حساسية التربة للتعرية المائيّة والتحرّكات الكتليّة في حوض نهر العصفور (محافظة لبنان الشمالي)

علي حمزة* – نادين الرفاعي**

الملخص

يسيطر على حوض نهر العصفور المناخ المتوسطي الممطر شتاء، وينفرد عن الأحواض الساحليّة بالامتداد الكبير للصخور المارنيّة فيه، فضلًا عن انحداراتها الشديدة، ما أدّى إلى تدهور بيئي واضح. أوصل سوء الاستغلال والإدارة البشريّة الخاطئة في الحوض إلى زيادة حدّة التعرية المائيّة، ما أثّر بشكل سلبي على إنتاجيّة الأراضي الزراعيّة، وعلى سلامة المواطنين بسبب التحرّكات الكتليّة التي قد تهدّد حياتهم. وعليه، فقد تمّ بناء قاعدة بيانات مستندة إلى تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافيّة لإنشاء عدّة خرائط موضوعاتيّة تتضمّن العوامل الطبيعيّة والبشريّة المؤثّرة في عمليّة التعرية، ثمّ مطابقة الخرائط بهدف إنشاء خريطة تحليليّة تحدّد حساسيّة الأراضي للتعرية المائيّة وتوزّعها الجغرافي، وصولًا إلى طرح حلول أساسيّة وموضعيّة ممكن اتباعها في المنطقة. لذلك، تمّ إعداد ست خرائط أدّت مطابقتها لإخراج خريطة تحليليّة تبيّن قابليّة التربة للتعرية المائيّة في منطقة الدراسة. وقد تبين أنّ ٨٩,٥٤% من مساحة الأراضي الإجماليّة

*الجامعة اللبنانية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية.
**ماستر في الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية.

للحوض تتراوح درجة حساسيّتها ما بين متوسّطة إلى شديدة جدًّا، وقد تمّ تصديق هذه النتيجة من خلال العمل الميداني.

الكلمات المفاتيح: التعرية المائيّة، التحرّكات الكتليّة، انحدارات، غطاء نباتي طبيعي، أنشطة بشريّة.

مقدّمة

يعرّف مورغان (Morgan, 2005, p. 340) التعرية بأنّها خطر تقليدي تتعرّض له بشكل خاصّ الأراضي الزراعيّة في المناطق الاستوائيّة، بالإضافة إلى المناطق الجافّة وشبه الجافّة...، وأنّ لدراستها أهميّة كبيرة لما لها من أثر كبير على إنتاجيّة التربة على المدى الطويل، بالإضافة إلى الأضرار البيئيّة التي تتسبّب بها خلال عمليّة التعرية وارتفاع لخطر الفيضانات في الأحواض النهريّة.

وتسود التعرية المائيّة بشكل خاصّ في المناطق ذات الانحدارات المتوسّطة والشديدة، كما في المناطق ذات الانحدارات الضعيفة التي تمارس فيها الزراعة، خصوصًا البعليّة منها. وقد ساهم النموّ السكاني، في تدهور التربة بسبب توسّع الأنشطة البشريّة بطريقة غير منضبطة، خصوصًا من حيث إزالة الغطاء النباتي الطبيعي، وزيادة أعداد المقالع والكسارات التي أدّت إلى تسريع عمليّة التعرية (FAO, 2015, p. 78). عانت العديد من المناطق اللبنانية في نهاية عام ٢٠١٨ وبداية عام ٢٠١٩، من خطر الانزلاقات والانهيارات التي فصلت بعض المناطق عن بعضها البعض، وذلك بسبب شدة الأمطار ولعلّ أكثر المناطق تضررًا لوحظت في محافظة الشمال، خصوصًا في حوض نهر العصفور، تحديدًا في كفرحزير وشكا .

* من خلال المعاينة الميدانية المباشرة.

وقد تضافرت العوامل الطبيعيّة من مناخ، شدّة الانحدار، الصخور الطريّة وغير المنفّذة، ونوع التربة السائدة، مع العامل البشري خصوصًا من ناحية سوء وعشوائيّة استغلال الأراضي**، إن عن طريق توسّع العمران أو عدم اتباع خطّة زراعيّة تحدّ من عمليّة التعرية في منطقة تتميّز بوجود تكوينات مارنيّة فيها، بالإضافة إلى إزالة الغطاء النباتي الطبيعي وانتشار الكسّارات والمرامل التي ساهمت بشدّة في إضعاف هيكليّة تماسك التربة. ما شكّل حاجة ملحّة إلى توعية المجتمع المحلي وإلى إمداد المسؤولين بدراسات توصّف الواقع، تحدّد سبب المشكلة، وتقترح حلولًا لمعالجتها.

من هنا، كان لا بدّ من القيام بهذه الدراسة لأجل تحليل آليّات مشكلة التعرية المائيّة وعوامل انتشارها المكاني واختلاف درجاتها وتحديد أسبابها، كذلك تحديد التوزع المكاني لحساسيّة الأراضي للتعرية المائيّة في حوض نهر العصفور، لإيجاد حلول ووضع مقترحات علميّة لمحاولة الحدّ من هذه الظاهرة.

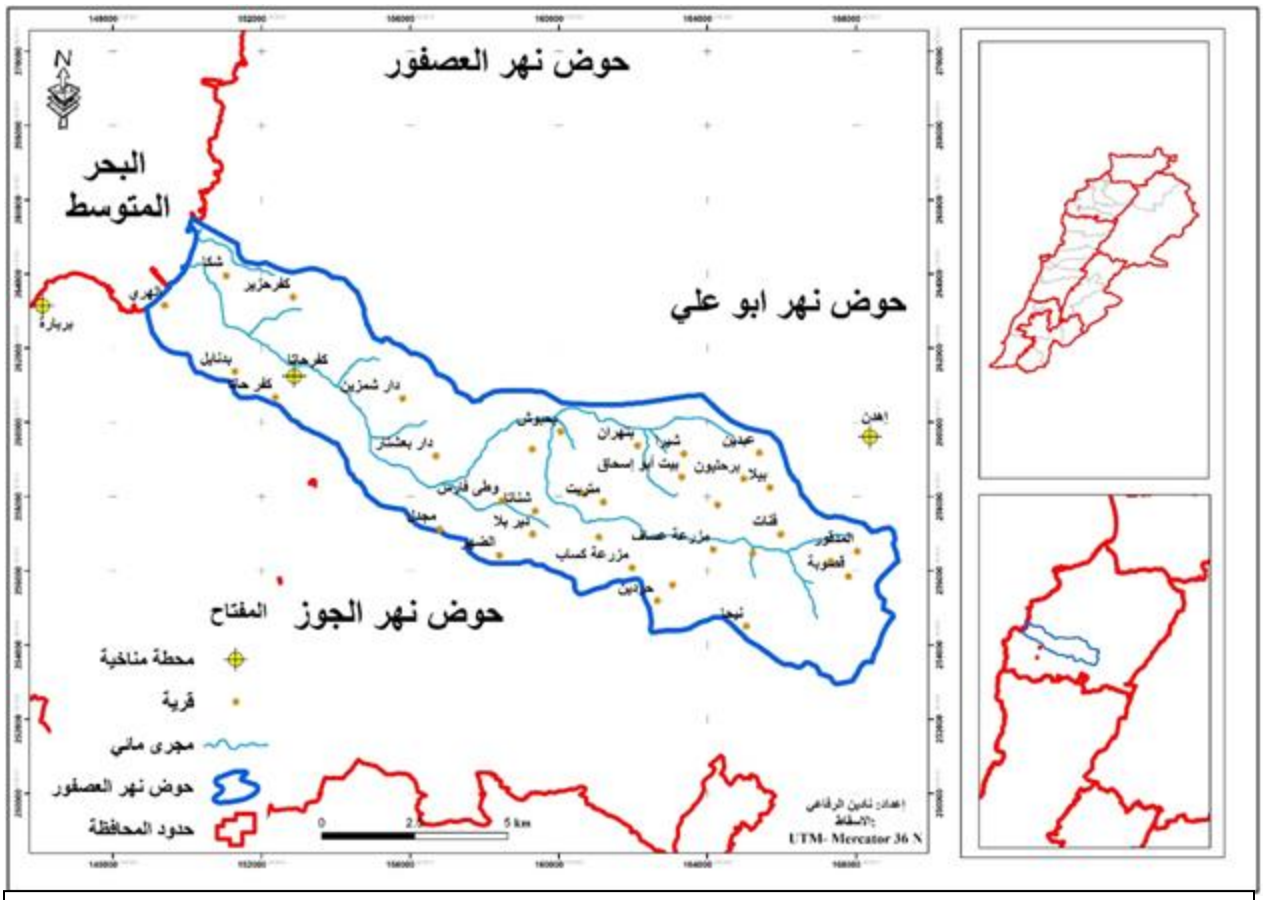
يتميّز الحوض الشرقي للمتوسّط بمناخه المتذبذب، وتعرُّض تربته المستمرّ لعمليّات التعرية المائيّة خصوصًا في المناطق الجبليّة التي تتلقّى الكميّات الأكبر من المتساقطات، أي على السفوح الغربيّة للسلسلة الغربيّة كما حال منطقتنا، وقد ازدادت حدّة هذه التقلبّات بسبب التغّيرات المناخيّة، ممّا يؤثّر على استقرار المنحدرات ويعزّز آليّات الانهيارات الأرضيّة. ويتبيّن لنا أنّ المناطق الأشدّ عرضة للتعرية هي أراضٍ زراعيّة أو قرىً كبرى، ما يؤثّر سلبًا على الإنتاج الزراعي، ومن خلال المعاينة الأوّليّة للموقع بإمكاننا أن نلاحظ أنّ المناطق الأكثر حساسية للتعرية تقع على الساحل بسبب شدّة الانحدارات وقلّة الغطاء النباتي مع انتشار المنشآت الصناعيّة والتوسّع العمراني على حساب الغطاء النباتي الطبيعي. إذًا، ولمعالجة هذه المشكلة كان لا بدّ من طرح الأسئلة التالية، ثم تبيان الصحيحة منها والخاطئة:

** نشرة بيئية معدّة من قبل لجنة كفرحزير البيئية.

- ما هي العوامل الطبيعيّة والبشريّة المؤثّرة في عمليّة التعرية المائيّة، وكيف تتفاعل هذه العوامل فيما بينها لتساهم في زيادة خطورة التعرية؟
- كيف تتوزّع المناطق الأكثر حساسية للتعرية المائيّة؟ وما هي الإجراءات المقترحة لحماية هذه المناطق منها؟

1. منطقة الدراسة:

يقع حوض نهر العصفور في محافظة لبنان الشمالي ما بين دائرة عرض (’34°10) شمالًا و(’34°13) شمالًا وخطّ طول (’35°40) شرقًا و(’35°50) شرقًا، وهو يشغل مساحة ٨٩,٧ كم٢. يحدّه من الشمال والشرق حوض نهر أبو علي، من الجنوب حوض نهر الجوز، والبحر المتوسّط من الغرب (الخريطة رقم ١). يبعد الحوض عن العاصمة بيروت حوالي ٥٠ كم، و٢٢ كم عن طرابلس. تقع ضمن حدوده ٣٥ بلدة تتوزّع بين قضاء الكورة، قضاء بشري وقضاء البترون.



خريطة رقم ١: منطقة الدراسة

2. المنهجية وأدوات العمل

أ- منهجيّة البحث

اتبعت في هذه الدراسة المناهج التالية:

1- المنهج الوصفي: عن طريق وصف واقع المنطقة الطبيعي، والقيام بجولات ميدانيّة لملاحظة الأماكن التي تعرّضت لعمليّة التعرية المائيّة.

2- المنهج التحليلي: عبر استخدام نظم المعلومات الجغرافيّة لتحديد حساسية المنطقة للتعرية المائيّة، واستخدام مثلّثي قابليّة التربة للتعرية المائيّة ومثلّث الانسداد السطحي بفعل اللطم، ثمّ تحليل البيانات

التي تظهرها الخرائط واستخدام النتائج في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتعرية بالإضافة إلى الأسباب والعوامل الرئيسيّة التي تؤثّر في عمليّة التعرية المائيّة.

ب- أدوات العمل

أمّا بالنسبة إلى أدوات العمل التي تمّ استخدامها في هذه الدراسة فهي التالية:

1- الخرائط:

- تمّت الإستفادة من الخريطة الطوبوغرافيّة التي تشمل أربع خرائط طوبوغرافيّة، مقياس[*] 1/20000 لكلّ من بشرّي والكورة والبترون وطرابلس. وقد استخدمت لإعداد خريطة الانحدارات.
- بالإضافة إلى الخريطة الجيولوجيّة لكلّ من طرابلس، البترون، وقرطبا، مقياس[**] 1/50000. وقد استخدمت لإعداد الخرائط التالية: الخريطة الجيولوجيّة للمنطقة؛ خريطة نفاذية الصخور؛ خريطة قساوة الصخور.
- كذلك خريطة التربة في لبنان مقياس 1/50000، وذلك لتحديد أنواع التربات وتوزّعها الجغرافي (Darwish, 2006, p. 9-245)، وقد تمّ من خلالها تنفيذ الخرائط التالية: خريطة نسبة المواد العضويّة؛ خريطة قابليّة التربة للتعرية المائيّة؛ خريطة الانسداد السطحي بفعل اللطم.

2- الصور الفضائيّة من القمر الصناعي Sentinel 2 بتاريخ ٢٠١٩/٢/١٥ بدقّة مكانيّة تبلغ ١٠ أمتار، بالإضافة إلى الصور المأخوذة من Google Earth، لأجل دراسة كثافة الغطاء النباتي الطبيعي.

[*] التي نفّذتها مديرية الشؤون الجغرافية في الجيش اللبناني.

[**] والتي قام بتنفيذها Dubertret.

3- نموذج الارتفاعات الأرضيّة MNT بتقنية رادار SRTM الصادر عن USGS، لتحديد شدّة الانحدار.

٤- البيانات المناخيّة: تعتبر البيانات المتعلّقة بالمتساقطات أساسيّة للعمل؛ ولأنّ بيانات أطلس لبنان المناخي قديمة وتعود إلى عام ١٩٧٧ كما أنّها لا تتمتّع بالاستمراريّة سوى لثمان سنوات، فسوف يتمّ استخدام بيانات المتساقطات اليوميّة والسنويّة لمحطّات كفرحاتا، بشرّي وبربارة الموزّعة من قبل LARI (مصلحة الأبحاث العلميّة الزراعيّة).

٥- الاستقصاء الحقلي: يتعلّق هذا الاستقصاء بالمعلومات التي تمّ جمعها من أجل إعداد الخرائط وتحليلها. كما يتعلّق بالمقابلات التي أجريت مع بعض المزارعين حول المحاصيل.

٦- الجداول الإحصائيّة والرسوم البيانيّة والأطالس: تضمّنت الجداول والرسوم معلومات رقميّة محصّلة عن طريق الاستقصاء الحقلي، بالإضافة إلى البيانات الرقميّة التي استحصلنا عليها من محطّات الأرصاد الجويّة . كما استعنا بأطلس لبنان المناخي الصادر عن وزارة الأشغال العامّة والنقل.

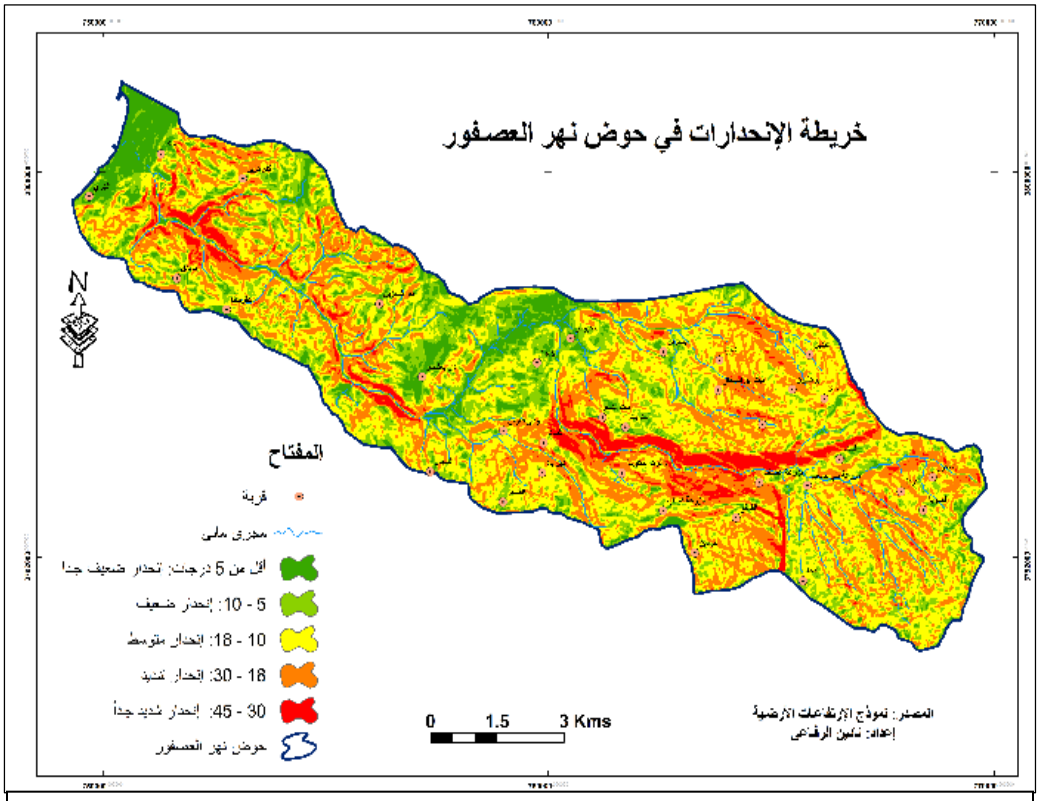
٧- استخدام نظم المعلومات الجغرافيّة: استخدم برنامج ARC MAP لإنشاء قاعدة بيانات لمنطقة الدراسة، وإجراء عمليّات التحليل المكاني.

3. العوامل المؤثّرة في عمليّة التعرية المائيّة

3. 1. الخصائص الطوبوغرافيّة

تتألّف منطقة الدراسة من شريط ساحلي تتراوح الارتفاعات فيه ما بين صفر إلى ٢٠٠ متر، وهو يشغل ٤٦,٥٨% من مساحة الحوض. ويتغيّر متوسط الانحدار فيه من ٦ إلى ١٣ درجة، ومع الاتجاه شرقًا

نبدأ بملاحظة مجموعة من الهضاب التي تتراوح ارتفاعاتها ما بين ٢٠٠ إلى ٦٠٠ متر مع زيادة في متوسط الانحدار ليصبح ما بين ١٣ إلى ١٧ درجة. تأخذ هذه الهضاب بالارتفاع تدريجيًّا بالتزامن مع ارتفاع السلسلة الغربيّة لتصل إلى ١٢٠٠ متر بمتوسط انحدار ١٧,٣ درجات. ابتداءً من هذا الارتفاع، تأخذ المصطبة الجبلية بالاستقرار حتّى بلوغها الارتفاع الأقصى في الحوض ١٨٦٣ متر وهذا يبرهن انخفاض حدّة الانحدار من ١٧,٩ إلى ١٤ درجة. بالنسبة إلى الانحدارات، والتي تم تقسيمها إلى خمس فئات ، فقد لوحظت هيمنة الانحدارات المتوسطة على منطقة الدراسة ٣٢,٥% في حين شكّل مجموع الانحدارات الضعيفة والضعيفة جدًا ٤٨,٧% من مساحة الحوض، أمّا مجموع الانحدارات الشديدة والشديدة جدًّا فقد بلغ ١٨,٨% من مساحة حوض نهر العصفور (خريطة رقم ٢).*



خريطة رقم ٢: الانحدارات في حوض نهر العصفور

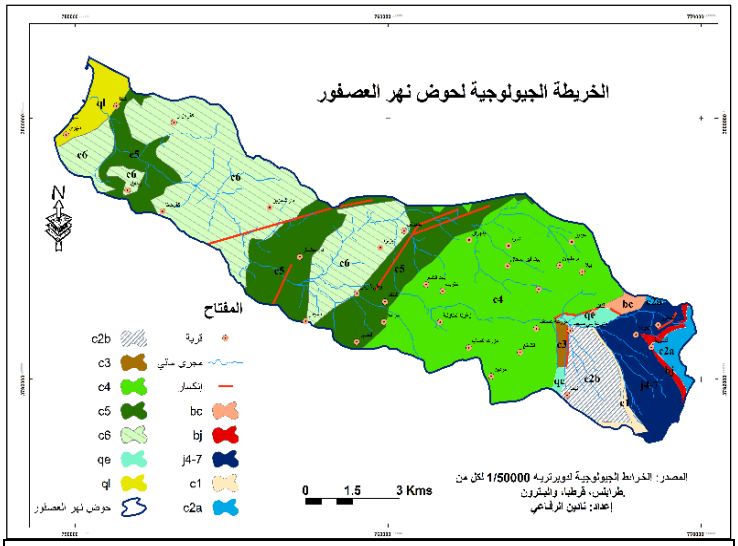
*بحسب تصنيف (سلامة ١٩٨٥) و(التوم ٢٠١٤)، والذي يصلح لتمثيل المناطق ذات الانحدارات الكبيرة.

٣. ٢. الخصائص الجيولوجيّة

يعود أعلى الحوض للزمن الجوراسي J4 الذي يتألّف بمعظمه من الدولوميت، ثمّ ومع الاتجاه غربًا تبدأ طبقات العصر الكريتاسي بالظهور حيث نلاحظ وجود الC1 (grès de base) ثم الC2 (C2a, C2b)، C3 (Albien)، C4 (cenomanien)، الـC5 (Turronien)، وصولًا إلى الـC6 (Senonien) على الساحل، حيث تبدأ أيضًا بعض ترسّبات العصر الجيولوجي الرابع بالظهور (Dubertret, 1955).

تهيمن على منطقة الدراسة تكوينات الكريتاسي التي تمتد من الـNeocomien وصولًا إلى الـSenonien بمساحة تبلغ ٧٩,٣ كم^{٢} أي ما يعادل ٨٨,٣% من المساحة الإجمالية للحوض، ويسيطر على هذه التكوينات كل من الـcenomanien ٣٠,٧% والـSenonien ٢٩% على أنّ صخور السينومانيان تمّ تصنيفها على أنّها صلبة وذات نفاذيّة مرتفعة، أي أنّها ذات حساسية منخفضة للتعرية في حين تم تصنيف صخور السينونيان على أنّها طرية وكتيمة، أي ذات حساسية مرتفعة للتعرية المائيّة (خريطة رقم ٣).

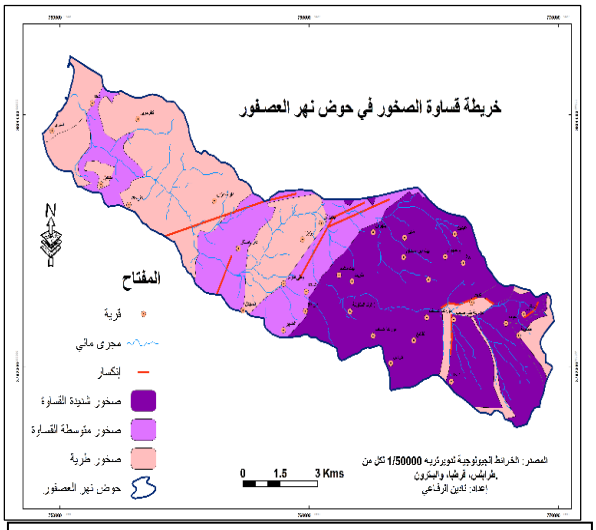
تحتلّ الصخور الطرية مساحة كبيرة فهي تبلغ ٣٥,٨% من المساحة الإجماليّة للحوض وتتمركز بشكل عام في المنطقة الساحليّة والجبال المنخفضة كما تشكّل مع الصخور متوسّطة القساوة ٥٦,١% من مساحة الحوض ما يشير إلى أنّ أكثر من نصف مساحة الحوض يتواجد بها صخور طريّة إلى متوسطة القساوة، وبالتالي يعظم احتمال تعرّضها لعمليّات التعرية المائيّة.



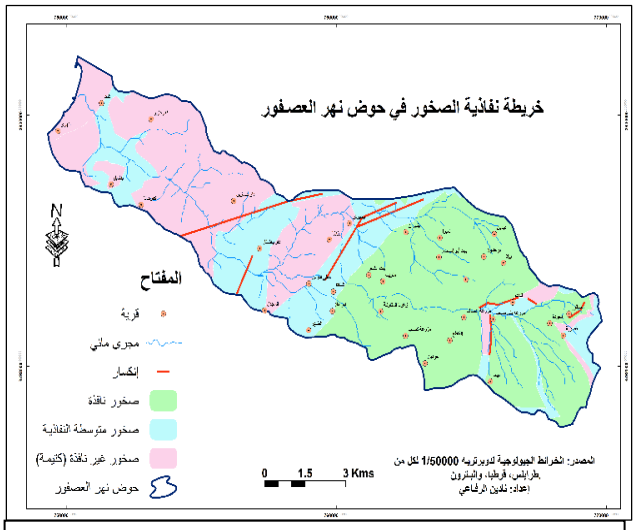
خريطة رقم ٣: الخريطة الجيولوجيّة لحوض نهر العصفور

أمّا الصخور القاسية فهي الأكثر تواجدًا في الحوض حيث تغطّي ٤٣,٩% من المساحة الإجماليّة للحوض، وتتمركز كلّها في الجبال المنخفضة فالمتوسطة الارتفاع فالجبال العالية، أي أنّها تتواجد في المناطق الأكثر انحدارًا مما يدلّ على احتمال كبير لتعرية التربات المتواجدة فوق هذه الصخور (خريطة رقم ٤).

أما بالنسبة إلى النفاذيّة، فتحتلّ الصخور غير المنفّذة (الكتيمة) مساحة كبيرة فهي تبلغ ٣٣,٧% من المساحة الإجماليّة للحوض وتتمركز بشكل عام في الوحدة الساحليّة والجبال المنخفضة، كما تشكّل مع الصخور متوسطة النفاذية 60.9% من مساحة الحوض ما يشير إلى أنّ أكثر من نصف مساحة الحوض يسمح بتكون الجريان المائي السطحي في فترة الأمطار ممّا يزيد احتمال تعرضها لانجراف التربة، لكن يبقى هناك أدوار مهمّة تلعبها عوامل أخرى كالانحدار وقساوة الصخور (خريطة رقم ٥).



خريطة رقم ٤: قساوة الصخور في حوض نهر



خريطة رقم ٥: نفاذية الصخور في حوض نهر العصفور.

٣. ٣. خصائص التربة

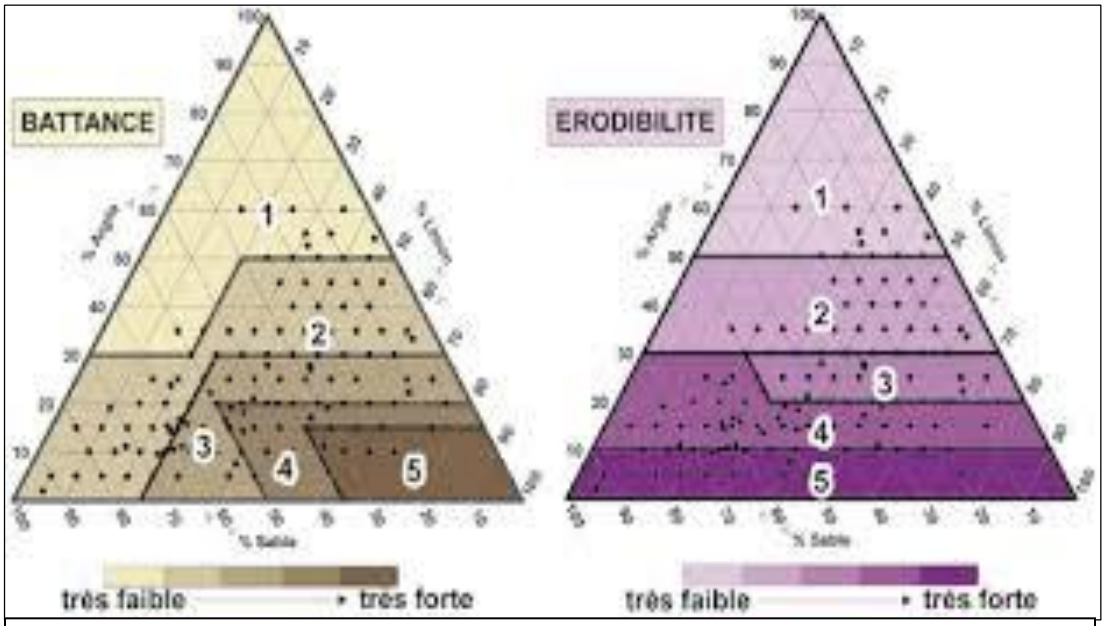
تمّ رصد ٣٢ نوع من الأتربة في حوض نهر العصفور، تبيّن أنّها وبأغلبها تحتوي على "نسب مرتفعة من السلت ممّا يعني أنّها ذات انجرافيّة عالية" (حمزة، ٢٠١٦، ص ٨٢).

أمّا المواد العضويّة فاختلفت نسبتها بين تربة وأخرى وذلك بحسب غطاء الأرض (الخريطة رقم ٦)، وبعد وضع بيانات العيّنات على مثلّثي قابليّة التعرية للانجراف والانسداد السطحي (المستند رقم ١)، تبيّن لنا أنّ الجزء الأكبر من الحوض ذو انجرافيّة ضعيفة (٣٥,٠٢%) والأمر سيّان بالنسبة إلى الانسداد السطحي بفعل اللطم (٣٦,١٤%) لكن وفي حين تحتلّ الانجرافيّة الضعيفة جدًّا المرتبة الثانية من حيث المساحة (٢١,٦٣%)، فالانسداد السطحي المتوسّط هو من يحتلّ المرتبة الثانية (٣٤,٥٢%) في ظلّ غياب تامّ للانسداد السطحي القويّ، ويعود ذلك بشكل خاصّ إلى ارتفاع نسب المواد العضويّة في حوض نهر

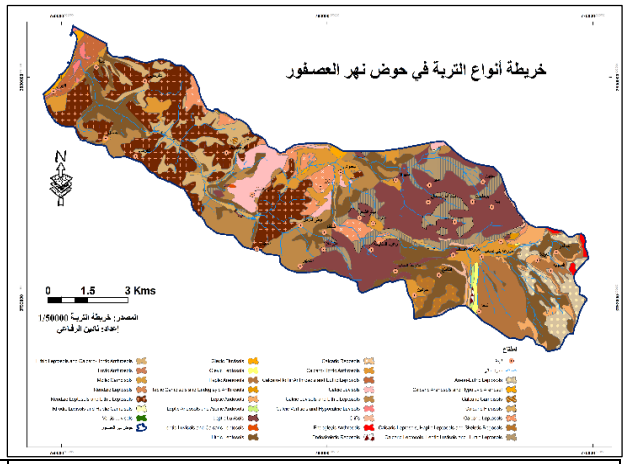
العصفور بسبب الغطاء النباتي الكثيف، فتصنّف أغلب الترب ذات الانجرافيّة العالية على أنّها تتمتّع بانسداد سطحي متوسّط.

أمّا بالنسبة إلى المساحة الأقلّ (٠,٥%) حيث الانجرافيّة والانسداد السطحي بفعل اللطم مصنّفة شديدة جدًّا فهي تقتصر على الحواف الصخريّة التي تعرّضت تربها للتآكل بشكل كامل وباتت الصخرة الأم مكشوفة ومعرّضة بشكل مباشر لعمليّات التعرية المائيّة (الخريطة رقم ٧ و٨).

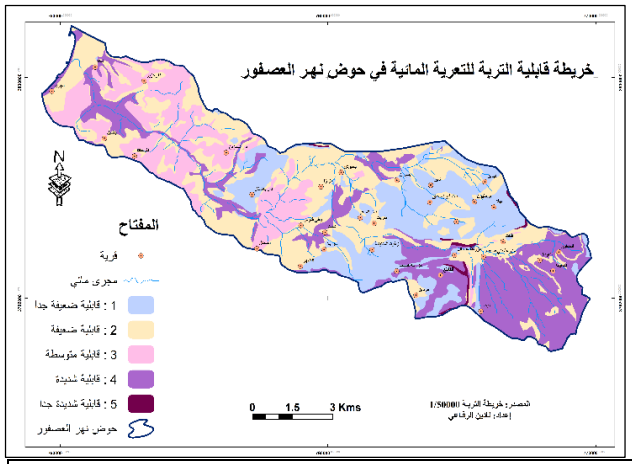
أمّا المواد العضويّة فقد تبيّن أنّ نسبة مرتفعة منها (<٤%) تغطي ٦٩,٦% من مساحة الحوض، ويعود ذلك إلى الغطاء النباتي الكثيف بينما النسبة المتوسطة (٢-٤%) والمنخفضة (<٢%) تغطيان سويًّا ٣٠,٤% من مساحة الحوض، وهي تتواجد بشكل خاصّ في محيط المناطق العمرانيّة الكثيفة، المراعي والشريط الساحلي (الخريطة رقم ٩).



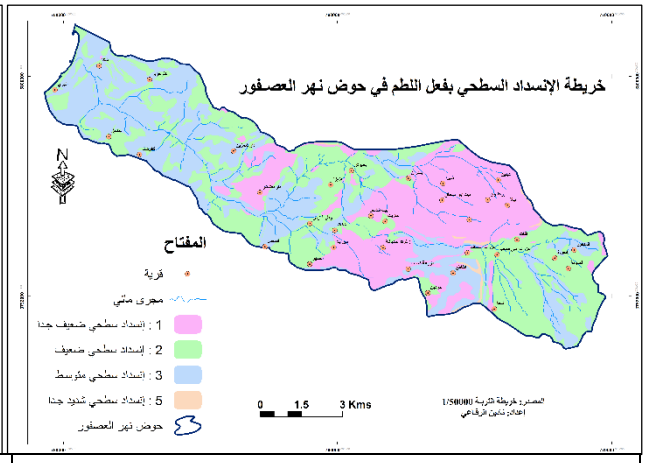
مستند رقم ١: مثلثي قابلية التربة للتعرية المائية والإنسداد السطحي بفعل اللطم



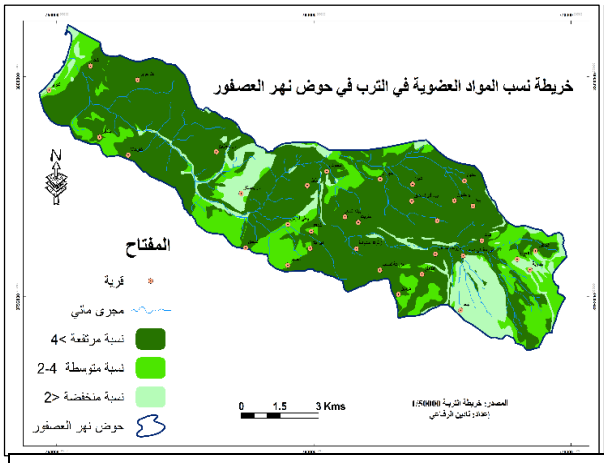
خريطة رقم ٦: أنواع التربة في حوض نهر العصفور.



خريطة رقم ٧: قابلية التربة للتعرية المائية في حوض نهر



خريطة رقم ٨: الإنسداد السطحي بفعل اللطم في حوض

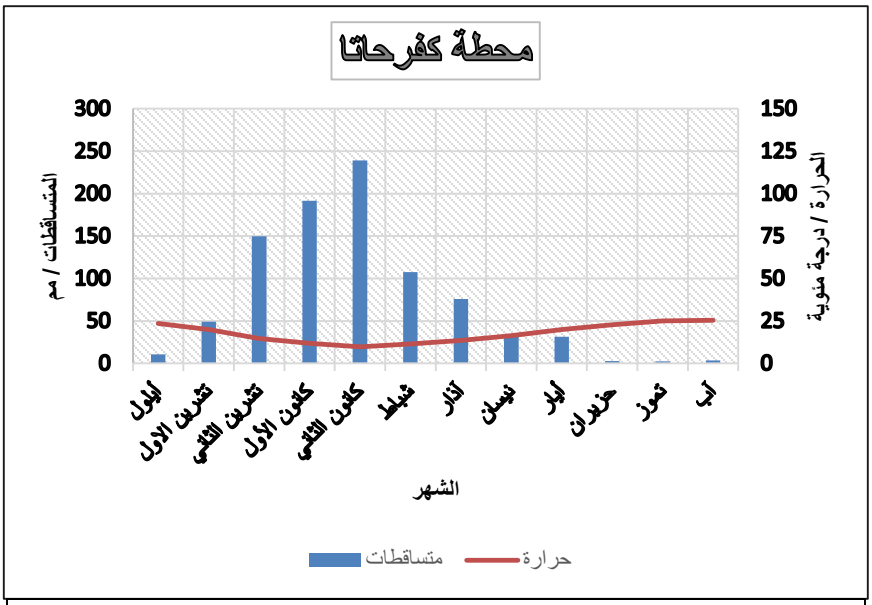


خريطة رقم ٩: نسب المواد العضوية في حوض نهر

٣. ٤. الخصائص المناخيّة

يهيمن المناخ المتوسّطي المتذبذب بمتساقطاته ودرجات حرارته على حوض نهر العصفور، ويتّصف بفصل ممطر وبارد نسبيًّا وصيف حارّ وجافّ يفصلهما عن بعضهما شهرين انتقاليّين.

ويتراوح المعدل السنويّ للأمطار في حوض نهر العصفور ما بين ٥٩٠ إلى ٦٢١ مم ساحلًا ليرتفع حتّى يبلغ أعلى قيمة له في الشمال الشرقي ٧٥٢ مم (Traboulsi, 2010, p. 11–25). وتعتبر هذه الكميّة الكبيرة من المتساقطات محركًا أساسيًّا لأشكال التعرية المائيّة المختلفة طوال الفترة الممتدّة من تشرين الأوّل وحتّى أيار (الرسم البياني رقم ١)، ويمتدّ فصل الجفاف لحوالي أربعة أشهر ترتفع خلالها الحرارة لتصل إلى أقصى ارتفاع لها خلال شهري تموز وآب. إذًا، تتساقط معظم الأمطار في فصل الشتاء كما تذوب الثلوج في الربيع مع استمرار المتساقطات مما يجعل التربة في هذين الفصلين أكثر عرضة لعمليّات التعرية المائيّة منها في الصيف كما تنشط التعرية في فصل الخريف لأنّ الأمطار تسقط على تربة مفكّكة وجافّة، وتعتبر السفوح المعرضة للأمطار السفوح الأكثر عرضة لعمليّة التعرية.



رسم بياني 1: رسم بياني مناخي لمحطة كفرحاتا.

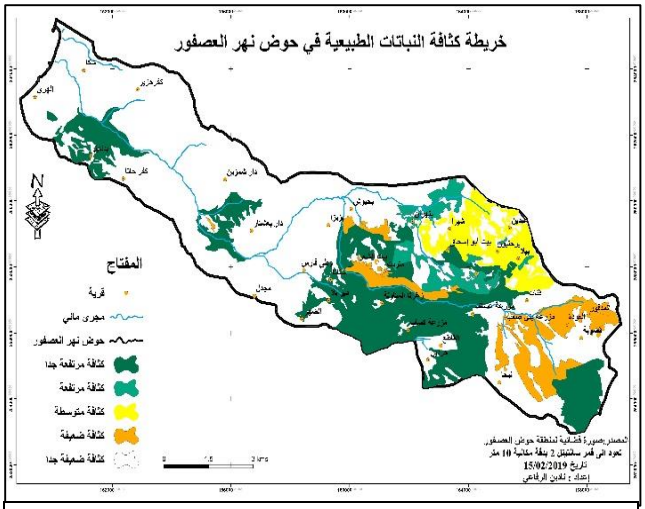
٣. ٥. الغطاء النباتي

لأجل دراسة كثافة الغطاء النباتي في حوض نهر العصفور تمّ تنفيذ خريطة كثافة الغطاء النباتي، وذلك عن طريق الملاحظة المباشرة على أرض الواقع والبصريّة لصور الأقمار الصناعية العموديّة والمنحرفة. على أنّنا لم ندرس الغطاء النباتي من حيث النوعيّة بل فقط من حيث الكثافة (الخريطة رقم ١٠).

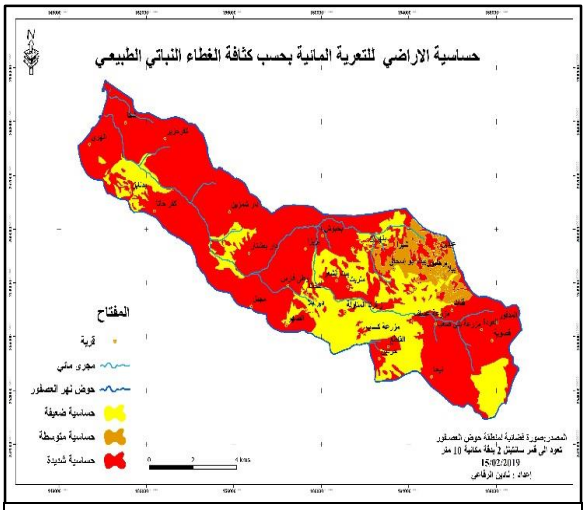
وقد انقسم الغطاء النباتي من حيث الكثافة إلى خمسة تصنيفات تراوحت ما بين كثافة ضعيفة جدًّا (أقلّ من ٥%) وكثافة مرتفعة جدًّا (أكثر من ٧٥%). وقد تمّ وضع هذه التصنيفات من خلال تحديد المربعات الموجودة في الورقة الميلليميتريّة، والتي يبلغ ضلع الواحد منها ١٠٠٠مم بشكل موازي لصورة القمر الصناعي، وإعادة العمليّة نفسها مرارًا ثمّ تقسيم النتيجة إلى أربعة تصنيفات: ٥% – ٢٥% – ٥٠% – ٧٥%. تحدّد بعدها النتائج بمساعدة برنامج أوتوكاد ثمّ يتمّ إخراج الخريطة باستخدام Arc gis (Saade, 2008, p. 99).

تبيّن بالنتيجة أنّ نسبة ٦٢,٣% من الحوض تتسم بكثافة ضعيفة إلى ضعيفة جدًّا تتواجد بشكل خاصّ في المنطقة الساحليّة، في حين ٤,٩% فقط ذو كثافة متوسطة، أمّا ٢٢,٥% تتراوح ما بين كثافة مرتفعة إلى مرتفعة جدًّا، وقد لوحظت هيمنة الكثافة المرتفعة في المنطقة الجبليّة متوسّطة الارتفاع بين شنّات غربًا وقنّات شرقًا، في حين لوحظت بقع صغيرة ساحلًا في بدنايل ودار شمزين.

وقد صنّفت حساسيّة الأراضي للتعرية المائيّة بحسب كثافة الغطاء النباتي الطبيعي إلى مناطق ذات حساسية ضعيفة، حساسية متوسّطة، وأخرى ذات حساسية شديدة (الخريطة رقم ١١).



خريطة رقم ١٠: كثافة الغطاء النباتي في حوض نهر العصفور



رقم ١١: حساسية الأراضي للتعرية المائيّة بحسب كثافة الغطاء النباتي الطبيعي.

٣. ٦. استخدامات الأراضي والعوامل البشريّة المؤثرة في التعرية المائيّة

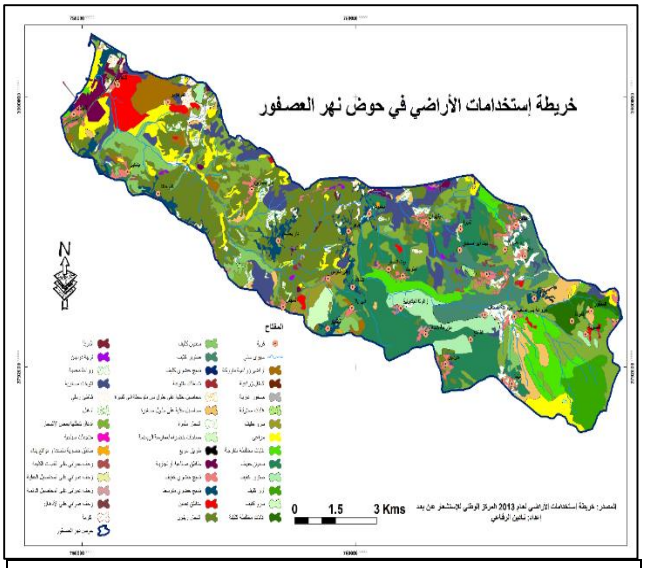
شهد حوض نهر العصفور تغيّرات مهمّة بين عام ٢٠٠١ و٢٠١٣ حيث ازدادت مساحة الأسطح المبنيّة لتبلغ ٨,٢% من المساحة الكليّة للحوض. كما توسّعت الأنشطة الزراعيّة فباتت تشكل ٢٧,٩% من المساحة الكليّة على أنّه تجدر ملاحظة زراعة الزيتون التي بلغت ٧٠% من مساحة الأراضي الزراعيّة في حين كانت تشكل ٤٩,٨% عام ٢٠٠١ أي أنّها توسعت بشكل كبير على حساب الزراعات الأخرى كونها تشكّل المصدر المعيشي الأوّل لسكّان الحوض الذين يعتمدون على الزراعة، أي لأهميّتها الاجتماعيّة والاقتصاديّة، ممّا ينعكس سلبًا على التربة ذلك أنّ زراعة الزيتون تتمّ بالطريقة التقليديّة* ممّا يزيد شدّة التعرية ويعزّز الانسداد السطحي، وبالتالي يتسبّب في الحدّ من عمليّة تسريب المياه وزيادة معدلات الجريان السطحي. هذا التدهور في التربة قد يتسبّب في خفض الإنتاجيّة لاحقًا.

*تقوم على ترك مسافة قصوى (١٠ × ١٠ م) بين الشجرة والأخرى.

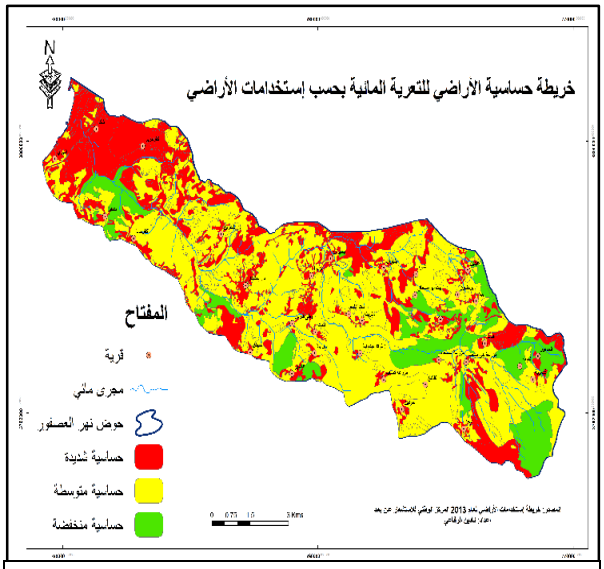
أمّا بالنسبة إلى النبات الطبيعي فنلاحظ أنّ مساحة الغابات انخفضت بنسبة ١١% وباتت تشكّل ٣٧,٨% من الحوض أي بعكس الأدغال والمراعي التي ازدادت مساحتها إلى ١٧,٥% وذلك بالتزامن مع تدهور الغابات وظهور مساحات من الغابات المحترقة بلغت ٠,١% من المساحة الكليّة للحوض، بالرغم من عدّة محاولات من الجهات المحلية على تشجيع السياحة والأنشطة البيئيّة في المنطقة. أمّا من حيث الكسارات والمقالع فقد ارتفعت مساحتها لتشكّل ٢,٣% من المساحة الإجماليّة للحوض.

هذا التغيّر في استخدامات الأراضي وانحسار الغابات الذي تعدّى الـ١٠% في مدّة زمنيّة لا تتجاوز الـ١٢ سنة يعود بشكل أساسي إلى توسّع الأنشطة الزراعيّة بشكل كبير في المنطقة خصوصًا زراعة الزيتون، كما يعود إلى التوسّع العمراني الذي تقتضيه زيادة عدد السكّان ومتطلّباتهم. كذلك بسبب مناخ البحر المتوسط الذي يتميّز بفروقات كبيرة في الأمطار بين سنة وأخرى (Traboulsi, 2004, p. 233)، ممّا يؤثّر بشكل مباشر على توزّع وكثافة الغطاء النباتي. كما يؤثّر ارتفاع درجات الحرارة في حدوث الحرائق. أمّا بالنسبة إلى الكسّارات فقد توسّعت بشكل كبير خلال ١٢ عامًا (١,٥ كم^{٢} عام ٢٠٠١ إلى ٢,١ كم^{٢} عام ٢٠١٣) خصوصًا في ظلّ غياب الرقابة من قبل الدولة (الخريطة رقم ١٢).

على أنّه قد تمّ تصنيف كل ما يرتبط بالنسيج الحضري والأنشطة الزراعيّة، الكسّارات والمقالع، الصخور العارية، المراعي، والمناطق الصناعيّة والتجاريّة على أنّها مناطق تشكّل حماية ضعيفة من التعرية المائيّة، في حين شكّلت الغابات الخفيفة من سرو وسنديان وصنوبر، كذلك الأشجار المثمرة، الزيتون والأدغال والكرمة بأنّها مناطق متوسّطة الحماية، أمّا مناطق الغابات الكثيفة من أرز وصنوبر وسنديان وسرو وغابات مختلطة فاعتبرت مناطق محميّة من خطر التعرية المائيّة (الخريطة رقم ١٣).



الخريطة رقم ١٢: استخدامات الأراضي قي حوض نهر العصفور لعام ٢٠١٣.



الخريطة رقم ١٣: حساسية الأراضي للتعرية المائية بحسب استخدامات الأراضي.

٤. خريطة حساسية التربة للتعرية المائيّة

أنجزت خريطة حساسية الأراضي للتعرية المائيّة في حوض نهر العصفور من خلال الاستعانة بالتقنية الرقميّة المنفذة بواسطة نظم المعلومات الجغرافيّة (وهي تقنيّة متبعة بشكل كثيف في الدراسات الجغرافيّة) حيث يتمّ مطابقة عدّة خرائط موضوعاتيّة تمثّل متغيّرات لها أهميّة في عملية التعرية المائيّة، وذلك عن طريق مطابقة هذه الخرائط لنحصل على الخريطة التحليليّة للتعرية المحتملة (Geissert, 1987, p. 8). أمّا الخرائط التي تمّ مطابقتها سويًّا فهي التالية: خريطة الانحدارات، خريطة قساوة الصخور، خريطة نفاذيّة الصخور، خريطة قابليّة التربة للتعرية المائيّة، خريطة كثافة الغطاء النباتي، خريطة نسب المواد العضويّة وخريطة استخدامات الأراضي بحسب الأنشطة البشريّة .*

* لا نستطيع تنفيذ نموذج يقوم على التثقيل (اعطاء ثقل = Poid) لعامل أكثر من آخر، وذلك نظرًا لعدم توفر بعد المعطيات الأساسيّة للاستفادة منها في تنفيذ هذه العملية مثل معطيات شدّة الأمطار (Intensité de pluie) وذلك بشكل متتابع ومتصل.

وتقسم خريطة حساسية الأراضي للتعرية المائيّة إلى خمس فئات تتوزّع كالتالي: حساسية ضعيفة جدًّا، حساسية ضعيفة، حساسية متوسّطة، حساسية شديدة، حساسية شديدة جدًّا (الخريطة رقم ١٤).

جدول ١: توزيع فئات حساسية التربة للتعرية المائيّة في حوض نهر العصفور.

التصنيف	المساحة بالـ كم^2	المساحة %
حساسية ضعيفة جدًّا	1.76	1.96
حساسية ضعيفة	7.62	8.50
حساسية متوسّطة	21.39	23.84
حساسية شديدة	23.18	25.84
حساسية شديدة جدًّا	35.76	39.86
المجموع	89.71	100.00

٤. ١. حساسية ضعيفة جدًّا

ظهرت هذه الفئة من الحساسية بأماكن قلية في منطقة الدراسة، حيث غطّت ١,٧٦ كم^2 أي ما يساوي ١,٩٦% من المساحة الكليّة للحوض، ويمكن رصد هذا النوع من الحساسية في المناطق التي تتميّز بغطاء نباتي كثيف جدًّا حيث نسبة المواد العضويّة في التربة مرتفعة، وتقع هذه المناطق على صخور الـC4 والـJ4–7 التي تتميّز بأنّها صخور شديدة القساوة ذات نفاذيّة مرتفعة، ويترافق هذا مع كون هذه المناطق

تتمتع بانحدارات خفيفة جدًّا، كما أنّ بنية تربها تمتاز بأنّها ذات قابليّة منخفضة جدًّا للتعرية المائيّة حيث يتراوح الانسداد السطحي بفعل اللطم بين منخفض جدًّا إلى منخفض. لقد جعلت هذه العوامل التربة محميّة، وقلّصت من عمليّة التعرية لتكون ضعيفة جدًّا.

٤. ٢. حساسية ضعيفة

تغطي هذه الفئة من الحساسية ٧,٦٢ كم^{٢} أي ما يساوي ٨,٥٠% من المساحة الكليّة للحوض، وتتواجد بشكل أساسي في الجزأين الأوسط والعلوي من الحوض وذلك لأسباب عديدة أهمّها أنّ بعض هذه المناطق ورغم ارتفاع درجة الانحدار فيها، مغطّاة ومحميّة بالغطاء النباتي الكثيف الذي يوفّر الكميّة الكافية من المواد العضويّة، والتي تضمن تماسك التربة، وتتميّز بصخورها الصلبة وذات النفاذيّة العالية.

كما أنّها تتمتّع بترب ذات قابليّة منخفضة للتعرية وذات انسداد سطحي ضعيف، ممّا خفّف حدّة التعرية فيها بالرغم من تنوّع انحداراتها ما بين شديدة جدًّا إلى ضعيفة جدًّا في بعض المناطق وارتفاع معدلات الأمطار فيها.

٤. ٣. حساسية متوسّطة

تغطي هذه الفئة من الحساسية ٢١,٣٩ كم^{٢} من مساحة الحوض أي ما يساوي ٢٣,٨٤% من مساحته الكليّة. وعلى الرغم من الغطاء النباتي الكثيف وصخور الـC4 المنفذة والشديدة القساوة التي تتواجد في هذه الفئة، لعبت الانحدارات المتوسّطة والقويّة والقويّة جدًّا دورًا هامًّا في زيادة حساسية هذه المناطق إلى متوسّطة. كما أنّه، وبالإضافة إلى كميّة المواد العضويّة المتوسّطة تتميّز الترب في هذه الفئة بقابليّتها المتوسّطة والمرتفعة للتعرية المائيّة، وبأنّها تتعرّض لانسداد سطحي متوسّط.

٤. ٤. حساسية شديدة

تغطّي هذه الفئة من الحساسية ٢٣,١٨ كم٢ أي ما يساوي ٢٥,٨٤% من المساحة الكليّة للحوض، وتتواجد بشكل رئيسيّ على أطراف الغابات عندما يبدأ الغطاء النباتي بالانحسار في ظلّ وجود انحدارات شديدة، كما تتواجد حيث تنتشر زراعة الزيتون وفي المناطق التي تنتشر فيها صخور الـC4 والـC2b، وذلك لشدّة الانحدار في هذه المنطقة ولكن ما يميّزها عن الحساسية المتوسّطة هو ضعف الغطاء النباتي أي أنّ الحساسية القويّة تكون في المناطق حيث كثافة الغطاء النباتي ضعيفة خصوصًا في حالة الـC2b. كما تلاحظ الحساسية الشديدة في مناطق تواجد صخور الـC5 المتوسّطة الكثافة والنفاذية. وتتميّز الترب في هذه الفئة بانخفاض نسب المواد العضويّة فيها وبقابليّتها المرتفعة والمرتفعة جدًّا للتعرية المائيّة، وبأنّها تتعرّض لانسداد سطحي مرتفع.

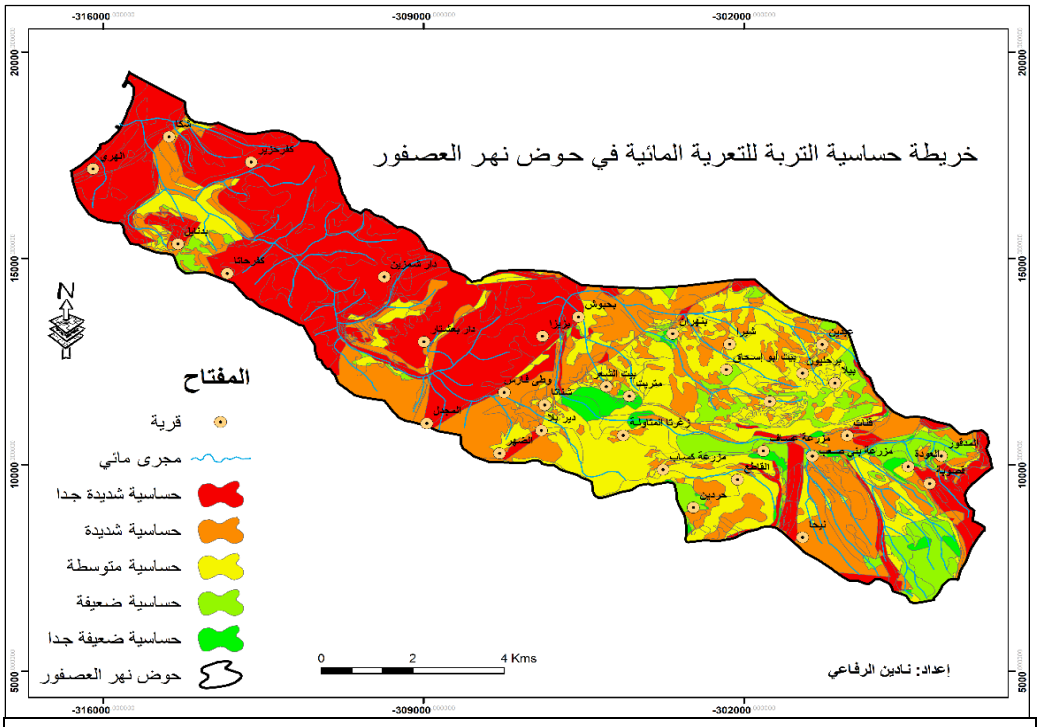
٤. ٥. حساسية شديدة جدًّا

تعتبر هذه الفئة الأكثر انتشارًا في الحوض، حيث تمتدّ على مساحة قدرها ٣٥,٧٦ كم٢ أي ما يساوي ٣٩,٨٦ % من المساحة الكليّة للحوض. وتتمركز بشكل رئيسيّ في مناطق تواجد الصخور المارنيّة التابعة للسينونيان C6 والـC3. ورسوبيّات العصر الجيولوجي الرابع التي تتميّز بطراوتها، وبأنّها صخور كتيمة، ونلاحظ أيضًا أنّ هذه المناطق تصنّف فيها كثافة الغطاء النباتي على أنّها ضعيفة جدًّا ممّا يضعف حماية تربها من عمليّة اللطم وبالتالي عمليّة التعرية شتاءً، ويقلّل من نسب المواد العضويّة فيها.

وتتراوح الانحدارات في هذه المنطقة ما بين متوسّطة، إلى شديدة وإلى شديدة جدًا. كما نلاحظ أنّ قابليّة التربة للتعرية في هذه المناطق تتراوح ما بين شديدة وشديدة جدًّا وذلك لغياب الغطاء النباتي الطبيعي

الذي يؤمّن للتربة المواد العضويّة اللازمة لجعلها متماسكة. وتستخدم ترب هذه المنطقة من الحوض بشكل خاصّ في زراعة الزيتون بالطريقة التقليديّة، ما يؤدّي إلى ترك مساحات كبيرة مكشوفة أمام قطرات المطر.

يتبين من تحليل خريطة حساسية التربة للتعرية المائيّة أنّ الحساسية المتوسّطة، الشديدة والشديدة جدًّا تبلغ ٨٣% من المساحة الإجماليّة للحوض، ما يبيّن أنّ منطقة الدراسة تعاني بأغلبها من تدهور طبيعي بيئي شديد، يتمثّل بالتعرية المائيّة والتحرّكات الكتليّة.



الخريطة رقم ١٥: حساسية التربة للتعرية المائية في حوض نهر العصفور.

خاتمة

بيّنت هذه الدراسة أنّ درجات انحدار السطح المتوسّطة والقويّة والقويّة جدًّا تغطّي ٥١,٤% من المساحة الكليّة للحوض، وفي هذه المناطق تقلّل نسبة التسرب السطحي وترتفع احتماليّة التعرية الخطيّة والكتليّة.

كما أظهرت أنّ التكوينات الجيولوجية المهيمنة على الحوض تعود للعصر الكريتاسي الأوسط (السينومانيان) ٣٠,٧%، وهي صخور شديدة القساوة وذات نفاذيّة مرتفعة فنلاحظ انخفاض حساسية التعرية في هذه المنطقة خصوصًا أنّ معظمها محميّ بواسطة الغطاء النباتي الكثيف، كما تحلّ في المرتبة الثانية من حيث المساحة صخور السينونيان التي تغطي ٢٩% من المساحة الإجماليّة للحوض، وهي صخور طريّة كتيمة كما أنّها غير محميّة بواسطة الغطاء النباتي، ممّا يجعل المناطق التي تتمركز فيها هذه الصخور أكثر المناطق حساسية للتعرية المائيّة.

وتبيّن أنّ أغلب الترب تحتوي على نسب مرتفعة من السلت ممّا يعني أنّها ذات انجرافيّة عالية. أمّا المواد العضويّة فاختلفت نسبتها بين تربة وأخرى وذلك بحسب غطاء الأرض.

وبعد وضع بيانات العيّنات على مثلثي قابليّة التعرية للانجراف والانسداد السطحي تبين أنّ هناك ٦ عيّنات ذات انجرافيّة مرتفعة وواحدة ذات انجرافيّة مرتفعة جدًّا. أمّا بالنسبة إلى الانسداد السطحي فواحدة فقط كانت ذات قابليّة مرتفعة جدًّا للانسداد السطحي.

وبما أنّ المناخ المتوسّطي الرطب هو السائد في منطقة الدراسة، فهو يتميّز بغزارة أمطاره شتاءً، أمّا صيفه فهو حارّ وجافّ. تتساقط الأمطار خلال الشتاء وخلال الفصلين الانتقاليّين وتتميّز بكونها فجائيّة

وغزيرة، وتعتبر الأمطار الخريفيّة الأكثر تأثيرًا في عمليّة التعرية ذلك أنّها تأتي بعد صيف طويل شديد الحرارة حيث يضعف تماسك التربة لأنّها تكون جافّة.

ويعتبر الغطاء النباتي العامل الأساسي في حماية التربة من عمليّات التعرية، لما يؤمنه من مظلّة بيولوجيّة ومن مواد عضويّة تزيد تماسك الترب. وتبيّن أنّ المناطق التي تتميّز بغطائها النباتي الكثيف شرقي منطقة الدراسة هي الأقلّ عرضة لخطر الانجراف، وتنخفض حساسيّتها للتعرية المائيّة، كما يقلّل من خطر الانجراف عندما يتواجد على المنحدرات بسبب تمسّك جذوره بالتربة، وتأمين المادة العضويّة التي تنشط تواجد المركب الطينيّ الدبالي، وهذا ما تمكّنا من ملاحظته عند مقارنة خريطتي كثافة الغطاء النباتي وحساسية التربة للتعرية المائيّة.

وقد لعبت العوامل البشرية دورًا سلبيًّا في زيادة حساسية الترب للتعرية المائيّة وذلك من عدّة نواحي، حيث تمدّد العمران بشكل عشوائي متعديًا على المساحات الخضراء. واستبدل الغطاء النباتي الطبيعي بزراعة الزيتون ممّا لعب دورًا سلبيًّا للغاية خصوصًا أنّ الزراعة تتمّ بطرق تقليديّة. وأسهمت حرائق الغابات في تفاقم الأزمة. أمّا الكسّارات فقد أزالت في بعض المناطق ككفرحزير وشكّا جبالًا بأكملها، وحوّلتها إلى منحدرات شديدة مكشوفة بالكامل أمام العوامل الجويّة، كما أسهم الرعي الجائر في تدهور التربة. أمّا بالنسبة إلى الجلول فقد لعبت دورًا إيجابيًّا في الحدّ من عمليّة التعرية، لكنّها تحتاج إلى صيانة في أغلب مناطق الحوض.

ختامًا، تبيّن من خلال تحليل خريطة حساسية التربة للتعرية المائيّة أنّ الحساسية المتوسّطة، الشديدة والشديدة جدًّا تبلغ ٨٣% من المساحة الإجماليّة للحوض، ما يبيّن أنّ منطقة الدراسة تعاني بأغلبها من تدهور طبيعي بيئي شديد، يتمثّل بالتعرية المائيّة والتحرّكات الكتليّة.

لذلك، لا بدّ من تكثيف الدراسات الجيولوجيّة والجيومورفولوجيّة والمناخيّة لمنطقة الدراسة، بالإضافة إلى إنشاء جدران دعم في المواقع التي تتعرّض لتحرّك المواد الصخريّة، وإنشاء الجلول في المناطق حيث تقلّ الانحدارات عن الـ١٠ درجات خصوصًا في شمال غرب الحوض، وفي شماله (في بزيزا وبحبّوش مثلًا).

لا بدّ أيضًا من إنشاء قنوات لتصريف مياه الأمطار على جوانب الطرقات، على أن يكون لوزارة البيئة دور حاسم في اتخاذ التدابير والإجراءات اللازمة من حيث الملاحقة القانونيّة للمالكين وللمستفيدين من الكسارات والمقالع العشوائيّة غير المرخّصة، وعلى التعاون مع الجمعيّات الأهليّة في توعية المزارعين لاستخدام الطرق الحديثة في زراعة الزيتون بشكل خاصّ، ولأجل تحسين بنية التربة من خلال استعمال الأسمدة العضويّة.

كما لا بدّ من القيام بحملات دوريّة لإزالة الأعشاب اليابسة من أرضيّة الغابات بالإضافة إلى القيام ببناء ممرّات فاصلة لمنع تمدّد الحرائق في حال اندلاعها، مع العمل على زيادة الغطاء النباتي من خلال حملات منظّمة للتشجير خاصة على المنحدرات التي تسبّبت بها الكسّارات، دون أن ننسى تنظيم عمليّة الرعي بحيث يمنع الرعي إلّا في المناطق المصنّفة كمراعي، مع تصنيف الأراضي من حيث صلاحيّتها للبناء.

المصادر والمراجع

أوّلًا: الأطالس والخرائط:

- **أطلس لبنان المناخي** (١٩٧٧)، المجلد الأوّل، الطبعة الثانية، الجمهورية اللبنانية، وزارة الأشغال العامة والنقل.
- **الخريطة الطوبوغرافية** (٢٠٠٥)، أوراق: بشري والكورة والبترون وطرابلس، وزارة الدفاع اللبنانية، مديرية الشؤون الجغرافية، مقياس ١/٢٠٠٠٠.
- **خريطة استخدامات الأراضي** (٢٠٠١)، المركز الوطني للاستشعار عن بعد CNRSL، مقياس ١/٥٠٠٠٠.
- **خريطة استخدامات الأراضي** (٢٠١٣)، المركز الوطني للاستشعار عن بعد CNRSL، مقياس ١/٥٠٠٠٠.
- **صور فضائيّة** لمنطقة الدراسة من القمر الصناعي Sentinel 2.
- مصلحة الأبحاث العلميّة الزراعيّة، **بيانات مناخيّة**.

- Dubertret,L., (1951). *Carte geologique 1/50000*, Feuilles de Tripoli, Batroune, Qartaba, Ministère des Travaux publics, Beyrouth.
- Geze,B., (1956). *Carte de Reconaissance des sols du Liban1/200000*.

ثانيًا: المراجع والمصادر باللغة العربيّة

- حمزة، علي (٢٠١٦). **ديناميّة التصحّر في جنوب محافظة بعلبك الهرمل**، الجامعة اللبنانية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، بيروت.
- التوم، صبري محمد (٢٠١٤)، "مورفولوجية المنحدرات في الجزء الأعلى من حوض الرميمين وحوض تكالا دراسة في الجيومورفولوجية المناخية"، مجلة **الجامعة الإسلامية** (١٢/ ٢)، صص ٥٩-٨٧.
- سلامة، حسن رمضان (١٩٨٥)، **أصول الجيومورفولوجيا**، الأردن، صص ١٤٢-١٦٣.

ثالثًا: المصادر والمراجع باللغات الأجنبيّة

- Dubertret, L. (1950). *Carte géologique au 1/50.000, Feuilles de Tripoli, Batroun et Qartaba, notice explicatif, République Libanaise*, Min. des travaux publics, Beyrouth, Liban, p:33, 38 et 62.
- DARWISH T. , KHAWLIE M. , JOMAA I. , ABOU DAHER M. , AWAD M. ,MASRI T. ,SHABAN A. ,FAOUR G. ,BOU KHEIR R. ,ABDALLAH C. and HADDAD T. (2006), *Soil map of Lebanon, National council for scientific research*, CNRS-Remote sensing center, Lebanon, Monograph series No.4, p: 9-245.
- Darwish T., Zdruli P., Saliba R.,Awad M.,Shaban A.,Faour G. (2012). *Vulnerability to desertification in Lebanon based on geo-information and socioeconomic conditions.* Journal of environmental sciences and engineering B1. 851-864 p.

- FAO (2007). *Fire management global assessment. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO Forestry Paper 151. Food and Agriculture Organization for the United Nations: Rome Available at http://www.fao.org/forestry/fra2005/en [Verified on 24-5-2016].
- FAO et ITPS, (2015). *Etat des ressources en sols du monde, Résume technique*, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et groupe technique intergouvernemental sur les sols, Rome-Italie 2016. 78 p.
- Geissert. D (1987). *L´erosion agricolle des sols abordées par la cartographie des géomichrochores,* Recherche geographique a Strasbourg N°9, p 8.
- Hamzé et al (2013). *L'erosion hydrique au Liban*, HANNON vol xxvI 2012-2013. 40 p.
- LAROCHE. B (2006) aléa érosif des sols et enjeux en contextmédtitérranéen, 208 p.
- Morgan, R.P.C., (1981). *Field measurement of Splash erosion*. Lahs publishing, 133, p: 373-382.
- Morgan, R.P.C., (2005). *Soil Erosion and Conservation (3rd Ed.)*, Oxford, Blackwell publishing, 304P.
- Plassard, J. (1972). *Service météorologique du Liban, observation de Ksara: carte pluviométrique du Liban au 1/200000 avec notice*. Beyrouth,ministère des travauxpubliqueset du transports,direction généralel'aviationcivile.
- Saade, S. (2008). *L'impact morphogénétique sur les terrains a Broummana*.
- Traboulsi, M. (2004). *Les précipitations au Proche-Orient, variabilité spatio-Temporelle et relation avec la dynamique de l'atmosphère* (1960-61/1989-90), Atelier de Reproduction de thèse, Lille 3, 233 p.

- Traboulsi, M. (2010). *La pluviométrie moyenne annuelle au Liban: interpolation et cartographie automatique*, Journal Scientifique libanais, Conseil National de la Recherche Scientifique, Volume11, No2, pp. 11-25.