مجلة جامعة الملك خالد
للعلوم الإنسانيـــــــة

التقدير الكمي لفقدان التربة بفعل السيلان السطحي في حوض وادي الجوف

(شمال شرق الجمهورية التونسية)

نوال سالم سعيد محمد القحطاني
جامعة الملك خالد (كلية العلوم الإنسانية)
قسم الجغرافيا
nsaeed@kku.edu.sa

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقدير كميات التربة المفقودة بفعل التعرية المائية في حوض وادي الجوف وذلك من خلال تطبيق المعادلة العالمية لفقدان التربة R*K*LS*C*P. تم احتساب معامل المطر (R) من بيانات التساقط المطري الشهري والسنوي للفترة ما بين (١٩٥٣-٢٠١٣)، وقد تم إعداد خريطة معامل انجرافية التربة من خلال نتائج تحاليل نسيج التربة المنجزة في وزارة الفلاحة التونسية (K)، وتم أيضا إخراج خريطة معامل (LS) درجة الانحدار*طول السفوح من خلال برنامج (Arc GIS)، وتم إعداد خريطة معامل استخدام الأرض (C) لمختلف أنواع الغطاء النباتي وطرق استخدام الأرض في الحفاظ على التربة أو انجرافها، بالاعتماد على الخريطة الفلاحية الرقمية التونسية سنة ٢٠٠٣، أما بالنسبة لمعامل تقنيات المحافظة على التربة (P) فتم الاعتماد على الصور الجوية المصححة لسنة ٢٠٠٠ وصور (Earth Pro 2018 Google) المصححة على نظام (UTM) بالاعتماد على برنامج (Mappuzzle).

وقد أظهرت النتائج أن قيمة (R) في منطقة الدراسة وصلت إلى (٩,٥) كقيمة قصوى، أما قيم معامل (K) فقد تراوحت ما بين ٠.٤٤٨ بالنسبة إلى التربة ذات الانجراف العالي و٠.٠٣٥٨ بالنسبة إلى الأقل تأثرا بالتعرية. حيث تركزت الترب الأكثر انجرافيه في الجانب الشرقي والجنوبي الشرقي من حوض الوادي، أما قيمة معامل (C) فقد تراوحت ما بين ٠.٠١ و١ بالنسبة إلى الأراضي الجرداء، كما تم تصنيف خريطة معدل فقدان التربة بمنطقة الدراسة حسب هطول الأمطار من حيث التغاير السنوي، فقمنا بنمذجة معدل فقدان التربة لثلاث سنوات مختلفة لسنة جافة ولسنة ممطرة ولسنة عادية، تراوحت فيها القيم العليا لفقدان التربة ما بين ١٦٣ طن/هك/ السنة في السنة الممطرة و٥٨ طن/هك/ السنة وذلك في السنة الجافة كحد أدنى. وتم تصنيف درجات خطورة انجراف التربة إلى (انجراف: ضعيف– متوسط – عالي) وذلك تبعاً للعتبات التي حددتها وزارة الفلاحة بالجمهورية التونسية، وقد سعينا من خلال هذه الدراسة أيضا إلى إيجاد تصنيف نوعي لأساليب الانجراف حسب الوحدات البيدولوجية والأشكال الجيومورفولوجية الأساسية وذلك بهدف حصر الظروف والمعطيات التي تكون أكثر ملاءمة لانتشار مختلف أساليب التعرية السطحية.

The quantitative estimation of soil loss due to surface runoff in the water basin of Al–Jouf Wadi (Northeast of Tunisia)

Abstract: The aim of this research is to estimate the quantities of soil loss due to water erosion in Wadi Al-Jouf basin by applying the universal soil loss equation formula: R * K * LS * C * P. The rainfall (R) was calculated by collecting the monthly and annual rainfall data, for the period of (2013-1953). Also, a soil erodibility map was prepared through the results of soil texture analysis prepared by the Ministry of Agriculture, Soil Management and Rural Development Branch (K). LS factor map was also obtained to measure gradient degree * Slope length through the Arc GIS. A Cover Management factor map (C) was also prepared which took into account the role of vegetation cover, and the use of land in the tightening of the soil and fixation or erosion. The digital farming map prepared by the Soil Department of the Ministry of Agriculture in 2003 was used to determine the land uses for C factor, noting that some data were updated based on corrected images from (Google Earth 2018). Finally, the soil conservation factor (P) was adopted, relying on the revised 2000 aerial photographs, Google Earth 2018 images, which were corrected on UTM system using the Mappuzzle program.

The results showed that the value of (R) in the study area was (9.5), while the factor (K) for high drift soil ranged between 0.448, and 0.0358 for the soil that is less affected by erosion. Soil with high rate of eroding formed on the eastern and south-eastern side of the wadi basin. The value of the factor (C) ranged at 0.01 and for the barren land, it was ranged at 1. The soil loss rate map, in the study area, was also classified according to rainfall in terms of annual variability. We also modeled the soil loss rate for three different years: a dry year, a rainy year, and a normal year. The highest soil loss values ranged from 163 ton in the rainy year, and 58 ton minimum in the dry year. The degree of risk of soil erosion has been classified as: (Low erosion, average erosion, and high erosion). In this study, we classified the methods and mechanisms of erosion, according to the basic Pedological and geomorphology units, in order to enclose the conditions and information that are more suitable for soil degradation.

مقدمة: تعد التربة أحد الموارد الحيوية الطبيعية المهمة وغير القابلة للتجدد بالنسبة إلى الإنسان بنسق يتماشى والنسق المتسرع للانجراف، ولا شك أن الانجراف هو أحد أشكال تدهور التربة. ويعني الانجراف مجموع تلك العمليات الفيزيائية التي من خلالها يتم إزالة غطاء التربة أو جزء منها نتيجة تأثير العوامل الطبيعية (الأمطار والرياح وقوى الجاذبية الأرضية والفعاليات الحيوية) (كبيبو وآخرون، ٢٠١٧).

لذا تلعب الظروف المناخية دوراً كبيرا في عملية الانجراف المائي للتربة. ومعدل الهطول السنوي والشدة المطرية واستمراريتها هو الأكثر تأثيراً في هذه العملية، حيث تعمل طاقة قطرات المطر الساقطة على تحطيم تجمعات التربة ومن ثم نقلها من منطقة تواجدها إلى مناطق أخرى حسب درجة انحدار الأرض (Danglie et al, 2010). كذلك يفسر نوع التربة وقوامها ونسيجها ومدى قابليتها للانجراف، كما يساهم الانحدار واختلاف طول السفوح في اختلاف حدة انجراف التربة كذلك حسب شكل المنحدرات إن كانت فوق سفوح محدبة أو مقعرة، فكلما زادت درجة الانحدار على السفوح المحدبة زادت معها كمية التربة المنجرفة. وكل ذلك مرتبط أيضا بنوع الغطاء النباتي وكثافته، فكلما كان كثيفا وفي مرحلة نمو متقدمة ساهم في تقليل الفاقد من التربة.

ولقياس كمية انجراف التربة بمنطقة الدراسة تمت الاستعانة بالمعادلة العالمية لفقدان التربة طن/هك/السنة والتي صاغ طريقة احتسابها كل من (Wischmeier و Smith) وذلك وفقا للعملية الحسابية التالية بالاعتماد على نتائج أكثر من ١٠.٠٠٠ عملية تجريبية في عدة مشارات فلاحية في الولايات المتحدة الأمريكية لتقدير فقدان التربة المرتبط بفعل الجريان السطحي والمنتشر.

فقدان التربة (طن/هك/السنة) =
(R*K*LS*C*P)

حيث أن : P = معامل المطر؛ K = معامل انجرافية التربة.

LS = معامل قيمة الانحدار × طول السفح؛ C = معامل الغطاء النباتي و استخدامات الأرض.

P = معامل التهيئة ووسائل حماية السفوح.

أهمية البحث: يعد وادي الجوف من الأودية ذات القيمة الحيوية بمنطقة الدراسة، وهو أحد روافد وادي الرمل بالوسط الشرقي للبلاد التونسية، حيث يشهد الحوض المائي كمية أمطار تصل إلى ٨٦٩ ملم في السنة الممطرة، وهو واد مفتوح على التيارات الهوائية الشرقية المتأتية من انسياب قطرات الهواء الباردة في أعلى طبقة التروبوسفير. وهي غالبا ما تكون المسؤولة عن مجمل الفيضانات التي حدثت إلى حدود هذا التاريخ. الأمر الذي جعلنا نصنفه من ضمن المناطق

الأكثر عرضة للانجراف المائي، خاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار التشكيلات الصخرية والترب التي يغلب عليها الطابع الصلصالي والرملي والتي تكون ذات قابلية هامة للانجراف الميكانيكي بشكل عام والانجراف السيلي بشكل خاص. هذا وتزداد عملية التعرية تعقيدا أكثر إذا أخذنا بعين الاعتبار التشكيلات الصخرية المستقرة فوق سفوح بالغة الانحدار.

أهداف البحث: هناك مجموعة من الأهداف التي دفعت إلى انجاز ورقة البحث هذه والتي يمكن إجمالها في النقاط التالية:

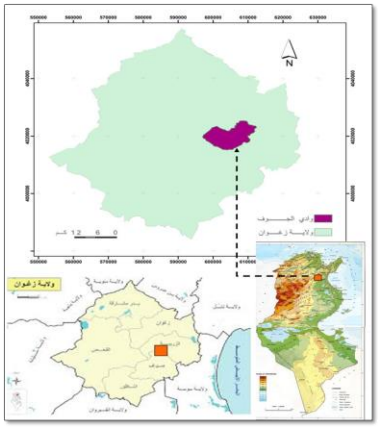
- تقدير كمية التربة المفقودة بفعل التعرية المائية والمتصلة فقط بالسيلان السطحي بين عامي ١٩٥٣-٢٠١٣ لأن ذلك مرتبط بكميات التساقط التي تم اعتمادها.
- دراسة الغطاء النباتي وتحديد دوره في التقليل من انجراف التربة والحد من فقدانها.
- التقدير النسبي للعوامل المساهمة في عملية التعرية وتفاعلها فيما بينها.
- الوقوف عند الحدود التطبيقية لنموذج (Wischmeier) في منطقة الدراسة ومحاولة طرح الطرق البديلة التي من شأنها أن تزيد في تطوير النموذج وتطويعه حسب الظروف المحلية لهذا الحوض المائي الذي يخضع في ذات الوقت إلى تأثير عدة عوامل طبيعية وبشرية.
- إجراء محاولة تصنيفية لمختلف أرجاء الحوض المائي بهدف توجيه مجهودات التهيئة المستقبلية نحو السفوح الأكثر هشاشة والتي تمثل مصدر معظم الرواسب التي تتسبب في توحل سد الرمل والبحيرات الجبلية التي تم إنشاؤها في المناطق العليا تفاديا لخطر الفيضانات أولا والحد من إمكانية توحل سد الرمل ثانيا.

منهجية البحث: يرتكز هذا المشروع البحثي على مقاربة شمولية تعتمد على المنهج الوصفي التحليلي، الكمي وكذلك التصنيفي. علما وأن هذه المنهجية تتطلب معطيات دقيقة وأحيانا بيانات مفصلة، وتلك هي المبررات الأساسية التي جعلتنا ننتقي منطقة الدراسة بالجمهورية التونسية نظرا إلى توفر المعطيات وقاعدة البيانات اللازمتين والتي نحتاجها لتطبيق منهج النمذجة الرياضية للمعادلة العالمية لفقدان التربة.

موقع الدراسة: يقع حوض وادي الجوف في القسم الشرقي من ولاية زغوان شرق الجمهورية التونسية وذلك على السفوح الشرقية للسلسلة الظهرية الشكل (١). تبلغ المساحة الإجمالية لحوض وادي الجوف نحو (٨٥.٩٠٣ كم^{٢}) ويمثل المجرى الأعلى لوادي الحمام – الرمل. يتغذى من الروافد التي تتبع من المرتفعات الجنوبية الشرقية لجبل زغوان (١٢٩٤ متر) والسفوح الشرقية لجبل الشقافة (٥٦٦ متر) ومن السفوح الشمالية لجبل كاف النعامة (٥٩٦ متر). ويعتبر من بين المناطق الأكثر عرضة لعمليات التعرية بحكم انفتاحه المباشر على التيارات الهوائية القادمة من الشرق والتي تتكون على إثر

انسياب قطرات باردة في الأجواء العليا خاصة في الفصول الانتقالية وبصفة خاصة في الخريف لأن الأمطار القوية تهطل على تربة متصلبة ذات مسامات ضيقة ومتشققة وتكون نفاذيتها ضعيفة جدا.

شكل (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: الديوان الوطني لقيس الأراضي ورسم الخرائط ١٩٩٩م، والخريطة الطبوغرافية لولاية زغوان

الدراسات السابقة ذات الصلة بمنهج الدراسة والمنطقة المدروسة: إن دراسة الانجراف وخاصة تلك المحاولات التقديرية لفقدان التربة أسالت حبرا كثيرا لدى العديد من الباحثين في تخصصات مختلفة فتباينت النتائج بينهم في عديد المرات وتقاربت في البعض الآخر، وكان كل ذلك في ارتباط باختلاف العوامل المحلية المتدخلة في عمليات الانجراف التي ازدادت تعقيدا مع تزايد التدخل البشري والتغيرات المناخية التي شملت خاصة تغير نسق الأمطار وتذبذب نظامها. وبسبب اختلاف النتائج، فإن بعضهم أكد على أن أساليب الجريان السطحي هي المسؤولة بدرجة أولى عن فقدان التربة فوق السفوح. أما البعض الآخر فقد فند هذه الفكرة بما أن نتائج النمذجة أبرزت أن الجريان العميق هو الذي أظهر قدرة أكبر على اقتطاع التربة وتعرية السفوح. وبناء على ذلك رأينا من الضروري التطرق إلى الدراسات السابقة الأكثر أهمية والتي طبقت النمذجة عن طريق تطبيق المعادلة العالمية لفقدان التربة. وكذلك مجمل البحوث والتطبيقات ذات الصلة المباشرة بمنطقة الدراسة والتخوم القريبة منها.

أولى الدراسات انطلقت منذ (١٩٥٨) على يد كل من (Smith, Wischmeier) والتي تم تطبيقها على مستوى ١٠٠٠٠ مشارة فلاحية بمناطق عديدة في الولايات المتحدة الأمريكية متقايسة الأبعاد على سفوح متجانسة الانحدار وكان الهدف الأساسي آنذاك هو تحديد تأثير شدة الأمطار في عملية التعرية، علما وأن محاولة متابعة وقياس تأثير الأمطار الطبيعية يتطلب سنوات عديدة من الدراسة والمتابعة والقياس. ولتجاوز هذه المعضلة تم اللجوء إلى استعمال المقلد المطري (rain simulation) فيقع متابعة نسق التعرية ومختلف آلياته تحت وطأة زخات مطرية متباينة والتي كان لها تأثيرات متفاوتة على

نسـق النفاذيـة وقـوة الجريـان ونسـبة الرواسـب المحمولـة وكـان كـل ذلـك فـي علاقـة مباشـرة بمختلف أنواع التربة وكذلك باستخدامات الأرض. إن ظهور هذه المعادلة وتعدد تطبيقاتها في الدول الغربية لم يحل دون انتشارها في العالم العربي وخاصة في شمال إفريقيا ويعتبر المغرب الأقصى رائدا في تطبيق هذه المعادلة وتثمين النتائج التي تم الوصول إليها وذلك بوضع قاعدة بيانات وبنك معلومات يحيطان بكل جوانب تعرية التربة. وفي هذا الإطار تعتبر دراستي الباحثين علي الفالح (٢٠٠٤) وعبـد الحميـد صـديقي (٢٠٠٥) والأبحاث التي تلتهما من أهم الدراسات التي أدت إلى نتائج قيمة، رغم أنها لم تكن الأولى على مستوى المملكة المغربية، فقد أجرى الباحث عبد الحميد صديقي تطبيق النمذجة على الحوض المائي لوادي بوصواب الذي يمتد على مساحة تتجاوز ٢٥٢٢٠ هكتار وذلك بهدف تقدير فقدان التربة بمختلف أنحاء الحوض وتحديد درجة تأثير مختلف العوامل المتدخلة في عملية الانجراف. وتم الوصول إلى أن التدخل البشري وتغير استخدامات الأرض على طول السفوح يعتبر المسؤول الأول عن تفاقم فقدان التربة التي تراوحت قيمتها بين ٠.٠٩٢ طن/هك/السنة و١١٥٩.٥ طن /هك/السنة (صديقي، ٢٠٠٥). وقد سمحت هذه الدراسة من كشف مدى التعقيد والترابط بين مجمل العوامل المساهمة في التزايد غير الطبيعي لفقدان التربة خاصة في المناطق التي تشهد ضغطا بشريا هاما.

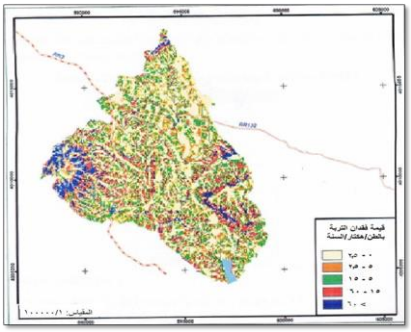
أما الباحث علي الفالح فقد طبق أولى مبادراته في التقييم الكمي لفقدان التربة على مستوى الحوض الكبير لوادي أكنول- ماركيت في مرتفعات وجدة بالريف الأوسط اعتمد فيها الباحث على منهج المقارنة بين نموذج النظير المشع السيزيوم ١٣٧ من جهة والمعادلة العالمية لفقدان التربة من جهة أخرى. الدراسة الثانية أجريت سنة ٢٠١٠ ولم تكن الأخيرة حيث طبقت في الوحدة التضاريسية التي تسمى "الريف الأوسط" والتي تعتبر من أكثر المناطق هشاشة وذلك بأخذ حوض أكنول أنموذجا. وقد أكدت نتائج النمذجة أن فقدان التربة تراوح بين ٧.٤ طن/هك/السنة و٢٣.٢ طن/هك/السنة وقد أكد الباحث وجود هامش ملموس من الخطأ لأن هذا النموذج صمم في الأصل من أجل أن يطبق على مستوى قطع صغيرة.

أما التطبيقات والدراسات التي شملت منطقة الدراسة أو التخوم القريبة منها فلم تكن بالقليلة أهمها دراسة الباحثة إنصاف الشريف (٢٠١٢) التي تمحورت حول وضع مقاربة كمية لتقدير تآكل التربة بحوض وادي العقلة بولاية زغوان. لم تكتف الباحثة بتطبيق معادلة (Wischmeier) فحسب بل سعت إلى تطويرها وتنقيحها بهدف ملاءمتها مع الظروف المحلية التي لها تأثير مباشر على عملية التعرية بالحوض المائي وقارنت نتائجها بالنموذج الرياضي المعتمد من طرف المنظمة العالمية للزراعة والتغذية. لهذه الدراسة أهمية بالغة سيما وأن هذا الحوض يعتبر

الحوض المجاور لوادي الجوف ولا تفصل بينهما سوى جبال الدغافلة وكاف النسورة والسفوح الجنوبية الشرقية لجبل زغوان. تراوحت قيم فقدان التربة بين ٢.٥ طن/هك/السنة و٦٠ طن/هك/السنة. الشكل (٢).

هنالك دراسة ثالثة قام بها الباحث المنجي المهدواني سنة ٢٠١٤ تخص الحوض المائي لسبخة المكنين والروافد التي تغذيه. علما وأن هدفه من النمذجة هو الإجابة عن السؤال التالي هل تفقد التربة مكوناتها في المناطق السهلية حتى وإن كان الانحدار ضعيفا، والنتيجة أن معدل فقدان التربة كان في حدود ١٢ طن/هك/ السنة. هذا يعني أن عملية التعرية لا تقتصر فحسب على عامل الانحدار ولكنها ذات صلة بعوامل أخرى يمكن أن تتصل حتى بكيفية انتظام حبيبات التربة وكيفية تفاعل قطاع التربة مع تعاقب الفترات الجافة جدا مع الفترات الممطرة.

الشكل (٢): نتائج التقدير الكمي للتربة المفقودة في الحوض المائي لوادي العقلة حسب نموذج المعادلة العالمية لفقدان التربة



المصدر: إنصاف الشريف ،٢٠١٢ (بتصرف)

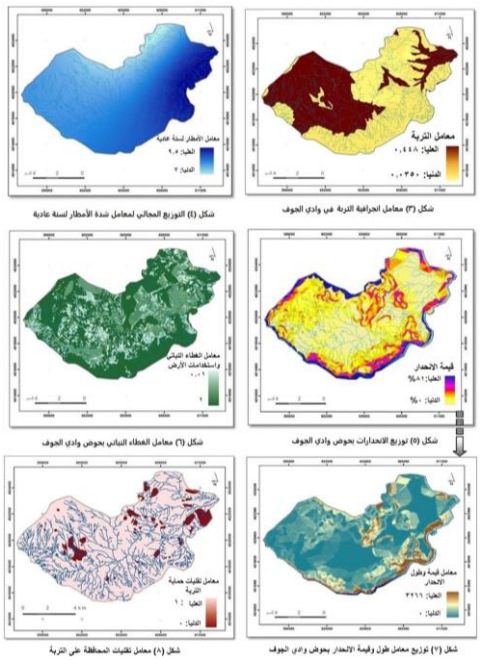
يمكن إضافة دراسة أخرى اعتمدت على النمذجة وفقا للمعادلة العالمية لفقدان التربة قامت بها الباحثة نعيمة عزيز سنة ٢٠١٦ وذلك في إطار أطروحة دكتوراه على مستوى الحوض المائي لوادي المسين بولاية زغوان والذي يقع على الحدود الغربية لمنطقة الدراسة ويمتد على مساحة ٤ كم^{٢}. إن الهدف من هذه الدراسة هو التوصل إلى تقدير كمي دقيق لفقدان التربة وذلك بالاعتماد على أكثر من نموذج بهدف حصر العوامل الأكثر تدخلا في عملية التعرية. ولبلوغ هذا الهدف طبقت الباحثة المعادلة الرياضية لـ(Wischmeier) التي مكنت من احتساب معدل فقدان التربة النوعية الذي كان في حدود ٣٢ طن/هك/السنة. وهو معدل يكاد يكون منسجما مع متوسط فقدان التربة الذي تم التوصل إليه عبر طريقة النمذجة التي اعتمدت فيها على الرواشم المشعة والمتمثلة أساسا في تتبع اختلاف نشاط النظير المشع السيزيوم ١٣٧ في مختلف

أنحاء الحوض المائي الذي وقع تقسيمه إلى وحدات متجانسة. والنتيجة أن متوسط فقدان التربة النوعية كانت في حدود ٣٤ طن/هك/السنة وهو معدل قريب جدا من المتوسط الذي تم احتسابه بتطبيق نموذج (Wischmeier) وفي ذلك تأكيد على الأهمية التطبيقية لهذين النموذجين رغم الحدود والنقائص التي اعترضت كل الباحثين الذين اعتمدوا خاصة على المعادلة العالمية لفقدان التربة.

١ –تطبيق نموذج Wischmeier على الحوض المائي لوادي الجوف:

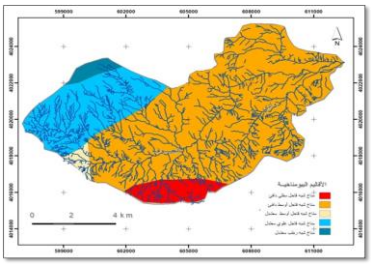
يخضع تطبيق هذا النموذج الرياضي إلى ست معاملات أساسية تتصل مباشرة بالأمطار، قيمة الانحدار، طول السفوح، انجرافية التربة، استخدامات الأرض ومختلف الوسائل المستخدمة لحمايتها، وسنبحث في خصوصيات كل عامل تباعا:

مدخلات المعادلة العالمية لفقدان التربة



المصادر: الخريطة الجيولوجية والطبوغرافية والفلاحية الرقمية لولاية زغوان ١/٥٠٠٠٠ ومعطيات التساقطات الصادرة عن معهد الرصد الجوي (١٩٥٣–٢٠١٣) وصور Google Earth Pro 2018.

– **معامل المطر (Rain factor)**: تبرز الخريطة البيومناخية التي تم إعدادها على ضوء تصنيف دي مارتون بأن أغلب أجزاء الحوض المائي هي ذات مناخ شبه قاحل وسطي دافئ، وتقتصر المناخات الشبه رطبه فقط على أجزائه الشمالية الغربية والتي تتوافق مع أكثر السفوح انحداراً. ويصبح المناخ جافاً أكثر وشبه قاحل سفلي كلما اتجهنا نحو أطرافه الجنوبية الشكل (٩).



الشكل رقم (٩): الأقاليم لبيومناخية لحوض وادي الجوف

المصدر: بيانات الخريطة الفلاحية الرقمية لسنة ٢٠٠٣ والتي أنجزت حسب تصنيف دي مارتون

تم حساب متوسط معامل المطر (R) من خلال جمع بيانات الهطول المطري للفترة ما بين (١٩٥٣ – ٢٠١٣) وذلك من خلال المحطات المناخية الواردة بالجدول أدناه رقم (١)، فقد بلغت في محطة مقرن (٤٨٢.٤ملم)، وتقارب المعدل المسجل في محطة زغوان بنحو (٤٦٤.٤ ملم)، وفي محطة عين الصفاية (٤٦١.٧ ملم)، وسجلت محطة الزريبة معدلا في حدود (٤٢١.٥ ملم) أما محطة صواف الزريبة فسجلت (٣٩٦.٢ ملم) كأقل معدل سنوي للأمطار. بشكل عام تتقارب المتوسطات المطرية في كل المحطات المذكورة. علما وأنه تم الاعتماد على كل هذه المحطات من أجل إنجاز خريطة التوزيع المجالي لحدة التساقطات.

جدول رقم (١) معدل الأمطار السنوي بالمحطات المعتمدة للفترة ما بين(١٩٥٣-٢٠١٣)

محطة الارصاد	معدل الامطار السنوي ملم
الزريبة عين الصفاية	٤٦١.٧
زغوان	٤٦٤.٤
الزريبة	٤٢١.٥
صواف الزريبة	٣٩٦.٢
مقرن	٤٨٢.٤

المصدر: البيانات الصادرة عن المعهد الوطني للرصد الجوي في تونس في الفترة ما بين ١٩٥٣ – ٢٠٠٣

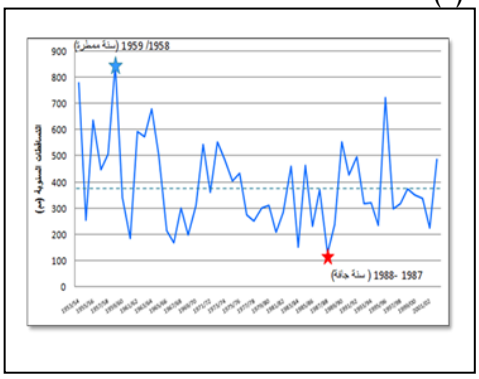
ومن خلال النظر للجدول (٢) تبين أن معدل الأمطار الشهري للفترة ما بين (١٩٥٣ – ٢٠١٣) قد تصدر فيها شهر أكتوبر أكبر الكميات المطرية المسجلة وذلك بنحو ٦٣.٠ ملم يليه شهر يناير بـ ٥٦.٥ ملم وبالتالي الحوض المائي يخضع إلى نظام مطري ذو ذروة خريفية-شتوية علما وأن كميات الأمطار تقل بشكل كبير في شهر يوليو الذي يسجل معدلا دون ٥ ملم. لا بد من الإشارة إلى أنه من الضروري احتساب هذه المعدلات لكنها في الواقع لا يمكن أن تعكس تذبذبها واختلاف نسقها ووطأة قطراتها خاصة إذا تم الأخذ بعين الاعتبار الأمطار الخريفية الشديدة التي تأتي بعد فترة جفاف قاسية تكون فيها القشرة السطحية للتربة متراصة ومتكلسة بسبب أهمية الصعود الشعيري للماء وبتقلص حجم وعدد مساماتها فتزداد حساسية التربة للانجراف.

جدول (٢) معدل الامطار الشهري للفترة ما بين (١٩٥٣-٢٠١٣) م

الشهر	المتوسط
أغسطس	13,1
يوليو	4,9
يونيو	11,0
مايو	26,3
أبريل	40,9
مارس	43,4
فبراير	45,0
يناير	56,5
ديسمبر	46,5
نوفمبر	51,0
أكتوبر	63,0
سبتمبر	37,8
الإجمالي	439,4

المصدر: البيانات الصادرة عن المعهد الوطني للرصد الجوي في تونس في الفترة ما بين ١٩٥٣ – ٢٠٠٣

إن الاعتماد على المتوسطات المطرية يعتبر كافيا إذا ما تم الاشتغال على مناطق يكون فيها النظام المطري ونسق التساقطات غير متذبذبين، لكن المناخ المتوسطي يعرف بتذبذب أمطاره على المستوى السنوي والفصلي وحتى اليومي. ولإنجاز نمذجة دقيقة تكون أكثر مصداقية، كان من الضروري الاعتماد على تسجيلات الأمطار اللحظية، لكنها إمكانية غير متاحة بالنسبة لمنطقة الدراسة بحكم عدم توفر التجهيزات اللازمة. ولتجاوز هذه العقبة اتجهنا نحو دراسة تفصيلية أكثر للتساقطات، وتم الاعتماد فيها على إعداد ثلاث خرائط: إحداها لسنة جافة، وأخرى لسنة ممطرة كما في الشكل رقم (١٣) ورقم (١٢)، والأخيرة تخص سنة ذات أمطار عادية الشكل (٤)



المصدر: البيانات الصادرة عن المعهد الوطني للرصد الجوي في تونس في الفترة ما بين ١٩٥٣ – ٢٠٠٣

وبناء على هذا المسار المنهجي يتضح من الخريطة (١٢) أن قيمة معامل المطر العليا في السنة الممطرة تراوح بين ٧١ كقيمة قصوى في الأجزاء الشرقية من الحوض المائي، أما القيمة الدنيا فكانت في حدود ٣٣ وتشمل كل الأجزاء الشمالية من الحوض المائي.

أما بالنسبة للسنوات الجافة فإن قيمة معامل الأمطار وتوزيعها المجالي قد اختلفا عن السنة الممطرة. فتراوحت قيم المعامل بين ٥٧ في الأجزاء الجنوبية من الحوض المائي لوادي الجوف أما القيم الدنيا فكانت في حدود ٥ في الأجزاء الشرقية منه (الشكل ١٣). علما وأن هناك تطابقا نسبيا بين المناطق التي تشهد شدة في الأمطار في السنة الجافة والمناطق التي سجلت أعلى معدلات التعرية في ذات السنة وهذا أمر يفسر تكون عملية التعرية وبالتالي أكبر من أن نخضعها إلى عامل واحد. ولعل الاعتماد على خريطة التساقطات المتوسطة تكون أكثر جدوى وأقرب إلى الصحة لأنها تأخذ بعين الاعتبار التغير البيسنوي لنسق الأمطار.

– **معامل درجة وطول الانحدار**: هناك علاقة طردية بين درجة الانحدار وحدة الانجراف. فكمية التربة المفقودة بفعل الانجراف المائي تزداد طرديا مع تزايد طول السفح ودرجة انحداره. فبزيادة طول السفح وتحدره تزداد كمية التربة المفقودة بسبب زيادة مسافة الجريان السطحي وسرعته (بركات، ٢٠١٨، ص٢٣). هذا ويجدر بنا القول بأن معظم السفوح الوسطى تأخذ أشكالا مقوسة وهي التي

تكـون أكثـر عرضـة لعمليـة الانجـراف وتكثـف الأخاديد وتعمقها. وتبرز خريطة الانحدارات نسبة انحدار عالية في الأجزاء الشمالية التي تتوافق مع السفح الجنوبي الشرقي لجبل زغوان الذي يأخذ شكل جرف عمودي شديد الانحدار ويتوافق هذا السفح مع مرآة انكسار شديد الانحدار راكب فوق الطيـات الكريتاسـية التـي تسـببت فـي ارتفـاع الصخور الكلسية ذات العمر الجوراسي فطمست نسبيا تكوينات المحدب الكريتاسي. إن ركوب الصخور الكلسية على قاعدة بلاستيكية طينية يساهم بشكل أو بآخر في عدم استقرار السفوح خاصـة إذا تلازمـت الأمطـار الشـديدة مـع الانحدارات الشديدة فتنشط الانزلاقات الأرضية وعمليات الدحب التي تمس كامل قطاع التربة وذلك على مستوى هنشير الجوف والسفح الجنوبي لسيدي مدين. أما على مستوى الحدود الجنوبية للحوض فإن نسب الانحدار تتزايد على السفح الشـمالي المنجـرف لمرتفعـات كـاف النسـورة المنحوتة في صخور حثية معروفة بقلة تماسكها فـي الأعلـى وصلصـالية – رمليـة علـى السـفوح الوسطى والعليا.

بالاعتماد على خريطة نسب الانحدارات وخريطة طول السفوح تم التوصل إلى المعامل (LS) الذي يزاوج بين قيمة الانحدار وطوله وذلك بعد معالجة حسـابية تحـت برنـامج (ARCGIS). ويعتبـر العامل الطوبوغرافي من بين العوامل الأساسية المؤثرة في عملية التعرية المائية.

توضح الخريطة (٧) أن قيم عامل درجة الانحدار وطوله (LS) تتراوح ما بين الصفر في المناطق المنبسـطة و (٣٢٦٦) فـي المنـاطق شـديدة الانحدار، خاصة فوق السفوح الشمالية والجنوبية الشرقية للحوض المائي وتشمل الظاهرة أيضا جروف الحوادير التي تبرز في شكل وحدات منفصلة ومنتشرة في الأجزاء الوسطى والشمالية من الوادي وكذلك حول حواف مصاطب الأودية.

– **معامل الغطاء النباتي:** يعد الغطاء النباتي عاملا مساهما في التقليل من انجراف التربة بفعل السيلان السطحي، لكن قدرته على مقاومة الانجراف تختلف حسب نوع الغطاء النباتي علما وأن الأراضي العارية تمثل قرابة نصف مساحة الحوض المائي (٤٩.٩٧ %).يظهر لنا الجدول (٣) التوزيع المجالي للغطاء النباتي، حيث نجد أن الحبوب تمتد على مساحة (١٠.٣٧كم^{٢}) أي بنسبة ٨.٩٦% والمراعي (١٠.١٣ كم^{٢}) بنسبة ١٣.٩٥% تأتي في المراكز الأولى على التوالي من حيث مساحة الوادي، وفيه تتركز الحبوب بالأجزاء الوسطى من الجهة الشرقية، وتتوزع المراعي على معظم اتجاهات الوادي. تليها أشجار الزيتون (٨.٦١ كم^{٢}) بنسبة ١١.٠٢%، ثم أشجار الصنوبر الحلبي (٦.٨٤ كم^{٢}) بنسبة ٨.٩٦%، وتأتي الأشجار المثمرة (٠.٤٩٥ كم^{٢}) بنسبة ٠.٦٥ % والخضروات (٠.٣١٨ كم^{٢})

بنسبة ٠.٤٧٠% في المراكز الأخيرة، بينما أراضي الفضاء الخالية من الغطاء النباتي تبلغ ما يقرب من نصف مساحة الأراضي المغطاة بالغطاء النباتي بنحو (٤٩.١٤ كم^{٢}) بنسبة ٤٩.٩٧% وتتمثل في الأجزاء الجنوبية، والجنوبية الشرقية، والشمالية والغربية مما يدل على أن تلك المناطق معرضة لانجراف التربة وذلك يتوافق مع خريطة انجراف التربة.

جدول (٣) توزيع الغطاء النباتي بحوض وادي الجوف

نوع الغطاء النباتي	المساحة/كم^{٢}	النسبة %	نوع الغطاء النباتي	المساحة/كم^{٢}	النسبة %
الصنوبر الحلبي	٦.٨٤	٨.٩٦	أشجار مثمرة	٠.٤٩٥	٠.٦٥
حبوب	١٠.٣٧	١٥.٠٧	خضروات	٠.٣١٨	٠.٤٧٠
مراعي	١٠.١٣	١٣.٩٥	الأراضي الجرداء	٤٩.١٤	٤٩.٩٧
زيتون	٨.٦١	١١.٠٢	الإجمالي	٨٥.٩٠٣	١٠٠

المصدر: بيانات الخريطة الفلاحية الرقمية لسنة ٢٠٠٣ و صور (Google Earth, 2018) المصححة

وقد تم إعداد الخريطة رقم (١٠) والتي توضح التوزيع النوعي والمجالي للغطاء النباتي وانطلاقا منها تم احتساب معامل استخدامات الأرض (C) بحوض وادي الجوف. يمكن اعتبار منطقة الدراسة هي بالأساس منطقة رعوية تعتمد بدرجة أولى على النشاط الرعوي المفتوح الذي يتم على حساب غطاء نباتي طبيعي يكسو السفوح الأكثر انحدارا وكذلك على تعاطي زراعة الحبوب وزراعة الزيتون بدرجة ثانية. وهذه الأنشطة من شأنها أن تزيد في هشاشة السفوح وزيادة قابلية انجرافها وذلك بناء على المعطيات التالية والتي أثبتها العديد من علماء التربة والمختصين في الديناميكية الجيومورفولوجية الحديثة. فإذا أخذنا بعين الاعتبار تذبذب الأمطار وتراجع متوسطاتها السنوية فإن ذلك سيساهم في تراجع المساحات الرعوية المندمجة في المجالات الزراعية وبالتالي تزايد الضغط على المراعي الطبيعية الهامشية وغير المحسنة. علما وأن هذه المراعي تتكون من غطاء نباتي طبيعي يتأقلم مع طول مدة الجفاف وتذبذب نسق الأمطار ويساهم في حماية التربة. كذلك الاعتماد سنويا على الزراعات الكبرى يؤثر سلبا على التربة التي تبقى عارية طيلة فصل الصيف وفصل الخريف فتكون عرضة لوطأة الأمطار وقوة الرياح، ناهيك أن أساليب التعرية حتى وإن تراجعت في الشتاء فإنها لا تضمحل تماما لأن الحبوب تتميز بنسبة تغطية نباتية ضعيفة مقارنة مع بعض أنواع الزراعة الأخرى. أما بالنسبة إلى أشجار الزيتون، فهي الأخرى تسمح بتشكل الأخاديد وذلك خاصة فوق السفوح الطويلة وتتزايد حدة الانجراف بتزايد المسافة الفاصلة بين الأشجار وكلما صغر أيضا حجم الشجرة لأن الأشجار المعمرة والضخمة تحمي التربة التي تحتها بهيكلها الذي يقلص من شدة وقع قطرات الأمطار خاصة لما يتعلق الأمر بالأمطار الرعدية. (كوليني، جون، 2002). وبناء على هذه الاستنتاجات تم تمثيل هذا المعامل مجاليا وذلك بالاعتماد على بحوث تجريبية تم انجازها من طرف العديد من الباحثين

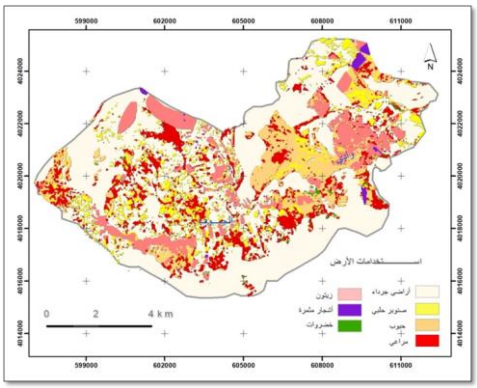
في المناطق ذات المناخ المتوسطي، وتبين أن قيم هذا المعامل تنخفض في الأجزاء الجنوبية والشمالية، والشمالية الغربية، وكذلك الشرقية في شكل نطاقات ضيقة وبعض المواقع الداخلية المتباعدة وذلك بسبب غياب الغطاء النباتي.

جدول (٤) معامل الغطاء النباتي حسب تصنيف كورماري وماسون، سنة ١٩٦٤

نوع الغطاء النباتي	المؤشر (c)	نوع الغطاء النباتي	المؤشر (c)
المجالات المبنية	١	غابة كثيفة	٠.٠٠١
الأراضي الجرداء	١	غابة غير كثيفة	٠.٠٠٥
أشجار مثمرة	٠.٩	أحراج	٠.٠١١
زياتين	٠.٦	مراعي طبيعية	٠.٠١٥
حبوب شتوية	٠.٧	مراعي طبيعية محسنة	٠.٠٠١
زراعة الخضروات	٠.٢٥	كروم وأشجار مثمرة	٠.٩
زراعة الأعلاف	٠.٢		

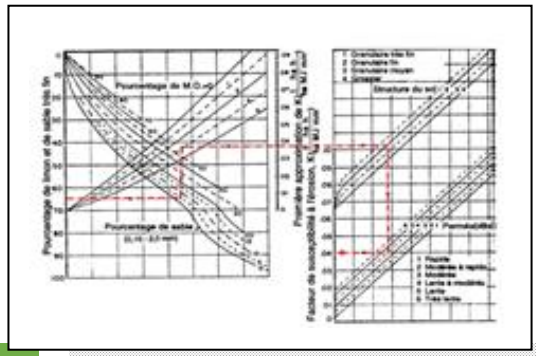
المصدر: (كورماري وماسون، ١٩٦٤، الغرواني ، ٢٠٠٨ و المهدواني ، ٢٠١٤ و عزيز نعيمة ، ٢٠١٦

شكل (١٠): توزيع أنواع الغطاء النباتي



المصدر : بيانات الخريطة الفلاحية الرقمية لسنة ٢٠٠٣ و صور (Google Earth Pro, 2018) المصححة ونتائج بحوث كرورماري وماسون ، ١٩٦٤

– **معامل انجرافية التربة:** هو مؤشر يحدد مدى قابلية التربة للانجراف المائي وذلك حسب بنية التربة، نضج القطاع، النسيج الحبيبي، نسبة المادة العضوية التي تحتوي عليها، مساميتها وكذلك نفاذيتها. لأنها كلها عوامل تتدخل في عملية التعرية وهي التي تحدد أيضا أساليب الانجراف وآلياته حسب مختلف الوحدات المورفوبيدولوجية، وللتمكن من تحديد كل هذه الخصائص فإن الأمر يقتضي إجراء مجموعة من التحاليل من أجل الوصول إلى معامل نهائي لكل عينة تم انتقاؤها. مع العلم أن مختلف الدراسات التي أجريت في العالم في مجال التعرية المائية، أكدت على أن الترب ذات نسيج طميي /رملي تعتبر الأكثر عرضة للانجراف لأنها تمثل بيئة مناسبة لظهور مختلف أساليب التعرية الميكانيكية وهي الأكثر خطورة على التربة خاصة غير محمية منها. كما يمكن الاعتماد على النموذج التالي لتصنيف كل العينات حسب معامل قابليتها للانجراف.



شكل (٢) نموذج (Wischmeier) لتقدير انجراف التربة

المصدر: صديقي عبد الحميد، ٢٠٠٥

يساعد النموذج الذي وضعه Wischmeier على الاحتساب المباشر لمعامل انجراف التربة وذلك لتفادي اللجوء إلى الطرق الرياضية المعقدة. وهذا النموذج يسهل البعد التطبيقي لهذه المعادلة خاصة بالنسبة للبحوث التي لا تعتمد على نتائج تحليل التربة. أخذنا مثالا تطبيقيا لعينة من عينات التربة التي تحتوي على ٦٥ % من الرمل الدقيق جدا و٥ % من الرمل الخشن و٣ % من المادة العضوية ومؤشر النفاذية في حدود ٥ (بطيئة) وقدر مؤشر بنية التربة في حدود ٢. نهاية السهم الأحمر على النموذج وهكذا يمثل معامل انجراف التربة الذي هو في حدود (٠.٠٠٤). يتطلب تسهيل التعامل بهذا النموذج تقسيم الحوض المائي إلى وحدات مورفوبيدولوجية متجانسة من أجل احتساب المعامل الخاص بالعينة المأخوذة ومن ثم تعميم النتيجة على كامل الوحدة. وبناء على نتائج المعالجة الرقمية والكارتوجرافية التي أنجزت تحت برنامج (Arc GIS) تمكنا من الحصول على التمثيل المجالي لمعامل انجرافية التربة شكل (٣) والتي تراوحت قيمه بين (٠.٤٤٨) كقيمة قصوى و (٠.٠٣٥٨) كقيمة دنيا. علما وأن أكثر الترب عرضة للانجراف هي التي تتركز في المجرى الأعلى الشمالي الغربي من الحوض المائي وكذلك في المجرى الأسفل أي منطقة المصب التي تتجمع فيها كل الروافد. علما وأن هذه الترب الهشة تتوافق مع المناطق التي سجلت أعلى قيم فقدان التربة أما أكثرها مقاومة للانجراف فنجدها أساسا في الجزء الأوسط من الحوض المائي خاصة تلك التي تتوافق مع سطح الحوادير الممدودة في شكل سيور وأذرع ضعيفة الانحدار ويكسو سطحها حطام وفتات صخري وهو ما يحول دون إمكانية تعمق المجاري المائية وتركزها.

– معامل تقنيات ووسائل المحافظة على التربة:

يبرز هذا المعامل مجمل التدخلات البشرية المتعاقبة للحد من التأثير المباشر لعوامل التعرية المائية. علما وأنه تم الاعتماد على الجرد والتمثيل المجالي لمختلف التقنيات المنجزة من طرف وزارة الفلاحة والتي وردت على الخريطة الفلاحية الرقمية التي تم انجازها سنة ٢٠٠٣ وتم تحديث المعطيات الخاصة بالحوض بالنسبة للمجالات التي تم تهيئتها بمصاطب وحواجز صخرية عن طريق صور (Google Earth, 2018) المصححة تحت نظام (UTM) والتي أخذت على سلم كبير (١/٥٠٠٠). ويتضح من خلال الخريطة أن المجالات التي استفادت من مختلف تقنيات التهيئة الريفية هي التي سجلت أدنى قيم الانجراف. لكن الاستثناءات واردة لأن العقوم إذا ركزت على سفوح ذات هيمنة للتربة الطمية–الرملية فإن ذلك يؤدي مباشرة إلى انتشار أساليب التعرية الميكانيكية من جهة والتخوير من

جهة أخرى، والتي من شأنها أن تزيد من قيم فقدان التربة على السفوح بحوض وادي الجوف.

- **تحليل نتائج النمذجة:** بعد احتساب كل مؤشرات المعادلة العالمية لفقدان التربة والمتمثلة في (معامل المطر – معامل التربة – معامل الغطاء النباتي– معامل الانحدار وطول الانحدار– معامل تقنيات المحافظة على التربة) يبقى أمامنا تحليل النتائج، وتفسير ظروف التعرية والمقارنة المجالية بين مختلف أجزاء الحوض والمقارنة الزمنية التي سنفسر من خلالها تأثير تغير نسق الأمطار على عملية التعرية وأساليبها وذلك بالاعتماد على خرائط الأمطار لسنة ممطرة ثم لسنة جافة لتخلص في النهاية إلى ظاهرة التعرية في سنة عادية. إن إعادة عملية النمذجة مرة بالنسبة لسنة ممطرة ومرة أخرى بالنسبة لسنة جافة أمر يساعد على الخروج بمجموعة من الاستنتاجات حول مدى تأثر الحوض المائي وعملية التعرية بتذبذب الأمطار. ففي السنة الممطرة وصلت أعلى قيمة لفقدان التربة إلى (١٦٣) طن/هك/سنة، خريطة رقم (١٢) وتظهر في المناطق الجنوبية والشرقية وبعض الأجزاء الداخلية الوسطى والغربية، أما في السنة الجافة فقد بلغت أعلى قيمة نحو (٥٨) طن/ هكتار/سنة لكن التوزع المجالي لفقدان التربة لم يكن نفسه بين السنة الممطرة والسنة الجافة كما تبرزه الخريطتان شكل (١١-١٢).

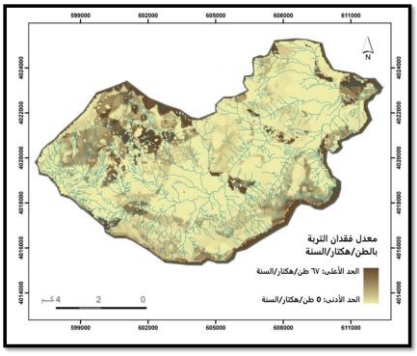
- **دراسة التوزيع المجالي لفقدان التربة حسب الوحدات المورفوبيدولوجية:** بعد استكمال احتساب كل معاملات المعادلة العالمية لفقدان التربة بالحوض المائي لوادي الجوف يبقى أمامنا تحليل النتائج، تفسير ظروف التعرية والمقارنة المجالية بين مختلف أجزاء الحوض والمقارنة الزمنية التي سنفسر فيها تأثير تغير نسق الأمطار على عملية التعرية وأساليبها وذلك بالاعتماد على خرائط الأمطار لسنة ممطرة ثم لسنة جافة للوصول في النهاية إلى ظاهرة التعرية في سنة عادية.

*** تقديرات التربة المنجرفة وتوزيعها المجالي خلال سنة عادية:**

تم تصنيف درجات خطورة انجراف التربة بمنطقة الدراسة إلى ثلاث درجات من ناحية قيم فقدان التربة كما يتضح في الجدول رقم (٥) ويتبين لنا أن أعلى قيم فقدان التربة ذات الانجراف العالي جداً تصل إلى حدود ٦٧ طن / هك/ السنة وذلك خلال الأمطار العادية، مع العلم أن وزارة الفلاحة في الجمهورية التونسية كانت قد وضعت عتبة الانجراف في حدود ٤٠ طن / هك/ السنة كمنعرج لدق ناقوس الخطر لبداية تدهور لا رجعة فيه، لتصبح فيه عملية الانجراف والسيطرة على أساليبها مستعصية (نصري. صلاح، ٢٠٠٢)، وتعتبر نتائج هذه الخريطة هي الأقرب إلى الواقع لأنها بُنيت على متوسط الأمطار لا على

الأحداث المطرية الاستثنائية المتطرفة والتي من الضروري الإشارة اليها لكن دون الاعتماد عليها. وبالرجوع إلى الخريطة، فإن الأجزاء الشمالية الغربية ومصب الوادي هي أكثر الأجزاء عرضة للانجراف بحكم تضافر كل العوامل، لكن في أسفل المجرى المائي (قرب المصب) فإن تركز المياه الجارية وارتفاع معامل انجرافية التربة وشدة الأمطار هي الأكثر تدخلا في عملية الانجراف، رغم أن الانحدار (LS) في هذا الجزء من الحوض ضعيف.

شكل (١١): فقدان التربة لسنة عادية حسب المعادلة العالمية لفقدان التربة



المصدر: الباحثة باستخدام النمذجة لمختلف معاملات المعادلة وذلك بالاستعانة ببرنامج (Arc GIS)

جدول (٥) توزيع قيم انجراف التربة بالطن/هك/السنة

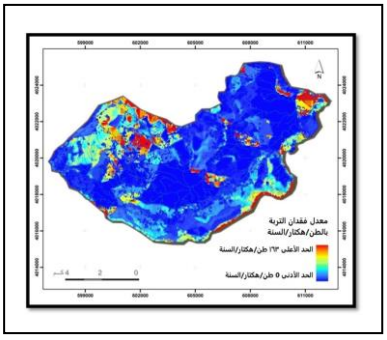
تصنيف الخطورة	مؤشر الانجراف (بالطن/هك/السنة)	المساحة (كم٢)	هك	النسبة %
انجراف ضعيف	من ٠ – ١٥	٦٤.٣٠١ ٧	٦٤٣٠.١ ٧	٧٤.٨ ٥
انجراف متوسط	من ١٥.١ –٤٠	٢٠.٣٧	٢٠٣٧	٢٣.٧ ٩
انجراف عالي	من ٤٠.١ –٦٧	١.١٧٠	١١٧	١.٣٧
الإجمالي	–	٨٥.٩٠٣	٨٥٨٤.٩	١٠٠

المصدر: نتائج المعالجة الإحصائية باستخدام برنامج (Arc GIS)

*** تقديرات التربة المنجرفة وتوزيعها المجالي خلال سنة ممطرة:**

أما في السنة الممطرة التي تتوافق مع سنة ١٩٥٨ –١٩٥٩، فإن التوزع الكمي والمجالي كانا مختلفين عن السنة العادية وذلك مرتبط بتغير اتجاه الرياح وتغير طبيعة الأمطار من جبهية إلى رعدية.

شكل (١٢): فقدان التربة لسنة ممطرة



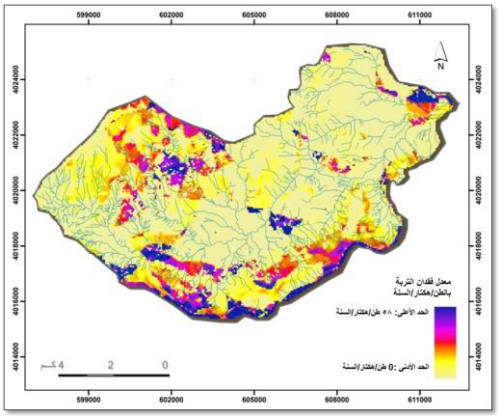
المصدر: الباحثة باستخدام النمذجة لمختلف معاملات المعادلة وذلك بالاستعانة ببرنامج (Arc GIS)

*** تقديرات التربة المنجرفة وتوزيعها المجالي خلال سنة جافة:**

عملية النمذجة بالنسبة لسنة جافة والتي تتوافق

مع سنة ١٩٨٧ – ١٩٨٨، أعطت توزيعا مجالياً مختلفا نسبيا عن السنوات العادية. وإن هذا التغير في ارتباط مباشر بتغير اتجاه الرياح وتغير طبيعة الأمطار من أمطار جبهية قادمة من الشمال الغربي والتي تتلاشى فاعليتها كلما توغلت نحو وسط البلاد التونسية إلى أمطار تصاعدية رعدية ناتجة عن ارتفاع غير عادي لدرجات الحرارة فتتسبب في نزول أمطار وبرد يكون وقعهما أكثر شدة على التربة وكذلك على الغطاء النباتي الذي يحميها.

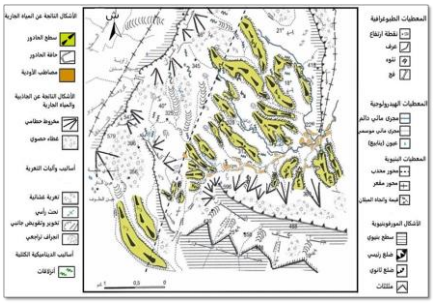
شكل (١٣): فقدان التربة لسنة جافة حسب المعادلة العالمية



المصدر: الباحثة باستخدام النمذجة لمختلف معاملات المعادلة وذلك بالاستعانة ببرنامج (Arc GIS)

– **دراسة التوزيع المجالي لفقدان التربة حسب الوحدات المورفوبيدولوجية:** من أجل التعمق أكثر في دراسة ظاهرة الانجراف في كل أبعادها، رأينا من الضروري أن نطابق بين ثلاث طبقات من الخرائط تحت ال (Arc GIS) والمتمثلة أساسا في خريطة فقدان التربة، وأساليب التعرية، والوحدات المورفولوجية (شكل ١٤) ووحدات التربة المصنفة حسب النسيج شكل (١٥)، وتعتبر هذه النقطة ذات أهمية قصوى لأنها تمكن من دراسة التعرية من زاوية نظر مورفولوجية لا إحصائية رياضية فقط. إضافة إلى كونها تمثل مرحلة متقدمة من التحليل تمكن من تثمين نتائج المعادلة العالمية لفقدان التربة وكذلك الوقوف عند الحدود والعراقيل التي تحول دون التطبيق الأمثل لهذه المعادلة.

شكل (١٤) الخريطة المورفوبنيويه وأساليب التعرية في حوض وادي الجوف وأحوازه

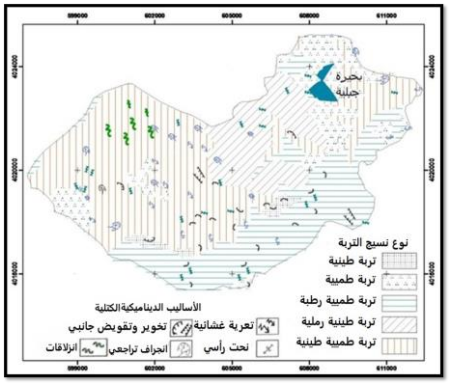


المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطتين الطبوغرافية والجيولوجية بمقياس ١/٥٠٠٠٠

3– **التوزيع المجالي للتعرية حسب نسيج التربة:** تختلف أساليب التعرية حسب نسيج التربة بحيث تنشط التحركات الكتلية للتربة فوق السفوح ذات الترب الطمية الطينية كما هو الحال في

أقصى الأجزاء الشمالية لحوض وادي الجوف، علماً وأن هذه الظاهرة مقترنة بشدة انحدار هذه السفوح وهو ما يفسر غيابها في مصب الوادي لأن الانحدار يصبح ضعيف نسبياً، ونفس هذه الترب الطمية الطينية تهددها أشكال أخرى من التعرية المائية المتصلة بالانجراف التراجعي والتخوير والتقويض في مستوى المجرى الأوسط ، أما التربة الطمية الرملية فتبرز بها التعرية الميكانيكية المرتبطة بتعمق الأخاديد والتعرية الغشائية والتخديد المعمم والتقويض الجانبي على ضفاف الروافد الشكل (١٥).

شكل (١٥) التوزيع المجالي للتعرية حسب نسيج التربة



المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطتين الطبوغرافية والجيولوجية بمقياس ١/٥٠٠٠٠ وكذلك صور (Google Earth Pro, 2018) المصححة.

الخاتمة:

نأتي إلى نهاية هذا البحث الذي أردنا منه أن يكون لبنة وإضاءة جديدة تساهم إلى جانب الدراسات السابقة في مزيد توضيح لظاهرة التعرية وفهمها التي تزداد تعقيدا يوما بعد يوم. ويعتبر الحوض المائي لوادي الجوف من بين المناطق المهددة بعملية التعرية التي تصل في متوسطاتها القصوى إلى ٦٧ / طن / هك / السنة وذلك على مستوى المجريين الأعلى والأسفل للوادي. وذلك بناء على نتائج تطبيق المعادلة العالمية لفقدان التربة. لكن لا بد من تنسيب هذه الحقيقة لأنه من المجحف جدا إخضاع أساليب التعرية وعواملها المتغيرة إلى معادلات النمذجة الرياضية، الأمر الذي يفترض القيام بقياسات مباشرة وتجارب ميدانية مكملة وتساهم أكثر في فهم ظاهرة التعرية، هذه الدراسات الرافدة قادرة على إعطاء نتائج أكثر دقة ويمكن أن تعتمد لتوجيه استراتيجيات التهيئة وذلك للمحافظة على التربة خاصة في ظل تغير استخدامات الأرض والتقنيات المستخدمة أحيانا بطريقة غير عقلانية من جهة والتغيرات المناخية المؤثرة على الموازنة المائية من جهة أخرى. علما و أن النتائج التي تم التوصل إليها في حوض وادي الجوف متقاربة مع قيم فقدان التربة في الأحواض المجاورة بوادي العقلة ٦٠ طن/هك/ السنة (الشريف، انصاف، ٢٠١٢) و ٦٤ طن/هك/ السنة بوادي المسين (عزيز، نعيمة، ٢٠١٦). ويفسر هذا التقارب بانتماء هذه الأحواض المائية الثلاثة إلى نفس المنظومة المناخية وتكاد تتكون من نفس التشكيلات الصخرية التي تتسم بنفس قابلية الانجراف. لكن الاختلافات تتعمق إذا قمنا بعملية

مقارنة إقليمية بين قيم فقدان التربة في المملكة العربية السعودية والمغرب الأقصى لأن كل العوامل المتدخلة في عملية التعرية تتغير جذريا.

قائمة المراجع والمصادر:

١- بركات، منى علي، ٢٠١٨، التنبؤ بكميات التربة المفقودة بفعل الانجراف المائي في منطقة حوض سد الحويز باستخدام المعادلة العالمية (RULSE) وتقانة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (٤٠)، العدد (٥).

٢-بن شيخة، ليليا، ٢٠٠٠، نمذجة تآكل التربة في الحوض المائي لوادي العقلة: تطبيق نموذج KINEROS2، رسالة ماجستير، كلية العلوم بتونس، ٢٠٠ صفحة.

٣- حسن، عز الدين وآخرون، ٢٠١٤، حساب النسبة بين كمية الرواسب الناتجة عن الانجراف المائي للتربة وكمية الرواسب المنقولة في نهر زغارو، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (٣٦)، العدد (٢).

٤-السامرائي، سحاب خليفة وآخرون، ٢٠١٤، أثر العمليات المورفومناخية والمورفوديناميكية (عملية التجوية والتعرية المائية على انجراف التربة في حوض كلالة، المجلد (١٠)، العدد (٣٩)/ السنة العاشرة، كانون الأول، بغداد.

٥-الشريف، إنصاف (٢٠١٢)، وضع مقاربة كمية لتقدير فقدان التربة الناتجة عن التعرية الغشائية في الحوض المائي لوادي العقلة، ولاية زغوان، المدرسة الوطنية للفلاحة بتونس، ١٠٠ صفحة.

٦-صديقي عبد الحميد، ٢٠٠٥، تقدير معدلات التعرية وحالة تدهور التربة في حوض وادي بوصواب ، شمال المغرب : تطبيق النموذج التجريبي (USLE) ، وتقنية النظائر المشعة Cs١٣٧والحاسية المغناطيسية ، رسالة دكتوراه ، جامعة محمد بريمبير ، وجدة ، ٣٢٠ صفحة.

٧-عزيز نعيمة، (٢٠١٦)، الديناميكية الجيومورفلوجية الحالية بالحوض المائي المالح بولجراف محاولة للتقييم النوعي والكمي للانجراف المائي رسالة دكتوراه، جامعة تونس ١، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية بتونس، ٢٩٥ صفحة.

٨- الفالح، علي، (٢٠١٠)، التقييم النوعي والكمي لانجراف التربة بالريف الأوسط، حوض أكنول أنموذجا،

منشورات جمعية، تطوان أسمير، ١٨٣صفحة.

٩- كبيبو، عيسى نور الدين وآخرون، (٢٠١٧)، دراسة انجراف التربة لثمانية مواقع متباعدة متباينة في درجة انحدارها في المنطقة الساحلية وتحت المنظومات الثلاث (غابات – غابات محروقة – تربة زراعية)، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (٣٩)، العدد (١).

١٠- كورماري وماسون، (١٩٦٤)، دراسة الحفاظ على المياه والتربة في مركز الهندسة الريفية بتونس. تطبيق لمشروع نموذجي بتطبيق معادلة Wischmeier لفقدان التربة. كراسات. ORSTOM ، سلسلة عدد 1. المجلد ٢، ص. ١- ٢٠.

١١- كوليني، جون، (٢٠٠٢)، تقييم مخاطر تدهور الأراضي وتحليل المناظر الطبيعية، تونس، IRD، 36 ص.

١٢- المهدواني، المنجي، (٢٠١٤)، دراسة التعرية المائية في شمال ووسط الساحل (شرق تونس)، أطروحة الدكتوراه، ، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية بتونس ٢٧٢ ص.

المراجع باللغة الأجنبية:

13-Wischmeier W-H., (1958). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation ; Soil Sci. Soc. Am. Proc ; 23 ; p. 246-249.

14- Wischmeier W-H. et Smith D-D., (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses : A Guide to Conservation Planning ; Agriculture Handbook ; n°. 537 ; USDA ; Hyatsville ; Maryland ; 67 p.

15-- Nasri S., (2002). Impact hydrologique des banquettes sur les apports liquides et solides dans les lacs collinaires en zones semi-arides de la Tunisie ; INGREFF ; In Bulletin Réseau Erosion n°. 21 ; p. 115-129.