

## Qualitative Assessment of Water Erosion by Applying the PAP-CAR Model to the Upstream Port of Tangier Med

Abderrahim Maktite\* 

LEGAC Laboratory, Department of Geography, Faculty of Letters and Human Sciences, Saïs-Fès, Sidi Mohammed ben Abdellah University, Fès, Morocco.

Received: 24/2/2023

Revised: 4/7/2023

Accepted: 22/9/2024

Published online: 1/8/2025

\* Corresponding author:  
[maktiteabderrahim@gmail.com](mailto:maktiteabderrahim@gmail.com)

Citation: Maktite, A. (2025).  
Qualitative Assessment of Water  
Erosion by Applying the PAP-CAR  
Model to the Upstream Port of  
Tangier Med. *Dirasat: Human and  
Social Sciences*, 53(1), 3503.  
<https://doi.org/10.35516/Hum.2025.3503>



© 2026 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### Abstract

**Objectives:** This study aims to assess water erosion by utilizing the PAP/CAR model to categorize the degree of erosion in the Tangier-Med port upstream area within the Mediterranean basin. The PAP/CAR model is known for its efficiency in identifying erosion factors and degrees, and its results have proven to be of significant importance.

**Methods:** The study utilizes the PAP/CAR model, developed by the Food and Agriculture Organization (FAO), to evaluate erosion in the Mediterranean basins. Various databases containing factors and variables such as slope, foothill exposure, vegetation, etc., are integrated into geographic information systems (GIS) to generate maps illustrating the likelihood of erosion occurrence. GIS is employed to design maps of variables in order to generate thematic maps swiftly and effectively. This is followed by result extraction and analysis.

**Results:** The study successfully identifies irreversible areas of strong erosion, estimated at approximately 21% of the total area. Furthermore, it defines intervention areas, accounting for around 58% of the study area, where mitigation and corrective measures can be applied.

**Conclusions:** Urgent intervention is imperative to mitigate the risk of water erosion, considered among the most challenging natural hazards jeopardizing resources and infrastructure, with far-reaching social and economic implications for the inhabitants of such areas. Protective measures must be implemented, such as setting up barriers to protect the threatened foothills and creating programs aimed at regulating the use of natural resources in the region.

**Keywords:** Water erosion, PAP/CAR model, tangier-med port, geographic information systems (GIS).

### التقييم النوعي للتعرية المائية باعتماد نموذج PAP-CAR لعلالية ميناء طنجة المتوسط

عبد الرحيم مقطيط\*

مختبر LEGAC، شعبة الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس فاس، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس، المغرب.

#### ملخص

**الأهداف:** يهدف هذا العمل إلى دراسة التعرية المائية عن طريق تقييبي عالية ميناء طنجة المتوسط حسب درجة التعرية باستعمال برنامج PAP/CAR الذي يتميز بقدرة وفعالية في تحديد عوامل ودرجة التعرية، بالإضافة إلى كون نتائجه ذات أهمية كبيرة. المنهجية: اعتمدنا في هذه الدراسة على نموذج PAP/CAR الذي أعد من طرف منظمة التغذية العالمية FAO، لتقييم التعرية بالأحواض المتوسطة؛ حيث تم إدماج مختلف قواعد بيانات خرائط العوامل والمتغيرات (الانحدار، توجيه السفوح، الغطاء النباتي...) ضمن نظم المعلومات الجغرافية، لاستخراج خرائط احتمال حدوث التعرية. تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء خرائط المتغيرات وتركيبها للحصول على خرائط موضوعية، على نحو سريع وفعال، ومن ثم استخلاص النتائج وتحليلها. النتائج: أتاحت هذه الدراسة تحديد المجالات التي كانت التعرية فيها قوية وأصبحت لا رجعية؛ حيث قدرت بحوالي 21%. كما حددت المجالات التي يمكن التدخل فيها لمعالجتها وتصحيحها التي تناهز حوالي 58% من مساحة منطقة الدراسة. الخلاصة: ضرورة التدخل العاجل للحد من خطر التعرية المائية الذي يُعَدُّ من أصعب المخاطر الطبيعية التي تهدد الموارد وكذا البنية التحتية، وتنتج بتدهور الظروف الاقتصادية والاجتماعية للسكان؛ حيث يجب التدخل بوضع حواجز لحماية السفوح المهددة وصياغة برامج لتقنين استعمال الموارد الطبيعية بالمنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** التعرية المائية، برنامج PAP/CAR، ميناء طنجة المتوسط، نظم المعلومات الجغرافية.

## المقدمة:

تعاني الأوساط الطبيعية المغربية في العقود الأخيرة، من ارتفاع حدة التدهور بسبب تزايد النمو الديموغرافي والضغط على الموارد الطبيعية، وتعد التعرية المائية أحد أهم مظاهر هذا التدهور، إذ تؤثر على نحو واضح على البيئة والمجال. وتحدث هذه التعرية نتيجة تداخل عدة عوامل طبيعية وبشرية، فالطبيعية منها نجد التساقطات غير المنتظمة زمانيا والمركزة مجاليا وقوة الانحدارات وقابلية التربة للتعرية... أما البشرية فتتمثل في الزراعات فوق المنحدرات الوعرة، وشق الطرق وغيرها، كما ترتبط التعرية أيضا بالجريان المائي المفرط الناتج عن عدم استقرار التربة، والرعي الجائر واجتثاث الغابات من طرف السكان.

## أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تشخيص الأخطار الطبيعية المهددة لمنطقة الدراسة مع تحديد العوامل الطبيعية والبشرية المتدخلة في حدوثها، بالإضافة إلى دراسة تطورها من خلال نماذج حديثة، لأجل اقتراح أشكال وطرق التدخل بهذا المجال الهش.
- إنجاز خرائط موضوعاتية لمختلف المتغيرات المسؤولة عن تطور الأخطار الطبيعية بمجال الدراسة.
- تتبع تطور الأخطار الطبيعية حسب العوامل المسؤولة عنها عبر تنضيد خرائط العوامل بخرائط مختلف الأخطار الطبيعية.
- تقييم نوعي للتعرية المائية عبر تطبيق معادلة PAP/CAR من خلال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.
- تفييئ مجال الدراسة حسب تأثير التعرية المائية عبر تركيب خرائط مختلف العوامل المسؤولة.

## إشكالية الدراسة:

تتضافر العديد من العوامل الطبيعية والبشرية في تهديد الوسط بمنطقة الدراسة، حيث يتعرض ظهير الميناء المتوسطي سنة بعد أخرى لظهور مجموعة من المخاطر الطبيعية كالتعرية المائية، التي تعمل على إضعاف خصوبة التربة وفقدانها للمواد العضوية، إذ تراجع الانتاج الفلاحي على نحو كبير خصوصا على السفوح المطللة على واد القصر الصغير ومناطق الجنوب الشرقي، كما أن تزايد وتيرة توسعة المساحات اللوجيستكية للموانئ وارتفاع عدد المقالع خلف ضغطا على الوسط وعرضه لمختلف الأخطار الطبيعية.

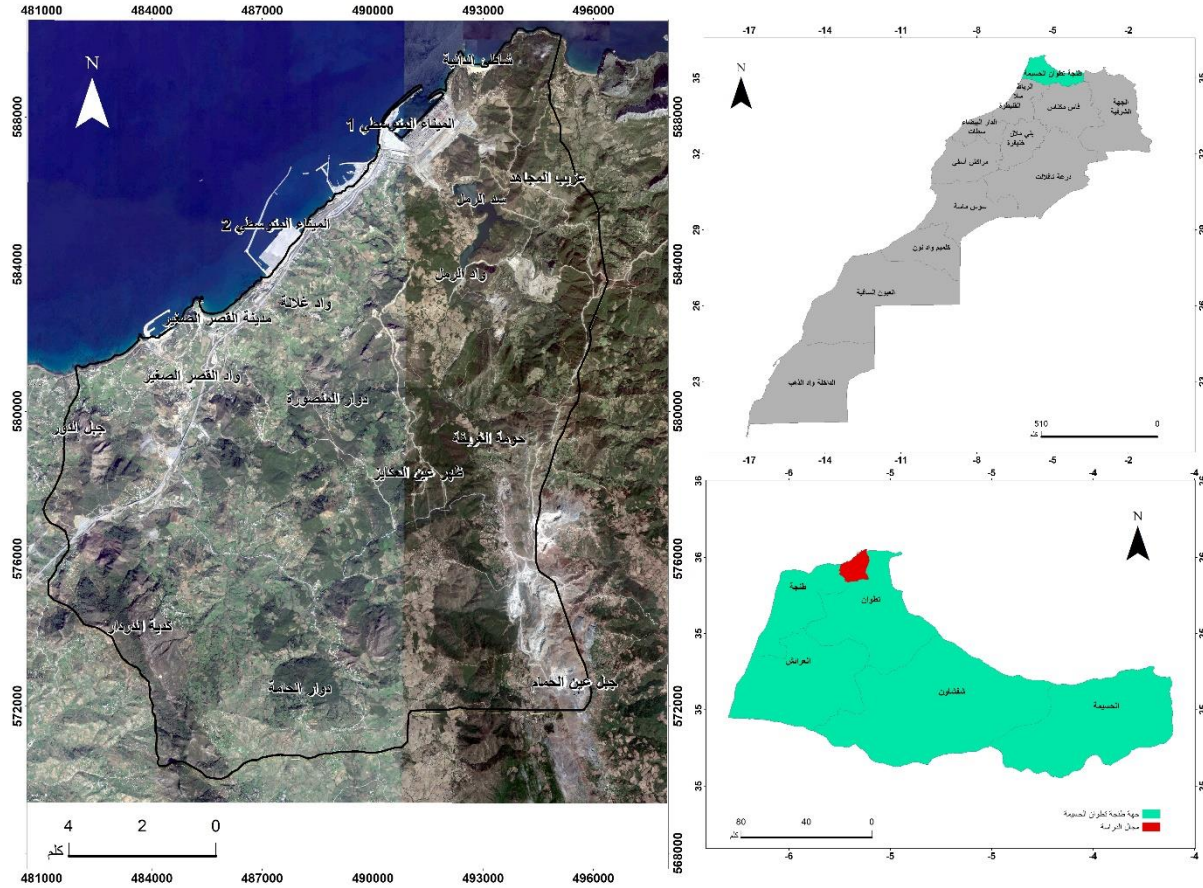
## أهمية الدراسة:

تعود أسباب ظاهرة التعرية المائية بظهير الميناء المتوسطي إلى الضغط الممارس على عالية الموانئ المتوسطية من خلال اجتثاث الأشجار الغابوية، وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية، هذا فضلا عن الطبيعة الجيومورفولوجية للمنطقة (تضاريس جبلية وهيمنة الصخور الهشة...) والطبيعة المناخية التي تعرف تساقطات مركزة مجاليا وغير منتظمة زمانيا.

ومن أجل إنجاز دراسة التعرية المائية، تم اختيار أنموذج يسمح بربط العلاقة بين مجموعة من المتغيرات التي تتحكم في حدوث التعرية واستخراج فرضيات حول احتمالية وقوعها بالنظر إلى حالة التربة والأنشطة التي يمارسها الإنسان عليها. كما أن الدراسة تستوجب إدراج عوامل طبيعية (كالأمطار، وقابلية التربة للتعرية، والتضاريس، والانحدارات، وطبيعة وكثافة الغطاء النباتي) لما لها من تأثير مباشر على الظاهرة، حيث سيتم تركيبها لتحديد المناطق المهددة بالخطر، وتفسير سلوك الجريان السطحي وكذا تأثيره على خصائص التربة ومن أجل هذا تم اعتماد أنموذج PAP/CAR للتقييم النوعي للتعرية وتحديد نطاقات الخطر.

## تقديم منطقة الدراسة:

يقع منطقة الدراسة بجهة طنجة تطوان الحسيمة، إقليم طنجة، عمالة فحص أنجرة، وهي منطقة ساحلية تمتد على مساحة حوالي 193 كلم<sup>2</sup>، تبعد عن مدينة طنجة بحوالي 40 كلم في اتجاه الشرق، تحد شمالا بالبحر المتوسط عند مضيق جبل طارق، وغربا بجماعة البحراويين التابعة لإقليم طنجة، وجنوبا بجماعة الجوامعة، ثم شرقا بولاية تطوان (شكل 1).

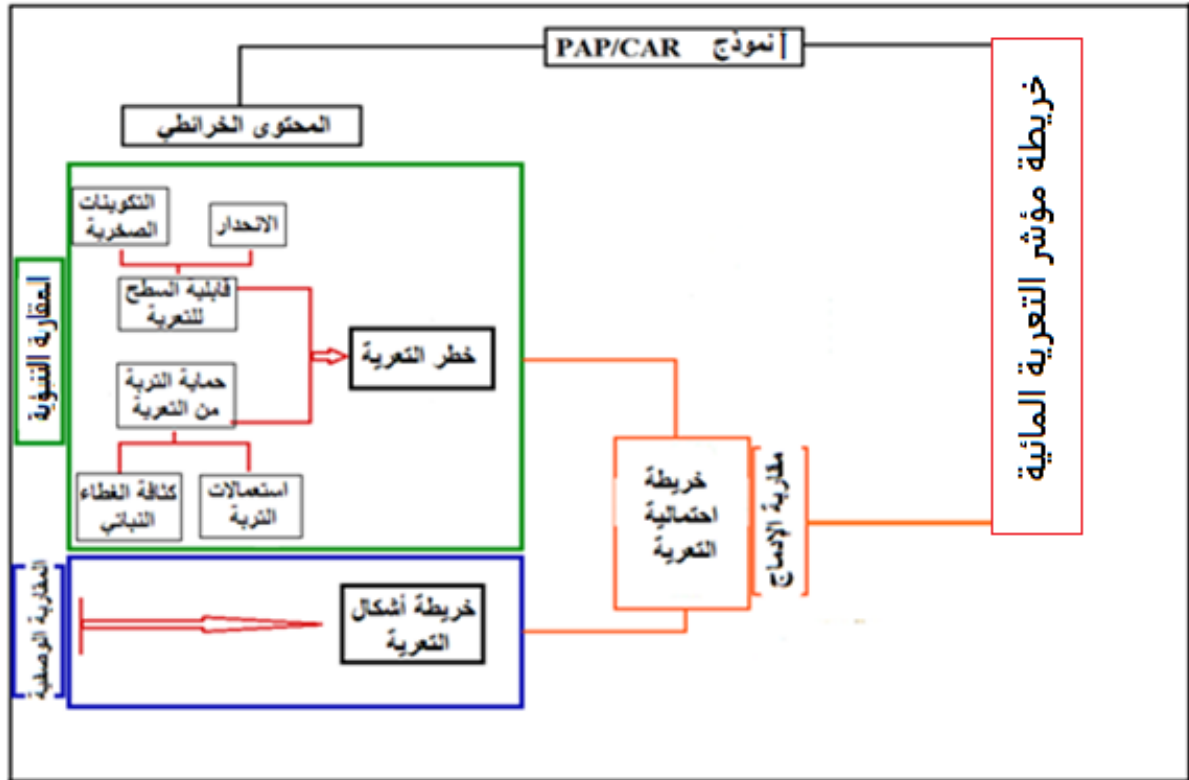


شكل 1: الوضعية الجغرافية لمنطقة الدراسة.

#### منهجية الدراسة:

يعتمد أنموذج PAP/CAR على إنجاز خرائط عوامل التعرية وتركيبها، كخريطة الانحدار مع خريطة الصخور ثم خريطة كثافة الغطاء النباتي مع خريطة استعمالات التربة، ليتم بعد ذلك مقارنة نتائج هذه الخرائط مع خريطة أشكال التعرية. كما يهدف أنموذج إلى تحديد ووزن كل العوامل المتحكممة في التعرية وتركيبها بهدف تصنيف المجالات حسب حدة التعرية بالاعتماد على ثلاث مقاربات، الأولى تنبؤية والثانية وصفية والثالثة إدماجية: المقاربة التنبؤية: يتم خلال هذه المقاربة تحديد وتقييم المتغيرات كالانحدار والصخور والغطاء النباتي للحصول على خريطة التعرية المحتملة وفق المراحل التالية:

- المرحلة 1: تهيئ خريطة الانحدار والصخور ثم تركيبهما للحصول على خريطة قابلية السطح للتعرية.
- المرحلة 2: تهيئ خريطة كثافة الغطاء النباتي واستعمالات التربة ثم تركيبهما للحصول على خريطة حماية التربة.
- المرحلة 3: تركيب خريطة قابلية السطح للتعرية مع خريطة حماية التربة للحصول على خريطة التعرية المحتملة.
- المقاربة الوصفية، تهدف إلى استخراج وبناء خرائط جميع أشكال وآليات التعرية المائية الموجودة في منطقة الدراسة بالاعتماد على المرئيات الفضائية وصور Google Earth والخرائط الجيومورفولوجية للريف (MAURER, G., 1968).
- مقارنة الإدماج: تنجز في هذه المرحلة الخريطة التركيبية التي تجمع بين خريطة المقاربة الأولى والمقاربة الثانية، وتسمى بخريطة مؤشر التعرية المائية وهي خريطة نوعية يتم من خلالها تحديد مواقع الخطر وترتيبته حيث تعطي فكرة كذلك عن المناطق الواجب التدخل فيها للحد من التعرية.



شكل 2: مخطط ل النموذج PAP /CAR.

## 1. نتائج واستنتاجات:

## 1. المقارنة التنبؤية:

تنبني المقاربة على إنجاز وتحليل وتقييم جميع المتغيرات الأساسية كالانحدار والصخور والغطاء النباتي بهدف إنجاز خريطة التعرية وذلك عبر ثلاثة مراحل: مرحلة إنجاز خريطة قابلية السطح للتعرية، ومرحلة إنجاز خريطة حماية التربة من التعرية ثم مرحلة تركيب الخريطين السالفتين.

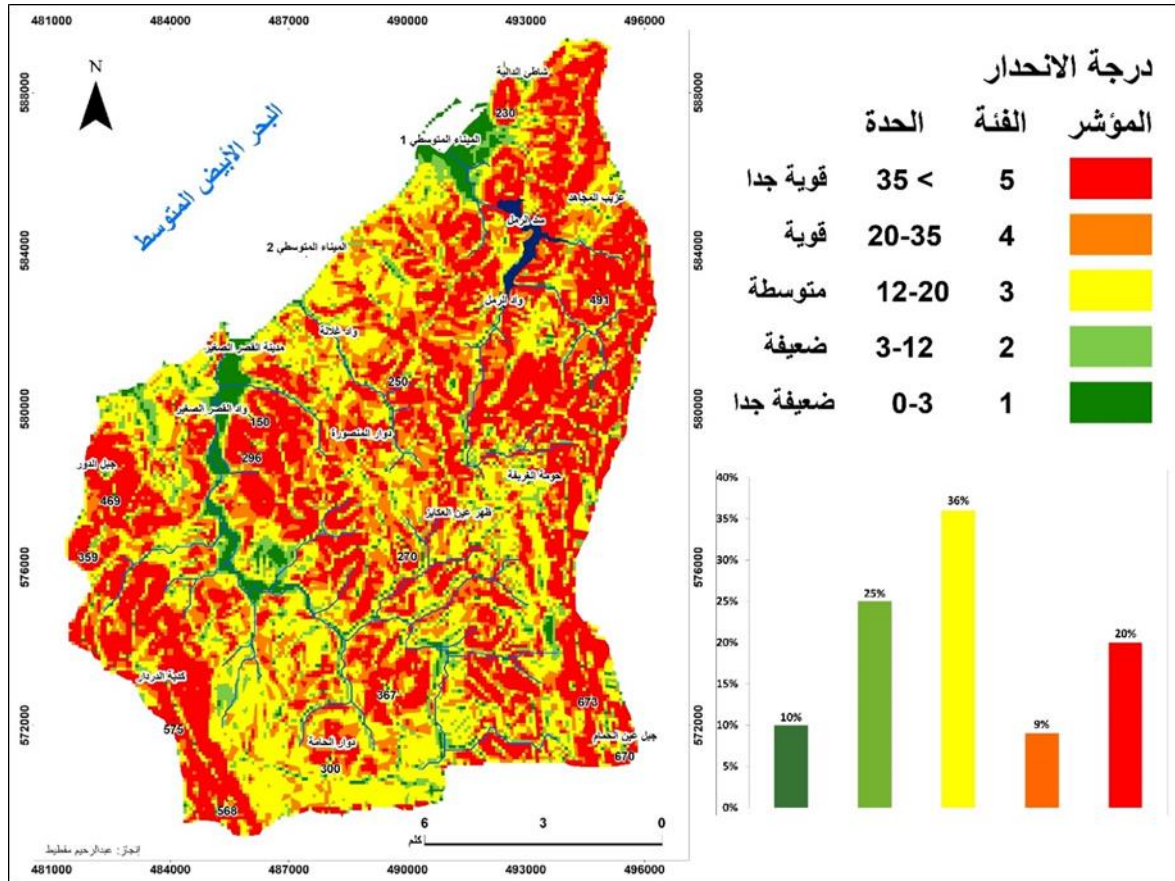
## 1.1. خريطة قابلية السطح للتعرية

تجمع خريطة قابلية السطح للتعرية بين قاعدة بيانات خريطة الانحدار وقاعدة بيانات خريطة الصخور.

## 1.1.1. خريطة الانحدار:

أنجزت خريطة الانحدار (شكل 3) على شكل ملف شبكي (RASTER) انطلاقاً من النموذج الرقمي للأرض DTM الذي تم تحديده من الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس (1/25000).

يوضح توزيع المساحات حسب فئات الانحدار انتشار كبير للفئة 3 (انحدار من 12 إلى 20%) متبوعة بالفئة 2 (انحدار 3 إلى 12%)، فيما تتناقص مساحات الانتشار لدى الفئة 1 والفئات ذات انحدارات قوية (شكل 3).



شكل 3: خريطة فئات الانحدار حسب أنموذج PAP/CAR

المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

يظهر من خلال الخريطة أن جل الانحدارات المتوسطة بمنطقة الدراسة، تمتد من القصر الصغير إلى جنوب المنطقة (جبل الفهامين)، وكذا في السهل الساحلي في الشمال، حيث تنتشر فوق مجموعة من الصخور المكونة من الحث الطباشيري والصلصال والطين، أما الانحدارات الشديدة فتمتد على نحو محدود داخل منطقة الدراسة وتتركز أساسا في جزئه الغربي والشرقي (شكل 3).

#### 2.1.1. خريطة الصخور:

أنجزت خريطة الصخور (شكل 4) بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبته، حيث تم استخلاص المعطيات الجيولوجية والصخرية منها، وتم تجميع فئات الصخور حسب درجة مقاومتها للتعرية وفق الجدول 1 ثم حدد وزن كل فئة من الصخور حسب درجة مقاومتها للتعرية المائية. يبين المبيان (شكل 4) أن الفئة 2(b) التي توافق الصخور المتماسكة تمثل أكبر نسبة بحوالي 36% من منطقة الدراسة متبوعة بالفئة 3(c) بحوالي 26% ثم الفئات 1(a) و 4(d) ثم 5(e) التي لا تتعدى مجموع معدلاتها 20% من المساحة العاملة لمنطقة الدراسة.

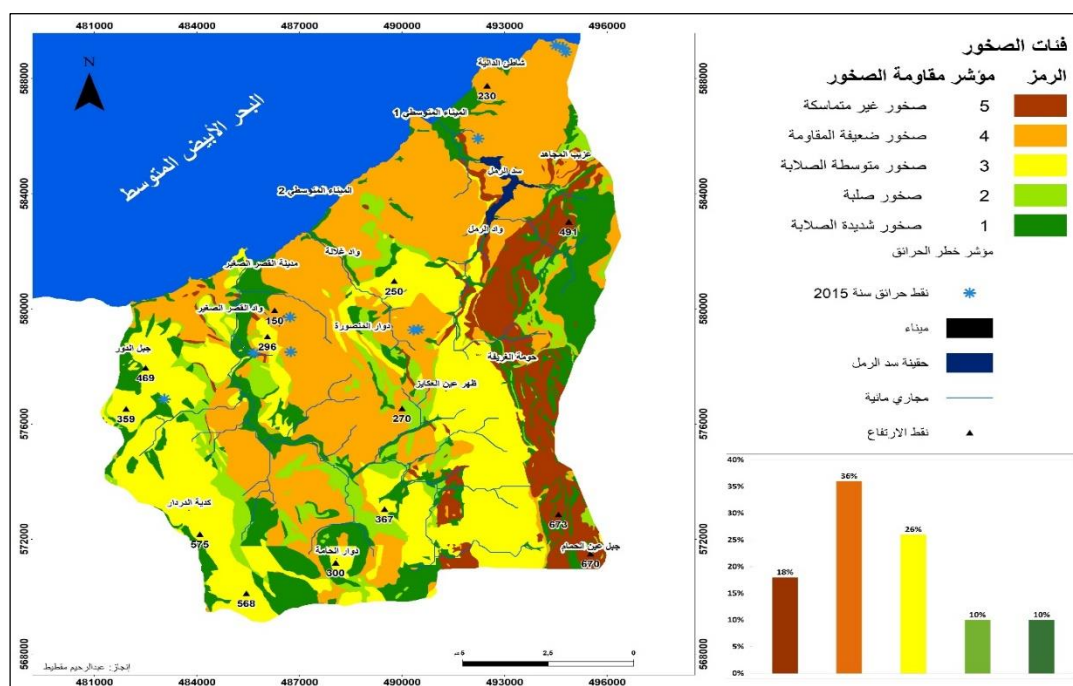
الجدول 1: فئات الصخور حسب هشاشتها

فئات الصخور	نوعية الصخور
5(e)	رواسب وأتربة متحركة وغير متماسكة
4(d)	صخور أو أتربة ضعيفة المقاومة (جبس الطين... الخ)
3(c)	صخور أو أتربة رسوبية ضعيفة أو معتدلة الضغط (شيسيت، الصلصال... الخ)
2(b)	صخور أو أتربة متماسكة متكسرة
1(a)	صخور غير متغيرة، تكتلات مدعمة، التتواءات من الحث، الكلس، أتربة صلبة....

المصدر: النموذج منهجية PAP/CAR



تبرز خريطة الصخور (شكل 4) أن الفئة الأكثر تواجدا هي فئة الصخور الصلبة والمتوسطة في الحث والكلس حيث تنتشر في وسط منطقة الدراسة وتمتد في اتجاه الشمال الشرقي وهي تضم انحدارات تفوق 12%، أما بالنسبة لفئة الصخور المتوسطة الصلابة التي توافق الشيسست والصلصال فهي تتواجد في الجهة الغربية والجنوبية الشرقية حيث تتميز تضاريسها بوجود جبال (مرتفعة ومنخفضة)، بينما تنتشر الصخور ضعيفة المقاومة كالجبس والطين في وسط وشرق منطقة الدراسة.



شكل 4: خريطة التكوينات الصخرية حسب PAP/CAR.

المصدر: الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبته (1/50000).

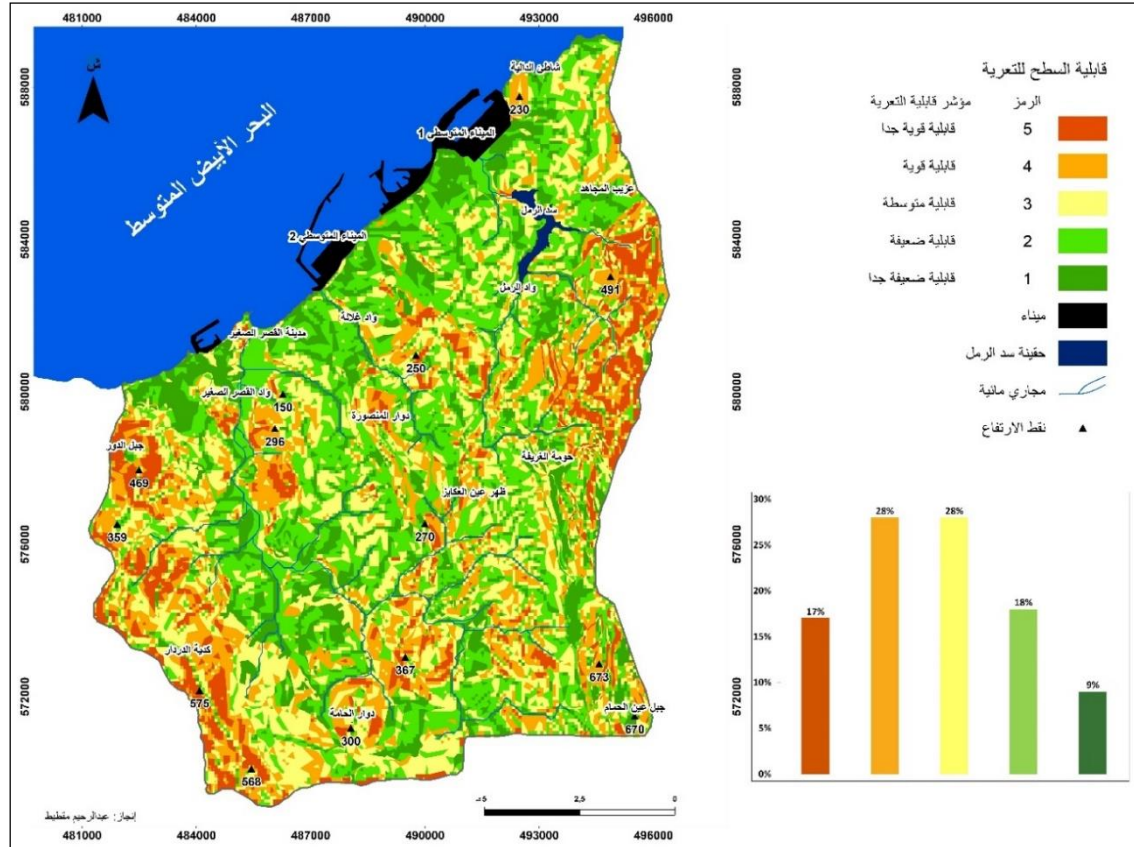
### 3.1.1. خريطة قابلية السطح للتعرية

تم إنجاز خريطة قابلية السطح للتعرية عن طريق تركيب خريطة الانحدار وخريطة الصخور، وقد تم بناء الفئات حسب خوارزمية الجدول أسفله، وذلك بهدف تحديد المجالات حسب درجة قابليتها للتعرية. مكنتنا قاعدة بيانات قابلية السطح للتعرية المائية من معرفة مجموعة من المعطيات تخص مساحة كل فئة وكذلك تحديد النسبة المئوية لكل واحدة منها.

الجدول 2: خوارزمية إنشاء خريطة قابلية السطح للتعرية

فئات الصخور					فئات الانحدار
5(e)	4(d)	3(c)	2(b)	1(a)	
2(EB)	1(EN)	1(EN)	1(EN)	1(EN)	1
3(EM)	3(EM)	2(EB)	1(EN)	1(EN)	2
4(EA)	4(EA)	3(EM)	2(EB)	2(EB)	3
5(Ex)	5(Ex)	4(EA)	3(EM)	3(EM)	4
5(Ex)	5(Ex)	5(Ex)	4(EA)	4(EA)	5

المصدر: منهجية PAP/CAR



شكل 5: خريطة قابلية السطح للتعرية حسب PAP/CAR.

المصدر: تنضيد خريطة الصخور وخريطة الانحدار.

من خلال تحليل معطيات المبيان (شكل 5) يتضح أن الفئتين الأكثر تمثيلية هما: فئة القابلية المتوسطة للتعرية المائية وفئة القابلية القوية بنسبة متساوية تقدر بحوالي 28% من مساحة منطقة الدراسة، وتشير خريطة قابلية السطح للتعرية المائية (شكل 5) إلى أنه عندما يجتمع انحدار شديد مع صخور ضعيفة أو متوسطة الصلابة تكون القابلية للتعرية قوية، وهذا يمكن ملاحظته في الجهة الغربية والجهة الشرقية لمنطقة الدراسة، فعلى الرغم من وجود صخور متوسطة الصلابة، نجد انحدارات قوية تجعل من هذه الأراضي أكثر تهديدا بالتعرية، أما المجالات الواقعة على الساحل ووسط منطقة الدراسة فمؤشر التعرية ضعيف فيها لوجود منحدرات ضعيفة.

## 2.1. خريطة حماية التربة من التعرية:

أنجزت خريطة حماية التربة من التعرية عن طريق تركيب خريطة استعمالات التربة وخريطة كثافة الغطاء النباتي حيث تهدف الأولى إلى تقسيم منطقة الدراسة إلى فئات حسب نوع الغطاء النباتي (غابات، ماطورال...) أو زراعات (زراعات بعلية، زراعات مروية...). أما الثانية فهي تأخذ بعين الاعتبار كثافة الغطاء النباتي.

### 1.2.1. خريطة استعمالات التربة:

تم انجاز خريطة استعمالات التربة بالاعتماد على خريطة نوعية الغطاء النباتي لطنجة، حيث تمت خرائطية جميع مجالات الغطاء النباتي الواقعة في منطقة الدراسة حسب نوعيتها (الجدول 3).

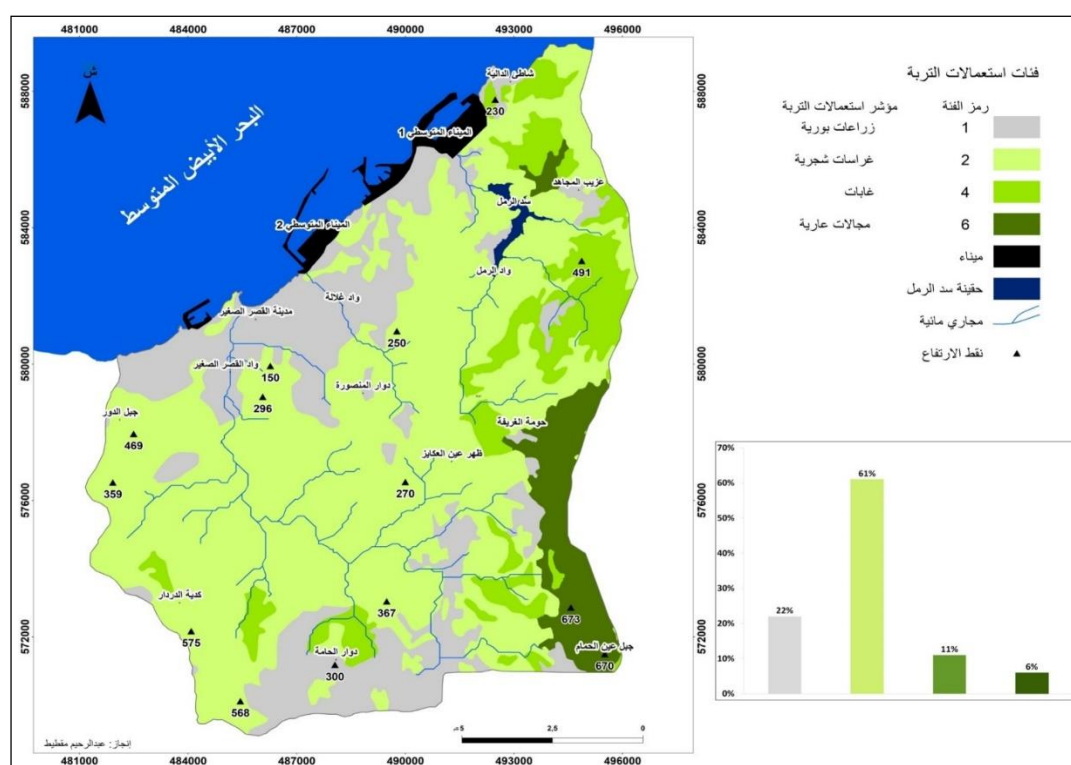
الجدول 3: فئات نوعية الغطاء النباتي

الفئة	استعمالات التربة
1	زراعات بعلية
2	غراسات تشجيرية (زيتون، فواكه،...)
3	مجالات مروية

الفئة	استعمالات التربة
4	غابات
5	أشجار كثيفة
6	مجاللات ضعيفة التشجير-مجاللات الرعى

المصدر: منهجية PAP/CAR

تبرز قاعدة بيانات خريطة استعمالات التربة (شكل 6) أن الفئة الثانية تمثل مساحة 118.4 كلم<sup>2</sup> بنسبة 61% من منطقة الدراسة، وتضم غراسات شجيرية (أشجار الزيتون والحوامض....) متبوعة بالفئة الأولى ذات الزراعات البورية بمساحة 44.2 كلم<sup>2</sup> ونسبة 22%، فيما تظهر الفئات 4 و6 ضعيفة بالمقارنة مع باقي الفئات الأخرى حيث لا تمثل سوى 11% و6% (على التوالي) من مساحة منطقة الدراسة. وفي الأخير نجد الفئتين 3 و5 اللتين تمثلان المجاللات المروية والمجاللات ذات الغطاء النباتي الكثيف (فئتان غير موجودتان بمنطقة الدراسة) (شكل 6).



شكل 6: خريطة استعمالات التربة بمنطقة الدراسة

المصدر: IFN.

## 2.2.1. خريطة كثافة الغطاء النباتي:

تم إنجاز خريطة كثافة الغطاء النباتي انطلاقاً من صور المرئيات الفضائية (Google Earth لسنة 2014)، حيث تم تصنيف المجاللات حسب الكثافة إلى أربع فئات وفق النموذج أسفله (شكل 7). تهدف خريطة الغطاء النباتي إلى تصحيح خريطة استعمالات التربة من جهة، ومن جهة أخرى، إدراج متغير كثافة الغطاء النباتي لماله من دور في الحفاظ على التربة من التعرية.

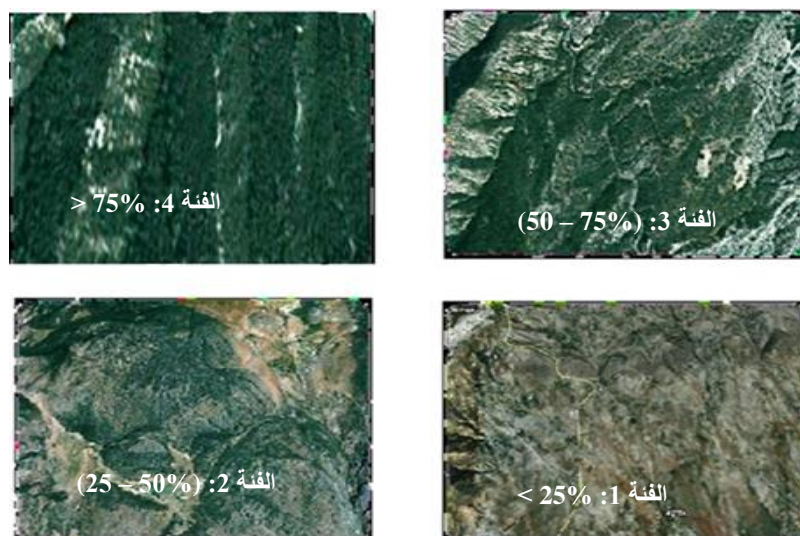
الجدول 4: فئات كثافة الغطاء النباتي.

الفئات	نسبة كثافة الغطاء النباتي
4	أكثر من 75%
3	ما بين 50% و 75%



الفئات	نسبة كثافة الغطاء النباتي
2	ما بين 25% و 50%
1	أقل من 25%

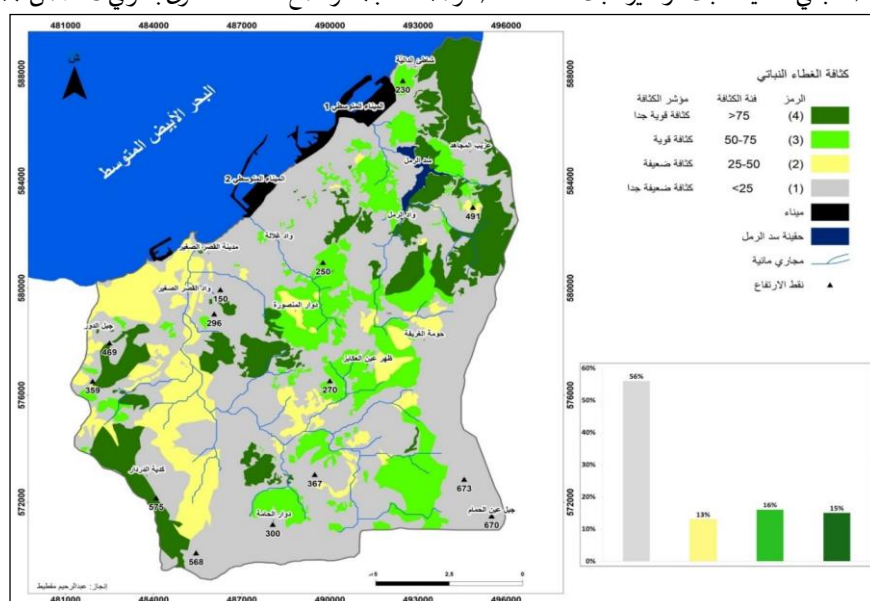
المصدر: منهجية PAP/CAR



شكل 7: تمثيل مختلف كثافات الغطاء النباتي.

المصدر: مقتطع من صور Google Earth (2014)

مكتننا معطيات خريطة كثافة الغطاء النباتي (شكل 8) من معرفة مساحة مجالات كل فئة من فئاتها حيث بينت النتائج أن الفئة 1 التي توافق المجالات العارية أو ضعيفة الغطاء النباتي هي الأكثر ترددا بنسبة تقدر بحوالي 56% من مساحة منطقة الدراسة، متبوعة بالفئة 3 ذات الغطاء النباتي المتوسط والكثيف، ثم تلها الفئة 4 التي تمثل الغطاء النباتي الكثيف جدا، وأخيرا نجد الفئة 2 الأصغر مساحة بالمقارنة مع الفئات الأخرى بحوالي 13% من المساحة العامة.



شكل 8: خريطة كثافة الغطاء النباتي حسب PAP/CAR

المصدر: صور google earth لسنة 2014

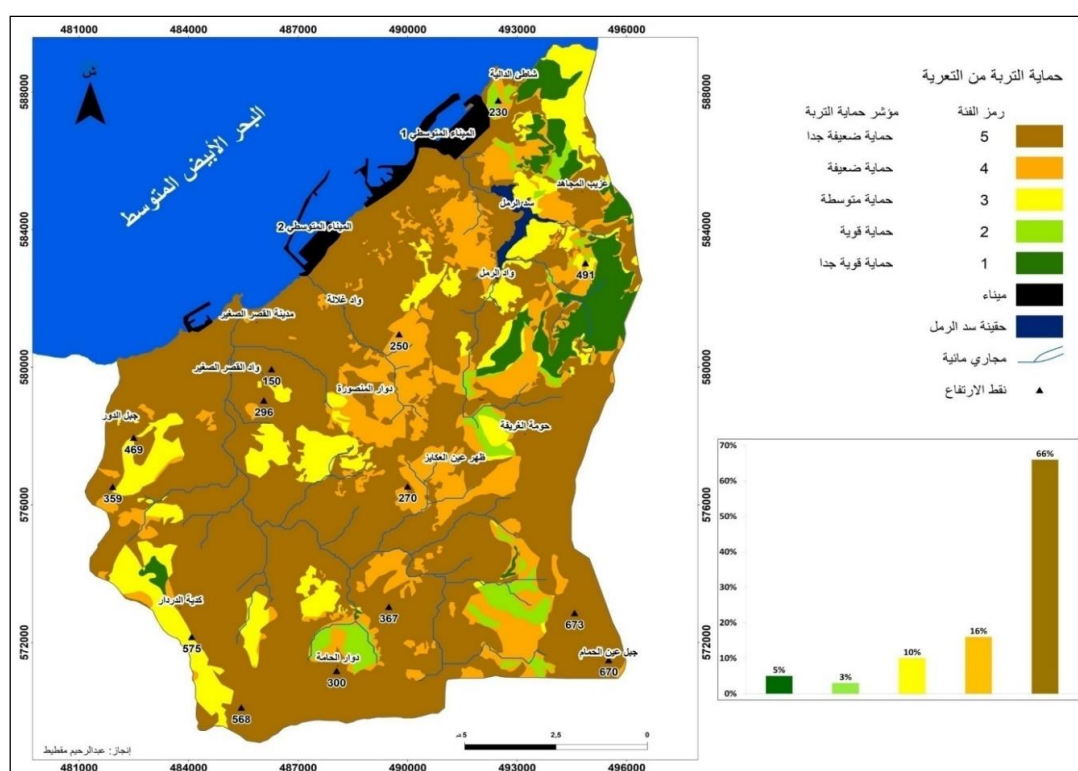
### 3.2.1. خريطة حماية التربة من التعرية:

يبين تحليل معطيات قاعدة بيانات الخريطة (شكل 9) أن منطقة الدراسة غير محمي على نحو كاف من حيث الغطاء النباتي، فالفئة الأكثر ترددا هي الفئة الأقل حماية بحوالى 66% من مساحة منطقة الدراسة، وهذا ما يرفع من مؤشر خطر التعرية المائية.

### درجة حماية التربة

درجة حماية التربة	كثافة الغطاء النباتي				
	4	3	2		1
1. قوية جدا	4(B)	4(B)	5(MB)	5(MB)	1
2. قوية	3(M)	4(B)	5(MB)	5(MB)	2
3. متوسطة	1(MA)	1(MA)	2(A)	3(M)	3
4. ضعيفة	1(MA)	2(A)	3(M)	4(B)	4
5. ضعيفة جدا	2(A)	3(M)	4(B)	5(MB)	5
	2(A)	3(M)	4(B)	5(MB)	6

المصدر: منهجية PAP/CAR



المصدر: تنضيد خريطة كثافة الغطاء النباتي وخريطة استعمالات التربة.

من خلال توزيع فئات حماية التربة من التعرية (شكل 9)، يتضح أن الفئة الأكثر ترددا هي الفئة 5 ذات الحماية الضعيفة جدا للتربة وهي توافق انتشار الزراعات البورية والغراسات، أما المناطق ذات الحماية القوية فهي تتواجد بالشمال الشرقي موازاة مع انتشار التشكيلات الغابوية.

### 3.1. خريطة خطر التعرية

بعد إنجاز كل من خريطة قابلية السطح للتعرية المائية وخريطة حماية التربة من التعرية، تأتي مرحلة تركيب هاتين الخريطين للحصول على خريطة التعرية المحتملة وذلك وفق الخوارزمية التالية:

الجدول 6: خوارزمية قابلية السطح للتعرية وحماية التربة من التعرية.

مؤشر خطر التعرية المائية	قابلية السطح للتعرية					الدرجة الكلية من التعرية
	5(EX)	4(EA)	3(EM)	2(EB)	1(EN)	
5. خطر قوي جدا						1(MA)
4. خطر قوي	2	2	1	1	1	2(A)
3. خطر متوسط	4	3	2	1	1	3(M)
2. خطر ضعيف	4	4	3	2	1	4(B)
1. خطر ضعيف جدا	5	5	3	3	2	5(MB)

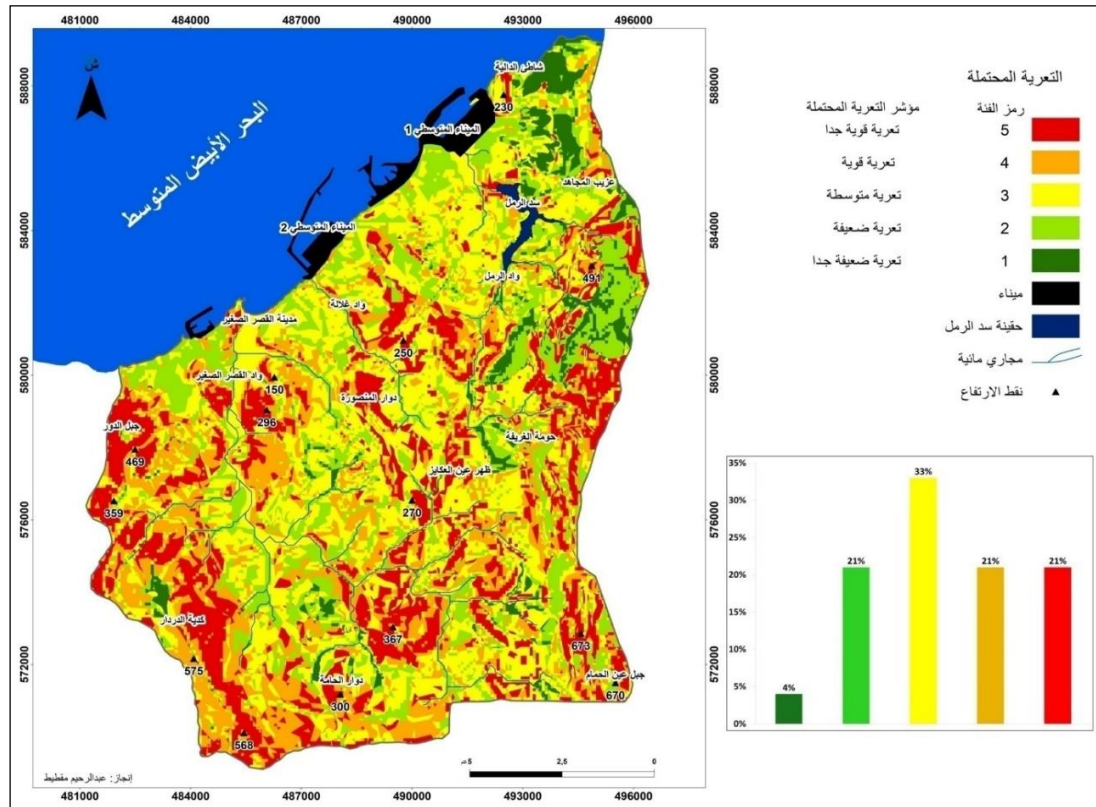
المصدر: منهجية PAP/CAR

تتوزع نطاقات الخطر على الخريطة (شكل 10)، على الشكل التالي:

- نطاقات التعرية القوية والقوية جدا: تمثل الأوساط التي تعاني من خطر التدهور حيث تعرف سفوحها تدهورا متسارعا، وتمثل 42% من مساحة الدراسة حيث تضم هذه المجموعة أراضي متضررة تتجاوز درجة انحدارها 20% في الغالب وتتميز ببروزات صخرية تغلب عليها الهشاشة، وبأراضي عارية من الغطاء النباتي، فالتعرية التي تشهدها هذه النطاقات تصل الدرجة القصوى وتتمثل في انتشار الأخاديد القوية والأساحل (Bad-Lands) في الجنوب والشمال الشرقي وعلى السفوح المطلّة على واد القصر الصغير وذلك يعود إلى غياب الغطاء النباتي ووجود سفوح شديدة الانحدار.

- نطاقات التعرية المتوسطة: تمثل هذه النطاقات الأوساط المتوسطة الاستقرار التي تصل نسبتها حوالي 33% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة، وهي الأكبر تواجدا بظهير الميناء المتوسطي، تضم مختلف درجات الانحدارات وتشهد بذلك بداية الاختلال، مما جعلها تتميز بنشاط كبير للتعرية الغشائية والسيلان المنتشر وهذا يظهر من خلال مجموعة من الشعاب والأخاديد المنتشرة خاصة فوق السفوح المطلّة على المجاري المائية، كما تعرف هذه الأوساط تراجعا لخصوبة التربة نظرا إلى تسارع عملية الإفقار البطيء للتربة.

- نطاقات التعرية الضعيفة والضعيفة جدا: تتمثل في الأوساط المستقرة نسبيا، وهي تشكل حوالي 25% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة، وتوافق النطاقات التي لم تشهد تعرية نشيطة نظرا إلى خصوصيتها التضاريسية والصخرية وطبيعة غطاءها النباتي، وأنماط استعمال التربة بها.



شكل 10: خريطة مؤشر التعرية المحتملة.

المصدر: تنضيد خريطة قابلية السطح للتعرية وخريطة حماية التربة من التعرية.

تتم هذه الأوساط نطاق جبل الحافة (491م) شرق منطقة الدراسة بحكم وجود غطاء نباتي كثيف وركيزة صخرية صلبة متمثلة في الدولومي والكلس دولوميتي، أما في الشمال الشرقي فتنتشر نطاقات التعرية الضعيفة جدا نظراً إلى قاعدتها الصخرية المكونة من الحث بعناصر الميكا. يرتبط إذن انتشار هذا النوع من التعرية بعدة عوامل حيث نجد الانحدار والطبيعة الصخرية وعامل حماية التربة المرتبط بكثافة الغطاء النباتي وأشكال استعمالات التربة إذ تصادف هذه المجالات حضوراً مهماً لحماية التربة وصخور مقاومة للتعرية كما هو الحال بالنسبة للسفوح المطلّة على البحر بالشمال الغربي (القصر الصغير) أو المجالات الضعيفة الانحدار كـ بعض الأجزاء من السهول الساحلية.

يتضح من خلال النتائج المحصل عليها أن النطاقات ذات الغطاء النباتي الكثيف تعرف أراضيها استقراراً رغم وجود انحدارات قوية، كما هو الحال بالنسبة للشمال الشرقي الذي يضم غابات الدالية وعزيب المجاهد، ونطاقات أخرى تتوفر على حماية كبيرة من التعرية رغم غياب الغطاء النباتي بها حيث يرجع السبب إلى وجود الانحدارات الضعيفة (نطاقات السهول الساحلية والفيضية) التي تعمل على خفض سرعة جريان المياه وإضعاف عملية الحث بها.

أما المجاري المائية فهي تعرف تعرية متوسطة على السفوح المطلّة عليها، ويبدو أن ذلك ناتج عن الطبيعة الصخرية لهذه النطاقات التي تضم صخوراً رسوبية.

## 2. المقاربة الوصفية:

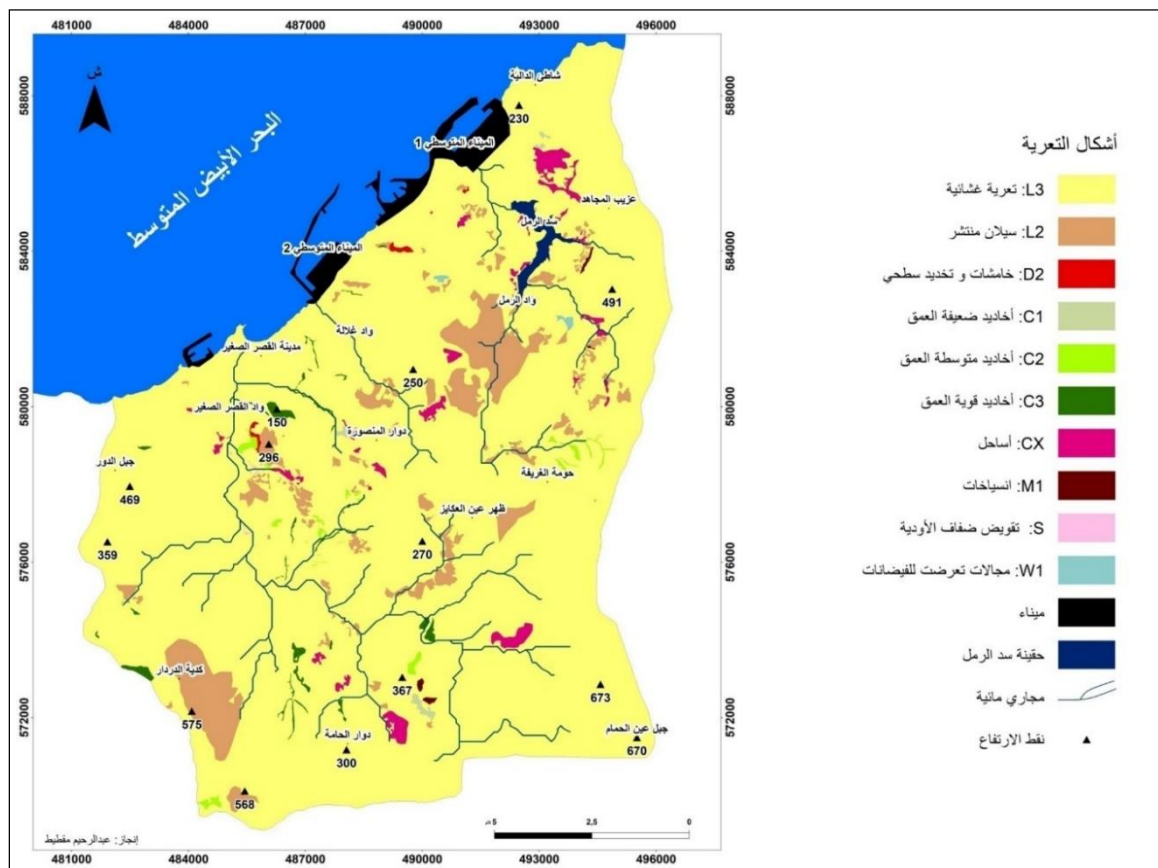
تتطلب المقاربة الوصفية بحثاً ميدانياً من أجل التحقق من أشكال التعرية التي تمت خرائطها بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية، حيث أعطي لكل شكل رمزا وفق توجيهات أنموذج PAP/CAR، والهدف من هذا هو جرد كل أنواع التعرية في المنطقة المدروسة لاستغلالها في المقاربة الموالية.

الجدول 7: فئات أنواع التعرية بمنطقة الدراسة

نوع التعرية	رمزها	نسبتها من منطقة الدراسة
تعرية غشائية Stripping	L3	88.32
سيلان منتشر Sheet erosion	L2	6.34
خامشات وتخديد سطحي Superficial gullies	D2	0.34
أخاديد ضعيفة العمق Low Gully	C1	1.30
أخاديد متوسطة العمق Medium Gully	C2	0.09
أخاديد قوية العمق Strong Gully	C3	0.54
أساحل Area a Bad-Lands	CX	2.79
انسيخات Solifluction	M1	0.16
تقويض ضفاف الأودية Undermining of The Banks	S	0.03
مجالات تعرضت لفيضانات Periodically Flooded and/ or Alluvialized Areas	W1	0.09

المصدر: منهجية PAP/CAR

أسفرت نتائج تفسير المراثيات الفضائية والعمل الميداني عن وجود عشرة أنواع من أساليب وأشكال التعرية، وهي تتوزع على جل النطاقات، إذ تشغل المرتفعات ذات الغطاء النباتي الضعيف وكذا السفوح المطلة على الأودية، وتغيب في المناطق المحمية بالغابات أو المناطق ذات الانحدارات الضعيفة (الجدول 7).



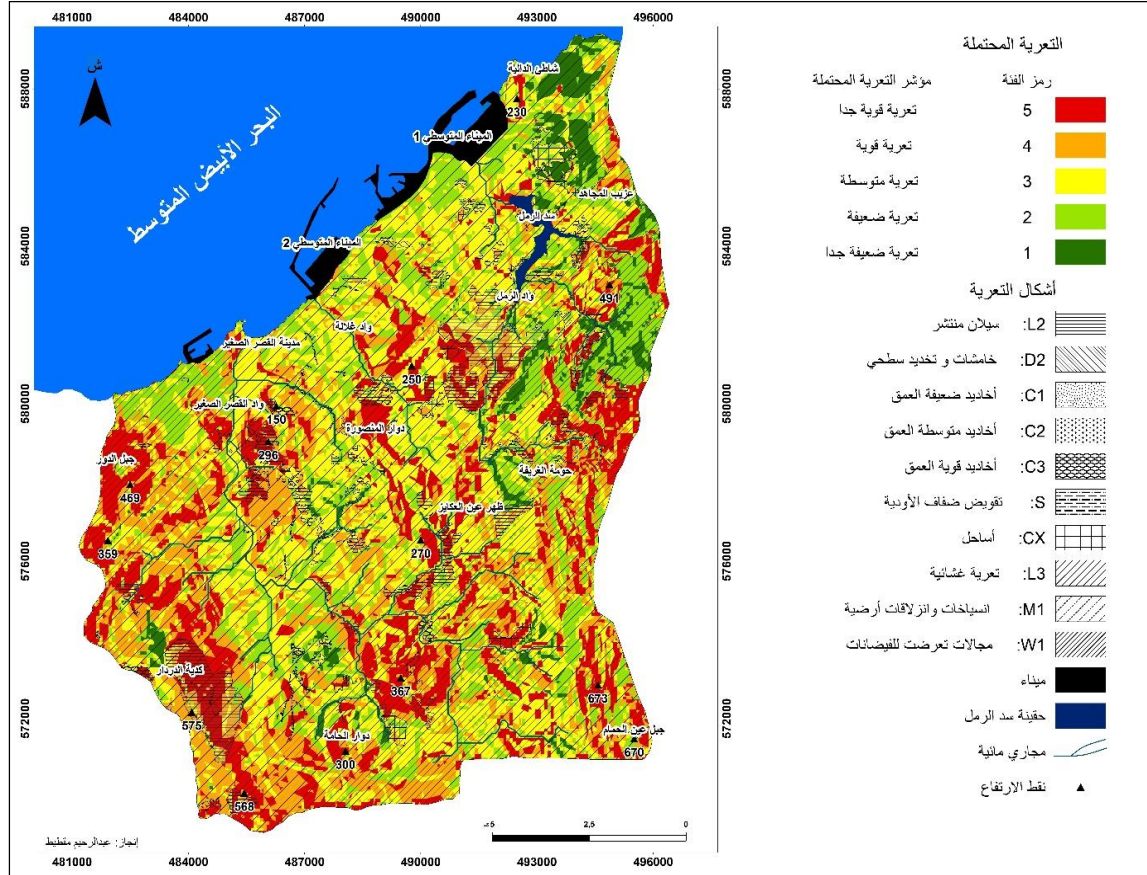
شكل 11: خريطة أشكال التعرية بمنطقة الدراسة.

المصدر: صور google earth لسنة (2014) وعمل ميداني.



## 3. مقارنة الإدماج:

اعتمدت هذه المقاربة على إدماج نتائج المرحلتين السابقتين، حيث تم ربط العلاقة بين نتائج المقاربة الأولى التنبؤية مع المقاربة الثانية الوصفية، للحصول على معطيات تعكس حقيقة الميدان اتجاه التعرية المائية، وكذا التنبؤ برؤية مستقبلية لما ستؤول إليه المنطقة اتجاه هذا الخطر.



شكل 12: خريطة توافق أشكال التعرية مع مؤشرات خطر التعرية.

المصدر: تركيب خريطة التعرية المحتملة وخريطة أشكال التعرية.

أبرزت دراسة قاعدة بيانات الخريطة أن المناطق التي تنتشر بها التعرية القوية جدا والمتوسطة توافق نطاقات التعرية الحادة جدا وتحديدا جبل عين لحمام في الجنوب الشرقي، وتوافق أيضا نطاقات التعرية الغشائية في عالية واد الرمل والجنوب الغربي في كدية دردار، ويفسر هذا بضعف كثافة الغطاء النباتي بهذه النطاقات. أما في عالية واد الرمل، نلاحظ أيضا تواجد عدد كبير من أشكال وآليات التعرية، والسبب في ذلك هو الضعف الجيولوجي للصخور المتمثل في صخور الطين والصلصال بالإضافة إلى انعدام الغطاء النباتي.

## 4. خلاصة:

إن تقييم خرائط التعرية المائية وفق نموذج PAP/CAR بالاعتماد على المتغيرات الطبيعية (الانحدار، الغطاء النباتي، الصخور) مكننا من تحليل وفهم إشكالية المنطقة اتجاه هذا الخطر.

حيث منحتنا خريطة المقاربة التنبؤية معلومات حول تدهور التربة بالنظر إلى درجة إسهام كل متغير متحكم في التعرية المائية، وكشفت عن خمس فئات للتعرية، إذ تمثلت نسبة 21% النطاقات ذات خطر التعرية الضعيف ونسبة 33% مثلت خطر التعرية المتوسطة أما خطر التعرية الضعيفة جدا فتمثلت فقط نسبة 4%، فيما بلغت الأراضي ذات التعرية القوية والقوية جدا نسبة 21% و20% (على التوالي).

هذا وقد أبانت خريطة المقاربة الوصفية عن وجود عشرة أشكال من التعرية المائية في منطقة الدراسة، نذكر منها التعرية الغشائية التي لا ترى

بالعين المجردة لأنها تحدث على مدة طويلة وهي ذات خطورة كبيرة، تعمل على نقل المواد المعدنية الضرورية للزراعة، (حوالي 95% من منطقة الدراسة). وكشفت خريطة المقاربة الوصفية عن تعرية الأخاديد التي تظهر في فصل الخريف خصوصا على الأتربة المحروثة، وهي تمثل أكثر من 0.2 كلم<sup>2</sup>، وهذا النوع قد يظهر أيضا على الأراضي العارية غير المستعملة بأشكال متنوعة وعلى الأراضي الفلاحية حيث يمكنها أن تتطور لتصبح أخاديد عميقة (1.75 كلم<sup>2</sup>). من هذه الأشكال أيضا نجد التعرية من النوع القوية جدا وهي أراضي ذات تعرية حادة، حيث تعرضت لعمليات تعرية متتالية أدت إلى فقدانها لكل العناصر المعدنية الضرورية للفلاحة.

إن حال منطقة الدراسة يستدعي التدخل العاجل للحد من خطر التعرية المائية الذي يُعدّ من أصعب المخاطر الطبيعية التي تهدد الموارد وكذا البنية التحتية، وتنبئ بتدهور الظروف الاقتصادية والاجتماعية للسكان، حيث يجب التدخل بوضع حواجز لحماية السفوح المهددة وصياغة برامج لتقنين استعمال الموارد الطبيعية بالمنطقة.

## References

- ASTM.(2008). Schéma d'aménagement de la zone spéciale de développement – Agence Spéciale Tanger Méditerranée – Mai 2008
- BRL. (2004) .Audit environnement de la liaison ferroviaire Tanger - Port Méditerranée et du projet.
- DURAND DELGA, M., HOTTINGER, L., MARCAIS, J., MATTAUR, M., MILLIARD, Y., & SAUTER, G. (1960-1962). Données nouvelles sur la structure de Rif .Livres mémoires .Prof .P .FALLOT ,Mémoire hydrologie .France 399-422
- INGEMA. (2002). Etude d'impact du projet du port d'Oued Rmel sur l'environnement .Rapport inédit.
- MAKTITE, A. (2013). Cartographie des zones vulnérables à l'érosion hydrique à l'aide de la méthode PAP/CAR et SIG en amont du barrage Allal El Fassi ,Moyen Atlas .Mémoire de master Géophysique appliquée et ingénierie géologique ,Faculté des sciences ,Meknès.
- MICHARD, A. (1976). Elément de géologie Marocaine du Maroc /Rabat n :252/420 p
- PAP/CAR. (1998). Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes .PAP-8/PP/GL.1 .Split ,Programme d'actions prioritaires pour le Centre d'activités régionales du (PAM/PNUE ,(en collaboration avec la FAO ,pp xii+72
- SETEC. (2004). Liaison autoroutière entre l'autoroute du Nord et le Port de Oued Rmel. Inédit Rapport.