

## جيومورفولوجية الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

د. محمد عبد المعتمد عبد الرسول عاشور\*

almotamed@art.nvu.edu.eg

### الملخص :

تعد الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة أكثر حافات المنخفض وضوحًا، حيث يبلغ طولها ١٨٥ كليو مترًا، ومتوسط ارتفاعها ٤٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر، وتقدر مساحتها بنحو ٣١٤٠.٨٤ كم<sup>٢</sup>، وتشغل الحافة نحو ١٨.٥% من إجمالي مساحة المنخفض البالغة ١٧.٢ ألف كم<sup>٢</sup>، ويقطع الحافة كثير من الأودية الجافة التي تنحدر غربًا إلى قاع المنخفض، وقد لعبت هذه الأودية دورًا جيومورفولوجيًا مهمًا تمثل في نشأة النقوب (طرق التجارة القديمة) والتي تعد حلقة الوصل بين منخفض الخارجة، ووادي النيل عددها سبعة نقوب؛ هم نقب (اليابسة، الرفوف، أبو سروال، المطاعنة، المدورة، دوش، وجاجا) وأهمها هذه النقوب نقب اليابسة الذي يقع في الشمال ويمتد خلاله طريق الخارجة / أسيوط، ونقب المدورة الذي يمتد خلاله طريق الخارجة/ الأقصر. وتتميز الحافة بوضوح وحداتها الجيومورفولوجية؛ وتتمثل في سطح الهضبة بما يحويه من ظاهرات جيومورفولوجية مثل (الكتبان الرملية، الiardانج، العيون القديمة، وارسابات الطوفا الجيرية، ورواسب البلايا، الأودية الجافة) وأقدام الحافة والتي تضم المواقع الأركولوجية مثل دير المنيرة، ومعبد وحصن دوش، الكتل المتصلة وشبه المتصلة بالحافة، الأشكال المختلفة من الإرسابات الرملية .

الكلمات المفتاحية : جيومورفولوجية منخفض الخارجة ، الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة ، أركولوجية منخفض الخارجة

\*مدرس الجيومورفولوجيا - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة الوادي الجديد.

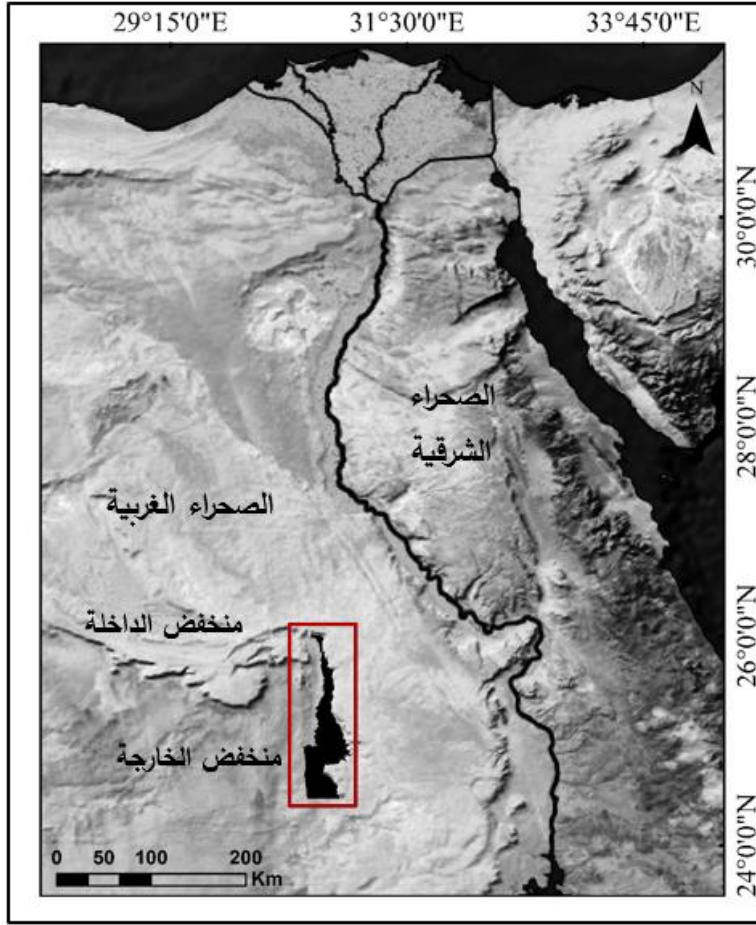
## مقدمة :

تعد الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة أكثر حافات المنخفض وضوحًا، ويبلغ طولها ١٨٥ كليو مترًا، ومتوسط ارتفاعها ٤٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر، ويظهر أقصى ارتفاع للحافة في الشمال من قرية بولاق، وتقدر مساحتها بنحو ٣١٤٠.٨٤ كم<sup>٢</sup>، وتمثل ١٨.٥% من إجمالي مساحة المنخفض البالغة ١٧.٢ ألف كم<sup>٢</sup>، ويقطع الحافة كثيرًا من الأودية الجافة التي تتحد غربًا إلى قاع المنخفض، وقد لعبت هذه الأودية دورًا جيومورفولوجيًا مهمًا تمثل في نشأة النقوب (الطرق القديمة) بالحافة، والتي تعد حلقة الوصل بين منخفض الخارجة ووادي النيل، وأهمها هذه النقوب **نقب اليايسة** الذي يقع في الشمال، ويمتد خلاله طريق الخارجة/أسيوط، ونقب المدورة الذي يمتد خلاله طريق الخارجة / الأقصر.

يوضح الشكل (١) موقع الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة، وقد تم تحديدها جغرافيًا من خلال خطوط الكنتور، ويمثل خط كنتور ٣٠ مترًا نهاية نطاق الحافة، وبداية نطاق جيومورفولوجي جديد (البيدمنت)، وإحداثيًا تمتد الحافة بين دائرتي عرض ١٠ ° ٢٤ و ٠٥ ° ٢٦ شمالًا، وبين خطي طول ٣٠ ° ٣٠ و ١٠ ° ٣١ شرقًا، وتبلغ مساحتها ٣١٤٠.٩ كم<sup>٢</sup>.

ولم تتناول دراسة جغرافية، ولا دراسة جيولوجية هذه الحافة بصورة مستقلة أو تفصيلية من قبل، إنما ذُكر بعض الشيء عنها؛ لذا يعد هذا البحث واحدًا من الدراسات الجيومورفولوجية التي تتناول الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة بشكل تفصيلي؛ ونظرًا لأن هذا القسم الجيومورفولوجي من منخفض الخارجة غني بالظواهرات الجيومورفولوجية؛ فإن الباحث يأمل أن تكون هذه الدراسة شمولية لجيومورفولوجية الحافة على أمل تكملة هذه الدراسة تفصيليًا من قبل الباحث، أو المهتمين بالدراسات الجيومورفولوجية في مرحلة لاحقة .

**ويهدف** البحث إلي دراسة الخصائص الطبيعية للحافة الشرقية لمنخفض الخارجة، والتعرف علي أهم خصائصها الجيومورفولوجية والمورفومترية، وتحديد المواقع الأركيولوجية بنطاق الحافة ودراسة نماذج من (النقوب) الطرق القديمة،



شكل (١) موقع وحدود منطقة الدراسة

كما اعتمد البحث على مصادر مختلفة تمثلت في :  
الدراسات السابقة والتي تناولت بعض الخصائص عن الحافة سواء أكانت جيولوجية، أم بيئية، أم جيومورفولوجية، ومن هذه الدراسات علي سبيل المثال لا الحصر :  
(Ball, 1900)، إمبابي (١٩٧٩)، أكاديمية البحث العلمي وهيئة الاستشعار من البعد (١٩٩٠)، (Hermaina, 1990)، حسن (٢٠٠٤) ، المعهد الفرنسي (٢٠١٠) حافظ (٢٠١٥) ، كاسندرا فيفيان، ترجمة محسوب (٢٠١٥) ، (Ismael, et al.2020) .

كما عتمد البحث على مجموعة متنوعة من الخرائط الطبوغرافية مختلفة المقاييس، وخريطة مصر الجيولوجية (كونوكو) ١٩٨٧م مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ لوحتي أسيوط والأقصر، والمرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat TM لعام ٢٠٢٠م، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدرجة دقة ٣٠ متراً، والمرئيات المتاحة بموقعي USGS و Google Earth .

واستطاع الباحث القيام بدراسات ميدانية عدة مرات خلال مراحل إتمام البحث كانت الدراسة الأولى بمثابة زيارة استكشافية لمنطقة الدراسة، والدراسة الثانية تم خلالها دراسة الخصائص المورفومترية والمورفولوجية للحافة في قطاعها الجنوبي ودراسة منطقة دوش الأثرية، والدراسة الثالثة للتعرف على أنواع حركة المواد على المنحدرات، وتحديد القطاعات المقاسة ميدانياً، الزيارة الرابعة زيارة نقب الرفوف ورصد مواضع ظهور تكوينات الطوفا، ومساكن الدريسة التابعة لخط السكة الحديدية القديمة والموجودة علي طول النقب حتي سطح الهضبة، ودراسة منطقة دير المنيرة الأثرية، وجبل أم الغنايم، ونقب أبو سروال<sup>(١)</sup>.

اعتمد البحث على مجموعة من المناهج والأساليب منها المنهج الأصولي القائم علي العناصر الأربعة؛ الشكل، العوامل، العمليات، والزمن المؤثرة في تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية بالحافة، والمنهج الوصفي؛ لوصف الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالحافة، وأشكال حركة المواد علي منحدرات الحافة، والمنهج التحليلي؛ وذلك لتحليل البعاد المورفومترية لمنحدرات الحافة، وتحيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالحافة، المنهج التاريخي لدراسة نشأت المواقع الأركيولوجية المرتبطة بالحافة وتطورها عبر الزمن، الأسلوب الإحصائي تم الاعتماد علي كثير من المعادلات الإحصائية باستخدام برنامج M.S Excel 2016 لحساب المعاملات المورفومترية لقطاعات الحافة؛ منها المتوسط الحسابي ومعامل الارتباط إلى جانب رسم الأشكال البيانية، الأسلوب الكرتوجرافي وذلك

(١) جدير بالذكر: أن اسم أبو سروال تكرر بصيغ مختلفة في بعض الدراسات والترجمات والخرائط الطبوغرافية، منها (سروال، سراويل، سيجوال) وقد للنتزم الباحث بالاسم الوارد في اطلس مصر الطبوغرافي ١ : ٥٠٠٠٠٠ وهي أبو سروال

لإعداد الخرائط المختلفة ورسمها لمنطقة الدراسة باستخدام برنامج ARC GIS 10.5 وتناول البحث العناصر الآتية :

- أولاً - الخصائص الجيولوجية وعلاقتها بجيومورفولوجية الحافة الشرقية للمنخفض.
- ثانياً - العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في نشأة وتطور الحافة .
- ثالثاً - الظواهرات الجيومورفولوجية بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة .
- رابعاً - حركة المواد على منحدرات الحافة وتحليلها المورفومتري .
- خامساً - النقوب (الطرق القديمة) التي تصل بين منخفض الخارجة ووادي النيل .
- سادساً - المواقع الأركيولوجية بنطاق الحافة (دير المنيزة ، دوش) دراسة حالة .

أولاً - الخصائص الجيولوجية وعلاقتها بجيومورفولوجية الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة:

تهدف دراسة الخصائص الجيولوجية إلى إبراز الشخصية الجغرافية المميزة للحافة، وذلك من خلال دراسة التكوينات الجيولوجية وتحليلها، وتوزيعها، والربط بينها وبين نشأة الأشكال الجيومورفولوجية المختلفة.

#### ١ - التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية للحافة:

يوضح الجدول (١) والشكل (٢) أن التكوينات الجيولوجية للحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تتراوح ما بين الزمن الجيولوجي الثاني حتى الرابع.

#### أ- تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني (الكريتاسي الأعلى) :

##### • تكوين القصير

يغطي ٦٤٣ كم<sup>٢</sup> من إجمالي التكوينات الجيولوجية المكشوفة من الحافة بنسبة ٢٠.٥% من إجمالي التكوينات، ويمتد بشكل متصل في القطاع الجنوب الغربي من الحافة، ويتألف من وحدتين جيولوجيتين؛ السفلى عبارة عن حجر رملي به تداخلات من الطين، أما العليا فهي عبارة عن حجر طيني متعدد الألوان مع طبقات من الرمال والغرين .

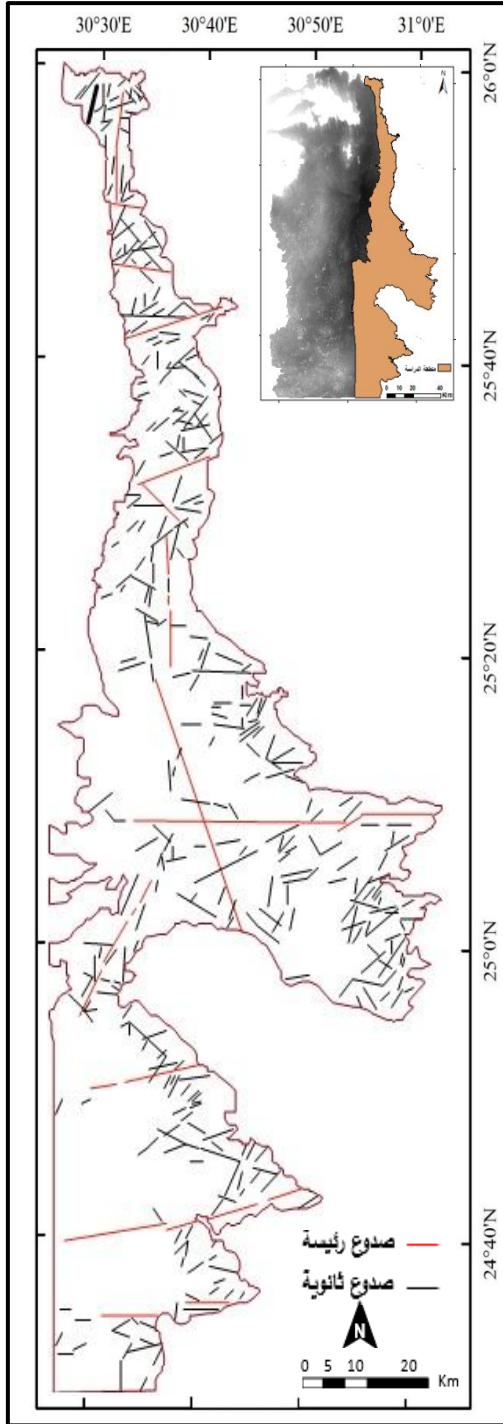
جدول (١) مساحة التكوينات الجيولوجية بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

الزمن	العصر	التكوينات / الرواسب	المساحة كم <sup>٢</sup>	%
الزمن القديم	الهولوسين	كثبان رملية	٢٤.٧٣	٠.٧٩
		رواسب حصوية	٨٨.٦٠	٢.٨٢
		رواسب البلايا	١١٠.١٠	٣.٥١
		رواسب الأودية	٢٤٣.٩٧	٧.٧٧
		الطوفا	٢٩.٩٨	٠.٩٥
		إجمالي تكوينات الزمن الرابع	٤٩٧.٣٨	١٥.٨٤
الزمن المتوسط	الباليوسين	اسنا	٢٢٣.٨٢	٧.١٣
		الجارا	٩٩.١٣	٣.١٦
		طروان	١٨٧.٨٩	٥.٩٧
		كركر	٣٣٦.٦٧	١٠.٧٢
		إجمالي تكوينات الزمن الثالث	٨٤٧.٥١	٢٦.٩٨
الزمن الجديد	الكريتاسي الأعلى	تكوين الداخلة	٩٨٣.٣٠	٣١.٣١
		تكوين ضوي	١٦٩.٥٩	٥.٤٠
		تكوين القصير	٦٤٣.٠٦	٢٠.٤٧
		إجمالي تكوينات الزمن الثاني	١٧٩٥.٩٥	٥٧.١٨
		إجمالي التكوينات الجيولوجية	٣١٤٠.٨٤	١٠٠.٠٠

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على خريطة كونوكو، لوحتي أسيوط والأقصر، ١٩٨٧م مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، باستخدام برنامج ARC GIS 10.5 .

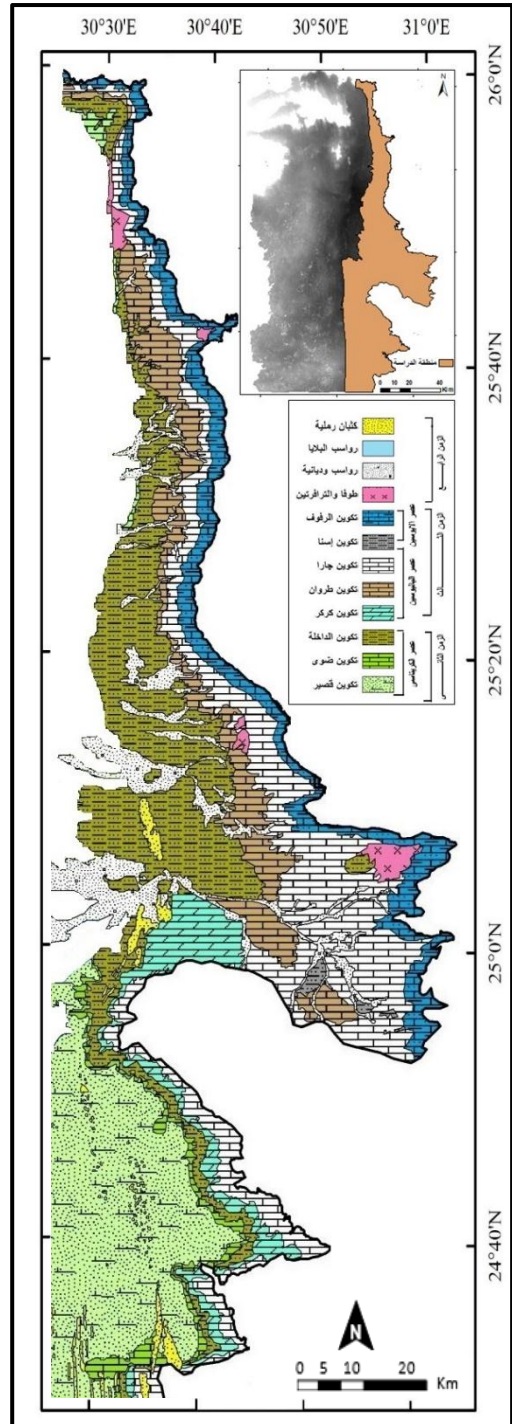
• تكوين ضوي

يغطي نحو ١٦٩.٦ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٥.٤% من إجمالي التكوينات الجيولوجية المكشوفة بالحافة، وهو عبارة عن تتابع لطبقات الطفل مع الحجر الجيري الغني بالحفريات، وتمتد هذه التكوينات على شكل شريط طولي يحيط بأقدام الحافة أعلى تكوينات الحجر الرملي، ويتخللها عدسات صغيرة من الفوسفات يصل سمكها أقل من المتر الواحد، وتتميز طبقاته العليا بلونها البني والطبقات السفلى بلونها الأبيض



المصدر: كونوكو، لوحتي أسبوط والأقصر، ١٩٨٧م، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠  
 باستخدام برنامج ARC GIS 10.5

شكل (٣) المظاهر الخطية لمنطقة الدراسة



المصدر: كونوكو، لوحتي أسبوط والأقصر، ١٩٨٧م، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠  
 باستخدام برنامج ARC GIS 10.5

شكل (٢) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

وتقدر المساحة المنكشفة لتكوين ضوى عند أقدام الحافة بنحو ٢٧٢ كم<sup>٢</sup> فيما بين بولاق وجبل أبو بيان غرب الحافة، يخفى التكوين بعدها ليحل محله تكوين الداخلة (El-Hennawi, et al., 2005, p.55).



صورة (١): تكوين الداخلة ويعطوه تكوين طروان ويظهر تساقط الكتل

#### • تكوين الداخلة :

يتراوح سمك تكوين الداخلة بين ١٢ : ٤ امتراً في جبل أم الغنايم، وجبل غنيمة، ونقب أسيوط (Said, 1962, p.18). ويقدر السمك المنكشف لتكوين الداخلة جنوب نقب الجاجا شرق باريس بنحو ٩٢ متراً (Hermina, 1990, P.273). ويغطي نحو ٩٨٣.٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣١.٣% من إجمالي تكوينات الحافة، وكما توضح الصورة (١) أن تكوين الداخلة عبارة عن طبقات متعاقبة

من الطفل، والمارل، والطين المتداخل مع طبقات الحجر الرملي، ويتداخل معه الجبس الرمادي في بعض الأحيان، ويظهر تكوين الداخلة أسفل تكوين طروان في الأجزاء الشمالية من الحافة، وقد ينكشف علي السطح في مواضع كثير بسبب نشاط حركة المواد على المنحدرات.

#### ب- تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث ويمثله عصر الباليوسين :

#### • تكوين كركر :

يبلغ سمكه ٣٩ متراً جنوب شرق الحافة بالقرب من باريس، ويقل سمكه كلما اتجهنا شمالاً إلى أن يصل ستة أمتار عند الجاجا (Hermina, 1990, p.279). ويغطي نحو ٣٣٦.٦٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٠.٧٢% من إجمالي التكوينات المكشوفة بالحافة، وتوضح الخريطة شكل (٢) أن تكوين كركر يظهر أعلى تكوين الداخلة، كما أنه يتركز في الأجزاء العليا للحافة الشرقية بداية من نقب الجاجا حتى شرق



باريس. وهو عبارة عن تتابع للحجر الجيري المرجاني الغني بالحفريات الجيرية مع تداخلات من الطفل، ويتراوح لونة بين الأصفر والبني .

#### • تكوين طروان :

يقدر أقصى سمك لتكوين طروان نحو ٤٠ مترًا عند نقب الرفوف، ويقبل إلى أن يصل ١١ مترًا بجبل أم الغنايم (Hewidy, 2018, P.781). ويغطي مساحة تقدر بنحو ١٨٧.٨٩ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٥.٩٧% من إجمالي التكوينات الجيولوجية للحافة، وهو عبارة عن حجر جيري طباشيري أبيض اللون يميل إلى الإصفرار، وغنى بالحفريات، وبه تداخلات من الطفل، ويظهر بصورة واضحة علي الخريطة الجيولوجية فيما بين نقب أسيوط شمالاً، وحتى شرق باريس جنوباً، وتتسم صخوره بضعف مقاومتها أمام عمليات التعرية؛ وذلك بسبب خصائصه الليثولوجية، وكثافة الفواصل، والشقوق بصخوره، مما ساعد على نشاط عملية التجوية الميكانيكية في تفكك الصخر وسقوطها، كما أن ارتكاز تكوين طروان على طفل الداخلة الهش يتعرض له عملية التقويض السفلي، مما أدى إلى زيادة الانهيارات الأرضية، وسيادة ركامات الهشيم أسفل المنحدرات التي يغطيها التكوين كما يتضح من الصورة (١).

#### • تكوين جارا :

يصل سمك التكوين نحو ٥٠ مترًا شرق باريس، ويقبل سمكه كلما اتجهنا شمالاً حتى يصل إلى ١٨ مترًا عند الجاجا التي تشكل القطاع النموذجي للتكوين



صورة (٢) تكوين جارا ويظهر الحجر الجيري المتداخل مع

شرائح الطين المختلف اللون

(Hermina, 1990, P.150). ويغطي تكوين جارا مساحة تقدر بنحو ٩٩.١٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣.١٦% من مساحة تكوينات الحافة، وهو يعلو تكوين كركور ويظهر بالحافة الشرقية من الشمال إلى الجنوب، ويتكون من تتابع للحجر الجيري الذي يميل إلى البني وشرائح من الطين متعدد اللون كما توضح الصورة (٢).

• **طفل إسنا :**

يصل أقصى سمك لطفل إسنا نحو ١٦٠ متراً عند جبل أم الغنايم أما أقل سمك يصل لـ ٤٥ متراً شرق الجاجا (Hermina, 1990, p.282). وهو عبارة عن تتابع من المارل والطفل الأخضر مع تداخلات من الحجر الجيري، ويظهر بشكل واضح في الحافة الشرقية للمنخفض، ويرتكز طفل إسنا على تكوين طروان، ويعلوه تكوين الرفوف؛ لذا ينحصر بين وحدتين صخريتين أحدهما في القاعدة (تكوين



صورة (٣) : تكوين إسنا ، ويظهر تكوين الرفوف في القمة

طروان ) وأخرى في القمة (تكوين الرفوف ) كما توضح الصورة (٣)، ويغطي تكوين إسنا مساحة كبيرة من الحافة تقدر بنحو ٢٢٣.٨٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٧.١٣% من إجمالي التكوينات الجيولوجية بالحافة .

**تكوينات عصر الأيوسين**

**الأدنى: تكوين الرفوف:**

تتمثل تكوينات الإيوسين الأدنى بنطاق الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة في تكوين الرفوف الذي يتبع مجموعة طيبة Thebes Formation، وهو عبارة عن تتابع سميك من الحجر الجيري مع تداخلات من المارل، والعقد الصوانية بنية اللون، كما توضح الصورة (٤)، يتراوح متوسط سمكه من ٣ : ١٥ متراً، أما



صورة (٤): تكوين الرفوف ويظهر خلاله العقد الصوانية ووفرة الفواصل

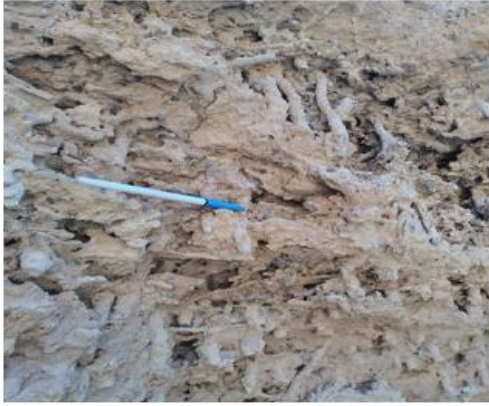
أقصى سمك وصل إلى ١٤٥ متراً في قمة جبل أم الغنايم (Hermina, 1990, P.284).

ويغطي تكوين الرفوف مساحة تقدر بنحو ٢٢٣.٨٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٧.١٣% من إجمالي التكوينات الجيولوجية بالحافة .

### ج- إرسابات الزمن الجيولوجي الرابع :

#### • الطوفا:

عبارة عن رواسب مسامية شديدة الخشونة ذات لون أصفر باهت يتحول إلى الأسود على الأسطح المكشوفة (هيوم، ١٩٢١، ص ١٦٧). وتظهر هذه التكوينات في الوديان المنحدرة من الحافة الشرقية عند نقب أسيوط، ونقب أبو سراوال، ونقب الرفوف وبعض النقاط المتناثرة في الجنب من الحافة، ويتراوح سمك هذه الرواسب



صورة (٥) الطوفا ، ويظهر بها جذور لنباتات قديمة

بين ٣ : ٦ أمتار، وتظهر للطوفا أشكال مختلفة تحتوي على بقايا نباتات قديمة، فقد تم رصد أشكال لجذور نباتات وسيقانها ميدانياً كما توضح الصور (٥)، وتغطي الطوفا مساحة تقدر بنحو ٣٠ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٠.٩٥% من إجمالي مساحة الحافة .

#### • رواسب الأودية :

تغطي رواسب الأودية مساحة تقدر بنحو ٢٤٣.٩٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٧.٨ % من إجمالي التكوينات، وهي عبارة عن إرسابات مختلفة الحجم تتكون من الحصى، والحصباء، والكونجولوميرات مع خليط من المواد الناعمة مثل الطين، والطيني، والغرين، والرمال الخشنة، وتظهر في الأجزاء الجنوبية من الحافة حيث يزيد ظهور الأودية الجافة. وتتشكل رواسب الأودية في صورة مدرجات تتكون من حصى وجلاميد قوامه الحجر الجيري، وعقد من الصوان تغطي أجزاء كبيرة من أقدام الحافة كما توضح الصورة (٦) (Hermina, 1990, P.287) .

### • رواسب البلايا :

عبارة عن طبقات أفقية متبادلة من الطين، والغرين، والرمل تحتوي على جذور النباتات وقواقع المياه العذبة كما يتضح من الصورة (٧)، وتظهر البلايا عند أقدام الحافة الشرقية في بعض المواقع أهمها؛ شرق دير المنيرة، وجنوب شرق نقب الرفوف، وشرق باريس، شرق دوش، وتغطي رواسب البلايا مساحة تقدر بنحو ١١٠.١٠ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣.٥ % من إجمالي التكوينات المكشوفة بالحافة .



صورة (٧) رواسب البلايا



صورة (٦) رواسب الأودية

### الرواسب الرملية :

تغطي الرواسب الرملية مساحات تبلغ نحو ٢٤٠.٧٣ كم بنسبة ٠.٧٩ % من مساحة التكوينات بالحافة الشرقية، ويظهر بعضها على شكل كثبان رملية صاعدة وهابطة وهلالية في القطاع الغربي والشمال الغربي من الحافة، وعند منابع الأودية بالقرب من سطح الهضبة، وبعضها الآخر يظهر في شكل فرشات رملية تغطي مساحات واسعة علي طول الحافة، بعض هذه الفرشات توجد داخل منخفضات صغيرة منعزلة على أسطح الهضبة بعيداً عن المسارات المعروفة للكثبان الرملية، وهي تتسم بالاستواء التام، أو شبه التام.

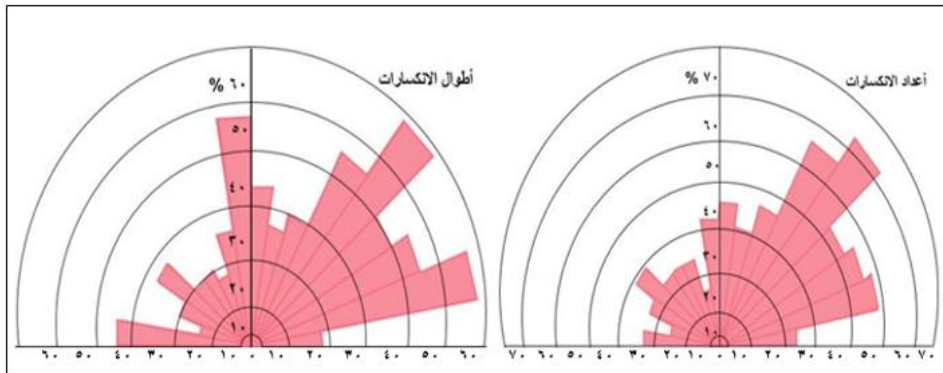
## ٢ - البنية الجيولوجية للحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :

يتضح من الشكل (٤) أن الصدوع بالحافة تأخذ اتجاهات الصدوع الرئيسية بمصر، ويوضح الجدول (٢) أعداد الصدوع وأطوالها، وتم حسابها من الخريطة شكل (٣) باستخدام برنامج ARC GIS 10.5.

### جدول (٢) أطوال الصدوع وأعدادها بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

أطوال وأعداد الصدوع	العدد	%	الطول	%
شرقي/ غربي	٦٥	١٧.٦	٤٤٨.١	٢٨.٢
شمالي/ جنوبي	٣٨	١٠.٣	٢٥٣.٧	١٥.٩
شمالي شرقي/ جنوبي غربي	١٩١	٥١.٦	٦٣٥.٤	٤٠.١
شمالي غربي/ جنوبي شرقي	٧٦	٢٠.٥	٢٥١.٥	١٥.٨
الإجمالي	٣٧٠	١٠٠	١٥٨٨.٠	١٠٠

المصدر : قياسات الباحث من الخريطة الجيولوجية باستخدام برنامج ARC GIS 10.5.



المصدر : بيانات الجدول (٢)

### شكل (٤) النسبة المئوية لاتجاهات أطوال الصدوع وأعدادها

بلغ إجمالي أعداد الصدوع بالحافة ٣٧٠ صدعاً، كان أكثرها تكررًا، الصدوع ذات الاتجاه شمالي شرقي/ جنوبي غربي، والتي تمثل ٥١.٦% من إجمالي أعداد الصدوع، أما الصدوع ذات الاتجاه شمالي/ جنوبي، كانت الأقل تكررًا، حيث تمثل ١٠.٣%، وبلغ إجمالي أطوال الصدوع نحو ١٥٨٨ كم، تراوحت بين ٠.٤ و ٢٧ كم كانت الصدوع ذات الاتجاه شمالي شرقي/ جنوبي غربي الأكثر طولاً حيث تمثل ٤٠.١% من جملة الأطوال، ويلاحظ أن هناك علاقة ارتباطية موجبة قوية جداً بين أطوال الصدوع، وأعدادها بلغت (٠.٨٧)؛ أي أن زيادة الأطوال ترتبط بزيادة أعدادها والعكس صحيح .

أما الفواصل، فيظهر بالحافة مجموعتان؛ الأولى اتجاهاها شمالي جنوبي، وارتبطت بالصخور الجيرية الموجودة في الأجزاء العليا من الحافة، أما المجموعة الثانية فقد ارتبطت بصخور الحجر الرملي، وظهرت باتجاهين (شمالي شرقي/جنوبي غربي) و ( شمالي غربي/جنوبي شرقي) ( Ghobrial, 1967, P16) .

### ٣ - الخصائص التضاريسية للحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :

تتمثل دراسة الخصائص الجيومورفولوجية للحافة في (الارتفاعات، الانحدارات، اتجاه الانحدارات)

#### أ - خصائص الارتفاعات :

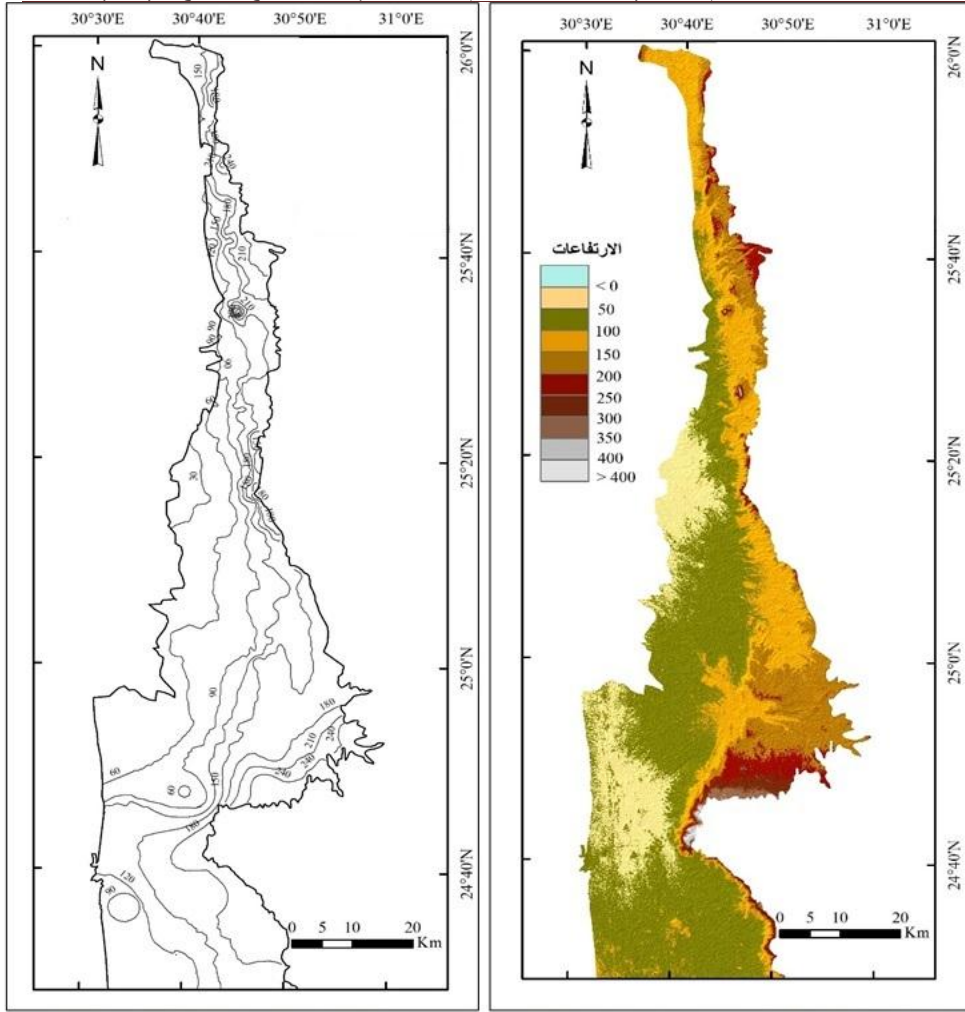
يتضح من الجدول (٣) والخريطين شكل (٥ - ٦) مدى التباين في الارتفاعات على الحافة، كما يلي :

يلاحظ أن فئات الارتفاع الأكثر انتشارًا بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تتمثل في الارتفاعات ما بين ١ : ٢٠٠ مترًا، وهي تشكل ٩٣.٨ % من إجمالي مساحة الحافة في حين الارتفاعات الأكبر من ٢٠٠ وحتى ٤١٠ مترًا؛ فإنها تقدر فقط بنحو ٦ % من إجمالي مساحة الحافة، وهي تنتشر في نطاقات مبعثرة على طول

#### جدول (٣) ارتفاعات منطقة الدراسة

الارتفاع	المساحة كم <sup>٢</sup>	%
أقل ١ مترًا	٠,٥٣	٠,٠٣
١ : ٥٠ مترًا	٤٥٧,٠٠	١٤,٥٥
٥٠ : ١٠٠ مترًا	١٤٥١,٧٨	٤٦,٢٢
١٠٠ : ١٥٠ مترًا	٦١٦,١٧	١٩,٦٢
١٥٠ : ٢٠٠ مترًا	٤٢٠,٢٣	١٣,٣٨
٢٠٠ : ٢٥٠ مترًا	١٢٢,٥٢	٣,٩٠
٢٥٠ : ٣٠٠ مترًا	٤٣,٢٧	١,٣٨
٣٠٠ : ٣٥٠ مترًا	٢٢,٢٧	٠,٧١
٣٥٠ : ٤٠٠ مترًا	٦,٧٧	٠,٢
أكبر ٤٠٠ مترًا	٠,٣٠	٠,٠١
الإجمالي	٣١٤٠,٨٤	١٠٠,٠٠

المصدر : نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5



المصدر : نموذج الإرتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5  
شكل (٦) الخريطة الكنتورية الشرقية لمنخفض الخارجة

المصدر : نموذج الإرتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5  
شكل (٥) ارتفاعات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

وتمثل المناطق التي ارتفاعها من ٥٠ : ١٠٠ مترًا أكثر الارتفاعات انتشارًا بالحافة حيث تبلغ مساحتها ٤٥١.٧٨ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٤٦.٢٢% من إجمالي مساحة الحافة، وتنتشر في القطاع الأوسط والجنوبي من الحافة، أما المناطق التي ارتفاعها بين ١٠٠ : ١٥٠ مترًا؛ فتبلغ مساحتها ٦١٦.١٧ كم<sup>٢</sup> أي نحو ١٩.٦٢% من إجمالي مساحة الحافة، وتظهر في شكل شريط متصل على طول الحافة، والمناطق التي ارتفاعها بين ١٥٠ : ٢٠٠ مترًا؛ فإنها تغطي نحو ٤٢٠.٢٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٣.٣٨% من مساحة الحافة. تظهر هذه المناطق بصورة واضحة في جنوب شرق للحافة، ونقاط متبعثرة في الشمال والشمال الشرقي.

## ب - خصائص الانحدار :

تم استخراج فئات الانحدار واتجاهاتها للحافة من خلال نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ٣٠ مترًا تصوير ٢٠٢٠م للقمر الصناعي ASTER باستخدام برنامج ARC GIS10.5، من خلال عمل Slope/ Aspect /Reclassify Aspect لتحديد اتجاهات الانحدار المختلفة والنسبة المئوية التي يشغلها كل نوع من الانحدارات على الحافة، مع مراعات استخدام طريقة تصنيف ( Young, 1972, p.173) والتي سوف يتم استخدامها عند تحليل القطاعات المقاسة ميدانيًا، وذلك لسهولة المقارنة بين نتائج القياسات الميدانية، وقياسات برنامج نظم المعلومات الجغرافية، ويتضح من الجدول (٤) أن الانحدارات الهينة (٢ > ٥) والمتوسطة (٥ > ١٠) تسود معظم أجزاء الحافة وبشكل متباين، وتقدر بنحو ٧٤.٤٧ % من مساحة الحافة .

### جدول (٤) معدل درجات الانحدار علي الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

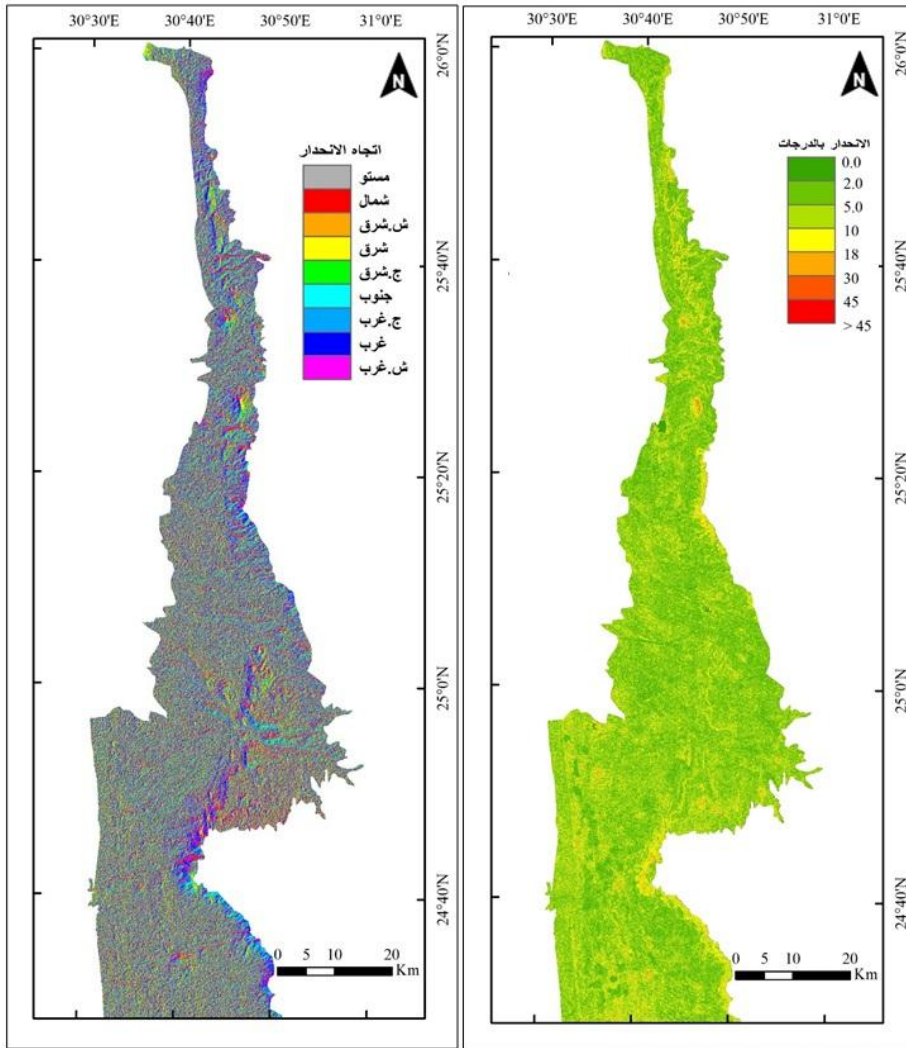
الانحدار	الوصف الجيومورفولوجي	المساحة كم2	%
( ٠ > ٢ )	مستوية وشبه مستوية	385.41	12.27
( ٢ > ٥ )	انحدار هين	1200.38	38.22
( ٥ > ١٠ )	متوسط الانحدار	1138.54	36.25
( ١٠ > ١٨ )	فوق متوسط الانحدار	363.07	11.55
( ١٨ > ٣٠ )	شديدة الانحدار	49.58	1.58
( ٣٠ > ٤٥ )	شديدة الانحدار جداً	2.99	0.10
( > ٤٥ )	الجروف	0.87	0.03
الاجمالي		3140.84	100.00

المصدر : نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5 .

ويتضح من الخريطة شكل (٧)، أن الانحدارات الشديدة، والشديدة جداً، والجروف؛ تغطي مساحة محدودة للغاية؛ تقدر بنحو ١.٧ % من مساحة الحافة، وهي في الغالب تمثل المنحدرات العليا لقطاع التلال المتاخمة للحافة الشرقية مثل جبل أم الغنايم، وجبل غنيمة، وتقدر مساحة المناطق المستوية وشبه المستوية (صفر > ٢) بـ ٣٨٥.٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٢.٣ % من جملة مساحة الحافة، وتظهر بشكل واضح بالأجزاء الشرقية والوسطى من الحافة، أما المناطق هينة الانحدار (٢ > ٥) (



تقدر مساحتها بنحو ١٢٠٠.٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣٨.٢ % من جملة مساحة الحافة، وتنتشر بشكل طولي بامتداد الحافة من الشمال إلى الجنوب، كما تأخذ شكل نقاط متفرقة في القطاع الجنوبي للحافة، والمناطق متوسط الانحدار (٥ ° > ١٠ °) تشغل مساحة تقدر بنحو ١١٣٨.٥ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٣٦.٣ % من مساحة الحافة، وتتركز بشكل واضح في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية للحافة، أما المناطق فوق متوسطة الانحدار (١٠ ° > ١٨ °) تشغل مساحة تقدر بنحو ٣٦٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١١.٥٦ % من جملة الانحدارات بالحافة، وتتركز بشكل واضح في الأجزاء الجنوبية



المصدر : نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5

المصدر : نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5

شكل (٧) درجات انحدار الحافة الشرقية لمنخفض الخارجية شكل (٨) اتجاه انحدارات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجية

جيومورفولوجية الحافة الشرقية لمنخفض الخارجية) د. محمد عبد المعتمد عبد الرسول عاشور

من الحافة .

### ج - اتجاه الانحدار:

تهدف دراسة اتجاهات الانحدار للتعرف علي الاتجاهات الرئيسة السائدة علي منحدرات الحافة من أجل دراسة وتحليل أكثر المواقع تأثراً بالعمليات الجيومورفولوجية، وتم الحصول علي اتجاهات الانحدارات ومساحتها من عمل Aspect و reclassify ومن نموذج الارتفاعات الرقمي للحافة كما يتضح من الشكل (٨)، وجاءت النتائج كما في الجدول (٥) فقد تمثلت بنسب متقاربة جداً تراوحت بين ١١ : ١٤ تقريباً، فيما عدا الانحدارات المستوية والتي تمثل ٠.١٤ % فقط ، ويرجع ذلك لزيادة عميات التعرية، والتطور في شكل منحدرات الحافة، ووفرة الأودية الجافة التي تقطع الحافة، كما اتسم التوزيع الجغرافي لاتجاهات الانحدار بالانتشار، وعدم التركيز في نطاق بعينه من الحافة .

### جدول (٥) اتجاهات الانحدار بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

الاتجاه	المساحة كم <sup>2</sup>	%
مستوي	٤.٣٠	٠.١٤
شمال	٣٩٨.٢٣	١٢.٦٨
شمال شرق	٣٥٣.٠٢	١١.٢٤
شرق	٣٤٢.٨٧	١٠.٩٢
جنوب شرق	٣٦٤.٠٠	١١.٥٩
جنوب	٤٠٨.٠٣	١٢.٩٨
جنوب غرب	٤١٨.٦٦	١٣.٣٣
غرب	٤٢٧.٣٨	١٣.٦١
شمال غرب	٤٢٤.٣٥	١٣.٥١
الاجمالي	٣١٤٠.٨٤	١٠٠.٠٠

المصدر : نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5

بلغت مساحة المناطق المستوية علي الحافة ٤.٣٠ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٠.١٤ % من مساحة الحافة، والمناطق التي تتحدر تجاه الشمال بلغت مساحتها ٣٩٨.٢٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٢.٦٨ % من إجمالي مساحة الحافة، أما المناطق التي تتحدر تجاه الشمال الشرقي بلغت مساحتها ٣٥٣.٠٢ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١١.٢٤ % من إجمالي مساحة الحافة، في حين المناطق التي تتحدر تجاه الشرق بلغت مساحتها ٣٤٢.٨٧ كم<sup>٢</sup>

بنسبة ١٠.٩٢% من إجمالي مساحة الحافة، والمناطق التي تتحدر تجاه الجنوب الشرقي بلغت مساحتها ٣٦٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١١.٥٩% من إجمالي مساحة الحافة، والمناطق التي تتحدر تجاه الجنوب بلغت مساحتها ٤٠٨.٠٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٢.٩٩% من إجمالي مساحة الحافة، أما المناطق التي تتحدر تجاه الجنوب الغربي بلغت مساحتها ٤١٨.٦٦ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٣.٣٣% من إجمالي مساحة الحافة، والمناطق التي تتحدر تجاه الغرب بلغت مساحتها ٤٢٧.٣٨ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٣.٦١% من إجمالي مساحة الحافة، وأخيرًا المناطق التي تتحدر تجاه الشمال الغربي بلغت مساحتها ٤٢٤.٣٥ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٣.٥١% من إجمالي مساحة الحافة.

#### ٤ - الكتل المتصلة وغير المتصلة بالحافة الشرقية للمنخفض :

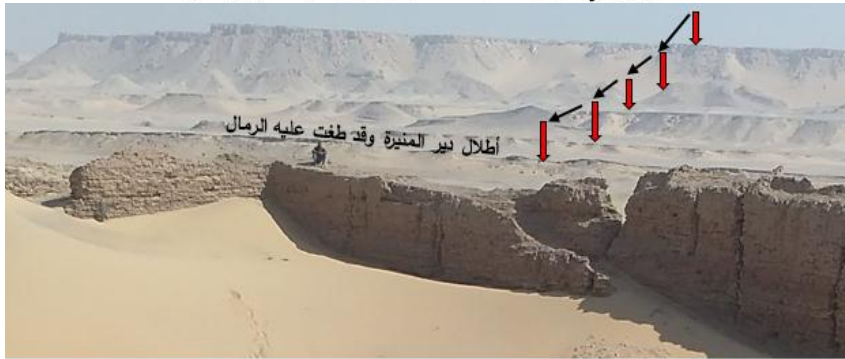
يتضح مما سبق تأثير التكوينات الجيولوجية في نشأت الوحدات الجيومورفولوجية وتطورها بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة، ويتمثل ذلك في ضعف بعض التكوينات الجيولوجية (تكوين الداخلة - تكوين اسنا) وارتكاز تكوينات الحجر الجيري (كركر - طروان - الرفوف) أعلاها فساعد هذا على سهولة نحت التكوينات الضعيفة وتقويضها، مما نتج عنه توفير المفتتات والكتل الصخرية، وعدم استقرار السفوح، كذلك فإن صخور الحجر الجيري تتميز بوفرة الفواصل والشقوق التي ساعدت في سرعة تطور منحدرات الحافة، ومن الملاحظ ميدانيًا أن الصخور كبيرة الحجم التي تعرضت للانهيالات ترتبط بالسفوح الرأسية وشبه الرأسية، أما الصخور ذات الأحجام الصغيرة والمفتتات الناتجة عن عملية التجوية الميكانيكية ارتبطت بالسفوح الأقل انحدارًا. ومن خلال دراسة الخرائط الطبوغرافية، والدراسات الميدانية للحافة؛ تم ملاحظة تراجع الحافة بشكل ملحوظ تاركة خلفها بعض الكتل منها ما هو منفصل عن الحافة تمامًا، ومنها ما هو متصل بها.

#### أ - الكتل المتصلة بالحافة: Attached Mass



صورة (٨) : ثلاثة كتل متصلة بالحافة الشرقية شمال دير المنيرة

تصوير ميداني ٢٥ ٠٢ ١٥ شمالاً ٣٠ ١٨ ٣٨ شرقاً، ناظراً إلى الشرق



صورة (٩) : خمسة كتل متصلة بالحافة الشرقية شمال دير المنيرة

تصوير ميداني ٤٥ ٠٢ ١٥ شمالاً ٤٣ ١٩ ٣٨ شرقاً، ناظراً إلى الشرق

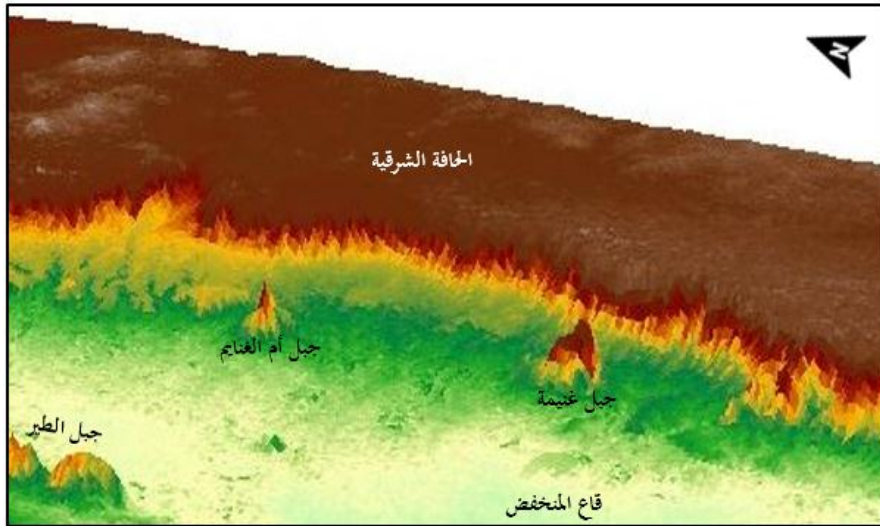
ظهرت الكتل المتصلة بالحافة في مواضع كثيرة، وتوضح الصورتين (٨ ، ٩) تراجع الحافة، وظهور مستويات مختلفة من الكتل المتصلة بها في الشمال من منطقة دير المنيرة، وتأخذ الحافة مظهرًا جيومورفولوجيًا نموذجيًا للحافة السلمية الصدعية، ويمكن من خلالها تفسير مصطلح الرفوف الذي يطلق علي تكوين جيولوجي عام في هذا القطاع من الحافة، وأيضًا على أهم طريق قديم بالحافة (نقب الرفوف)، وتدرج ارتفاع الكتل المتصلة بالحافة بين ١٢٨ : ٣٥٩ مترًا، وتجدر الإشارة إلى سيادة الرمال بأشكالها المختلفة في المسافات الفاصلة بين كل مرحلتين متتالين من الكتل المنفصلة وصولًا إلى سطح الهضبة . حيث تمثل هذه المسافات أسطح مستوية وشبه مستوية، وقد ظهرت الكتلان (الهالية، الهابطة،

الصاعدة، الفرشات الرملية)، كما تم رصد تحول بعض الكتلان الهابطة إلى صاعدة في كثير من الأودية .

#### ب - الكتل شبه المتصلة بالحافة Dettached:

يوضح الشكل (٩) بعض الكتل شبه المتصلة، والتي ظهرت في صورة لتلال المتاخمة للحافة الشرقية، وقد انفصلت كلياً عنها، كما يتضح أنها تمتد بمحور موازٍ للحافة، ومتشابهٍ معها في الارتفاع، والتتابع الإستراتيجي مما يؤكد أنها كانت جزءاً من الحافة في فترة سابقة .

وقد انفصلت هذه الكتل بفعل التعرية المائية التي شكلت أودية الحافة الشرقية، وعملت على انفصال أجزاء منها بمساعدة الظروف البنيوية التي تتسم بها الحافة، والخصائص الليثولوجية حيث صخور الحجر الجيري التي تمثل المكون الرئيس للحافة، والتي مثلت عوامل ضعف نشطت من خلالها التعرية المائية (يوسف، ٢٠٢٠، ص ٤٢) .



المصدر : باستخدام برنامج ARC GIS 10.5

شكل (٩) الكتل شبه المتصلة بالحافة الشرقية

وتتمثل الكتل شبه المتصلة في:

- **جبل أم الغنايم** : يبلغ ارتفاعه ٣٨٠ مترًا فوق مستوى سطح البحر، له قمة شبه مستوية وجوانب شديدة الانحدار يصل متوسط انحدارها ٤٤ ٠، ويمثل جبل أم الغنايم القطاع النموذجي الذي ينكشف به جميع التتابع الإستراتوجرافي المكون لمنخفض الخارجة؛ لذا اتخذ بعض الجيولوجيين مصدرًا رئيسًا لقياس التتابع الإستراتوجرافي لتكوينات المنخفض بشكل عام، ويفصل الجبل عن الحافة الشرقية أحد الأودية الجافة المنحدرة من الحافة ناحية الغرب مما كان سببًا في الانفصال بينهما.

- **جبل غنيمه**: يمتد إلى الجنوب من جبل أم الغنايم بنحو ٤ كم غرب الحافة الشرقية، ويمتد من الشمال إلى الجنوب بطول يصل إلى ٢ كم ومن الشرق للغرب بطول يصل لنحو ٢٥٠ مترًا ويقدر ارتفاعه بنحو ٣٨٣ مترًا.

ثانيًا - العوامل والعمليات المؤثرة في نشأة الحافة وتطورها:

هناك كثير من العوامل والعمليات الجيومورفولوجية التي تداخلت بشكل كبير، وساعدت في نشأة الحافة الشرقية وتطورها لمنخفض الخارجة، اشترك جميعها في حدوث حركة المواد والمفتتات الصخرية على المنحدرات، كما أسهمت أيضًا في مقدار الكتل، ودرجة ثباتها، ومن ثم جعلها أقل استقرارًا، وتتمثل هذه العوامل في العامل الجيولوجي، العامل الهيدرولوجي، العامل المناخي، والغطاء النباتي، وعند دراسة عامل **الغطاء النباتي** الذي ينعدم على الحافة، وإن وجد فهو عبارة عن نباتات فقيرة توجد في بقع متناثرة على المنحدرات، غالبًا ما تنمو عقب سقوط الأمطار، فيرى الباحث أن انعدام الغطاء النباتي على سطح المنحدرات من العوامل المسؤولة عن قلة تماسك التربة على أسطح المنحدرات الشديدة، مما يؤدي إلى نشاط عمليات التجوية وخاصة الميكانيكية، ويزيد من الانزلاقات الصخرية، وعدم استقرار الحافة، أما العمليات الجيومورفولوجية تتمثل في التجوية والتقويض السفلي. وفيما يلي عرض لهذه العوامل والعمليات الجيومورفولوجية :

## ١- العوامل المؤثرة فى نشأة وتطور الحافة :

لا شك ان العامل الجيولوجي بشقية نوع الصخور وبنيتها، من العوامل المهمة فى تطور الحافة، كذلك المناخ وإن كان التأثير الأكبر يرجع لكل من ( درجة الحرارة، الرياح، والأمطار)، وفيما يلي دراسة لهذه العوامل :

## أ. العامل الجيولوجي :

نوع الصخر، يعد من أهم العوامل التي أسهمت في تطور الحافة، وتوضح الخريطة الجيولوجية شكل (٢) أن الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تتكون من صخور الحجر الجيري المتمثلة في تكوين (كركر، طروان، جارا، الرفوف) وهي يتركز على تكوينات أقل صلابة (الداخلة- اسنا) المكون من الطفل والمارل والطين، وقد يتداخل معه في بعض الأحيان الجبس الرمادي الأقل مقاومة لفعل عمليات التعرية والتجوية المختلفة، ويؤدي تشبع هذه الطبقة بالمياه (الجوفية أو الأمطار) إلى تمددها، وعندما تجف؛ فإنها تتكسح فتسبب ذلك في عدم استقرار الكتل في الطبقات الحرة التي تعلوها، وبالتالي انفصالها على طول أسطح الفواصل إلى كتل مختلفة الأحجام، ثم سقوطها، أو انزلاقها، واستقرارها على أقرب سطح مستوٍ أو شبه مستوٍ، وتوضح صورة (١٠) التداخل بين كتل الحجر الجيري مع طفل الداخلة، مع وجود عدد كبير من الفواصل، وبالتالي تعرض السفح للانهدارات الأرضية بعد إذابة الطفل بالمياه الجوفية.

نظم الفواصل والشقوق، ترجع أهمية دراستها في كونها عاملاً مهماً ومؤثراً على تراجع الحافة، وتتحكم نظم الفواصل الرأسية والأفقية في تحديد حجم الكتل الصخرية المنفصلة والمتساقطة؛ فإذا ما تباعدة الفواصل والشقوق كانت الكتلة



صورة (١٠): التداخل بين تكوين طروان

الجيري وتكوين طفل الداخلة

الساقطة كبيرة الحجم، والعكس إذا ما تقاربت الفواصل والشقوق؛ فإن الكتل المتساقطة تكون صغيرة الحجم (Kusky, 2008, p 47).

تعمل الفواصل والشقوق كعوامل مساعدة في إضعاف الصخر وفصل الكتل عن بعضها البعض أو نقتتها، وإعادتها للسقوط من خلال زيادة نشاط عمليات التجوية المختلفة. وتأخذ الحافة بعد تراجعها زاوية الانحدار نفسها التي كانت عليه في السابق. Anthony, 1974, p.

(12)



وبشكل عام يمكن التمييز بين نظامين من الفواصل الواضحة، الأول عبارة عن خطوط تسير موازية Parallel لواجهة الحافة ويزيد هذا الاتجاه في حالة المنحدرات الرأسية، الثاني تكون الفواصل عمودية على واجهة السفح، وتقاطع هذين النوعين يؤدي إلى فصل أجزاء من الصخور الموجودة عند واجهة السفح، ومع زيادة عمليات التجوية تزداد الفواصل اتساعاً، وتزداد الكتل انفصلاً، وتصبح عرضة للسقوط (صالح، ١٩٨٩، ص ١٦٥)

ويتضح من خلال الصورة (١١) وجود كثير من الفواصل والشقوق ذات الاتجاهات والأطوال المختلفة في صخور الحافة الشرقية للمنخفض، وقد تم قياس مجموعة من هذه الفواصل، والتي يغلب عليها الاتجاه الرأسي، ولقد تراوحت أطوالها بين أقل من



متر واحد، و ١٥ مترًا، واتساعها بين ٢ : ٥٠ سم . ويرجع ذلك إلى نوعية التكوينات الجيولوجية التي تتكون منها المنطقة .

### العامل الهيدرولوجي:

تُسهم المياه في إطالة العناصر المحدبة في الجزء الأعلى من المنحدر على حساب الوحدات المجاورة له نتيجة عمليات النحت، وإزالة المفنتات، وكذلك زيادة أطوال العناصر المقعرة في الأجزاء الدنيا من المنحدرات حيث إنها منطقة ترسيب، بالإضافة إلى تأثير المياه على واجهة الحافة (حجاب، ٢٠١٣، ص ٥٧) .

ظهر خلال الدراسة الميدانية دور العامل الهيدرولوجي في تشكيل الحافة بشكل واضح جدًا؛ فقد ظهرت أشكال مختلفة للتجوية الكيميائية تمثلت في حفر الإذابة، إلى جانب كثير من الأشكال الكارستية الناتجة عن فعل المياه، ويتضح من خلال الصورة (١٢) أحد الأشكال الكارستية الناتجة عن تسرب المياه من أعلى لأسفل

تعرف باسم التخور الأنبوبي، وقد بلغ اتساع قاعدة الأنبوبة الكارستية ٦.٤ مترًا وارتفاعها تجاوز الثمانية أمتار، كما يتضح وجود طبقة من الطوفا عند قمة التخور الأنبوبي، مما يفسر أن نشأته ترجع إلى مياه عذبة قديمة تسربت إلى باطن صخور الحجر الجيري، هذا إلى جانب وجود كثير من حفر الإذابة والكهوف الصغيرة

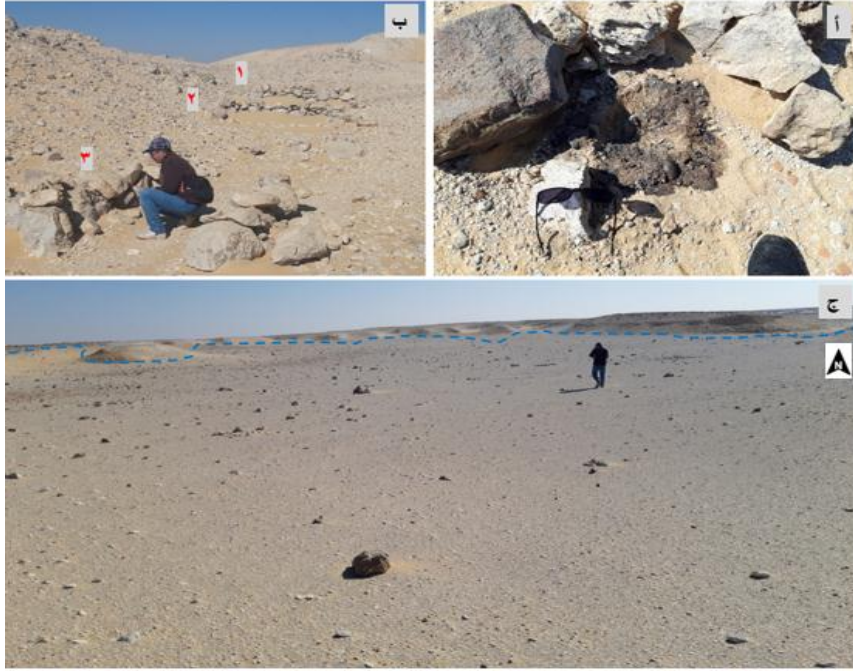


صورة (١٢): تخور أنبوبي بصخور الحجر الجيري ويعطوه طبقة طوفا  
تصوير ميداني ١١ ٣٧ ٢٥ / ٥٤ ٤٧ ٣٠



صورة (١٣): حفر الإذابة وكهف صغير تصوير ميداني  
١١ ٣٧ ٢٥ / ٥٤ ٤٧ ٣٠

برواسب الطوفا الجيرية الموجودة أعلى التخور الأنبوبي، والذي توضحه الصورة (١٣) والتي بنتج عنها تراجع الحافة، ظهرت أيضًا أحد البحيرات القديمة على سطح الحافة، عند دائرة عرض ٢٥ ٣٧ ٠٠ ° شمالًا مع خط طول ٢٥ ٤٨ ٣٠ ° شرقًا، وهي تمثل محطة مهمة في طريق نقب أبو سروال قبل دخوله لمنخفض الخارجة بنحو ١٠ كم، فمن الواضح أن هذه المنطقة استخدمت كمحطة راحة، وتزويد القوافل القادمة إلى الخارجة بالمياه، وتم تأكيد ذلك من خلال وجود كثير من المواقع القديمة، وقد ارتبطت بها قطع الفخار، وأماكن لربط الدواب كما يتضح من الشكل (١٠). هذا إلى جانب مجموعة كبيرة من الأودية الجافة التي تقطع الحافة، والتي كان لها الأثر الواضح في تشكيلها وسوف يتم دراستها لاحقًا.



شكل (١٠) موقع البحيرة القديمة، تصوير ميداني ٣٠ ٤٨ ٢٥ / ٢٥ ٣٧ ٠٠  
(أ) موقد وبقاوة مجموعة من الفخار (ب) ثلاث استراحات (ج) البحيرة القديمة

### ج- العامل المناخي :

يظهر دور المناخ بشكل واضح جداً في تطور الحافة، وإن كان تأثير عناصر المناخ متباينة، ولعل درجة الحرارة، الرياح، والأمطار هي أكثرها تأثيراً، وتم الاعتماد على بيانات محطتي أرصاد أسبوط والخارجة في التعرف على تأثير بعض عناصر المناخ في نشأة الحافة وتطورها.

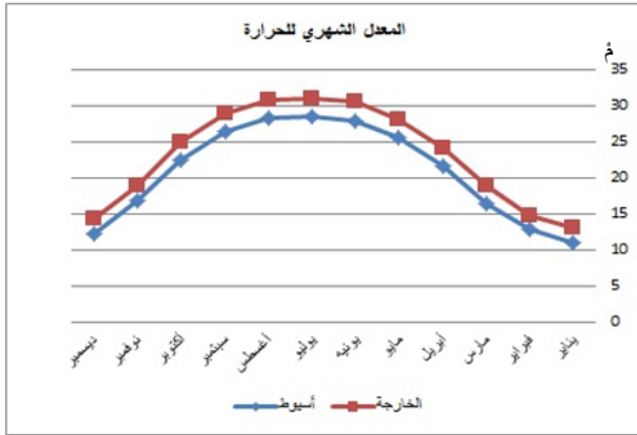
### • درجة الحرارة :

يتضح من خلال الجدول (٦) والشكل (١١) أن مناخ منخفض الخارجة يتميز بارتفاع درجة الحرارة بشكل عام، ويقدر المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في محطة أسبوط ٢٠.٨ م، ترتفع إلى ٢٣.٢ م في محطة الخارجة، وتنخفض درجات الحرارة جدول (٦) المعدل الشهري والفصلي لدرجة الحرارة بمحطتي أرصاد منطقة الدراسة خلال الفترة من ١٩٦٩ : ٢٠١٤ م

المتوسط السنوي	الغريف	نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	الصف	أغسطس	يوليو	يونيو	الربيع	مايو	أبريل	مارس	الشتاء	فبراير	يناير	ديسمبر	أسبوط	الخارجة
20.83	21.8	16.7	22.4	26.4	28.3	28.3	28.5	27.9	21.2	25.6	21.6	16.4	12.03	12.8	11	12.3	20.83	23.15
23.15	24.2	18.9	24.9	28.8	30.8	30.8	31	30.5	23.6	28.1	24	18.8	14	14.7	13	14.3	23.15	23.15

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطتي أرصاد أسبوط والخارجة بيانات غير منشورة

شكل (١١) المعدل الشهري لدرجة الحرارة بمنطقة الدراسة خلال الفترة من ١٩٦٩ : ٢٠١٤ م



المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطتي أصاد أسيوط والخارجة ببيانات غير منشورة

خلال أشهر الشتاء (ديسمبر ، يناير ، فبراير) ويسجل شهر يناير أقل درجات الحرارة في كلا المحطتي (١١) ، (١٣م) على الترتيب، وترتفع الحرارة خلال أشهر فصل الصيف

(يونيه، يوليو، أغسطس) ويرجع ذلك إلى تعامد أشعة الشمس على مدار السرطان الذي يقترب من جنوب المنخفض، ويعد شهر يوليو أعلى شهور السنة حرارة، حيث يصل معدل درجة الحرارة ٢٨.٥م في محطة أسيوط ، ٣١م في محطة الخارجة . كذلك يتضح ارتفاع المدى الحراري بمنطقة الدراسة بشكل عام؛ حيث يبلغ معدل السنوي للمدى الحراري (١٧.٣، ١٦.٤ م) في محطتي أسيوط والخارجة على الترتيب، وأقصى مدى حراري سجل خلال شهر أبريل بمحطتي أسيوط والخارجة ٢٣.٧ م و ٢٤ م على الترتيب، ولهذا يكون تأثيره أعظم ما يكون في تلك الفترة ، ولاسيما إذا ما أخذ في الاعتبار أن درجات الحرارة السابقة تمثل درجات الحرارة المقاسة في الظل التي تختلف اختلافاً واضحاً عن درجة حرارة الصخور المعرضة لأشعة الشمس . حيث إن الصخور تزيد درجة حرارتها على درجة حرارة الجو بمقدار ١٣ م للحجر الجيري و ٩ م للحجر الرملي (هيوم ، ١٩٢٤ ، ص ٥٠).

#### • الرياح :

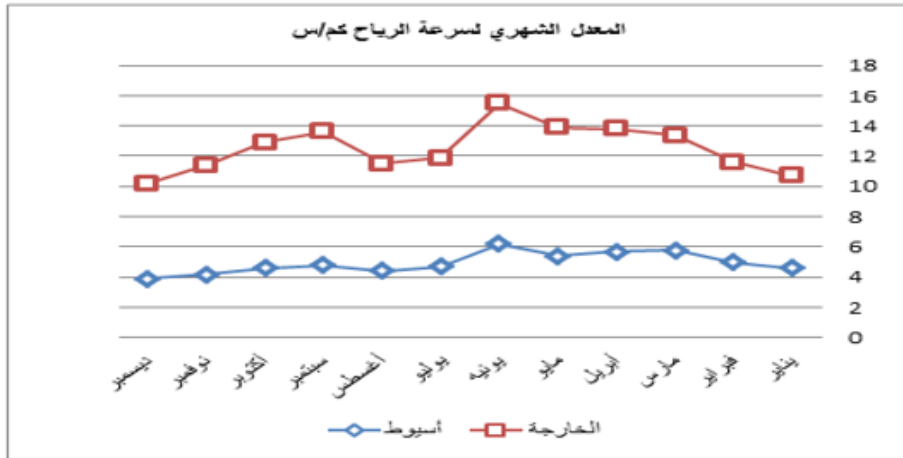
**سرعة الرياح :** من دراسة الجدول (٧) والشكل (١٢) يتضح أن منطقة الدراسة لا تتعرض لرياح قوية؛ حيث إن متوسط سرعة الرياح لمحطة أسيوط يقدر ب ٤.٩ كم/س ومحطة الخارجة ٧.٦ كم/س، وهذا يعني أن المنطقة تعد مستقرة

جدول (٧) المعدل الشهري والفصلي لسرعة الرياح بمحطتي أرصاد منطقة الدراسة خلال الفترة من ١٩٦٩ : ٢٠١٤م

المعدل السنوي	ديسمبر	يناير	فبراير	الشتاء	مارس	أبريل	مايو	الربيع	يونيو	يوليو	أغسطس	الصيف	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	الخريف	المعدل السنوي
أسيوط	3.9	4.6	5	4.5	5.8	5.7	5.4	5.6	6.2	4.7	4.4	5.1	4.8	4.6	4.2	4.5	4.9
الخارجة	6.3	6.1	6.6	6.3	7.6	8.1	8.5	8.1	9.3	7.2	7.1	7.9	8.8	8.3	7.2	8.1	7.6

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطتي أسيوط والخارجة بيانات غير منشورة

شكل (١٢) المتوسط الشهري والفصلي لسرعة الرياح بمنطقة الدراسة



المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة من عام ١٩٧٠ إلى ٢٠١٤م

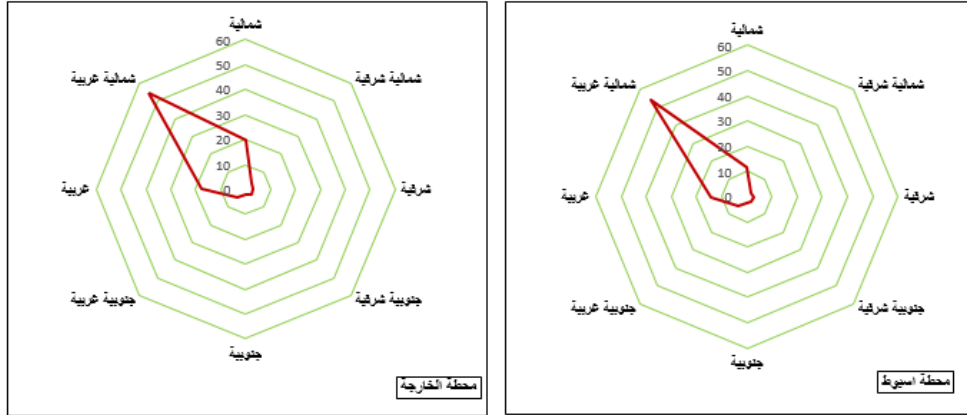
إلى حد كبير، أقصى سرعة للرياح كانت في شهر يونيو؛ فقد سجلت محطة أرصاد أسيوط ٦.٢ كم/س ومحطة أرصاد الخارجة ٩.٣ كم/س، ووصلت أدناها في شهر ديسمبر حيث سجلت ٣.٩ كم/س بمحطة أسيوط، ويتباين المعدل الفصلي لسرعة الرياح؛ فتصل إلى ذروتها خلال فصلي الربيع والصيف، أما أدنا معدلاتها تكون خلال فصل الشتاء.

**تجاه الرياح:** يتضح من الجدول (٨) والشكل (١٣) أن الرياح السائدة بمنطقة الدراسة هي الرياح الشمالية والشمالية الغربية، فنجد أن أعلى معدل هبوب لها، يصل إلى ٥٤.٢٥ % بمحطة أرصاد أسيوط و ٥٤.٧٠ % بمحطة أرصاد الخارجة.

جدول (٨) النسبة المئوية لاتجاهات الرياح خلال الفترة من ٢٠١٤/١٩٦٩م

سكون	شمالية غربية	غربية	جنوبية غربية	جنوبية	جنوبية شرقية	شرقية	شمالية شرقية	شمالية	
أسيوط	٢,٤٣	١٤,٤٠	٥,٣٠	٢,٥٣	٢,٥٨	٢,٨٣	٢,٣٣	١١,١٥	
الخارجة	١,١٣	٥٤,٧٠	١٧,٤٣	٤,٦٣	٢,٢٨	٣,٠٥	٢,٨٨	٣,٣٨	٩,٩٣

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطتي أصاد أسيوط والخارجة بيانات غير منشورة



المصدر: بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطة ارساد أسيوط والخارجة، بيانات غير منشورة .

شكل (١٣) النسبة المئوية لاتجاهات الرياح خلال الفترة من ٢٠١٤/١٩٦٩م

تلعب الرياح دورًا مهمًا في تشكيل الحافة؛ فيظهر تأثيرها في إرساب مجموعة من الأشكال الرملية تتمثل في كثبان العقبان الصخرية، ويعد من أهمها الكثبان الصاعدة والهابطة، وكثبان الظل، والكثبان الهلالية التي تشغل مساحات كبيرة من الأجزاء المستقيمة بالحافة، ويظهر دور الرياح كعامل نحت فيما تحمله من مواد ناعمة أثناء هبوبها حيث تستخدمها كعامل هدم تضرب به الأجزاء المواجهة للرياح من الحافة، مما يساعد على تراجع الحافة، وإحداث الثقوب، أو التجويفات وظهر ذلك بوضوح خلال الدراسات الميدانية .

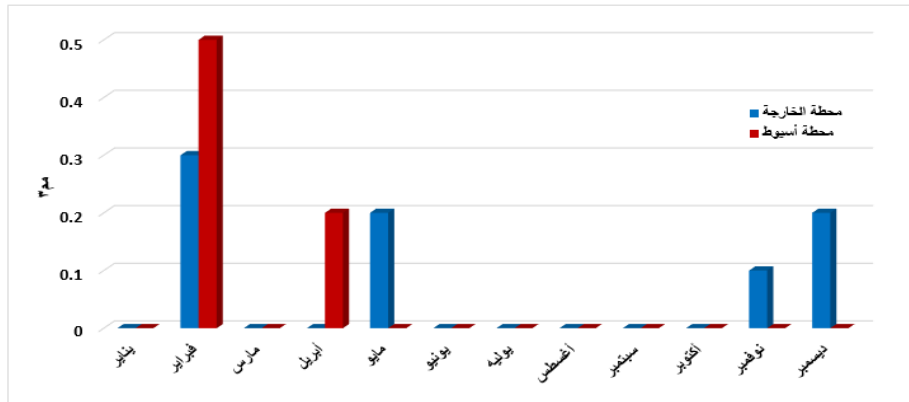
#### د- الأمطار:

يتضح من جدول (٩) والشكل (١٤) أن منطقة الدراسة تتسم بندرة الأمطار الساقطة بها؛ فتراوح المتوسط السنوي لكمية الأمطار ٠.٧ مم بمحطة أرساد الخارجة، و ٠.٨ مم في محطة أسيوط، وقد سجل شهر فبراير أكبر متوسط شهري

جدول (٩) المتوسط الشهري والفصلي للأمطار الساقطة بمحطتي أرصاد منطقة الدراسة

المعدل السنوي	ديسمبر	يناير	فبراير	الشتاء	مارس	أبريل	مايو	الربيع	يونيو	يوليه	أغسطس	الصيف	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	الخريف	
محطة الخارجة	٠,٢	آثر	٠,٣	٠,١٧	آثر	آثر	٠,٢	٠,٠٧	آثر	٠	آثر	٠	آثر	آثر	٠,١	٠,٣	٠,٧
محطة أسبوط	آثر	آثر	٠,٥	٠,١٧	آثر	٠,٢	آثر	٠,٠٧	آثر	٠	آثر	٠	آثر	آثر	٠	٠	٠,٨

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، محطتي أسبوط والخارجة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١٤م



المصدر: بيانات جدول (٩)

شكل (١٤) المتوسط الشهري والفصلي للأمطار الساقطة بمحطتي أرصاد منطقة الدراسة

لكمية الأمطار بلغ ٦٣% من جملة الأمطار الساقطة، وبالرغم من ظروف الجفاف التي تتسم بها منطقة الدراسة إلا أنها تتعرض للأمطار المفاجئة بين الحين والآخر؛ فقد سجلت محطة أرصاد الخارجة أكبر كمية مطر بلغت ٧.٥ مم، وسقط في ٢٢ ديسمبر ١٩٤٣، ومثل هذه الأمطار لها أثر مباشر في تكون بعض الظواهر التي تظهر بأسطح الكثبان الموجود بالحافة مثل التشققات الطينية صورة



(١٤)، كما تعمل الأمطار على تكون مسيلات على واجهات الحافة التي تتميز بالانحدارات الشديدة.

صورة (١٤) التشققات الطينية أعلى الكثبان الرملية على سطح الحافة

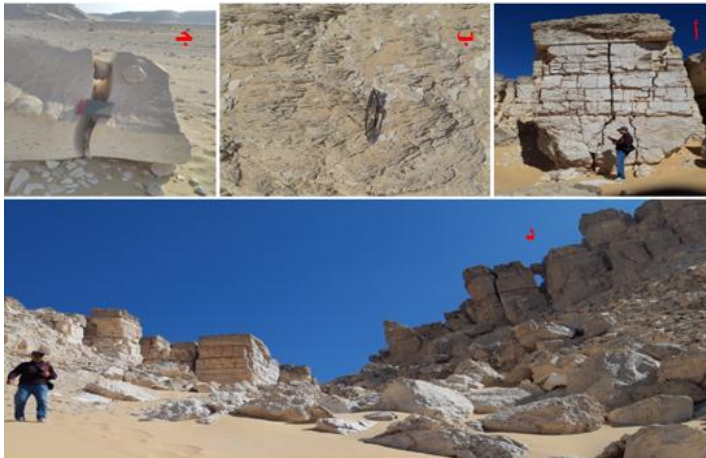
## ٢ - العمليات الجيومورفولوجية :

تتمثل العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في نشأة الحافة وتطورها في كل من التجوية والتقويض السفلي .

### أ- التجوية :

تعد التجوية من أهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة في المنطقة، وبصورة أكبر التجوية الميكانيكية، والتي تحدث نتيجة لإزالة الضغط من فوق الصخور، أو بسبب ارتفاع المدى الحرارى اليومي، والفصلي للمنطقة، وتنشط التجوية الميكانيكية في فترات الجفاف التي تعقب المطر .

وعند سقوط الصخر أو انزلاقه يحدث تخفيف للضغط الواقع فوق الصخور، مما يؤدي إلى تمددها، وبالتالي حدوث كثير من الفواصل التي تعرف باسم الفواصل الغطائية sheet joints، وعند تقاطعها مع الفواصل الرأسية ينتج انفصال عمودي للصخور Cuboidal jointing وعادة ما ينتهي الأمر إلى التفكك الكتلي (محسوب، ١٩٨٧، ص ٧٩). وتعد التجوية بمثابة عامل مساعد لحركة المواد على السفوح؛ حيث تعمل دائماً على إضعاف التماسك الصخري، وتفكك الكتل، وأهم أشكال التجوية الميكانيكية التي تم رصدها ميدانياً، وكما يوضحها الشكل (١٥) هي (التقشر الصخري، التفلق الصخري، التفكك الكتلي، الأعمدة الرأسية) والتي تحدث



في الطبقات الخارجية للصخور نتيجة لعملية التمدد والانكماش التي تحدث نتيجة للفارق الكبير في المدى الحراري للمنطقة .

شكل (١٥) أشكال التجوية الميكانيكية

أ- التفكك الكتلي ب- التقشر الصخري ج- التفلق الصخري د- الأعمدة الرأسية



#### • التفشر الصخري :

هو انفصال القشور أو الرقائق قليلة السمك، وغالبًا ما يحدث ذلك نتيجة لتمدد الطبقات السطحية، ثم انكماشها بمعدل أكبر، حيث إن الأجزاء السطحية من الصخر ترتفع درجة حرارتها بشكل أسرع من الأجزاء الداخلية مما ينتج عنه إجهاد القص للأجزاء السطحية دون الأجزاء الداخلية للصخر؛ فتتفصل الأجزاء السطحية، وتسقط كما يتضح من الشكل السابق (Judy, E., 2005, P. 19). وقد ظهر التفشر في أكثر من من وضع على طول الحافة، وخاصة في النطاق الشمالي من نقب الياسة، وطريق أسبوط الخارجة، كذلك تم رصد تفشر للصخر شرق مركز باريس في أكثر من موضع .

#### • التفكك الكتلي :

يرتبط التفكك الكتلي بتحطيم الصخور التي تتميز بكثرة فواصلها ذات الاتجاهات الرأسية والأفقية؛ فإن تلاقي الفواصل وتداخلها يساعد على تفكك الكتل الصخرية إلى أجزاء صخرية صغيرة، وكان أبرز المناطق التي انفصلت الكتل عن الحافة في نقب الرفوف، ونقب أبو سروال وذلك لانتشار تكوينات الحجر الجيري (طروان، والرفوف) المرتكز على طفلة الداخلة وطفلة إسنا.

#### • التفلق الصخري :

هو أحد أشكال التجوية الميكانيكية الناتجة عن تأثيرات الإشعاع الشمسي؛ فنتيجة توالي عمليات ارتفاع الحرارة نهارًا وانخفاضها ليلاً يعمل على تمدد الصخر وانكماشه، مما يؤدي إلى اتساع الفواصل، والشقوق، وتفلق الكتل، وانفصالها عن طبقات الصخور، ويؤدي ارتطام الكتل الصخرية الساقطة بسطح المنحدر إلى تفلقها كما يتضح من الشكل السابق، وتم رصد ظاهر التفلق الصخر في جميع الكتل الساقطة تقريبًا على طول امتداد الحافة .

### • الأعمدة الرأسية :

تنشأ الأعمدة الرأسية في الكتل الصخرية ذات النظم المتعامدة من الفواصل، وبتضافر كل من درجة الحرارة المرتفعة، وعوامل التحلل الكيميائي بالمياه على اتساع هذه الشقوق تدريجياً، وتتحول في النهاية إلى مجموعة من القوالب الصخرية المترابطة كقوالب الحجر تشبه في شكلها المظهر العمداني، وتظهر هذه الأعمدة في شكل ثلاثي، أو رباعي، أو سداسي الأوجه (محسوب، ١٩٩٧، ص ٨٠) ومن أوضح أمثلة هذه الأعمدة الموجودة بنقب الرفوف، والتي يوضحها الشكل السابق .

### ٢ - التقويض السفلي.

سبق القول بأن التتابع الصخري لمنحدر الحافة يتكون من صخور الحجر الجيري الأيوسيني الأكثر صلابة، مرتكزة على صخور فتاتية من الحجر الرملي، والطفل، والمارل، والحجر الجيري الكريتاسي الأقل صلابة، ومن ثم فإن معدلات النحت تكون مختلفة، حيث تتآكل الصخور الفتاتية السفلى بمعدل أسرع من الصخور العليا الصلبة، مما ينتج عنه نحت أسافل الحافات الصخرية سواء أكان ذلك بفعل التجوية، أم المياه الباطنية، أم البري بالرياح، وينتهي الأمر إلى الانفصال والسقوط على أسطح الفواصل والشقوق تحت تأثير عامل الجاذبية الأرضية ويتضح ذلك من خلال الصورة (١٥) .



صورة (١٥): التقويض السفلي بفعل الرياح في صخور تكوين

طروان بالحافة الشرقية

## ثالثاً - الأشكال الجيومورفولوجية بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :

تنتشر بالحافة كثير من الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن تضافر العوامل والعمليات المختلفة، وقد أسهم جميعها في تشكيل الحافة جيومورفولوجياً، وقد تم اختيار ثلاثة أشكال فقط للدراسة هي (أحواض التصريف المائي، الأشكال الرملية، أشكال الكارست) :

## ١ - أحواض التصريف المائي:

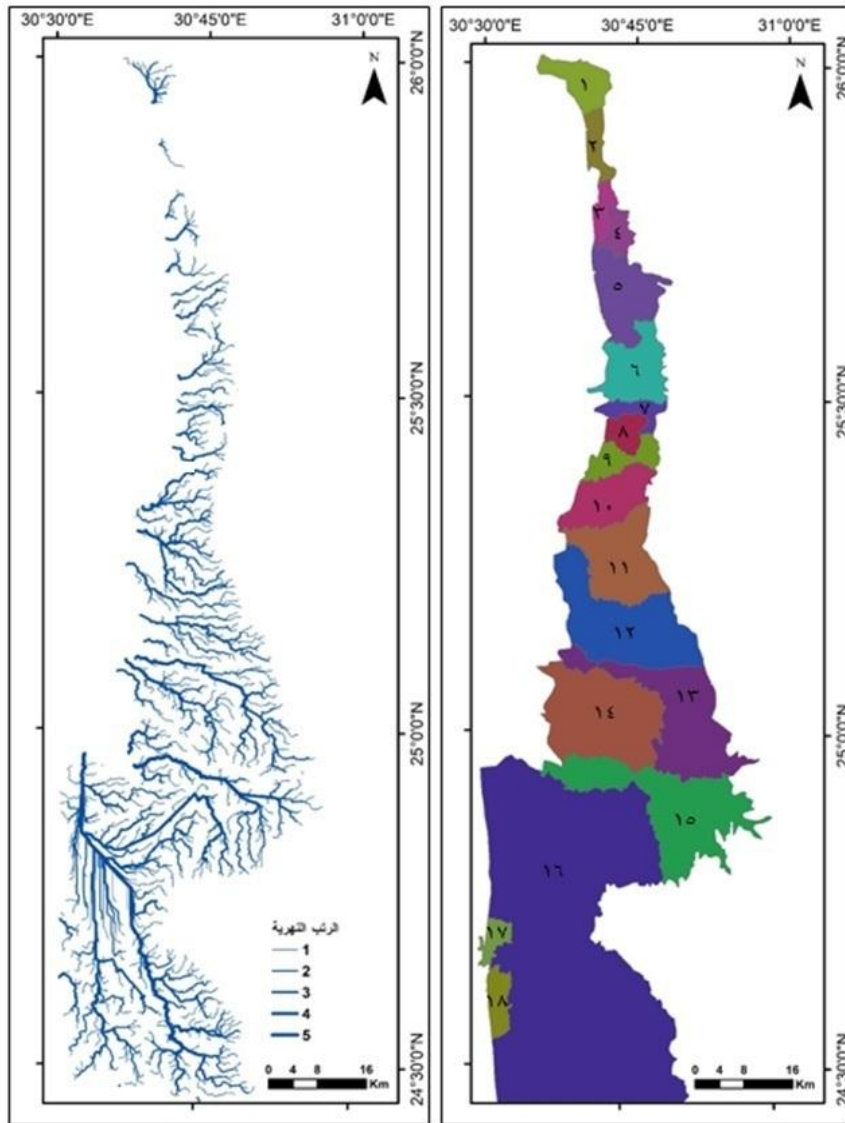
تعد أحواض التصريف المائي من أهم الأشكال المنتشرة على سطح الحافة، والتي نتجت عن الظروف المناخية التي مرت بها المنطقة خلال عصر البلايوسين، ومما لاشك فيه أن هذه الأودية عملت على تشكيل الحافة سواء في الماضي أم الحاضر، ومن خلال نموذج الارتفاع الرقمي ٣٠ متراً، تم تحديد ثمانية عشر وادياً جافاً بالحافة، ويلاحظ أن أسماءها جميعاً لم تظهر على الخرائط الطبوغرافية؛ فقد تم وضع أرقام لها كما يتضح من الخريطة شكل (١٦)، ويوضح الجدول (١٠) أبعادها المورفومترية، وقد تراوحت مساحات الأحواض بين

جدول (١٠) الأبعاد المورفومترية لأحواض التصريف بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

رقم الحوض	مساحة الأحواض	طول الحوض	عرض الحوض	المحيط	طول المجرى الرئيس	معامل الشكل
١	٦٢,٩٥	١٣,٢٦	٧,٢٥	٤١,٦٧	٧,٩٣	٠,٣٦
٢	٣٢,٨٥	١١,٥٥	٣,٠١	٣٧,١٨	٥,٦٠	٠,٢٥
٣	٢٣,٧٠	١٠,٥١	٣,٧١	٣٠,٨٨	٥,٦٠	٠,٢١
٤	٣١,٤٢	٩,١٩	٤,٩٥	٣٦,٩٨	٧,٤٦	٠,٣٧
٥	١٢٢,٣٧	١٧,٦٨	١١,٤٩	٧٢,٨٦	١٠,٨٣	٠,٣٩
٦	١٠٠,٨٨	١٥,٠٤	١٣,٣٨	٧١,٧٢	١٤,٣٥	٠,٤٥
٧	٣٠,٣٨	١١,٩٢	٢,٦٥	٤٣,٨١	١٠,٠٨	٠,٢١
٨	٣٤,٨٣	٧,٤٧	٥,٦٨	٢٩,٧٥	٨,٨٨	٠,٦٢
٩	٤٩,٢٩	١١,٧٨	٥,٣٧	٥٣,٧٤	١٣,١٠	٠,٣٦
١٠	٩٧,٢٧	١٨,٤٣	٨,٠٢	٦٠,١٠	١٧,٩٨	٠,٢٩
١١	١٥٧,٧٢	٢٠,١٨	١٠,١٠	٧٧,١٢	٢٠,٩٤	٠,٣٩
١٢	٢٢١,٨٦	٢٨,٠٦	٩,٦٢	٩٨,٣١	٢٣,٠٠	٠,٢٨
١٣	٢٣٢,٣١	٢٧,١٠	١٠,٣٧	١٣٦,٤٦	٣٩,٨٥	٠,٣٢
١٤	٢٥٩,٥٠	٢٥,٤٨	١٤,٧٤	١٠٠,٧٦	٢٧,٧٨	٠,٤٠
١٥	٢٨١,٠٥	٣٤,٨٨	٩,٦٨	١٧٧,٩٩	٣٥,٤٣	٠,٢٣
١٦	١٣٤٠,٧٠	٦٣,٨٤	٢٠,٨٢	٢٤١,٩٢	٧٢,١٢	٠,٣٣
١٧	٢٤,٧١	٨,٣٦	٣,٨٩	٣٥,٥٧	٧,٣٠	٠,٣٥
١٨	٣٧,٠٦	١١,٧٩	٣,٤٣	٣٨,٦٧	١٠,٨٧	٠,٢٧
المتوسط	١٧٤,٤٩	١٩,٢٥	٨,٢٣	٧٦,٩٧	١٨,٨٤	٠,٣٤

المصدر: قياسات من نموذج الارتفاعات الرقمي ٣٠ متراً باستخدام برنامج Arc Gis 10.5

٢٣.٧ : ١٣٤٠.٧ كم<sup>٢</sup> بمتوسط عام ١٧٤.٥ كم<sup>٢</sup>، أما أطوال الأحواض فتراوحت بين ٧.٤٧ : ٦٣.٨٤ كم بمتوسط عام ١٩.٣ كم للحوض، ومن حيث العرض تراوح عرضها بين ٢.٦٥ : ٢٠.٨٢ كم بمتوسط ٨.٢ كم للحوض، أما بالنسبة لشبكات التصريف المائي، يتضح من الشكل (١٧) والجدول (١١) أنها تمثلت في خمسة رتب نهريّة بإجمالي ١٧٠٨ رتبة بلغ مجموع أطوالها ٢٧٠٥.٧ كم .



المصدر : نموذج الإرتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5  
شكل (١٧) شبكات التصريف الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

المصدر : نموذج الإرتفاع الرقمي باستخدام برنامج Arc GIS 10.5  
شكل (١٦) أحواض التصريف الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

### جدول (١١) التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي

أعداد المجاري	أطوال المجاري (كم)	الرتبة
٨٧٦	١٣٥٤,٠	الرتبة الأولى
٤٣٢	٧٤٤,٠	الرتبة الثانية
٢٢٨	٣٥٩,٣	الرتبة الثالثة
١١٠	١٦٥,٦	الرتبة الرابعة
٦٢	٨٢,٨	الرتبة الخامسة
١٧٠,٨	٢٧٠,٥,٧	الاجمالي

المصدر: قياسات من نموذج الارتفاعات الرقمي ٣٠ متراً باستخدام برنامج Arc Gis 10.5

### ٢- الأشكال الرملية :

تغطي الأشكال الرملية مساحة تقدر بنحو ٢٤.٧٣ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٠.٧٩ ٪ من إجمالي مساحة الحافة، وانتشار الأشكال الرملية المختلفة بالحافة الشرقية من أهم المميزات الجيومورفولوجية لم انخفاض الخارجة، وكما يتضح من الشكل (١٨) تتنوع الأشكال الرملية على الحافة باختلاف نشأتها؛ فمنها الكثبان الهلالية بأنواعها المختلفة، وكثبان العقبات الطبوغرافية، وتنقسم إلى قسمين؛ كثبان تكونت على



الجانب المواجه للرياح وهي الكثبان الصاعدة، أو كثبان تكونت على جانب ظل الرياح مثل الكثبان الهابطة والذيلية .

شكل (١٨) الأشكال الرملية بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

أ. كثبان هابط ب. كثبان ذيلية ج. ه. كثبان صاعدة د. كثبان هلالية و. كثبان مستعرضة

#### أ - الكثبان الهلالية :

تظهر الكثبان الهلالية كشكل نهائي لتطور الكتل الرملية (قبايية أو بيبضاوية)، وتعرف باسم الكثبان الجنينية، وعندما يصل لمرحلة النضج يظهر لها قرنان، أو ذراعان يشيران إلى اتجاه منصرف الرياح؛ لذا من السهل التعرف على اتجاه الرياح السائدة بمنطقة تواجد الكثبان الهلالية. وتظهر الكثبان الهلالية في القطاعات المستوية بالحافة، وبشكل خاص في الشمال الشرقي من دير المنيرة، وشرق باريس ودوش، وذلك لتوافر الظروف المناسبة لنشأتها، والتي تتمثل في الانحدار الخفيف للسطح، كذلك التضاريس المحلية المنخفضة، وتوافر كميات غير القليلة من الرمال، واتجاه الحافة في هذه المواضع شمالي شرقي، أي أنها تتعامد مع الرياح الشمالية الغربية السائدة، وتتنوع أشكال الكثبان الهلالية السائد بالحافة؛ فمنها البسيط، المركب، والمعقد.

#### ب - الكثبان الصاعدة :

أحد أنواع الكثبان الرملية التي تتكون فوق أسطح المنحدرات على الجانب المواجه للرياح، ولكي تتكون لابد أن لا تزيد درجة انحدار الحافة عن ٦٠ ° (Pye&Tsoar,1990,p.166).

ويتضح من الصورة (هـ) في الشكل السابق، وجود أحد الكثبان الصاعدة بالحافة في نطاقها الأوسط بالقرب من نقب أبو سروال، ويمكن القول إن الكثبان الصاعدة تتحرك ببطء شديد في اتجاه قمة الحافة، ولا تتحرك سوى الحبيبات صغيرة الحجم على العكس؛ فإن الكثبان الهابطة تتحرك بصورة واضحة تجاه أقدم الحافة، أي أنها تتميز بالثبات النسبي .

#### ج - الكثبان الهابطة :

تعد من أكثر الأشكال الرملية انتشاراً عند أقدم الحافة، وترتبط في الغالب بوجود الأودية الجافة والمسيلات؛ الأمر الذي يجعل من هذه الأودية ممرات تسلكها الرمال المتراكمة من أعلى الهضبة باتجاه أقدم الحافة، وفي بعض الأحيان تزداد أحجام

الرمال المنجرفة عبر هذه الأودية، وتنمو من الجوانب الشمالية للأودية التي تهبط عليها الرمال حتى تصل إلى الجوانب المقابلة؛ فتشكل حواجز رملية تسد المجارى الرئيسية للأودية كما توضح الصورة (و) من الشكل السابق.

#### د - الكثبان الذيلية :

أحد أشكال الكثبان الرملية المرتبطة نشأتها بالعقبات الطبوغرافية التي تتكون خلف العقبات مثل النبات الطبيعي، والجروف، والتلال، أو محجوبة بين عقبتين طبوغرافية، كما يتضح من الصورة (ب) في الشكل السابق، ويحدث أفضل تطور لهذا النوع تحت تأثير النظام الرياحي أحادي الاتجاه، أو الموسمي في نظام ثنائي الاتجاه، ويرتبط حجم الكثيب الذيلي وشكله بالعقبة الطبوغرافية، ويظهر محوره الطولي موازيًا لاتجاه تدفق الرياح ، (Laity.J, 2008, p 204)

#### هـ - الفرشات الرملية:

تنتشر الفرشات الرملية في مواضع متفرقة بمنطقة الدراسة، وهي تعد من الأشكال الإرسابية الهوائية المحدودة، وتنتشر الفرشات في النطاق الجنوبي للحافة فيما بين باريس والجاجا، وفي نقب المدورة وشرق دوش، أما في النطاق الشمالي للحافة تظهر بشكل واضح جدًا علي امتداد نقب اليابسة عند أقدم الحافة، وقد تغطي الفرشات الرواسب الحصوية الخشنة في بعض المواقع.

### الخصائص الميكانيكية لرواسب الرمال:

تم إجراء التحليل الميكانيكي لخمس عينات بطريقة النخل الجاف، ويوضح جدول (١٢) نتائج التوزيع الحجمي لعينات الرمال، وقد اعتمد الباحث على المعادلات الإحصائية التي قدمها (Folk & Ward 1957) لحساب المعاملات الآتية (المتوسط، التصنيف، الإلتواء، التفلطح):

جدول(١٢) نتائج التوزيع الحجمي لرواسب الرمال

رقم العينة	موضع العينة	حصى صغير جداً	رمل خشن جداً	رمل خشن متوسط	رمل ناعم جداً	رمل ناعم وصلصال	المتوسط Ø	التصنيف Ø	الإلتواء Ø	التفلطح Ø	
											١-:٢-
١	كساح كثيب هلاي	٠,٠	٠,٠	١٩,٨	١٢,٤	٦٣,٩	٣,٢	٠,٧	١,٣٠	٠,١٧	١,٩٥
٢	قمة كثيب هلاي	٠,٠	٠,٠	١,٩	٧٩,٨	١٥,٥	٢,٣	٠,٥	٠,٤٢	٠,٤٣	١,٣١
٣	كثيب صاعد	٠,٠	٠,٠	١,٤	٣,١	٨٨,١	٦,٧	٠,٧	٠,٦٢	٠,٦٧	٣,١٨
٤	كثيب هابط	٠,٠	٠,٠	٠,٦	٢٦,٨	٦٧,٥	٤,٦	٠,٥	٠,٤٩	٠,٥٠	١,٠٩
٥	فرشة رملية	٠,٠	٠,٠	٠,٨	٤,٨	٨٨,٧	٥,٣	٠,٤	٠,٧٢	٠,٤٤	٢,٨٧

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب الرمال

### أ - المتوسط :

يعد من الأساليب المهمة لإبراز التوزيع الحجمي لعينات الرمال، فمن خلاله يمكن التعرف على النمط الحجمي السائد في العينات المختلفة كما يتضح من الجدول السابق، ويمكن الحصول على المتوسط من خلال المعادلة الإحصائية التالية:

$$\text{المتوسط} = \frac{٨٤٥ + ٥٠٥ + ١٦٥}{٣} \quad (\text{Folk \& Ward, 1957})$$

بلغ متوسط العام لأحجام حبيبات الرمال بمنطقة الدراسة ١.٣ Ø أي ( الرمال المتوسطة)، بمدى يتراوح بين ٠.٨ Ø : ١.٦ Ø أي بين الرمال المتوسطة والخشنة، ويتوافق المتوسط العام لأحجام الرمال مع نتائج دراستي (حافظ ، ٢٠١٥، ص ٢٥٠) و (عبد الرافع، ٢٠١٦، ص ٨٠) لمنخفض الخارجية، حيث بلغ المتوسط العام ١.٨ Ø و ١.٩ Ø على الترتيب أي نها في (فئة الرمال المتوسطة) .



### ب - التصنيف:

يقيس التصنيف درجة تجانس أو عدم تجانس توزيع أحجام الحبيبات التي يمكن الحصول على التصنيف من خلال المعادلة الإحصائية التالية:

$$\text{التصنيف} = \frac{٥٥ - ٩٥٥}{٦.٦} + \frac{١٦٥ - ٨٤٥}{٤} \quad (\text{Folk \& Ward, 1957})$$

بلغ المتوسط العام للتصنيف ٥٠.٧٢ أي أن الرمال (متوسطة التصنيف) وتراوحت قيم التصنيف بين ٥٠.٤٢ : ٥١.٣ أي ما بين رديئ التصنيف إلى جيد التصنيف، وهو ما يتفق تمامًا مع نتائج دراسة (حافظ، ٢٠١٥، ص ٢٥٠) ٥٠.٧٢ (متوسطة التصنيف)، بمتوسط القيم تراوح بين ٥٠.٢٩ : ٥١.٨، ودراسة (عبد الرافع، ٢٠١٦، ص ٨٠) ٥٠.٧١ (متوسطة التصنيف) بمتوسط قيم تراوح بين ٥٠.٣١ : ٥٢.٨ .

### ج - الالتواء :

يشير الالتواء إلى الجانب الذي تشغله معظم العينة؛ فإذا وقعت معظم الحبيبات نحو الطرف الخشن للأحجام، يكون الالتواء خشنًا (سالبة القيمة)، أما إذا كانت معظم الحبيبات تقع نحو الطرف الناعم للأحجام، يكون الالتواء ناعمًا (موجبة القيمة)، وكلما ابتعدت قيمة الالتواء عن الصفر زادت درجة عدم التماثل في التوزيع، ويمكن الحصول على الالتواء من خلال المعادلة الإحصائية التالية:

$$\text{الالتواء} = \frac{(٥٥٢) - ٩٥٥ + ٥٥}{(٥٥ - ٩٥٥)٢} + \frac{(٥٠٥)٢ - ٨٤٥ + ١٦٥}{(١٦٥ - ٨٤٥)٢} \quad (\text{Folk \& Ward, 1957})$$

وتراوح قيم الالتواء بين ٥٠.١٧ : ٥٠.٦٧ أي ما بين التواء ناعم إلى الالتواء المتماثل، وبلغ المتوسط العام لقيم الالتواء بالمنطقة ٥٠.٤٤ أي (التواء ناعم جدًا)، أيضًا تتفق مع نتائج ودراسة (عبد الرافع، ٢٠١٦، ص ٨٠) ٥٠.١٤، نتائج دراسة (حافظ، ٢٠١٥، ص ٢٥٠) ٥٠.١٧ (متوسطة التصنيف) .

#### د - التفلطح:

يقيس التفلطح النسبة بين التصنيف في طرفي التوزيع والتصنيف في القطاع الأوسط من التوزيع لحجم الحبيبات؛ فإذا كان القطاع الأوسط أفضل تصنيفاً من الطرفين؛ فإن المنحنى التكراري في هذه الحالة يكون مدبباً للغاية، أما إذا كان الطرفان أفضل تصنيفاً من القطاع الأوسط فإن المنحنى في هذه الحالة يكون مفلطح القمة، ويمكن الحصول على التفلطح من خلال المعادلة الإحصائية التالية:

$$\text{التفلطح} = \frac{٥٥ - ٩٥٥}{(٢٥٥ - ٧٥٥) ٢,٤٤} \quad (\text{Folk \& Ward, 1957})$$

بلغ المتوسط العام لقيم التفلطح بمنطقة الدراسة ٢٠٠٨ Ø أي أن الرمال السائدة (مدببة جداً)، وتتراوح قيم التفلطح بين ١.٣١ : ٣.١٨ Ø أي أنه يتدرج بين التفلطح (المدبب إلى المدبب جداً)، وجاءت نتائج دراستي (حافظ، ٢٠١٥، ص ٢٥٠) و (عبد الرافع، ٢٠١٦، ص ٨٠) لمنخفض الخارجة، خارج هذه الفئة من التفلطح ١.٢ Ø و ١.١ Ø على الترتيب، فئة (التفلطح المدبب) .

يتضح من دراسة نتائج التحليل الميكانيكي للرمال بمنطقة الدراسة ما يأتي :

شغلت فئة الرمال الناعمة والتي تتراوح أقطارها بين (٠.٢٥ : ٠.١٢٥ مم) أكبر نسبة من الرمال بمنطقة الدراسة حيث وصلت نسبتها نحو ٦٤.٧٤ %، مما يشير إلى أن الرمال الناعمة تشكل الجزء الأكبر من الكثبان بالمنطقة، ومن ثم فإنه من السهل على الرياح حملها، ونقلها، وإرسابها في أماكن أخرى، وتبعد بقدر قوة الرياح، وفي الاتجاه السائد لها معظم العام. ويعمل النظام السائد للرياح في المنطقة على نقل الرواسب من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، مما أدى إلى زيادة نسبة الرمال الناعمة لتصل على سبيل المثال في العينة (٥) إلى ٨٨.٧%، مما يفسر سرعة حركة الرمال الناعمة، وطريق نقلها بواسطة الحمل، والتعلق لمسافة طويلة، في حين تبقى الرواسب المتوسطة والخشنة، والتي تشكل (٢٥.٤% و ٤.٩%) على الترتيب، وإن تحركت فتتم



### ٣ - الأشكال الكارستية :

ارتبط بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة كثير من الأشكال الكارستية، والتي أكثرها وضوحاً العيون الارتوازية (الينابيع)، الطوفا الجيرية، اليردائج .

#### • العيون الارتوازية (الينابيع)

تعد العيون الارتوازية إحدى الظواهر الكارستية الموجودة بالحافة، ويقصد بها الروابي التي تكونت نتيجة تدفق العيون الارتوازية على طول الصدوع التي ترتبط بصخور الحجر الجيري لهذا وجدت مقترنة في توزيعها الجغرافي بمناطق الطوفا بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة، وقد ارتبط وجودها بالاستقرار البشري، فدائماً ما يبحث الإنسان عن مصادر للمياه للاستقرار، وخاصة في المناطق قليلة المطر، ولا تقل أهميتها خلال تنقله وترحاله بين منخفض الخارجة ووادي النيل، فقد كانت هذه العيون تمثل محطات مهمة لتزويد للقوافل بالماء، وتعد **عين طفنيس الجبل**، إحدى العيون الموجودة بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة، وتقع شرق مركز باريس، وإحداثياً تقع عند دائرة عرض ٣٠ ° ٤٢ ° ٢٤ شمالاً، وخط طول ١٨ ° ٤١ ° ٣٠ شرقاً، على منسوب ٢٦٠ متراً، وهي عين صدعية ارتبط مجراها الرئيس بأحد الروافد النهرية بالحافة، كما يتضح من الشكل (٢٠)، وكان الاعتماد على هذه العين في الزراعة خلال الفترة الرومانية، حيث تظهر آثار لأراض زراعية قديمة طمرت أسفل الكثبان الرملية، ولكن هناك امتداد لبعض أراضي الاستصلاح الجديدة بالقرب من العين. هذا إلى جانب وجود قطع من الفخار تعود إلى الفترات البيزنطية والإسلامية التي تؤكد استخدام العين على مدى قرون عديدة نتيجة توافر مصدر المياه (محسوب، ٢٠١٥، ص ٣٥٢).

#### • الطوفا الجيرية:

تتكون الطوفا نتيجة لتدفق المياه المحملة بكاربونات الكالسيوم عبر العيون الطبيعية القديمة التي تشكل قنوات مائية وبحيرات ضحلة غنية ببقايا النباتات. وتظهر تكوينات الطوفا في الوديان المنحدرة من الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة



المصدر : Google Earth

### شكل (٢٠): عين طفيس الجبل

تصوير ميداني (أ) ٣١,٦٤ ٤٢ ٢٤ شمالاً ٢٠,٥٦ ٤١ ٣٠ شرقاً، "ناظراً إلى الشرق"  
 (ب) ٣٢,٣٥ ٤٢ ٢٤ شمالاً ١١,٤٥ ٤١ ٣٠ شرقاً، "ناظراً إلى الشرق"

بين دائرتي عرض ٢٥° ٦' ، ٢٥° ٨' شمالاً، عند نقب الرفوف، ويتراوح سمكها الرواسب بين ثلاثة إلى ستة أمتار (Ball, 1900, p.92).  
 وتنتشر رواسب الطوفا بشكل طولي بداية من جبل يابسة شمال الحافة الشرقية متجهة جنوباً حتى وادي المدورة، وذكرت (يوسف، ٢٠٢٠، ص ٤٠) أن الطوفا تتركز في ثمانية مواقع على طول الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تتمثل في جبل يابسة، ونقب الرفوف، ونقب أبو سروال، وجبل أم الغنايم، ونقب بلاق، ونقب الرزيقات، ونقب المطاعنة، ووادي المدورة، وقد رصد الباحث خلال الدراسة الميدانية أشكالاً مختلفة للطوفا بنقب الرفوف، وجبل اليابسة في شمال الحافة كما يتضح من الشكل (٢١) .



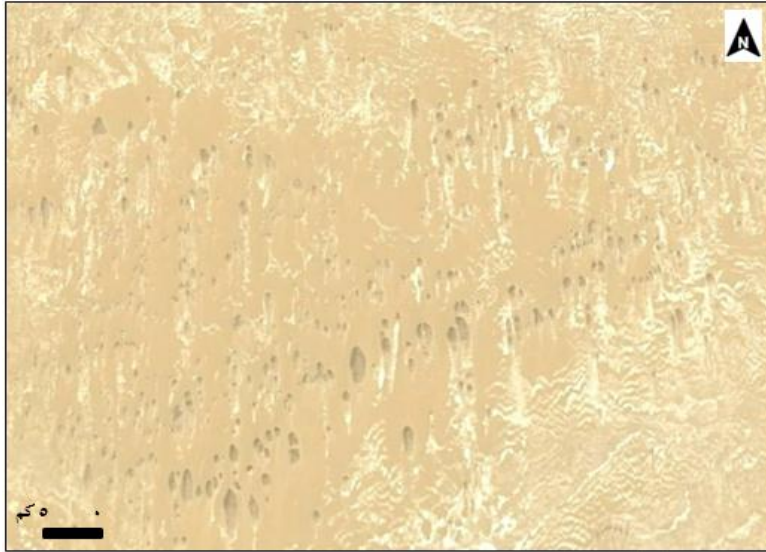
شكل (٢١): نماذج مختلفة للطوفا الجيرية بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة  
 تنقسم الطوفا إلى قسمين: القسم الأول طوفا الهضبة plateau tufa وهي الأقدم عمراً والأكثر ارتفاعاً، يتراوح سمكها بين ٥ : ١٠ أمتار؛ لونها أبيض يميل إلى الرمادي، وتتميز بقلة مساميتها ويرجع هذا إلى ملئ مسامها برواسب الكالسيت بفعل عمليات ما بعد الترسيب الشائعة في رواسب الطوفا، القسم الثاني طوفا الوادي wadi tufa، وقد ارتبطت نشأتها بالأودية المنحدرة من الحافة الشرقية للمنخفض، ويتراوح سمكها بين ١ : ٥ أمتار، وأهم ما يميزها المسامية العالية والتجويفات التي وجدت بها بسبب النباتات التي كانت تمثل جزءاً منها ثم اندثرت بعامل الزمن، ويتدرج لونها ما بين الأسود إلى البني، والأزرق إلى الرمادي (Smith, 2004, pp.414-416).

• الياردانج :

يطلق عليها مسمى "الخراشيف Kharafish" وهو اسم محلي للأسطح المرتفعة الخشنة التي تحصر بينها أحواض وممرات، وقد استخدم Beadnell هذا

المصطلح لأول مرة عام ١٩٠٩م عند وصفه للبلايا التي تتكون من أعداد كبيرة جداً من اليردائج الممتدة على الهضبة الجيرية فيما بين الخارجة ووادي النيل (Embabi,2018,p.94).

تم رصد إحدى حقول اليردائج على سطح الحافة الشرقية للمنخفض، يقع إحداثياً عند دائرة عرض ٣٢ ° ٥١ ' ٢٣ شمالاً، وخط طول ٤١ ° ٥٠ ' ٣٠ شرقاً، شكل (٢٢)، وقد ظهر دور الإذابة في نشأة اليردائج وتطوره بشكل واضح؛ تمثل ذلك في ظهور كثير من حفر الإذابة بأحجامها المختلفة، والتي نشأة غالباً من اتحاد كربونات الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي، والذي يقوم بدوره إلى تكوين محلول كربوني مخفف له القدرة على إذابة الحجر الجيري، وتكوين فجوات تتسع وتتصل ببعضها، وينتج عنها في النهاية تخفيض لحجم وارتفاع اليردائج، وما يترتب عليه في نهاية الأمر إلى تراجع أجزاء من الحافة .



المصدر : Google Earth

شكل (٢٢): حقل يردائج على سطح الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

رابعاً - حركة المواد على منحدرات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :  
 حركة الكتل والمفتتات الصخرية فوق المنحدرات، وإن اختلفت في الحجم،  
 والسرعة، والتكوينات الجيولوجية، تصل سرعة بعضها إلى ١٠٠ كم / ساعة،  
 وبعضها الآخر حركتها غير محسوسة، وفي النهاية ينتج عنها تغير في التضاريس  
 المحلية (De-Blasio, 2011, pp.2-3). ومن الجدول (١٣) يمكن التعرف  
 على حركة المواد على منحدرات الحافة فيما يلي:

جدول (١٣) تصنيف حركة المواد على المنحدرات

المواد			نوع الحركة
التربة	الهشيم (الحطام)	صخور	
سقوط التربة	سقوط الهشيم	سقوط صخري	Fall السقوط
انقلاب التربة	تدحرج الهشيم	تدحرج او انقلاب صخري	Topple التدحرج
انزلاق التربة	انزلاق الهشيم	انزلاق صخري	Transitional slide الانزلاقات الانتقالية
ان هيار التربة	ان هيار الهشيم	ان هيار صخري	Rotational slide الانزلاقات الدورانية
انتشار التربة	انتشار الهشيم الجانبي	الانتشار الصخري الجانبي	Lateral spreading الانتشار الجانبي
تدفق التربة	تدفق الهشيم	التدفق الصخري	Flow التدفق
—	—	—	Complex المركب

After: De Blasio, F, V, 2011, p.13

١ - أنواع الحركة على منحدرات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :  
 أ- الحركات السريعة : وتتمثل في (السقوط الصخري، الانزلاق الصخري، تساقط  
 المفتتات الصخرية)

• التساقط الصخري Rock fall

توجد علاقة ارتباطية عكسية بين متوسط الانحدار ومتوسط أحجام الكتل  
 الساقطة، حيث تقل أحجام الكتل الساقطة مع ارتفاع قيم متوسط الانحدار، وربما



يرتبط ذلك بتفتت الكتل الساقطة نتيجة شدة ارتطامها بسطح الأرض، أو أقدام المنحدر؛ فتتحطم إلى أكثر من كتلة وتقل أحجامها (حجاب، ٢٠١٣، ص ٧٤) وتم رصد تساقط الكتل علي امتداد الحافة الشرقية كما توضح الصورة (١٦)



نموذجًا لتساقط الصخور شرق نقب اليايسة، كذلك ارتبط تساقط الصخور علي طول مجاري الأودية التي تقطع الحافة، وتتجه غربًا نحو قاع المنخفض .

#### الانزلاق الصخري :

تنزلق الصخور على المنحدرات

صورة (١٦): سقوط صخري شرق نقب اليايسة

قليلة الانحدار، وتم رصد الظاهرة

في نقب أبوسروال، وعلى طول طريق أسبوط الخارجة، وبنقب أبو الرفوف، وتوضح الصورة (١٧) إحدى الانزلاقات الصخرية بنقب الرفوف، وهناك نوعان من الانزلاقات؛ **الانزلاق الأمامي**، وهو أن الكتل المنزلقة تميل طبقاتها في اتجاه المنحدر قبل انفصالها، **الانزلاق الخلفي**، وهو أن الكتل المنزلقة تميل طبقاتها في عكس اتجاه المنحدر قبل انفصاله .

ولكي يتم الانزلاق الصخري لابد من توافر خمسة شروط ذكرها (تراب، ٢٠١١،

ص ٤٣) بأنها:

- تعاقب صخور صلبة منفذة للمياه فوق طبقة سميكة من الصخور الطينية والصلصالية .

- ميل الطبقات في اتجاه المنحدر .

- تشبع الطبقة الطينية بالمياه سواء المتسربة من الطبقة المنفذة العليا أم تحت السطحية .



- ندرة الغطاء النباتي الذي يعوق عملية الانزلاق .
- شدة انحدار الحافة (أكثر من ٣٠ ٠) .

## تساقط المفتتات الصخرية:

تتراكم المواد المفككة بشكل واضح عند أقدم الحافة، ويطلق عليها "مخاريط الهشيم Talus" وتمثل وسيلة حماية لها من عوامل التشكيل المختلفة، وقد اتضح ذلك عند اجراء التحليل المورفومتري للقطاعات الميدانية للحافة، أما الأجزاء العليا من السفوح فإنها تتأثر بعمليات التفكك؛ لذلك يلاحظ تراجع الوحدات العليا من السفح وتقدم الأجزاء الدنيا نتيجة تراكم المواد الصخرية المفتتة، ويمر تساقط المفتتات بمرحلتين كل منهما تكمل الأخرى .

**المرحلة الأولى:** يبدأ سقوط المفتتات الصخرية على المنحدرات بالتدريج من أعلى إلى أسفل مع اتجاه الانحدار العام، وبفعل الجاذبية الأرضية، وبمعدل انحدار ما بين ١ ٠ : ٣٩ ، وتتميز حركة المفتتات الصخرية في هذه المرحلة بأنها سريعة .

**المرحلة الثانية:** تسقط المفتتات الصخرية من فوق الحافات شديدة الانحدار (٤٠ - فأكثر) بحيث تتجمع عند أقدم الحافات مكونة مخاريط الهشيم. وتتسم هذه المرحلة عن سابقتها بأن الحركة تكون سريعة جداً (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ٢٣٣). وتظهر رواسب الهشيم عند أقدم الحافة الشرقية للمنخفض على هيئة غطاءات من المواد المفككة التي تغطي أجزاء كبيرة منها، أو على شكل مخروط هشيم أسفل المنحدرات شديدة الانحدار كما توضح الصورة السابقة.

## ب - الحركات البطيئة :

### • زحف الصخور :

يحدث زحف للصخور على الحافات متوسطة الانحدار، والتي تتراوح زاوية انحدارها بين ٨° : ١٠° درجات، وتتحرك الكتل الصخرية باتجاه أقدم المنحدرات حركة بطيئة جداً تنتج عن فقدان الصخر لطاقته الحركية بفعل قوى الاحتكاك والتصادم التي وقعت عليه أثناء نقله على أسطح المنحدرات، خاصة مع قلة درجات الانحدار (Dorren,2003,p.73) .

وخلال الدراسة الميدانية تم رصد كثير من الصخور ذات الأحجام الصغيرة التي تستقر على جوانب المنحدرات على أسطح غطاءات الهشيم، وهي عرضة للحركة البطيئة بفعل الجاذبية، ومن أهم المناطق التي ظهرت بها تلك الكتل قطاع الحافة الشمالي فيما بين المنيرة ونقب أسيوط وفي جبل أم الغنايم كما يتضح

من الصورة (١٨)

• زحف التربة:



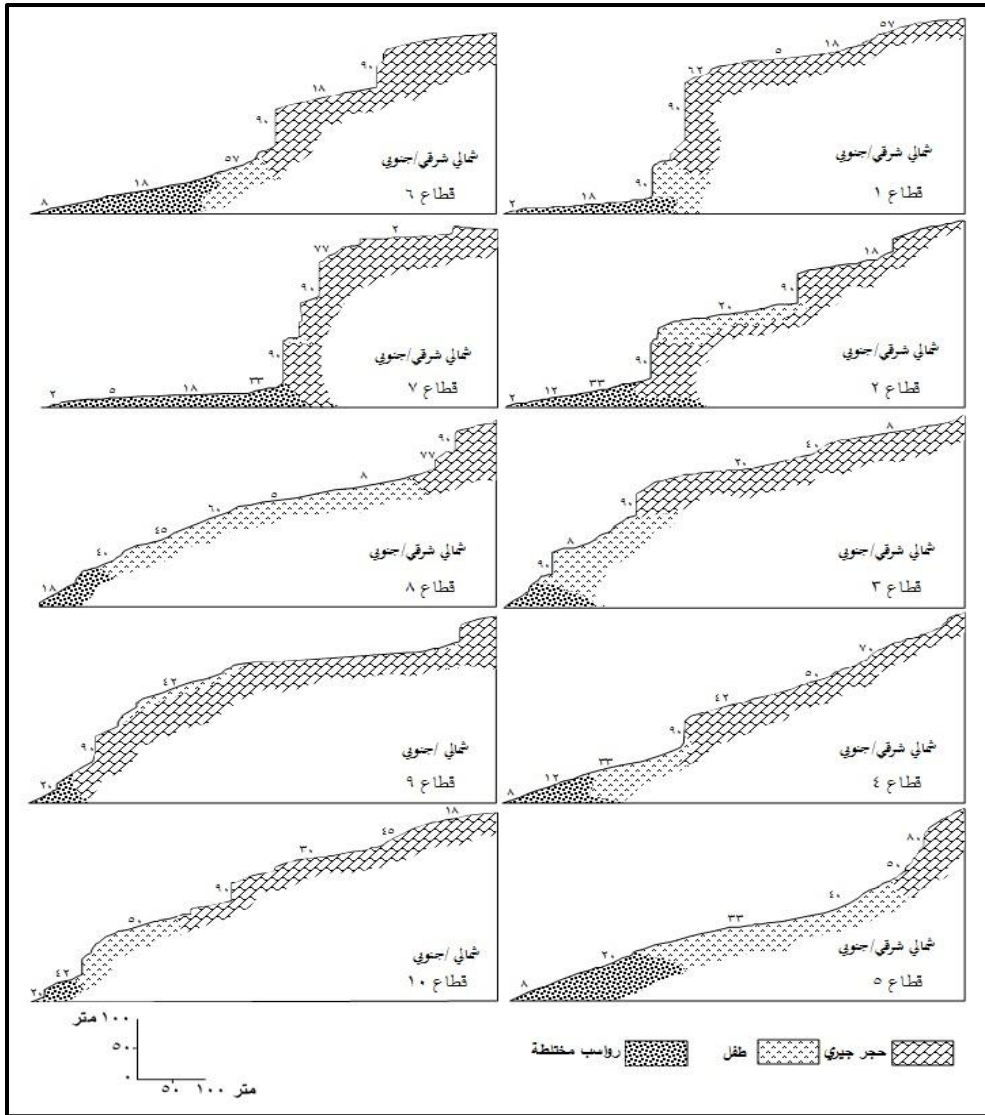
نظرا لأن هذه الحركة بطيئة وغير محسوسة؛ فإن أثارها تدل عليها، وذلك من خلال جذوع النخيل التي تحدبت في اتجاه الحركة الهابطة، كذلك أن

بعض الجلاميد التي انتزعت صورة (١٨): زحف الصخور بجبل أم الغنايم

من طبقات عليا توجد مدفونة في التربة المتحركة في مواضع أدنى من الطبقات التي تنتمي إليها كما يتضح من الصورة السابقة .

## ٢ - التحليل المورفومتري لمنحدرات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة .

- تم قياس ١٠ قطاعات ميدانياً على واجهة منحدر الحافة الشرقية للمنخفض، راعى الباحث في اختيارها مدي اقتراب الحافة من الطرق والمواقع الأثرية، مع مراعاة أن القطاعات تمثل جميع أنواع الانحدارات والتكوينات الجيولوجية إلى حد كبير، ويوضح الشكل (٢٣) هذه القطاعات.



شكل (٢٣) القطاعات الميدانية بالحافة الشرقية للمنخفض

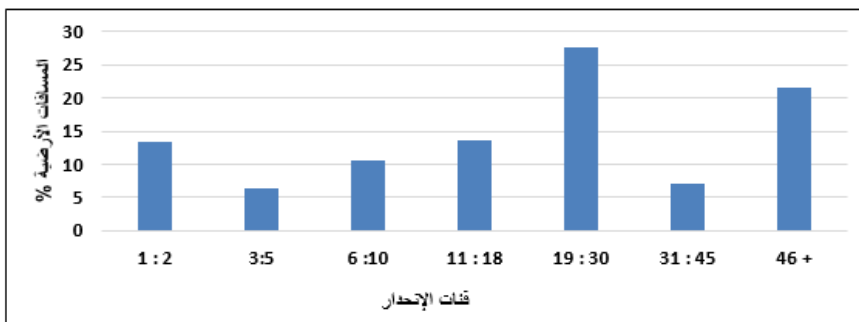
• بلغ إجمالي أطوال القطاعات المقاسة ميدانياً ٤١١٧.٦ مترًا، بمتوسط طول ٤١١.٨ مترًا للقطاع، وتراوح أطوال القطاعات بين ٢٢١.٥ مترًا: ٥٥٣.٥ مترًا. ويرجع تباين أطوال القطاعات إلى تفاوت درجة صلابة الصخور المكونة للحافة، ومدى تأثرها بمظاهر الضعف الصخرى المتمثلة في وفرة الفواصل، والشقوق، والصدوع، والأسطح الطباقية إلى جانب دور عوامل التعرية والتجوية المختلفة في إضعاف قوة الصخر.

أ- التوزيع التكراري لزوايا انحدار قطاعات منحدر الحافة الشرقية للمنخفض :  
يعد التوزيع التكراري لزوايا الانحدار أحد الأساليب الجيومورفولوجية للتعرف على نتائج القياسات الميدانية لقطاعات المنحدرات على الحافة الشرقية للمنخفض:  
من دراسة الجدول (١٤) والشكل (٢٤) يتضح ما يلي :

جدول (١٤) التوزيع التكراري لزوايا انحدار القطاعات بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

فئات الانحدار	طبيعة الانحدار	المسافة / م	%	الزاوية الشائعة	المسافة الأرضية / م	% من القطاعات
صفر.٢	مستوي	٥٥١	١٣,٣٨	٢	٤٣٤,٥	١١,٠
٥.٣	خفيف	٢٥٨	٦,٢٧	٥	٣٦٤,٥	٩,٣
١٠.٦	متوسط	٤٣٤,٥	١٠,٥٥	٧	١٣٧,٥	٣,٥
١٨.١١	فوق متوسط	٥٦٠,١	١٣,٦٠	١٢	٩٩,٨	٢,٥
٣٠.١٩	شديد	١١٣٣,٥	٢٧,٥٣	٢٣	٤٠,٧٥	١,٠
٤٥.٣١	شديد جداً	٢٨٩	٧,٠٢	٣٥	٥٥	١,٤
+٤٦	جروف	٨٩١,٥	٢١,٦٥	٦٨	١١٩	٣,٠
الإجمالي		٤١١٧,٦	١٠٠,٠٠			

المصدر : القياسات الميدانية .



المصدر : بيانات الجدول ١٤

شكل (٢٤) التوزيع التكراري لزوايا انحدار القطاعات بالحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

يتميز التوزيع التكرارى لزوايا الانحدار بتعدد المنوال حيث برزت الزوايا ( $68^\circ$ ،  $35^\circ$ ،  $2^\circ$ )، كما يتميز بأنه غير متصل، حيث تختفى بعض زوايا الانحدار، وهو ما يتفق مع الدراسات التي أجريت على منحدرات المناطق الجافة أخرى مثل دراسة (حسين، ٢٠٠٤) و (حجاب، ٢٠١٣).

يتضح أيضاً أن الانحدارات الشديدة، والجروف الرأسية؛ تشكل النسبة الأكبر للمسافات الأرضية بمنحدرات الحافة  $49.2\%$ ، ويعكس هذا مدى تعرضها للعمليات جيومورفولوجية المختلفة، هذا إلى جانب نظام الصدوع السائدة، والفواصل مختلفة الاتجاهات بالحافة، والتي ساعدت في اتخاذ الحافة الشكل شبه السلمي في بعض القطاعات (١، ٢، ٦، ٧) كذلك كان لنظم التصريف النهري الأثر الواضح في قلة فئة الانحدارات الخفيفة، والتي تمثل نحو  $6.3\%$  من المسافات الأرضية.

**ب- تحليل معدلات التقوس:**

يتضح من الجدول (١٥) والشكل (٢٥) أن منحدرات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تنقسم إلى ثلاث فئات رئيسية هي:

أ. **الفئة الأولى:** تضم العناصر المحدبة، وتشغل نحو  $2169.3$  مترًا بنسبة  $52.68\%$  من جملة أطوال المسافات الأرضية المقاسة، وتتميز هذه المجموعة بأن درجات تقوسها تتراوح بين  $3^\circ$  و  $90^\circ$ ، وتتراوح أطوال المسافات التي تشغلها بين  $2.5$  إلى  $57.5$  مترًا.

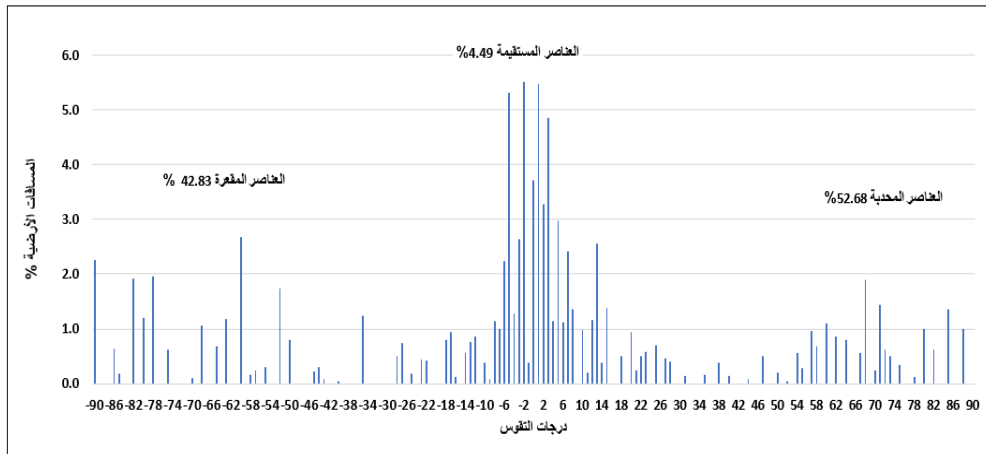
ب. **الفئة الثانية:** تضم العناصر المقعرة، وتشغل نحو  $1763.4$  مترًا بنسبة  $42.83\%$  من جملة أطوال المسافات الأرضية المقاسة، وتتميز هذه الفئة بأن درجات تقوسها تتراوح بين  $4^\circ$  و  $88^\circ$  وتتراوح المسافات الأرضية التي تشغلها بين  $1.7$  إلى  $55$  مترًا.

ج. **المجموعة الثالثة:** تضم مجموعة الأقسام المستقيمة، وتشغل نحو  $184.9$  مترًا بنسبة  $4.49\%$  من جملة أطوال المسافات الأرضية، وهي مناطق مستوية لا تتغير على طولها درجات الانحدار، ويرجع انخفاض نسبة هذه العناصر إلى قلة الأجزاء التي تتميز بالانحدار المستوى، وذلك لصلابة التكوينات الصخرية في الأجزاء العليا من الحافة، وتركز التكوينات الهشة في الأجزاء الدنيا.

جدول (١٥) فئات التقوس لمنحدرات منطقة الدراسة

طبيعة التقوس	نسبة التحدب للفئات	٤,٤٩ %		١٨٤,٩ (م)		المستقيم المحذب		معدلات التقوس بالدرجات
		الإجمالي		المقعر				
		%	المسافة (م)	%	المسافة (م)	%	المسافة (م)	
مستوى	١,٦٧	١٦,٧١	٦٥٧	٥,٩٩	٢٤٦,٥	٩,٩٧	٤١٠,٥	٢-١
خفيف	١,٠٢	١٩,٣٢	٧٥٩,٨	٩,١١	٣٧٥,٣	٩,٣٤	٣٨٤,٥	٥-٣
متوسط	١,٢٢	١٠,٩٧	٤٣١,٣	٤,٧٢	١٩٤,٣	٥,٧٦	٢٣٧	١٠-٦
فوق متوسط	١,٤٧	١٠,٩١	٤٢٩,٠٥	٤,٢٢	١٧٣,٨	٦,٢٠	٢٥٥,٢٥	١٨-١١
شديد	١,٦٧	٦,٢٥	٢٤٥,٧٥	٢,٢٣	٩٢	٣,٧٣	١٥٣,٧٥	٣٠-١٩
شديد جداً	٠,٥٥	٢,٨٧	١١٣	١,٧٧	٧٣	٠,٩٧	٤٠	٤٥-٣١
رأسى	١,١٣	٣٢,٩٧	١٢٩٦,٨	١٤,٧٨	٦٠٨,٥	١٦,٧٢	٦٨٨,٣	+٤٦
الإجمالي	١,٢٣	١٠٠,٠٠	٣٩٣٢,٧	٤٢,٨٣	١٧٦٣,٤	٥٢,٦٨	٢١٦٩,٣	

المصدر : من حساب الباحث اعتماداً على القياسات الميدانية



المصدر: قياسات ميدانية

شكل (٢٥) معدلات التقوس لمنحدرات الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة

يتضح سيادة العناصر المحدبة على العناصر المقعرة؛ فقد بلغت نسبة العناصر المحدبة ٥٢.٦٨% بينما بلغت نسبة العناصر المقعرة ٤٢.٨٣%، مما يشير إلى أثر البنية الجيولوجية ونوع الصخر على منحدرات الحافة، كما يشير إلى أن المنطقة ما زالت في بدايات مرحلة التعرية . كما يتضح أن فئتي التقوس المستوي والخفيف ( ١° - ٥° ) والتي تمثل ٣٦ % من نسبة أطوال القطاعات، تليها فئة التقوس الرأسى ( ٤٦° - فأكثر ) : بنسبة ٣٢.٩٧% من جملة القطاعات، أما فئة التقوس الشديد والشديد جداً ( ١٩° - ٤٥° ) تمثل ٩% من جملة أطوال القطاعات، وهي أقل النسب التي ظهرت .



خامساً - المواقع الأركيولوجية بنطاق الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة :  
تتوزع المواقع الأركيولوجية المرتبطة بالحافة على طول امتدائها من الشمال إلى الجنوب، وقد تم تقسيمها لقسمين (مواقع أثرية، النقوب، أو الطرق القديمة) وفيما يلي دراسة لهذه المواقع الأركيولوجية:

#### ١ - المواقع الأثرية :

تتنوع الواقع الأثرية الموجودة على سطح الحافة، أو التي تقع عند أقدامها؛ فبعضها صغير جداً، يتمثل في نقش صغير على صخور الحجر الجيري، مثل الموجود عند عين طفيس الجبل، أو قطع الفخار المتناثرة بالقرب من المواقع القديمة الموجودة عند نقب الرفوف، وبعضها الآخر عبارة عن مباني أثرية ضخمة، قد تمثل كنيسة، معبد، مساكن، مقابر، أو حصون لحماية الطرق وجمع الضرائب، وقد يظهر في شكل قرية قديمة كاملة، ويتناول البحث موقعين فقط؛ أحدهما في القطاع الشمالي من الحافة، وهو دير المنيرة، والآخر في القطاع الجنوبي من الحافة وهو حصن ومعبد دوش :

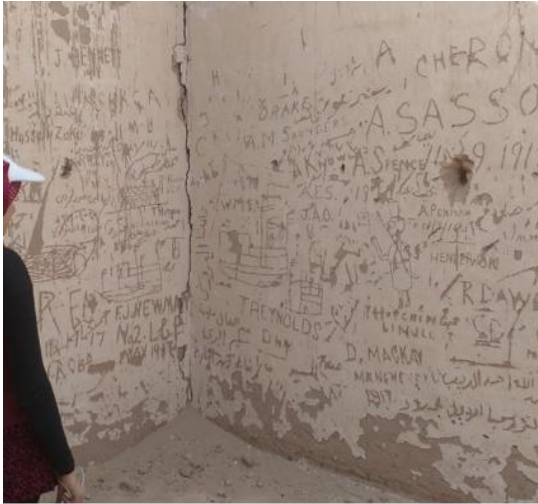
#### أ - دير المنيرة :

يقع عند أقدام الحافة الشرقية للمنخفض في الشرق من قرية المحاريق القديمة، والتي أطلق عليها المنيرة حالياً، واكتسب اسم "دير" لكون هذه المنطقة استخدمت كدير للأقباط عقب انهيار الإمبراطورية الرومانية، وتتميز **منطقة الدير** بخصائص جيولوجية انعكست على جيومورفولوجيتها؛ حيث يقطع الحافة الشرقية للمنخفض صدع أم الغنايم الذي عمل على انفصال الحافة إلى مستويين؛ المستوى الأعلى ويبلغ منسوبه ٣٨٠ متراً، ويسوده طبقات الحجر الجيري الإيوسيني (تكوين الرفوف) التي تعلو طفلاً إسناً، والمستوى الأدنى ويبلغ منسوبه ١٩٠ متراً ويسوده صخور الحجر الجيري الكريتاسي (تكوين طروان) ويرتكز على طفلاً الداخلة، هذا إلى جانب مجموعة الصدوع الثانوية ذات اتجاه شرقي/غربي، ترتب علي ذلك تقطع الحافة بمجموعة من المجاري المائية التي كان لها الأثر الأكبر في تعمير تلك المنطقة قديماً (Tallet, 2009, p355) .

يمثل دير المنيرة واحدًا من أهم المستوطنات البشرية خلال الفترة الرومانية، والتي انتشرت في منخفض الخارجة بشكل عام، وعلى طول طرق القديمة بشكل خاص؛ فكانت كقلاع ومراكز لحماية هذه الطرق، ومراقبتها والدفاع عنها، وتتكون منطقة دير المنيرة من مجموعة عناصر أركولوجية تتمثل في (الحصن، القرية القديمة، المعبد الجنوبي، الكنيسة، ومجموعة من المقابر).

#### - الحصن :

شيد من الطوب اللبن علي مساحة تقدر بنحو ٧٥ م<sup>٢</sup>، وللحصن ١٢ برج، في كل ركن برج واحد إلى جانب ثلاثة على كل جانب، ويربط جميع الأبراج ممر من أعلى، يبلغ ارتفاع الحائط حوالي ١٥ مترًا.



صورة (١٩) جانب من الكتابات والصور الموجودة بمنى الجند

المرفق بحصن دير المنيرة

يوجد بالحصن مبنى ملحق من الواضح أنه كان يستخدم لإقامة الجند، ويوجد على جدران هذا المبنى مجموعة كبيرة من الصور والرسائل كتبت بلغات مختلفة؛ منها الإنجليزية، والتركية، والقبطية، والعربية كذلك صور لسفن وطائرات ودبابات ترجع لفترة الحرب العالمية الأولى كما

توضح الصورة (١٩) (كاسندرا، مترجم، ٢٠١٥، ص ٣٧١).

يوجد في وسط فناء الحصن عين مياه ضخمة كانت توفر المياه للسكان، ولملحقات الحصن من مبانٍ، وأراض زراعية، من خلال بعض الممرات التي حفرت في شكل خنادق تحت سطحية، وكان هذا الموقع مأهولًا بالسكان حتى القرن السادس الميلادي (Beadnell, 1909, p.107). ونذكرت (كاسندرا، ص ٣٧٢)

أن هذه الممرات لم تكن معروفة حتي انكشفت بسبب حادث في بداية القرن العشرين، وقد استخدمت هذه الأنفاق والخنادق كأحد أساليب إدارة المياه والري، وهذه الطريقة تختلف تمامًا عن جميع الطرق التي كانت منتشرة في منخفض الخارجة كلها، فقد كان الري إما عن طريق العيون الطبيعية، أو طريقة عيون المناور.

#### - القرية القديمة :

تقع القرية القديمة في الشمال من الحصن بنحو ١ كم، ولم يتبق منها سوى مبنى لكنيسة صغيرة لا تزال الرسوم القبطية واليونانية باقية على جدرانها، ومبنى آخر غير واضح المعالم يعتقد أنه كنيسة أيضاً، ويفصل بين المبنيين أراضي زراعية قديمة لا يظهر خلالها سوى مجموعة من سيقان النخيل الميتة كما يتضح من

الشكل (٢٦).

#### - المقابر :

يوجد في منطقة الدير ثلاث مقابر جميعها محفورة في الأرض، ولا توجد أي نقوش، أو رسوم بها؛ المقبرة الشمالية تحتوي علي ٣٥ مقبرة ترجع للقرن الثالث الميلادي .



شكل (٢٦): (أ) جانب من القرية القديمة (ب) أحد أبراج حصن (ج) الكنيسة

## ب - منطقة دوش :

تقع على بعد ١١٣ كيلو متر جنوب شرق مدينة الخارجة بمحافظة الوادي الجديد في إحدى القرى التابعة لمركز باريس، والتي تبعد عنه بنحو ٢٥ كم، وقد اتخذت اسمها من اسم تلك القرية (دوش) والتي كانت تعرف قديماً باسم كاسيز، ويعد موقع دوش من أهم المواقع الاستراتيجية في الصحراء الغربية خلال الفترة الرومانية؛ وذلك لوقوعها على منطقة مرتفعة تتطل على واحد من أهم طرق القوافل التجارية الأشهر بالواحات قديماً، هو درب الأربعين الواصل بين وادي النيل عند أسبوط، وحتى دارفور في السودان، ويوضح الشكل (٢٧) الموقع الجغرافي لمعبد دوش ، وتتكون منطقة دوش من الوحدات الآتية :

### المعبد :

يرجع بناء المعبد إلى العصر الروماني، وهو في الأصل يقع داخل بقايا حصن أثري، أو قلعة أثرية مكونة من أربع طوابق، والمعبد مبنى من الحجر الرملي بينما الحصن، والسور، والمباني الإضافية الملحقة مبنية من الطوب اللين كما يتضح من الصورة (٢٠)، ومعظم أعمدة البهو وجدان المعبد تآكلت بفعل التعرية الرياحية، وقد زحفت الرمال على أجزاء كبيرة من المعبد، ويمتد المعبد على محور



اتجاهه من الشمال إلى الجنوب .

المصدر : Google Earth

شكل (٢٧): الموقع الجغرافي لمعبد دوش

كما تأتي أهمية أخرى لهذه المنطقة نظراً لوجود ما يعرف باسم "المناور" العنصر المهم ومصدر المياه، والري للزراعة قديماً ذي الشأن العالي والأكبر عند الرومان، وأحد أبرز أنشطتهم في الصحراء الغربية.

### المعبد الثاني :

يؤرخ للفترة الرومانية ويقع إلى الغرب من المعبد الأول على بعد ٢٠٠ متر تقريباً.

### الحصن :

شيد الحصن على تل يبعد ٢ كم شمال شرق قرية دوش على ارتفاع نحو ١١٧ متراً فوق منسوب سطح البحر، يرجع تشييده إلى الفترة البطلمية، وكان الهدف من إنشائه في هذا الموقع لحماية درب الأربعين لذا يأتي أهمية دوش الاستراتيجي



في الربط بين الشرق والغرب بوادي النيل، وبين الشمال والجنوب داخل المنخفض . وتعد منطقة دوش أحد المواقع العسكرية الرومانية التي كان الهدف من إنشائها حماية طرق التجارة القديمة، وكان لها حامية عسكرية، وملحق بها منطقة زراعية وأخرى سكنية؛ لم يتبقى منها سوى أطلال فقط وقد زحفت الكثبان الرملية عليها. ومن الواضح أيضاً أن إنشاء القلاع والحصون بمنخفض الخارجة ارتبط بطبوغرافية المكان، فقد شيد حصن دوش وكذلك حصن المنيرة على تلال، لسهولة القيام بمهمته العسكرية التي أنشئ من أجلها ، وكانت أيضاً للتكوينات الجيولوجية الصلبة أثر في إستيطان الإنسان بالقرب من هذه المناطق مستغلاً الطبقات الصلبة المتتابع معها التكوينات اللينة، فقام بحفر مقابره في الطبقات اللينة كما هو الحال بمقابر دوش .



### - نقب اليايسة :

يشغله حاليًا طريق أسيوط الخارجة الأسفلتي، ويبلغ طولة ٢٧٥ كم، يقع النقب عند تقاطع دائرة عرض "25°57'28" شمالاً، وخط طول "30°42'23" شرقاً، وعلى امتداد هذا الطريق القديم تنتشر الظاهرات الجيومورفولوجية المختلفة، ومن أهمها علي سبيل المثال لا الحصر التلال المنعزلة، البطيخ المسخوط، الكثبان الهلالية التي تقطع الطريق في أكثر من موضع، والتي كان سبباً رئيساً في تغير مسار الطريق الأسفلتي الحديث أكثر من مرة، ويتضح من خلال الشكل (٢٩) زحف الكثبان الهلالية على الطريق بشكل كان من الصعب جداً صيانتها، مما دفع القائمين على شؤون الطرق في محافظة الوادي الجديد بتغيير مسار الطريق لتجنب خطر زحف الكثبان الرملية علي الطريق مجدداً، كذلك تظهر التكوينات الجيولوجية الفريدة والمتمثلة في تكوين الطوفا، وهي عبارة عن تكوينات رومادية اللون بها مسام خشن، وهي تكوين ناتج عن المياه العذبة، وتكثر فيها بقايا جذور النباتات



القديمة وسيقانها، وقد تناولتها دراسة جينيفير سيمث بالتفصيل في نقب المدورة تحت مسمى طوفا الجبل، وطوفا الوادي كما سبق ذكره .

شكل (٩): نقب اليايسة الذي يشغله طريق أسيوط الخارجة ويتضح زحف الكثبان الهلالية على الطريق وتغير مساره

### - نقيب الرفوف :

يقع إلى الجنوب من نقيب اليايسة بحوالي ١٣ كم، وتمثل نقطة تقاطع دائرة عرض  $25^{\circ}38'46''N$  وخط طول  $30^{\circ}38'49''E$  هي المدخل لنقيب الرفوف، الذي يمثل أكبر شاهد على آثار الاستقرار البشري، وبقايا الحضارات القديمة دون غيره من الطرق القديمة، وقد ذكرت كيتون تومسون أن هذا الطريق القديم يحوي "مواقع لتصنيع الأدوات الحجرية أطلقت عليها اسم مصانع أثرية"، وقد رصد الباحث خلال الدراسة الميدانية أحد هذه الورش الحجرية القديمة وقد ظهر خلالها؛ بقايا للأدوات الحجرية المستخدمة في تشظية الأدوات الحجرية وتهذيبها كما يتضح من الشكل (٣٠ أ، ب)، وأهم ما يميز نقيب الرفوف مرور خط حديد قديم كان يعرف باسم سكة حديد الواحات الغربية، لكن هذا الطريق لم يتبق منه أي شيء سوى أطلال لمساكن العاملين في السكة الحديدية، والتي تعرف باسم مساكن الدريسة الشكل (٣٠ د)، وكان هذا الخط الحديدي يبدأ من الخارجة ليصل إلي قرى أبو طشت وفرشوط شمال الأقصر مخترقاً الحافة الشرقية للمنخفض عند تقاطع دائرة عرض  $25^{\circ}41'31''$  شمالاً، وخط طول  $30^{\circ}51'33''$  شرقاً.



شكل (٣٠): نقيب الرفوف ويتضح فيه (أ) موضع قضبان السكة الحديدية (ب) ورشة الأدوات الحجرية (ج) نماذج لأدوات حجرية مصنعة (د) مساكن الدريسة



وقد استخدم المهندسون ١٨١٩م وبدنيل ١٩٠٩م وكيثون تومسون في ثلاثينيات القرن الماضي نقب الرفوف في رحلاتهم الي الخارجة (كاسندرا، مترجم، ٢٠٠٧، ص ٣٧٧) .

ومن الجدير بالذكر أن هناك محاولة لتحويل مسار الطريق الحديدي القديم شكل (٣٠، أ) إلى طريق أسفلتي لربط الخارجة بأبو طشت وفرشوط شمال الأقصر.

#### - نعب أبو سروال :

يبعد عن جبل أم الغنايم بضع كيلومترات، وهو أقدم الطرق التي تربط الخارجة بوادي النيل، يبدأ الدخول لنعب أبو سروال في الشرق من قرية المنيرة، وهو الطريق نفسه المؤدي لمنطقة دير المنيرة، ثم التوجه للشمال الشرقي، ويبدأ المدخل للنعب عند تقاطع دائرة عرض ٤٩ ° ٣٦ ° ٢٥ شمالاً، وخط طول ٣١ ° ٣٩ ° ٣٠ شرقاً، ويتفرع الطريق لفرعين يصل أحدهما إلى جرجا بالقرب من أبيدوس، ويبلغ طوله ٦٠ كم، والآخر يتجه نحو فرشوط بالقرب من الأقصر، ويبلغ طوله ١٧٤ كم. ويمكن القول إن نطاق الحافة كان يمثل منطقة جذب واستيطان بشري، وذلك بسبب توافر مصادر المياه سواء أكانت العيون الطبيعية أم مناطق تجمع مياه الأمطار، هذا إلى جانب وجود العقد الصوانية المتداخلة مع صخور الحجر الجيري التي تغطي نطاق كبير من الحافة الشرقية الشكل (٣١، ج) والتي كانت تمثل المادة الخام الأساسية التي صنع منها الإنسان القديم أدوات الصيد والأدوات التي يستخدمها في حياته اليومية .



شكل (٣١) نعب أبو سروال ويتضح (ب) تقاطع النعب مع الحافة (ج) العقد

الصوانية المتداخلة مع الحجر الجيري بنعب الرفوف

- **نقب دوش** : يقع في أقصى جنوب الحافة الشرقية للمنخفض، وبعد نحو ثلثي الطريق داخل نقب دوش يتفرع إلي فرعين؛ أحدهما يتجه نحو الشمال تجاه إسنا، والتي كانت أقدم سوق تجاري في العصر الروماني، أما الآخر يتجه نحو إدفوا (كاسندرا ، مترجم ، ٢٠٠٧، ص ٣٦٦) . وتغطي الكثبان الرملية معظم الطريق حالياً، وتتوزع المساكن القديمة للعمال والمزارعين علي طول الطريق القديم .

- **نقب جاجا**: يمتد هذا الطريق القديم من القرية التي تحمل الاسم نفسه، ويمر بسطح الهضبة الجيرية حتي يصل إلى فرشوط بمسافة تقدر بنحو ٢٢٤ كم، وقد حظي هذه الطريق باهتمام كبير في الوقت الحاضر حيث يستخدم كأجزاء من سباق رالي الفراعنة.

## النتائج والتوصيات

١. التكوينات الجيولوجية للحافة الشرقية لمنخفض الخارجة تتراوح ما بين الزمن الجيولوجي الثاني حتى الرابع، وتغطي تكوينات الزمن الثاني ٥٧.١٨ %، وتغطي تكوينات الزمن الثالث ٢٦.٩٨ %، ورواسب الزمن الرابع تغطي ١٥.٨٤ % من إجمالي مساحة الحافة .
٢. تتكون الحافة من مجموعتين صخريتين؛ المجموعة السفلى تتمثل في صخور الحجر الجيري الطباشيري الذي ينتمي للعصر الكريتاسي الأعلى، وهي أقل مقاومة لعوامل التعرية إذا ما قورنت بغيرها من صخور الحجر الجيري، أما التكوينات العليا وهي الأكثر صلابة ومقاومة لعمليات التعرية، وتتمثل في تكوينات الحجر الجيري الأيوسيني الأدنى .
٣. بلغ إجمالي أعداد الصدوع بالحافة ٣٧٠ صدعًا بمجموع أطوال ١٥٨٨.٠ كم، كان أكثرها تكرارًا، الصدوع ذات الاتجاه شمالي شرقي/ جنوبي غربي، والتي تمثل ٥١.٦ % من إجمالي أعداد الصدوع.
٤. تمثل الانحدارات الهينة (٢ > ٥ °) والمتوسطة (٥ > ١٠ °) معظم أجزاء الحافة، وتغطي مساحة تقدر بنحو ٧٤.٤٧ % من مساحة الحافة .
٥. لعبت المياه الجارية دورًا رئيسًا في تشكيل منحدرات الحافة بشكل عام، وتبين ذلك من خلال التحليل المورفومتري لمعدلات تقوس المنحدرات، حيث زيادة أطوال المسافات الأرضية التي تشغلها العناصر المحدبة (٥٢.٦٨ %) والمقعرة (٤٢.٨٣ %) على حساب أطوال الأجزاء المستقيمة (٤.٤٩ %).
٦. تتميز الحافة بوضوح وحداتها الجيومورفولوجية؛ والتي تتمثل في سطح الهضبة بما يحتويه من ظاهرات مثل ( الكثبان الرملية، الياردانج، العيون القديمة، ورواسب البلايا، الأودية الجافة)، وأقدام الحافة والتي تضم المواقع الأركولوجية، التلال لمنعزلة، الأشكال المختلفة من الإرسابات الرملية .

٧. تتميز المنطقة بارتفاع المدى الحرارى بشكل عام، والذي انعكس بدوره على نشاط عمليات التفكك الميكانيكي، والتحلل للصخور .
٨. هناك كثير من العوامل والعمليات الجيومورفولوجية التي تتداخلت بشكل كبير، وساعدت في نشأة الحافة الشرقية لمنخفض الخارجة وتطورها، وتتمثل هذه العوامل في العامل الجيولوجي، العامل الهيدرولوجي، العامل المناخي، عمليات التجوية، والتقويض السفلي.
٩. تتوزع المواقع الأركولوجية بالحافة على طول امتدائها من الشمال إلى الجنوب، وتم تقسيمها لقسمين؛ مواقع أثرية، وطرق التجارة القديمة (النقوب)، تتمثل المواقع الأثرية في دير المنيرة ومعبد دوش، أما النقوب فهي نقب (اليابسة، الرفوف، أبو سروال، المدورة، دوش، وجاجا).

## المراجع العربية :

١. أحمد، سعدي خلف : (٢٠١٨) الأخطار المرتبطة بحركة المواد على المنحدرات بقضاء جمجمال في إقليم كردستان العراق : دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، المجلة العلمية بكلية الآداب ، العدد ٣٣ ، ج ١ ، جامعة طنطا .
٢. العيسوي ، محمد البهي (١٩٨٩) : جيولوجية الصحراء الغربية - موسوعة الصحراء الغربية ، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ، الجزء الأول ، القاهرة
٣. إمبابي، نبيل سيد:(١٩٧٢) أشكال السفوح ، المجلة الجغرافية العربية ، العدد الخامس ، القاهرة .
٤. \_\_\_\_\_ : ( ١٩٧٧ ) استغلال المياه الجوفية في واحات الصحراء الغربية بمصر. مع الإشارة إلى الواحات الخارجة والداخلية، مجلة البحوث والدراسات العربية، العدد ٨
٥. تراب، محمد مجدى:(٢٠٠٠) تحليل منحدرات الهوامش الشمالية والغربية لمنخفض جغبوب بليبيا، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد السادس والثلاثون، الجزء الثاني .
٦. جاد، طه محمد (١٩٩٠): دور الخريطة الجيولوجية فى البحث الجيومورفولوجى مع تحليل جيد لبعض الظواهرات الجيومورفولوجية بالأراضى المصرية ، دار جاد للطباعة ، القاهرة.
٧. حافظ ، عماد عبد الفتاح صالح (٢٠١٥): الأشكال الأرضية الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الخارجة دراسة جيومورفولوجية ، رسالة دكتوراة غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة بني سويف .
٨. حجاب، محمود أحمد (٢٠١٣): حركة المواد على منحدرات الحافة الشرقية لوادى النيل فيما بين وادى الطارف جنوباً ووادى الأحايوة شمالاً، الانسانيات، كلية الآداب، العدد ٤١ ، جامعة دمنهور .
٩. حسن، أماني حسين محمد (٢٠٠٤) : المشكلات البيئية بمنخفض الخارجة- دراسة جغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة أسيوط.

١٠. خطاب، محمد إبراهيم ومحسوب، عمرو محمد صبري (مايو ٢٠٢٠): التحليل الهيدرومورفولوجي لحوض وادي علم وأثره على السيول ، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف عدد خاص .
١١. شطا،محمود السيد:(٢٠٠٥) جيومورفولوجية الحافة الشمالية والشمالية الغربية لمنخفض القطارة، رسالة دكتوراة غير منشورة ، قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية .
١٢. صالح، أحمد سالم (١٩٨٩) : الأخطار الطبيعية على القطاع الشرقي من طريق نويبع / النفق الدولي ، دراسة جيومورفولوجية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٢١، القاهرة.
١٣. عبد الرافع، فاطمة (٢٠١٦) : جيومورفولوجية الكتبان الرملية وأخطارها بمنخفض الخارجة - باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ، رسالة دكتوراة ، غير منشورة ، قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر (بنات)
١٤. كاسندرا، فيفيان، ترجمة محمد صبري محسوب: (٢٠١٥) صحراء مصر الغربية، دليل مختصر للمستكشف، المركز القومي للترجمة، القاهرة.
١٥. محسوب،محمد صبري:(١٩٩٧) جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي ، القاهرة .
١٦. ———— ومحمد إبراهيم أرباب (٢٠٠٠) : الأخطار والكوارث الطبيعية - الحدث والمواجهة - معالجة جغرافية، دار الفكر العربي، القاهرة.
١٧. مصطفى،إسلام سلامة محمد (٢٠٠٤) : الأخطار الجيومورفولوجية في منطقة أسبوط ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة الزقازيق فرع بنها .
١٨. مصطفى، أشرف أبو الفتوح (٢٠٠٢) : الكتبان الرملية المتاخمة للسهل الفيضي للنيل فيما بين وادي الريان وديروط - الصحراء الغربية - مصر، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب جامعة ، عين شمس .

١٩. **نادي، هاني ربيع (٢٠١٩):** النمذجة الهيدرولوجية للجريان السيلي وأثره البيئي بمنطقة رأس غارب، بالتطبيق علي سيل أكتوبر ٢٠١٦ م ، حولية كلية الآداب ، جامعة بني سويف
٢٠. **هيوم و . ف (١٩٢١) :** جيولوجية مصر، ترجمة نصري متري، إبراهيم عبد القادر فرج، وفائق فلتس، دار الطباعة الحديثة، القاهرة.
٢١. **يوسف، فاطمة إبراهيم على (٢٠٢٠):** جيومورفولوجية البلايا بمنخفض الخارجة ودلالاتها الجيوركيولوجية، رسالة دكتوراة غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر .

#### المراجع الأجنبية

1. **Anthony, Y., & Dorenm, Y., (1974):** Slope Development, Macmillan Education l t o London.
2. **Beadnell, H. (1909):** The Libyan Oasis of Kharga. American eographical Society Vol .XLII. No.9.
3. **Bromhead, E.N. (2005):** The Stability of Slopes, 2<sup>nd</sup> edition, Taylor and Francis Group, New York.
4. **Brookes, I. (2003):** Geomorphic indicators of Holocene winds in Egypt's Western Desert. Geomorphology, Vol 56.
5. **Caton-Thompson, G., and Gardener, E. (1952):** Kharga Oasis in prehistory. London: Athlone press.
6. **De Blasio, F.V., (2011):** Introduction to the Physics of Landslides, Springer, London.
7. **Dorren, L., (2003):** Review of Rockfall Mechanics and Modelling Approaches, Progress in Physical Geography, 27, 1.
8. **El Hinnawi, M. E., Said, M. M., El Kelani, A. H., & Attiya, M. N. (2005):** "Stratigraphic Lexicon and Explanatory Notes to the Geological Map of the South Western Desert, Egypt". The Egyptian Geological Survey and Mining Authority (EGSMA) and the National Authority for Remote Sensing and Space Sciences (NARSS), Cairo, Egypt.
9. **Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957) :** Barzos River Bar: A Study in The Significance of Grain Size Parameters, Jour. Sed. Petrology, Vol. 27, pp. 3-36.

10. **Embabi, N. S. (2018):** Landscapes and Landforms of Egypt, Landforms and Evolution, Springer imprint is published, Gewerbestr. 11, 6330 Cham, Switzerland.
11. **Hermine, M. (1990):** The surrounding of Kharga, Dakhle and Farafra. in Said. R (ed) - geology of Egypt. Balkema, Chapter 14.
12. **Hewaidy, A., and El Qot, G. (2018):** Campanian-Lower Paleogene Gastropods from the Kharga Oasis, South Western Desert, Egypt. Arabian Journal of Geosciences, Vol 11.
13. **Ismael, H. et al.(2020):** Environmental And Climatic Hazards And Their Impacts On The Cultural Heritage Of El-Kharga Oasis, Western Desert, Egypt, EJARS - Vol. 10 (2) , Sohag University Publication Centre, p.p.135-152 .
14. **Judy, E., (2005):** Above the Weathering Front – Contrasting Approaches, Vol. 67
15. **Knapp, B.J & Ross, S.R.J - & Mcae, D.L.R., (1989)** Challenge of the Natural Environment, Long man Limited London.
16. **Kusky, T, M., (2008):** Landslides: Mass Wasting, Soil, and Mineral Hazards. Facts on File, New York.
17. **Laity, J.E., (2008):** Deserts and desert Environments, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, UK.
18. **Pye, K. & Tsoar, H. (1990):** Aeolian Sand and Sand Dunes. Unwin Hymann, London.
19. **Said, R., (1962):** Geology of Egypt, El Sevier, New Amsterdam.
20. **Smith, J., Giegengack, R., Schwarz, H., McDonald, M., Kleindienst, M., Hawkins, A., and Churcher, C., (2004):** A Reconstruction of Quaternary pluvial environmental and human occupations using stratigraphy and Geochronology of fossil-spring tufas, Kharga Oasis, Egypt, Geoarchaeology: An International Journal, Vol. 19, No. 5, p.p 407–439 , Published online in Wiley Inc., DOI:10.1002/zea.
21. **Tallet, G., Bravard, J., and Garcier, R. (2009):** The Survey Project at el-Deir, Kharga Oasis: First Results, New Hypotheses, THE OASIS PAPERS 6 Proceedings of the Sixth International Conference of the Dakhleh Oasis Project. Università Del Salento, Lecce.
22. **Young, A., (1972):** Slope, long man, London.



## Geomorphology of the eastern escarpment of Kharga Depression

### Abstract

The eastern escarpment of Kharga Depression is the most pronounced landform unit in southeastern portion of Egypt's Western Desert. Its length exceeds 185 kilometers, and its average height is 400 meters above sea level. Its area is about 3140 km<sup>2</sup>, occupying about 20% of the total area of the depression which attains 17000 km<sup>2</sup>.

The escarpment cuts through by many dry valleys that flow west to the bottom of Kharga depression. These valleys have an important geomorphological factor represented in the emergence of the Noqoub (natural gaps used by ancient trade routes). These Noqoub are the connecting passages between the Kharga Depression and the Nile Valley. These seven Noqoub are: Al-Yabis, Al-Rufaf, Abu Sarwal, Al-Matana, Al-Mudawara, Dosh and Gaga.

The escarpment is distinguished by various geomorphological subunits and hosts different features such as sand dunes, yardang, springs, Tufa, and playa-lakes.

The piedmont zone includes many archeological sites such as Deir al-Munira, the temple of Dush, in addition to important attached and detached blocks.

**Key words: Geomorphology of Kharga Depression, the eastern escarpment of Kharga Depression, Geoarcogy OF Kharga Depression**