دور النموذج الرقمي للارتفاعات في بناء قاعدة معلومات جغرافية لتدبير خطر الفيضانات بالأحواض الجبلية "حوض أوريكة بالأطلس الكبير"

ميـلود وشـــالة [1]، عبد الجليل الكريفـــة [2]

[1] طالب بجامعة القاضي عياض، كلية الآداب والعلوم الإنسانية مراكش مختبر الأبحاث حول الموارد، الحركية والجاذبية.

[2] أستاذ بجامعة القاضي عياض كلية الآداب والعلوم الإنسانية مراكش مختبر الأبحاث حول الموارد، الحركية والجاذبية.

الملخص

تتميز المجالات الجبلية بالمجال المتوسطي بمؤهلات طبيعية فريدة (جبال، غابات، أودية...)، وأخرى بشرية (عمران، صناعة تقليدية، تراث لا مادي...). مؤهلات جعلت منها وجهة سياحية عالمية، ساهمت في تحريك قاطرة التنمية الترابية بها وتطوير اقتصادها المحلي وتكريس الرغبة في التنمية لدى الساكنة التي استوطنتها منذ عقود. إلا أن هذه المجالات تواجه تحديات بيئية وأخطار ذات مصدر طبيعي، خاصة الفيضانات التي تخلف وراءها خسائر بشرية ومادية في الممتلكات والأرواح. فالأطلس الكبير بالمغرب - باعتباره جزءاً لا يتجزأ من المجال المتوسطي - يعرف تردداً قوياً لهذا الخطر. وهذا ما دفعنا إلى الاهتمام بأحد الأحواض النهرية المكونة لهذا المجال، وهو حوض أوريكة الذي شهد فيضانات عنيفة سنوات 1979، 1989، 1995، 1999، 2006 ... نتجت عنها خسائر في الأرواح، وأخرى مادية شملت المباني والأراضي الزراعية. وبهذا فحوض أوريكة بين رهانات التنمية من جهة، وإكراه خطر الفيضانات من جهة ثانية، أمام حدة الفيضانات وخسائرها الكبيرة كان لزاماً التفكير في بناء قاعدة معلومات جغرافية تساعد الفاعلين في مجال التدبير والوقاية من خطرها. من هنا اعتمدنا النموذج الرقمي للارتفاعات كأحد القواعد المعلوماتية التي توفرها نظم المعلومات الجغرافية قصد تحليلها واستخراج أهم البيانات الجغرافية التي تحتوي عليها، خاصة المرتبطة بالخصائص المورفومترية للأحواض النهرية والتي تتحكم في سلوكها الهيدرولوجي. ويبقى الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو إبراز دور وأهمية قواعد المعلومات الجغرافية في حل بعض التحديات والأزمات التي تعرفها المجتمعات الجبلية.

الكلمات المفتاح: حوض أوريكة، النموذج الرقمي للارتفاعات MNT، خطر الفيضانات.

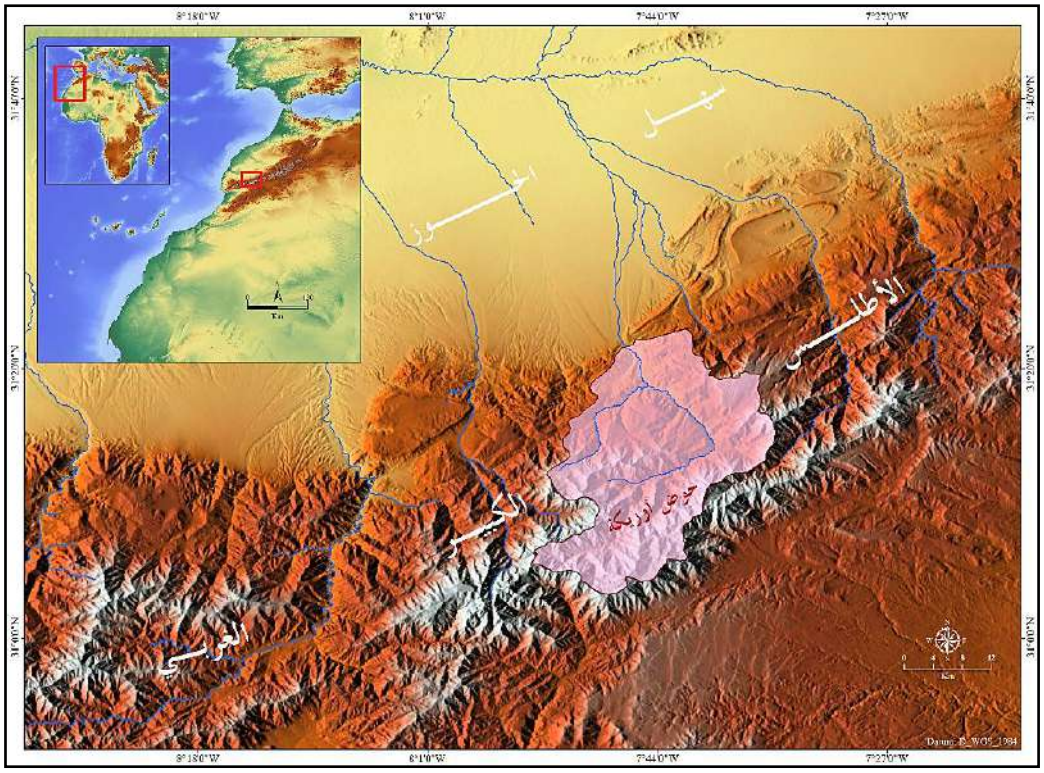
مقدمـــة:

تكتسي المعلومة الجغرافية دوراً مهماً في قضايا الاعداد والتدبير في المناطق الجبلية المتوسطية المعقدة تضاريسياً والحاضنة لثروات طبيعية وإرث ثقافي وحضاري مهم، وما تزال تفصح عن بعض ملامح الحتمية الطبيعية، مما يجعلها مختبراً للبحث في علاقة التأثير والتأثر بين الانسان والطبيعة. لا جدال في كون الجبال المصدر الأساسي للموارد المائية بالمغرب، وتدبير هذه الموارد بنعمها ونقمها يتم داخل الأحواض النهرية باعتبارها مساحة طبوغرافية تحدها خطوط تقسيم المياه على شكل أعراف أو حواف تتجه مياهها نحو مصب رئيسي وحيد، غير أن هذه الأحواض كثيراً ما تعرف تحديات ترتبط في معظمها بنشاط الظواهر الطبيعية والهشاشة السوسيواقتصادية. من هذه المشاكل تلك المرتبطة بخطر الفيضانات، حيث إن جميع الأحواض النهرية بالمجال المتوسطي تتقاسم هم هذا الخطر. وتعتبر جبال الأطلس الكبير الغربي (أطلس مراكش خصوصا) خير أنموذج لدراسة النشاط القوي لخطر الفيضانات الذي تتفاقم خسائره سنة بعد سنة.

الحوض النهري لواد أوريكة؛ هو أحد الأحواض المشكلة للأطلس الكبير، ويعتبر عينة للدارسات المهتمة بتدبير خطر الفيضانات، نظراً لتاريخه الحافل بها، ولازال يشهد ترددها إلى يومنا هذا. إن كارثة فيضان 17 غشت 1995 راسخة

في ذاكرة سكان أوريكة، نتيجة الخسائر البشرية والمادية المرتفعة التي خلفتها. وتجدد نفس السناريو إثر فيضان 24 أبريل 2006، من هذا المنطلق جاء اهتمامنا بدراسة هذا الحوض النهري على أساس تسليط الضوء على دور النموذج الرقمي للارتفاعات في إعداد قاعدة معلومات جغرافية، قاعدة من شأنها أن تساعد مختلف الفاعلين من سكان ومؤسسات في وضع خطط وبرامج واستراتيجيات لتدبير خطر الفيضانات.

الخريطة (1): الموقع الجغرافي للحوض النهري أوريكة



المصدر: النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

يقع مجال البحث في الأطلس الكبير الغربي في الشمال الشرقي للمنطقة المحورية لكتلة توبقال، ويتشكل هذا المجال من الجزء الجبلي للحوض النهري لواد أوريكة كرافد من روافد واد تانسيفت، أما جغرافيا فيمتد بين دائرة عرض '31°00 و'31°20 شمال الاستواء وبين دائرة طول '7°30 و'7°50 غرب غرينتش، ويحده حوض الزات شرقاً، وحوض غيغاية غرباً، ثم حوض أسيف تفنوت جنوباً (عالية حوض سوس)، بالإضافة إلى سهل الحوز شمالا. كما يجاور أعلى القمم بشمال إفريقيا؛ هي قمة توبقال 4165 م. إدارياً ينتمي الحوض النهري المدروس إلى جهة مراكش أسفى على المستوى الوطني، وإلى إقليم الحوز على المستوى الجهوي، لتتقاسمه محليا ثلاث جماعات ترابية؛ وهي جماعة سيتي فاطمة مساحتها حوالي 323,57 كلم^2، وجماعة توبقال بمساحة 317,18 كلم^2، ثم جماعة أوكيمدن بمساحة 50,87 كلم^2.

1. النموذج الرقمي للارتفاعات: التعريف والمصدر

يعتبر النموذج الرقمي للارتفاعات أحد أهم قواعد المعلومات الجغرافية، ومن التطبيقات الحديثة ضمن برامج نظم المعلومات الجغرافية. وبفضل هذا النموذج أتيحت للباحثين المهتمين فرصة رؤية البعد الثالث لمختلف العناصر المجالية المكونة لسطح الأرض، والتي لا طال ما تشكل عائقاً أمام خطط وبرامج إعداد المجال. إذ إن اكتشاف النموذج الرقمي

للارتفاعات أحدث ثورة علمية في الأبحاث الجغرافية، خاصة عند المهتمين بالجيومرفلوجية والهيدرولوجية، نظراً لفوائده في دراسة الخصائص الجيومرلوجية والفيزيوغرافية للأحواض التصريف.

1.1 تعريف النموذج الرقمي للارتفاعات.

النموذج الرقمي للارتفاعات Digital Elevation Model أو ما يطلق عليه باللغة الفرنسية بالنموذج الرقمي للميدان Model Numérique de Terrain، هو ملف رقمي يحتوي على بيانات الارتفاع (z) لمنطقة جغرافية محددة (x.y). هذا النموذج الارتفاعي قد يتخذ صيغة خطية Vector (مثال خطوط تساوي الارتفاع)، أو صيغة شبكية Rastre مثال تضاريس سطح الأرض، حيث يتخذ شكل خلايا أو ما يسمى بالبكسل، وكل بكسل يحتوي على قيمة رقمية تمثل متوسط الارتفاع المطلق لسطح الأرض.

تختلف النماذج الرقمية للارتفاعات حسب الدقة المكانية، وقدرة تمييز النموذج بين العناصر المجالية المختلفة والمتعددة على سطح الكرة الأرض. فالنوع الذي سنعتمد عليه في هذه الدراسة يوضح فقط ارتفاع التضاريس؛ أي أنه خالي من بيانات حول العناصر المجالية الأخرى (الغطاء النباتي، الشبكة الطرقية، الاستغلال الفلاحي، المنشآت البشرية...).

2.1 مصادر النموذج الرقمي للارتفاعات

يمكن الحصول على النموذج الرقمي للارتفاعات من مصادر متعددة:

- الصورة الجوية: يتم استخراج بيانات الارتفاعات من الصورة الجوية من خلال الرؤية ثلاثية الأبعاد باستعمال أجهزة الستيريوسكوب[1] اليدوية أو باستعمال أجهزة أخرى إلكترونية تعالج الصورة الجوية في صيغتها الرقمية.
- الصورة الفضائية هناك مجموعة من الأقمار الصناعية المتخصصة لإنتاج صور نقطية تمثل نماذج ارتفاعات رقمية كالقمر سبوت أورتو[2].
- المسح الحقلي: يتم رفع النقاط الارتفاعية مباشرة من الميدان وهي عملية دقيقة لكنها بطيئة ومكلفة وتغطي مجالات محدودة جداً.
- الخرائط الطبوغرافية: يتم ترقيم الخرائط الطبوغرافية واستخراج خطوط التسوية وعن طريق تحويل قيمها نحصل على نموذج رقمي للارتفاعات وهذه العملية غير مكلفة وسريعة لكنا محدودة الدقة.

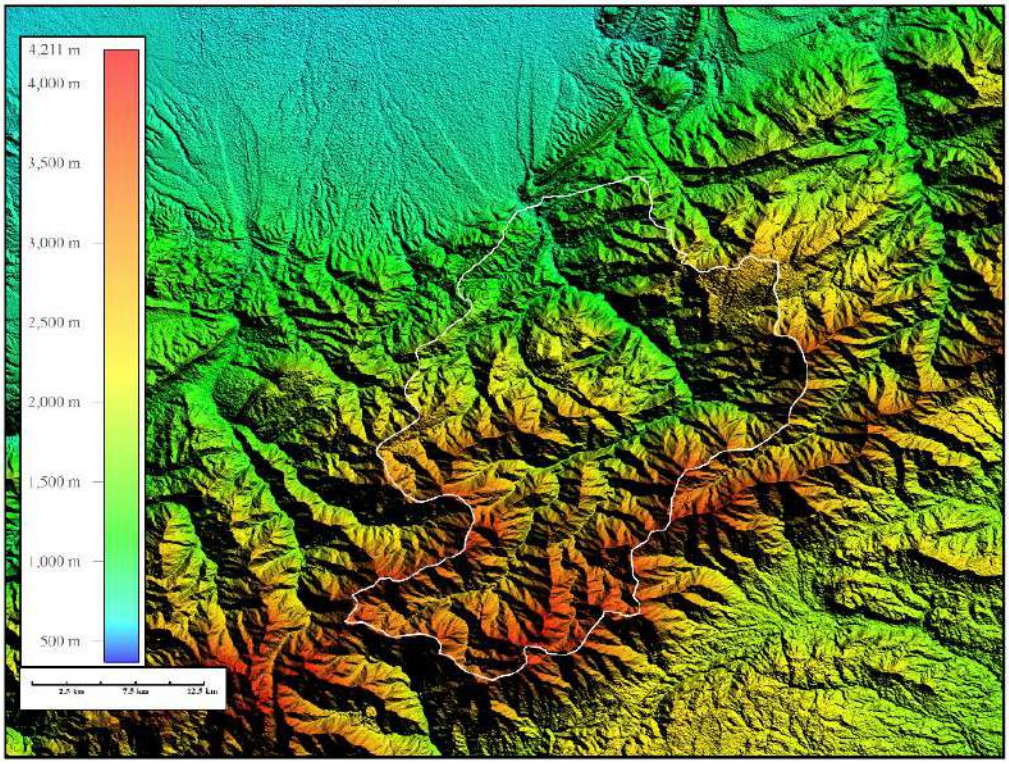
2. تطبيقات النموذج الرقمي للارتفاعات في تدبير خطر الفيض بحوض أوريكة

تستعمل النماذج الرقمية للارتفاعات في مجموعة من الأعمال والأبحاث التطبيقية، لما لها من مزايا تتجلى أبرزها في ارتباطه بالمجال الجغرافي الذي نعرفه كمسرح للأنشطة البشرية المتنوعة. وتزداد أهمية هذا النموذج كلما ازدادت دقته التي تقاس بقدرته في تمييز العناصر الصغيرة الحجم على سطح الأرض. من أجل بناء قاعدة معلومات جغرافية تخدم الإشكالية المطروحة، قمنا بالاشتغال على نموذج رقمي بدقة 12.5 متر خاص بحوض السكب أوريكة حصلنا عليه من موقع وكالة ASF الفضائية[3].

---

[1]- هو جهاز الإبصار المجسم، وهو عبارة عن جهاز بسيط يقوم بإظهار الصورة الجوية بأبعادها الثلاثة الطول والعرض والارتفاع.
[2]- هي صورة فضائية وجوية مصححة بحيث يمكن اجراء القياسات والحسابات عليها.
[3]- **A**laska **S**atellite **F**acility عبارة عن منشأة لمعالجة البيانات ومحطة أرضية لتتبع الأقمار الصناعية داخل المعهد الجيوفيزيائي بجامعة ألاسكا فيربانكس. وتتمثل مهمتها في إتاحة الوصول إلى بيانات الاستشعار عن بعد. كما تركز في عملها أساسا على المناطق القطبية بما في ذلك الأراضي الرطبة، والأنهار الجليدية، والجليد البحري، وتغير المناخ، الفيضانات، دينامية الغطاء النباتي مثل التغييرات في غابات الأمازون المطيرة.

الخريطة (2): النموذج الرقمي للارتفاعات للحوض النهري أوريكة.



المصدر: النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

1.2 الدراسة المورفومترية لحوض أوريكة.

يقصد بالدراسة المورفومترية بشكل عام القياس والتحليل الرياضي لشكل سطح الأرض وأشكال تضاريسه وأبعادها (Kuldeep Pareta, 2011, p248)، وهذه الدراسة قد تخص الأحواض النهرية أو الكثبان الرملية أو بعض أنواع التضاريس. وتشمل الخصائص الهندسية في دراسة أحواض التصريف مجموعة من المؤشرات والقياسات يفوق عددها عند بعض الباحثين 85 خاصية (Kuldeep Pareta, 2011, p263) أهمها:

1.1.2 الخصائص الشكلية للحوض المائي لواد أوريكة.

-مساحة الحوض:

تكتسي معرفة مساحة الأحواض النهرية أهمية كبرى، بحيث أن الدراسة الهيدرولوجية لحوض معين والأخطار المترتبة عنها تستلزم حساب مساحة حوض التصريف النهري بواسطة المجرى المتحكم مباشرة في الصبيب. كما أنه كلما اتسعت مساحة الحوض المائي إلا واستقبل تساقطات مهمة. لذا فمعرفة مساحة الحوض تفرض نفسها في المقام الأول، ويمتد حوض واد أوريكة على مساحة تبلغ 503[4] كلم^2؛ وهي مساحة واسعة مقارنة مع باقي الأحواض الأخرى المجاورة له، والتي تصب في واد تانسيفت.

[4]- مساحة الحوض حصلنا عليها باستعمال أداة (Calculat Gemetry Area) في برنامج ArcMap.

-محيط الحوض:

هو طول خط تقسيم المياه المحيط بالحوض، ويفصل بينه وبين الأحواض المجاورة له، والمتمثلة في حوض الزات شرقاً، وحوض غيغاية غرباً بالإضافة إلى كونه المتحكم الأساسي في مساحة وطول الحوض. وبالنسبة لحوض الدراسة يبلغ محيطه حوالي 104 كلم (Mohamed El Mehdi Saidi, 2006, p42).

-طول الحوض:

تتعدد طرق قياس طول الأحواض المائية، غير أنها تتوقف عند طبيعة قناة المجرى الرئيسي للحوض؛ أي هل هي مستقيمة أم منعرجة وغير منتظمة؟ شأن واد أوريكة الشبه مستقيم إلى حدود منطقة ستي فاطمة، حيث غير مساره تسعون درجة نحو الشمال، مشابها بذلك مثلث قائم الزاوية قاعدته نحو الجنوب، وفي غالب الأحيان تستخدم طرق قياس الطول الموازي لخط التصريف النهري من أدنى نقطة بالسافلة إلى أقصاها بعالية الحوض، ويصل طول الحوض النهري أوريكة إلى 39.2 كلم.

-عرض الحوض:

يلعب اتساع الحوض دوراً فعالاً في نشوء الفيضانات التي تعرفها الأحواض النهرية، إذ يساهم على جمع كميات مهمة من التساقطات. فكلما اتسع الحوض ومال نحو الشكل الدائري إلا واستفاد بشكل كبير من الكميات المطرية المتساقطة، وبذلك ينتج عنه قمة فيضان عالية وخطيرة. على العكس من ذلك إذا اتخذ أشكالاً أخرى غير دائرية فيعطي قمة فيضانات متوسطة. فمدة تصريف الحمولة والعنف الفيضي وحدته مرتبطة أساسا بمدى اتساع المساحة المستقبلة للمياه. وغالبا ما يتأثر عرض أي حوض بعوامل تكمن أساساً في اتجاهات الصدوع والانكسارات في الطبقات الجيولوجية وزوايا تقاطعها مع محور الحوض، بالإضافة إلى توزيع الارتفاعات بالنسبة لمحوره. وفيما يخص حوض أوريكة فهو ذو عرض يبلغ حوالي 12.8 كلم.

-معامل الاستدارة:

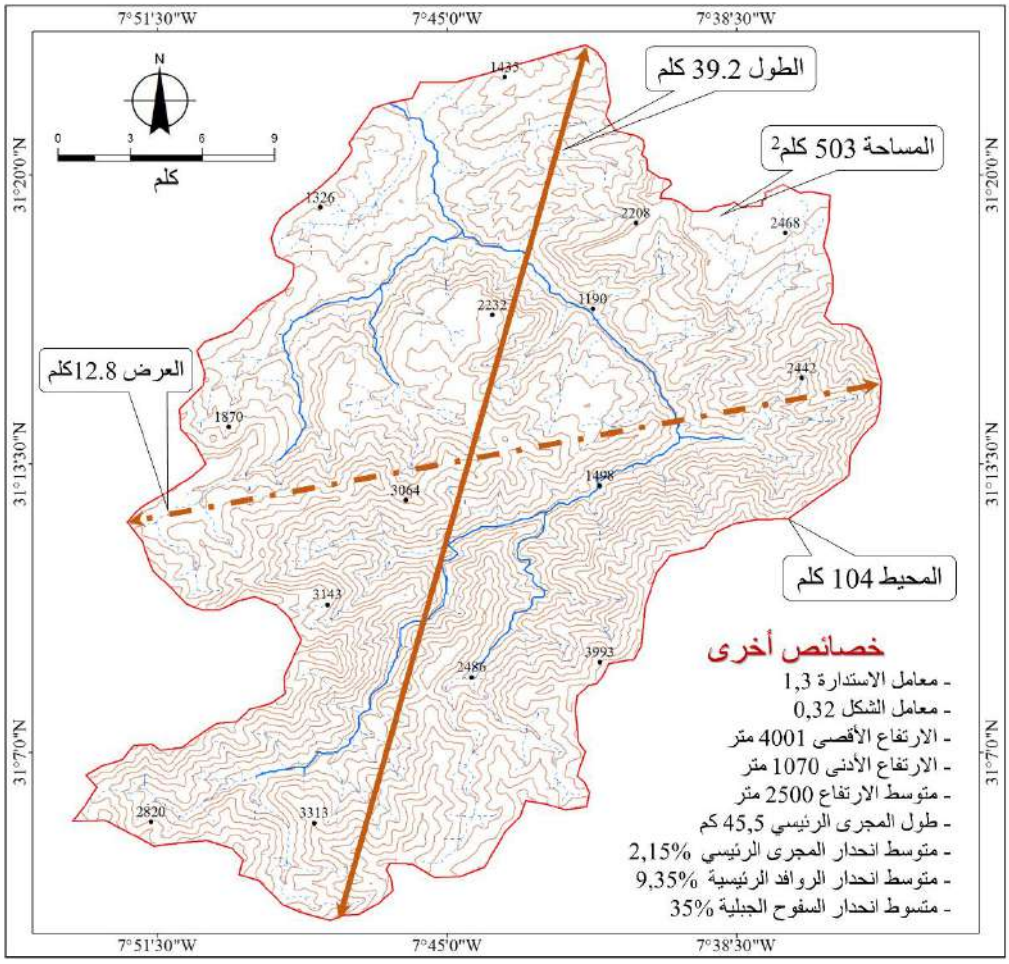
تسمح العديد من المؤشرات المورفومترية في تحديد المميزات الهندسية لحوض مائي معين، ومقارنته بأحواض أخرى. وهنا نجد معامل الاستدارة (عمارة حسين محمد، 2009، ص10) لصاحبه غرافيليوس، ويسمى أيضا معامل التراص يرمز له بـ KG. ويعبر عن مدى اتخاذ الأحواض المائية للشكل الدائري، وعن مدى انتظام خط تقسيم المياه. فكلما اقتربت هذه النسبة من واحد، إلا واتخذ الحوض الشكل الشبه الدائري، والعكس صحيح أثناء ابتعاد النسبة من ذلك، حيث يميل إلى الاستطالة. وبالتالي تكون روافده قصيرة، وتمتد على مسافات مستطيلة وغير منتظمة. وبعد حساب معامل التماسك لحوض أوريكة بالاعتماد على قاعدة مؤشر التماسك التي وضعها غرافيليوس، وجدنا أن معدل تماسك الحوض هو 1.30، وهذا يعني اقترابه نسبياً من الشكل الدائري، مما يفضي إلى طول روافده وسرعة وصول المياه إلى المجرى الرئيسي وبالتالي قصر مدة الاستجابة (حافظ عيسى خير الله، 2014، ص4).

-معامل الشكل:

يعبر هذا المعامل عن كل من متغيري الطول والعرض، وعن اقتراب أو ابتعاد الحوض من الشكل المثلثي، وتنحصر قيمته ما بين (0 - 1)، فاقترابها من 1 دليل على ابتعاد الحوض من شكل المثلث. وبالتالي فالفرق بين طوله وعرضه قليل، أما ابتعاد هذه القيمة عن 1 واقترابها من 0 فيدل على أن الحوض قريب من الشكل الهندسي المثلث. ويتم

الحصول على هذا المعامل بإتباع معادلة هورتن Horton (1932) معتمدين على العلاقة بين مساحة الحوض وطوله، ووجدنا أن معامل حوض أوريكة هو 0.32، وهذا دليل على ابتعاده من اتخاذ شكل المثلث حيث أن طوله أكبر من عرضه، الشيء الذي ينعكس على نظام التصريف الذي يبلغ الذروة مباشرة مع سقوط الأمطار. كما أن المدة الزمنية اللازمة لوصول موجة الفيض قصيرة جدا. ويسمح هذا الوضع كذلك بتشكيل شبكة مائية جد متفرعة تغلب عليها المسيلات والشعاب، مما يزيد من احتمالية خطر الفيضان سواء المرتبط بالشعاب أو بالمجرى.

الخريطة (3): الخصائص المورفومترية لحوض أوريكة الجبلي



المصدر: معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

2.1.2 المميزات المورفومترية لشبكة التصريف

رتب المجاري المائية:

تتميز الشبكة الهيدروغرافية لحوض أوريكة بكثافة المسيلات والأودية الثانوية، حيث يضم حوالي 11042 مسيل. ولتحديد رتب المجاري المائية داخل الحوض النهري نعتمد على شبكة الروافد التي يحتوي عليها كل مجرى مائي، وهناك العديد من الطرق المستعملة في دراسة هذا الترتيب وأهمها: طريقة Horton (1945)، طريقة Stahler (1957)، ثم طريقة Shreve (1966). وتعتبر طريقة Stahler أكثرها استعمالاً نظراً لبساطة تطبيقها على النموذج الرقمي

للارتفاعات، وسهولة إجراء مقارنات بين للأحواض النهرية بناء على نتائجها. وترتكز هذه الطريقة على ثلاث قواعد أساسية وفق الصيغة التالية:

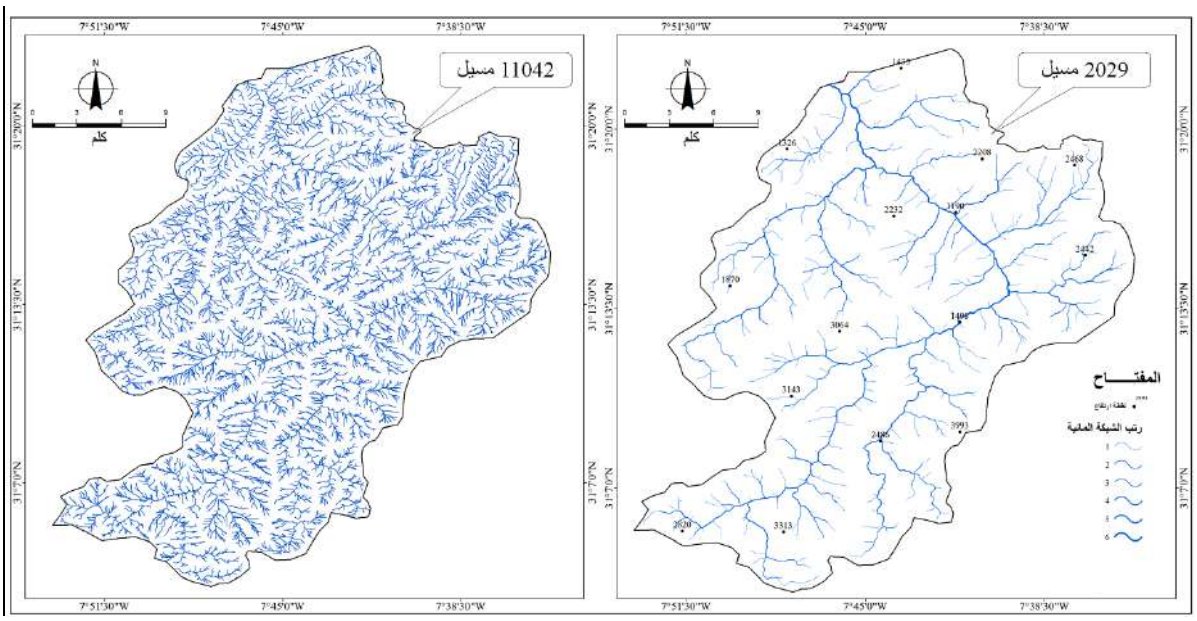
$$n + n = n + 1 \text{ et } n + m = \max(n,m)$$

القاعدة الأولى: أي رافد لا يتوفر على روافد أخرى يعتبر من الدرجة الأولى يأخذ رقم 1.

القاعدة الثانية: التقاء رافدين من نفس الرتبة n يعطينا رافد من الرتبة الثانية أي n+1.

القاعدة الثالثة: التقاء رافدين من رتبتين مختلفتين، فالرافد الموالي يأخذ رتبة الرافد ذو الرتبة الأعلى.

الخريطة (4): الشبكة الهيدروغرافية بين التشعب الكثيف وضعف الامتداد



المصدر: معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (ميلود وشالة 2018)

تطرح الخريطة أعلاه نموذجين لتوزيع كثافة الشبكة المائية في حوض أوريكة، حيث إن النموذج على اليمين يوضح متوسط الكثافة، بينما النموذج على اليسار يوضح الكثافة الكلية (جميع المسيلات بالحوض). إن التعرف على رتب المجاري المائية تفيد في دراسة كمية التصريف الماء الخاص بالحوض، حيث أن أقل الرتب بمعنى ذات رقم أقل غالبا ما تدل على أنها تجري في مناطق قوية الانحدار. ذلك أن الجريان بها يتم بشكل سريع مقارنة مع الرتب الأكثر منها، والتي تدل على أن الانحدار ضعيف. لأن المياه تسيل ببطء في هذه المجاري، وهذا ما أكدته النتائج التي حصلنا عليها عند تطبيق طريقة سترايلر على خريطة الشبكة المائية للحوض النهري لواد أوريكة، حيث تحددت رتبه في المتوسط في الرتبة رقم 6.

-الكثافة الهيدروغرافية:

توجد علاقة وطيدة بين كثافة التصريف والكثافة الهيدروغرافية. وعموما فالمناطق التي تعرف معدلات مهمة من حيث كثافة التصريف، والكثافة الهيدروغرافية تمثل أحواض نهرية بصخور غير نافذة وندرة الغطاء النباتي.

$$F = \frac{\text{ENi}}{A} = \frac{11042}{503\ Km^2} = 21.95$$

ENi عدد المجاري المائية، A مساحة الحوض كلم^2

-زمن التركز:

هذا المؤشر يعبر عن المدة الزمنية التي تستغرقها المياه من أبعد نقطة بالحوض حتى تصل إلى المصب، وانخفاض قيمته يعني سرعة الوصول لأقصى تصريف إلى مصب الحوض، وبالتالي احتمالية قوية لخطر الفيض. ونحصل على مؤشر زمن التركز من خلال معادلة ذات الصيغة الرياضية التالية:

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5\ Lp}{0.8\sqrt{H - H_{min}}}$$

حيث أن A مساحة الحوض كلم^2 ، Lp طول المجرى الرئيسي كلم، H الارتفاع الأوسط، H_{min} الارتفاع الأدنى. وانطلاقاً من تطبيق هذه المعادلة على حوض أوريكة نجد أن مدة التركز هي 03mm 16s، مما يعني أن الجريان بالحوض يستجيب للتساقطات المطرية في مدة وجيزة، وهذا يحيل على أن الحوض يتميز بسيادة صخور كثومة ضعيفة النفاذية وبضعف التغطية النباتية.

-معامل التعرج:

يرمز لهذا المعامل بالحرف S؛ وهو مؤشر مهم لمعرفة المرحلة التي وصل إليها الواد من مراحل دورة التعرية، ولمعرفة درجة انعطاف المجرى وما لذلك من تأثير على كمية وسرعة المياه فيه، إذ كلما زادت درجة انعطاف المجرى ازدادت احتمالات النفاذية والتبخر، نتيجة لسرعة جريان المياه ووصولها إلى المصب في مدة زمنية قصيرة (أمنة بنت احمد علاجي، 2010، ص117). ونحصل على معامل التعرج بقسمة طول المجرى الحقيقي (L_S) على طول المجرى المثالي (L_V)، حيث إن الأول هو طول المجرى من منبعه إلى مصبه، أما الثاني فهو أقصر مسافة بين المنبع والمصب، والذي يتوافق مع طول الحوض، وبالتالي فمعامل التعرج لواد أوريكة هو كالتالي:

صنف شوم Schumm المجاري المائية حسب معامل تعرجها إلى خمسة أصناف وهي: مجاري متعرجة يبلغ مؤشرها 2.7، مجاري غير منتظمة يبلغ مؤشر تعرجها 1.7، مجاري منتظمة يصل معامل تعرجها إلى 1.5، مجاري انتقالية معامل تعرجها حوالي 1.2، ثم مجاري مستقيمة في حالة مؤشر تعرجها يبلغ 1. بناءً على هذا التصنيف فإن واد أوريكة عبارة مجرى انتقالي باعتبار أن قيمة مؤشر التعرج فيه بلغت 1.16. والخريطة (5) تبين بعض خصائص المجرى كالارتفاعات التي تبدأ بالانخفاض مباشرة بعد تغيير الوادي لمجراه، ونفس الشيء ينطبق على الانحدارات حيث نجد سيطرة اللون الأحمر على ضفاف المجرى؛ أي انحدارات مرتفعة مما يحيل على أن واد أوريكة عبارة عن خوانق ضيقة في معظمه.

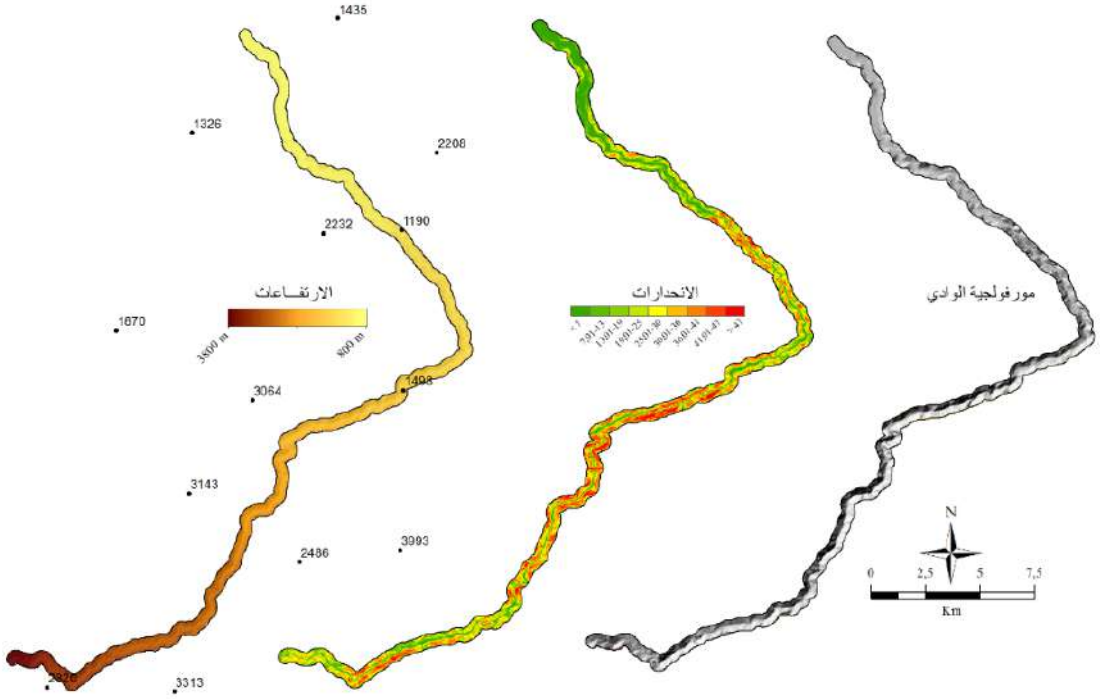
-درجة انحدار المجرى

يدل معامل الانحدار للمجاري المائية عن العلاقة بين الفارق الرأسي للمجرى وبين المسافة الافقية له (بين منبعه ومصبه)، فكلما كان انحدار المجرى قوياً كلما زادت احتمالية خطر الفيضان نتيجة لسرعة جريان المياه. ومن تم فاعلية نشاطها التحاتي وقدرتها على تدمير كل ما تجده في طريقها من أنشطة بشرية وعناصر طبيعية.

يعتمد المقطع الطولي لأي مجرى مائي بالدرجة الأولى على طبيعة الصخور التي يخترقها، وعلى انحدار السفوح التي يجري عليها. حيث تعمل مياه المجاري أثناء جريانها على نحث المناطق المرتفعة من الحوض، وتستمر هذه العملية

إلى أن يتحقق التوازن بين قوة الحفر، والحث الرأسي، وعمليات الترسيب. إن واد أوريكة يتميز بشدة الانحدار (الخريطة 5)، وهذا بديهي لكون منبعه قريب جدا من أعلى القمم في المغرب وفي شمال افريقيا، وهي قمة جبل توبقال 4165 متر، فهو ينبع من ارتفاع حولي 3800 م جنوب منطقة Tizi-n-tagharat في اتجاه الشرق نحو دوار Ait Braka، ليعمل بعدها بتغيير مساره كلياً نحو الشمال الغربي حيث المصب على ارتفاع يقدربـ 800 م.

الخريطة (5): بعض الخصائص التضاريسية لوادي واد أوريكة



المصدر: النموذج الرقمي للارتفاعات (ميلود وشالة 2018)

2.2 الخصائص التضاريسية للحوض النهري أوريكة.

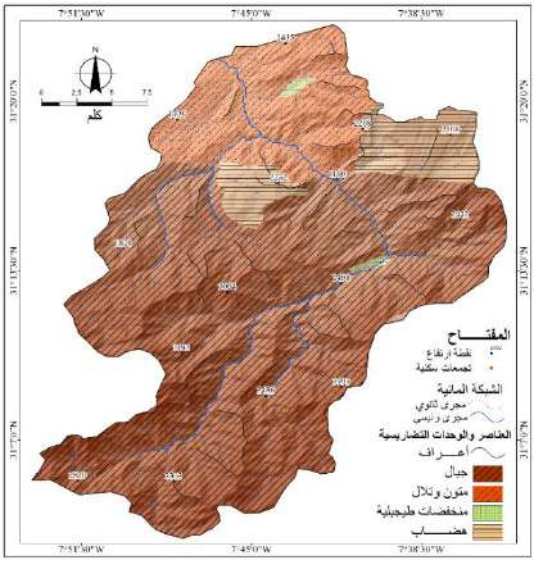
يلعب النموذج الرقمي للارتفاعات دوراً بارزاً في الكشف عن الخصائص التضاريسية للأحواض النهرية، والتي تعتبر بدورها مفتاح الدراسات الجيومورفلوجية والمورفومترية لأحواض السكب. فمعرفة هذه الخصاص والوقوف عند تفاصلها يساهم في فهم دينامية أحواض التصريف كتلك المتعلقة بنشاط التعرية وقوتها وطبيعة الصخارة السائدة بالحوض. وبالتالي الميكانزمات التي تتحكم في احتمالية خطر الفيض وتتضمن هذه الخصائص: التضاريس، الارتفاعات، الانحدارات، التوجيه...

-تضاريس وعرة يغلب عليها الطابع الجبلي

تلعب التضاريس دوراً فعالاً في تحديد مظاهر الاستيطان والاستغلال معا، ولعل ذلك يظهر من خلال طبيعة التفاعل القائم بين أشكال التضاريس ونوعها وتنظيمها الداخلي وبالعناصر الطبيعية الأخرى كالمناخ. وتتسم تضاريس حوض أوريكة بالتنوع كما توضح الخريطة (6)، حيث نجد منظومة من المنخفضات الطيجبلية والتلال وأخرى هضبية وجبلية، هذه الأخيرة هي التي تطبع المشهد العام للمجال المدروس وتظفي عليه طابعاً جبلياً صرفاً، فالجبال تغطي ما نسبته 75% من مساحة الحوض وتبدأ من المجلات التي يصل ارتفاعها إلى 2500م حسب الخريطة (7)، بينما لا تتعدى مساحة

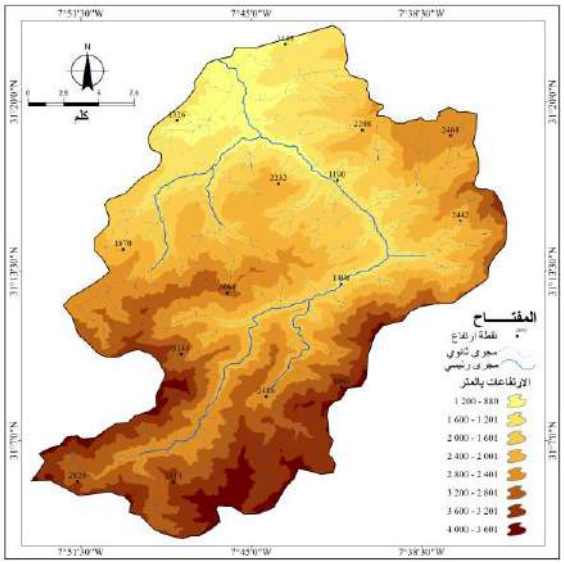
الهضاب 8% وارتفاعاها بين 2000م و2500م. ثم التلال التي تتركز في الشمال عند المصب بنسبة 15% أما المنخفضات الطيجبلية فوجودها ضعيف جداً لا تتجاوز 2%.

الخريطة (6): حوض أوريكة تضاريس متنوعة ومعقدة



المصدر: الخريطة الطبوغرافية أوكيمدن توبقال 1/100 000 ومعالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

الخريطة (7): المستويات الارتفاعية بحوض أوريكة



المصدر: معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

-درجة الانحدار للحوض المائي

يرمز للانحدارات بالحرف S (Slope)، ويعد هذا العنصر من المتغيرات المورفومترية التي تتطلب جهداً ووقتاً عند حسابه بالطرق التقليدية. لكن بعد التطور الحاصل في استعمال التقنيات المكانية الحديثة بالاعتماد على النموذج الرقمي للارتفاعات أصبح من السهل الحصول على حسابات دقيقة عالية. وقد قمنا بحساب الانحدار بحوض أوريكة استناداً على نفس تغطية MNT التي اشتغلنا عليها طيلة هذه الدراسة. وبينت النتائج أن الانحدار بالحوض يتراوح بين 0 و60° (الخريطة 8)، وحوالي 60% من مساحة الحوض تتعدى فيها قيمة الانحدار 25° وهذا يعني أن حوض أوريكة يتميز بشدة الانحدارات. ذلك أنه سيعرف سرعة في الجريان المائي وسرعة استجابة المجاري أوقات التساقطات المطرية، ومنه احتمالية قوية لخطر الفيضانات وما يرافقه من دينامية خاصة المرتبطة بالتحريك الفردي والجماعي للمواد.

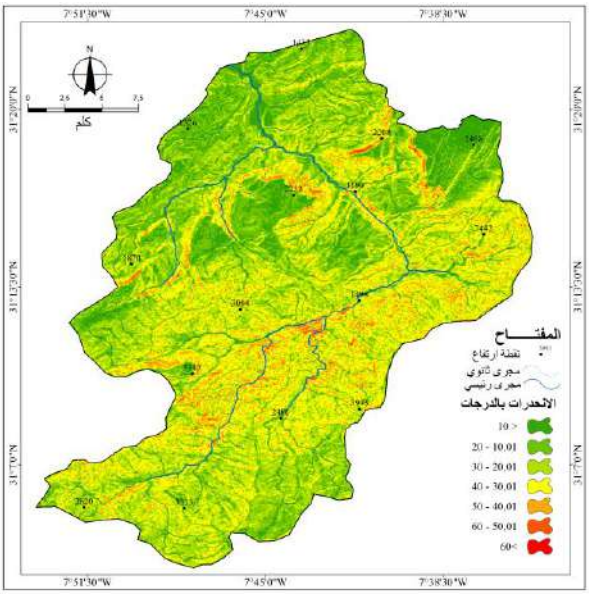
-توجيه السفوح

يعد أطلس مراكش من المجالات التي تعرف تناقضا في مدة التشميس من جهة، وشدة الإشعاع الحراري الذي يستقبله كل جزء من سطحه من جهة ثانية. هذا التناقض يتجسد أساساً على مستوى السفوح، حيث الوديان متعمقة والسفوح ذات توجيه شمالي أو شمالي غربي التي تتعرض في غالبيتها لمدة تشميس أقل، زيادة على ذلك نجد أن بعض الأودية تتعرض لفترة تضليل، تبدأ في وقت مبكر مساءً وتمتد حتى وقت متأخر صباحاً. ومما لا شك فيه أن لهذا الضعف في درجة

الإشماس أثر كبير على نظام التربة، إذ تحتفظ برطوبتها لفترة طويلة وبالتالي قلة التبخر، وصولا بها إلى سقف الإشباع الذي سيشكل مرحلة حاسمة في نشاط السيل.

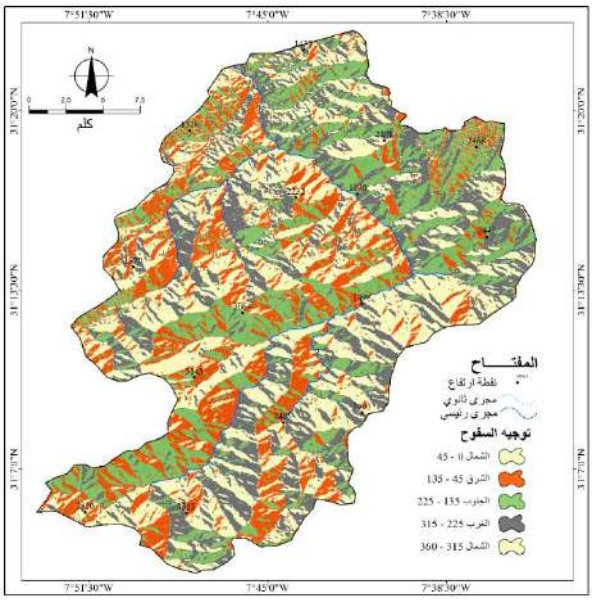
غالبية سفوح حوض أوريكة ذات توجيه شمالي بنسبة 31% من مجموع السفوح (الخريطة 9)، وهي التي تتعرض بكثرة للتيارات الهوائية الرطبة، وتتلقى نسبة مهمة من التساقطات المطرية، الشيء الذي يؤثر على توزيع الغطاء النباتي بالحوض، ومنه انتشار السطوح العارية من الغطاء النباتي. ونحن نعلم الدور الكبير لهذا الأخير في تنظيم الجريان والحيلولة دون الاستجابة السريعة للمجاري. بالإضافة إلى دوره في عملية الترشح وتغدية الفرشة الباطنية. أما السفوح الغربية ذات مدة تشميس ضعيفة فهي تغطي نسبة 25%، في حين تغطي السفوح الشرقية المستقطبة لأشعة الشمس لمدة طويلة 23%، ثم السفوح الجنوبية حيث تزداد مدة التشميس والتي تغطي 21%.

الخريطة (8): الانحدار عامل متحكم في سرعة السيل بحوض التصريف أوريكة



المصدر: معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

الخريطة (9): توجيه السفوح بالمجال الجبلي من حوض غيغاية



المصدر: معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات (إنجاز ميلود وشالة 2018)

3. الفيضانات خطر يهدد الاستقرار بحوض أوريكة

أصبحت الأخطار والكوارث التي تصدر عن الطبيعة من بين أولويات السياسات العامة في مجموعة من الدول المتوسطية، إذ يتم تخصيص برامج وموارد مالية لتدبيرها والوقاية منها. وتعد الفيضانات أكثر الأخطار ترددا وتحتاج لتدبير محكم، سواء قبل حدوثها بالتنبؤ وأثنائها بعمليات الاخلاء والايواء وبعدها بإصلاح الأضرار وتقييم الخسائر.
وانطلاقاً من قاعدة المعلومات السابقة المتعلقة بالخصائص المورفومترية والطبوغرافية والهيدرولوجية لحوض أوريكة المستخلصة من النموذج الرقمي للارتفاعات؛ نستنتج أن لهذا الحوض خصائص تؤكد مدى هشاشته أمام احتمال أخطار طبيعية متنوعة على رأسها خطر الفيضانات. ونفس الأمر يتأكد عندما نعود إلى التاريخ الهيدرولوجي لواد أوريكة نجده حافل بفترات فيض عنيفة من بينها (1987/11/02، 1989/07/14، 1995/08/17، 1999/10/28، 2006/04/24...).

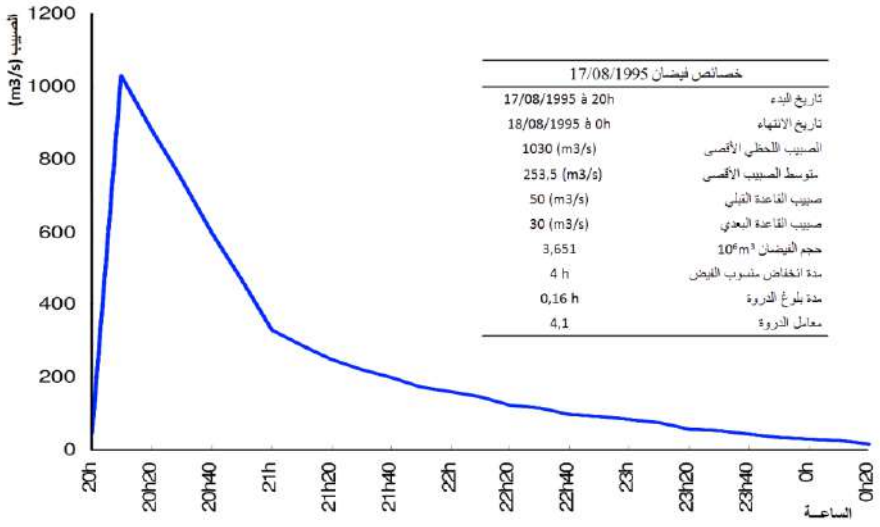
فالسمة الطاغية على هذه الفيضانات أنها صيفية وتجدر الإشارة إلى أن حوض أوريكة خلال هذه الفترة يعتبر منطقة استقطاب للسياحة الجبلية المحلية خاصة من مدينة مراكش بحكم قربها من الحوض بالإضافة إلى السياحة الوطنية والدولية.

نظراً لكون فيضان سنة 1995 من بين أقوى الفيضانات التي عرفها واد أوريكة والذي لازال نقطة سوداء في أذهان سكان أوريكة، ارتأينا إلى الاهتمام به في هذه الدراسة ومحاولة الوقوف عند خصائصه الدقيقة. ومن تم بناء نموذج محاكاة لمستوى الفيض اعتماداً على معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات سعياً منا إلى تعزيز الدور الكبير لهذا النموذج، ومدى امكانيته في حل بعض التحديات التي تواجهنا بها الطبيعة.

1.3 فيضان 17 غشت 1995 ذاكرة مؤلمة في تاريخ واد أوريكة.

عرف حوض أوريكة يوم الخميس 17 غشت 1995 توافد أعداد هائلة من السياح، وعلى الساعة الخامسة مساء اجتاحت عاصفة رعدية غير منتظرة عالية الحوض، ليغزو سيل جارف من الطين والأشجار والحطام ... كل الحوض. بعد مرور ساعتين فقط من هبوب هذه العاصفة نتج عن هذا الفيض خسائر مادية شملت الفلاحة والموارد الطبيعية والبيات التحتية وأخرى بشرية، حيث أدى إلى 150 قتيلا و80 مفقودا. ووصل مجمل الخسائر المالية إلى 80 مليون درهم مغربي[5]. وما جعل هذا الفيض خطراً وتحوله إلى كارثة هو خاصيتي السرعة والحمولة الكبيرة.

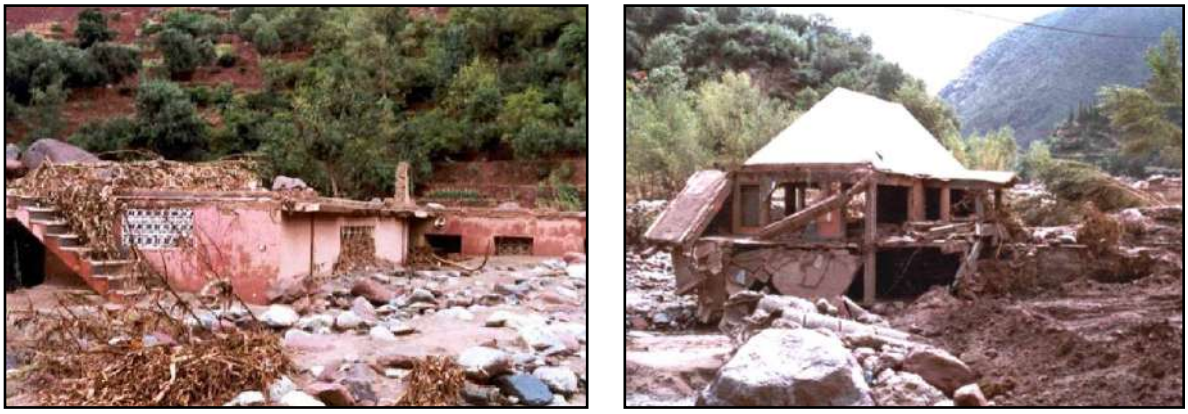
المبيان (1): فيضان واد أوريكة يوم 1995/08/17



المصدر: وكالة الحوض المائي تانسيفت، بتصرف

الصور (1): تخريب المنشآت السياحية المستقرة بقعر الوادي

[5]- تقرير صدر عن وزارة إعداد التراب الوطني والماء والبيئة مديرية الرصد والوقاية من المخاطر، يحمل عنوان: التقرير الوطني حول الوقاية من الكوارث، اليابان 2005.



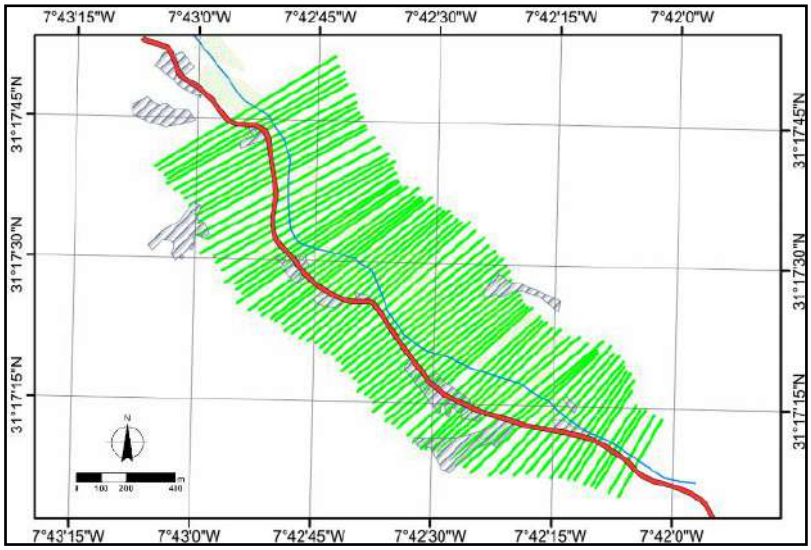
المصدر: وكالة الحوض المائي تانسيفت،1995

2.3 دور MNT في محاكات فيضان 1995/08/17.

كان في فترة من الفترات من الصعب - بل من المستحيل - إحياء سناريوهات لأخطار مرت عليها عقود واختفت أثارها، لكن مع القفزة النوعية التي شهدتها نظم المعلومات الجغرافية منذ أواخر القرن 20م، أصبح من السهل إعادة إحياء مختلف الظواهر ومحاكاتها مجالياً. لهذا الغرض سخرنا النموذج الرقمي للارتفاعات من أجل تحديد مورفولجية المجرى في علاقته بصبيب واد أوريكة يوم الفيضان.

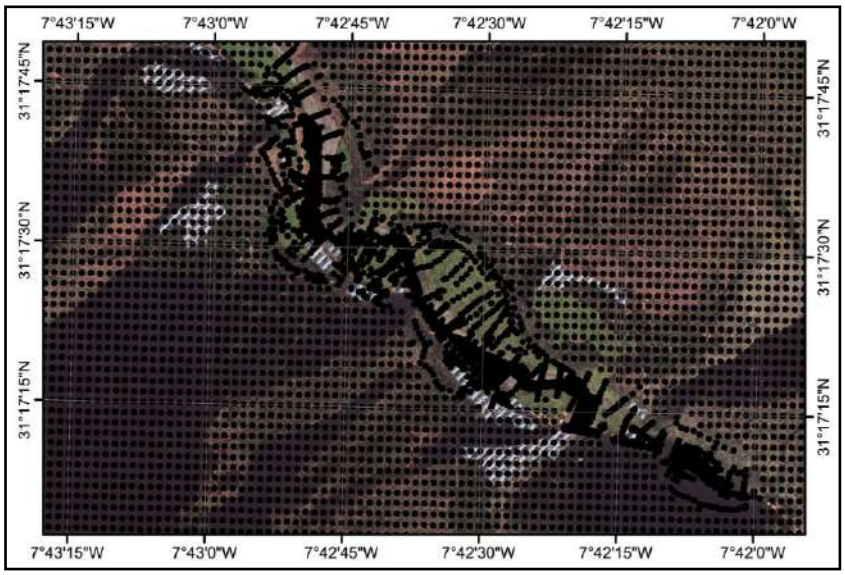
ولبناء نموذج كرطوغرافي يحاكي مستوى الفيضان اشتغلنا على برنامج تحليل المجاري المائية HEC-RAS[6] التابع لمركز الهندسة الهيدرولوجية بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية في توافق مع برنامج التحليل الخرائطي ArcMap عن طريق أداة HEC-Géoras (الخريطة 10)، وفيما يخص النموذج الرقمي فقد أتيحت لنا فرصة الحصول على نموذج بدقة مترين، أخذا بطريقة المسح الحقلي لجزء من الحوض قام بها مركز للبحث تابع لوكالة الحوض المائي لتانسيفت الخريطة (11).

الخريطة (10): تحديد طبوغرافية المجرى من خلال برنامج HEC-RAS في منطقة أغبالو



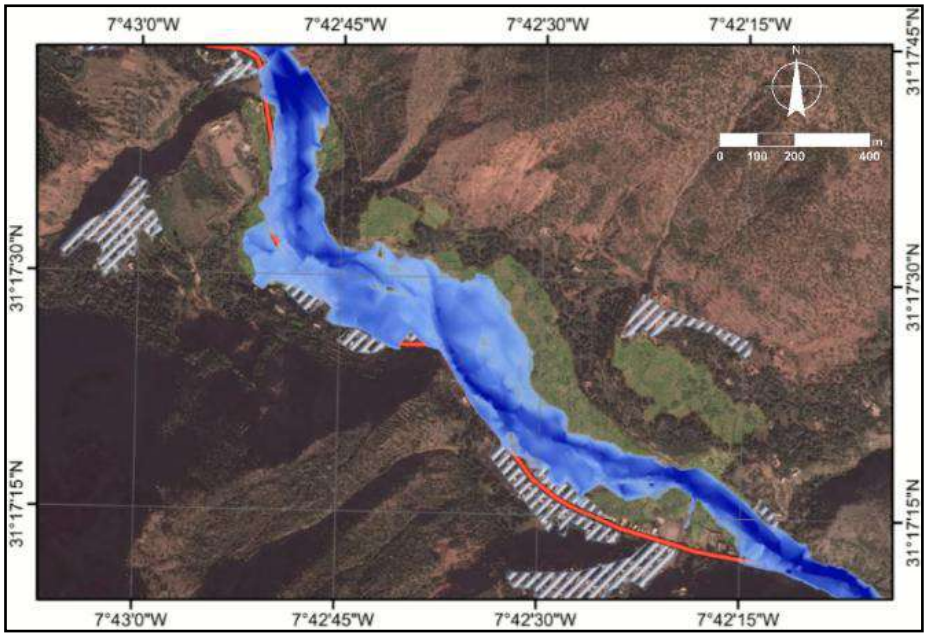
[6]- Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System.

الخريطة (11): نقط المسح الحقلي لدوار اغبالو بحوض أوريكة



تبين من خلال نتائج المحاكاة - الخريطة (12) - أن الفيضان الذي تمثله قد أدى بالفعل إلى كارثة بالحوض، إذ نلاحظ جرفه لأجزاء كبيرة من الطريق الإقليمية P2017، وهي الممثلة في اليسار باللون الأحمر. كما وصل مستوى المياه إلى مجموعة من الدواوير القريبة من المجرى، وهي الممثلة بالخطوط البيضاء. إنه نفس السيناريو ينطبق على كلومترات عدة من الحوض، وهوما يفسر الخسائر المهولة الناتجة عن هذه الكارثة. هذا بالإضافة إلى اختلاف مستويات منسوب مياه الفيضان بوادي أوريكة وفقا لمورفولوجية المجرى والارتفاعات المختلفة بين مستويات السليل. غير أنه كلما ارتفع هذا المنسوب إلا وازدادت المساحات المغمورة عرضاً كما هو واضح في الوسط، نظراً لشساعة المجرى وانبساطه وضعف الحفر الرأسي لصالح التوسع الجانبي على حساب الضفاف.

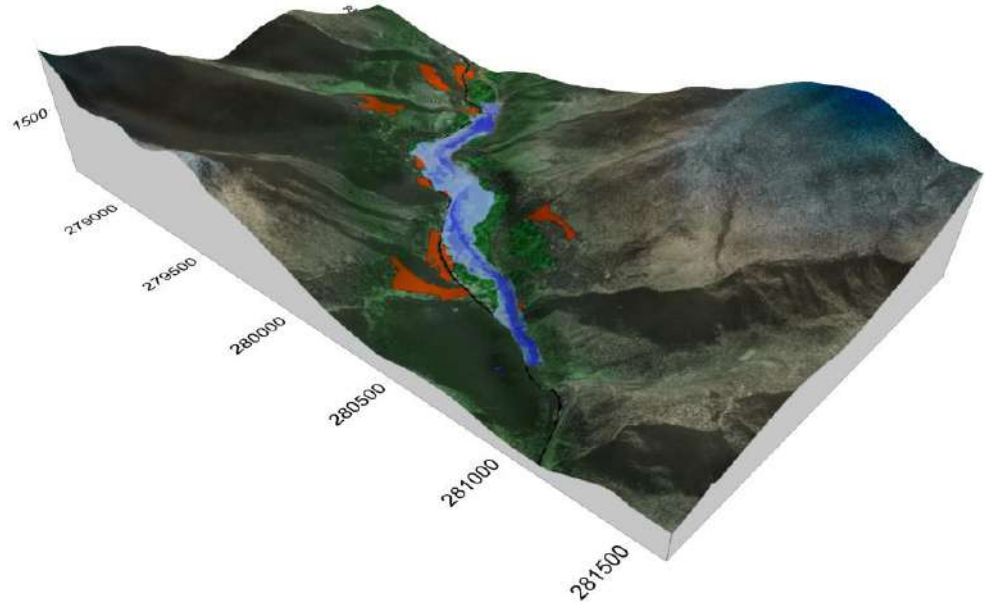
الخريطة (12): نتائج محاكات فيضان 17 غشت 1995عند دوار أغبالو



المصدر: إنجاز ميلود وشالة 2018

سبق وأن أشرنا إلى دور MNT في رؤية التضاريس بحجمها وشكلها الحقيقي عبر إعداد نماذج ثلاثية الابعاد، والنموذج أسفله عبارة عن مجسم يحاكي المستويات التي وصل اليها الفيضان المدروس، لكن هذه المرة مع رؤية البعد الثالث المتمثل في الارتفاع، ونلاحظ أن مجال اتساع المجرى يتميز بضعف عمق المياه على العكس في الشمال. حيث المجرى ضيق على شكل خوانق مما زاد من عمق المياه وبالتالي سرعتها ونشاط التعرية الرأسية في هذه المناطق.

المجسم (1): نموذج 3D يحاكي مستوى فيضان سنة 1995
بمنطقة أغبالو داخل حوض أوريكة



المصدر: MNT وصورة Google earth (إنجاز ميلود وشالة 2018)

خاتمــة:

يتبين من خلال هذه الدراسة أن قواعد المعلومات الجغرافية ضرورية في تدبير الأحواض النهرية، بل من المستحيل تحقيق تنمية ترابية شاملة بدونها. فمدخلنا لإعداد قاعدة معلومات جغرافية لتدبير خطر الفيضانات، كان من باب تحليل النموذج الرقمي للارتفاعات. الذي بفضله حصلنا على المعلومات والخصائص الجيومرفلوجية والمورفومترية والهيدروغرافية للحوض النهري لواد أوريكة بالأطلس الكبير الغربي المغربي. ومن مخرجات هذا التحليل نستنتج أن حوض أوريكة مجال جبلي معقد تضاريسيا، دو قمم في غالبيتها حادة وخطية، وسفوح شديدة الانحدارات تصل إلى 60°، معظمها تتجه نحو الشمال؛ وهي الأكثر استقبالا للتيارات الهوائية الرطبة، ونسبة أكبر من التساقطات. الشيء الذي ينعكس نسبيا على الشبكة المائية المتشعبة، ومورفلوجية مجرى واد أوريكة المتسم بالتعرج والتعمق.

من خلال استخراج هذه الخصائص وتحليلها، تبين لنا أن حوض أوريكة مجال عطوب ذو احتمالية قوية لخطر الفيض. وهذا ما أرشدنا إلى الوقوف عند واحد من أقوى الفيضانات التي عرفها هذا المجال سنة، 1995 ودراسة خصاصه ومحاكاته وتمثيله كرطوغرافيا، هذا لأن التدبير المحكم لأخطار الطبيعية عامة، وخطر الفيض خاصة، يتطلب استحضار الماضي واستقراء الحاضر من أجل التنبؤ للمستقبل. وبالتالي للوصول إلى التقليص من هشاشة المجالات الجبلية ووقايتها من خطر الفيضانات، إسوة على باقي الأخطار نوصي بضرورة:

-خلق نموذج متوسطي لتدبير خطر الفيضانات من خلال وضع مخططات للوقاية تأخذ بعين الاعتبار دينامية الأحواض النهرية وتتلاءم مع مختلف التقسيمات الإدارية محليا وجهويا ووطنيا.

-مجانية المعلومات الجغرافية خاصة النماذج الرقمية للارتفاعات ذات دقة مكانية عالية. مما سيفتح المجال لإجراء دراسات دقيقة لأحواض التصريف وتطبيقاتها سواء في مجال الاستغلال الرشيد للموارد الطبيعية أو لاتقاء شر الأخطار الطبيعية.

-التركيز على المقاربة التشاركية في عمليات تدبير خطر الفيضانات من خلال اشراك جميع الفاعلين السياسيين، الأكاديميين، الجامعات، المدرسة، المجتمع المدني، الاعلام...

-استعمال الأنظمة الرقمية وقواعد المعلومات الجغرافية في رصد وتتبع الظواهر الطبيعية في علاقتها بالإنسان الجبلي، وخلق آليات لدعم التقليص من الهشاشة والوقاية من الكوارث (نظام التأمين ضد الأخطار الطبيعية).

المراجع:

-أبو سليم عبد الواحد، 2010: *الدور الجيومرفلوجي للخصائص المورفومترية والتصريف المائي في الناتج الرسوبي لواد الوالة*، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، المجلد 3، العدد 2، الأردن.

-حافظ عيسى، 2014: *تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة البيانات لدراية التحليل المورفومتري لوادي جرف*، بحث غير منشور.

-سليماني نبيل، 2009: *دراسة تصميم وتنفيذ مشروع نظم معلومات جغرافي لتسير المجال حالة ولاية سطيف*، مذكرة لنيل درجة الماجستير في التهيئة العمرانية الإقليمية، الجزائر.

-علاجي أمنة، 2010: *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومداولاتها الهيدرولوجية في حوض واد يلملم*. رسالة ماجستير في الجغرافيا (غير منشور)، جامعة أم القرى، السعودية.

-عمارة حسين، منذر علي، 2009: *النموذج الجيومرفلوجي للخصائص المورفومترية وتطبيقاته على حوض وادي كورده ره شرق بحيرة حمرين*، مجلة ديالي، العدد 41، العراق.

-وزارة إعداد التراب الوطني والماء والبيئة مديرية الرصد والوقاية من المخاطر، 2005، التقرير الوطني حول الوقاية من الكوارث، المغرب.

- El Alaoui El Fels Ab. El Mehdi Saidi M. (2014): *simulation et spatialisation du risque d'inondation dans une vallée anthropisee. Le cas de la vallée de l'Ourika (haut atlas, Maroc)*. european scientific journal,vol.10, n°17
- Hiqui A. (2015): *Les événements hydrologiques exceptionnels du Haut Atlas de Marrakech, Analyse fréquentielle, simulation et application au cas de novembre 2014*. Mémoire de fin d'étude au Master Eau et Environnement, Maroc.
- Horton, R.E. (1945): *Erosional development of streams and their drainage basin, hydrophysical Approach to quantitative morphology*, Bull. Geol. Soci. Amer,Vol 56.

- Kuldeep Pareta, Upasana Pareta, (2011): *Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS*, International Journal Of Geomatics And Geosciences, Volume2,n°1.
- Manche.Y (2000): *Analyse spatiale et mise en place de systèmes d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagne face aux risques naturels*. Thèse du doctorat.
- Mohamed El Mehdi Saidi,Lahcen Daoudi,Mohamed El Hassane Aresmouk. (2010): *Les crues de l'oued Ourika (Haut Atlas,Maroc): Evénement eextremes en context montagnard sem i aride*. comunicaçoes Geologicas,t.97.
- Mohamed El Mehdi SAIDI,Lehsen Daoudi,Mohamed el hassan Aresmouk,Ali Blali.(2003): *Rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard : exemple de le crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika*.(Haut-Atlas,Maroc).Séchresse n° 2, Vol.
- Mohamed Hassan Aresmouk, (2001): *Gestion de situations de crise en période de crues exceptionnelles au niveau de la région hydraulique du Tensift*. Mémoire pour obtenir le grade d'ingénieur, Maroc
- Mustapha Namous, (2012): *Evolution Quaternaire Et Dynamique Actuelle D'un Système Géomorphologique de front de chaine Actif: L'Exemple Du Bassin Versant De L'OURIKA (MAROC).* Thèse du doctorat.
- Nahed.A (1990): *les remplissages superficiels des bassins intramontagneux inscrits dans le permo-trias de la bordure nord du haut –atlas de Marrakech (région d'Asni, Maroc).* thèse du doctorat a université Cady Ayyad Marrakech.
- Saidi M. Agoussine M. et Daoudi L. (2006): *Effet de la morphologie et de l'exposition sur les ressources en eau superficielle de part et d'autre du Haut Atlas (Maroc) exemple des bassins versant de l'Ourika et Marghène*. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, n°28.
- Strahler, A.N. (1964): *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks; in abook of applied hydrology*, edited by chow , V.T. , McGraw-Hill ,New York.