

Analysis of Morphometric Characteristics and Land Use in the Oued Tamri and Adoudou Watersheds, Morocco:

A Spatial and Temporal Study Using GIS and Remote Sensing

Dr. Soukaina Amrani

Ibn Zohr University | Morocco

Received:

04/12/2024

Revised:

18/12/2024

Accepted:

13/01/2025

Published:

15/03/2025

* Corresponding author:

soukainaamrani2019@gmail.com
ajl.com

Citation: Amrani, S.

(2025). Analysis of

Morphometric

Characteristics and Land

Use in the Oued Tamri and

Adoudou Watersheds,

Morocco: A Spatial and

Temporal Study Using GIS

and Remote Sensing.

Journal of natural sciences,

life and applied sciences,

9(1), 1 – 12.

<https://doi.org/10.26389/AJSRP.A071224>

[AJSRP.A071224](https://doi.org/10.26389/AJSRP.A071224)

2025 © 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: Objectives: This research seeks to highlight the importance of using geographic information systems (GIS) and remote sensing technology to study the morphometric characteristics and patterns of human land exploitation in the Tamri and Adoudou watersheds, and to understand their role in the emergence of flash floods.

Methodology: This study is based on the descriptive approach and spatial analysis using Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques to analyze the morphometric and hydrological characteristics of the Oued Tamri and Adoudou watershed. High-resolution digital data were used, such as digital elevation models (ASTER DEM) with a resolution of 12.5 meters, and satellite images (LANDSAT) obtained from reliable sources such as NASA. The data were analyzed using ArcGIS software, where morphometric and hydrological indicators (such as discharge density, concentration time, and runoff coefficient) were calculated using Spatial Analyst

Results: The morphometric characteristics were estimated at 1.9 for the Tamri watershed and 2.04 for the Adoudou watershed. We adopted the theoretical difference (Ds) because it is more accurate in determining the landforms. The Ds reached 432.61 m in the Tamri and 324.7 m in the Adoudou. Thus, the theoretical difference (Ds) is limited to between 300 and 450 m, indicating that the topography of both basins is pronounced. The drainage density was 1.19 km/km² in the Tamri watershed and 1 km/km² in the Adoudou watershed, while the hydrographic density was estimated at 0.84 km⁻² and 0.44 km⁻², respectively. The water concentration time was estimated at more than 10 hours in the Tamri and more than 11 hours in the Adoudou. The speed of rainwater flow was strong, reaching 1.43 km/s in the Tamri and 1.85 km/s in the Adoudou.

Keywords: Tamri Watersheds, Adoudou Watersheds, morphometric characteristics, forms of exploitation, geographic information systems (GIS).

تحليل الخصائص المورفومترية واستغلال الأراضي في حوضي واد تامري وأدودو بالمغرب:

دراسة مكانية وزمانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

الدكتورة / سكيانة العمراني

جامعة ابن زهر | المغرب

المستخلص: الأهداف: تهدف هذه الورقة البحثية إلى إبراز أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد في دراسة الخصائص المورفومترية وأشكال استغلال الإنسان للأراضي بحوضي تامري وأدودو ودورها في نشأة الامتطاحات الفجائية. المنهجية: تركزت هذه الدراسة على المنهج الوصفي والتحليل المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد لتحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوضي واد تامري وأدودو. تم استخدام بيانات رقمية عالية الدقة، مثل نماذج الارتفاع الرقمية (ASTER DEM) بدقة 12.5 متر، والصور الأقمار الاصطناعية (LANDSAT) والتي تم الحصول عليها من مصادر موثوقة مثل وكالة NASA. تم تحليل البيانات باستخدام برنامج ArcGIS، حيث تم حساب المؤشرات المورفومترية والهيدرولوجية (مثل كثافة التصريف، زمن التركيز، ومعامل الجريان) باستخدام أدوات Spatial Analyst.

النتائج: الحصول على الخصائص المورفومترية والتي تتمثل في مؤشر التراص، إذ قدر بحوض تامري بـ1,9 وبحوض أدودو بـ2,04، واعتمدنا الإشراف النوعي لكونه أكثر دقة في تحديد التضاريس، حيث وصل 432,61 بحوض واد تامري و324,7 بحوض واد أدودو. وهكذا، فالإشراف النوعي محصور ما بين 300م و450م، وعليه فتضاريس الحوضين قوية. أما كثافة التصريف فتصل 1,19 كلم/كلم² بحوض تامري و1 كلم/كلم² بحوض أدودو، في حين قدرت الكثافة الهيدرولوجية بـ0.84 كلم² و0.44 كلم² على التوالي؛ فيما يخص زمن التركيز فقد قدر بأزيد من 10 ساعات بحوض واد تامري وأزيد من 11 ساعة بحوض واد أدودو؛ بينما سرعة جريان مياه الأمطار قوية إذ وصلت 1.43 كلم/ث بحوض تامري و1.85 كلم/ث بحوض أدودو.

الكلمات المفتاحية: حوض تامري، حوض أدودو، الخصائص المورفومترية، أشكال الاستغلال، نظم المعلومات الجغرافية.

مقدمة

أصبحت الأخطار البيئية الكبرى وما ينتج عنها من كوارث مفعجة السمة الأبرز في عالم اليوم؛ ذلك أن التاريخ الإنساني وتاريخ الأخطار لا يمكن فصلهما. لكن خلال العقود الأخيرة وخاصة بعد النصف الثاني من القرن العشرين، تزايدت وتيرة تردها، وقد أضحت من أهم التحديات الكبرى التي تهدد الرهانات المتعددة للإنسان. وفي هذا السياق، عرف عدد الكوارث الطبيعية الكبرى تطورا ملحوظا، خاصة منذ سنة 2000، حيث أصابت 96 كارثة كبرى أكثر من 300 مدينة خلال العقود الخمسة الأخيرة (أعفير وآخرون، 2021). لذلك، فالاهتمام بدراسة الأخطار التي تتعرض لها مختلف الأوساط البيئية، ينطلق من مبدأ البحث عن أسباب وقوعها، بهدف التقليل من حجم الخسائر الناجمة عنها، ومن مبدأ تدبير الأزمات بعد الكارثة، بهدف وضع تخطيط مجالي مناسب.

ترتبط نشأة الأخطار في مجملها بنوعية التهيئة المطبقة من طرف الإنسان. وهكذا، فتصنيف الأخطار البيئية يرتكز على حجم الخسائر البشرية (عدد القتلى، والمعطوبين، والمفقودين...); والمادية (عدد المنازل، والمنشآت، والبنيات التحتية المتضررة...); وقوتها أو وحدتها، ونوعيتها (إعصار، وزلزال، وبركان، ووباء...); ومدة وقوع الخطر وانتشاره الجغرافي (القرية، والإقليم، والجهة، والبلد، والعالم); ثم طبيعة تردد حدوث الخطر (اليوم، والفصل، والسنة، والقرن); فضلا عن طبيعة العوامل المسببة له.

وفي هذا الصدد، أصبح المغرب، بحكم موقعه جنوب الحوض المتوسطي، ذو الخصائص المناخية المضطربة، يعرف ترددا كبيرا لمجموعة من المخاطر الطبيعية المرتبطة بالحالات الهيدرولوجية الاستثنائية القصوى (الحافيز إ، 2015). وبحكم موقعه الجغرافي، يعد المغرب من بين البلدان الأكثر تضررا من خطر الفيضانات الفجائية؛ ذلك أنه يستقبل تساقطات مطرية مركزة زمانيا ومكانيا تسهم في تشكل جريان سطحي سريع، يرتفع معه منسوب مياه الوديان بالأحواض؛ كما أن التدخلات البشرية المتمثلة في تعديل الوديان يسهم في تحويل اتجاه الجريان السطحي داخل المجرى الأصغر للواد.

شهد المناطق الجنوبية بالمغرب في الآونة الأخيرة ترددا كبيرا لعدة فيضانات خصوصا في الأطلس الكبير الغربي (حوض واد تامري) والأطلس الصغير الغربي (حوض واد أدودو). وهكذا، تعد ظاهرة المخاطر الهيدرولوجية الأكثر ترددا بالمجال المغربي، ذلك أن وديانه شهدت فيضانات استثنائية قوية، خلفت خسائر كبيرة نتيجة استقبال عالية الأحواض لتساقطات مطرية فجائية وعنيفة ومركزة.

لذلك، فتتبع ودراسة السلوك الهيدرولوجي للوديان بالأحواض الهيدروغرافية في المناطق شبه الجافة والجافة، يعد من أهم الوسائل التي تعطي فكرة عن تاريخ الجريان السطحي، الذي يشكل أساس انطلاق ونشأة الفيضانات، بهدف فهم النظام الهيدرولوجي للحوض خلال السنة. وهكذا، فقد شكلت دراسة طبيعة التصريف والخصائص الطبيعية والبشرية منطلقا للبحث في هذا الموضوع قصد بناء قاعدة بيانات حول هذه الأحواض؛ كما اعتمدت هذه الدراسة على استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM) المحمل من القمر الصناعي (ASTRM)؛ حيث تم استخراج منطقة الدراسة المتمثلة في حوضي واد تامري وواد أدودو، وتحديد مختلف الخصائص الطبوغرافية والمورفومترية للحوضين المدروسين، ثم حساب كثافة التصريف والتعرف على الارتفاعات والانحدارات المميزة، وأنواع الشبكة الهيدروغرافية، فضلا عن تقدير سرعة وتركز المياه.

1- مشكلة البحث

ما دور الخصائص المورفومترية والاستغلال البشري للأراضي في تسريع وتيرة الجريان السطحي بسافلة الاحواض وانعكاسها على المناطق المأهولة بالسكان؟

2- أهمية وأهداف البحث

يكتسي هذا البحث أهمية بالغة، إذ يقدم شرحا علميا مفصلا لأثر الفيضانات في الاقتصاد المحلي، ومنشآت البنية التحتية، والتغير البيئي. كما يبرز أن الفيضانات ليست مجرد ظاهرة طبيعية، بل نتيجة تفاعلات معقدة بين العوامل الطبيعية والبشرية، وهذا ما تسعى هذه الدراسة تقديمه لسد الثغرة المعرفية المكتشفة في الدراسات السابقة؛ على اعتبار أن إنجاز الدراسات التطبيقية المتعلقة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في هذه المناطق قليلة جدا، وحتى وإن وجدت فإنه يشوبها قصور في معالجة العلة بين الخصائص الطبيعية والأنشطة البشرية. وهكذا، يروم هذا البحث تحقيق الأهداف الآتية:

1. إبراز أهمية توظيف نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد في دراسة الخصائص المورفومترية لحوضي واد تامري وواد أدودو، وذلك عبر تحليل بيانات الارتفاعات الرقمية؛
2. تحليل دور الخصائص الطبيعية والبشرية في نشأة خطر الفيضانات الفجائية بالمناطق شبه الجافة والجافة؛
3. فهم السلوك والنظام الهيدرولوجيين للوديان بالأحواض شبه الجافة والجافة؛

3- فرضيات البحث

تمثل الفرضيات منطلقات أولية للبحث في الظواهر الطبيعية والاجتماعية والإنسانية؛ ذلك أنها تشكل أجوبة مؤقتة عن الأسئلة المطروحة، حيث يمكن تأكيدها أو دحضها باعتماد التجربة أو تجميع الحقائق حول الظاهرة المدروسة. وهكذا، يمكن صياغة الفرضيات المرتبطة بهذه الاشكالية على النحو الآتي:

- ✓ إن تردد خطر الفيضانات الفجائية بكل من حوضي واد تامري، وواد أدودو، يرتبط بتظافر العوامل الطبيعية (المناخ، وطبيعة الصخور، والغطاء النباتي، والشبكة الهيدروغرافية...) والعوامل البشرية (أشكال استغلال الأراضي، وطبيعة التهيئة المطبقة...);
- ✓ تمكن تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من توفير قاعدة بيانات جغرافية مهمة عن الأحواض المدروسة، والتي يمكن استغلالها في التدبير الترابي وحماية الأنشطة البشرية والممتلكات من تهديدات مختلف الأخطار الطبيعية.

4- منهجية البحث

إن دراسة الأخطار البيئية الكبرى بصفة عامة وخطر الفيضانات الفجائية بالمناطق شبه الجافة والجافة بصفة خاصة، يركز على توظيف مجموعة من المناهج والأدوات لفهم آليات وعوامل نشأتها. وهكذا، فالمنهج الوصفي التحليلي يعتبر من أهم المناهج التي يركز عليها عند التطرق للقضايا المتعلقة بالظواهر الطبيعية؛ كما أن تطبيق هذا المنهج في دراسة خطر الفيضانات الفجائية، يقتضي القيام بوصف وتشخيص الظروف العامة لاستغلال المجال بهذه الأحواض، فضلا عن تحليل عناصرها والبحث عن تفسيرات لذلك، بهدف الخروج باستنتاجات وتعميمات، يمكن إسقاطها على مناطق جغرافية أخرى تنسم بالمواصفات نفسها.

فلتحديد الخصائص الهندسية للأحواض اعتمدنا الطريقة الأوتوماتيكية انطلاقا من استغلال معطيات النموذج الرقمي للأراضي (MNT)، وذلك عبر توظيف الأدوات التقنية الحديثة التي تتيحها مختلف برامج نظم المعلومات الجغرافية (SIG)؛ فضلا عن استخدام مجموعة من العلاقات الرياضية في التحليل المورفومتري للأحواض كما يوضحها الجدول أسفله.

جدول رقم (1): العلاقات الرياضية المعتمدة في الحصول على بعض الخصائص المورفومترية للأحواض

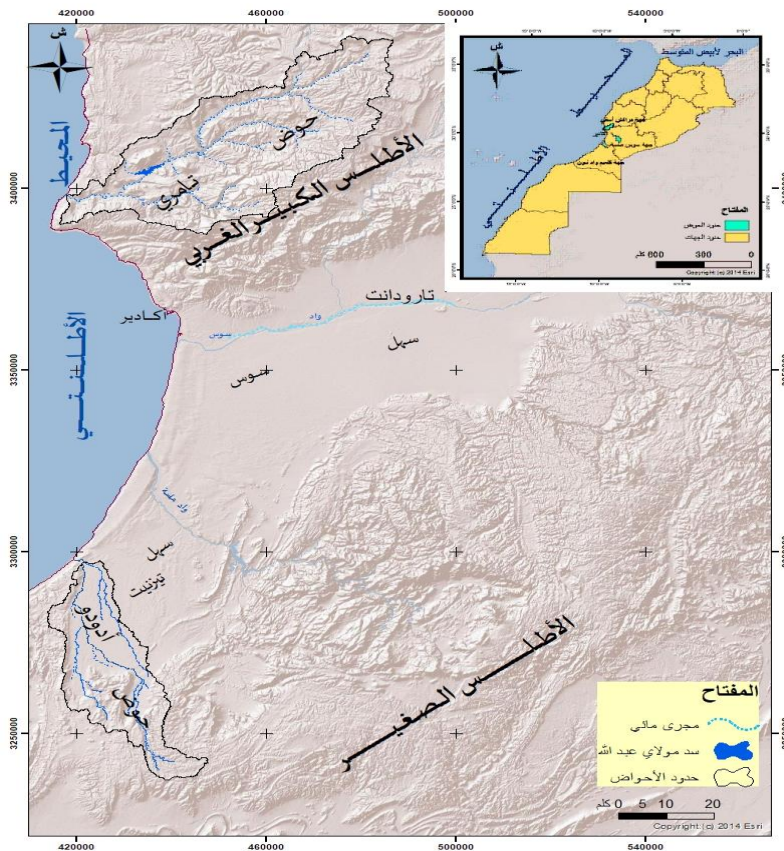
العلاقات الرياضية	تفسيرات الرموز
$A = L \times l$	A: مساحة الحوض، L: طول الحوض، l: عرض الحوض
$P = (L + l) \times 2$	P: محيط الحوض، L: طول حوض، l: عرض الحوض
$KG = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	KG: مؤشر التراص: P: المحيط بكلم: A: المساحة بكلم ² .
$C.F = \frac{L^2}{A}$	CF: معامل الشكل، A: المساحة بكلم ² : L: طول المستطيل بكلم
$L = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right] \text{ si } K_G \geq 1,12$	L: طول المستطيل بكلم: KG: مؤشر التراص: A: المساحة بكلم ²
$l = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right] \text{ si } K_G > 1,12$	l: عرض المستطيل بكلم: KG: مؤشر التراص: A: المساحة بكلم ²
$D_d = \frac{\sum L}{A}$	Dd: كثافة التصريف بكلم/كلم ² L: طول الوديان بالحوض بكلم: A: مساحة الحوض بكلم ²
$D_h = \frac{\sum N_l}{A}$	Dh: الكثافة الهيدروغرافية بكلم ⁻² N: مجموع عدد الوديان بالحوض: A: مساحة الحوض بكلم ²
$Rc = \frac{N_x}{N_x + 1}$	Rc: مؤشر التجميع: Nx: عدد المجاري المائية من الرتبة x؛ Nx+1: عدد المجاري المائية من الرتبة x+1
$RL = \frac{L_x + 1}{L_x}$	RL: مؤشر الطول: Lx+1: متوسط طول المجاري المائية من الرتبة x+1 Lx: متوسط طول المجاري المائية من الرتبة x
$Tc = 60 \times \left(\frac{4\sqrt{A} + 1,5 \times L(m)}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \right)$	Tc: وقت تركز المياه (الثانية): A: مساحة الحوض بكلم ² ؛ H _{moy} : الارتفاع المتوسط بالحوض بالمتر؛ H _{min} : الارتفاع الأدنى بالحوض بالمتر؛ L: طول المجرى الرئيس بالمتر
$V = \frac{L(m)}{Tc(s)}$	V: سرعة الجريان (متر/الثانية): Tc: وقت التركز (الثانية)؛ L: طول المجرى الرئيس (متر).
المصدر: تجميع المعطيات من مجموعة من المراجع	

5- نتائج الورقة البحثية ومناقشتها

1-5: الموقع الجغرافي لحوضي واد تامري وأودودو

✓ **حوض واد تامري:** يقع الحوض الهيدروغرافي لواد تامري في الشمال الغربي لحوض واد سوس، على بعد حوالي 54 كلم شمال مدينة أكادير. يمتد هذا الحوض على مساحة تقدر بحوالي 1747.11 كلم²، ويصرف مجموع المياه المتساقطة على سفوح جبال الأطلس الكبير الغربي؛ ويتمركز ما بين خطي عرض 30°40' و 31°06' شمالا، وما بين خطي طول 9°09' و 9°50' غربا. يحد شمالا بجماعتي إمسوان، وتمنار؛ وجنوبا بمنطقة كاب غير، وحوض واد تامراغت؛ أما شرقا فيحد بإموزار إدوتنان، وأركانة؛ وغربا بالمحيط الأطلسي. يتميز هذا الحوض بسيادة مناخ شبه جاف، ويتخذ مجراه في اتجاه المحيط الأطلسي من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي.

✓ **حوض واد أودودو:** يشغل جزءا مهما من سهل تيزنيت والسفوح الشمالية الغربية للأطلس الصغير الغربي. يمتد على مساحة تقدر ب 815,92 كلم². يتمركز ما بين خطي عرض 29°16' و 29°46' شمال خط الاستواء، وما بين خطي طول 9°32' و 9°48' غرب خط غرينتش. يحده من الشمال والشمال الشرقي سهل تيزنيت، ومن الجنوب نجد جبل أيت بيلول 1324م، أما من جهة الشرق فتحده سلسلة الأطلس الصغير، ومن الغرب المحيط الأطلسي. يعتبر حوض واد أودودو حوض الفرعي الوحيد المكمل لحوض واد أودودو على ضفته اليمنى والذي يمتد على مساحة تقدر بحوالي 141.45 كلم².



شكل رقم 1: الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية 12.5m ASTER DEM

2-5: دراسة الخصائص المورفومترية لحوضي تامري وأودودو

تضطلع الخصائص الهندسية للأحواض الهيدروغرافية بدور مهم في دراسة وتفسير الأخطار الهيدروولوجية، ذلك أن الشكل الهندسي لهذه الأحواض يؤثر على طبيعة الجريان المائي. ويرتبط ذلك بطبيعة التكوينات الجيولوجية والظروف المناخية السائدة في الحوض، فضلا عن نوعية وطبيعة الأشكال التضاريسية. كما أن الأحواض الدائرية الشكل تمتاز بجريان مائي غير منتظم في الزمان وبكمية تصريف مائي عالي من العالية إلى السافلة، في حين تتميز الأحواض الطولية بجريان مائي منتظم في الزمن وبكمية تصريف مائي ضعيف، بسبب تعرض المياه للتسرب والتبخر أثناء الجريان من العالية نحو السافلة، فضلا عن وصول مياه الروافد بشكل متتالي (أكبر خالد، 2010).

جدول رقم 2: الخصائص الهندسية لحوضي تامري وأودو

اسم الحوض	المساحة A (كم ²)	المحيط P (كم)	مؤشر التراص K _G	المستطيل المعادل (كم) الطول L العرض I	مؤشر الشكل CF	طول المجرى الرئيس L (كم)
تامري	1747.11	284.34	1.9	128,93	13.47	9.51
أودو	815,92	208,92	2,04	95,81	8,49	11,25

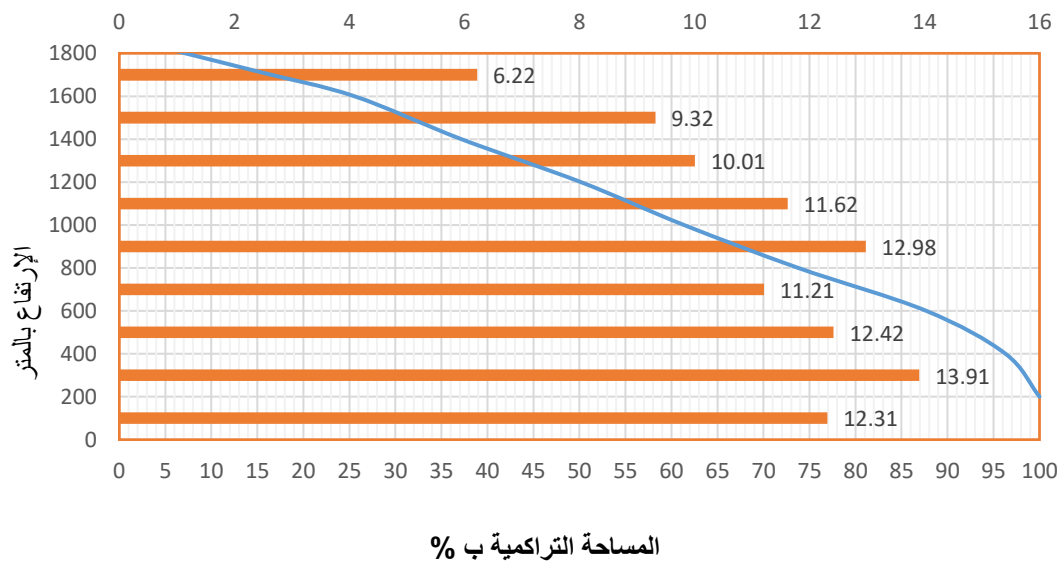
المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER DEM 12.5m

يتضح أن مؤشر التراص بكل من حوضي واد تامري وأودو يتجاوز 1، إذ يقدر على التوالي ب 1,9 وب 2,04، وعليه فإن شكل الحوضين يتميزان بامتداد طولي. وبناء على هذا المؤشر فإن استجابتهما الهيدرولوجية أثناء استقبال التساقطات المطرية تكون ضعيفة، إلا أنه بالرغم من ذلك فإن هذين الحوضين يشهدان تردد فيضانات عنيفة في السافلة، ويجد ذلك تفسيره في كون الأحواض الأولية في العالية تتسم بشكل هندسي دائري يسهم في تجميع المياه السطحية وانطلاقها في اتجاه المحور الرئيس في وسط الحوضين. كما أن معامل الشكل يبقى ضعيفا بهاذين الحوضين ويدل على أن الحوضين طويلين، حيث يقدر ب 9.51 في حوض واد تامري بينما يصل في حوض واد أودو 11.25، لذلك فهذا المعامل تكون تأثيراته واضحة على استجابة الحوض أثناء تجمع المياه في الشعاب بالعالية وانطلاقها نحو المنفذ (السافلة).

3-5: الخصائص التضاريسية لحوضي تامري وأودو

3-1-5: المنحنى الهيبسومتري والارتفاعات المميزة بالحوضين

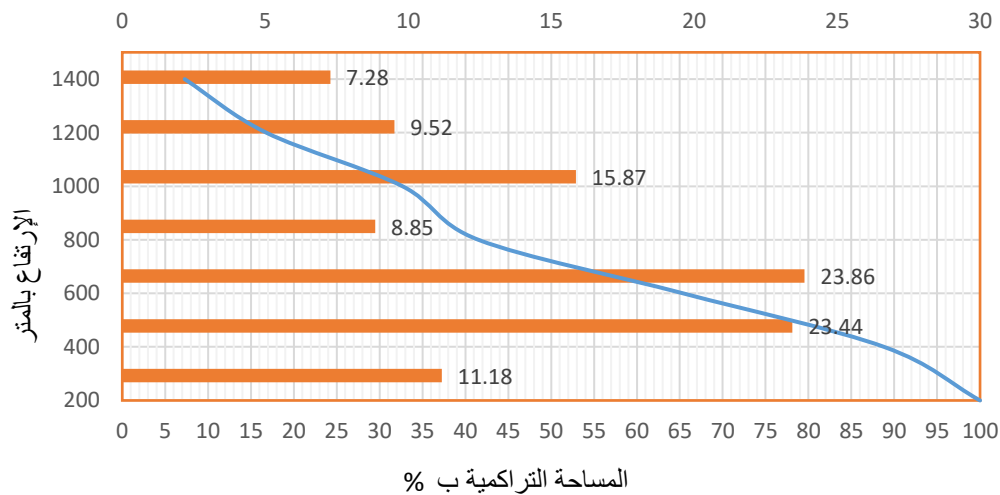
يعطي المنحنى الهيبسومتري فكرة شاملة عن الانحدارات بالحوض. ويعتمد في انجازه على تمثيل مساحة الحوض في محور الأفصايل (X) وفئات الارتفاع في محور الأرتيب (Y) (Strahler, 1952).



المساحة التراكمية ب %

شكل رقم 2: المنحنى الهيبسومتري بالحوض الهيدروغرافيلوود تامري

يظهر أن حوض واد تامري يتميز بمساحة داخلية مهمة، مما يدل أن الحوض يعرف نشاطا قويا للتعرية المائية، أي لا يزال في مرحلة الشباب. يمكننا هذا المنحنى من استخلاص أعلى ارتفاع داخل الحوض والذي يصل 1791 م بأقصى شماله، ويصل أدناه ب 0 م عند المنصب في اتجاه المحيط الأطلسي غربا، أي بفارق ارتفاع يصل 1791 م. يتبين في المقابل من خلال المنحنى أن الارتفاع المطابق ل 95% من مساحة الحوض يمثل 200 م، في حين يمثل الارتفاع الموافق ل 5% من مساحة الحوض 1735 م.

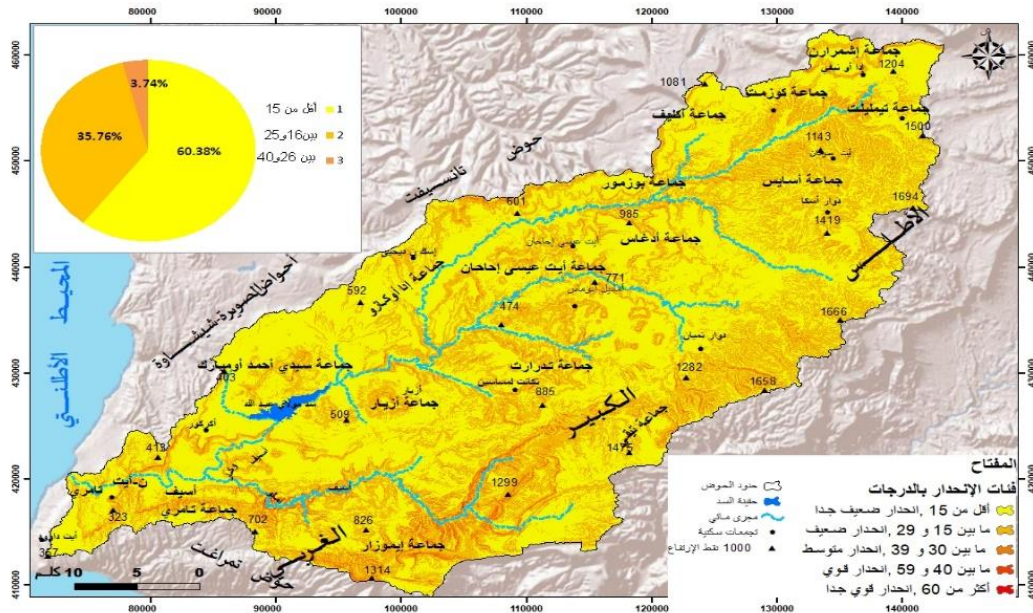


شكل رقم 3: المنحنى الهيبسومتري بالحوض الهيدروغرافي لواد أدودو

يتبين أن حوض واد أدودو يتميز بضيق المساحة الداخلية للمنحنى الهيبسومتري، ويدل هذا على أن الحوض يتميز بنشاط تعرية متقدمة وتآكل مهم، أي أن الحوض في مرحلة النضج ومقبل على الدخول في مرحلة الشيخوخة. وهكذا، واعتمادا على هذا المنحنى نستخلص أن الارتفاع الوسيط 50% بالحوض يبلغ 620م، ويقدر الارتفاع الموافق لـ 5% من مساحة الحوض بـ 1390م، بينما الارتفاع المطابق لـ 95% من مساحة الحوض يقدر بـ 300م.

3-2- الانحدارات واتجاه الجريان السطحي بحوضي تامري وأدودو

تكتسي دراسة الانحدارات أهمية كبرى في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، حيث يعتبر تحديد طبيعة الانحدارات بالأحواض الهيدروغرافية من العوامل الأساسية التي تساعد على فهم طبيعة السلوك الهيدرولوجي للوادي. كما أن تحليل هذه الانحدارات وتصنيفها يُمكن من التوصل إلى تفسيرات حول قوة وسرعة الجريان السطحي، فضلا عن وقت تركيز المياه بالحوض من العالية نحو السافلة (Laborde, 2000). ذلك أنه كلما كانت الانحدارات قوية، إلا وتقلص زمن تجمع المياه في الروافد، حيث يتشكل جريان سريع ولحظي، ليتطور إلى فيضانات فجائية عنيفة (العمرائي وآخرون، 2021).

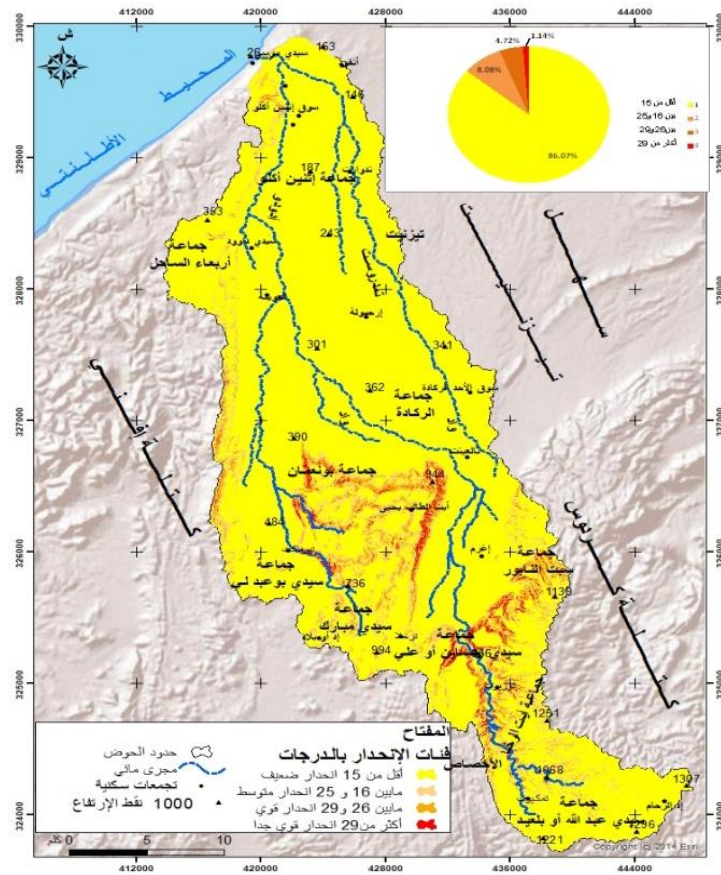


شكل رقم 4: خريطة التوزيع المجالي لفئات الانحدار بحوض واد تامري

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية 12.5m ASTER DEM

يتضح أن الحوض السفحي لواد تامري يعرف تباينا في الانحدار من العالية في اتجاه السافلة؛ ويرتبط ذلك بالعوامل الطبوغرافية وبطبيعة التكوينات الصخرية للحوض. يتميز الحوض بهيمنة التضاريس الجبلية، إلا أن فئة الانحدارات الأقل من 15 تمثل أزيد من 60% من مساحة الحوض، وتتنوع بشكل متباين داخله، إذ تمتد على مساحة تقدر بـ 1054,9 كلم². أما الانحدارات القوية والتي تتفوق 15 فتمتد على

مساحة تقدر بـ 690,22 كلم² أي حوالي 40% من مساحة الحوض. لذلك، يمكن القول إن الانحدار يعد عاملاً أساسياً يساهم في تسريع وتيرة الجريان السطحي بالحوض الهيدرولوجي، وفي نشاط أساليب التعرية المائية على طول السفوح. وفي هذا السياق، يتميز حوض واد تامري بسيادة تضاريس جبلية ذات سفوح شديدة الانحدار، ذلك أن فارق الارتفاع الخاص به يقدر بـ 432,61م أي أنه ينتهي إلى المجموعة 5 التي تتميز بتضاريس قوية والمحصورة ما بين 250-500م.



شكل رقم 5: خريطة التوزيع المجالي لفئات الانحدار بحوض واد أودو

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER DEM 12.5m

أما بالنسبة لحوض واد أودو (الشكل رقم 5) فالانحدارات تنقسم إلى أربع فئات حيث إن الانحدارات الضعيفة والأقل من 15 هي التي تطبع تضاريس الحوض إذ تمثل 86,07% من مساحته الإجمالية، وتتركز في وسطه وسافلته. أما بالنسبة للانحدارات المحصورة ما بين 15 و30 فتشغل حوالي 13% من مساحة الحوض وتتركز في الجنوب؛ إلا أن اللافت للانتباه في هذا الحوض هو ضعف الانحدارات القوية التي تتجاوز 30 حيث لا تمثل سوى 1,14%، وفي الوقت نفسه تتميز سرعة الجريان المائي بالقوة بالعالية مقارنة بالسافلة. كما أن قيمة الإشراف النوعي بالحوض تمثل 324,77 أي أن تضاريس الحوض قوية (العمrani وآخرون، 2021).

4-5: بنية وترتيب الشبكة الهيدروغرافية بحوضي تامري وأودو

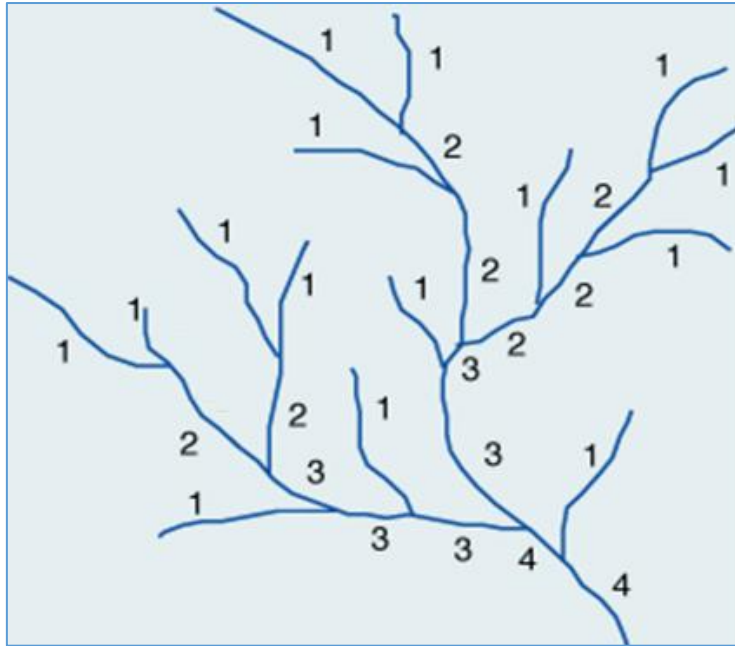
تشمل خصائص الشبكة الهيدروغرافية رتب المجاري المائية وكثافة التصريف التي توضح العلاقة بين مختلف أجزائها (أكبر خال، 2010). وهكذا، فدراسة بنية وترتيب الشبكة الهيدروغرافية يعد المنطلق الأساس لفهم التطور الجيومورفولوجي للأودية والشعاب بمختلف الأحواض؛ لذلك، فتحديد رتب المجاري يساعد على تحديد درجة تطور الشبكة الهيدروغرافية، ومعرفة كمية التصريف المائي الخاصة بكل واد، هذا الأمر يساعد على فهم قدرة تلك الأحواض على التعرية والإرساب.

ترتكز دراسة عناصر الشبكة الهيدروغرافية بالحوض المائي على عنصر التقييم الذي يبرز درجة تشعبها مع الأخذ بعين الاعتبار ترتيب المجرى الرئيسي. وفي هذا السياق، يعد تصنيف سترايهر (Strahler, 1957) من أهم الطرائق والتصنيفات المعتمدة في الدراسات الهيدرولوجية على نطاق واسع، في تحديد رتب عناصر الشبكة الهيدروغرافية (شكل رقم 6). يعتمد هذا التصنيف على أن:

✓ كل مجرى مائي ليس له رافد فإنه يحمل الرتبة الأولى؛

✓ كل مجرى مائي ينتج عن التقاء مجريين لهما نفس الرتبة فإنه يأخذ الرتبة الموالية.

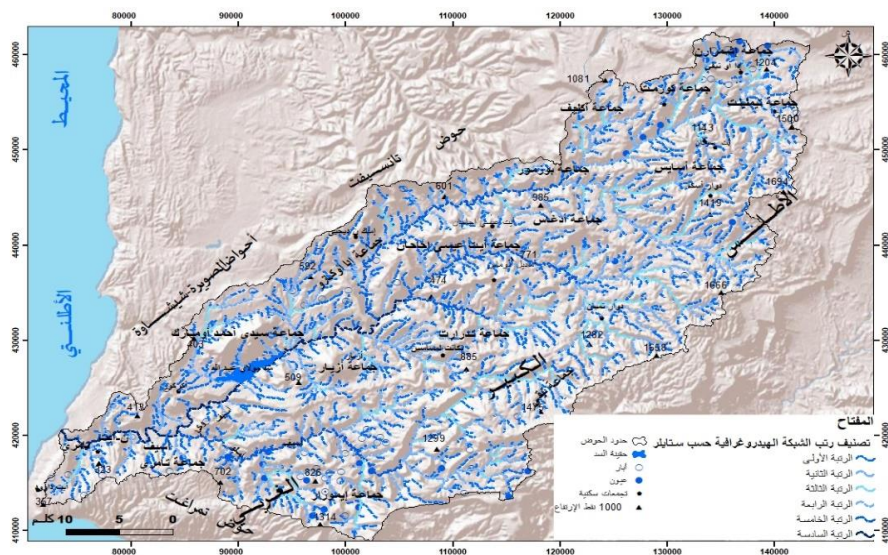
✓ كل مجرى مائي ينتج عن التقاء مجريين، رتبتهما مختلفة فإنه يأخذ الرتبة الأكبر؛



شكل رقم 6: ترتيب الشبكة الهيدروغرافية حسب تصنيف ستر ايلر 1957

المصدر: العمراني س، 2023

تشمل دراسة رتب الشبكة الهيدروغرافية وأطوالها التدرج الرقمي لمجموع الروافد داخل الحوض من العالية إلى السافلة. وهكذا، فرتبة حوض واد تامري هي الرتبة السادسة، ويعني هذا أن المجرى الرئيس للحوض يستقبل كمية مهمة من المياه السطحية التي تصرفها الشعاب والروافد. وفي هذا السياق، فعملية تحديد رتب المجاري بالأحواض تمكن من فهم درجة تشعب الشبكة الهيدروغرافية ومدى أهميتها في نقل المياه خلال فترة التساقطات المطرية.

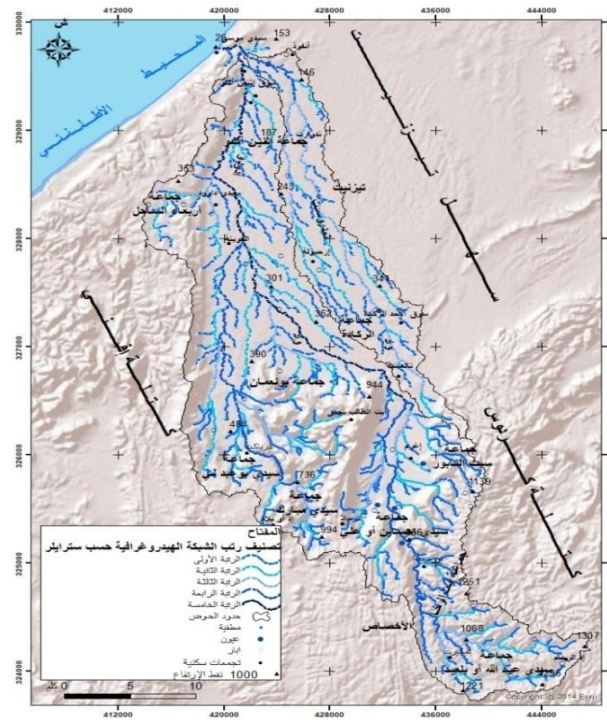


شكل رقم 7: خريطة تراتبية الشبكة الهيدروغرافية لحوض واد تامري

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER DEM 12.5m

يلاحظ انطلاقا من الشكل رقم 7 أن حوض واد تامري يتكون من 1468 مجرى وبمجموع طول يقدر بـ 2083.4 كلم، هذه المجاري موزعة على ست رتب. تمثل الرتبة السادسة المجرى الرئيس للحوض بطول يصل 52.41 كلم، في حين يمثل عدد الوديان التي تحمل الرتبة الأولى 75.74 % ويقدر طولها بحوالي 1066,16 كلم. تتميز هذه الوديان بجريان سطحي غير متعمق، وتجتمع مباشرة في مركز تامري، حيث تسهم في

نشأة امتطاحات فجائية تغمر ضفاف المجري الرئيس، وتمتد على بعض الرهانات البشرية المجاورة، ويتردد هذا الأمر سنويا عند استقبال التساقطات المطرية الغزيرة والمركزة.



شكل رقم 8: خريطة تراتبية الشبكة الهيدروغرافية لحوض واد أودو

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER DEM 12.5m

أما بخصوص التحليل الهيدرولوجي لحوض واد أودو فقد توصل إلى أن الواد الرئيس يمثل الرتبة الخامسة، ويدل هذا على أن هذا الحوض متشعب بشكل كبير على مستوى العالية أكثر من السافلة. وهكذا، فالشكل رقم 8 يبرز أن حوض واد أودو يتكون من خمس رتب موزعة داخله بشكل متفاوت، إذ تمثل الرتبة الأولى 76.7% بطول 404,75 كلم، وتلها الرتبة الثانية بنسبة 19,14% بطول 230,01 كلم، وفي الأخير نجد الرتبة الخامسة والتي تمثل المجري الرئيسي بالحوض بطول يقدر ب 47,79 كلم، بينما يأخذ رافده واد تمدهوست الرتبة 4.

جدول رقم 3: مؤشرات الارتفاعات وزمن تركيز المياه بالأحواض المدروسة

الحوض	كثافة التصريف (كلم/كلم ²)	الكثافة الهيدروغرافية (كلم ²)	تردد المسيلات ذات الرتبة 1	معامل الجريان	زمن التركيز (الساعة)	سرعة الجريان (متر/الثانية)
تامري	1.19	0.84	0,63	0.74	10.44	1.43
أودو	1	0.44	0,34	0.34	11.44	1.85

المصدر: اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية ASTER DEM 12.5m

يتميز حوض واد تامري بكثافة تصريف عالية تقدر ب 1,19 كلم²/كلم²؛ وتقدر بحوض واد أودو ب 1 كلم²/كلم²، وذلك راجع إلى طبيعة الصخور التي تنتشر بالحوضين، والتي تتكون من صخور كاربوناتية منفذة للمياه، فضلا عن تأثير عامل الانحدار. أما بالنسبة للكثافة الهيدروغرافية فتقدر قيمتها بحوض واد أودو ب 0,44 كلم² وبحوض واد تامري ب 0,84 كلم². بالنسبة لتردد المسيلات Fi بالحوضين المدروسين، وسيمما بالنسبة للرتبة 1 فهو ضعيف جدا، حيث وصل بتامري 0,63 و بأودو: 0,34 وبأودو: 0,34. وبالنسبة لتفسيره في كثافة المجاري المائية والمساحة الشاسعة للحوضين. أما بالنسبة لمعامل الجريان Cr فهو يتميز كذلك بالضعف إذ سجل بحوض واد تامري 0,74 في حين سجل 0,34 بحوض واد أودو؛ ويرجع هذا الاختلاف إلى طبيعة الصخور المنتشرة داخل الحوضين، حيث تنتشر على العموم الصخور المنفذة للمياه على مساحات شاسعة، مما يؤدي إلى تراجع أهمية الجريان السطحي. كما أن زمن تركيز المياه بهاذين الحوضين يكون مرتفعا إذ يتجاوز 10 ساعات، ويرتبط ذلك بطولهما المهم من العالية في اتجاه السافلة. أما فيما يخص سرعة الجريان فهي جد مهمة، حيث تصل على التوالي 1,43 و 1,85 متر/ثانية في كل من حوض تامري وحوض أودو. وهكذا، فسرعة جريان المياه وارتفاع تركيزها وانطلاقها بمجرد تجميعها في الشعاب والمجاور الهيدروغرافية، تجد تفسيرها في تضافر العوامل الطبوغرافية والجيولوجية والبيومناخية؛ فضلا عن التدخلات البشرية المقصودة وغير المقصودة.

5-5: أشكال استغلال الإنسان للأراضي بالأحواض وعلاقتها بتعدد خطر الفيضانات

تكتسي دراسة ظروف استغلال الإنسان للأراضي بالأحواض المدروسة أهمية بالغة بالنظر إلى علاقتها بنشأة الأخطار الهيدرولوجية، ذلك أن هذه الظروف تعكس الوضعية الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للسكان المستغلة للمجال.

5-5-1: ظروف استغلال الأراضي بسافلة حوض واد تامري

تمتد سافلة حوض واد تامري وخاصة المركز شبه الحضري على مساحة تقدر ب 200 كلم². وأمام ضيق المساحات القابلة لاستقبال السكن الجديد، وفي ظل التزايد السكاني السريع الذي أصبح يعرفه مركز تامري فإن الطلب على المنازل ارتفع بشكل كبير، مما دفع بالعديد من السكان إلى التوسع على حساب أراضي هامشية مهددة باستمرار بخطر الغمر المائي، وتركز على طول ضفاف الوديان. بناء على نتائج تحليل صور الأقمار الاصطناعية لسافلة الحوض، وحسب التحريات والجولات الميدانية التي قمنا بها لهذه المنطقة تبين أن الإكراه الطبوغرافي بمركز تامري يحد من توسع النسيج العمراني، ذلك أن السكن ينتشر بشكل غير منظم على طول سفوح ذات انحدارات قوية، وتتميز بتكوينات صخرية هشة، وعلى طول الشعاب المائية الآتية من قمم المرتفعات المشرفة على مركز تامري (صورتين رقم 1 و 2). بالإضافة إلى ذلك فالمجرى الأصغر والأوسط لواد تامري يتعرضان لاستغلال مكثف في زراعة الموز، هذا الأمر له انعكاس على مستوى الجريان المائي السطحي، إذ يقلص مجال حرية الواد، ومن ثم عرقلة الجريان المائي الطبيعي خلال فترة التساقطات المطرية.



صورة رقم 2: استغلال المجرى المائي في الزراعة

صورة رقم 1: تركيز السكن على طول سفوح المرتفعات

المصدر: تصوير شخصي، تاريخ الالتقاط 2021/06/7

5-5-2: ظروف استغلال الأراضي بسافلة حوض واد أدودو

تتعرض الأراضي بسافلة حوض واد أدودو لزحف عمراني قوي، نتيجة الاستقطاب السكاني الذي تمارسه مدينة تيزنيت ومركز أكلو، بفضل موقعهما وحركتهما الاقتصادية. وفي هذا السياق، فنشاط السياحة يعرف دينامية قوية بالمدينة من حيث توافد عدد كبير من السياح؛ الأمر الذي يتطلب يدا عاملة، فضلا عن زيادة عدد منازل وفنادق الإقامة. ينتج عن هذه الدينامية تغيير معالم السطح والتأثير على حركية المياه السطحية خلال فترة الأمطار، مما يسبب ضعفا في نسب تسرب المياه إلى باطن الأرض وتسريع وثيرة الجريان السطحي ونشاط التعرية، ومن ثم تفاقم الكوارث الناتجة عن خطر الفيضانات وتزايد حدتها بهذه المنطقة (صورتان رقم 3 و 4).



صورة رقم 4: استغلال واد أدودو

صورة رقم 3: توسع السكن على حساب

المصدر: تصوير شخصي، تاريخ الالتقاط 2021/07/6

يظهر أن ممارسات الإنسان وتعامله مع مكونات المنظومة المكانية، من خلال الاستقرار بصفاف الوديان وبطون الشعاب المائية، واستغلاله المفرط للغطاء النباتي عن طريق الرعي والاجتثاث، يسهم في تكون ظروف مواتية لنشأة الفيضانات. كما أن الزيادة السكانية غير المضبوطة والناجمة أساساً عن الهجرة ينتج عنها انتشار سكن فوضوي يفتقر لأدنى شروط التهينة؛ مما يفاهم من حدة خطر الفيضانات خلال فترات هطول الأمطار.

خاتمة

توصلنا من خلال دراسة الخصائص المورفومترية وأشكال استغلال الإنسان للأراضي بحوضي واد تامري وأودودو، والتي اعتمدنا فيها على العمل الميداني، وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتقنية الاستشعار عن بعد، إلى النتائج الآتية:

- ✓ انطلاقاً من مؤشر التراص يتضح، أن حوضي واد تامري وأودودو يتميزان بامتداد طولي ورغم ذلك فهي تشهد تردد لحالات الفيضانات؛ وذلك راجع لكون الأحواض الأولية، المتواجدة بعالية الأحواض تتميز بشكل هندسي دائري مما يساهم في سرعة تجمع المياه، وتوجهها نحو المناطق المتواجدة بسافة الأحواض ومن تم الإسهام في نشأة فيضانات فجائية قوية؛
- ✓ تضطلع الانحدارات بدور مهم في تسريع وتيرة الجريان السطحي والتقليل من عملية تسرب المياه نحو الفرشة الباطنية، خلال الفترات التي تكون فيها التساقطات المطرية مركزة في مناطق العالية، حيث ينتج عنها نشأة فيضانات فجائية بالسافة. كما تهيم التضاريس الجبلية على حوضي واد تامري (الأطلس الكبير الغربي) وأودودو (الأطلس الصغير الغربي)؛ وينعكس هذا الأمر على زمن تركيز المياه بالشعاب والوديان؛
- ✓ يعد العنصر البشري الفاعل الأساسي في المنظومة المكانية؛ ذلك أن تأثيره يظهر في كونه يعتبر عاملاً حاسماً في حدة الكوارث الناتجة عن الفيضانات، وذلك من خلال أنماط استغلاله للأوساط الطبيعية، ومن خلال استقرار وتركز المجموعات البشرية بالمناطق المهددة بخطر الغمر المائي، حيث ينتج عن ذلك خلل في التوازن البيئي.
- ✓ إن الاستقرار البشري بالدرجات الارسابية وجنبات المسالك والطرق، ارتبط بالرغبة في الاستفادة من الإمكانيات الطبيعية التي توفرها هذه المناطق (الفلاحة). ساهم هذا الأمر في ارتفاع الكثافة السكانية وظهور بناء عشوائي غير منظم على حساب الأراضي المعرضة باستمرار لخطر الغمر المائي.

لائحة المصادر والمراجع

- أعفير، م. (2021). تدبير القضايا البيئية بالمغرب، بين الإطار المحلي والوطني والدولي. كتاب جماعي: القضايا البيئية بالمغرب التحديات وأساليب التدبير المستدام. منشورات مختبر المجال، والتاريخ، والدينامية، والتنمية المستدامة، الكلية متعددة التخصصات، تازة، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس، صص، 1-30.
- أكبر، خ. (2010). الخصائص المورفومترية لحوض واد جاوكة وأثرها على استعمال الأرض. جامعة الأنبار-كلية التربية لعلوم الإنسانية قسم الجغرافية. منشورات مجلة الأنبار للعلوم الإنسانية. الإصدار 3. ص ص، 48-60.
- الحافظ، اد. (2006). نشأة وتدبير الأخطار الهيدرولوجية داخل المدارات الحضرية: حالة وجدة وبركان والسعيدية. أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، فاس، 315 ص.
- الحافظ، اد. (2015). الموارد المائية بالمغرب الإمكانات والتدبير والتحديات. مطبعة قرطبة، وجدة، 448 ص.
- العمراني سكيعة، (2023)، خطر الفيضانات والامتطاحات الفجائية بالأحواض شبه الجافة والجافة (حالات: تامري، وأوركا، وأودودو): دراسة جغرافية. أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية جامعة ابن زهر، أكادير، 420 ص.
- العمراني ع، والعمراني س، وبوقدون ع. (2021). الامتطاحات الفجائية بحوض أودودو (إقليم تيزنيت): عوامل النشأة والتهينة المجالية (حالة امتطاح 28 نونبر 2014). منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية، أكادير، ضمن مؤلف جماعي تحت عنوان: الموارد المائية في سياق التغيير المناخي: التدبير والتحويلات وتحديات الإستدامة. ص ص 65-82.
- الغاشي م. (2017). الخصائص الهندسية للأحواض النهرية الصغرى بدير القصيبة: نموذج حوض أغبالو نوحليمية. ضمن الكتاب الجماعي: المدن الجبلية ورهانات التدبير الترابي، الطبعة الأولى، أشغال الدورة الأولى للملتقى العلمي الثقافي لمدينة القصيبة، ص ص 93 – 112.
- Hamid Fattasse¹, Jaouad Gartet, Marouane Laaraj, Mohamed Makhchane, Kamal Lahrichi, Abdelmonaim Okacha., 2024. Hydrological Study and Hydraulic Modeling of Flood Risk in the Watershed of the Oued Lahdar (Upper Inaouene, Morocco). Ecological Engineering & Environmental Technology 2024, 25(7), pp 274–290.
- Laborde, J.P., (2000). Élément l'hydrologie de surface. Université de Nice Sophia Antipolis. Centre National de la Recherche Scientifique, 204 p.

- Ouammou A., (1993). Evolution morphologique récente du basplateau de Tiznit (Maroc). Thèse de Doctorat, Université Nancy II, 145 p.
- Réménieras. G., (1986). L'hydrologie de l'ingénieur, Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France, 2ème Édition Eyrolles, Paris, 462 p.
- Strahler A.N., (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union, Volume38, Issue6, pp 913-920.
- Strahler A.N., (1957.)Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union, Volume38, Issue6, pp 913-920.
- Taous A., (2005). Géomorphodynamique fluviale : processus morphosédimentaires, ajustements spatio-temporels, paléoenvironnements et mutations récents des espaces fluviaux. Thèses et monographies N° 11, Pub FLSH sais Fès, 425 p.
- Taous A., Obda K., Amyay M., Laouanne M.,Tribak A., Akdim B., Marques M., FurdadaGet Julia R.(2010). Cartographie et zonage de l'aléa d'inondation a Taza (Maroc). Application de la Méthode Géomorphologique Intégrée. Geomaghreb, N°6, pp 1-19
- Weisrock, André., (1980). Géomorphologie et paléoenvironnement de l'Atlas Atlantique (Maroc). Thèse Doct. D'état, Paris I, 837 p.