

العوامل الخارجية المشكلة لسطح هضبة البطنان (التجوية والتعرية)

دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

علاء جابر فتح الله الضراط - كلية التربية - جامعة طبرق

alaa.al-darat@tu.edu.ly

الملخص:

تعد الأشكال الأرضية في هضبة البطنان انعكاساً للظروف الطبيعية الموروثة من العصر المطير والظروف المناخية السائدة حالياً. وان العمليات الجيومورفولوجية هي القوة التي غيرت ولا زالت تلعب دوراً فاعلاً على سطح الهضبة. أظهرت الدراسة أن عمليات التعرية المائية والإرسابية لها الأثر الكبير على مورفولوجية شمال الهضبة، والتي أدت إلى تكوين أشكال أرضية متعددة ومتباينة والبعض منها كانت من موروثات العصر المطير. ومن نتائج دراسة التعرية المائية على سطح الهضبة فقد بلغ حجم التعرية المائية في شمال شرق منطقة الدراسة 175م³/كم²/سنة، وفي شمالها الغربي بلغ 80 م³/كم²/سنة، وفي وسط الهضبة وجنوبها بلغت 376م³/كم²/سنة وفقاً لمستويات التعرية المائية التي حدد Zachar يعد حجم التعرية المائية ضمن فئة تعرية ضعيفة، وبلغت التعرية الأخدودية 8127م³/كم² وفقاً لتصنيف Bergsma تعرية أخدودية شديدة جداً تسود على شمال الهضبة وهي ليست من نتاج المناخ الحالي بل من موروثات عصر البليستوسين خلال الفترات الممطرة، أما عن شدة التعرية المائية وفق معادلة فورنير قد بلغت في شمال شرق الهضبة 32°، وفي شمالها الغربي 59°، وفي وسط الهضبة وجنوبها 13°، وهذه القيم تراوحت ما بين تعرية ضعيفة إلى معتدلة وهي متباينة من مكان لآخر على سطح الهضبة وفق المؤثرات الطبيعية.

ومن نتائج دراسة التعرية الريحية على منطقة الدراسة فقد بلغت في شمال شرق الهضبة 1417°، وفي شمالها الغربي 438°، وفي وسط الهضبة وجنوبها 10455° وهي الأقوى والأشد تأثيراً، وفقاً لتصنيف Chepil تندرج تحت فئة عالية جداً، وهي مؤشرات تنذر بالخطر إذا لم تتخذ التدابير الوقائية المناسبة، والتعرية الريحية لها تأثير مزدوج على تشكيل سطح الهضبة من خلال تباين الأشكال الأرضية سواء كانت تحتية أو إرسابية. وتبين أيضاً من خلال الدراسة بالرغم من قسوة الظروف المناخية وقابلية الترب للحت على سطح الهضبة، إلا أنه من حق التربة علينا أن نبحث عن العامل الحقيقي الذي يقف وراء إطلاق العنان لظاهرة الحت المتسارع والذي سمح للعوامل الطبيعية أن تمارس قدرتها الحتية بوضوح وجلاء.

Abstract

The External Factors that Form the Surface of Al-Batnan Plateau (Weathering and Erosion): A Study in Applied Geomorphology

The terrestrial shapes in Al-Batanan plateau are a reflection of the natural conditions inherited from the rainy period and the current climatic conditions. The geomorphological processes are the force that has changed, and still plays an effective role on, the surface of the plateau. The study showed that water and sedimentary erosion processes have a great impact on the morphology of the northern plateau. These processes, in fact, led to the formation of multiple and disparate terrestrial shapes, some of which were inherited from the rainy era. Among the results of the study of water erosion on the surface of the plateau, the volume of water erosion in the northeast of the study area reached $175 \text{ m} / \text{km}^2 / \text{year}$; in the northwest, it reached $80 \text{ m} / \text{km}^2 / \text{year}$, and in the center and south of the plateau, it reached $376 \text{ m} / \text{km}^2 / \text{year}$ according to the levels of water erosion that Zachar had determined; the volume of water erosion is within a weak erosion category. The gully erosion reached $8127 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ according to the Bergsma classification. Very severe furrow erosion prevails over the northern plateau and it is not a product of the current climate, but a legacy of the Pleistocene era during the rainy periods. As for the severity of water erosion according to the Forner equation, it reached in the northeast of the plateau 32° , its northwest 59° , and in the center and south of the plateau 13° , and these values ranged from weak to moderate erosion, and they differed from one place to another on the surface of the plateau according to the natural influences.

Among the results of the study of wind erosion on the study area, it reached, in the northeast of the plateau, 1417° , in its northwest 438° , and in the center and south of the plateau 10455° , which is the strongest and most influential, according to Chepil's classification that falls under a very high category.

These results are alarming indicators, if appropriate preventive measures are not taken into operation. The wind erosion has a double effect on the formation of the surface of the plateau through the variation of the ground shapes, whether they are erosive or sedimentary. It was also found through the study, despite the harsh climatic conditions and the ability of soils to erode on the surface of the plateau, but it is the right of the soil to search for the real factor behind unleashing the phenomenon of accelerated erosion, which allowed natural factors to exercise their inevitable power clearly and clearly.

المقدمة:

تعتبر العمليات الجيومورفولوجية هي جميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تظهر أثارها في تغيير سطح الهضبة، وهي متعددة ومتباينة ومتداخلة من حيث نوع العملية والعامل المؤثر فيه، وتشكل العمليات الجيومورفولوجية أهمية كبيرة، وعنصرا مهما في الدراسات الحديثة والمعاصرة لأن الشكل الأرضي لا يمكن فهمه من دون معرفة مسبقة لطبيعة العملية التي أدت إلى تشكيله. تخضع صخور سطح الهضبة لعوامل خارجية كثيرة ومتنوعة يؤثر كل منها في الصخور بشكل خاص وإن من النادر أن يكون تأثير أي منها مستقلاً عن تأثير غيره، والمظهر الجيومورفولوجي السائد على سطح الهضبة الحالي هو إنعكاس لتضافر مجموعة معقدة من العوامل الباطنية والخارجية على حدٍ سواء. وكما ذكر (شرف، 1993، ص ص 258-259) أن المقصود بالعوامل الخارجية هي التي ترتبط بظروف المناخ والمياه الجارية والتغيرات الكيميائية والميكانيكية التي تحدث على سطح الهضبة. لذا يمكن القول إن جميع أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة تعرضت إلى عمليات جيومورفولوجية، بحسب طبيعة العوامل والقوى المؤثرة فيها، وبدرجات مختلفة، والتي من أهمها التجوية بشقيها الفيزيائية والكيميائية، وعمليات التعرية والترسيب المائي والريحي، والعمليات الحثية الناتجة عن الكائنات الحية، ويعد سطح الهضبة الحالي من الظواهر الجيومورفولوجية الهامة وهي نتاج طبيعي من تداخل مجموعة العوامل الطبيعية، كالبنية الجيولوجية، ونوعية الصخور والتضاريس والمناخ والنبات الطبيعي والتربة.

مشكلة الدراسة:

في ضوء مدى مناسبة هذا الواقع تتلخص مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي:

ما هي العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطانان؟

ويتفرع من هذا السؤال الرئيسي الاسئلة الفرعية التالية:

- ما مدى تأثير عمليات التجوية على سطح هضبة البطانان؟
- ما مدى تأثير عمليات التعرية المائية على سطح هضبة البطانان؟
- ما مدى تأثير عمليات التعرية الريحية على سطح هضبة البطانان؟
- ما هي انعكاسات العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطانان في ضوء الدراسة الحالية.

أهمية الدراسة:

- الوقوف على أهمية العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطانان.

- أدراك تأثير عمليات التجوية والتعرية المائية والريحية على سطح هضبة البطنان.
- أهمية انعكاسات العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطنان.

هدف الدراسة: وتهدف

- معرفة العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطنان.
- معرفة عمليات التعرية والتجوية وتحديد شدتها وقياسها، والأشكال الناتجة عنها في هضبة البطنان.
- معرفة أماكن نشاطها ودرجاتها وتحديد مناطق الإرساب، وتوفير قاعدة بيانات يستفيد منها ذوي التخصص بمنطقة الدراسة.
- معرفة انعكاسات العوامل الخارجية وتأثيرها على سطح هضبة البطنان في ضوء الدراسة الحالية.

فرضيات الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة لابد من إثبات الفرضيات الآتية:

- تعد العوامل البنيوية والمناخية المسؤولة عن تشكيل سطح هضبة ومظاهرها الطبيعية الحالية.
- عدم تعارض نتائج المعاملات التحليلية مع الملاحظات والدلائل الميدانية.

منهج البحث:

تعتمد الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلي لوصف الظاهرة موضوع الدراسة.

طريقة العمل:

وسوف تعتمد الدراسة على:

الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، مقياس 1:50000، ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) 2020م والذي يعد الأساس في دراسة طبوغرافية السطح، وبرنامج (Excel) للإحصائيات والتمثيل الكرتوغرافي للظواهر المختلفة للمنحدرات، والدراسة الحقلية باستخدام جهاز (GPS) لتحديد المواقع ميدانياً، وبوصلة، وجهاز (Abeny-level) لقياس درجات الانحدار، وآلة تصوير، واللوحات الجيولوجية لمنطقة الدراسة مقياس 1:250000. والعمل الميداني لأكثر من 90 موقع، وتم تطبيق معادلات فورنير-ارنولدوس، وكذلك Bergsma لقياس شدة أحت المطري، أما قياس التعرية الريحية فقد استخدمت معادلة Chepil.

الدراسات السابقة:

- Desio, A (1928) Resultai scientified Della missions all Oasis di Giarabub, pt. II, la geologies, Roma.
- Desio, A(1939)Missione scientific della R. Academia d,italia aCufra .V.2,Studi morphological sulla Libya Orientale , R. Accad. D, Italia, Roma.
- Desio, A. (1968) History of geologic exploration in Cyrenaica. In Geology and Archaeology of Northern Cyrenaica, Libya, Tripoli.
- Desio, A (1971) Outlines and Problems of the Geomorphological Evolution of Libya from the Tertiary to the present day, Symposium on the Geology of Libya, Tripoli.

كانت معظم دراسات دزيو على إقليم برقة والجبل الأخضر والبطنان على التكوينات الجيولوجية، والحافات الساحلية القديمة ودراسة الخطوط العريضة والمشاكل الجيومورفولوجية خلال الحقبة الثالثة وحتى الوقت الحاضر، ودراسة حافات شمال شرق ليبيا، واستنتج من خلال دراساته أن الحافات العليا المحددة بخطوط انكسارية واضحة هي مظاهر للسطح التحاتي القديم هبط في هيئة مدرجات صوب البحر شمالاً نتيجة لتحركات كتلية حدثت على سطوح الفوالق، فهي حافات انكسارية النشأة .

- Marchetti, M, M. (1934): Note illustrative per UN abbozzo di carta geological Della Cyrenaica. Boll .soc Geol. Ital., Vol .L III, fasc.2, pp.309-325, Roma.

وملخصها أن الفوالق الحديثة النشأة قد تسببت في تكوين درجات طبوغرافية، مثل العيوب التي تمر قرب المخيلي جنوب غرب هضبة البطنان .

- MC. Burney, CB. M & Hey, R.W (1955): Prehistory and Pleistocene geology in Cyrenaica Libya. Cambridge University Press, London.

كانت الدراسة في مدرجات شمال برقة، وتوصل من خلال الدراسة أن نشأتها انكسارية وكلها أرضفة بحرية النشأة، وفسر عدم انتظام ارتفاع أكبر الأرضفة بعمليات تحطيم تكتونية حدثت لها عقب التكوين، وحدد سبع درجات فوق مستوى سطح البحر الحالي .

- Bellini, E (1968) Biostratigraphy of the ALjaghbob formation in eastern Cyrenaica, Libya. Proceeding of the 3 rd. African micro pal. Colluq. Cairo, p. 165-183.

قام بدراسة الطبقات الحيوية في تكوين الجعقوب، وتوصل من التحليل البتروغرافي أن هذا التكوين ترسب في بيئة ضحلة بالقرب من الشاطئ خلال عصر الميوسين الأوسط، في حين الجزء السفلي من هذا التكوين يرجع عمره إلى الميوسين السفلي.

- Industrial Research Centre, (1974), Darnah sheet, Explanatory Booklet, Tripoli, Jamahiriya, Libya.

قامت بهذه الدراسة المؤسسة الوطنية التشيوكوسلوفاكية - جيواند ستريا بإشراف مركز البحوث الصناعية طرابلس - ليبيا وملخصها دراسة المساحة الممتدة من طبرق إلى درنة شمال خط العرض 32 شمالاً، وخطي طول 22.30-24 شرقاً، وشملت الدراسة التكوينات الجيولوجية التي تتكون منها المنطقة، وإعداد خريطة جيولوجية 1:250000 لها.

- دراسة الضراط، علاء جابر(2004) التصحر في منطقة البطان دراسة في الجغرافية الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة.

وتناولت الدراسة العوامل الطبيعية والبشرية لظاهرة التصحر والآثار الناتجة عنه ووسائل مكافحته .
- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2009) المصادر المائية في منطقة البطان شمال شرق ليبيا دراسة جغرافية، بحث منشور، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، مجلة محكمة، جامعة عمر المختار، العدد السابع.
وتناول البحث المصادر المائية في إقليم البطان وتبين العجز القائم وكمية مياه الأمطار التي تهدر سنوياً عبر الأودية الساحلية شمال الإقليم.

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله(2017) هضبة البطان شمال شرق ليبيا دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة عين شمس كلية الآداب، القاهرة.

وتناولت الدراسة الخصائص الجغرافية للهضبة، وأحواض التصريف وشبكاتها البالغ عدد 43 حوضاً، وتحليل الخصائص المورفولوجية للهضبة، وتحليل الخصائص الجيومورفولوجية لساحل الهضبة، وأعداد خريطة جيومورفولوجية لهضبة البطان.

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2018) الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي السهل الغربي غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، بحث منشور مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، جامعة سرت، المجلد الثامن - العدد الأول - يونيو.

وتناول البحث الخصائص المورفومترية للحوض وتأثيرها على حجم الجريان السطحي به عقب سقوط الأمطار، وخلصت النتائج إلى وجود فائض مائي في الحوض خلال فصل سقوط الأمطار بلغ (349 ملم/ سنة) وفق معادلة خروفه، وخصائص الحوض الشكلية تجعله متوسط الخطورة من حيث السيول.

- دراسة الضراط، علاء جابر فتح الله (2020) الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي بوالقمل غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، بحث منشور، مجلة البيان العلمية محكمة تصدر عن نقابة أعضاء هيئة التدريس، جامعة سرت، العدد السادس، يونيو.

وخلصت النتائج إلى أن الزيادة المئوية المتحققة في الحوض البالغة (67 ملم/ سنة) موزعة بين التغذية الطبيعية للمياه الجوفية والجريان السطحي بالحوض.

منطقة الدراسة :

تقع هضبة البطنان في شمال شرق ليبيا، تمتد من المنحدر الشرقي للجبل الأخضر غربا وحتى هضبة الدفنة شرقا، ومن البحر المتوسط شمالا حتى منطقة المنخفضات أو إقليم أحواض الصرف الداخلي جنوبا. ويوضح الشكل رقم (1) موضع منطقة الدراسة من الخارطة الليبية. فهي تمتد بين دائرتي عرض $31:30^{\circ}$ و $32:20^{\circ}$ شمالاً، وخطي طول: 23° و 24° شرقاً، وبناء على ذلك تكون مساحة منطقة الدراسة حوالي: (8663 كم²) لتشكّل إقليماً طبوغرافياً يمتد من الشرق إلى الغرب لمسافة 110 كم، ومن الشمال إلى الجنوب لمسافة 80 كم.



الشكل (1) موقع هضبة البطنان في الخارطة الليبية

العوامل الخارجية المشكلة لهضبة البطنان

العمليات المورفومناخية :

تشمل التغيرات الخارجية Epigene Processes المؤثرة في القشرة الأرضية، محدثة تغيرات مستمرة بها تلخص في تفكك الصخور وتحللها، ثم تقوم عوامل التعرية بنقلها وترسيبها في أماكن أخرى، ومن هذه العوامل التجوية بنوعيتها التي تظهر آثارها على سطح الأرض، وهيئة عمليات جيومورفولوجية التي يكون لها دور هام في تغيير أشكال المنحدرات والسطح، وهي تتضمن عمليات مناخية عدة من أهمها عمليات التجوية والتعرية.

أولاً عمليات التجوية: Weathering Processes

يقصد بها عملية تفتت الصخور وتحللها بواسطة العوامل الجوية السائدة في الغلافين الهوائي والمائي المؤثرة على منحدرات منطقة الدراسة التي تنجم عنها أشكال جديدة أو تغير المظاهر القديمة وفقاً لاختلاف التركيب الصخري، والمدة الزمنية التي تتعرض لها المنحدرات لفعل التجوية، وتبقى النواتج في موقعها أو تنقل بواسطة عوامل النقل أسفل هذه المنحدرات، وتشمل التجوية بنوعيتها الميكانيكية والكيميائية والتي من المستبعد أن تمارس إحدى العمليتين عملها بمفردها تماماً، بل يوصف التفكك بالعملية الغالبة (سباركس، ترجمة ليلي مجّد، 1983، ص31).

أ- التجوية الطبيعية أو الفيزيائية : Physical Weathering

يقصد بها عملية تفكك الصخور وتحويلها إلى أحجام وأشكال متباينة من دون تغير في خصائصها المعدنية أو الكيميائية (الحشاب وآخرون، 1978، ص 66) وتوجد مجموعة من العوامل الجيومورفولوجية تساعد على نشاط هذا النوع من التجوية على منحدرات منطقة الدراسة، هي :

التجوية الحرارية (الإشعاعية) : Insolation Weathering

يقصد بها المدى الحراري في منطقة الدراسة، وقد أوضحت دراسة سابقة للباحث لدرجات الحرارة لهضبة البطنان أن المدى الحراري يتميز بالتباين اليومي والشهري والفصلي والسنوي، والقيم الأدنى له تكون خلال شهر يناير، والأعلى تكون خلال شهر أغسطس، ويتراوح على الساحل ما بين 17.5 - 29.7°C وذلك لتأثير المؤثرات البحرية، في حين يكون في وسط الهضبة وجنوبها - من خلال محطة أرصاد ناصر - ما بين 11.7 - 25.6°C، وترتفع درجة الحرارة خلال شهر أغسطس لتصل إلى 40°C في أثناء النهار، وفي الليل لا تتجاوز في الغالب 19°C، (الضراط، 2019، ص 59) الأمر الذي يساعد على تنشيط التجوية الميكانيكية على المنحدرات وسطح الهضبة إذ يعمل المدى الحراري على تمدد الصخور وانكماشها،

ونظراً لتباين مكوناتها المعدنية يحدث تباين في التمدد والانكماش بها، وذلك يؤدي إلى تشققها في مستويات التباين، وينحصر التغير الحراري في الطبقة السطحية فقط لضعف درجة التوصيل الحراري للصخور، الأمر الذي يؤدي إلى ظاهرة التكسر والتقشر والتشقق بها واتساع فتحاتها (محسوب، 2002، ص 88-89)، ويجب التمييز بين التفكك الطبيعي أو الميكانيكي (Physical or mechanical) وبين التفكك الكيميائي (Chemical Weathering) وينتشر هذا النوع من التجوية في أعالي واجهات المنحدرات بمنطقة الدراسة لانكشاف الصخور السطحية بسبب انجراف التربة، ويبين الشكل رقم (2) مظاهر التفكك الصخري والتقشر وانتشار الشقوق في الحافة الثالثة بمنطقة بترونه قرب مطار طبرق .

التجوية الملحية : Salt Weathering

يقصد بها دور تبلور الأملاح في تفكك الصخور، وعلى الرغم من بعض الجوانب الكيميائية لهذه العملية إلا أن دورها في تفكك الصخور دوراً فيزيائياً في المقام الأول (محسوب، 2002، ص 84)، ويعد رذاذ البحر من العوامل الأكثر أهمية في عمليات التجوية على أسطح المنحدرات الشمالية للهضبة، حيث يستقر في الشقوق الصخرية الدقيقة ويعمل على اتساعها، ويحدث بانتظام على السفوح .



يوضح الشكل رقم (2) آثار التجوية الميكانيكية على الحافة الثالثة - بترونه قرب المطار

المصدر عدسة الباحث 2020/11/10م، اتجاه المنحدر نحو الشمال.

و قد يتمركز في مواضع ضعف محددة مثل حفر التجوية أو التكهفات الصخرية، حيث التساقط المحدود والحرارة المرتفعة يساعدان على تكون بلورات الملح وخاصة عند أقدم السفوح (Pitty, 1973, p.186)، ويبرز دور التجوية الملحية على المنحدرات في التفكك التجوي (Cavernous Weathering) والذي ينتج عنه سطح صخري على هيئة أقراص العسل أي مليء بالثقوب، أما التجويفات الأكبر فتعرف تافوني (Taffonis) (سباركس، ترجمة ليلى محمد، 1983، ص

42) أما دور التجوية الملحية على سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة وخاصة الحافة الأولى والثانية فيكون في تكوين بعض الكهوف والحفر وأقراص العسل ويوضح الشكل رقم (3) آثار التجوية الملحية على الحافة الثانية في منطقة عكرمة غرب مدينة طبرق .



الشكل رقم (3) آثار التجوية الملحية على الحافة الثانية قرب عكرمة

المصدر عدسة الباحث 2020/11/11م، اتجاه المنحدر نحو الشمال.

أهم مظاهر التجوية الطبيعية على المنحدرات :

التقشر : Exfoliation

يقصد به انفصال الأجزاء الخارجية من الصخور بشكل رقائق وتبقى على سطحه إلى أن تسقط أو تنقلها عوامل التعرية (شرف، 1979، ص 265)، وهي بسبب تكرار التمدد والانكماش في مناطق الضعف الجيولوجي لتباين المدى الحراري اليومي والفصلي، وتم رصد العديد من أسطح المنحدرات التي تأثرت بظاهرة التقشر الصخري على امتداد الحافات الشمالية للهضبة، ويتراوح سمك القشور الصخرية ما بين 2-9 سم وتتميز بزوايا حادة، ومع مرور الزمن تتفتت إلى جزيئات أصغر، وتنتشر هذه الظاهرة أيضا على ضفاف الأودية الشمالية من دون استثناء.

التقشر المحبب للصخر:

تتكون هذه الظاهرة نتيجة اختلاف التكوين المعدني للصخور، واختلاف استجابة مكوناتها المعدنية لتباين الحرارة اليومي، ومن هنا تأتي ظاهرة التفكك التي قد تكون على هيئة كتل أو حبيبات أو قشور أو صفائح صخرية حادة الزوايا (السيد، 2008، ص 63)، وتم رصد العديد من هذه الظاهرة على معظم الحافات الشمالية للهضبة وكذلك على ضفاف الأودية الشمالية خلال الدراسة الميدانية، وتتراوح أحجام

هذه الكتل ما بين 0.10-3م أو أكثر أحيانا، ويؤثر التفكك الكتلي على تشكيل المنحدرات، وتتحرك الكتل الصخرية بفعل الجاذبية أحيانا أو بواسطة عوامل التعرية إلى أسفل الحافات، ويوضح الشكل رقم (4) ظاهرة التفكك الكتلي على الحافة الثانية جنوب منطقة القرصبة شمال هضبة البطنان .



يوضح الشكل رقم (4) ظاهرة التفكك الكتلي جنوب القرصبة

المصدر عدسة الباحث 2021/2/23م، اتجاه الانحدار نحو الشمال الشرقي.

ب- التجوية الكيميائية: Chemical Weathering

يقصد بها التفاعلات التي تعمل على تغير التكوين الكيميائي لمعادن الصخور، وتؤدي في نهاية الأمر إلى تفككها على شكل بلورات منفصلة أو مجموعة بلورية، ومواقع الضعف الجيولوجي هي الأكثر تأثراً، حيث الفواصل والشقوق والطبقة تسمح بتخلل الماء والهواء ما يؤدي إلى تشظي الصخور إلى كتل كبيرة الحجم (محسوب، 2002، ص 91)، فهي العلاقة المتبادلة بين الغلاف الجوي والغلاف المائي وبين التكوين الصخري، والتي تعمل على تحول بعض مكوناته المعدنية إلى مركبات أخرى، وأن الأشكال الأرضية على المنحدرات الناتجة عن التجوية الكيميائية بفعل عمليات الإذابة والتمسيؤ والتكربن والتأكسد التي تعرضت لها المكاشف الصخرية الحاوية على الحجر الجيري، وتم حصر معظم الآثار الناتجة عن التجوية الكيميائية على منحدرات الهضبة خلال الدراسة الميدانية وهي :

عملية الإذابة والكربنة: Solution and Carbonation

تعد عملية الإذابة ذات أهمية كبيرة على الصخور الأكثر مقاومة، ويكون تأثيرها في مرحلة لاحقة على نتاج التجوية من مفتتات صخرية وثقوب التجوية والتحزرات وغيرها، اما عملية التكربن تكون نتيجة ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون مع مياه الأمطار مكوناً حامض الكربونيك المخفف الذي يتفاعل مع الصخور الجيرية ويؤدي إلى تحويلها إلى بيكربونات قابلة للذوبان والتحلل والتي تظهر آثارها على أشكال حفر الإذابة

مختلفة الأحجام، وقد تصل إلى ظاهرة التكهف (العجيلي، 2005، ص 65)، وتسود هذه العمليات على معظم منحدرات الهضبة، حيث جل مكوناتها الصخرية من التكوينات الجيرية، ويتوقف نشاط هذه العمليات على كمية المياه الجارية، وكمية بخار الماء في الهواء واستجابة الصخور، ويوضح الشكل رقم (5) ظاهرة أفراس العسل وبعض حفر تافوني على الحافة الأولى قرب منطقة عين الغزالة شمال الهضبة.



الشكل رقم (5) يوضح آثار التجوية الكيميائية الناتجة عن عملي الإذابة والتكرين

المصدر عدسة الباحث 2020/11/10م، اتجاه المنحدر نحو الشمال.

وتم حصر مجموعة كبيرة من حفر تافوني خلال الدراسة الميدانية على الحافتين الأولى والثانية من المنحدرات الشمالية وكذلك على ضفاف الأودية الشمالية في منطقة بوالفرائس، وعين الغزالة، والقرضبة، والمرصص، وعكرمة غرب مدينة طبرق. ويوضح الجدول رقم (1) الخصائص المورفومترية لبعض حفر تافوني على منحدرات الهضبة الشمالية.

عملية التأكسد : Oxidation

يقصد بهذه العملية اتحاد الأوكسجين ببطء شديد مع بعض العناصر والمركبات الداخلة في تركيب الصخور، وتتوقف سرعة هذه العملية على نسبة الرطوبة في الجو ونوع تلك المعادن، فتكون المعادن سريعة

الجدول رقم (1) يوضح الخصائص المورفومترية لحفر تافوني على سفوح الهضبة

م	الموقع	العرض(سم)	الارتفاع(سم)	العمق(سم)
1	الحافة الثانية طبرق	98	70	55
2	الحافة الأولى عكرمة	190	110	100
3	الحافة الثانية عكرمة	140	105	70
4	الحافة الثالثة بترونة	85	74	48

89	100	135	الحافة الثالثة (حجاج الرمل)	5
85	90	110	الحافة الأولى المرصص	6
45	60	95	الحافة الثالثة (الشبرقي)	7
60	85	105	الحافة الثالثة القرصية	8
65	90	115	الحافة الأولى عين الغزالة	9
45	50	75	الحافة الأولى إسلبول	10
66.2	83.4	114.8	المتوسط	

المصدر من إعداد الباحث بناء على القياسات الميدانية خلال شهر فبراير وشهر نوفمبر 2020.

التأكسد في المناطق الرطبة، ويمكننا الاستدلال على تأكسد معادن الصخور من اللون الأحمر الذي تكتسبه لارتفاع أكسيد الحديد بها، في حين أن تكوينات البوكسيت ذات لون أصفر أو أبيض لارتفاع أكاسيد الألومنيوم بها وتكون أكثر الأمثلة شيوعاً في الصخور الرسوبية، لذا يكون الكثير من أنواع تربة اللاتيرايت نتيجة وجود مركبات حديدية ذات لون بني أو احمر (الزاملي، 2007، ص 101). وتكون هذه الأكاسيد ضعيفة المقاومة وسرعان ما تتفتت، وإذا اختلطت بالصخور أو التربة فإنها تكسبها لونها (شرف، 1979، ص 268). ويوضح الشكل رقم (6) آثار التأكسد والإذابة في الحافة الثانية بمنطقة إسلبول شمال غرب الهضبة.



الشكل رقم (6) يوضح آثار التأكسد والإذابة بمنطقة إسلبول

المصدر عدسة الباحث 2020/11/11م اتجاه المنحدر نحو الشمال الشرقي.

عملية التميؤ : Hydration

يقصد بهذه العملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكونة ما يسمى بالمعادن المائية، وتؤدي هذه العملية إلى زيادة حجم الصخور، وقد تصل هذه الزيادة أحياناً إلى (88%) من الحجم الأصلي ما يؤدي إلى إضافة المزيد من الضغط داخل الصخور ويكون تأثيرها ميكانيكياً إلا أنها غالباً ما تضاف مع عملية التحلل لتلك المعادن. ومن الأمثلة على تلك العملية هي تحول معدن أنهدريت Anhydrite (كبريتات

كالسيوم) إلى الجبس (فايد، 1972، ص 81)، وتأثرت غالبية الصخور الرسوبية بعملية التحلل المائي (التميؤ) وخاصةً في الفترات الرطبة، فتكون أقل مقاومة لعمليات التعرية.

ج- التجوية الحيوية : Biotic Weathering

يقصد بها أثر الكائنات الحيوانية والنباتية وأنشطة الإنسان على سطح الأرض، وتشمل التجوية بنوعها الطبيعية والكيميائية معاً، إذ يتمثل الجانب الطبيعي أو الميكانيكي في تأثير جذور النباتات في تكسر الصخور وفتتها في أثناء امتداد الجذور داخل الكتل الصخرية عبر الشقوق والفواصل ما يؤدي إلى اتساعها وفتتها، وأن الحيوانات ذات المخالب والقوارض تعمل على تفكك التربة وفتتها في أثناء حفر جحورها، وكذلك الإنسان من خلال الأنشطة المختلفة من عمليات الحراثة والاحتطاب يعمل على تفكك التربة التي تكون تحت طائلة عوامل التعرية المختلفة. أما الجانب الكيميائي المتمثل في الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة (البكتيريا) والتي تلعب دوراً رئيساً في تحديد كمية المواد القابلة للإذابة من خلال عملية التحلل العضوي التي تتضمن تكوين أحماض عضوية من بقايا النباتات المتعفنة منتجة المادة العضوية (Humus)، وعند ذوبان هذه الأحماض مع المياه تؤثر على التربة والصخور وتعمل على تحللها، وتؤثر على تجوية الأسطح الصخرية حيث تظهر في شكل حفر تجوية وتحزرات على سطحها (كربل، 1986، ص 96). ويوضح الشكل رقم (7) أثر أحد حفر التجوية والتحزرات على أسطح الصخور على الحافة الثالثة في منطقة إسليول شمال غرب الهضبة.

أهم الأشكال الأرضية التي ترتبط بعمليات التجوية على المنحدرات :

1- حفر التجوية والكهوف : Weathering Notches and caves

تشمل الحفر والثقوب والكهوف السطحية، وتنتشر هذه الظاهرة على سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة، خاصة مكاشف الطبقات وأعلى السفوح، وقد تم رصد العديد منها وإجراء قياسات لأبعادها خلال الدراسة الميدانية، ويبين الجدول رقم (2) الخصائص المورفومترية لحفر التجوية في منحدرات الهضبة.



الشكل (7) يوضح أحد حفر التجوية من أثر الحيوانات ذات المخالب، وتجزات أسطح الصخور

المصدر عدسة الباحث 2020/2/20م، اتجاه الانحدار نحو الشمال.

الجدول رقم (2) الخصائص المورفومترية لحفر التجوية على منحدرات هضبة البطنان

م	الموقع	العرض(سم)	الارتفاع (سم)	العمق(سم)
1	الحافة الأولى بوالفرائس	330	160	135
2	الحافة الأولى إسلبول	140	120	110
3	الحافة الأولى الشقيق	260	190	195
4	الحافة الثانية عين الغزالة	255	86	92
5	الحافة الجنوبية القرصية	170	96	160
6	الحافة الشمالية القرصية	195	120	103
7	الحافة الأولى المرصص	98	76	70
8	الحافة الغربية الشبرق	280	170	135
9	الحافة الأولى أم فحقيح (المرصص)	120	92	130
10	الحافة الغربية وادي الكراث	95	70	121
11	الحافة الشرقية وادي السوينات	187	110	155
12	الحافة الغربية وادي المقارين	122	60	110
13	الحافة الشرقية وادي بودويسة	230	97	98
14	الحافة الثانية عكرمة	320	105	80
15	الحافة الشرقية وادي السهل الغربي	160	85	86
	المتوسط	197	109	119

المصدر من إعداد الباحث بناء على القياسات الميدانية خلال شهر نوفمبر 2020م.

وقد تراوح عرضها ما بين 95 – 330 سم، و ارتفاعها تراوح ما بين 60 – 190سم، وعمقها تراوح ما بين 70 – 195 سم، وتنتشر على الحافة الثانية في منطقة عكرمة غرب مدينة طبرق، وكذلك الحافة الأولى والثانية في منطقة المرصص، والحافة الثانية والثالثة في منطقة القرضبة، ومعظم هذه الظاهرة تنتشر في تكوينات الحجر الجيري التي تتكون منه جل سطح الهضبة، وتعد معظمها من تأثير عملية التجوية الكيميائية، وتبدو أكثر عمقا واتساعاً في الحافتين الأولى والثانية من منحدرات الهضبة، ومعظمها متباينة في أقطارها والعمق وفق درجة مقاومة الصخور ونشاط عمليات التجوية. ويوضح الشكل رقم(8) الكهوف بالحافة الأولى والثانية .



يوضح الشكل (8) ظاهرة الكهوف في الحافتين الأولى والثانية

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/12/12

2 – بيوت النحل : Honeycomb Weathering

تتشأ هذه الظاهرة بفعل التجوية الكيميائية على سفوح المنحدرات، وهي نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء مع مياه الأمطار مكون حامض الكربونيك المخفف، والذي يتفاعل مع الصخور الجيرية على أسطح المنحدرات وكذلك كتل الجلاميد الصخري التي تكون تحت أقدام هذه المنحدرات مكون أشكال إذائية كارستية (الأسيدي ، 2012، ص 63)، وهي فجوات وتجاويف متناهية الصغر على أسطح الصخور الجيرية نتيجة عمليات الإذابة، وتم رصد العديد منها خلال الدراسة الميدانية، وتنتشر على معظم سفوح الحافات الشمالية خاصة الأولى والثانية، وكذلك على ضفاف الأودية القريبة من ساحل البحر شمالا، وتسود حيث مواطن الضعف الجيولوجي من شقوق وفواصل في الطبقات الصخرية، وهي تتموضع عند أقدام السفوح والمنحدرات الشمالية وتتماز بالاتساع والعمق حيث يتراوح ما بين 0.8 – 1.2 سم، وأن كانت أكثر تصلباً وحادّة عن تلك الموجودة في أعلى المنحدرات، ويصل أقصى عرض لها 15 سم، وأقصى طول 17 سم بعمق 3 سم على الحافة الثانية في منطقة عكرمة، وفي الحافة الثالثة في منطقة بترونة يكون

متوسط الطول 4سم، ومتوسط العرض 5سم بعمق 2سم، وكذلك الحافة الثالثة جنوب منطقة القرضبة تكون أقل أبعاداً بمتوسط عرض 3سم، ومتوسط طول 2سم، وعمق لا يتجاوز 1سم، بينما الحفر المنتشرة على الجلاميد الصخري تحت أقدام الحافة الثالثة بهذه المنطقة تكون أكثر اتساعاً وعمقا وطولاً ويصل عرضها 15سم، وطولها 17سم، وعمق 6سم ويوضح الشكل رقم (9) ظاهرة بيوت أو خلايا النحل على سفوح المنحدرات، وتعد أيضاً التمزقات الصخرية إحدى نتائج عمليات الإذابة وخاصة على سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة.



يوضح الشكل (9) ظاهرة بيوت النحل على سفوح منحدرات هضبة البطنان

المصدر عدسة الباحث 2020/11/11، اتجاه المنحدر نحو الشمال الشرقي.

3 - التشققات الطينية : Mud cracks

تنتشر هذه الظاهرة في المنخفضات الطولية بين الحافة الشمالية للهضبة، وكذلك في منطقة المنخفضات جنوب خط تقسيم المياه بمنطقة الدراسة، وتظهر عندما يتعرض سطحها الخارجي للجفاف بدرجة أسرع من الداخل بسبب زيادة ارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر، فتتكون تشققات في الطبقة السطحية وتأخذ أشكالاً متعددة وفقاً لنوع النسيج الصخري ومدى تجانس حبيباتها. وفي الغالب تأخذ أشكالاً سداسية تشبه خلايا النحل، ويوضح الشكل رقم (10) التشققات الطينية في منخفض غوط الطير جنوب القرضبة.

4 - الأشكال الكارستية: Karst forms

يطلق مصطلح الكارست على الظواهر الطبوغرافية التي يرتبط تكوينها بعملية التحلل والإذابة في مناطق الصخور الجيرية أو الدولوميت (السيد، 2008، ص67) وتتنوع أشكال الكارست بين أشكال سطحية مثل البالوعات والكهوف والمنخفضات والتمزقات الصخرية، ومنها تجاويف تحت سطحية تتكون



الشكل (10) يوضح التشققات الطينية في أحد المنخفضات جنوب خط تقسيم المياه

المصدر عدسة الباحث 2020/11/18.

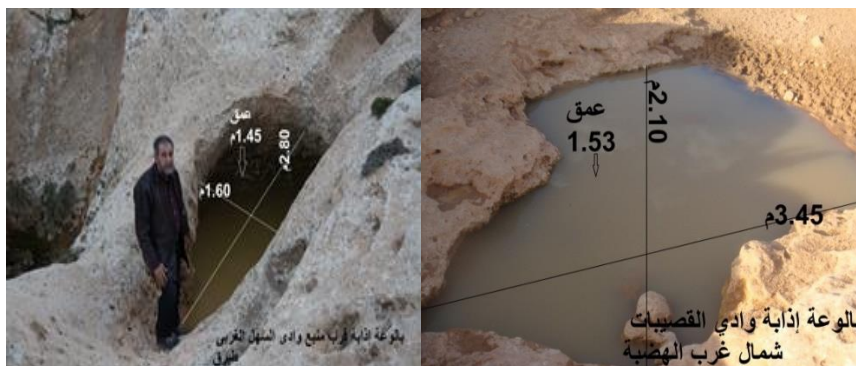
بفعل الإذابة مكونة كهوفاً تحت السطح ومع تطورها واتساعها تؤدي إلى وجود المنخفضات السطحية، وتنشأ هذه الظاهرة في الصخور الجيرية التي تكثر بها الشقوق والفواصل والتي تتسع مع مرور الوقت بفعل المياه الجوفية والمياه الجارية السطحية (عاشور، 1989، ص 26)، وقد تم حصر العديد من هذه الأشكال خلال الدراسة الميدانية لمنطقة الدراسة وهي كما يأتي :

- الحفر الغائرة أو البالوعات: Sinkholes

هي من الأشكال الكارستية واسعة الانتشار في هضبة البطنان خاصة في مجاري الأودية ، والجروف الصخرية البحرية (الحافة الأولى)، وكذلك في منطقة المنخفضات الصحراوية جنوب خط تقسيم المياه، وهي عبارة عن تجاويف سطحية تأخذ أشكالاً متعددة، ومتباينة أيضاً من حيث أقطارها وعمقها، ويمكن تمييز نوعين رئيسيين منها :

بالوعات الإذابة : Dollines

تتكون بالوعات الإذابة عن طريق تسرب المياه السطحية الجارية من خلال الشقوق والفواصل الصخرية، والتي بدورها تعمل على تحلل الصخور واتساع فتحاتها، ومع مرور الوقت تتصل مع بعضها البعض مكونة تجاويف أكبر وأكثر عمقاً، وتأخذ أشكالاً متعددة منها الدائري والبيضاوي وغيرها، وتنتشر على سطح الهضبة حيث مواضع الضعف الجيولوجي، خاصة في مجاري الأودية الشمالية قرب المنابع كما في وادي بوالفرائس والقصيبيات والشقيق والشبرق والكراث والسهل الغربي وغيرها، وعلى سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة، وتتراوح أقطارها ما بين 2-4م ومتوسط عمق 1.5م، وفي الغالب يغطي قيعانها رواسب حصوية مختلفة الأحجام. ويوضح الشكل رقم (11) بالوعات الإذابة في وادي القصبيات، ووادي السهل الغربي .



يوضح الشكل (11) بالوعات الإذابة في بعض مواضع من الهضبة

المصدر عدسة الباحث 2020/11/18

البالوعات الإنهدامية : Collapse

تتكون هذه الظاهرة الكارستية نتيجة عمليات الإذابة الكيميائية في الطبقات تحت سطحية مكونة تجاويف مختلفة الأحجام، ومع مرور الزمن تنمو وتزداد اتساعاً وينهار السقف العلوي إلى قاع البالوعة معلناً عن وجودها (عاشور، 1989، ص 26)، وتتميز جوانبها بشدة الانحدار، وهذه البالوعات الإنهدامية أقل انتشاراً من النوع السابق، وعادة ما تجرد المياه السطحية الجارية طريقها التي تنصرف إليها عبر رواسب قيعانها إلى خزانات المياه الجوفية عن طريق التسرب، وأحياناً تشكل برك البالوعات Sinkhole ponds حينما تعوق الرواسب الدقيقة تسرب المياه إلى الطبقات الجوفية (السيد، 2008، ص 70)، ومن خلال المسح الميداني لمنطقة الدراسة تم رصد عينة واحدة من هذه الظاهرة جنوب غوط الطير شمال غرب الهضبة، وقد بلغت أبعادها المورفومترية 32م طولاً، 28م عرضاً، وبلغ عمقها 18م، ودرجة انحدار جوانبها بلغت 85° (قياسات الباحث)، وتوجد رواسب صخرية في قاعها أثرت بها عمليات الإذابة الكيميائية، وهي صخور جيرية تشبه صخور السطح المجاور، الأمر الذي يدل على قدم نشأت هذه الظاهرة. ويوضح الشكل رقم (12) البالوعة الإنهدامية في شمال غرب هضبة البطان .

– التربة الحمراء: Terra Rossa

تتكون هذه التربة نتيجة التجوية الكيميائية، ويدل لونها الأحمر على ارتفاع نسبة أكاسيد الحديد بها، ويكون قوامها طينياً بصفة عامة، حيث تصل حبيبات الطين إلى أكثر من 45%، وحبيبات هذه التربة على التوالي تتكون من الطين والسلت والرمل الناعم، أما حبيبات الرمل الخشن تكاد تكون معدومة، فهي نتيجة التحلل السطحي أو القريب من السطح بواسطة مياه الأمطار المتسربة (بن محمود، 1995، ص



الشكل (12) يوضح أحد البالوعات الإهدامية شمال غرب هضبة البطنان

المصدر عدسة الباحث 2020/11/18م.

(292)، ويغطي هذا النوع من التربة مساحات كبيرة من سطح الهضبة خاصة المنخفضات الطولية المنتشرة بين الحافات الشمالية، وفي بعض الأودية الشمالية مثل وادي بوالقمل والمقارين والسهل الغربي والشبرق والقصبيايات وغيرها، كما تنتشر أيضاً في منطقة المنخفضات جنوب خط تقسيم المياه بالهضبة، وتتباين في سمكها إلى حد كبير، حيث تتراوح بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار، وبلغ سمكها في حوض منخفض طبرق 1.5م، وفي حوض منخفض خارجة 4م، وفي منخفض بوموسى 1.8م، وفي وادي السهل الغربي 0.20م، وفي وادي العودة طبرق 0.80م (من قياسات الباحث) ويرجع هذا التباين في سمك التربة إلى نشاط عمليات التحلل وطبوغرافية السطح، بالإضافة إلى مدى نشاط عوامل التعرية الهوائية ودورها في تدرية المكونات الناعمة. ويوضح الشكل رقم (13) التربة في منخفض المرخص .



الشكل (13) التربة الحمراء في منطقة المرخص

المصدر عدسة الباحث 2021/1/20م.

تعد التجوية عاملاً مساعداً للتعرية، فهي تعمل على تفكك الصخور وتحللها لتسهل نحت موادها ونقلها بواسطة عوامل التعرية، لتتكشف بعد ذلك سطوح صخرية جديدة لتقوم التجوية بدورها .

ثانياً عمليات التعرية : Erosion

تعد عمليات التعرية من العوامل المكملة لعمليات التجوية وكلاهما ذات دور فعال في تشكيل طبوغرافية السطح، وتعد من أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تعمل باستمرار على تغيير سطح الأرض ومعالمه وبشكل مستمر وفق نشاط وفاعلية هذه العمليات الخارجية، ويتباين تأثير عملية التعرية من إقليم لآخر وفق طبيعة التكوينات الصخرية وطبوغرافية السطح والعوامل المناخية ونوع كثافة الغطاء النباتي الطبيعي (داود، 2002، ص70)، وعمليات التعرية السائدة على منطقة الدراسة متباينة من مكان لآخر، حيث تنشط التعرية المائية شمال خط تقسيم المياه، في حين تنشط التعرية الريحية جنوب هذا الخط أي على وسط الهضبة وجنوبها، أما على ساحل الهضبة تنشط التعرية البحرية، وسوف نركز على التعرية المائية على سفوح المنحدرات لنشاطها وفعاليتها على هذا الجزء الهام من الهضبة لتركز معظم السكان والأنشطة البشرية به، ووسط الهضبة وجنوبها شبه خالي من السكان لصعوبة الظروف المناخية وعدم توافر المياه.

التعرية المائية : Running Water Erosion

تعد العمليات الجيومورفولوجية الناتجة عن المياه الجارية عقب سقوط الأمطار من الأمور الهامة والأكثر انتشاراً وتأثيراً على سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة، لطبيعة التكوينات الجيرية السائدة والتضاريس وقلة الغطاء النباتي الطبيعي بها، وطبيعة الأمطار الإعصارية التي تتميز بها الأجزاء الشمالية من الهضبة، وتأخذ التعرية المائية على سفوح المنحدرات عدة أشكال منها كما يأتي :

تعرية قطرات المطر المتناثرة: (Raindrop splash Erosion)

تبدأ بالفعل الميكانيكي لقطرات الأمطار وهو ما يعرف بتعرية الرش (Splash Erosion) (الخفاجي، 2017، ص1) وعند اصطدام قطرات الأمطار مباشرة مع جسيمات التربة تعمل على تفتت حبيباتها المتماسكة والمفتتات الصخرية صغيرة الحجم، ما يؤدي لتحويلها إلى حبيبات متناثرة في الهواء بعيداً عن مواضعها الأصلية نسبياً باتجاه أسفل المنحدرات بفعل الجاذبية، ويعتمد ذلك على حجم قطرات الأمطار الساقطة وتركزها وكميتها، وأن خصائص قطرات الأمطار من حيث الكمية والشدة والسرعة والاتجاه وحجمها كلها عوامل تؤثر في انفصال جسيمات التربة وانتقالها، كما يؤثر الانحدار في فاعلية تعرية قطرات الأمطار فتناثرها على المناطق المستوية ليس مؤثراً كثيراً ولكن تكون أكثر فاعلية على المنحدرات

ولاسيما عند أقدامها (Cook & Doornkamp, 1974, p.28)، وأن تعرية قطرات المطر عند خط تقسيم المياه تكون أكثر فاعلية، ويقل تأثيرها بالابتعاد عنه وتسود التعرية السيلية والغطائية والأخدودية (Cook, Op. Cit, p.34) ونجد من خلال المشاهدات الميدانية أن لخصائص التربة والسطح دور بالغ الأهمية في تحديد كمية المفتتات المتأثرة بهذه العملية، وبسبب الجفاف الذي يسود لعدة شهور يساعد على تفكك الطبقة السطحية من التربة، ويكون لسقوط قطرات الأمطار الأولى دوراً فاعلاً في رفع المكونات الدقيقة من الطين والرمل ثم إسقاطها بقوة على السطح ما يؤدي إلى تفتت الترب وانجرافها بواسطة المياه الجارية، وتنشط هذه العملية على سفوح الحافات الشمالية للهضبة وكذلك على منحدرات الأودية الشمالية عقب سقوط الأمطار.

التعرية الصفائحية أو التدفق السطحي: (Surface flow Erosion)

قد دلت الدراسات أن كمية الأمطار التي تتجاوز 30 ملم/ساعة تكون ذات قابلية عالية جداً على جرف التربة (الشيخ، 1987، ص 175)، ويعد الجريان السطحي هو المسؤول عن التعرية المائية، ويحدث هذا النمط من التعرية في المنخفضات الطولية المنتشرة بين حافات الهضبة الشمالية لقلعة الانحدار بها، حيث إن التربة قليلة النفاذية لدقة رواسبها، والمياه الجارية السطحية لا تتبع مجاري واضحة المعالم، إنما تكون على شكل أغشية رقيقة تتحرك عقب سقوط الأمطار فوق السطح، وتعمل على إزالة طبقة رقيقة من سطح التربة، ويعرف هذا النوع بالتعرية الغطائية أو الشريطية، ويزداد تأثير هذا النمط على سفوح المنحدرات الشمالية للهضبة، ويساعد أيضاً هذا النمط وفق كمية المياه الجارية على تحرك المواد على سفوح المنحدرات الشمالية.

تعرية المسيلات (Channelized Erosion)

ينشط هذا النمط على سفوح المنحدرات الصخرية الشمالية، وتنشأ قنوات ضحلة نتيجة الجريان السطحي تعرف بالمسيلات، ويتكون الانجراف السيلي الذي يؤدي إلى إزالة سريعة لسطح التربة عبر الممرات السيلية نتيجة تصريف المياه الجارية التي تنشأ من جراء العواصف الممطرة الغزيرة والهجائية، ويتحول فيها شكل الجريان الغطائي إلى جريان مركز في شكل شبكة دقيقة من المسيلات المائية لها قدرة كبيرة على أحداث الحت السطحي للتربة وتنتقل فيها الرواسب إلى أقدام سفوح المنحدرات والمناطق المنخفضة (Cook & Andrew, 1977, p.157) ومن خلال المشاهدات الميدانية أدى هذا النمط من التعرية إلى انجراف التربة في مواضع كثيرة كما في الحافتين الأولى والثانية في منطقة عكرمة والمرصص والقرضبة، وتتكشف الصخور المعراة من التربة ومن غطائها النباتي، ما يؤدي إلى حدوث سيلان يتمكن من

نقل الرواسب الدقيقة المتبقية من سفوح المنحدرات إلى مجاري الأودية الشمالية التي تصب في البحر المتوسط شمالاً. وتعد المياه الجارية من أنشط عوامل التعرية شمال منطقة الدراسة وتعتمد فاعليتها ونشاطها على سرعة الجريان، وكمية المياه وطبوغرافية السطح ونوع الصخور ومدى قابليتها للنحت والتآكل، فهي تقوم بعمليات الهدم والنقل والإرساب مكونة أشكال جيومورفولوجية متعددة من مراوح وسهول فيضية تحت أقدام سفوح المنحدرات والأجزاء العليا من الأودية الشمالية. ويوضح الشكل رقم (14) الجريان السيلي في منخفض طبرق تحت أقدام الحافة الثانية .



يوضح الشكل (14) الجريان السيلي والآثار على سطح التربة في منخفض طبرق

المصدر عدسة الباحث. اتجاه التصوير نحو الشرق الصورة الأولى 2020/10/11 والثانية 2020/11/15.

التعرية الأخدودية: (Gully Erosion)

هي مرحلة متقدمة من التعرية السيلية حيث تتحول المجاري الأولية أو المسيلات إلى أخاديد عندما تبدأ بتعميق وتوسيع مجاريها في أثناء النحت الرأسي والجانبى، وتعد التعرية الأخدودية هي الأكثر هدمًا من أنماط التعرية المائية السابقة، وهي متباينة من حيث أعدادها وأطولها وأعماقها في منطقة الدراسة وفق البنية والتكوينات الصخرية ودرجة الانحدار وتركز الأمطار السائدة، وينتج عنها انجراف التربة من سفوح الحافات الشمالية للهضبة، وإرسابها تحت أقدام المنحدرات وفي الأجزاء العليا من أحواض الأودية الشمالية، وأن أغلب التكوينات الصخرية لمنطقة الدراسة تنتشر بها الصدوع والفواصل وهي تكوينات جيرية تتميز بضعف مقاومتها لعمليات التعرية المائية، ولتكوين صورة واضحة عن مدى تأثير شمال الهضبة بعملية التعرية الأخدودية شمال خط تقسيم المياه تم الاعتماد على معادلة (Bergsma) لقياس درجة التعرية بمنطقة الدراسة وهي كما يأتي :

$$AE = \sum L / A$$

$AE =$ معدل التعرية الأخدودية م²/كم² ،

$\sum L =$ مجموع أطوال الأخاديد ضمن الوحدة المساحية م

$A =$ مساحة الوحدة كم² (Bergsma, 1983, pp. 166-174)

وقد تم اعتماد التصنيف الخاص (Bergsma) لقياس درجات التعرية الأخدودية وشدتها على منطقة الدراسة من خلال الجدول رقم (3) الذي يوضح فئات التعرية :

الجدول رقم (3) يوضح معدل التعرية وفئاتها وفق تصنيف (Bergsma)

الوصف	معدل التعرية م ² /كم ²	درجة التعرية
خفيفة جداً	1 - 400	1
خفيفة	401 - 1000	2
متوسطة	1001 - 1500	3
عالية	1501 - 2700	4
عالية جداً	2701 - 3700	5
شديدة	3701 - 4700	6
شديدة جداً	أكثر من 4700	7

(Bergsma, 1983, pp. 166-174)

عُدت منطقة الدراسة حوضاً واحداً، واستخرج مجموع أطوال الأخاديد ووحدة المساحة التي تشغلها شبكات التصريف المائي شمال خط تقسيم المياه بالهضبة، إذ بلغ معدل التعرية الأخدودية شمال الهضبة (8127.268 م²/م²) ووفقاً لتصنيف (Bergsma) يسود على شمال الهضبة تعرية أخدودية فئة شديدة جداً، ويرجع ارتفاع معدل التعرية الأخدودية على منطقة الدراسة لوجود الصدوع والفواصل والطيات أو الحافات الشمالية التي تعمل على زيادة درجة الانحدار، وطبيعة الأمطار الإعصارية التي تسقط على الهضبة، ونوع التكوينات الجيرية السائدة، كلها عوامل مجتمعة قد ساهمت في زيادة العمليات الجيومورفولوجية التي تجري على سفوح الحافات الشمالية لهضبة البطنان. ومظاهر التعرية الأخدودية السائدة حالياً على شمال الهضبة ليست من نتاج كميات الأمطار الحالية بل من موروثات عصر البليستوسين خلال الفترات الممطرة التي تخللته .

قياس التعرية المطرية: Measurement of rain erosion:

وسوف يتم دراسة حجم التعرية المائية وشدتها على منطقة الدراسة .

Volume of water erosion Albutnan : هضبة البطان في هضبة المائية في هضبة البطان : plateau

تعد دراسة حجم التعرية من المقاييس الهامة للتعرف على مدى خطورة انجراف التربة وفقدانها، ولتعرف

على حجم التعرية المطرية على منطقة الدراسة تم تطبيق معادلة دوكلاس لقياس حجم التعرية وهي :

$$S = \frac{1.65 (0.03937 P)^{2.3}}{1 + 0.0007 (0.03937 P)^{3.3}}$$

(Cook,1973,p. 393)

$S =$ حجم التعرية ($\text{م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة}$) ، $P =$ الأمطار الفاعلة عند ثورثويت وتستخرج وفق المعادلة

$$PE = 115 \left\{ \frac{P}{T - 10} \right\}^{10/9}$$

(Thorntwhait,1931,p 640)

$PE =$ التساقط الفعال. $=$ مجموع الأمطار السنوي (أنج).

$T =$ معدل الحرارة السنوي ($^{\circ}\text{F}$).

ومن خلال البيانات المناخية المتاحة لمحطات هضبة البطان قد تم التوصل إلى النتائج المدرجة بالجدول

رقم (4) الذي يوضح حجم عمليات التعرية السنوية الناتجة عن الأمطار.

حجم التعرية $\text{م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة}$	التساقط الفعال (أنج)	المعدل السنوي لدرجات الحرارة (F)	معدل الأمطار السنوي (أنج)	المحطة
175.3	18.01	67.64	6.9409	طبرق 1984 - 2020
79.9	39.53	64.94	13.5197	الفتائح 1980 - 2020
376.4	8.39	66.2	3.378	ناصر 1960 - 2020

المصدر من أعداد الباحث بناء على البيانات المناخية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس ليبيا حتى 2010 وتم تقدير باقي

الفترة عن طريق المتوسطات السنوية، ومعادلات (Thorntwhait& Duclos).

يوضح الجدول رقم (4) حجم عمليات التعرية السنوية الناتجة عن الأمطار

وبالاعتماد على المعدلات السنوية للأمطار وفق الفترة الزمنية المذكورة فقد بلغ حجم التعرية في شمال شرق

الهضبة من خلال محطة طبرق ($175.3 \text{ م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة}$)، وبلغ حجم التعرية في شمال غرب الهضبة من خلال

محطة الفتائح ($79.9 \text{ م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة}$) ، وفي وسط الهضبة وجنوبها من خلال بيانات محطة ناصر قد بلغ

($376.4 \text{ م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة}$) وهي القيمة الأعلى لفقدان الغطاء النباتي الطبيعي شبه التام قرب التجمعات

السكانية بسبب الممارسات الجائرة من احتطاب ورعى جائر وغيرها ما جعل التربة تحت التأثير المباشر لعمليات التعرية، إلى جانب قلة الأمطار وطبيعتها الفجائية وشدة تركزها الأمر الذي أدى إلى ارتفاع معدلات انجراف التربة. وقد حدد (Zachar) ستة أنماط من التعرية المائية وفق حجم التربة المفقودة كما بالجدول رقم (5) الذي يوضح وصف فئات التعرية وفق قيم فقدان التربة السنوية.

الجدول رقم (5) يوضح وصف فئات التعرية وفق المفقود من التربة

الفئة	حجم التربة المفقودة (م ³ /كم ² /سنة)	الوصف
1	أقل من 50	غياب التعرية أو غير ظاهرة
2	50- 500	تعرية ضعيفة
3	500- 1500	تعرية متوسطة
4	1500 - 5000	تعرية شاملة
5	5000- 20000	تعرية قوية
6	أكثر من 20000	تعرية كارثية

المصدر: (Zachar,1982,p.547).

من خلال الجدول السابق نجد حجم معدلات التعرية السنوية على الهضبة ضمن الفئة الثانية أي تعرية ضعيفة على سطح الهضبة، مع التباين في معدلات التعرية من مكان إلى آخر وفق المؤثرات البيئية والمناخية والبنوية والغطاء النباتي السائد، ومن خلال المشاهدات الميدانية لسطح الهضبة نجد نوعية الترب السائدة في شمال غرب الهضبة هي التربة الحمراء وأهم ما يميزها قطاعها المتطور نسبياً بالمقارنة بالترب السائدة على باقي سطح الهضبة، فهو يحتوي على الأفق الطيني ذي البناء الكتلي ولونها الأحمر الداكن الذي يرجع لوجود أكاسيد الحديد بكميات كبير مختلطة مع حبيبات الطين السائد بها إلى جانب الغطاء النباتي متوسط الكثافة الذي يغطي مساحات كبيرة منها، وقد بلغت كثافة النباتات الطبيعية بها (387/هكتار) موزعة على ستة أنواع رئيسة فقط من حشائش الاستبس، وسمكها لا يتجاوز في الغالب 1.20م (الدراسة الميدانية شهر نوفمبر 2020)، وهذه العوامل أدت إلى الانخفاض النسبي لمعدلات التعرية المائية بها. أما شمال شرق الهضبة في منطقة طبرق وضواحيها تسود تربة حديثة التكوين بسيطة التطور بسبب تباين معدلات الأمطار وسيادة الجفاف في معظم أشهر السنة، فإن شدة عمليات تكوين التربة وفعاليتها من إضافة مواد عضوية أو معدنية ونقلها وتكوينها تكون غالباً بطيئة، ويتميز بناؤها أنه غير صلب وغير متكتل، ويميزها اللون البني الفاتح في حالة الجفاف، والبني الداكن في حالة الرطوبة، وهي ضعيفة المقاومة وتتراوح نسبة الرمل بها ما بين

60-63% فهي من الترب الرملية (الضراط، 2004، ص ص 95-99)، وأن غطاءها النباتي فقير بسبب الأنشطة البشرية السائدة من حرثة واحتطاب ورعي جائر وغيرها، وبلغت كثافة توزيع النباتات الطبيعية (139 وحدة/هكتار) تحت سفوح الحافات الشمالية، وفي أحواض المنخفضات الطولية بين الحافات فهي شبه خالية من النباتات الطبيعية بسبب الحرثة والرعي، ما أدى إلى التأثير المباشر لعمليات التعرية المائية وزيادة نشاطها عقب سقوط الأمطار الفجائية شديدة التركيز. أما في وسط الهضبة وجنوبها فتسود التربة الرملية الصحراوية الفقيرة بغطائها النباتي المتضرر ويتجاوز نسبة الرمل بها 80%، ولونها البني الفاتح، وتراوحت كثافة الغطاء النباتي الشوكي الفقير في وسط الهضبة وجنوبها ما بين (18-120 وحدة/هكتار) وجنوب المطار يكون سطح التربة شبه خال تماما من النباتات الطبيعية حتى منطقة الطرشة، وإلى الجنوب منها ترتفع الكثافة النباتية نوعاً ما لتصل في بعض المناطق قرب بحر الغبي إلى 120 وحدة/هكتار وتنتشر الأحجار المتباينة الأحجام على السطح (الدراسة الميدانية شهر نوفمبر 2020)، ما أدى إلى زيادة نشاط عمليات التعرية المائية عقب سقوط الأمطار الفجائية في وسط الهضبة وجنوبها.

ب- شدة التعرية: Severity of erosion

لقياس شدة تعرية الأمطار على منطقة الدراسة تم استخدام معادلة فورنير لقياس شدة التعرية المطرية والتي تعتمد على معدلات الأمطار الشهرية ومجموع الأمطار السنوي (ملم) وفق المعادلة الآتية :

$$F.A.I = \frac{PI^2}{P}$$

F.A.I = قدرة الأمطار على التعرية، PI = معدل الأمطار الشهري (ملم)

P = مجموع الأمطار السنوي (ملم). (Fournier, 1960, p 201)

وتطبيق المعادلة من خلال البيانات المناخية لمنطقة الدراسة وبالاعتماد على تصنيف فورنير لقياس شدة تعرية الأمطار من خلال الجدول رقم (6) قد بلغ معدل التعرية في محطات الساحل شمال الهضبة طبرق والتميمي والفتائح (31.578، 11.043، 59.218°) وهي على التوالي وفقاً لتصنيف فورنير التعرية المطرية ضعيفة في طبرق والتميمي ومتوسطة في شمال غرب الهضبة من خلال محطة الفتائح، وفي محطة ناصر التي يستدل منها على وسط الهضبة وجنوبها فقد بلغ

يوضح الجدول رقم (6) تصنيف (Fournier)

الدرجة	شدة التعرية
أقل من 50	ضعيفة

معتدلة	500- 50
عالية	1000-500
عالية جداً	أكثر من 1000

(Fournier, 1960,p 201

المصدر:

معدل تعرية مياه الأمطار (13.050) وهي أقل من 50 درجة وتدخل ضمن فئة التعرية الضعيفة. كما وضع فورنير مؤشراً لبيان شدة التعرية كما بالجدول رقم (6) وقدرة أو شدة الأمطار الحتية على الهضبة تراوحت ما بين ضعيفة ومتوسطة وفق تصنيف فورنير بالجدول المذكور، ويوضح الجدول رقم (7) درجات التعرية المطرية على هضبة البطنان. وذلك لاعتماد النموذج الرياضي على كميات الأمطار فقط، وهي متباينة من حيث الموعد والكمية من سنة إلى أخرى مع إهمال بقية المؤثرات الأخرى على نشاط التعرية وفعاليتها على سطح الهضبة، ومن خلال المشاهدات الميدانية خلال موسم سقوط الأمطار خاصة في شمال الهضبة نجد ذات تأثير فعال وإيجابي لاسيما على سفوح الحافات الشمالية حيث مكاشف الصخور واستجابتها للرطوبة مع توافر عامل الانحدار وعدم وجود غطاء نباتي طبيعي على سفوح الحافات، كلها عوامل مجتمعة وفرت بيئة طبيعية ملائمة لنشاط وفعالية التعرية المائية في شمال منطقة الدراسة. والتعرية المائية الناتجة عن الجريان السطحي تكون ضئيلة أو معدومة فوق قمم المنحدرات، أي بالقرب من خط تقسيم المياه الذي يمثل محور قمم المنحدرات الشمالية للهضبة، وتزداد بالاتجاه إلى الأسفل نحو أقدامها، ومن خلال المشاهدات الميدانية تشير إلى أن النقل بواسطة التعرية المائية يزداد باستمرار كلما ازدادت درجة الانحدار التي تساعد على زيادة سرعة الجريان، وتنشط التعرية على سفوح المنحدرات المكشوفة من الغطاء النباتي، بالإضافة إلى أن الأمطار القليلة تؤدي إلى جفاف التربة والتي تصبح أكثر عرضة لعوامل التعرية، وبالرغم من قلة الأمطار على منطقة الدراسة فإنها كما يعتقد هي المسؤولة عن معظم مظاهر التعرية في المناطق الجافة وشبه الجافة، فالتعرية الريحية أثبتت معملياً أنها غير فعالة، فالهواء قليل الكثافة وتنعدم فيه خاصية اللزوجة وبالتالي يفقد صفتين هامتين لإتمام عملية التعرية (الخافجي، 2017، ص 16).

التعرية الريحية : Wind Erosion

تعد التعرية الريحية من العمليات الجيومورفولوجية المكونة للمظهر العام لمعظم سطح الهضبة، وخاصة وسط الهضبة وجنوبها، حيث يسود عليها المناخ شبه الجاف على أطرافها الشمالية والمناخ الجاف على وسط الهضبة وجنوبها، ويتوقف دور التعرية الريحية على العوامل التكتونية والجيولوجية، وخصائص السطح والتربة والخصائص المناخية، التي تشمل على كمية الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة وسرعة الرياح واتجاهاتها،

والأمطار والتبخر والرطوبة وخصائص النبات الطبيعي، وترتبط فاعلية الرياح بسرعتها للتأثير في حجم المفتتات وكميتها على السطح، حيث تقوم برفع الرواسب الدقيقة والمفتتات إلى الأعلى عن طريق الحمل Dust (التي يتراوح حجمها ما بين 0.15-0.30 ملم)، ويتوقف نشاطها مع زيادة السرعة التي تعتمد الجدول رقم (7) يوضح قدرة الأمطار على الحث وفق معامل فورنير أونولدوس

معدل الأمطار ناصر 2020- 1960			معدل الأمطار الفتاح 2020-1980			معدل الأمطار التميمي 1960- 1931			معدل الأمطار طبرق 2020-1984			الخطة الشهر
مؤشر فورنير	pi ²	Pi ملم	مؤشر فورنير	pi ²	Pi ملم	مؤشر فورنير	Pi ²	Pi ملم	مؤشر فورنير	Pi ²	Pi ملم	
4.432	380.25	19.5	19.248	6609.69	81.3	1.848	134.56	11.6	11.794	2079.36	45.6	يناير
1.678	144.0	12.0	8.211	2819.61	53.1	3.050	222.01	14.9	5.881	1036.84	32.2	فبراير
1.119	96.04	9.8	4.683	1608.01	40.1	1.346	98.01	9.9	0.929	163.84	12.8	مارس
0.206	17.64	4.2	1.487	510.76	22.6	0.188	13.69	3.7	0.078	13.69	3.7	أبريل
0.073	6.25	2.5	1.334	457.96	21.4	0.031	2.25	1.5	0.191	33.64	5.8	مايو
0.0005	0.04	0.2	0.0007	0.25	0.5	0.0005	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	يونيو
0.0	0.0	0.0	0.0001	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	يوليو
0.0	0.0	0.0	0.0001	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	أغسطس
0.026	2.25	1.5	0.044	15.21	3.9	0.007	0.49	0.7	0.016	2.89	1.7	سبتمبر
1.142	98.01	9.9	1.371	470.89	21.7	1.913	139.24	11.8	1.160	204.49	14.3	أكتوبر
0.965	82.81	9.1	8.242	2830.24	53.2	0.478	34.81	5.9	2.179	384.16	19.6	نوفمبر
3.408	292.41	17.1	14.597	5012.64	70.8	2.181	158.76	12.6	9.350	1648.36	40.6	ديسمبر
13.050		85.8	59.218		343.4	11.043		72.8	31.578		176.3	الجموع

المصدر من أعداد الباحث بناء على معادلة فورنير، pi معدل الأمطار الشهري، pi^2 تربيع قيمة الأمطار الشهرية كثيراً على درجة تضرس السطح لخلق تيارات هوائية مضطربة، الأمر الذي يزيد من قوة دفع الهواء للرواسب الدقيقة والمفتتات بشكل أكثر من قوة احتكاكها (داود، 2002، ص70)، ومع ندرة النباتات الطبيعية في وسط الهضبة وجنوبها، وعدم تماسك الحبيبات المفتتة لسطح التربة، وعدم وجود عوائق تحد من سرعة الرياح، والجفاف الذي يسود معظم أشهر السنة، كلها عوامل مجتمعة تساعد على نشاط وفاعلية التعرية الريحية على سطح الهضبة، وتقوم الرياح بعملية النحت والنقل والإرساب، حيث المواد المتوسطة الحجم ($2.0 - 0.30$ ملم) تنتقل عن طرق القفز (Saltation)، والمفتتات الأكبر حجماً (حصى) تنتقل عن طريق الزحف (Creeping) (عاشور، 2009، ص 288)، وتعمل الرياح على تحريك الحبيبات السطحية للتربة الجافة ودحرجتها وفق اتجاه الرياح، وأن قوى الضغط الناتجة عن سقوط الحبيبات بواسطة

القفز واصطدامها بحبيبات مستقرة تؤدي إلى تحطمها فيسهل نقلها، وقوى الجاذبية ومدى تأثيرها من خلال وزن الحبيبات وكثافتها النوعية تشكل علاقة طردية بين وزن الحبيبات والسرعة الضرورية للرياح لتعرية مواد السطح، أما الحبيبات الناعمة التي تقل أقطارها عن (0.1 ملم) تكون أكثر تماسكاً مع بعضها البعض من الرواسب الخشنة، لذلك تكون مقاومة رواسب الطين والغرين للحركة والتعرية أقل مقاومة من الرواسب الرملية (ولي مُجَّد، 2000، ص 52)، وتعد قابلية التربة للتعرية وسهولة تدرية طبقاتها السطحية ونقلها بواسطة الرياح هي المؤشر على تعريتها، وللمحتوى الرطوبي والبقايا العضوية في الطبقات السطحية للتربة دور هام في الحد من عمليات التعرية الريحية، ويوضح الجدول رقم (8) سرعة الرياح على هضبة البطنان.

الجدول رقم (8) متوسط سرعة الرياح الشهرية في محطات هضبة البطنان (ميل / ساعة)

المتوسط السنوي	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	الشهر الخطة
10.6	10.9	9.7	8.4	9.8	11.9	12.2	10.1	9.9	11.2	11.2	11.6	10.7	طرق 84 - 2020
12.1	10.9	10.8	10.2	11.7	14.3	15.0	13.0	12.0	13.0	12.0	12.0	10.8	الفتاح 2020-80
12.4	11.9	10.1	10.2	10.6	13.2	14.5	13.0	12.5	13.8	13.7	13.0	12.2	ناصر 60 - 2020

المصدر من أعداد الباحث بناء على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس ليبيا حتى 2010 في محطتي طرق والفتاح لتوقفهما عن العمل وتقدير باقي الفترة وفق المتوسطات (تم تحويل السرعة من عقدة إلى ميل / ساعة) عقدة = 1.15 ميل.

وأن سرعة الرياح متباينة من حيث المكان والزمان على سطح الهضبة، وتبلغ أقصاها على وسط الهضبة وجنوبها من خلال محطة ناصر للأرصاد الجوية للأسباب السالفة الذكر، وخاصة خلال فصل الجفاف بأشهر الصيف، الأمر الذي يزيد من فاعليتها الحتية على سطح الهضبة، وقد اقترح (Chepil) عامل المناخ لتحديد حجم التعرية أي حجم فقدان التربة السنوي الذي يتأثر بواسطة المحتوى الرطوبي للرواسب الدقيقة من سطح التربة ومعدل سرعة الرياح، وذلك يقود إلى أن قابلية تعرية التربة تتناسب عكسياً مع المحتوى الرطوبي للطبقة السطحية وكذلك الطبقة القريبة من السطح.

ولأجل معرفة مدى تأثير سطح الهضبة بالتعرية الريحية وبيان درجات النحت الريحي وخصائصه بالاعتماد على بعض البيانات المناخية، سيتم تطبيق معادلة (Chepil) على النحو الآتي:

$$C = 386 \frac{V^3}{PE^2}$$

(Chepil, 1962, pp. 162-165)

$V =$ سرعة الرياح (ميل/ساعة) = درجة التعرية الريحية.

$PE =$ الأمطار الفعالة (إنج) وتستخرج على النحو الآتي:

$$PE = 115 \left\{ \frac{P}{T - 10} \right\}^{10/9}$$

(Thornthwait, 1931, p 640)

$T =$ معدل الحرارة السنوي ($^{\circ}F$) $P =$ معدل الأمطار السنوي (إنج)

وقد وضع (Chepil) خمس فئات لدرجات التعرية الريحية كما بالجدول رقم (9) الذي يوضح درجات التعرية وصفاتها.

الجدول رقم (9) درجات التعرية الريحية وصفاتها (Chepil)

م	الدرجة	الوصف
1	0- 17	ضعيفة جداً
2	18- 35	ضعيفة
3	36- 71	متوسطة
4	72- 150	عالية
5	أكثر من 150	عالية جداً

المصدر: (Chepil, 1962, pp. 162-165).

ويوضح الجدول رقم (10) درجات التعرية الريحية في هضبة البطنان.

يوضح الجدول رقم (10) درجات التعرية الريحية في هضبة البطنان

الخطة	معدل الأمطار السنوي (أنج)	المعدل السنوي للحرارة (F)	سرعة الرياح (ميل/ساعة)	التساقط الفعال (أنج)	درجة التعرية الهوائية
طرق 1984-2020	6.9409	67.64	10.6	18.01	1417.35
الفنائح 1980-2020	13.5197	64.94	12.1	39.53	437.61
ناصر 1960-2020	3.378	66.2	12.4	8.39	10455.12

المصدر من إعداد الباحث بناء على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس ليبيا حتى العام 2010 وتقدير باقي الفترة وفق المتوسطات لوقوف محطتي طرق والفنائح عن العمل.

وتبين من نتائج تطبيق المعادلة من خلال الجدول رقم (10) أن درجة التعرية الريحية قد بلغت في محطة طرق (1417.4°)، ومحطة الفنائح (437.6°)، ومحطة ناصر (10455.1°)، وكانت معدلات التعرية الريحية في شمال غرب الهضبة من خلال محطة الفنائح الأقل درجة؛ ويرجع ذلك إلى الارتفاع النسبي للمحتوى الرطوبي بالتربة والكثافة النوعية للغطاء النباتي الطبيعي الذي كان انعكاساً للارتفاع النسبي

لمعدلات الأمطار السنوي عليها، أما شمال شرق الهضبة يأتي في المرتبة الثانية من حيث درجة التعرية من خلال محطة طبرق، حيث ترتفع معدلات التعرية الريحية خلال فصل الجفاف بأشهر الصيف، وكذلك ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة سرعة الرياح التي تعتمد كثيراً على درجة تضرس المنطقة وخاصة على سفوح الحافات الشمالية الشرقية، بالإضافة إلى الجفاف السائد بسطح التربة وكمية المفتتات الدقيقة والحشنة، وقلة النباتات الطبيعية التي انقرض معظمها بسبب الممارسات البشرية الجائرة، الأمر الذي ساعد على فاعلية القدرة الحتية للرياح ونشاطها ودفعها للرواسب السطحية الدقيقة والمفتتات بشكل أكبر على هذا الجزء من منطقة الدراسة، أما عن وسط الهضبة وجنوبها ومن خلال محطة ناصر والتي كانت قيمة التعرية الريحية بها هي الأعلى، ويرجع ذلك لندرة النباتات الطبيعية بها، وعدم تماسك حبيبات سطح التربة وجفافها، وارتفاع درجات الحرارة والمدى الحراري اليومي والسنوي، وعدم وجود عوائق تحد من سرعة الرياح، كلها عوامل مجتمعة أدت لارتفاع فاعلية التعرية الريحية على هذا الجزء من سطح الهضبة، لتوافر الشروط المتمثلة بوفرة المفتتات واستواء السطح وسرعة رياح لا تقل عن (3 كم/ساعة) (داود، 2002، ص 71). ووفقاً لتصنيف (Chepil) لدرجات التعرية الريحية وصفاتها من خلال الجدول رقم (9) فإن درجات التعرية الريحية في هضبة البطنان تدرج تحت فئة عالية جداً، وهي مؤشرات تنذر بالخطر إذا لم تتخذ التدابير الوقائية اللازمة، الأمر الذي يؤدي إلى استفحال ظاهرة التصحر على المدى القريب، وفقدان مساحات كبيرة من التربة سنوياً من سطح الهضبة .

مظاهر النحت الريحي على سطح الهضبة :

تتم عملية النحت الريحي على سطح الهضبة بدرجات متفاوتة مختلفة أشكالاً مختلفة، ويتوقف ذلك على سرعتها وقوتها وطبيعتها هبونها، ومقدار ما تحمله من رمال، وطبيعة الصخور التي تصطدم بها، وطبيعة الغطاء النباتي الذي يرتبط مع الرياح بعلاقة عكسية، وتكون أكثر وضوحاً في وسط الهضبة وجنوبها للأسباب السالفة الذكر، وتتم عمليات النحت بواسطة عمليتين كل منها مسبب للأخرى وتوصف الحالة للأكثر تأثيراً وهي على النحو الآتي :

أ - التذرية : Deflation

يقصد بها عملية حمل المفتتات الدقيقة من السطح وتحريكها من مكانها، وتعد من أكثر العمليات الجيومورفولوجية انتشاراً على سطح الهضبة محل الدراسة، وتتم بواسطة ثلاث طرق، هي التعلق والقفز والزحف، وأهم الأشكال الناتجة عنها ظاهرة الحمادة والسرير التي تنتشر بشكل كبير في وسط الهضبة وجنوبها حيث بلغت درجات التعرية (1.10455°) وهي قيمة عالية جداً وترجع للأسباب سالفة الذكر.

ويوضح الشكل رقم (15) أحد أسطح الأرصفة الصحراوية جنوب هضبة البطنان. وهي نطاقات متسعة تصل إلى بضعة كيلومترات ويغطي سطحها طبقة رقيقة من الرمال الخشنة والحصى والحصاء .



الشكل (15) يوضح ظاهرة الأرصفة الصحراوية جنوب هضبة البطنان

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية.

ب -عملية البري و الصقل : Abrasion

هي عملية نحت الصخور بواسطة اصطدام الرياح المحملة بحبيبات الرمل الدقيقة التي تعترض مسارها ، وتحدث قرب سطح الأرض لعدم مقدرة الرياح على رفع حبيبات الرمال من سطح الأرض إلى ارتفاع كبير، فهو في العادة لا يزيد عن قامة الإنسان (عاشور،2009، ص 305)، ويوضح الشكل رقم (16) ظاهرة صقل الصخور والثقوب الصخرية على حافة الطرشة وسط هضبة البطنان، وتنتشر هذه الظاهرة في أماكن متفرقة في وسط الهضبة وجنوبها، حيث تظهر السطوح والجلاميد الصخرية ويبدو عليها آثار التحزب (Grooving) والثقوب وتتميز بأسطح ملساء بسبب تعرضها للبري بواسطة الرياح لمدة طويلة.



الشكل (16) يوضح ظاهرة صقل الصخور والثقوب الصخرية في منطقة الطرشة وسط الهضبة

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/12/5.

الأشكال الأرضية الناتجة عن العوامل الخارجية بمنطقة الدراسة :

بعد دراسة العوامل المشكلة لسطح الهضبة والعمليات الجيومورفولوجية التي تتحكم في نشأة الأشكال الأرضية في هضبة البطنان، مع ملاحظة أن هذه الأشكال لم تنشأ بمعزل عن العمليات الأخرى، وتم الأخذ في الحسبان العملية الأكثر مشاركة في نشأة الشكل الأرضي، فمن المعلوم أن كل العمليات تقع ضمن بيئة طبيعية تكاد تكون متجانسة، ولا يمكن أن تعمل عملية بمعزل عن الأخرى ولكن تبقى نسبة المشاركة متباينة بين عملية وأخرى في تكوين الشكل الأرضي، ويمكن تصنيف الأشكال الأرضية في هضبة البطنان وفق العمليات الجيومورفولوجية كما يأتي :

- أشكال بنيوية تحتية :

تشمل الحافات الشمالية للهضبة : The northern edges of the plateau وهي من الأشكال الأرضية الرئيسة في شمال الهضبة، ويرجع أصلها كما ذكر آنفاً إلى العمليات التركيبية، وهي معتدلة التموج وتكون أكثر انحداراً نحو الشمال، في حين يكون انحدارها هيناً نحو الجنوب، وهي تمتد من الغرب إلى الشرق، وغير منتظمة الانحدار ويتراوح انحدارها نحو الشمال ما بين 15-80°، أما نحو الجنوب لا يتجاوز في الغالب 4°، وتبدأ الحافات من خليج البمبا غرباً على هيئة تموجات أرضية حيث تظهر الحافة الأولى على ارتفاع 100م، وعند خليج عين الغزالة تنقسم إلى حافتين ويصل أقصى ارتفاع لها جنوب منطقة القرصبة ليلغ 222م وتمثل خط تقسيم المياه بالهضبة، وتواصل امتدادها إلى الشرق حتى طبرق بمتوسط ارتفاع 140م، وفي منطقة طبرق توجد خمس حافات متتابعة من البحر شمالاً حتى جنوب منطقة الطرشة في وسط الهضبة، ومتوسط ارتفاع الحافة الأولى على البحر شمالاً 32م، والأقصى ارتفاعاً الحافة الخامسة الجنوبية جنوب منطقة الطرشة وقد بلغ ارتفاعها 192م (من قياسات الباحث أثناء الدراسة الميدانية خلال شهر فبراير 2020م) وأسهمت كل من التعرية المائية والريحية اللاحقة في تشكيل أسطحها وجريان شبكة من مجاري الأودية موسمية الجريان وصولاً إلى البحر شمالاً، ومتأثرة بالشقوق والفواصل المنتشرة على شمال الهضبة، ومعظمها تأخذ اتجاه نحو الشمال والشمال الشرقي وفق الانحدار العام السائد شمال خط تقسيم المياه، ثم ساهمت الجاذبية الأرضية في تراجع بعض الحافات وظهور مكاشف طبقات صخرية ذات انحدار شديد تمثل آثار بقايا التعرية نتيجة الانهيارات الكتلية في بعض مواضع من الحافات الأولى والثانية والثالثة كما في منطقة عكرمة غرب طبرق والمرصص والقرصبة مشكلة ركام الهشيم أسفل هذه الحافات، وامتدادها وفق اتجاه التراكيب الخطية من صدوع وفواصل. ويوضح الشكل رقم (17) الحافة الثانية جنوب خليج عين الغزالة.



الشكل (17) الحافة الثانية الشمالية في هضبة البطان

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/2/20

الأشكال الناتجة عن التعرية المائية ، وتشمل :

الأودية: The Valleys

تتركز معظم الأودية شمال خط تقسيم المياه شمال الهضبة، وهي مجاري مائية ناتجة عن نحت المياه الجارية عقب سقوط الأمطار خلال العواصف الممطرة، وتستطيع تحريك المواد ونقلها بواسطة المياه الجارية عن طريق قوة الجر أو السحب على سفوح المنحدرات (Gobena,2006,pp. 29-31)، وتزداد المجاري عمقا على سفوح الحافات الشمالية للهضبة كلما زادت كميات المياه الجارية ودرجة الانحدار ولاسيما بعد زيادة تشبع التربة بالماء، والطاقة الحتية للمياه تزداد مع زيادة البعد عن خط تقسيم المياه وزيادة الانحدار، وعملت التعرية المائية على تقطيع سفوح الحافات الشمالية للهضبة، إذ كونت عليها أعدادا كبيرة من الأودية بلغ عددها 43 واديا، وأعدادا كثيرة من الأخاديد، وتعمل هذه الأخاديد على نشوء الأراضي الرديئة في الأقسام العليا من الأحواض بسبب التضرس الشديد الذي تمتاز به لاسيما عند المناطق الأكثر انحداراً قرب المنابع على سفوح الحافات. وقد بلغ حجم التعرية الأخدودية شمال خط تقسيم المياه في هضبة البطان وفق معادلة (Bergsma) $8127 \text{ م}^2/\text{كم}^2$ وهي قيمة كبيرة تدرج تحت فئة تعرية شديدة جداً، وترجع هذه التعرية إلى موروثات عصر البليستوسين الذي كان أوفر أمطاراً من الوقت الحالي .

البيدمونت: Pedimonts

تتكون من طبقة من الرواسب الخشنة نتيجة الإرساب المائي أسفل الحافات الشمالية، ونتيجة تباين الانحدار بين الحافات وسهول البيدمنت يلاحظ وجود زاوية واضحة بينهما، ونطاق البيدمنت يتكون من مجموعة ملتحمة من الرواسب كوتتها المجاري السيلية المنحدرة على واجهات الحافات، واستمرار عمليات التجوية التراجعية تنتج مفتتات صخرية عن طريق التفكك أو التحلل وهي في مكائها، ويحدث بعد ذلك أن

تنفصل المواد الرملية الدقيقة وتصبح معدة للنقل بواسطة المياه الجارية إلى أسفل الحافات عقب هبوب العواصف الممطرة العارضة، وعند ارتطام المياه الجارية التي تحمل الرواسب بالأراضي المنبسطة عند أقدم الحافات الشمالية للهضبة تقل سرعة اندفاعها وجرياتها؛ فترسب حمولتها على شكل مراوح تحتوي قممها على رواسب خشنة من الحصباء والحصى والرمل وبعض الرواسب الغرينية والطينية عند مقدمتها (سباركس، ترجمة ليلي مُجد عثمان، 1983، ص 431-433) ويلاحظ وجود قنوات مائية تخترق سطح هذه المراوح، وتعد ظاهرة البيدمنت من الأشكال الأرضية الواسعة الانتشار عند أقدم الحافات الشمالية للهضبة، وتتميز في الغالب بالانحدار التدريجي الذي يتراوح ما بين 1-5° (قياسات الباحث خلال الدراسة الميدانية) وتمثل البيدمنت نطاقا فاصلا بين الحافات الشمالية والأحواض الطولية الممتدة بينها. ويوضح الشكل رقم (18) البيدمنت عند أقدم الحافة.



الشكل (18) ظاهرة البيدمنت أسفل الحافة الثالثة

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2021/2/25.

الباجادا والنطاق الرسوبي الفيضي: Bajada & Peripediment

تتكون نتيجة الإرساب الناتج عن التغير المفاجئ للانحدار عند قاعدة سفح المنحدر أو الحافة، ما يؤدي إلى انخفاض قدرة المياه على حمل الرواسب وإرساب حمولتها من الجلاميد والحصى والرمل مكونة عدداً من المراوح والدالات المتجاورة، وتتراوح درجة انحدارها ما بين 1-7°، ومع مرور الوقت تتوالى عمليات الإرساب حتى تتلاحم وتتحد مكونة سهلاً يعرف باسم الباجادا (جودة، 1980، ص 337)، ويتم التمييز ما بين الباجادا والبيدمنت من خلال حجم، حيث نجد حجم رواسب الباجادا يكون أكثر دقة، وتقدم من الرواسب، رواسب البيدمنت حتى تصل إلى الرواسب الفيضية التي يتكون منها محيط البيدمنت (سباركس، ترجمة ليلي مُجد عثمان، 1983، ص 432).

اما عن النطاق الرسوبي الفيضي والذي يطلق عليه أحياناً محيط البيدمنت يتكون من رواسب دقيقة ترسبت بفعل المياه الجارية من سفوح المنحدرات التي تستمر في تكوين طبقات فيضية على مدى فترات طويلة مكونة السهل الرسوبي، وتباين مساحته وفق درجة الانحدار وكمية الرواسب الدقيقة المكونة له، وتنتشر الرواسب الفيضية في شمال هضبة البطنان مشكلة النطاق الرسوبي في أحواض المنخفضات الطولية الشكل بين الحافات الشمالية ويطلق عليها محلياً اسم السقايف وقد بلغ عددها شمال خط تقسيم المياه 65 منخفض، نذكر منها سقيفة خارجة وطبرق وطبرق و بومولح و بوموسى والسبيع وعكرمة والسدره وشبرق يوسف وأكبر هذه النطاقات الرسوبية امتداداً سقيفة السد والتي يبلغ طولها 30 كم بمتوسط عرض 5 كم (قياسات الباحث من الخرائط الطبوغرافية 1:50000) من منطقة المرصص وحتى خليج عين الغزالة. ويوضح الشكل رقم(19) الباجادا ومحيط البيدمنت أو السهل الرسوبي الفيضي في سقيفة طبرق تحت أقدم الحافة الثانية .



يوضح الشكل (19) الباجادا والسهل الرسوبي الفيضي

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/12/14

الأشكال الناتجة عن التعرية الريحية ، وتشمل :

- الثقوب والكهوف الريحية: Holes and wind caves

تنتشر هذه الظواهر الجيومورفولوجية في الصخور غير المتجانسة، لتباين مقاومة طبقات التركيب الصخري التي تتعرض لفعل احتكاك الرياح المحملة بالرمال، ما يؤدي إلى الثقوب والتجاويف بالطبقات الأقل مقاومة، بينما تبقى الصخور الأكثر صلابة على هيئة فواصل بينها، ومع تكرار العواصف الريحية على الأسطح الصخرية المواجهة لها، تزداد الثقوب والتجاويف وتصبح كهوفاً (أبو العينين، 1995، ص 597). وتنتشر

هذه الظاهرة الجيومورفولوجية على أسطح الحافات المرتفعة للهضبة المواجهة للرياح حيث الجفاف ونشاط التعرية الريحية خاصة على الثالثة والرابعة والخامسة في وسط الهضبة. ويوضح الشكل رقم (20) الثقوب والتجاويف الريحية في هضبة البطنان.



الشكل (20) الثقوب والتجاويف الريحية بالحافة الثالثة في منطقة بترونة

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/12/3.

الأرصفة الصحراوية : Desert Pavements

تعد ظاهرة الأرصفة الصحراوية ذات النطاقات المتسعة والمستوية تقريباً من الأدلة الواضحة على دور التعرية الريحية، وتتكون من طبقة رقيقة من الرمال المختلطة بين الدقيقة والخشنة، ويغطي سطحها الحصى والحصاء وبعض الجلاميد، وتأخذ أحيانا أشكالاً شبه هندسية متعددة، وذات أوجه مدببة، وحادة الزوايا، وفي الغالب لم تأخذ شكلاً محددًا، حيث تعمل الرياح على إزالة الرواسب الدقيقة من سطحها تاركة تكوينات حصوية خشنة، وتتميز هذه التكوينات بأشكال مميزة وأسطحها المصقولة بفعل الرياح (محسوب، 2002، ص ص 273-275).

الخصائص المورفومترية للأرصفة الصحراوية في هضبة البطنان :

تمتد في وسط الهضبة وجنوبها ويتباين اتساع هذه الأرصفة الصحراوية من مكان لآخر، وتختلف مناسيب ارتفاعها من موقع لآخر، فهي تمتد من جنوب المطار وحتى منطقة العُبي جنوب الهضبة وتخللها بعض المنخفضات الصحراوية، فهي تمتد من الشمال إلى الجنوب لمسافة 42 كم، ومن الشرق إلى الغرب لمسافة 92 كم، والقطاع الممتد من المطار على منسوب 159 م وحتى جنوب منطقة الطرشة (31.43.477 شمالاً، 23.53.577 شرقاً) على منسوب 192 م، لمسافة 15 كم وتراوحت نسبة

الانحدار ما بين 1.3 – 3.2%، وهذا الموقع يشكل خط تقسيم المياه بالمنطقة، وبعد هذا الموقع يكون الانحدار جنوباً حتى منطقة العُبي الحدود الجنوبية للهضبة حيث إقليم المنخفضات، عند الموقع (31.30.000 شمالاً، 23.51.582 شرقاً) لمسافة 27 كم، وتنتشر الأرصفة على منسوب ارتفاع 180م، بمتوسط نسبة انحدار 0.1%. (تم استخراج القيم بناء على الخريطة الطبوغرافية 1:50000 لوحة العدم)، ومن خلال المشاهدات الميدانية نلاحظ سيادة التعرية الريحية التي عملت على نقل الرواسب الدقيقة تاركة الرواسب الخشنة من حصى وحصباء على السطح، ونلاحظ أن هناك اختلافاً في أحجام الحصى والحصباء ويتراوح أقطارها ما بين 2-6 سم، ويتراوح عددها في المتر المربع ما بين 80-170 حبة حصى، أما الجلاميد أن وجد فهو قليل للغاية ولا يتجاوز 5 أحجار/م²، ومعظم الحصى والمكونات الخشنة مصقولة السطح، ومتراكمة من اتجاه الشمال الغربي والشرقي وفق اتجاهات الرياح السائدة في معظم أشهر السنة على منطقة الدراسة، وتعمل الرياح على شطف الحصى الذي يقابلها من جانب واحد وهو المقابل للرياح المحملة بالرمال، ويتراوح عدد الثقوب به ما بين 2-6، وأعماقها من سطح الحصى يتراوح ما بين 2-12 ملم (قياسات الباحث خلال الدراسة الميدانية خلال شهر ديسمبر 2020)، ويوضح الشكل رقم (21) الأرصفة الصحراوية جنوب هضبة البطنان. وتتعدد أشكال الحصى شبه الهندسي ووجوده في مناطق متباينة من حيث نظم الرياح السائدة في وسط الهضبة وجنوبها من حيث حدة عمليات التفكك وغيرها، وقد تتشكل بسبب تفاعل عدد كبير من العمليات الجيومورفولوجية المختلفة والتي تؤدي إلى نتائج واحدة، وأهمها تعرية الطبقة السطحية من الرواسب الرملية والغرينية المكونة لسطح التربة مخلفة الرواسب الخشنة التي لا تستطيع الرياح حملها من الحصى والحصباء وبعض الجلاميد وهي نتاج لتذرية الرياح وكما ذكر آنفاً أن العمليات الجيومورفولوجية تعمل مشتركة في البيئة الطبيعية، وهذه الأرصفة تتعدد أسباب تكوينها وتشكيلها، ويمكن تفسير ذلك بأنها في البداية كانت نتيجة التفكك الفيزيائي للصخور، ثم قامت الرياح بدور تالي بنقل الرواسب الدقيقة من الرمال وغيرها، والعمل على تشكيل الأرصفة الصحراوية أو ما يعرف بالسرير.



الشكل (21) الأرصفة الصحراوية جنوب هضبة البطان

المصدر عدسة الباحث 2020/12/7.

– المنخفضات الحوضية : Basin like Depressions

يقصد بها الأراضي شبه المستوية والمنخفضة عن ما حولها، ويطلق عليها محلياً اسم (البلط) ويغطي سطحها رواسب دقيقة من الغرين والسلت القادم إليها من المناطق المحيطة بها عن طريق المياه الجارية أو السيول الناتجة عن الأمطار الإعصارية التي تسقط خلال موسم الأمطار، أو عن طريق الإرساب الريحي، ويبلغ عدد هذه المنخفضات الصحراوية في وسط الهضبة وجنوبها 742 منخفضاً أي ما يعادل 92% من إجمالي منخفضات الهضبة (تم استخراج العدد من الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000، والمرئية الفضائية لمنطقة الدراسة ونموذج الارتفاع الرقمي DEM)، وتعد المنخفضات من الظواهر الجيومورفولوجية الهامة على سطح هضبة البطان، وتتميز باتساعها في غالب الأحيان واستواء سطحها، وتأخذ أسماء وأشكالاً متعددة مثل منخفضات البلايا (Playas)، أو المسطحات الطينية (Mud flats) أو أحواض التذرية (Blowout)، والمنخفضات تتنوع أصولها وأشكالها وأبعادها وخصائصها وفق العوامل والعمليات المؤدية إلى تكوينها، وهنا يجب التفرقة بين الأصل والتشكيل، فالأصل يبحث أسباب النشأة والتوزيع الجغرافي للمنخفضات، أما التشكيل فيعني العمليات كلها التي أسهمت بدوراً ما في تكوينها سواء كان ذلك عن طريق المياه الجارية أو عن طريق الإذابة أو بفعل الرياح، فأصل الظاهرة هو نقطة البداية والأساس الذي تنطلق منه العوامل الأخرى في صياغة المنخفضات وإبرازها بأبعادها وأشكالها الحالية (بحري، 1979، ص 16). والمنخفضات الصحراوية في هضبة البطان متباينة من حيث المساحة والعمق فبعضها لا تتعدى مساحتها بضعة أمتار مربعة وأخرى تتجاوز عشرات الكيلومترات المربعة، فهي تشكل في وسط الهضبة وجنوبها مستودعات لتجمع المياه عقب سقوط الأمطار، والتي لا تتجاوز عدة أيام قليلة نتيجة معدلات

التبخر المرتفعة، والتسرب القليل في طبقات التربة تحت السطحية، وتنشأ هذه المنخفضات في منطقة الدراسة بسبب العديد من العوامل أهمها عملية التذرية الريحية لاسيما المناطق التي تغطيها الرواسب الدقيقة المفككة، حيث تقوم الرياح بتذيرتها من سطح المنخفض فيزداد عمقاً ومع تكرار التذرية الريحية واستمرارها تتكون المنخفضات وتباين أعماقها وفقاً لسرعة هبوب الرياح وتكرارها واتجاهاتها. ومن خلال المعطيات المناخية السائدة على منطقة الدراسة تم تطبيق معادلة (Chepil) لتحديد درجة التعرية الريحية السائدة على وسط الهضبة وجنوبها، وقد بلغت (10455) ووفقاً للتصنيف المذكور هي درجة عالية جداً، ويرجع ذلك لندرة النباتات الطبيعية والجفاف الذي يسود معظم أشهر السنة الأمر الذي يؤدي إلى تفكك الطبقة السطحية للتربة وتكون تحت تأثير التذرية الريحية، وأن اتساع سطح المنخفضات دون عائق يحد من سرعة الرياح كلها عوامل مجتمعة تساعد على زيادة فاعلية التعرية الريحية وزيادة عمق المنخفضات على منطقة الدراسة، ويبين الشكل رقم (22) منخفض غوط الأرنب جنوب غرب منطقة الطرشة.



يوضح الشكل (22) منخفض غوط الأرنب في وسط هضبة البطنان عقب سقوط الأمطار

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/11/13

وسيتم دراسة الخصائص المورفومترية في منخفض غوط الأرنب الذي يقع في جنوب الهضبة، (E 23.64.765، N 31.45.352) كنموذج عن المنخفضات الصحراوية فيها، ومعظم سطح المنخفض يسود على ارتفاع 155م، تحيط به حافة على ارتفاع 170م، وتنحدر نحو الحوض انحداراً هيناً لا يتجاوز في الغالب 5°، ويأخذ المنخفض امتداداً طويلاً لمسافة 5.5 كم من الشمال إلى الجنوب، ويصل أقصى اتساع له في منتصف المنخفض وقد بلغ 2 كم، و يقل عرض المنخفض عند أطرافه الشمالية والجنوبية بما لا يتجاوز 1 كم، وقد بلغ عمق المنخفض 15م عن الأراضي المحيطة به (قياسات الباحث من الخريطة

الطوبوغرافية لوحة العدم 1:50000، والدراسة الميدانية خلال نوفمبر 2020)، ومن خلال التحليل الحجمي لعينة الرواسب السطحية كانت نسبة الحصى (< 2مم) 12%، نسبة الرمل (0.05 - > 2.0مم) بلغت 38%، ونسبة الطمي أو السلت (0.05 - 0.002مم) بلغت 31%، ونسبة الطين (> 0.002مم) بلغت 19%، (نتائج النخل الجاف لعينة من سطح المنخفض حتى عمق 20سم قام بها الباحث في معمل الجسور وحدة المعامل والمختبرات طبرق 2020/11/14) ومن خلال التحليل يتضح أن معظم الرواسب السطحية على سطح المنخفض تتكون من الرواسب الرملية وبعض الحصى الذي تجلبه المياه الجارية إليه. وتنتشر هذه المنخفضات في وسط الهضبة وجنوبها منها منخفض شرفاد والحريقة وحسن شمال منطقة العُبي وغيرها الكثير وتباين في مساحتها وعمقها وفق سرعة الرياح واتجاهاتها.

الأشكال الناتجة عن الإرساب الريحي في وسط الهضبة وجنوبها:

تتكون العديد من مظاهر الإرساب الريحي عندما تقل سرعة الرياح فتسبب حملتها مكونة أشكالاً أرضية من التجمعات الرملية المتباينة من حيث الشكل والامتداد، وتم حصر أشكال الكثبان الرملية الصحراوية في وسط الهضبة وجنوبها كما يأتي :

1 - كثبان النباك : Nebkha Dunes

تشكل نباتات الاستبس الصحراوية الفقيرة على سطح الهضبة دوراً هاماً في تكون كثبان النباك، حيث تشكل عائقاً أمام الرياح المحملة بالرمال والأتربة قرب سطح الأرض وخفض سرعتها ما يجعلها تفقد جزءاً كبيراً من طاقتها وإرساب الرمال والأتربة خلف العائق النباتي الذي يمثل عنصر الحشونة على السطح، مكونة مثلثاً يشير رأسه إلى اتجاه منصرف الرياح (محبوب، 2002، ص297)، وتم رصد ظاهرة النباك الرملية في جنوب الهضبة شمال منطقة العُبي بحوالي 3 كم بالموقع (E23.53.971 - N 31.30.378)، على ارتفاع 193م فوق سطح البحر، وهذا الحقل يمتد من الشمال إلى الجنوب لمسافة 3.5 كم ومن الشرق إلى الغرب بمتوسط عرض 1.8 كم، وتم تحديد مساحة هكتار (100 X 100م) داخل هذا الحقل لتحديد الخصائص المورفومترية لهذه الظاهرة كنموذج لظاهرة كثبان النباك، فقد بلغ عدد كثبان النباك 170 نبكة/هكتار، ويتباين ارتفاعها حيث تراوح ما بين 0.24 - 1.80م، وتراوح عرضها ما بين 1.30 - 2.5م، وتراوح طولها ما بين 1 - 4م، و توجد مجموعة نباك التحمت مشكلة غطاءً رملياً بارتفاع 3م، وتراوح عرضها ما بين 3-5م، وطولها 4م، ويوضح الشكل رقم(23) كثبان النباك قرب منطقة العُبي.



يوضح الشكل (23) كتبان التبات في جنوب هضبة البطان

المصدر عدسة الباحث خلال الدراسة الميدانية 2020/12/7م.

وتم إجراء تحليل حجمي لعينات الكتبان الرملية لعدة عينات في وسط الهضبة وجنوبها، حيث عينة العُبي تمثل جنوب الهضبة، ثم عينة الطرشة على بعد 30 كم إلى الشمال من الموقع الأول، ثم عينة بترونة على بعد 5 كم لتمثل وسط الهضبة، وأظهرت نتائج التحليل ارتفاع نسبة الرمال المتوسط والناعمة في العينات الثلاث الأمر الذي يدل على بعد المسافة التي قطعتها هذه الرمال حتى وصلت إلى موقع العينات، ثم تأتي الرمال الخشنة في المرتبة الثانية وذلك يدل على قرب مصدرها ومنشئها من مواقع العينات، ثم تأتي رواسب الطمي والطين بنسب قليلة في المرتبة الأخيرة. ويوضح الجدول رقم (11) نتائج التحليل الحجمي لعينات الكتبان الرملية الصحراوية في وسط هضبة البطان وجنوبها .

يوضح الجدول رقم (11) نسيج عينات الكتبان الرملية الصحراوية في هضبة البطان

الموقع	نسبة الرمل %			نسبة الطين أو السلت %	نسبة الطين %	وصف النسيج
	خشنة 0.5-2.0 ملم	متوسط 0.25-0.50 ملم	ناعمة 0.05-0.25 ملم			
العُبي	28.2	33.6	30.2	6.9	1.1	رملية
المجموع		92		6.9	1.1	100
الطرشة	2.1	27.8	29.1	29.8	11.2	رملية
المجموع		59		29.8	11.2	100
بترونة	19.7	28.1	26.2	19.8	6.2	رملية
المجموع		74		19.8	6.2	100

المصدر: تم التحليل الحبيبي للعينات بواسطة النخل الجاف في معمل الجسور طبق بمعرفة الباحث 2020/2/15م.

2- النيم الصحراوي(التموجات الرملية) : Sand- Ripples

تتكون التموجات الرملية على سطح الهضبة بفعل حركة الرياح والآثار الناتجة عنها، وهي أشكال أرضية متحركة ويتغير موقعها وهيأتها وفق تغير اتجاه الرياح وسرعتها. وهي تموجات رملية صغيرة الحجم، ويعتمد طول موجتها على شدة حركة الرياح، وتشكل علامات النيم فوق الأسطح الرملية وتحدد مسافة قفز الحبيبات الرملية طول موجة النيم (سلامة، 2007، ص283)، وأن النسبة بين الارتفاع وطول الموجة تتوقف على عرض مسطح التموج، وهذه التموجات تكون أكثر انتشاراً على الرمال غير المتجانسة من حيث حجم الحبيبات، وتكون محدودة للغاية على الرمال المتجانسة، وتكون محاور التموجات الرملية متعامدة مع اتجاهات الرياح، ويزداد حجمها وطول موجتها مع مرور الوقت وفق كمية الرواسب الخشنة المتوافرة وشدة عملية القفز والزحف التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتشكيل الأسطح الرملية (محسوب وآخر، 1989، ص185). ومع تكرار هبوب الرياح المحملة بجبات الرمال ودفعها للرواسب الخشنة يزداد تضرس التموجات الرملية، وكلما ارتفعت قمم النيم فإنها تتداخل باطراد حيث تسفي جبات الرمال من القمم إلى الأحواض المجاورة، لذلك تكون قمم النيم الصحراوي محدودة الارتفاع (تراب، 1993، ص253)، ومن خلال المشاهدات الميدانية في وسط الهضبة وجنوبها نلاحظ أن الأسطح الرملية توجد على هيئة تجمعات متفرقة على مساحات محدودة لا تتجاوز بضعة أمتار مربعة، وهذه التجمعات تكون حول النباتات الطبيعية فتتحد مجموعة النباك مشكلة أسطح رملية لا يتجاوز ارتفاعها في الغالب 0.80 م، ويتراوح عرضها ما بين 2-16م، وطولها ما بين 3-50م، وتوجد على سطحها تموجات على شكل خطوط متتابعة(قياسات الباحث خلال الدراسة الميدانية شهر ديسمبر 2020). و نلاحظ أيضاً اختلاف زوايا انحدار قمة الموجة عن انحدار منصرف الرياح، حيث نجد زاوية انحدار قمة الموجة تكون أشد من زاوية منصرف الرياح، و نلاحظ أيضاً تراكم الرمال الخشنة على قمة الموجة، أما الرواسب الدقيقة والناعمة تكون في جهة منصرف الرياح، ويعزى ذلك إلى عملية الإرساب وسرعة الرياح، فعند اصطدام الرياح بالعوائق السطحية الخشنة (النباتات الصحراوية) تبدأ عملية الإرساب بالرمال الخشنة والأثقل ثم الأقل حجماً ثم الأدق تكون في جهة منصرف الرياح، وأن معظم التموجات الرملية في وسط الهضبة وجنوبها تأخذ باتجاه شمال غرب -جنوب شرق، أو شمال شرق - جنوب غرب، وتكون متعامدة مع اتجاهات الرياح السائدة على منطقة الدراسة، وبالقياس الميداني تبين أن طول الموجة يتراوح ما بين 5-15سم، وارتفاعها يتراوح ما بين 3-7سم، ومع اختلاف سرعة الرياح وعدم التماثل في حجم حبيبات الرمال ومسافة القفز ومساحة التجمعات الرملية؛ يزداد طول الموجة، وتختفي التموجات عندما تتجاوز سرعة الرياح القصوى 7سم/ثانية وهو ما يتوافق مع نتائج

(Bagnold,1941,p204). ويوضح الشكل رقم (24) ظاهرة النيم الصحراوي في هضبة البطنان وجنوبها.

ظلال الرمال : Sand shadows

تتكون التجمعات الرملية نتيجة وجود عائق ثابت في مسار الرياح المحملة بالرواسب الدقيقة، وقد يكون العائق نباتاتاً طبيعية أو صخوراً أو جروفاً وغيرها، وهي ترسيبات نتيجة تشتت اتجاه الرياح عندما تعترض



الشكل (24) النيم الصحراوي شمال منطقة الغبي جنوب هضبة البطنان

المصدر عدسة الباحث 2020/12/7

مسارها العوائق الثابتة، وتتساقط بعض الرواسب الدقيقة العالقة بالهواء على الجانب المحمي خلف العائق، ومع استمرار تراكم الرمال تتشكل التجمعات الرملية التي تأخذ أحجاماً وأشكالاً متباينة، ومن خلال المشاهدات الميدانية لمنطقة الدراسة نجد مناطق سفوح الحافات الشمالية للهضبة تنتشر بها ظلال الرمال وتأخذ شكل تجمعات رملية طولية أو شريطية تحت أقدام الحافات، وهي رمال متحركة وفق اتجاهات الرياح، حيث تهب الرياح المحملة بالرمال العالقة في اتجاه الحافات و تقلل سرعتها وتشتت بعد الاصطدام بها؛ ما يؤدي إلى إرساب كميات كبيرة من العوالق الدقيقة المحملة بها الرياح أسفل الحافات، وعندما تكون سرعة الرياح شديدة فيكون الإرساب مركزاً في أعالي سفوح الحافات .

نتائج الدراسة:

تبين من خلال دراسة العوامل الخارجية المشكلة لسطح الهضبة ما يأتي :

- يقسم خط تقسيم المياه الهضبة قسمين: الشمالي حيث المناخ شبه الجاف، والجنوبي حيث المناخ الجاف الصحراوي .

- تبين من خلال الدراسة أن العمليات المورفومناخية لها دور هام في تكوين الأشكال الأرضية، وقد لوحظ زيادة نشاط عمليات التجوية الكيميائية شمال خط تقسيم المياه على الأطراف الشمالية للهضبة، والتجوية الفيزيائية الأكثر تأثير في وسط الهضبة وجنوبها .
- تبين من خلال العمليات الحيوية المتمثلة بالكائنات الحية من الإنسان والنبات والحيوان دور جيومورفولوجي هام في تغيير بعض مظاهر السطح بمنطقة الدراسة، وتباين هذه العمليات من مكان لآخر وفق كثافة ونوع الاستغلال ومدى استجابة الظواهر الطبيعية.
- أظهرت الدراسة أن عمليات التعرية المائية والإرسابية لها الأثر الكبير على مورفولوجية شمال الهضبة، والتي أدت إلى تكوين أشكال أرضية متعددة ومتباينة والبعض منها كانت من موروثات العصر المطير. ومن نتائج دراسة التعرية المائية على سطح الهضبة فقد بلغ حجم التعرية المائية في شمال شرق منطقة الدراسة 175م³/كم²/سنة، وفي شمالها الغربي بلغ 80م³/كم²/سنة، وفي وسط الهضبة وجنوبها بلغ 376م³/كم²/سنة وفقاً لمستويات التعرية المائية التي حدد Zachar بعد حجم التعرية المائية ضمن فئة تعرية ضعيفة، وبلغت التعرية الأخدودية 8127م²/كم² وفقاً لتصنيف Bergsma تعرية أخدودية شديدة جداً تسود على شمال الهضبة وهي ليست من نتاج المناخ الحالي بل من موروثات عصر البليستوسين خلال الفترات الممطرة، أما عن شدة التعرية المائية وفق معادلة فورنير بلغت في شمال شرق الهضبة 32°، وفي شمالها الغربي 59°، وفي وسط الهضبة وجنوبها 13°، وهذه القيم تراوحت ما بين تعرية ضعيفة إلى معتدلة وهي متباينة من مكان لآخر على سطح الهضبة وفق المؤثرات الطبيعية.
- من نتائج دراسة التعرية الريحية على منطقة الدراسة فقد بلغت في شمال شرق الهضبة 1417°، وفي شمالها الغربي 438°، وفي وسط الهضبة وجنوبها 10455° وهي الأقوى والأشد تأثيراً، وفقاً لتصنيف Chepil تندرج تحت فئة عالية جداً، وهي مؤشرات تنذر بالخطر إذا لم تتخذ التدابير الوقائية المناسبة، والتعرية الريحية لها تأثير مزدوج على تشكيل سطح الهضبة من خلال تباين الأشكال الأرضية سواء كانت تحتية أو إرسابية.
- تبين أيضاً من خلال الدراسة بالرغم من قسوة الظروف المناخية وقابلية الترب للحت على سطح الهضبة، إلا أنه من حق التربة علينا أن نبحث عن العامل الحقيقي الذي يقف وراء إطلاق العنان لظاهرة الحت المتسارع والذي سمح للعوامل الطبيعية أن تمارس قدرتها الحتية بوضوح وجلاء.

التوصيات:

نوصي من خلال هذه الدراسة بما يأتي:

- التوسع في إنشاء السدود على الأودية الكبيرة المنتشرة شمال الهضبة؛ للحد من شدة انجراف التربة التي تتعرض لها منحدرات وبتون الأودية بفعل التعرية المائية، كما للسدود أهمية كبير في زيادة المخزون الجوفي للمياه خاصة أن المنطقة تعاني من شح في الموارد المائية العذبة.
- التوسع في عمليات التشجير خاصة شمال الهضبة وعلى المنحدرات وجوانب الأودية التي تتعرض للتعرية الشديدة بفعل المياه الجارية أثناء سقوط الأمطار الفجائية التي تتصف بها منطقة الدراسة.
- الحد من زراعة المناطق الهامشية والرعية، وكذلك مكافحة ظاهرة الأحتطاب والرعي الجائر عن طريق اقامة المحميات الطبيعية.

المراجع:

أولاً المراجع العربية:

- 1- أبوالعنين، حسن سيد أحمد، أصول الجيومورفولوجيا، ط11، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، 1995م .
- 2- الأسدي، كامل حمزة فليفل، تباين الخصائص المورفومترية لوديان الهضبة الغربية في محافظة النجف وعلاقتها بالنشاط البشري، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2012.
- 3- الحشباب، وفيق، حديد، أحمد سعيد، الصحاف، مهدي، علم الجيومورفولوجية تعريفية وتطوره ومجالات تطبيقاته، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1978م.
- 4- الخفاجي، سرحان نعيم، التعرية المائية في المناطق الجافة، منشورات كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة المثنى، العراق، 2017م.
- 5- الزاملي، عايد جاسم حسين، الاشكال الارضية في الحافات المتقطعة للهضبة الغربية بين بحيرتي الرزازة وساوة واثارها على النشاط البشري، رسالة دكتوراه (غير منشورة) - كلية الآداب، جامعة بغداد، 2007.
- 6- السيد، نورة عبد التواب، مبادئ الجيومورفولوجيا، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، 2008م.
- 7- الشيخ، محمد إسماعيل، مشكلة الحت وانجراف التربة في جبال سوريا الساحلية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 98، الكويت، 1987م.
- 8- الضراط، علاء جابر فتح الله، التصحر في منطقة البطنان دراسة جغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة، 2004.

- 9- الضراط، علاء جابر فتح الله، هضبة البطنان شمال شرق ليبيا، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة ، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب جامعة عين شمس، القاهرة، 2019م.
- 10- العجيلي، عبد الله صبار عبود، وديان غرب بحيرة الرزازة الثانوية والأشكال الأرضية المتعلقة بها دراسة في الجغرافية الطبيعية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005 م.
- 11- بحيري، صلاح الدين، أشكال الأرض، دار الفكر، دمشق، سوريا، 1979م.
- 12- بن محمود، خالد رمضان، الترب الليبية، الهيئة القومية للبحث العلمي، ط1، طرابلس، ليبيا، 1995م.
- 13- تراب، مُحمَّد مجدي مصطفى، حوض وادي بدع جنوب غرب السويس دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب ، جامعة الإسكندرية، 1987 م.
- 14- جودة، حسنين جودة، معالم سطح الأرض، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، 1980م.
- 15- داود، تغلب جرجس، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي، الدار الجامعية للطباعة والنشر، بغداد، 2002م.
- 16- سباركس، ترجمة ليلي مُحمَّد عثمان، الجيومورفولوجيا، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، 1983م.
- 17- سلامة، حسن رمضان، أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة للطباعة والنشر والتوزيع، ط2، عمان ، الأردن، 2007م.
- 18- شرف، عبدالعزيز طريح، أشكال سطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، ط3، الإسكندرية، 1979م
- 19- عاشور، محمود مُحمَّد، سطح قطر بين الماضي والحاضر، دراسة تغير السطح، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد: 126، لسنة : 1989م.
- 20-..... أسس الجيومورفولوجيا، مطبعة العشري، القاهرة، الجزء الأول، 2009م.
- 21- فايد، يوسف عبد المجيد، جغرافية السطح، دار النهضة العربية للطباعة، بيروت، 1972م.

22- كربل، عبدالاله رزوقي، علم الأشكال الأرضية الجيومورفولوجية، كلية الآداب، جامعة البصرة، العراق، 1986م.

23- محسوب، محمد صبري، راضي، محمود دياب، العمليات الجيومورفولوجية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، 1989م.

24-.....، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، بدون دار نشر، ط2، القاهرة، 2002م.

25- ولي محمد، ماجد السيد، المناخ وعوامل تشكيل سطح الأرض ومدى تأثير العمليات الجيومورفولوجية بالعناصر المناخية - دراسة في المجال التطبيقي، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العدد 45، لسنة 2000م

ثانياً المراجع الأجنبية:

- 1- **Bagnold, R.A**, (1941) the physics of Blown Sand dunes, London.
- 2- **Bergsma, E.**, (1983): Rainfall erosion surveys for conservation planning, ITC, Journal- nether vol-2, pp.166-174.
- 3- **Chepil, W.S, & Sibboway, F.H, Armbrast, D.V.** (1962): Climatic factor for estimating wind credibility of farm fields, soil and water conservation 17.
- 4- **Cook, R.U., & Doornkamp, J.C** (1974): Geomorphology in Environmental Management an Introduction. Clarendon Press. Oxford. Britain.
- 5- **Cook, R.U, & Andrew, W**, (1977): "Geomorphology in Deserts" B.T. Bats ford Ltd. London.
- 6- **Gobena ,Y, J**, (2006): ,Soil Erosion Assessment Using Remotely Sensed Data & Ancillary Data In The Desert Of Tabernas ,South east Spain "Thesis Submitted to The International Institute For Geo-information Science & Earth Observation .Enschedea , the Netherlands p 29-31.
- 7- **Fournier, F.**, (1960): Climate Erosion La relation enters le erosion du sol par leau ET les perceptions Atmosphere, Ques, Paris.
- 8- **Industrial Research Centre**, (1974) Darnah sheet, Explanatory Booklet, Tripoli, Jamahiriya, Libya.
- 9- **Industrial Research Centre**, (1977) Bir Hacheim sheet, Explanatory Booklet, Tripoli, Jamahiriya, Libya.
- 10- **Pitty, A.F**, (1973), Introduction to Geomorphology, London.

- 11- **Stefanini**, (1923): Fossiliterziaridella Cirenaica. Palacont. Italica, VOL27(1921), pp. 101-145, pisa.
- 12- **Thornthwaite, C.W.** (1931) climate of North America according to a new classification. Geographical review, American geographical. Society. Vol.21, p.640.
- 13- **Zachar, D.** (1982): Soil Erosion. Amsterdam: Elsevier science publishing company.