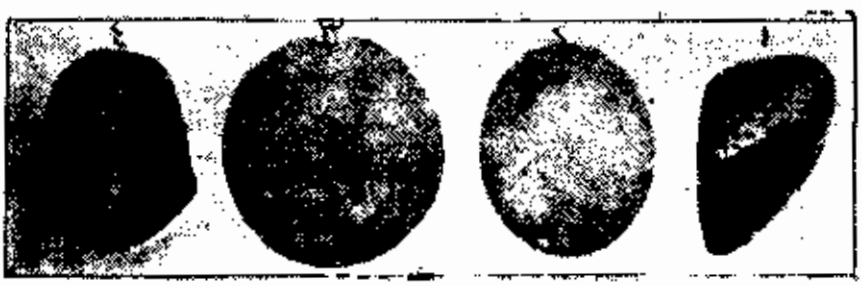
شکل (۱)

شکل (۲)

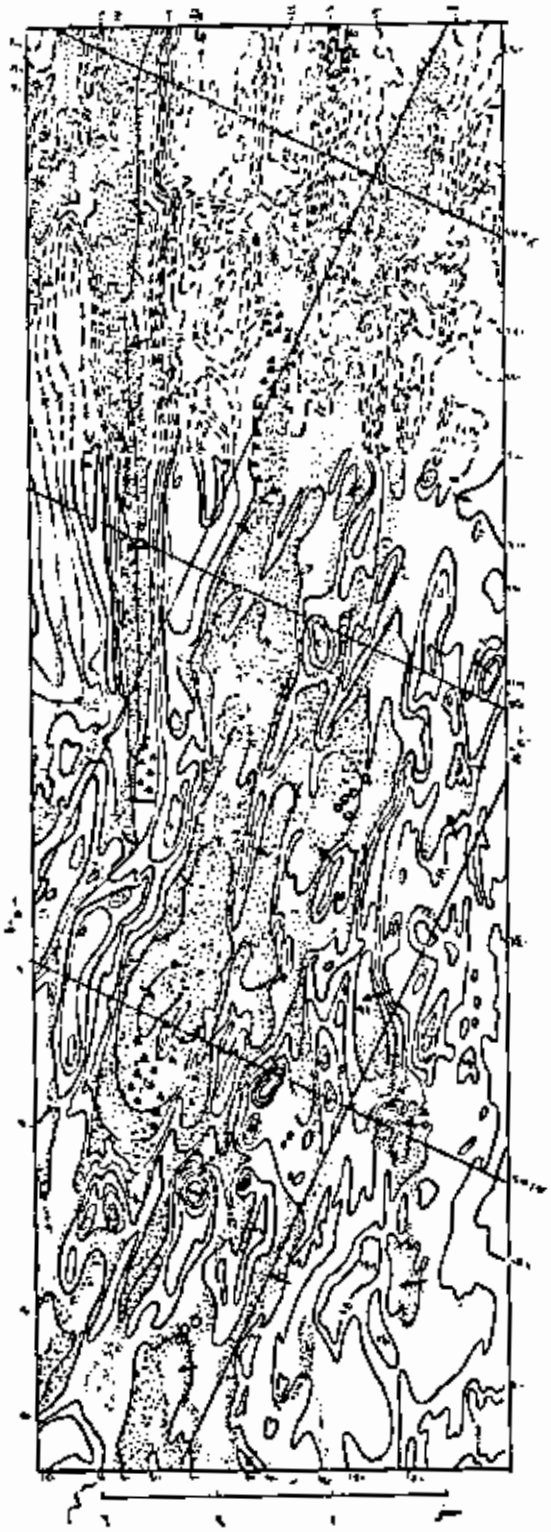


شکل (۳)

شكل (٤)



شکل (٥)



المراجع

Baddeley, P. F., 1889. Dust whirls and fairy daneys. .Month. Weath. Rev. 27

Bagnold, R. A., 1941. The physics of blown sand and desert dunes London.

Ball, J., 1927. Problems of the Libyan desert. geogr.. Journ.

Blake, R., 1855. On the grooving and polishing of hard rocks and minerals by dry sand. Ann. Assoc. Proceed.

Blanck, E., 1931. Wuestenkrusten oder Wuestensanbhaut ? Pet. Mitt.

Blanckwelder, E. 1931. Desert plains. Jour of geol. 39.

Brandt, B., 1932. Die Staubhant in der Aegyptischen Wueste. Mitt. Dresden.

Bravard, A., 1857. Observaciones geologicas sobre diferentes terrenos des transporte en la hoya de la Plata. Buenos Aires.

Bryan, K., 1922. Erosion and sedimentation in the papago country, Arizona. U.S. geol. surv Bull. 730.

Bryan, K., 1933/35. Progress in the geomorphology of arid regionss. Zeitch. geomorph. 8

Capot-Rey, R., 1943. La morphologie de l'Evg occidental. Travaux de l'Inst. de Recher. Sahariennes (Univ. d'Alger).

Capot-Rey, R., 1945. Dry and humid morphology in the western Erg. geog. Rev.

Capot-Rey, R., 1953. Le Sahara Français. Paris, Presse Univ. France.

Cloos, H., 1911. Geologische Beobachtungen in suedarica. 1. wind und wueste in deutschen Namaland. Neues Jahrbuch f. Min. geol. Palaeon., Beil. Bd. 32.

Davis, W. M., 1930. Rock Floors in arid and humid climates. Jour. of geol. 38.

Desor, E., 1864. Le Sahara, ses différents types de déserts et d'Oasis. Bull. Soc. Sciences nat. Neufchâtel.

D'Aoust, V., 1858. Observation sur un terrain d'origine météorique ou de transport aérien qui existe en Mexique. Bull. Soc. géol. 15.

De Beaumont, E., 1845. Leçons de gélogie pratique, Paris.

Fraas, O., 1867. Aus dem Orient; geologische Beobachtungen am Nil, auf der Sinaihalbinsel und in syrien. Stuttgart.

Free, E. E., 1911. The movement of the soil material by the wind. washington.

Field, R., 1935. Stream caved slopes and plains in desert mountains. Amer. J. of Sc. 29.

Gautier, E, F., 1928. Le Sahara. Paris.

Geiger, R., 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht, 2. Aufl. Braunschweig.

Guppy, H. D., 1881. Dust-winds of Hankow. Nature 24.

Hellmann, G. & Meinardus, W., 1901. Der grosse staubfall vom 9. bis 12. Maerz 1901. in Nordafrica, Sued-und Mitteleuropa. Abb. Preuss. Meteorol. Inst. II Nr. 1, Berlin.

Harrington, M., W., 1886. Peking dust-storms. Am. Met. T. 3.

Herrmann, E., 1903. Die Staubfaelle vom 19. bis 23 Februar 1903 ueber dem atlantischen Ozean, Grossbritanien und und Mitteleuropa. Ann. Hydr.

Johnson, D., 1932. Rock fans of arid regions. Amer. Jour. of Sc. 5. Ser. 23.

Johnson, D., 1933. Rock plains of arid regions. geog .Rev.

Kaiser, E., 1923. Was ist eine Wueste ? Mitt. geogr. Muenchen.

Kaiser, E., 1926. Hoehenschicht enkarte der Deflationslandschaft in der Namib suedwestafrikas. Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math. phys. Kl. 30, Mitt. geogr. Ges. Muenchen.

Kaiser, E., 1927. Ueber Wuestenformen,insbesondre in der Namib Suedwestafrikas. Duesseldorfer geogr. Vortr. Breslau.

Keyes, ch. R., 1909. Baselevel of eolien ersion. Journ. of geol. 17.

Keyes, ch. R., 1910. Deflation and relative efficiencies of erosional processes under Conditions of arridity. Bull. geol. Soc. Am.

Lawson, A. C., 1915. The epigene Profile of the desert. Univ. of Calif. Publ Dep of geol. 9.

Louis, H., 1961. Allgemeine geomorphologie 2. Aufl Berlin.

Machatschek, F. 1927. Die Oberflaechenformen der Binnen-und Hochwuesten. Duesseldorfer geogr. Vortr. u. Abh., Breslau.

Maull, O., 1932. Geomorphologische studien aus dem oestlichen Atlaslaendern und der algerischen Sahara. Pet. Mitt.

Maull, O., 1958. Handbuch der geomorphologie 2. Aufl. Wien.

Mortensen, H., 1927. Der Formenschatz der nordchilenischen Wueste. Abh. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl. N.F. 12., It Goettingen.

Mortensen,, H., 1929. Ueber vorzeitsformen in der chilenischen Wueste. Mitt geogr. Ges. Hamburg

Mortensen, H. 1950. Das gesetz der Wuestenbildung. Universitas 5, H. 7. Stuttgart.

Noble, A., 1904. Dust in the atmosphere during 1902 — 1903 Ebds 32.

Nordenskjoeld, O., 1914. Einige Zuege der physizchen geographie und der Entwicklungsgeschichte Suedgroenland. Geogr. Zeitschr.

Passarge, S., 1909. Verwitterung undAbtragung in der Steppen und Wuesten Algeriens. Geogr. Zeitschr.

Passarge, S., 1924. Die geolgische Wirkung des Windes (in Salomon, Grundzuege der Geologie) stuttgart.

Passarge, S. 1926. Die Wirkung des windes (in Blanks Handbuch der Bodenlehre I).

Passarge, S. 1927. Die Ausgestaltung der Trockenwuesten in kelssen Guertel. Duesseldorfer geog. Vortr. Breslau.

Passarge, S. 1933. Morphologische Untersuchungen in der Wueste um Helwan. Abh. d. Ges. d. Wiss. Math. Phys. Kl. 3. H.. 9, Berlin.

Penk, A., 1909. Morphologie der Wuesten. Geogr. Zeitschr.

Richthofen, F., v., 1877 China. Bd. I. Berlin

Rodewald, M., 1930. Der grosse Staubfall vom 26. bis 29 April 1928 zwischen Weicksel und Asowschem Meer. Ann. Hydr.

Russel, H., Ch., 1880. Dust storms in New South Wales. Quat. J. Roy. meteor. Soc. 6.

Russel, J. C. 1889. Subaerial deposits of the arid regions of North Amerika. Geol. Mag. 6.

Schweinfurth, G. (1895/96) Die Umgebung von Helwan als Beispiel der Wuestendenudation.

Thodet, J., 1911. Analyse d'une poussiere sol éolienne et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique. Ann. d. l'Anst. Océan. Paris III. Fasc. 2.

Tolman, C. F. V. 1909. Erosion and deposition in southern Arizona Bolson region. Yearb. of Geology.

Walther, J., 1887. Die Entstehung von Kantengeroellen in der Gobiwueste. Sitzungsberichte, Saechs. Ges. wiss. Math. Phys. Klim Leipzig.

Walther, J., 1891. Die Denudation in der Wueste und ihre geologische Bedeutung. Abh Saechs. Ges. Wiss. Math. Klim. 16. Leipzig.

Walther, J., 1901. Ueber die geologische Taetigkeit des Windes. Naturwiss. 16

Walther, J. 1911. Windkanter aus der libyschen Wueste. Zeitsch. Deutsch. geol. Ges. Berlin.

Walther, J. 1924. Das Gesetz der Wuestenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4. Aufl. Leipzig

Wetzel, W., 1928 : Geologische und geographische Probleme des noerdlichen Chile. Zeitschr. Ges. Erdkunde. Berlin

Wittschell, L. 1931. Ueber Sand-und Staubstuerme und ihre Bedeutung fuer die Morphologie der Erdoberflaeche, Zeitsch. f. gesmorph. 6.

Zistler, P., 1926. Die Temperturverhaetnisse der Tuerkei, Der Scirocco (in L. Weickmann, Das Klima der Tuerkei). Leipzig.