Journal of Nature, Life and Applied Sciences (JNSLAS) • Vol 8, Issue 2 (2024) • P: 11 – 1
https://journals.ajsrp.com/index.php/jnslas
ISSN: 2522-3356 (Online) • ISSN: 2522-3356 (Print)

Water erosion and the vulnerability of ecological balances; The case of the lower part of Oued Za basin (Eastern Morocco)

Dr. BENHAMED Abderrahim*[1], PES. SBAI Abdelkader[1]

[1] Mohammed I University | Oujda | Morocco

Received: 23/05/2024

Revised: 04/06/2024

Accepted: 13/06/2024

Published: 30/06/2024

* Corresponding author: abderrahim.benhamed@ump.ac.ma

Citation: BENHAMED, A., & SBAI, A. (2024). Water erosion and the vulnerability of ecological balances; The case of the lower part of Oued Za basin (Eastern Morocco). *Journal of natural sciences, life and applied sciences, 8*(2), 1 – 11. https://doi.org/10.26389/AJSRP.B230524

2024 © AISRP • Arab Institute of Sciences & Research Publishing (AISRP), Palestine, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract : The Oujda-Taza corridor has witnessed spatial transformations, It has led to problems that threaten the preservation and sustainability of natural resources, One of the most important reasons for these transformations is the problem of water erosion, which is considered an inevitable result of climate change and the extreme natural phenomena it produces. (drought, opening of vegetation cover, concentration of precipitation in time and place), Which led to land degradation in the lower part of the Oued Za basin, exacerbated by human pressure and the accompanying shifts in exploitation patterns that led to the activation and acceleration of morphodynamic processes, creating a group of environmental, economic and social problems (soil loss, dam muddying, population migration). This study aims to know the characteristics of the environment and identify the various factors responsible for the risk of water erosion, and assess the extent of this risk by analyzing the available data, carrying out direct measurements in the field by exploiting the rain simulator, and estimating the amount of soil lost through the Universal Equation for Estimating Lost Soil (USEL). After calculating various factors, it was found that 7% of the basin area is subject to strong erosion, and the average amount of soil lost is estimated at 5.2 tons/ha/year, while direct measurements showed clear differences in the hydrological response and amounts of lost soil as a function of the difference in natural characteristics. (Nature of the soil, degree of slope of the slopes, orientation...) and exploitation patterns (rested land, plowed, direction of plowing...). The amount of removed soil ranged between 0.12 tons/ha for plots with vegetation, and 3.23 tons/ha for bare lands with strong slopes.

Keywords: erosion, rain simulator, geographic information systems, remote sensing, valley, wadi Za, north-eastern Morocco.

التعرية المائية وهشاشة التوازنات البيئية؛ حالة الجزء السفلي لحوض واد زا (المغرب الشرقي)

الدكتور / بنحامد عبد الرحيم*[1]، أستاذ التعليم العالي / اسباعي عبد القادر[1]

[1] جامعة محمد الأول | وجدة | المغرب

المستخلص: عرف ممر وجدة – تازة تحولات مجالية أدت إلى إفراز مشاكل تهدد الحفاظ على الموارد الطبيعية واستدامتها. ومن أهم أسباب هذه التحولات مشكل التعرية المائية، الذي يعتبر نتيجة حتمية للتغيرات المناخية وما تفرزه من ظواهر طبيعية متطرفة (الجفاف، انفراج الغطاء النباتي، تركز التساقطات في الزمان والمكان)، مما أدى إلى تدهور الأراضي بالجزء السفلي من حوض واد زا، زاد من حدته الضغط البشري وما يرافقه من تحولات في أنماط الاستثمار التي أدت إلى تفعيل وتسريع العمليات المورفوديناميةـ مما خلق مجموعة من المشاكل البيئية والاقتصادية والاجتماعية (فقدان التربة، توحل السدود، هجرة السكان ...). تهدف هذه الدراسة إلى معرفة خصوصيات الوسط وتحديد مختلف العوامل المسؤولة عن خطر التعرية المائية، وتقييم مدى هذا الخطر عبر تحليل المعطيات المتوفرة ، والقيام بقياسات مباشرة في الميدان باستغلال المقلد المطري، وتقدير كمية التربة المفقودة من خلال المعادلة العالمية لتكميم التربة المفقودة (USEL). بعد حساب مختلف العوامل، تبين أن 7 % من مساحة الحوض تعرف تعرية قوية، ويقدر متوسط كمية التربة المفقودة ب 5,2 طن/هكتار/سنة، في حين أن القياسات المباشرة بينت الاختلافات الواضحة في الاستجابة الهيدرولوجية وكميات التربة المفقودة وذلك بدلالة اختلاف الخصائص الطبيعية (طبيعة التربة، درجة انحدار السفوح، التوجيه ...) وأنماط الاستثمار (أرض مستريحة، محروثة، اتجاه الحرث ...). حيث تراوحت كمية التربة المنزوعة ما بين 0,12 طن/هكتار بالنسبة للمشارات ذات غطاء نباتي، و3,23 طن/هكتار للأراضي العارية وذات انحدارات قوية.

الكلمات المفتاحية: التعرية، المقلد المطري، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، حوض، واد زا، الشمال الشرقي للمغرب.

1- مقدّمة

يعتبر تدهور الموارد الطبيعية من أهم الظواهر المقلقة خاصة إذا ما ارتبطت بمنطقة تتميز بظروفها الطبيعية غير الملائمة وتعرف تحولات سوسيواقتصادية سريعة مستنزفة للموارد ومخلة بالتوازنات البيئية (بنحامد، 2022)، كما هو الشأن بالنسبة لواد زا في سافلة سد لغراس، الأمر الذي يتطلب دراسة للوقوف على مظاهر هذا التدهور ومدى هشاشة هذه الموارد (بنحامد، 2019).

تتمثل أشكال الدينامية الحالية بالممر وبصفة عامة بما فيها الجزء السفلي لحوض واد زا في هيمنة أشكال التعرية المائية (شاكر، 1998)، المتمثلة في التعرية بالسيل المنتشر والسيل المركز والتعرية بالتخديد (SBAI, 2021). كما أن جل سفوح المجال توجد بها آثار الدينامية الحالية للتعرية (مواديلي، 2022)، وتأتي على رأسها دينامية التعرية الغشائية، وهي السبب الرئيس في فقدان كميات كبيرة من المكونات السطحية ونقلها عبر الأودية لحقينة السدود الكبرى خاصة سد محمد الخامس وسد مشرع حمادي (SBAI et al , 2021) ، ويتحكم في حدوث ونشأة التعرية داخل المجال طبيعة التكوينات الجيولوجية بالمنطقة ونوع التربة، ودرجة الانحدار، وتوجيه السفوح، ثم أنماط الاستثمار البشري للأراضي (مواديلي، 2021).

2- الإشكالية

إن أخطار التعرية المائية التي يعرفها الجزء السفلي لحوض واد زا بممر وجدة-تازة منذ بداية القرن العشرين إلى الوقت الراهن، تسببت في حدوث تحولات مجالية جوهرية مست مختلف المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية (بنحامد، 2022)، وأدت إلى إفراز مشاكل لا يمكن التخفيف من حدتها إلا باتخاذ تدابير مندمجة تضمن العيش الكريم للسكان، وتحافظ على هذه الموارد الطبيعية واستدامتها للأجيال القادمة، ولهذا فإن الإشكالية المركزية لهذا البحث تتمحور حول التساؤلات التالية: ما هي خصوصيات ومظاهر خطر التعرية المائية بسافلة حوض واد زا؟ وإلى أي حد يمكن ربط العلاقة بين تدهور الموارد الطبيعة بدينامية مختلف أشكال التعرية، خاصة التعرية المائية التي تؤدي إلى فقدان كميات مهمة من الترب؟ وكيف يمكن تقييم فقدان التربة من خلال القياسات المباشرة في الميدان أو باستعمال طرائق ووسائل علمية لتحديد درجة الخطر والتدهور المجالي للتربة؟ ماهي أنواع التدخلات الوقائية والتنموية التي حظيت بها المنطقة للحد من التدهور وضمان تحسين مستوى عيش الساكنة؟

3- المنهجية وأدوات العمل

لدراسة إشكالية التعرية بالجزء السفلي لحوض واد زا، تم الاعتماد على التحليل الكمي والكيفي في معالجة المعطيات المتوفرة والمحصل عليها عن طريق العمل المكتبي والملاحظات والقياسات الميدانية المباشرة، باستعمال المقلد المطري من نوع (RAMP)، وذلك باعتماد المقاربة التحليلية من خلال دراسة أنماط الاستغلال وأنواع المختلفة للأسطح، وتفسير مختلف العوامل المؤثرة فيها، والمقاربة الكمية لتقدير فقدان التربة باستعمال المعادلة العالمية لحساب حجم فقدان التربة لفيشمير وسميث (1978) Wischmeier & Smith، بالإضافة إلى الإحاطة ولو جزئيا بمظاهر وأسباب تدهور الأراضي ومحاولة فهم الدينامية الحالية. وانطلاقا من أهداف الموضوع، ونظرا لتراكب وتداخل مختلف عناصر تحليله، ولبلوغ الأهداف كانت الأدوات على الشكل التالي:

العمل الميداني: تقييم وتكميم التعرية من خلال القياسات المباشرة باستخدام تقنية التقليد المطري لروز (Roose،1996). تم تطبيق هذه التقنية داخل المجال في 8 مشارات تجريبية كنماذج للدراسة.

العمل المخبري: تم بمختبر كلية الآداب والعلوم الإنسانية، بجامعة محمد الأول بوجدة، قصد قياس الحمولة الصلبة وتجفيفها، ثم وزن وتحليل العينات.

العمل الخرائطي: اعتُمدت مجموعة من البرمجيات لمعالجة الأشكال الخرائطية والرسوم البيانية.

4- أهداف البحث

تتجلى أهداف هذه الدراسة في ضرورة تقييم درجة تدهور التربة، وإبراز أساليب ونظم تدهور الأراضي بالحوض، في علاقتها بالعنصر البشري المخل بالتوازنات البيئية الحالية، ويمكن تقسيمها إلى هدفين:

معرفة خصوصيات ومظاهر خطر التعرية المائية بالمنطقة والتعرف على مختلف العوامل المفسرة لحدوثها سواء كانت طبيعية أم بشرية؛

الإسهام في دراسة وتكميم حجم التعرية المائية عبر قياسات في الميدان أو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

5- مجال الدراسة

يشكل واد زا الدائم الجريان رافدا من روافد الضفة اليمنى لواد ملوية، ويشكل حوض تصريف واسع ومهم، يمتد على مساحة تقدر ب 18307 كلم^2 عند محطة أولاد لفقير. ويوجد منبعه بالهضاب العليا للمغرب الشرقي، ويقوم بتصريف المياه باتجاه الشمال الغربي لجبال جرادة، وله عدة روافد مختلفة الأهمية من حيث الصبيب (واد حمو، بطحة السوق، مهراز، واد تيزغران...)

يخترق واد زا مجموعة من الوحدات الطبوغرافية التي تنتظم من السافلة نحو العالية:

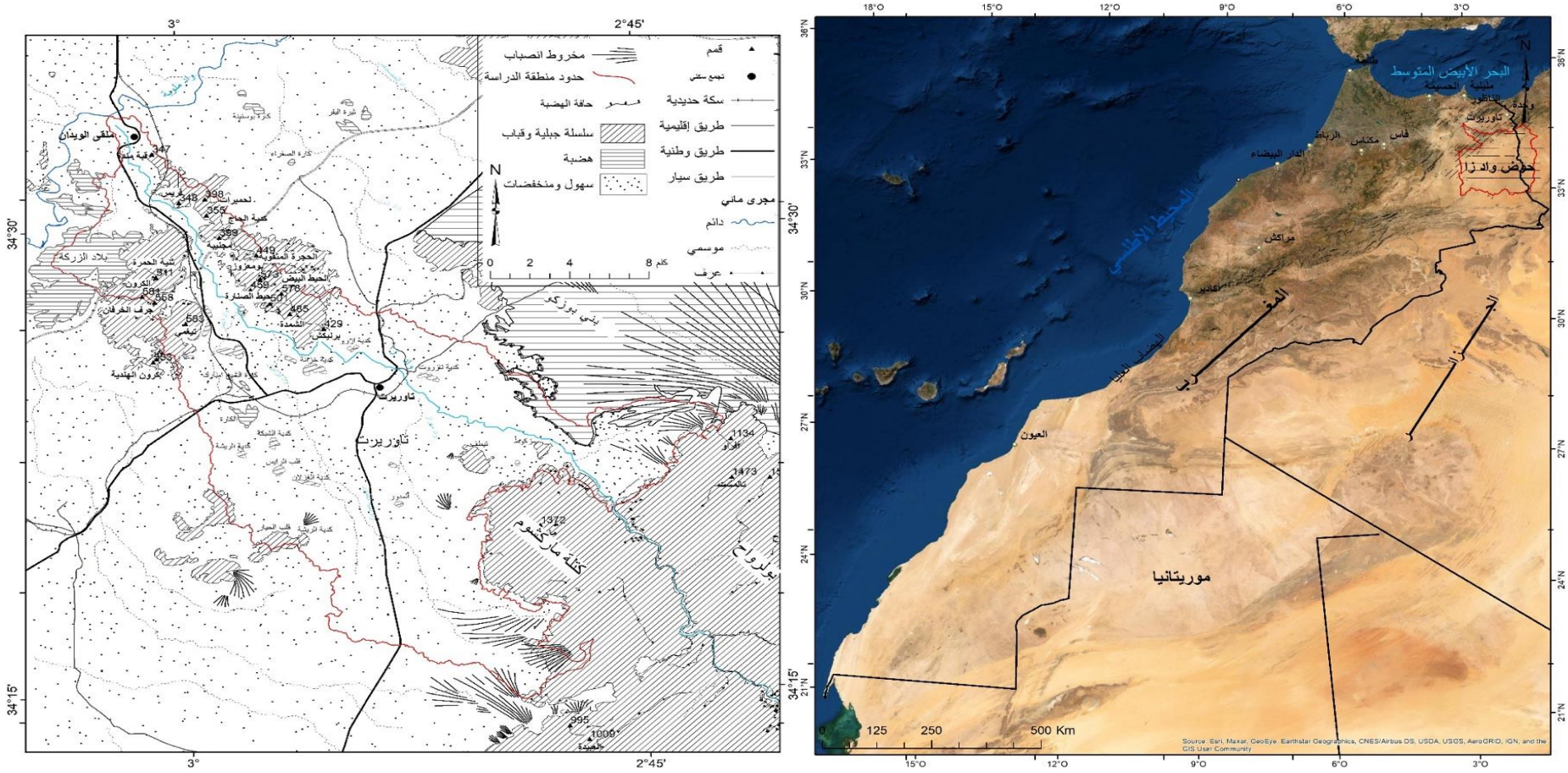
منخفض ملقى الويدان، وكتلة تيغمي - بومعزوز، وسهل تاوريرت – ماركشوم، (تعتبر هذه الوحدات التضاريسية جزءا من ممر تازة – وجدة)، وسلسلة جبال جرادة التي تعتبر الحد الشمالي للهضاب العليا، التي يمتد بها حوض واد زا في جزئه الجنوبي على مساحات شاسعة.

حوض تصريف واد زا غير محدد بوضوح، على اعتبار أنه ليس حوضا بيجبليا، بل على العكس فهو وادي يقطع مجموعة من الوحدات التضاريسية، ليقترن بواد ملوية عند ملقى الويدان، بعد أن اخترق من العالية نحو السافلة مجموعة من الطوابق البيومناخية، حيث يمر بالطابق البيومناخي المتوسطي القاحل بالهضاب العليا، وشبه القاحل بسلسلة جبال جرادة، ثم القاحل بمنطقة تاوريرت (BERRAHOU et al, 2001). أما بالنسبة للاتجاه العام لواد زا، فهو من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي.

يمثل حوض واد زا (الشكل رقم 1) حالة خاصة من الناحية الهيدرو-جيومرفولوجية. فمساحة التصريف لا تتجاوز 8000 كلم^2 نظرا لكون الشبكة الهيدروغرافية بالهضاب العليا متشعبة جدا وموسمية ولا تنشط إلا في حالات نادرة، وأغلب المياه السطحية تتسرب إلى باطن الأرض أو تتبخر قبل أن تصل إلى مجرى الواد (FAGROUCH et al, 2012)، إلا أن ما يهم في التشكال بسافلة واد زا، هي تلك الحالات النادرة أو الاستثنائية التي تحدث أيضا بالعالية ويصل تأثيرها إلى سافلة الحوض.

مجال الدراسة هو الجزء السفلي لحوض واد زا، في الشمال الشرقي من المغرب وشرق مدينة تاوريرت، الجزء الغربي لممر العيون – تاوريرت، (الشكل 1). وتشكل مساحة المجال 919 كلم^2. ويمتد خط تقسيم المياه (المحيط) على 177 كلم، ويبلغ طوله حوالي 29 كلم، وطول المجرى المائي الرئيس 43 كلم. بفارق ارتفاع 1262م، حيث تتراوح الارتفاعات ما بين 213م و1475م، كما أنه يمثل 5.01% من مساحة حوض تصريف واد زا، ولا يمثل إلا 1.59% من مساحة حوض واد ملوية الذي تبلغ مساحته 57.5 ألف كلم^2.

ينتمي الجزء السفلي لحوض واد زا إداريا إلى جزء من أربع جماعات ترابية وهي: لقطيطير وأهل واد زا وملقى الويدان وسيدي لحسن، كما يضم مجالا حضريا، هو مدينة تاوريرت. وكل هذه الجماعات تابعة لعمالة إقليم تاوريرت.



الشكل (1): موقع مجال الدراسة

المصدر: الخريطة الطبوغرافية لوجدة 1/500000، والنموذج الرقمي للارتفاعات، والمرئيات الفضائية.

6- النتائج والمناقشة

لدراسة ظاهرة التدهور الناتجة عن التعرية المائية، لابد من البحث في أسبابها، وميكانيزماتها، وظروف نشأتها، ونتائجها، وما يترتب عنها من مشاكل، وهي تتطلب فهما جيدا للسلوك الهيدرولوجي للتربة. ولتجاوز الصعوبات المرتبطة بتتبع هذه الدينامية تحت الأمطار الطبيعية، من قبيل طول المدة الزمنية للدراسة، وما تتطلبه من تجهيزات ضخمة، تم الاقتصار على تقنية (Roose, 1996) باستعمال المقلد المطري اليدوي في قياس التعرية على مستوى المشارات التجريبية الصغيرة بمساحة 0.5م²، رغم كونها لا تمثل حقيقة نتائج التعرية على مستوى السفح بأكمله، فهي تسمح إلى حد ما بتتبع عمليات تسرب الماء داخل التربة، وضبط مراحل وعتبات انطلاق السيلان، ومدة التبليل (امواديلي وأخرون، 2018). وتسمح أيضا بتكميم الحمولة الصلبة (عثماني، 2022). كما تمكننا من مقارنة حالات السطح من حيث أنواع التربات، أو حسب أنماط الاستغلال تحت نفس الظروف الطبيعية.

وتبعا لأهداف الدراسة في شقها المتعلق بالقياسات المباشرة في الميدان، تمت مقارنة التأثيرات المختلفة لطبيعة السطوح، وكذلك استنباط العلاقات المتفاعلة بينها.

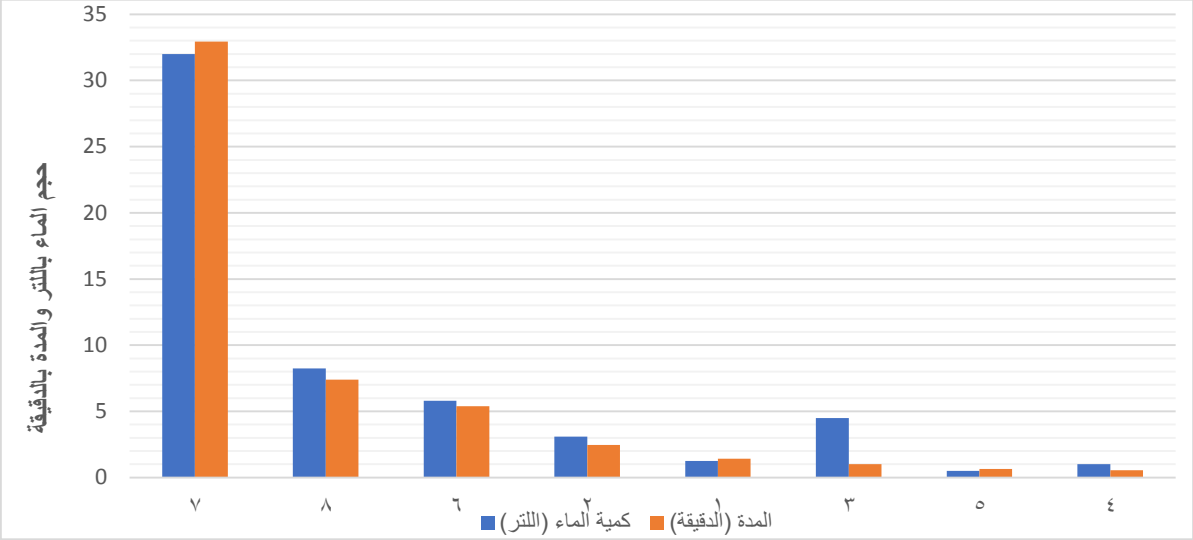
يبين الجدول رقم 1 موقع المشارات وخصائصها. حيث وزعت القياسات على ثماني مشارات تجريبية بمجال الدراسة، تتميز بخصائص طبيعية مختلفة (طبيعة التربة، ودرجة الانحدار، والتوجيه ...)، وبأنماط استثمار مختلفة كذلك (مستريحة، وبوار، ومزروعة، وغطاء نباتي).

الجدول (1): موقع المشارات التجريبية وبعض خصائصها

رقم المشارة	الاحداثيات		الارتفاع	الانحدار	نوع المشارة	حالة السطح	الوضعية المورفولوجية	خشونة السطح
	Y	X	Z	(°)				%
1	426758	723331	365	12	عارية - حصوية	حصوية	سفح	7,5
2	426738	723327	367	15	نباتية	حلفاء	سفح	124,5
3	426725	723329	372	12	نباتية	شوكية	سفح	21
4	426688	723419	381	35	عارية - حصوية	حصوية	سفح	2,5
5	426662	723319	372	10	مستريحة	بور	انبساط	0
6	426845	723296	362	5	نباتية	الشنان	انبساط	53,5
7	433600	721601	290	0	مشارة عكس اتجاه الانحدار	حرث	سهل	12
8	433600	721601	290	2	محروثة مع اتجاه الانحدار	حرث	سهل	0

عمل ميداني 15 شتنبر 2022

من خلال تتبع السلوك الهيدرولوجي للمشارات التجريبية، وانطلاقا من القياسات المباشرة في الميدان، يتضح أن نتائج القياس على مستوى المشارات التجريبية المختارة داخل الحوض متباينة (الشكل 2)، حيث كشفت هذه التجارب عموما، عن ضعف معامل الجريان بالمشارات ذات سطوح بها غطاء نباتي والمحروثة بالتوازي مع خطوط التسوية، مقارنة مع المشارات ذات السطوح العارية والمشارة ذات الانحدار القوي، كما يتضح تباين تساقطات التبليل، وذلك بسبب طبيعة السطوح المغطاة، حيث تساهم نسبة التغطية النباتية في الرفع من حجم مياه التسرب والتقليل من حجم الحمولة الصلبة، لكن قد يتدخل الانحدار القوي وطبيعة التربة في الرفع من حجم السيلان.



الشكل (2): حجم التسرب خلال مدة الرش وظهور القطرة الأولى – بداية السيلان بمشارة مساحتها 0.5م2.

عمل ميداني 15 شتنبر 2022

يتضح من نتائج الشكل رقم 2، أن الأراضي المحروثة عرفت أطول مدة تبليل لتبلغ بداية السيلان وظهور أول قطرة، حيث تجاوزت بالنسبة للسطح المحروث عكس خطوط التسوية (المشارة.7) 33 دقيقة بحجم من الماء بلغ 32 لتر، تليها الأراضي المحروثة في اتجاه الانحدار (المشارة 8) (7,4 دقيقة، 8,25 لتر). وترجع هذه القيم المرتفعة للتسرب لكون الأراضي المحروثة تساهم بصفة عامة في النفاذية من خلال الرفع من مسامية الترب، كما تسهم في تفتيت القشور السطحية، مما يؤخر السيلان (TRIBAK, 2005).

بالنسبة للأراضي ذات نفس نوع الترب والمختلفة من حيث التغطية النباتية، نلاحظ أن السطوح ذات غطاء نباتي يتمثل في الشنان (Anabasis Aphyllum) (المشارة 6) بنسبة تجاوزت 70% تأتي في المرتبة الثانية من حيث النفاذية وبداية السيلان، بكمية من الماء بلغت تقريبا 6 لتر، خلال مدة 5,4 دقيقة، تليها الأراضي ذات غطاء نباتي عبارة عن حلفاء (2,4 دقيقة، 3,1 لتر)، ثم نجد سطحا به نباتات شوكية .

أما الأسطح العارية، فتعرف أقل نسبة تسرب للمياه، وكلما ارتفع الانحدار نقصت المدة اللازمة لبداية السيلان وظهور أول قطرة، حيث تأتي السطوح ذات الانحدار القوي (المشارة 4) في المرتبة الأخيرة بمدة زمنية للتبليل لا تتجاوز 0,5 دقيقة بكمية من الماء تصل ل 1 لتر.

يتضح من خلال تتبع السلوك الهيدرولوجي داخل المشارات أن انطلاق السيلان يختلف من مشارة لأخرى حسب اختلاف خشونة السطح، وقيمة الانحدار، وكذا حسب استعمال الأرض. ويمكن تتبع السلوك خلال 10 دقائق مقسمة على خمس مراحل، أي كل دقيقتين، مما يسمح بمقارنة استجابة السطوح من حيث السيلان والنفاذية حسب اختلاف خصائصها.

يتبين من خلال الجدول رقم 2 اختلاف مقادير التوحل بمياه السيلان حسب اختلاف خصائص المشارات التجريبية، إلا أن هذه القيم تبقى أرقاما تجريبية تعبر فقط عن تساقطات اصطناعية بعنف 2 ملم/دقيقة أو 120 ملم/ساعة، لمدة 10 دقائق.

الجدول (2): تغيرات مقادير التوحل حسب المشارات التجريبية

رقم المشارة	نوع المشارة	حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل)	كتلة المواد الصلبة بعد التجفيف (غ)	معامل الجريان (%)	حمولة الماء من المواد الصلبة خلال مدة التجربة (غ/ل)		
					القصوى	الدنيا	المتوسط
1	عارية – حصوية	2,44	18,8	%76,9	4,07	1,21	2,55
2	نباتية –حلفاء	6,35	6	%9,45	8,75	3,03	6,16
3	نباتية – شوكية	6,23	42	%67,4	9,38	3,56	5,98
4	عارية - حصوية	10,05	75	%74,6	13,29	8,72	10,4
5	بوار- مستريحة	22,8	161,9	%71	29,1	20,58	23,19
6	نباتية – الشنان	4,54	13,2	%29,1	17,5	2,07	7,18
7	محروثة عكس الانحدار	23,08	7,5	%3,25	43,75	2	19,62
8	محروثة مع الانحدار	9,04	16,9	%18,7	18,9	5,4	10,31

عمل ميداني 20 شتنبر 2022

تتباين نتائج حمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة بين المشارات التجريبية، وقد سجلت المشارة رقم 7 أعلى حمولة خلال مدة التجربة لتصل إلى 23,08 غرام/لتر، عكس المشارة 1 التي سجلت أدنى قيمة لحمولة الماء من المواد الصلبة ب 2,44 غرام/لتر. كما سجلت المشارة رقم 2 أدنى قيمة بالنسبة لكتلة المواد الصلبة بعد التجفيف والتي لم تتجاوز 6 غرام، وأعلى قيمة سجلتها المشارة رقم 5 ب 161,9 غرام. بالنسبة لمجموع حجم الماء الجاري، القيمة الأعلى سجلتها المشارة رقم 1 بـ 7.69 لتر، أي معامل جريان 76,9%. وأدنى قيمة سجلتها المشارة رقم 7 بـ 0,325 لتر أي 3,25 .%

بالنسبة للقيمة القصوى لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة، فإن أعلى قيمة سجلتها المشارة رقم 7 بقيمة 43,7 غ/ل، وأدنى قيمة سجلتها المشارة رقم 1 بـ 4,07 غ/ل. وبالنسبة للقيمة الدنيا لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة، فإن أعلى قيمة هي 20,58 غ/ل سجلتها المشارة رقم 5، ثم أدنى قيمة كانت للمشارة رقم 1 وهي 1,21 غ/ل. يتضح من خلال الملاحظة الميدانية أن العمل الزراعي بالمجال المدروس له مردودية ضعيفة، ويتم توسيعه على حساب نباتات ذات دور هام في توفير التغذية للقطعان وحماية التربة من التعرية المائية والريحية، ويتبين أيضا أن توسيع الرقعة في الأماكن غير الملائمة لذلك يتسبب في اندلاع عمليات التعرية.

لمقارنة النتائج المحصل عليها من قياسات المشارات التجريبية، تم حساب المعادلة العالمية لتكميم التربة باستغلال مجموعة من المعطيات الكمية من قبيل التساقطات، والانحدارات، والغطاء النباتي، وطبيعة التربة... ودمجها لتقريب النتائج من الواقع، رغم أن هذه الاستنتاجات تبقى نظرية نظرا للانتقادات الموجهة للمعادلة العامة، لكون بعض العوامل يمكنها تغيير كل هذه النتائج كفعل الحرث والرياح مثلا.

المعادلة العامة لفقدان التربة Wischmeier & Smith (1978)، تكتب على الشكل التالي:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A: مقدار التربة المفقودة بالطن لكل وحدة مساحة (هكتار) من الأرض في السنة. وتعرف من حاصل ضرب باقي العوامل بالمعادلة.

R: عامل المطر، ويعبر عنه بدليل الانجراف بالمطر، وهو تقدير لقوة المطر على جرف التربة.

K: عامل قابلية التربة للانجراف بالماء، وهو معدل الانجراف بالطن لوحدة المساحة للوحدة من عامل المطر لتربة معينة.

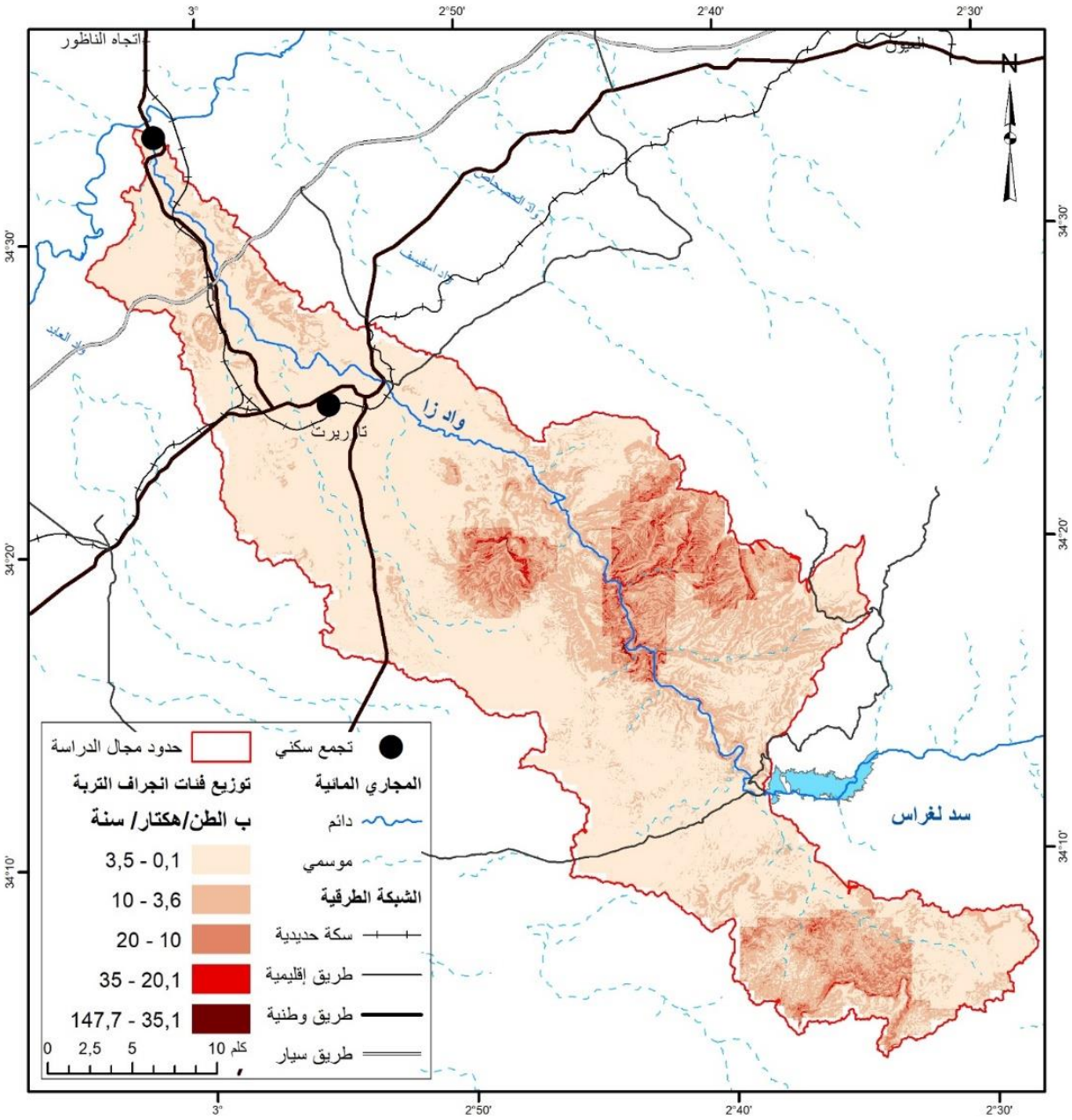
L: عامل طول السفح، وهو النسبة بين مقدار التربة المفقودة من حقل له طول انحدار معين.

S: عامل الانحدار، وهو النسبة بين الفقدان من الأرض من حقل ما إلى مقدار الفقدان من نفس طول الانحدار.

C: عامل التغطية النباتية والذي تم تعريفه من قبل Wischmeier على أنه يمثل العلاقة بين فقدان التربة بالنسبة لمشارة زراعية في شروط معينة وفقدان التربة متطابق مع مشارة زراعية بأرض مستريحة عارية متتابعة.

P: عامل الإجراءات والتدابير المتخذة للحد من انجراف التربة.

في غياب المعطيات التي تسمح بتمثيل عامل التدخل البشري، تم إعطاء قيمة ثابتة لهذا العامل تساوي 1، وبذلك تم حساب نتائج المعادلة (USLE) والمزج بين المعايير الخمسة (P=1)، وتم التوصل إلى خريطة انجراف التربة (الشكل رقم 3)، ليتم تحويل جميع الطبقات من الشكل الشبكي (Raster) إلى الخطي (Vector) للتمكن من حساب الخلية (بيكسل) بناءً على القدرة التمييزية لمختلف الطبقات. وبالتالي التمكن من تقدير متوسط معدل الانجراف السنوي للتربة. وتم تصنيف النتيجة النهائية لخريطة فقدان التربة إلى خمس فئات (الشكل رقم 3).

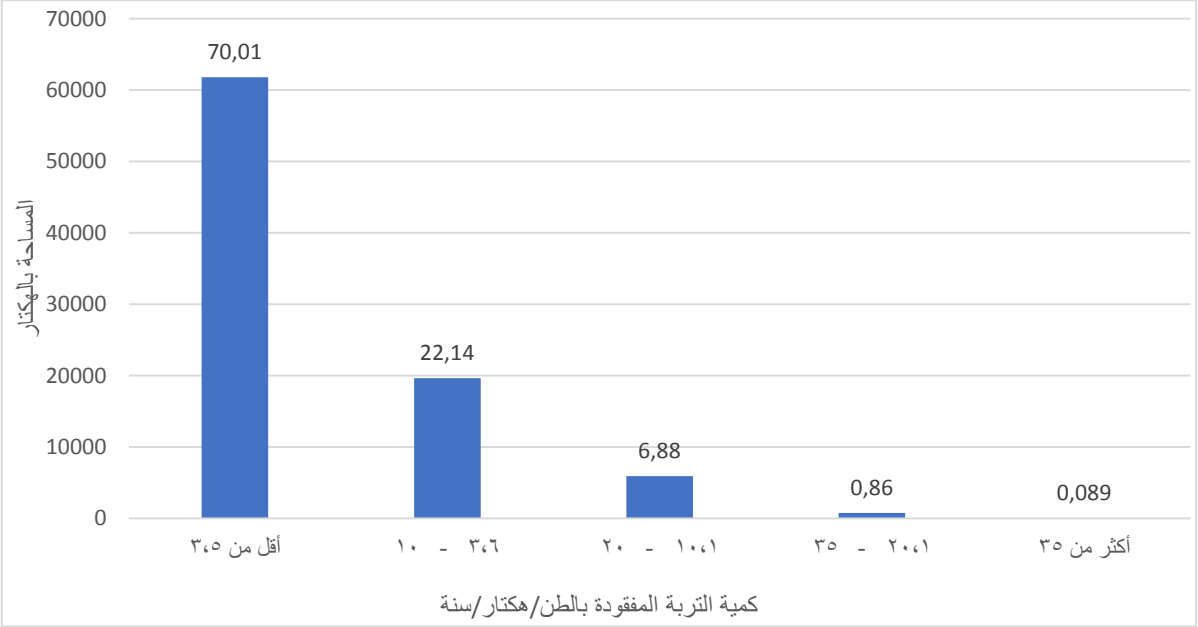


الشكل (3): خريطة انجراف التربة (A)

المصادر المعتمدة: النموذج الرقمي العالمي للمناخات 1950-2000، النموذج الرقمي للارتفاعات 30 متر، متوسط مؤشر التغطية النباتية للفترة ما بين سنة 2000 و2020، تقرير دراسة التربة للمكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لملوية سنة 2011 والجدول الاستدلالي ل Roose 1996 ، خلفية خريطة التربة للمغرب 1950 بمقياس 1/500000 ل Caval.

يوضح الشكل رقم 3 توزيع مدى حساسية التربة للانجراف، حيث يتبين أن الانجراف القوي إلى قوي جدا يتركز بالسفوح ذات الانحدارات القوية للكتل الجبلية جنوب الجزء السفلي من الحوض وبروزات بومعزوز – لكرون.

أما الفئة المتوسطة، فتنتشر عند أقدام المرتفعات الجبلية تبعا لنسبة الانحدار المتوسطة، في حين تعرف المنخفضات والمناطق المنبسطة حساسية التربة للانجراف من الفئة الضعيفة والضعيفة جدا.



الشكل (4): توزيع مساحة فئات كمية التربة المفقودة في السنة

من خلال الشكل رقم 4 نلاحظ التباين من حيث المساحات والكميات النظرية المفقودة من التربة بالنسبة لكل فئة، حيث أن أغلب الحوض بنسبة 70% يعرف خطر انجراف التربة يقل عن 3,5 طن/هكتار/سنة، في حين لا تتجاوز المساحات المهددة بهذا الخطر من فئة أكثر من 35 طن/هكتار/سنة 0,09%. ويلخص الجدول رقم 3 نتائج الأشكال رقم 3 و4، وذلك بتقسيمها إلى خمس فئات.

الجدول (3): كمية ومساحة ونسبة فئات فقدان التربة لحوض واد زا

الفئات	المعدل السنوي لفقدان التربة ب طن/هكتار/ سنة	المساحة بالهكتار	كمية التربة المفقودة طن / سنة	نسبة الكمية المفقودة	المساحة ب %
ضعيف جدا	أقل من 3,5	61788,15	216258,5	46,6	70,01
ضعيف	3,5 - 10	19647,4	326181	28,6	1622,
متوسط	10,1 - 21	5934,03	91977,5	19,8	6,88
مرتفع	21,1 - 35	722,09	20218,5	4,3	0,86
مرتفع جدا	أكثر من 35	79,78	2792,3	0,06	0,09
المجموع	*****	88171,3	,3638844	100	100

يتبين من خلال الجدول رقم 3 أن الفئة الضعيفة الأقل من 3,5 طن/ هكتار/سنة لكمية التربة المفقودة، تشكل 70% من مساحة الجزء السفلي من حوض واد زا ب 617,9 كلم²، وذلك راجع لعامل الانبساط وطبيعة الاستغلال ونوع التربة ... بكمية تقدر بأزيد من 216 ألف طن في السنة، إلا أنها مسؤولة عن 46,6% من مجموع التربة المفقودة بالحوض، أما تقريبا نصف مساحة الحوض 48%، فهي تعرف خطرا لانجراف التربة بنسب متوسطة تتراوح ما بين 3,5 إلى 35 طن/ه/سنة، في حين لا تتجاوز كمية التربة المفقودة 2792 طن/ه/سنة بالنسبة للفئة القوية جدا، وذلك لانحصارها ضمن مساحة محدودة في 0,1% من مساحة الحوض، وهي عبارة عن سفوح ذات انحدارات قوية، وعارية من غطائها النباتي، وتربتها هشة عبارة عن تكوينات للرباعي الحديث، وبالتالي يكون متوسط انجراف التربة بالجزء السفلي من حوض واد زا تقريبا 5,2 طن/ه/سنة.

7- خلاصة

يعرف حوض واد زا في سافلة سد لغراس تدهورا لموارده الطبيعية، نتيجة لتداخل مجموعة من العوامل البشرية التي ساهمت بشكل كبير في الرفع من حساسيته تجاه الظروف الطبيعية غير الملائمة، وبالتالي تعريض التربة للتعرية بجميع أنواعها (المائية والريحية).

ولإبراز حجم الدينامية الحالية للتعرية التي تكون في معظمها متسترة وخفية بهذه الأوساط القاحلة، وهي كذلك ذات حمولات صلبة كبيرة يجرفها السيل عند حدوث تساقطات مطرية قوية مركزة أو أمطار مسترسلة تعمل على تشبع التربة، تم القيام بقياسات

مباشرة للسيلان والإزالة على مستوى المشارات التجريبية، باستعمال المقلد المطري والتي جاءت نتائجها متباينة تبعا لاختلاف خصائص المشارات المختارة من حيث التوجيه، والانحدار، ونسبة التغطية، ونوعها، ثم أساليب الاستغلال.

سمحت المقارنة بين نتائج قياسات الإزالة بمختلف المشارات التجريبية، من الكشف عن دور الغطاء النباتي ونوعه (الحلفاء يليها الشنان) في حماية التربة من الانجراف ومساهمتها في الرفع من مياه التسرب، كما أن أساليب الاستغلال لها دور في التقليل من خطر الإزالة. فالحرث بالموازاة مع خطوط التسوية يسمح بتسرب المياه بشكل كبير ويقلل من السيلان وحجم الحمولة الصلبة المنقولة، وهو أيضا الدور الذي تلعبه المواد الخشنة الموجودة في التربة (أكثر من 2 ملم) فتساهم في تعمق التسرب وسمك النفاذية.

انطلاقا من نتائج القياسات، فالسفوح ذات الانحدارات القوية والعارية من غطائها النباتي الأصلي وكذلك طبيعة التربة، تعتبر الأوساط الأكثر عرضة للإزالة السطحية، وبالتالي تدهور تربتها الفقيرة أصلا، حيث عرفت أكبر قيم لحجم السيلان والحمولة الصلبة المقتلعة والمنقولة، أما الأراضي المحروثة في اتجاه الانحدار، فرغم معامل الجريان الضعيف وقيمة التسرب المرتفعة إلا أنها تعرف إزالة قوية للمواد الصلبة.

رغم أن نتائج قياسات المشارات التجريبية لا تعبر عن الإزالة السطحية الحقيقية، إلا أنها تعطينا فكرة وبالأرقام عن السلوك الهيدرولوجي لمختلف الأسطح، وعن مدى التباين في حجم النفاذية والسيلان، ومقدار التربة المفقودة حسب أنماط الاستغلال والتي تراوحت ما بين 0,1 و3,2 طن/ه/سنة.

بالرغم من الانتقادات الموجهة للمعادلة العالمية لتكميم التربة، على اعتبار أنها لا تأخذ في الحسبان التفاعلات القائمة بين مختلف العوامل، وغياب المعطيات (P) مثلا، أو عدم دقتها (خريطة التربة)، إلا أنها تبقى أداة مهمة لإعطاء فكرة عن التعرية الغشائية. وبعد حساب جميع العوامل المعتمدة في المعادلة، تم التوصل إلى أن الحوض الذي يمتد على 900 كلم2 تقريبا يفقد حوالي 464 ألف طن من التربة سنويا، بمتوسط 5,2 طن/ه/سنة، وهي قيمة قريبة من نتائج القياسات بالمقلد المطري ونتائج دراسات المندوبية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر (3,7 طن/ه/سنة.). كما أبرزت المعادلة الدور الرئيسي للانحدارات والتساقطات مقارنة بالعوامل الأخرى، وتوزيع المجالات حسب درجة حساسيتها للتعرية الغشائية، حيث تمتد الأراضي التي تعرف أكبر قيمة للتعرية (أكبر من 20 طن/ه/سنة) بالمرتفعات الجبلية جنوب شرق مجال الدراسة، في حين تنتشر السفوح ذات قيمة تعرية متوسطة بأقدام الكتل الجبلية (ما بين 10 و20 طن/ه/سنة). أما باقي المجال الذي تقدر مساحته ب 92%، فهو يعرف تعرية غشائية ضعيفة إلى ضعيفة جدا (أقل من 10 طن/ه/سنة).

البيبليوغرافيا

لائحة المراجع باللغة العربية

- بنحامد عبد الرحيم. (2022). واد زا في سافلة سد لغراس (المغرب الشرقي): دراسة جيومرفولوجية. بحث لنيل شهادة الدكتوراه، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول، وجدة. المغرب. 336 ص. ردمك41-9920-978 :ISBN- 0-799 منشور.
- بنحامد عبد الرحيم وخلاف الغالبي. (2022). الغطاء النباتي بسافلة حوض واد زا بين الاكراهات المناخية والضغط البشري. أعمال الندوة الجهوية في موضوع أية استراتيجة لتنمية جهة الشرق، وجدة 7-8 دجنبر 2018، جامعة محمد الأول – وجدة (المغرب). http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7114596 (الصفحات 91-103).
- بنحامد عبد الرحيم واسباعي عبد القادر ومواديلي عمر وبييو توفيق. (2022). دراسة السلوك الهيدرولوجي باعتماد المقلد المطري، حالات من الجزء السفلي لحوض واد زا. أعمال الندوة الدولية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومورفولجية: الأصناف، تمثيل وتدبير. وجدة 14-15 يوينو 2022، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول – وجدة، المغرب. http://lettres.ump.ma/fr/revues (الصفحات 92-85).
- بنحامد عبد الرحيم. (2019). واد زا في سافلة سد لغراس بين ضغط الاستغلال وهشاشة الموارد الطبيعية. أعمال الندوة الدولية حول المخاطر الطبيعية وتهيئة التراب. وجدة، 9_10 نونبر 2018. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة (المغرب). http://www.ump.ma/fr/ouvrages/actes-du-colloque-international-sur-les-risques-naturels-et-lamenagement-du-territoire (الصفحات 49-54).
- شاكر ميلود. (1998). كتلة بوخوالي وسهل العيون (المغب الشرقي)، الدينامية الحالية للسطح بين الهشاشة الطبيعية والضغط البشري، أي آفاق وأي استراتيجيات. بحث لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافيا، كلة الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الخامس – الرباط. المغرب، 275ص.

- عبد القادر اسباعي، عمر موادیلي، عبد الرحيم بنحامد، امغار احمد، عبد الواحد السعيدي، مصطفى بوعبدالله. (2024). مساهمة الجيوماتيا في دراسة الدينامية الحالية لواد ملوية (المغرب الشرقي). Revue Espace Géographique et Societé Marocaine n°86, juin 2024، https://revues.imist.ma/index.php/EGSM/issue/view/2874 (الصفحات 139-151).
- عثماني عثمان واسباعي عبد القادر ومواديلي عمر والحافيظ إدريس. (2022). توظيف المقلد المطري من نوع RAMP في دراسة السلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالات من حوض واد الحمام (ممر تاوريرت - جرسيف). أعمال الندوة الدولية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومورفولجية: الأصناف، تمثيل وتدبير. وجدة 14-15 يونو 2022، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول – وجدة، المغرب. http://lettres.ump.ma/fr/revues (الصفحات 93-100).
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر والحافيظ إدريس والسعيدي عبد الواحد وعثماني مصطفى وبوعبدالله مصطفى. (2019). تقييم خطر التعرية المائية باستعمال المقلد المطري :RAMP دراسة للسلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالة ممر تاوريرت – جرسيف. أعمال الندوة الدولية حول: المخاطر الطبيعية وتهيئة التراب. وجدة، 9-10 نونبر 2018. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة، المغرب. http://www.ump.ma/fr/ouvrages (الصفحات 61-68).
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر والحرادجي عبد الرحمان والحافيظ إدريس. (2019). خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية والاستغلال البشري؛ حالة حوض واد العابد. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومرفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهيئة. وجدة، 26 دجنبر 2017. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة، المغرب. http://www.ump.ma/fr/ouvrages (الصفحات 65-76).
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر. (2022). أشكال التعرية المائية وآثارها على الدينامية البيئية، حالات من المغرب الشمالي الشرقي. مجلة العلوم وآفاق المعارف، الجزائر، المجلد الثاني، العدد الأول. (الصفحات 136-166).
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر.(2020). أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت) من خلال نموذج المعادلة العامة لانجراف التربة "RUSLE". المجلة المغربية للبحث الجغرافي، أدوات ومناهج في البحث الجغرافي، المغرب، المجلد الثاني، العدد الأول. (الصفحات 27-44).
- مواديلي عمر. (2021). التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي) - مقاربات جيوماتية. بحث لنيل شهادة الدكتوراه، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول، وجدة. المغرب، 2021، 421 ص. منشور.

المراجع باللغات الأجنبية

- BERRAHOU, Ali, CHAVANON, Guy, BELLOUALI, Ahmed, et al. (2001). Études sur la Basse Moulouya (Maroc oriental): 7-Les coléoptères aquatiques de l'Oued Za. Publications de la Société Linnéenne de Lyon. vol. 70, no 5, p. 127-131.
- FAGROUCH, A., BERRAHOU, A., EL HALOUANI, H., et al. (2012). ETUDE D'IMPACT DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE TAOURIRT SUR LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE L'OUED ZA. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782. no 11.
- ROOSE E «Land Husbandry: Components and Strategy. FAO Soils». Bulletin 70, Food and Agriculture organization of United Nations, Rome. 1996.
- SBAI, A. et MOUADILI, O. (2021). Risque d'érosion hydrique entre fragilité des équilibres environnementaux et perspectives de durabilité: Cas du bassin d'Oued El Abed (Maroc nord-est). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. vol. 9, no 4, p. 666-674. https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1052, 666-674.
- SBAI, Abdelkader, MOUADILI, Omar, HLAL, Mohamed, et al. (2021). Water Erosion in the Moulouya Watershed and its Impact on Dams' Siltation (Eastern Morocco). Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. vol. 384, p. 127-131. https://doi.org/10.5194/piahs-384-127-2021, 127–131.
- TRIBAK, A. et MOREL, A. (2005). L'utilisation des terres et le ravinement dans les moyennes montagnes du Prérif oriental (Maroc). Bull Réseau Erosion. vol. 23, p. 236-247.
- WISCHMEIER, Walter H. et SMITH, Dwight D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Eos, Transactions American Geophysical Union/ vol. 39, no 2, p. 285-291.