المملكة المغربية
سيدي محمد بن عبد الله جامعة
كلية الآداب والعلوم الانسانية سايس . فاس

مركز دراسات الدكتوراه : "اللغات والتراث والتهيئة المجالية"

تكوين الدكتوراه : الموارد والتهيئة المجالية والتنمية المحلية

محور : الدراسات الجغرافية

مختبر : الأبحاث والدراسات الجغرافية والتهيئة والخرائطية

أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية

في موضوع:

توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد في دراسة المخاطر الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي لطنجة

إعداد الطالب الباحث:
عبدالرحيم مقطيط

اسم الأستاذ المشرف:
الدكتور علي فالح

تاريخ المناقشة: **2020/11/13**

لجنة المناقشة:

الدكتورأحمد الشعرة	كلية الآداب والعلوم الإنسانية – تطوان -	رئيسا
الدكتورحسن الكتمور	كلية الآداب والعلوم الإنسانية - سايس فاس -	عضوا مناقشا
الدكتورمحمد أبهرور	الكلية متعددة التخصصات - تازة -	عضوا مناقشا
الدكتورعلي فالح	كلية الآداب والعلوم الإنسانية - سايس فاس -	مشرفا ومقررا

السنة الجامعية: **2019–2020**

إهداء إلى روح أبي وأمي
تغمدهما الله برحمته

شكروتقدير

قال الله تعالى:

"ولا تنسوا الفضل بينكم"

سورة البقرة 237.

الحمد لله على إحسانه والشكر له على توفيقه وامتنانه ونشهد أن لا إله إلا الله وحده لاشريك له تعظيما لشأنه ونشهد أن محمدا عبده ورسوله صلى الله عليه وسلم.

أتوجه بالشكر الجزيل إلى من كان له الفضل علي بإشرافه على هذا العمل الأستاذ القدير الدكتور **علي فالح** الذي لن تكفي الحروف لإيفائه حق صبره الكبير وتوجيهاته العلمية التي لا تقدر بثمن، والتي ساهمت بشكل كبير في إتمام واستكمال هذه الأطروحة، وأرفع شكري له على ما قدمه لي من دعم وتشجيع للمشاركة في الندوات والمؤتمرات الوطنية والدولية، ونشر عدد من المقالات في مجلات محكمة، وكذا نشر كتاب حول خرائطية المجالات المهددة بالتعرية المائية بالأطلس المتوسط، هذا فضلا عن جودة التأطير التي تلقنتها منه خلال الخرجات الميدانية، فلا أنكر أنني اكتسبت منه العديد من الخبرات والكفاءات لأواصل البحث العلمي وأندمج في الحياة الجامعية. والشكر الكبير لزوجة الأستاذ علي فالح التي فتحت أبواب بيتها لاستقبالنا وإلى أبنائها عمر وأحمد وأخوها رضوان على حسن ضيافتهم ومعاملتهم.

وإني مدين بالشكر للأستاذ **مصطفى معتوق** بكلية العلوم والتقنيات بطنجة على ما قدمه لي من معطيات ونصائح قيمة، حيث ساعدتني على وضع اللمسات الأولى في إنجاز هذه الأطروحة.

كما أتوجه بالشكر إلى زوجتي الكريمة على ما قدمته لي من معلومات ومساعدة على مراجعة هذا العمل وصبرها على ذلك رغم اختلاف تخصصها المعرفي، كما أشكر ابني سعدالدين وابنتي سلمى اللذان سلبت منهما جزءا من الاهتمام والرعاية.

ولا أنسى شكري وامتناني للأستاذ **جمال شعوان** على نصائحه وتشجيعاته وخبرته التي لم يبخل علي بها، وإلى الأستاذ **الحسين الخواجة** كذلك.

وأشكر كذلك أخي **عزالدين مقطيط** والأستاذ **طارق احساين** والأستاذ **بنيحيى عبد الإله** والأستاذ صوصي **علوي الحسن** على دعمهم النفسي ومجهوداتهم من أجل مراجعة البحث والمقالات العلمية.

كما أتوجه بعميق الشكر لأساتذة مختبر الأبحاث والدراسات الجغرافية والتهيئة والكرطوغرافية خاصة وإلى أساتذة الجغرافيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس فاس عامة، على مجهوداتهم وتوجيهاتهم التي لها الفضل علينا بعد الله عز وجل.

وأتمنى ألا أغفل عن شكر أحد من الأصدقاء والباحثين من ساهم بقليل أو كثير في إغناء هذا العمل المتواضع، وأعتذر لمن لم يرد اسمه في هذه الكلمة.

وفي الأخير، الشكر الموصول لأعضاء لجنة المناقشة على تحملهم عناء قراءة وفحص هذا العمل، وعلى إبداء ملاحظاتهم وآرائهم حول الموضوع.

لائحة الاختزالات

ACSAD	**:** Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands	المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة
ASC	**:** Air sous courbe	مساحة تحت المنحنى
CEMAGREF	**:** Centre national du machinisme agricole du génie rural, des eaux et des forêts	المركز الوطني للآليات الزراعية والهندسة القروية والمياه والغابات
DPEFLED	**:** Direction provinciale des eaux et forêts et de la lutte contre la désertification de Tanger	المديرية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر – طنجة -
DREFLED	**:** Direction régionale des eaux et forêts et de la lutte contre la désertification de Tanger	المديرية الجهوية للمياه والغابات ومحاربة التصحر – طنجة -
ETM	**:** Enhanced Thematic Mapper	الراسم الموضوعاتي المحسن
FAO	**:** Food and Agricolture Organization	منظمة التغذية والزراعة
GPS	**:** Global Positioning System	نظام تحديد المواقع العالمي
HCEFLCD	**:** Haut-commissariat aux eaux et forêts et de la lutte contre la désertification	المندوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر
IFN	**:** L'inventaire forestier national	الجرد الغابوي الوطني
IRIS	**:** Institut royale des études stratégiques	المؤسسة الملكية للدراسات الاستراتيجية
MNT	**:** Modèle Numérique de Terrain	النموذج الرقمي للأراضي
NDVI	**:** Normalized Difference Vegetation Index	مؤشر التغطية النباتية
PAP/CAR	**:** Le centre d'activités régionales pour le programme d'actions prioritaires	برنامج التدخل ذي الأولوية بالمجال المتوسطي
TM	**:** Theamatic Mapper	الراسم الموضوعاتي على القمر لاندسات
TWI	**:** Topographic Wetness Index	مؤشر الرطوبة الطبوغرافي
VI	**:** Valeurs Informatiques	القيم المعلوماتية

تقديم عام:

أصبحت المخاطر الطبيعية ظاهرة عالمية مقلقة تختلف أسبابها بين ما هو طبيعي وما هو بشري، الشيء الذي جعل تدبيرها والحد من الخسائر الناجمة عنها تحديا عالميا وشرطا ضروريا لتنمية مستدامة وتطور اقتصادي واجتماعي.

إن دراسة المخاطر الطبيعية تكتسي أهمية بالغة في الدراسات البيئية و التهيئة نظرا للمشاكل التي تترتب عنها والتي تظهر في تراجع الناتج الداخلي الاقتصادي، حيث عرضت الاقتصاد المغربي خلال السنوات الماضية إلى خسارات قدرت بحوالي 0.11 بليون دولار (واردة في تقرير المؤسسة الملكية للدراسات الاستراتيجية (2014) عن EM- DAT[1], 2013) .

ويبدو أن الموقع الجغرافي للمغرب قد جعله عرضة لمجموعة من الظواهر: المناخية و الجيولوجية وكذا البيولوجية، التي تخلف أحيانا مخاطر طبيعية تؤدي إلى أضرار كبيرة، تعيق التطور السوسيواقتصادي في المناطق المتضررة.

تؤثر الانحدارات القوية للسفوح الساحلية بظهير الميناء المتوسطي على صبيب المجاري المائية الذي يرفع وثيرة التعرية المائية والحركات الكتلية، إضافة إلى شدة وعنف التساقطات المطرية التي تتعدى أحيانا 1000 ملم، هذا فضلا عن الطبيعة الصخرية الهشة وتراجع الغطاء النباتي اللذان رفعا من حدة المخاطر الطبيعية.

ويعد العامل البشري أهم العوامل الحاسمة في حدوث مختلف المخاطر الطبيعية، فالتدخل البشري بمجال الدراسة خلال السنوات الأخيرة عن طريق تنزيله لمشاريع كبرى بمعايير دولية كمجموعة موانئ طنجة المتوسط (Tanger Med) والتي تلتها مجموعة من البنيات التحتية كالطرق والتجمعات السياحية وغيرها، ساهم في تجدد مجموعة من الظواهر الطبيعية رغم الدراسات القبلية للمخاطر التي قامت بها مكاتب الدراسة الساهرة على إنشاء الموانئ، كما كان لشق الطرق أثرا على السفوح التي تخترقها مما أدى إلى تسريع الحركات الكتلية.

1 Emergency Events Database. https://www.emdat.be/: موقع قاعدة البيانات العالمية للكوارث

وهكذا نقدم من خلال هذه الأطروحة دراسة لمجموعة من المخاطر الطبيعية التي تهدد المنطقة والتي تمت ملاحظتها من خلال الخرجات الميدانية المكثفة، فارتكزت دراستنا لهذه المخاطر على تقنيات حديثة ونمذجة متطورة، اعتمدنا فيها على بيانات الاستشعار عن بعد وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية، حيث تم جرد الوضعيات الحالية للمخاطر الطبيعية بمنطقة الدراسة وإنجاز مجموعة من الخرائط الموضوعاتية بمقاييس كبيرة معتمدين فيها على العمل الميداني، كما تم ربط العلاقة بين الظواهر المدروسة والعوامل المتحكمة فيها مع إدراج التدخل البشري في المجال ومدى مساهمته في ظهور المخاطر الطبيعية.

لقد أبان العمل الخرائطي عن مجموعة من المعطيات الدالة التي تم تحسينها وتمحيصها بالعمل الميداني، بما في ذلك جمع معطيات متعلقة بالساكنة عن طريق استمارات خصصت لهذا الغرض، حيث مكنتنا من معرفة آثار المشاريع التنموية المنجزة بالمنطقة على الساكنة وديناميتها، وكذلك معرفة الآثار الاقتصادية عليها من خلال توفير فرص الشغل.

وتبقى الغاية المتوخاة من هذه الدراسة تقييم المخاطر الطبيعية المهددة للمنطقة بصفة عامة والمشاريع المنجزة بصفة خاصة، من خلال تصنيف الأوساط المهددة بالمخاطر، ووضع خرائط دقيقة للأوساط المتدهورة ثم دراسة تأثير هذه الظواهر على الساكنة والمجال.

كما نقدم من خلال هذه الأطروحة نماذج تقييمية لمختلف الظواهر الطبيعية التي يمكن الاستعانة بها من طرف الباحثين ومتخذي القرار وواضعي خطط التدخل، نقدمها أيضا إسهاما منا في تعزيز البحث الجامعي في دراسة المخاطر الطبيعية وفق مقاربات أعطت نتائج جيدة وحقيقية عن الوسط المدروس.

لقد تم تقسيم هذا البحث إلى ثلاثة أجزاء، مسبوقة بمقدمة ومذيلة بخاتمة، ويحتوي كل جزء على مجموعة من الفصول:

سيتناول الجزء الأول من هذا البحث: مقدمة عامة نعرض من خلالها الحصيلة العامة للمخاطر الطبيعية ببلادنا، وسيتم تحديد الإشكالية العامة للأطروحة وعرض أهم المناهج والمقاربات المعتمدة في دراسة المخاطر مع تسطير الأهداف المراد الوصول إليها، كما سيتم دراسة الإطار العام البيومناخي والمورفوبنيوي والجيولوجي لمنطقة الدراسة.

سيتناول الجزء الثاني دراسة مختلف المخاطر الطبيعية التي تمت ملاحظتها أثناء الزيارات الميدانية أو من خلال صور الأقمار الاصطناعية، حيث سيتم جرد ودراسة الظواهر الطبيعية التي تهدد المنطقة وفق مناهج ومقاربات حديثة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد، وقد ضم هذا الجزء ثلاثة فصول، تناول كل فصل منها نمذجة خطر معين بدءا بالتعرية المائية والحركات الكتلية ثم دراسة حرائق الغابات.

أما الجزء الثالث فسيرتكز على دراسة التغيرات المجالية لاستعمالات الأراضي اعتمادا على الاستشعار عن بعد، والعمل الميداني المعزز بمجموعة من الاستمارات، حيث سنتطرق إلى دراسة الآثار الإيجابية والسلبية للموانئ على الاقتصاد والساكنة بظهير الميناء المتوسطي، ثم سندرس تغيرات خط الساحل وآثارها على دينامية المنطقة.

الجزء الأول:

الإشكالية والمقاربات والإطار العام لمجال الدراسة.

سيضم الجزء الأول أربعة فصول، تهتم بالإشكالية والمقاربات بالإضافة إلى دراسة الإطار العام لمجال الدراسة.

خصص الفصل الأول لطرح الإشكالية العامة للأطروحة وعرض مجموعة من المناهج والمقاربات التي تم الاعتماد عليها في دراسة المخاطر الطبيعية، ثم تسطير الأهداف المراد التوصل إليها من خلال البحث، بالإضافة إلى التطرق لبعض المفاهيم المرتبطة بمجال المخاطر.

أما الفصل الثاني فخصص للمعطيات البيومناخية العامة حيث تم دراسة مجموعة من الخصائص المناخية كالتوزيع الزمني والمجالي للتساقطات، كما تمت دراسة تغيرات درجة الحرارة باعتبار تأثيرها على النظام البيومناخي، وعلى مسلسل المخاطر الطبيعية.

ونظرا للارتباط الجزئي للتشكيلات النباتية بظروف النظام البيومناخي، فقد تم جرد التشكيلات النباتية بمنطقة الدراسة مع تحديد امتدادها المجالي، وفق مختلف العوامل المتحكمة في توزيعها.

سيتناول الفصل الثالث دراسة الوحدات التضاريسية ومورفومترية أحواض مجال الدراسة، بالاعتماد على النموذج الرقمي للأراضي ونظم المعلومات الجغرافية.

ويختتم هذا الجزء بالفصل الرابع الذي سنتطرق من خلاله إلى دراسة الوحدات المورفوبنيوية في الريف عامة ومنطقة الدراسة خاصة. بالإضافة إلى دراسة جيولوجية لظهير الميناء المتوسطي.

الفصل الأول:

المخاطر الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي، الإشكالية والمقاربات

تعد المخاطر الطبيعية ظاهرة وطنية تهدد التوازن البيئي، نظرا لما ينجم عنها من المشاكل والأضرار الطبيعية والبشرية والمتمثلة في تراجع الغطاء الغابوي الذي يتعرض لحرائق تؤدي إلى ضياع حوالي 2986 هكتار سنويا (HCEFLCD, 2009)، وعمليات التعرية المائية التي تتسبب في فقدان التربة لخصوبتها، وبالتالي تراجع الإنتاجية الفلاحية، إذ أكدت (مديرية إعداد التراب الوطني، 2002)، أن ما يزيد عن 11 مليون هكتار من الأراضي المنحدرة تتعرض لانجراف التربة، هذا فضلا عن ما ينتجه خطر الفيضانات والحركات الكتلية من خسائر مادية حيث قدرت بحوالي 5 مليون دولار كمعدل سنة 2010 ومن المحتمل أن يصل هذا الرقم إلى 30 مليون دولار في غضون 2030 (DARA, 2012).

ونظرا للرهانات التي تطمح منطقة الدراسة البلوغ إليها من حيث هي مجال ذو إشعاع اقتصادي عالمي، فإن دراسة المخاطر الطبيعية والبحث عن أسبابها، أضحى أمرا ضروريا لتأمين استقرار السكان وضمان استمرارية المشاريع التنموية على الوجه المطلوب.

1. حصيلة الدراسة حول المخاطر الطبيعية بالمغرب

عرف المغرب في السنوات الأخيرة عدة أحداث طبيعية (زلازل وفيضانات وسيول ناتجة عن الأمطار الغزيرة وغزو الجراد والتصحر والجفاف وانزلاقات التربة...)، وقد تسببت هذه الأحداث في خسائر فادحة في الأرواح البشرية وخسائر مادية مهمة وعجز بليغ على المستوى الاقتصادي والبيئي، فالأبحاث والدراسات التي تم إنجازها حول المخاطر الطبيعية بالمغرب خصوصا المرتبطة بالتقلبات المناخية، صنفت المغرب ضمن الدول المتضررة نظرا لتعرضه للعديد من الإكراهات البيوفيزيائية (كالتصحر، تناقص الموارد المائية، تدهور المنظومة البيئية مما أثر على استقرار السكان وعدم قدرتهم على التعايش مع هذه الظروف (IRES, 2013).

أنجزت المؤسسة الملكية للدراسات الاستراتيجية عدة دراسات حول تدبير المخاطر المتعلقة بالمناخ والكوارث الطبيعية، حيث صنفت الفيضانات كأول خطر من حيث الخسائر البشرية والمادية، إذ توقعت الدراسة أن يصل تأثيرها على السكان بالمغرب حسب (DARA, 2012) إلى حوالي 21000 شخص كل سنة في

غضون سنة 2030، وبينت نفس الدراسة أن خطر الحركات الكتلية يهدد بشكل كبير المنشآت الاقتصادية ويعرض حياة السكان للخطر، حيث صنفت جبال الريف المغربية كأول مجال يضم العديد من الحركات الكتلية نظرا لطبيعة تضاريسه وتكويناته الجيولوجية الهشة (الصلصال، الطين، الفليش...) بالإضافة إلى التحفيز المناخي المتمثل في حجم التساقطات المطرية التي تتلقاها هذه المنطقة، فقد بلغ عدد الحركات الكتلية بشتى أنواعها في مجال الريف المغربي حوالي 2000 حركة، (EZZINE H et al. 2010) ، أثرت أغلبها على الشبكة الطرقية، وهذا ما أكدته مديرية الطرقات من خلال رصدها لحوالي 50% من الميزانية العامة لإعادة إصلاح الطرق وترميمها (FOUGHALI .A et al. 2011).

أما بالنسبة للتعرية المائية، فقد بلغت الخسائر الناجمة عن تدهور البيئة ببلادنا حوالي 13 مليار درهم، بتراجع يقدر ب 7,3% من معدل الناتج الداخلي الخام، كما أن تكلفة استصلاح البيئة تعادل 8,1% من الناتج نفسه (كتابة الدولة المكلفة بالماء والبيئة، 2011).

ولا شك أن التعرية تشكل أهم عوامل تدهور الوسط الطبيعي بالمغرب، وذلك نتيجة الاستغلال المفرط للموارد الطبيعية، فتزايد النمو الديموغرافي وضعف الإمكانيات الاقتصادية دفع السكان إلى استغلال الأراضي الفلاحية والرعوية بطريقة مكثفة، ومن أجل تلبية الحاجيات المتزايدة للسكان اضطر العديد منهم إلى استغلال المناطق الهامشية والأكثر عرضة لأساليب التعرية (فالح علي.2017).

كما تساهم التعرية في توحل السدود وتراجع تخزين المياه بها بحوالي 75 مليون م^3 كل سنة، ومن المتوقع أن يصل هذا التراجع إلى 150 مليون م^3 كل سنة في أفق 2030 (شعوان جمال. 2014)، وحسب تقرير المنظمة العالمية للتغذية والزراعة فإن 12,5 مليون هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة والمراعي في المغرب مهددة بالتعرية المائية، وثلثي الأراضي المحروثة تتطلب إجراءات حمائية مستعجلة (علي فالح، 2010).

يتميز المغرب بتنوع غابوي كبير نظرا لموقعه الجغرافي، في حين تعاني الغابات من التغيرات المناخية وتوالي سنوات الجفاف التي ولدت ضغطا كبيرا ساهم في تسريع وثيرة اندلاع حرائق الغابات (BENABID.A, 2007)، وقد أبرزت الإحصائيات المنجزة لحرائق الغابات منذ 1960 عن حدوث حوالي 12912 حريق، أتت على

مساحة قدرت ب 149292 هكتار ، بنسبة تمثل 0,05% من المساحة الغابوية (HCEFLCD, 2011)، وفي هذا السياق نشير إلى مجموعة من دراسات نمذجة خطر حرائق الغابات التي استعملت فيها متغيرات طبيعية وبشرية وفق عديد من المقاربات، نذكر أهمها: النمذجة المجالية لحرائق الغابات بالشاون التي قام بها كل من الدكتور الحسين الخواجة والدكتور علي فالح حيث اعتمدت دراستهم على مجموعة من المقاربات الحديثة وكانت نتائجها جيدة.

وتمثل السواحل المغربية مكانا لتنزيل ما معدله 90% من الوحدات الصناعية، حيث تعد وجهة للعديد من المشاريع التنموية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية، إلا أنها في الآن نفسه تعاني من هشاشة على جميع المستويات؛ فعلى سبيل المثال يخلق ارتفاع منسوب البحر العديد من المخاطر للمنشآت المتواجدة على طول الساحل المغربي، كما أن جميع المنشآت العمرانية بشتى أنواعها السياحية أو السكنية، المتواجدة في السهول الفيضية والساحلية، (مقياس ارتفاعها منخفض جدا)، معرضة لخطر الغمر البحري، وقد بينت المعطيات التاريخية تعرض مجموعة من المدن كالمضيق ومارتيل سنة 1956 و1957 و1963 إلى خطر الغمر البحري نتيجة رياح الشرقي(IRES ,2013).

وقد ورد في دراسة الباحث (EL MOUTCHOU. B, 2002) أن العديد من المناطق الساحلية بالمجال البحري المتوسطي المغربي تعاني من خطر التعرية الساحلية بمتوسط يصل حوالي 2 - متر كل سنة (دراسة أجريت لمدة 60 سنة من 1937 إلى 1997).

2. دوافع اختيار مجال الدراسة:

تكمن أهمية اختيار مجال الدراسة أساسا في موقعه الإستراتيجي، حيث أصبح هذا المجال يعتبر قطبا اقتصاديا واجتماعيا، يعمل على تنمية المؤهلات الطبيعية والبشرية، وإنعاش الاقتصاد، وتسهيل التجارة الخارجية، وتوفير وخلق فرص عمل جديدة لمعالجة البطالة، كما أصبح يحضى بأهمية كبيرة على المستوى الإقليمي والجهوي والدولي، وذلك راجع لاحتضانه للمشاريع الاقتصادية الضخمة المتمثلة في الموانئ المتوسطية.

وقد كان لهذه المشاريع المتوسطية وقع إيجابي على المجال المحيط به، حيث أصبحت المنطقة تتوفر على بنية تحتية متكاملة، متمثلة في الطرق السيارة والسكة الحديدية والربط السككي الفائق السرعة وأقطاب التكنولوجيا الجديدة، كما واكب بناء الموانئ إنشاء مناطق للأنشطة الصناعية والسياحية وتطور مجالي وسكاني متسارع.

3. إشكالية البحث:

تتضافر العديد من العوامل الطبيعية والبشرية في تهديد الوسط بمنطقة الدراسة، حيث يتعرض ظهير الميناء المتوسطي سنة بعد أخرى لظهور مجموعة من المخاطر كالحركات الكتلية والتعرية المائية وحرائق الغابات، كما أن تزايد وثيرة توسعة المساحات اللوجيستيكية للموانئ وارتفاع عدد المقالع خلف ضغطا على الوسط وعرضه لمختلف الأخطار الطبيعية.

فمنطقة الدراسة تعاني من عنف وحدة التعرية التي تعمل على إضعاف خصوبة التربة وفقدانها للمواد العضوية، حيث تراجع الانتاج الفلاحي بشكل كبير خصوصا على السفوح المطلة على واد القصر الصغير ومناطق الجنوب الشرقي، كما تعرف المنطقة بروز مجموعة من الحركات الكتلية التي تعمل على تدهور الطرق وتهدد بعض الدواوير كما هو الحال بدوار المنصورة الذي يوجد فوق انزلاق أرضي كبير وصلت مساحته سنة 2018 حوالي 104032 متر مربع، أما عن خطر حرائق الغابات المرتبط بتزايد الضغط البشري على المجال الغابوي فقد بينت إحصائيات الحرائق من لدن مندوبية المياه والغابات عن انتقالها من ست حرائق سنة 2013 وسنة 2014 إلى عشر حرائق سنة 2015.

أما بالنسبة للساكنة، فتبدو معاناتها تختلف من نطاق لآخر، فبينما تعاني الساكنة المجاورة للسواحل توالي تحويل سكنهم بسبب توسعة الموانئ، يعاني سكان الجنوب من تزايد عدد المقالع وتدهور الطرق وتراجع المردودية الفلاحية وقلة فرص العمل.

تتجدد إذن المشاكل المترتبة عن المخاطر الطبيعية باستمرار، فكلما زاد التدخل البشري في مجال ما إلا وزادت معه ظهور أو احتمالية حدوث مخاطر طبيعية، لهذا فإن ضرورة إنجاز دراسات للظواهر

الطبيعية بشكل مستمر مسألة ضرورية لضمان نجاعة المشاريع التنموية، فرغم أن المشاريع المنجزة بمنطقة الدراسة قد ارتكزت على دراسات قبلية للمخاطر، إلا أن تجدد هذه المخاطر _ سواء الناتجة عن الظروف الطبيعية أو تلك الناتجة عن التهييئات المواكبة لمشاريع الموانئ المتوسطية_ يفرض إنجاز توقعات علمية مبنية على أحدث التقنيات المعلوماتية من أجل تتبع التحولات المجالية والأخطار الطبيعية.

وهكذا سنحاول من خلال هذا العمل الإجابة عن التساؤلات الآتية:

- هل ترتبط المخاطر الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي بالعوامل الطبيعية أم باستمرار التدخل البشري فيه؟
- ما هي العوامل التي قد تكون حاجزا أمام تنمية المنطقة لبلوغ تحدياتها كمنطقة استراتيجية عالمية؟
- إلى أي حد ستستطيع التقنيات الحديثة المستعملة في كشف وتشخيص وتتبع المخاطر الطبيعية المهددة لظهير الميناء المتوسطي.
- كيف يمكن جبر تضرر سكان عالية ظهير الميناء المتوسطي؟ وما هي البرامج والعمليات الكفيلة ببلورة استراتيجية شمولية لتأهيل المنطقة.

4. أهداف الأطروحة

تهدف الأطروحة إلى دراسة مختلف المخاطر الطبيعية المهددة لمجال الدراسة وكذا المشاريع التنموية الكبرى بها، لذلك حددنا الأهداف الرئيسية الآتية:

✓ تشخيص مختلف المخاطر الطبيعية المهددة لمنطقة الدراسة مع تحديد العوامل الطبيعية والبشرية المتدخلة في حدوثها، بالإضافة إلى دراسة تطورها من خلال نماذج حديثة، لأجل اقتراح أشكال وطرق التدخل بهذا المجال الهش.

✓ استخراج أهم الشبكات المائية بمجال الدراسة واستعراض الخصائص والمتغيرات المورفومترية للأحواض المائية، ومدى تأثيرها على عدم استقرار المجال.

- ✓ إنجاز خرائط موضوعاتية لمختلف المتغيرات المسؤولة عن تطور الأخطار الطبيعية بمجال الدراسة.
- ✓ تتبع تطور الأخطار الطبيعية حسب العوامل المسؤولة عنها عبر تنضيد خرائط العوامل بخرائط مختلف الأخطار الطبيعية.
- ✓ تقييم نوعي للتعرية المائية عبر تطبيق معادلة PAP/CAR من خلال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.
- ✓ تفييئ مجال الدراسة حسب تأثير التعرية المائية عبر تركيب خرائط مختلف العوامل المسؤولة.
- ✓ إعداد ودراسة خرائط مخاطر الحركات الكتلية مع إبراز أهم التحولات التي طرأت على مجال الدراسة، باستخدام مقاربة القيم المعلوماتية (VI) وذلك عبر تحديد وحصر انزلاقات التربة ووصف العوامل المؤثرة عليها.
- ✓ إنجاز دراسة توقعية للحركات الكتلية المستقبلية وتقديم خرائط موضوعاتية عبر دمج البيانات وتنفيذ المعالجة الرقمية.
- ✓ تتبع تطور خطر حرائق الغابات بمنطقة الدراسة، وإنجاز وتحليل خرائط المتغيرات المسؤولة عن الظاهرة.
- ✓ نمذجة وتفييئ مجال الدراسة، حسب درجة خطر حرائق الغابات، وإنجاز خريطة موضوعاتية للظاهرة، وفق نموذج DAGONEوDUCHE المحدث سنة 1994.
- ✓ دراسة تغير خط الساحل لفترات من الزمن، بتطبيق برنامج DSAS.
- ✓ تقديم معطيات توقعية لوضع خط الساحل مستقبلا.

ومن أجل بلوغ الأهداف المتوخاة من هذه الدراسات، تم تبني مناهج ومقاربات مختلفة لدراسة المخاطر الطبيعية، وتتبع تطورها زمنيا ومجاليا.

5. منهجية العمل

فضلا عن الدراسة البيبليوغرافية التي همت الدراسات والأبحاث التي أنجزت حول المخاطر الطبيعية سواء في منطقة الدراسة أو دول البحر الأبيض المتوسط، فقد اعتمدنا على عدة مقاربات ونماذج لدراسة المخاطر الطبيعية التي تمت معاينتها بمنطقة الدراسة.

1.5. دراسة التقييم النوعي للتعرية

أمام تعدد نماذج دراسة التقييم النوعي للتعرية المائية تم الاقتصار على نموذج PAP/CAR الذي أعد من طرف منظمة التغذية العالمية FAO[2]، لتقييم التعرية بالأحواض المتوسطية، وقد تم تجريبه في عدة دراسات بدول حوض البحر الأبيض المتوسط حيث أعطى نتائج جيدة في مختلف المجالات، وهو يعتمد على إدماج مختلف قواعد بيانات خرائط العوامل والمتغيرات (الانحدار، توجيه السفوح، الغطاء النباتي...) ضمن نظم المعلومات الجغرافية، لاستخراج خرائط احتمال حدوث التعرية.

2.5. دراسة الحركات الكتلية بمقاربة القيم المعلوماتية (VI):

تنضوي مقاربة القيم المعلوماتية (VI) ضمن المقاربات الإحصائية حيث ترتكز على عدة معادلات رياضية لإنجازها، وتعتمد على حصر جميع الحركات الكتلية، وحساب قيم (VI) لكل فئة من فئات كل متغير، وذلك لمعرفة مساهمتها في الحركات الكتلية التي تم حصرها، ومنه يتم التوقع باحتمالية حدوث حركات كتلية جديدة.

ولتقييم دقة وجودة هذه المقاربة، يستخرج منحنى التحقق ومنحنيي التوقع من معطيات خريطة قيم (VI)، حيث يعطي كل منحنى من هذه المنحنيات فكرة حول فعالية المقاربة عن طريق حساب المساحة تحت المنحنى (Aire sous courbe)، كما يتم الاعتماد كذلك على نتائج خريطة القيم المعلوماتية (VI) لاستخراج خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية جديدة، باعتبار تردد الظاهرة خلال مدة معينة.

2 Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

يتطرق الشق الثاني من المقاربة إلى دراسة هشاشة المجال اتجاه الحركات الكتلية حيث همت الدراسة سكان المنطقة (عدد السكان حسب كل دوار، الكثافة السكانية) ثم الطرق بمختلف أنواعها (عدد الحركات الكتلية التي سجلت بالطرق، وعدد مستعملي كل طريق).

في الأخير، يتم تركيب معطيات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية وخريطة هشاشة المجال اتجاه هذه الحركات، حسب شبكة خوارزمية للحصول على خريطة خطر الحركات الكتلية.

3.5. دراسة حرائق الغابات:

يوجد العديد من النماذج والمقاربات لدراسة حرائق الغابات، وقد اخترنا لتقييم هذه الظاهرة أنموذج DAGORNE وDUCHE الذي يعتمد على خصائص طبيعية لا تتغير إلا على المدى البعيد، فالأنموذج له قدرة ونجاعة على تحديد المناطق والمجالات المؤهلة لحرائق الغابات، حيث يعتمد على تركيب وتقاطع مجموعة من المتغيرات يتم إعدادها ثم نمذجتها.

يحتاج النموذج إلى تركيب مجموعة من قواعد البيانات (الانحدار، توجيه السفوح...) إضافة إلى بيانات الغطاء النباتي التي يتم دراسته من حيث الكثافة والقدرة على الاحتفاظ بالماء لمعرفة مساهمتها في اندلاع الحرائق.

وتختتم الدراسة بالحصول على خريطة خطر حرائق الغابات التي تقسم مجال الدراسة إلى فئات حسب درجة خطر اندلاع الحرائق.

4.5. دراسة التحولات المجالي و آثارها على الساكنة:

اعتمدنا في دراسة التحولات المجالية على تقنيات حديثة تتمثل في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد؛ وذلك لما لها من مميزات في البحث الجغرافي، إذ مكتنا التقنيتان معا من الاستفادة من أرشيف الصور الجوية ومعالجتها وتخزينها بصيغ مختلفة، هذا فضلا عن بناء قاعدة بيانات قابلة للتحيين السريع، مع إمكانية دراسة العلاقة بين جميع المتغيرات المدروسة ودراسة تطورها الزماني والمجالي.

وهكذا قمنا باتباع منهجية تنبني على تحميل صور الأقمار الصناعية من Google Earthومعالجتها وتحليلها على برنامج ArcGIS، بهدف دراسة التطور الزمني لمجال ظهير الميناء المتوسطي. أما فيما يهم تتبع أحوال الساكنة اتجاه التغيرات المجالية الملاحظة، فقد تم تخصيص استمارات ميدانية لهذا الغرض.

5.5. دراسة تغير خط الساحل:

تستهل معالجة تغير خط الساحل بالمرفق DSAS بتحديد خطوط الساحل لفترات مختلفة من الزمن عن طريق صور الأقمار الاصطناعية، حيث يتم معالجتها في برنامج نظم المعلومات الجغرافية باستعمال خاصية Landsat toolbox.

يعمل المرفق DSAS على تقييم تغير خط الساحل باستعمال خاصية NSM: التحرك الصافي لخط الساحل، وكذلك خاصية EPR لحساب سرعة التغير، ليتم تفسير تطور خط الساحل حسب الظروف المجالية المواكبة لهذا التغير ثم البحث عن الأسباب التي أدت سواء إلى التعرية أو التراكم.

6.5. توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ونظام تحديد المواقع العالمي في دراسة الأخطار الطبيعية

1.6.5. الاستشعار عن بعد

ساعدتنا بيانات الاستشعار عن بعد في جل أطوار الدراسات والمقاربات التي تم تبنيها؛ حيث مكنتنا من دراسة مختلف الظواهر من خلال صور الأقمار الاصطناعية لمنطقة الدراسة، كما سمحت لنا بتتبع مختلف الديناميات المرتبطة بالمجال والسكان (تتبع تحولات استعمالات الأرض – تغير خط الساحل – تطور الحركات الكتلية)، فقد ساهمت بيانات صور الأقمار الاصطناعية في إنجاز الخرائط وتتبع الظواهر مجاليا وزمانيا.

2.6.5. نظم المعلومات الجغرافية

تعد نظم المعلومات الجغرافية من التقنيات الحديثة، التي تحظى بأهمية كبيرة من طرف الباحثين، نظرا للإمكانيات التي توفرها في معالجة وتخزين المعلومات الجغرافية، إذ تضم هذه النظم عددا

كبيرا من البرامج ذات القدرة العالية على تهيئ ملفات شبكية وخطية وإعداد قواعد بيانات، وكذا القيام بعدة عمليات حسابية وتركيبية.

وقد تم استغلال نظم المعلومات الجغرافية في تحقيق الأهداف التالية:

- ✓ إدخال البيانات الخرائطية وترقيمها سواء بيانات مكانية أو بيانات وصفية.
- ✓ التمكن من تخزين وتحليل ومعالجة ثم الربط بين البيانات المكانية والوصفية عن طريق قوائم أو جداول.
- ✓ المساعدة على تحليل وتفسير الظواهر الجغرافية المكانية من أجل معرفة العلاقات والارتباطات المكانية الرابطة بينها.
- ✓ التمكن من تصدير خرائط موضوعاتية تحمل معلومات ومرفوقة بمفاتيح لشرحها.
- ✓ استعمال نظم المعلومات الجغرافية من خلال إدماج نماذج لدراسة التعرية المائية والحركات الكتلية وحرائق الغابات بهدف النمذجة المجالية وتصنيف الأوساط حسب حدة الخطر.

3.6.5. نظام تحديد المو اقع العالمي

يعد نظام تحديد المواقع العالمي من أفضل الوسائل الناجعة لتحديد وحصر مختلف الظواهر المكانية، فهو وسيلة فعالة لجمع البيانات وتحديد مواقع الظواهر المراد الاشتغال عليها حيث يمكن حصر أهميته في:

- تحديد مواقع الظواهر.
- تحديد مواقع بعض الانزلاقات الأرضية وحساب مساحتها.
- رسم مسار الخرجات الميدانية.
- أخذ الصور الفتوغرافية بالإحداثيات المرجعية.
- إدخال البيانات بشكل مباشر في الميدان.
- تصحيح الخرائط المنجزة من خلال تحليل صور الأقمار الاصطناعية.

6. مفاهيم مرتبطة بالمخاطر الطبيعية:

نتحدث عن المخاطر الطبيعية عندما تكون هناك إمكانية لوقوع حدث (Aléa) أو ظاهرة طبيعية لها مخلفات سلبية على الإنسان أو المجال، وتعبر الأخطار الطبيعية على العلاقات بين المجال والسكان والظروف الطبيعية، فهي تسمح بشكل ملموس من فهم المجال في علاقته مع العوامل المؤثرة عليه.

صورة 1: صور لإحدى الخرجات الميدانية.

1.6. تعريف الخطر الطبيعي

يرتبط مفهوم الخطر الطبيعي نظريا بمفهومين آخرين وهما: الظاهرة الطبيعية وهشاشة المجال.

- فالظاهرة الطبيعية هي حدث طبيعي يكون له تأثيرات قوية على المجال.
- أما هشاشة المجال فيقصد بها مدى ضعف المجال جيولوجيا أو جيومرفلوحيا... أو غير ذلك؛ لاستقبال ظاهرة طبيعية معينة.

هناك عديد من التعاريف أعطيت للخطر الطبيعي من طرف (Commissariat Général du plan, France, 1997) نذكر منها:

- ❖ التعريف 1: يمثل الخطر الطبيعي حدثا خطيرا ذو أصل طبيعي، يخالف الظواهر الناجمة عن أنشطة الإنسان، فهو حدث محتمل لديه مصدر، ويتطور في الوسط الطبيعي (هواء، ماء، تربة...).
- ❖ التعريف 2: الخطر الطبيعي هو مفهوم متداول عن الأحداث المدمرة، ينتج عن أسباب مختلفة وفي وسط طبيعي هش، فهو إذن نتيجة اقتران مؤثر ومتأثر، في حين هشاشة المجال ترتبط بمدى تضرر هذا الأخير من الظواهر الطبيعية.

2.6. دراسة الخطر الطبيعي

تستند المقاربة التقليدية لدراسة الخطر الطبيعي في المجال الجغرافي على التمييز بين عنصرين: نوع الخطر بصفته العامل الطبيعي ومصدر الخطر، ثم هشاشة المجال المستهدف بصفته مستقبلا لهذا الخطر، أما المقاربات الحديثة للأخطار الطبيعية فتقدم خرائطية الأخطار الطبيعية التي تمنح نماذج للوقاية، وتعطي إرشادات لمتابعة الظاهرة، فرغم وجود صعوبات في ربط العلاقة بين المجال والخطر المهدد له، فإن الجغرافي يستطيع تقديم دعامات خرائطية محملة برموز تفسر تموضع الظاهرة المدروسة وكذا حجمها، كما أن نظم المعلومات الجغرافية أصبحت تقدم حلولا لمشاكل أكثر تعقيدا، حيث أكد

(PROPECK-ZIMMERMAN E. 2003) أن نظم المعلومات الجغرافية تقدم فرصة لتوضيح وفهم ظاهرة على الرغم من تعقيدها وتسمح بتوفير مساعدات تشاورية من أجل اتخاذ القرارات.

3.6. تقييم الظاهرة الطبيعية

مهما اختلفت التدابير المتخذة للحد من الظواهر الطبيعية، فتقييمها يعتبر أمرا ضروريا، وهذا يتطلب جردا للأحداث السابقة للظاهرة في منطقة معينة من أجل تقييم وثيرتها وترددها، واستغلال هذه المعطيات والبيانات في إنجاز مقاربات ونماذج للتنبؤ بمستقبل المجال المدروس، وهنا نشير إلى أهمية تقنيات الاستشعار عن بعد في تتبع الظواهر الطبيعية، زمنيا ومجاليا، وجمع معطيات وبيانات يمكن استغلالها في العديد من المقاربات والنماذج.

4.6. تقييم هشاشة المجال

يختلف تقييم هشاشة المجال من منطقة لأخرى، حيث لا يوجد هناك مقاربات نظرية معممة، ففي غالب الأحيان يتم دراسة الهشاشة حسب خصوصية الوسط الطبيعي الذي تعرض للخطر.

وبصفة عامة، يستحضر في دراسة الهشاشة المجالية عنصرين مهمين هما:

الضرر: يتم التطرق إليه عند دراسة محددة لظاهرة طبيعية ما، حيث يتم إحصاء وحصر العناصر المتضررة أو المهددة بالضرر ثم تقييم مدى استجابتها لخطر طبيعي معين، ويجب التركيز على هذه المرحلة لكون نتائجها مهمة لتحقيق الدراسة (CHATELAIN J-L. et al. 1994).

النمذجة التطبيقية: يقصد بها الطريقة المعتمدة لرصد حجم الضرر وحجم بياناته لاستثمارها، حيث توجد العديد من النماذج حسب كل نوع من الأخطار، تعتمد جلها على متغيرات يتم تركيبها لاستخلاص النتائج.

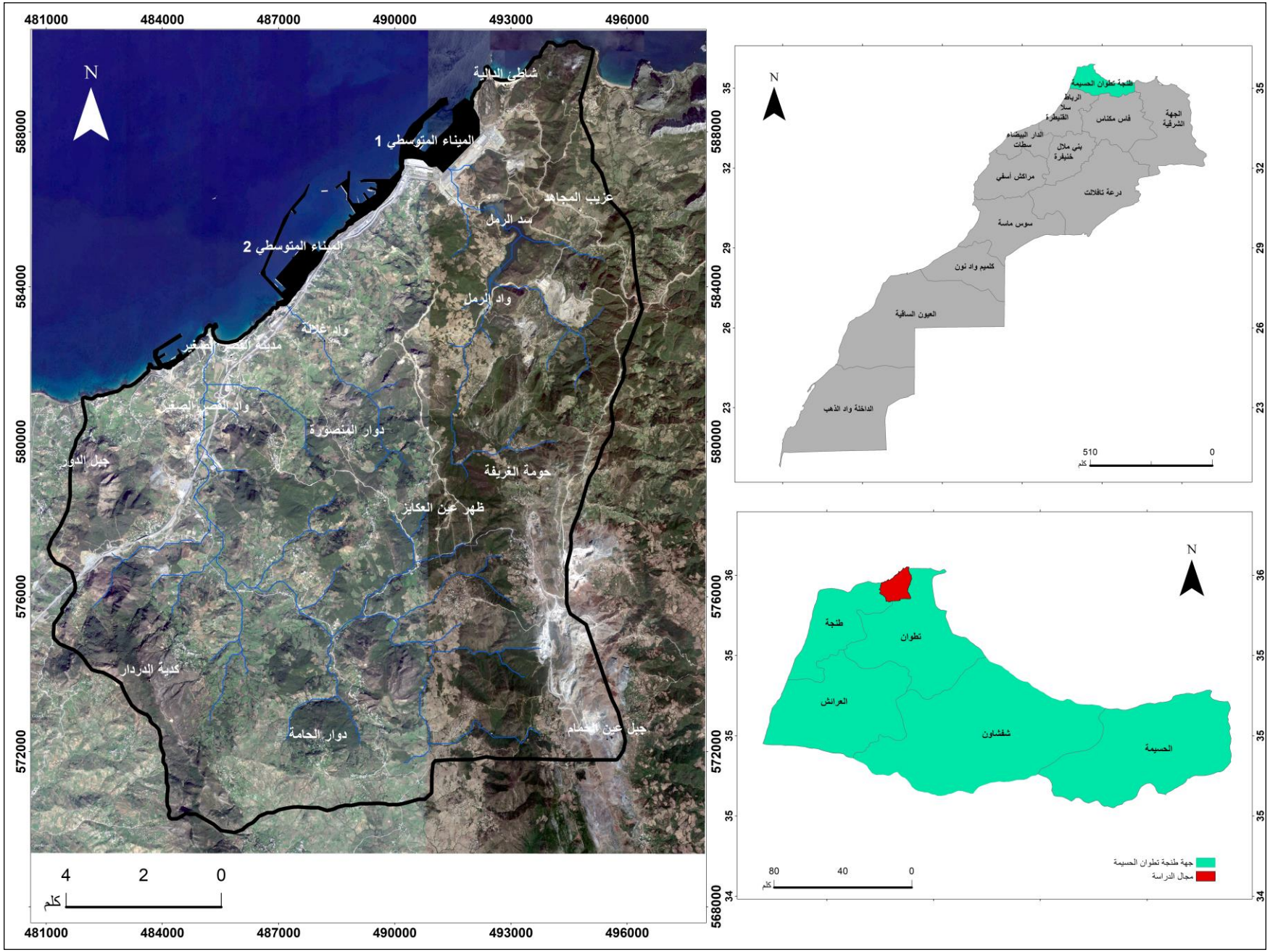
7. تقديم مجال الدراسة

يقع مجال الدراسة بجهة طنجة تطوان الحسيمة، إقليم طنجة، عمالة فحص أنجرة، وهي منطقة ساحلية تمتد على مساحة حوالي 193 كلم^2، تبعد عن مدينة طنجة بحوالي 40 كلم في اتجاه الشرق، تحد شمالا بالبحر الأبيض المتوسط عند مضيق جبل طارق، وغربا بجماعة البحراوبين التابعة لإقليم طنجة، وجنوبا بجماعة الجوامعة، ثم شرقا بولاية تطوان (شكل1).

يمتد المجال المعني بالدراسة على خمس جماعات قروية (تغرامت، قصر المجاز، ملوسة، عليين، أنجرة) وجماعة واحدة حضرية (القصر الصغير). تنتمي جل الجماعات جزئيا لمجال الدراسة باستثناء جماعة قصر المجاز التي تنتمي كليا وتعطي لوحدها مساحة تقدر به 73 كلم^2 بنسبة تقدر بحوالي 37,8% من مجموع مجال الدراسة.

إن الظواهر الطبيعية في تغير متواصل، فهي تتجدد باستمرار طالما هناك تدخل بشري مستمر وأحداث طبيعية مفاجئة، وضرورة تتبع هذه الظواهر بأحدث التقنيات المتوفرة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أصبح ضرورة لابد منها، كما أن تمثيل مختلف الظواهر الطبيعية بحيثياتها عبر خرائط موضوعاتية لها أثر مهم وأساسي في إيجاد حلول لعدة مشاكل بيئية.

وظهير الميناء المتوسطي كغيره من المناطق التي عرفت استقطاب العديد من المشاريع التنموية، تستدعي عاليته تتبعا ومواكبة مستمرة للمخاطر الطبيعية قصد ضمان استقرار هذه المشاريع من جهة والحد من تضرر الساكنة من جهة أخرى.



شكل1: الوضعية الجغرافية لمنطقة الدراسة.

الفصل الثاني:

المعطيات البيو مناخية العامة.

يلعب المناخ دورا أساسيا في تطور أساليب وأشكال الديناميات السطحية، ونخص بالذكر عاملي التساقطات والحرارة، حيث تهيئ الحرارة السطح عن طريق تفكيك عناصر التربة لأساليب الجريان والتسرب خلال التساقطات الموالية، الشيء الذي ينتج عنه تطور أشكال تعرية متباينة ومختلفة (محمد أبهرور، 2009)

يتميز التوزيع السنوي لمتوسط التساقطات المطرية بمنطقة الدراسة بتباين مجالي بين شمالها و جنوبها، حيث تتراوح متوسطات التساقطات المطرية بين 584 ملم بجنوب المنطقة و 760 ملم بشمالها، كما تتميز هذه التساقطات المطرية بعدم انتظامها، ويظهر ذلك من خلال الفارق الكبير الذي تعرفه معدلات التساقطات السنوية التي تجاوزت 1200 ملم بمحطة طنجة المتوسط (شمال مجال الدراسة) خلال سنة 2010، و انخفضت إلى ما دون 450 ملم خلال سنة 2015، أما في الجنوب و تحديدا عند محطة عيون الصافية فقد عرفت هي الأخرى فارقا كبيرا في معدلات التساقطات المطرية حيث تجاوزت 1130 ملم خلال السنوات الرطبة و تراجعت إلى أقل من 430 ملم في السنوات الجافة.

1- التساقطات المطرية:

من أجل إبراز الخصوصيات المناخية، اعتمدنا على تحليل سبع محطات مناخية[3] منها ثلاث محطات توجد داخل نطاق الدراسة، أما فيما يخص التحليل الإحصائي لقيم التساقطات المطرية فقد اقتصرنا على المحطات الموجودة بظهير الميناء المتوسطي من أجل مقارنة توزيع هذه التساقطات داخل المجال المدروس.

اعتمدنا في اختيار محطات الرصد على أقرب مسافة لمجال الدراسة وعلى تشابه الخصائص البيومناخية لهذه المحطات مع الخصائص البيومناخية للمجالات التي توجد داخل حيز الدراسة، كما تم الاعتماد على موقع NASA لاستخراج بعض المعطيات المناخية لبعض المحطات التي أخذت تسمية المنطقة التي توجد فيها (جدول1).

[3] لتحليل المعطيات المناخية تم الاعتماد على نتائج محطات وكالة الحوض المائي اللوكوس، إضافة إلى معطيات أخرى تم استخراجها من موقع http://power.lac.nasa.gov

جدول1: موقع وخصائص محطات الرصد الجوي بمنطقة الدراسة وهوامشها.

اسم المحطة	x	y	متوسط التساقطات	الفترة المرجعية		البعد(بKm) عن منطقة الدراسة	المصدر
				من	إلى		
المزالة	500376	585906	635	2000	2018	4.7	2
الفنيدق	501000	581000	670	2000	2018	5.3	2
الخروب	491000	582000	612	2000	2018	داخل منطقة الدراسة	2
رومان	476850	566675	759,24	1977	2016	8.7	1
طنجة المتوسط	494595	587096	760	2010	2016	داخل منطقة الدراسة	1
أليان	477200	577815	748,5	2005	2016	4	1
عيون الصافية	494000	574000	584	2000	2018	داخل منطقة الدراسة	2

المصدر:

1: وكالة الحوض المائي اللوكوس.

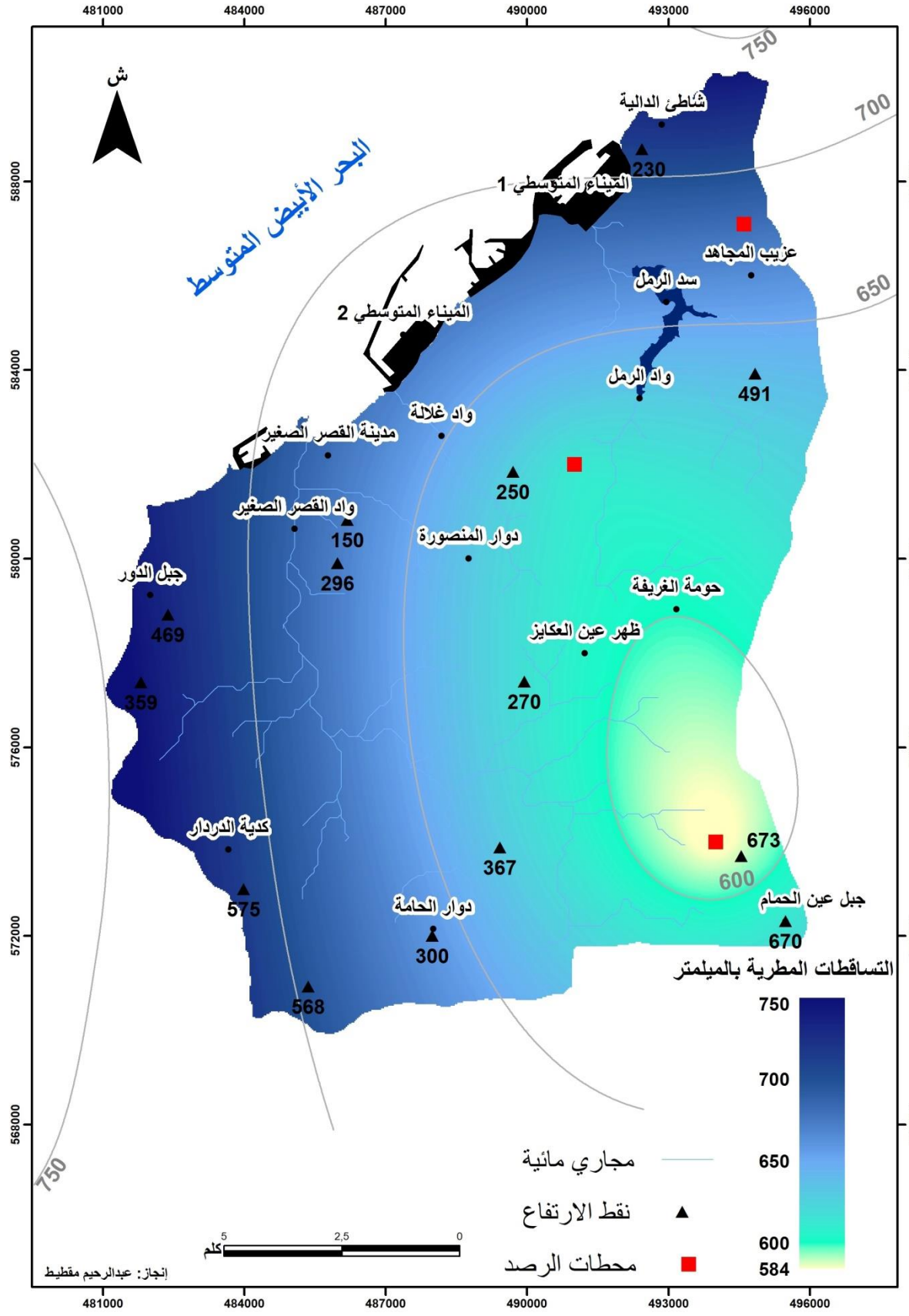
2: موقع https://power.larc.nasa.gov/.

1.1. التوزيع المجالي للتساقطات المطرية:

تعرف التساقطات المطرية تباينا بين نطاقات الشمال التي تسجل بها أعلى معدلات التساقطات بالمنطقة حيث يصل معدل التساقطات المطرية بمحطة طنجة المتوسط 760 ملم، وبين نطاقات الجنوب التي تتلقى حوالي 584 ملم بمحطة عيون الصافية (شكل2).

أبرز تحليل خريطة متوسط التساقطات المطرية بمجال الدراسة وجود أربع نطاقات متباينة:

النطاق الأول: يوافق المجالات المحاذية للساحل في أقصى الشمال الشرقي عند الميناء المتوسطي1 والمناطق المجاورة له، وفي الجنوب الغربي لمدينة القصر الصغير، حيث تتلقى هذه المناطق كمية من التساقطات يصل متوسطها 760 ملم في السنة وقد تصل في بعض الأحيان إلى أكثر من 1200 ملم كما هو الحال سنة 2010 بمحطة طنجة المتوسط.



المصدر:وكالة الحوض المائي اللوكوس + موقع:https://power.larc.nasa.gov/

شكل 2: خريطة متوسط التساقطات المطرية بمنطقة الدراسة.

النطاق الثاني: يتلقى هذا الجزء تساقطات تتراوح بين 650 ملم و750 ملم، وهو يوافق السهول الساحلية في الشمال والسهل الفيضي لواد القصر الصغير وبعض الأجزاء في الجنوب الغربي.

النطاق الثالث: يغطي هذا الجزء وسط مجال الدراسة الذي تتراوح ارتفاعاته بين 200 و350متر، وهو يمتد من جبل الحافة (491م) في الشمال الشرقي إلى ظهر الحمامة وجبل كتامة (367 م) في الجنوب. تتراوح كمية التساقطات بهذا النطاق بين 600 و650 ملم في السنة.

النطاق الرابع: يشكل هذا الجزء حيزا صغيرا في الجنوب الشرقي لمجال الدراسة، خاصة فوق المرتفعات التي يتراوح علوها بين 600 و670 م، وهو يضم كل من جبل عيون الصافية وأجزاء من جبل عين الحمام. تنخفض فيه كميات التساقطات إلى أقل من 600 ملم في السنة.

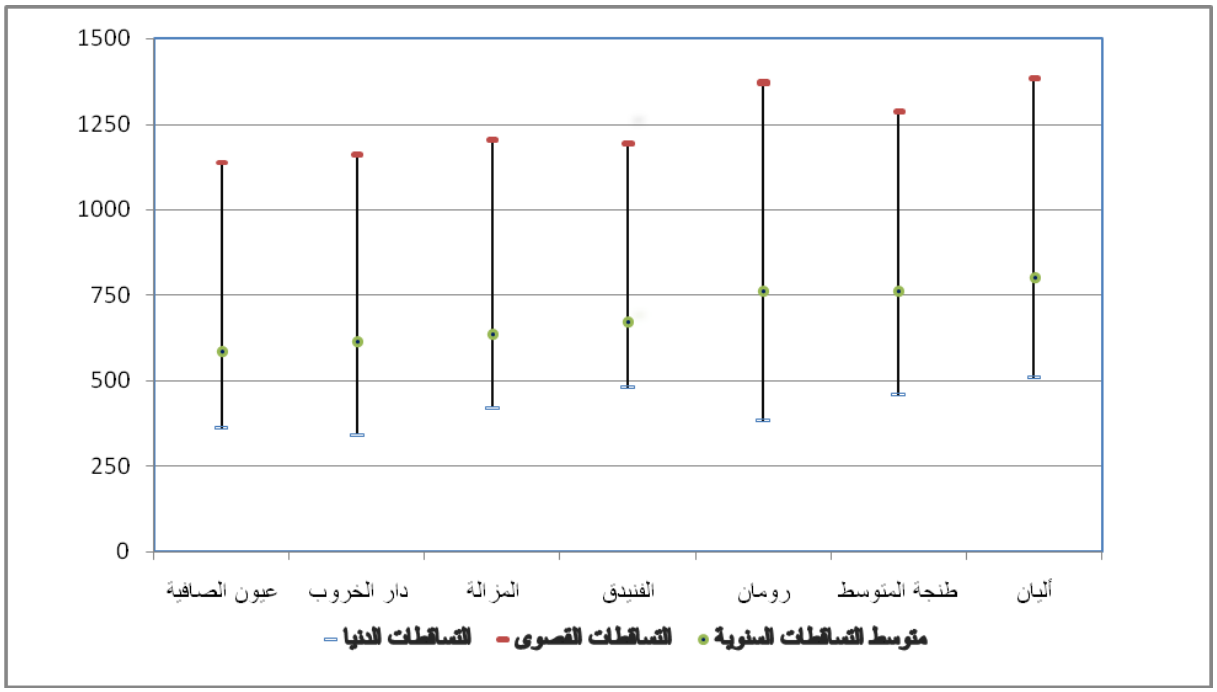
يفسر اختلاف التساقطات المطرية بين الشمال والجنوب بمجال الدراسة إلى عامل التضاريس بالدرجة الأولى، فانخفاض الارتفاعات المطلقة للتضاريس بالنطاقات المحاذية للساحل يسمح بمرور الكتل الهوائية الرطبة القادمة من المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط مما يرفع من كمية التساقطات بهذا النطاق. ويختلف الأمر بالنسبة للمناطق الوسطى والجنوبية التي تعرف متوسطات مطرية أقل نسبة من الشمال، نظرا لضعف وصول التأثيرات البحرية إليها نتيجة تزايد الارتفاعات التضاريسية باتجاه الجنوب من جهة، وهبوب رياح الشركي التي تمنع دخول الكتل الهوائية الرطبة من جهة ثانية.

2.1. التذبذب السنوي للتساقطات المطرية:

يتبين من خلال تحليل بيانات التساقطات المطرية السنوية بمحطات مجال الدراسة لفترات تراوحت بين خمس سنوات (محطة طنجة المتوسط) وستة وعشرون سنة (محطة الرومان)، أن منطقة الدراسة تعرف عدم انتظام التساقطات المطرية وتذبذبا سنويا في كمياتها، ومن أجل فهم أعمق لهذا التذبذب السنوي، اعتمدنا على دراسة متوسط التساقطات، وتحليل معامل التشتت والانحراف المعياري.

عرف متوسط التساقطات المطرية بمجال الدراسة اختلافا كبيرا من سنة لأخرى، حيث بلغت

أعلى قيمة لها بمحطة طنجة المتوسط 1285 ملم سنة 2011، وانخفضت إلى ما دون 500 ملم في سنة 2016، في حين بلغ المتوسط السنوي للتساقطات بهذه المحطة 760 ملم في السنة.



شكل3: مبيان متوسط التساقطات المطرية بمنطقة الدراسة وهوامشه.

المصدر: وكالة الحوض المائي اللوكوس + موقع:https://power.larc.nasa.gov/

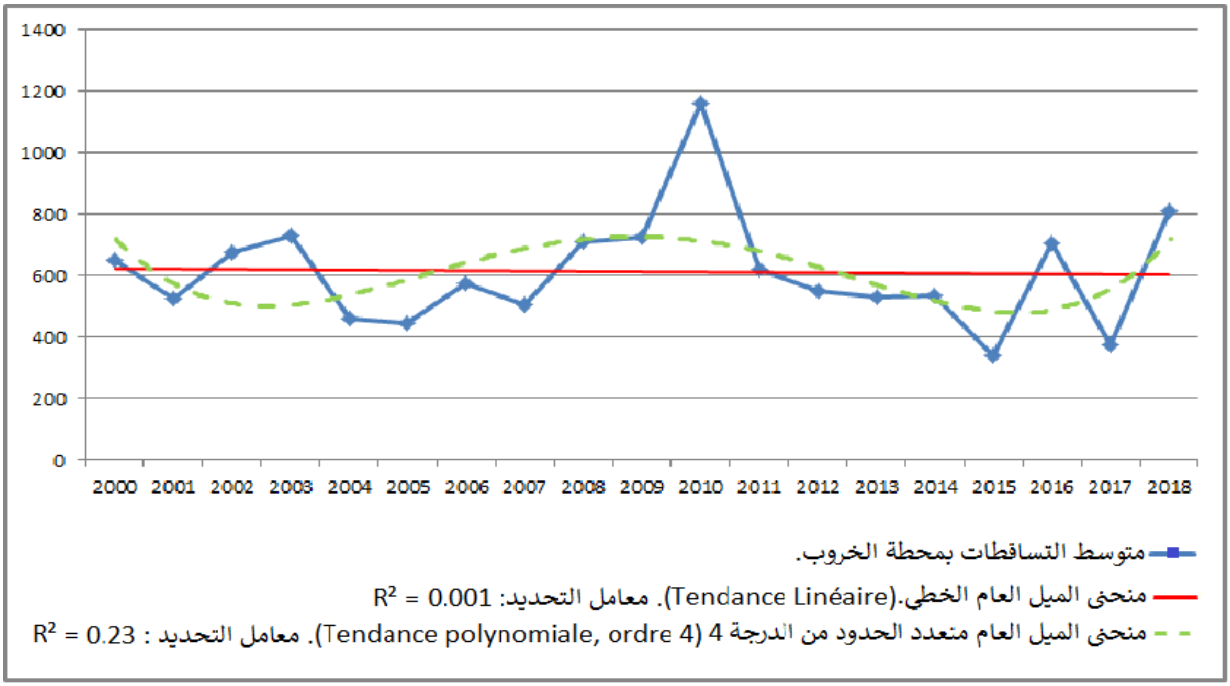
ويظهر من خلال (الشكل3) أن مدى التساقطات يتسع عند محطة الرومان وكذا بالمجالات القريبة من الساحل كما هو الحال في محطة أليان وطنجة المتوسط. ونستدل على عدم الانتظام السنوي في التساقطات من خلال معامل التشتت الذي وصل بمحطة طنجة المتوسط 38 % ومحطة الرومان 30 % وهذا يعني أن قيم التساقطات يمكن أن تزيد أو تقل ب 38 % و 30% (على التوالي) بهذين المحطتين.

ومن أجل تحليل تذبذب التساقطات المطرية بمجال الدراسة، سنتطرق لدراسة بيانات التطور الزمني للتساقطات بكل من محطة الخروب (شمالا) ومحطة عيون الصافية (جنوبا).

1.2.1. محطة الخروب:

أبرز تحليل منحنى التساقطات المطرية للفترة المتراوحة بين 2000 و2018 بمحطة الخروب (شكل4)، على أن شمال مجال الدراسة عرف تذبذبا كبيرا للتساقطات المطرية من سنة لأخرى، وقد تم تلخيص هذا التذبذب في ثلاث مجموعات:

المجموعة الأولى: تتضمن السنوات ذات أكبر قيمة للتساقطات المطرية حيث عرفت كل من سنة 2010 و2018 متوسط التساقطات أكبر من 800 ملم، ونشير إلى الارتفاع المفاجئ لكمية التساقطات سنة 2010 حيث وصلت 1160 ملم بهذه المحطة.



شكل4: التطور الزمني للتساقطات المطرية بشمال مجال الدراسة. (محطة الخروب)

المصدر: موقع:/https://power.larc.nasa.gov

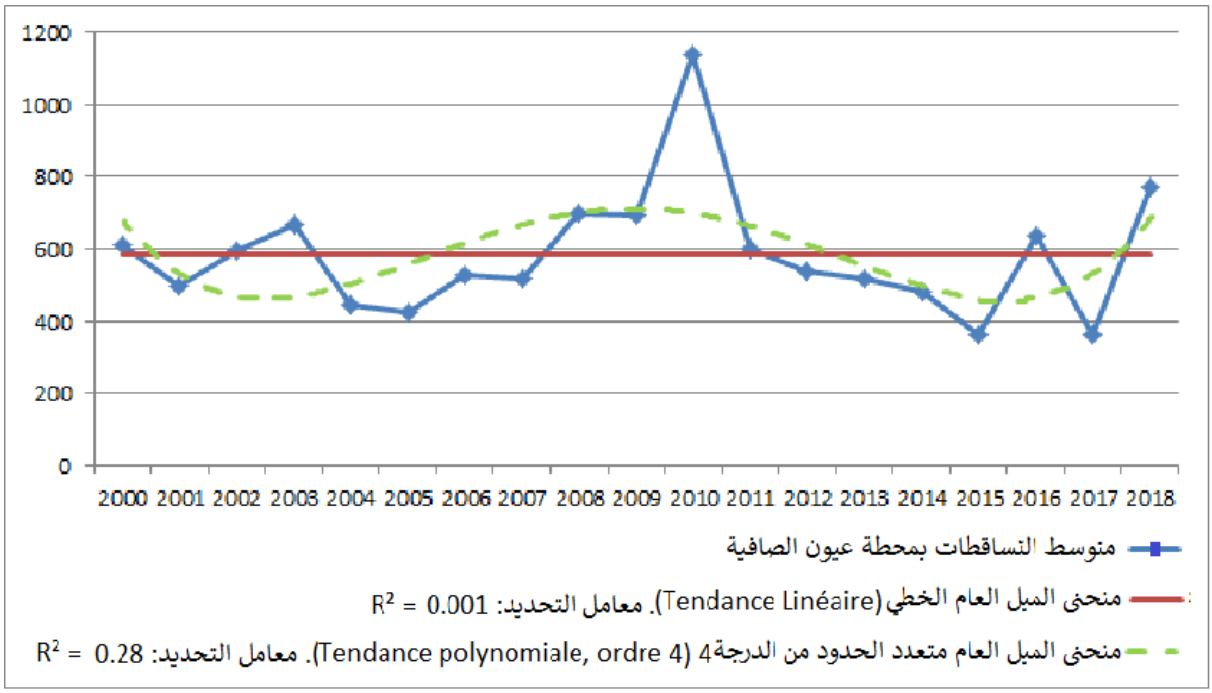
المجموعة الثانية: تشمل السنوات التي انخفضت بها كمية التساقطات المطرية عن 400 ملم، وتتجلى في سنتين فقط هما 2015 و2017، وتعد هاتين السنتين من الفترات الأكثر جفافا بالمنطقة حيث تراجع صبيب بعض العيون والآبار.

المجموعة الثالثة: تشمل السنوات التي تقع ضمن منحنى الميل المتعدد الحدود للتساقطات، حيث تذبذبت خلالها كمية التساقطات السنوية بحوالي 170 ملم أكثر أو أقل من المتوسط.

2.2.1. محطة عيون الصافية:

يبرز تحليل منحنى التطور السنوي للتساقطات بهذه المحطة (شكل5) عن اختلاف كبير من سنة لأخرى، الشيء الذي يبرز عدم انتظام التساقطات المطرية بهذا الحيز من المنطقة، ويمكن تقسيم متوسطات التساقطات إلى ثلاث مجموعات كذلك:

المجموعة الأولى: تشمل سنة واحدة وهي 2010 بلغت فيها التساقطات 1138 ملم، وهي تساقطات مطرية استثنائية بالنسبة للفترة المدروسة.



شكل5: التطور الزمني للتساقطات المطرية بشمال مجال الدراسة. (محطة عيون الصافية)

المصدر: موقع: https://power.larc.nasa.gov/

المجموعة الثانية: تتضمن السنوات التي انخفضت فيها التساقطات المطرية إلى ما دون 400 ملم، ونخص بالذكر سنة 2015 و2017.

المجموعة الثالثة: تشمل كل السنوات التي تقع ضمن منحنى متعدد الحدود للتساقطات، حيث تذبذبت متوسطات التساقطات المطرية بين 180 ملم أكثر أو أقل من المتوسط.

لقد بين تحليل كل من منحنى محطة الخروب ومنحنى محطة عيون الصافية، عن تشابه نسبي للسنوات الجافة والسنوات الرطبة كذلك، مع اختلاف طفيف في متوسطات التساقطات المطرية، ويفسر هذا بصغر مجال الدراسة الذي لا يعطي اختلافا كبيرا في التساقطات المطرية بين محطاته.

وصاحب التذبذب والتراجع الذي عرفته المنطقة المدروسة من حيث التساقطات، نضوب العديد من العيون والآبار، مما نتج عنه تراجعا للماء الشروب ونقصا في المياه المستعملة للسقي كما أن الارتفاع الاستثنائي لكميات التساقطات في بعض السنوات يؤدي إلى ارتفاع وثيرة التعرية المائية بمختلف أشكالها ويؤدي إلى حدوث مجموعة من الانزلاقات الكبرى داخل مجال الدراسة.

3.1. النظام الفصلي للتساقطات المطرية

تختلف التساقطات المطرية في منطقة الدراسة وهوامشها حسب فصول السنة، وسنعرض كميات ونسب التساقطات حسب كل فصل (جدول 2)

خلال فصل الشتاء: يبرز تحليل الجدول2 أن حوالي 40 % من كمية الأمطار السنوية تتساقط خلال فصل الشتاء، فرغم التشتت الكبير في قيم التساقطات المطرية، إلا أن معامل التشتت لا يتعدى 8% من حيث نسبة التمثيل، و هذا ما يؤكد بوضوح على أن كمية الأمطار المتساقطة في فصل الشتاء تمثل 40% من مجموع ما يتساقط سنويا، كما أن نسبة معامل التشتت التي تبلغ 8 % تدل على أن التساقطات قد تزيد أو تقل عن المتوسط ب 8% حسب المحطات أو السنوات، حيث تنخفض إلى 34% بالشمال (محطة طنجة المتوسط)، و ترتفع إلى 45% بالجنوب الشرقي لمجال الدراسة.

خلال فصل الربيع: تتلقى منطقة الدراسة خلال هذا الفصل حوالي 26 % من التساقطات المطرية السنوية (جدول2)، ويلاحظ استقرار للتساقطات المطرية في جل المحطات، مع ارتفاع طفيف في محطة

طنجة المتوسط، حيث تصل إلى حوالي 30 %. ويمكن تفسير هذا بقرب هذه المحطة من الساحل واستفادتها من التيارات البحرية والكتل الهوائية الرطبة.

جدول 2: التوزيع الفصلي لكميات التساقطات ونسبها بمجال الدراسة وهوامشه.

اسم المحطة	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف	النسبة المئوية %			
					الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف
عيون الصافية583.7	227.21	153.71	7.35	195.42	38.93	26.33	1.26	33.48
دار الخروب612.36	237.36	159.94	7.36	207.7	38.76	26.12	1.2	33.92
المزالة635	254	166.5	5.2	209.3	40	26.22	0.82	32.96
الفنيدق670	304.7	180.45	20.3	164.55	45.48	26.93	3.03	24.56
رومان 759,24	322.1	184.1	12.6	240.5	42.42	24.25	1.66	31.67
طنجة المتوسط760	263.5	225.3	12.5	258.7	34.67	29.64	1.64	34.04
أليان 800,7	337.6	189.1	20.3	253.9	42.15	23.61	2.53	31.7
التباين: S^2	1603.9	489.6	32.5	999.6	10.1	3.26	3.34	9.89
الانحراف المعياري: $S=\sqrt{S^2}$	40	22.1	5.7	31.6	3.18	1.81	1.83	3.14
معامل التشتت $C.V = \frac{S*100}{X}$	14.4	12.3	46.6	14.5	7.87	6.92	105.34	9.86

المصدر: وكالة الحوض المائي اللوكوس + موقع:/https://power.larc.nasa.gov

خلال فصل الصيف: تعرف منطقة الدراسة خلال هذا الفصل تباينا مهما في التساقطات المطرية (12.23 ملم) وتشتتا قويا عن المتوسط. إذ يبلغ معامل التشتت 105% لقيم تتراوح بين 5.2 ملم كأدنى قيمة مسجلة بمحطة المزالة بالجنوب الشرقي، و20 ملم بكل من محطة أليان والفنيدق. ويفسر هذا الأمر بالتساقطات الناتجة عن رياح الشركي التي تعرفها الجبال العليا خلال بعض الفترات من الصيف. وعموما فإن نسبة التساقطات المطرية بظهير الميناء المتوسطي خلال فصل الصيف لا تتعدى في المتوسط 1.7 % من مجموع التساقطات السنوية.

خلال فصل الخريف: يبلغ متوسط التساقطات المطرية بمجال الدراسة 218 ملم بانحراف معياري يبلغ حوالي 31.6 ملم عن المتوسط. ويتبين من خلال تحليل الجدول2 أن 31.9 % من التساقطات المطرية تتركز في هذا الفصل حيت يعد ثاني فصل من حيث التساقطات.

إن التساقطات المطرية الخريفية من أكبر المحفزات لعمليات التعرية، خصوصا أنها تأتي بعد فصل جاف (فصل الصيف)، حيث تصبح فيه جزيئات التربة مفككة ومهيأة للتعرية.

ويتضح من خلال التوزيع الفصلي للتساقطات المطرية أن ظهير الميناء المتوسطي يتميز بمناخ متوسطي ذي أربعة فصول، حيث تتوزع التساقطات كالتالي: الشتاء 40.35 % والربيع 26.13 % والصيف 1.73% ثم الخريف31.9%. ويرتبط التوزيع الفصلي للتساقطات بدخول الكتل الهوائية الشمالية إلى مجال الدراسة في بداية الخريف وخلال فصل الشتاء، حيث تعمل على الرفع من كمية التساقطات التي تصل إلى 70% من المجموع السنوي، أما خلال نهاية فصل الربيع وفصل الصيف، فإن الكتل الهوائية المدارية تدفع المؤثرات القطبية نحو الشمال، مما يجعل هذه الفترة ذات طقس حار وجاف وتتدنى فيها كمية التساقطات.

4.1. التوزيع الشهري للتساقطات المطرية

يعرف النظام المطري الشهري تغيرات مهمة وواضحة من شهر لآخر، حيث أبرز تحليل معطيات التساقطات الشهرية بمحطات مجال الدراسة وهوامشها على أن أقصى التساقطات الشهرية تتركز خلال الشهور: نونبر ودجنبر ويناير (جدول3)، فيما تتدنى في شهري يوليوز وغشت مع اختلاف بين المحطات حسب طبيعة ارتفاعاتها وتوجيه السفوح بها.

ويتضح من خلال الجدول أن شهر نونبر يسجل أعلى التساقطات بمحطات طنجة المتوسط (142.6 ملم) ومحطة أليان (152 ملم)، الشيء الذي يبين أن التساقطات تبدأ بشكل مبكر وبكميات مطرية مهمة، حيث تتواصل هذه التساقطات أحيانا حتى نهاية فصل الربيع.

أبان التحليل الشهري للتساقطات عن تركز سقوط الأمطار مبكرا في منطقة الدراسة. ويفسر هذا بالتوغل المبكر للمؤثرات المحيطية القادمة من الشمال والغرب (المحيط الأطلسي).

جدول3: متوسط التساقطات المطرية الشهرية بمجال الدراسة وهوامشه

اسم المحطة	الارتفاع بالمتر	الشهور												مجموع التساقطات
		شتنبر	أكتوبر	نونبر	دجنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	ماي	يونيو	يوليوز	غشت	
عيون الصافية	670	26.71	74.16	94.55	91.07	67.77	68.37	71.6	55.48	26.64	3.28	0.8	3.26	583.7
دار الخروب	400	25.65	79.2	102.85	96.91	71.29	69.16	74	58.04	27.9	3.63	0.9	2.83	612.36
المزالة	394	28.9	77.5	102.9	101.4	82.6	70	75	65	26.5	5	0	0.2	635
الفنيدق	271	16	70.25	78.3	102.1	122.3	80.3	80.25	70	30.2	17.2	0	3.1	670
رومان	190	25.3	90.5	124.7	120.5	109.1	92.5	70.9	74	39.2	7.7	1.7	3.2	759.2
طنجة المتوسط	245	39.8	76.3	142.6	55	134	74.5	125.6	62.8	36.9	11.2	0	1.3	760
أليان	80	19.4	82.4	152	110.2	134.8	92.6	81	74	34.1	16.9	1.4	2	801

المصدر: وكالة الحوض المائي اللوكوس + موقع:/https://power.larc.nasa.gov

5.1. التساقطات المطرية اليومية:

تؤثر التساقطات المطرية اليومية القوية على آليات وأشكال التعرية خاصة التساقطات المطرية الأولى التي تصادف أتربة مؤهلة للتعرية بعد فترة جافة أدت إلى غياب الغطاء النباتي وتفكك عناصر التربة.

ومن بين المشاكل التي واجهناها خلال دراسة التساقطات المطرية اليومية هي افتقار المحطات لهذه القيم، لهذا تمت الاستعانة بمعطيات موقع Nasa[4] من أجل استخراج المعطيات اليومية للتساقطات قصد دراستها وتحليلها.

جدول 4: متوسط عدد الأيام المطيرة بمحطات مجال الدراسة بين 2008 و2018

اسم المحطة	متوسط عدد الأيام المطيرة	متوسط الأيام المطيرة أكثر من 20 ملم
محطة الخروب	212	77
محطة عيون الصافية	217	63

المصدر: موقع:/https://power.larc.nasa.gov

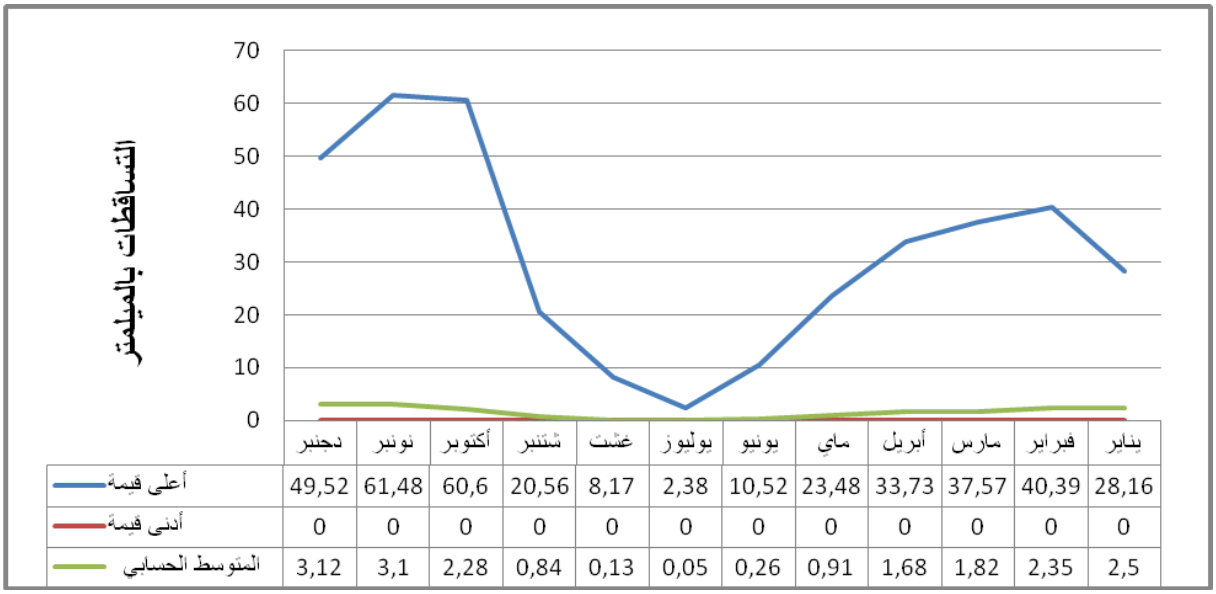
يتضح من خلال الجدول4 أن متوسط الأيام المطيرة خلال السنة يتراوح بين 217 يوما بجنوب منطقة الدراسة و212 في شمالها. وهذا ما يؤكد استفادة المنطقة من المؤثرات المحيطية ومن الكتل الهوائية الشمالية الرطبة التي تصادف سفوحا موجهة نحو الشمال والغرب، تجعلها تفرغ حمولتها.

فرغم تباين التوزيع المجالي لعدد الأيام المطيرة بين شمال وجنوب منطقة الدراسة فإن توزيع التساقطات القصوى اليومية لا يختلف كثيرا.

1.5.1. التساقطات المطرية اليومية القصوى بمحطة الخروب:

تتراوح متوسطات التساقطات القصوى اليومية بمحطة الخروب بين أكتوبر وأبريل بين 33ملم و60ملم، وتتراجع هذه القيم إلى 2.3ملم خلال بعض الشهور، كما أن القيم الدنيا للتساقطات تنعدم في جميع شهور السنة، الشيء الذي يمكن تفسيره بعدم انتظام التساقطات اليومية وارتكازها في بعض الأيام دون أخرى، ويبرز المتوسط الحسابي فارقا كبيرا بين التساقطات الدنيا والتساقطات القصوى وهو مؤشر آخر على عدم الانتظام وتمركز التساقطات في أيام محدودة (شكل6).

[4] تم حساب جميع أيام التساقطات اليومية بما فيها الأقل من 1 ملم.



	دجنبر	نونبر	أكتوبر	شتنبر	غشت	يوليوز	يونيو	ماي	أبريل	مارس	فبراير	يناير
أعلى قيمة	49,52	61,48	60,6	20,56	8,17	2,38	10,52	23,48	33,73	37,57	40,39	28,16
أدنى قيمة	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المتوسط الحسابي	3,12	3,1	2,28	0,84	0,13	0,05	0,26	0,91	1,68	1,82	2,35	2,5

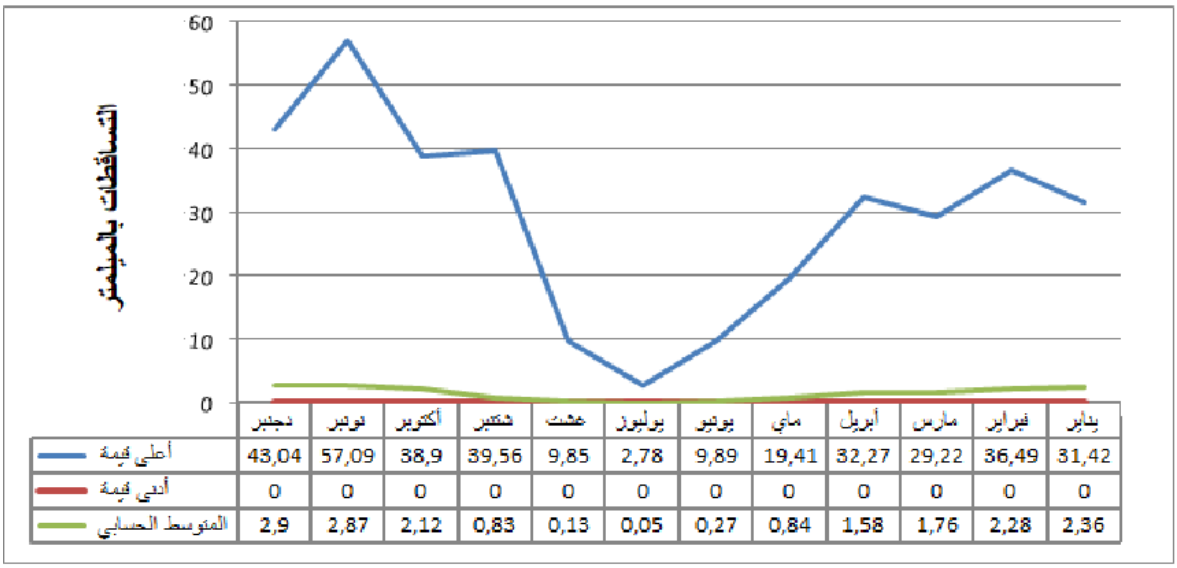
شكل6: التساقطات اليومية القصوى بمحطة الخروب بين 2008 و2018

المصدر: موقع:/https://power.larc.nasa.gov

ترتفع التساقطات اليومية في محطة الخروب في بعض أشهر السنة إلى أكثر من 60 ملم في يوم واحد، وقد سجلت هذه القيم خلال شهر أكتوبر ونونبر اللذان يمثلان فصل الخريف، حيث يفسر ذلك باستفادة المنطقة من التساقطات المبكرة، بينما تستمر التساقطات خلال شهور فصل الشتاء وشهر مارس وأبريل من فصل الربيع بقيم تتراوح بين 30 و40 ملم، وتجدر الإشارة إلى أن استمرار التساقطات المطرية حتى شهر أبريل دليل على تأخر فصل الشتاء وهبوب بعض التيارات القطبية على المنطقة.

2.5.1. التساقطات المطرية اليومية القصوى بمحطة عيون الصافية:

تمثل هذه المحطة التساقطات اليومية القصوى بجنوب منطقة الدراسة، حيت بلغت أعلى قيمة لها خلال شهر نونبر 57 ملم، فيما تراوحت خلال شهور فصل الشتاء وشهري مارس وأبريل من فصل الربيع بحوالي 29 إلى 43 ملم، كما يبرز منحنى التساقطات الدنيا وجود قيم منعدمة في كل أشهر السنة (شكل 7).



	دجنبر	نونبر	أكتوبر	شتنبر	غشت	يوليوز	يونيو	ماي	أبريل	مارس	فبراير	يناير
أعلى قيمة	43,04	57,09	38,9	39,56	9,85	2,78	9,89	19,41	32,27	29,22	36,49	31,42
أدنى قيمة	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المتوسط الحسابي	2,9	2,87	2,12	0,83	0,13	0,05	0,27	0,84	1,58	1,76	2,28	2,36

شكل7: التساقطات اليومية القصوى بمحطة عيون الصافية بين 2008 و2018

المصدر: موقع: https://power.larc.nasa.gov/

نلاحظ أن متوسط التساقطات يأخذ شكلا مقعرا نسبيا من شهر يناير حتى شهر دجنبر، فيما يسجل أدنى مستوياته خلال أشهر يونيو ويوليوز وغشت، وهي أشهر فصل الصيف الذي تتراجع فيه كمية التساقطات نتيجة دفع الكتل الهوائية المدارية للمؤثرات القطبية نحو الشمال، فيهيمن بذلك طقس جاف وحار بالظهير المتوسطي.

6.1. حدة التساقطات اليومية:

تقوم حدة التساقطات بدور مهم في تفسير حركية السفوح، لأن أساليب التعرية تختلف حسب درجة العنف المطري، فالتساقطات المركزة زمنيا، هي الأكثر مساهمة في تركز السيل ونشاط التخديد، في حين أن التساقطات ضعيفة العنف والممتدة على زمن يتراوح بين يومين وعشرة أيام، تساعد على إشباع التربة بفعل التسرب وتؤدي إلى انطلاق مجموعة من أساليب التعرية المرتبطة بالحركات الكتلية (فالح علي 2017)

ولدراسة وتحليل العنف المطري أخذنا بعين الاعتبار التساقطات التي فاقت 30 ملم في اليوم، حيث اعتبرناها حدا أدنى لإبراز التأثير الواضح للعنف المطري على حركية السفوح (شكل8).

شكل8: تردد عدد الأيام المطيرة الأكثر من30 ملم

المصدر: موقع:https://power.larc.nasa.gov/

يبرز الشكل8 أن تردد فئات التساقطات أكثر من 30 ملم تتركز خلال أربعة أشهر من أكتوبر إلى يناير، حيث سجل ذروتها في شهر نونبر بكل من محطتي الخروب وعيون الصافية، فيما يأتي شهري فبراير ومارس في المرتبة الثانية من حيث عدد الأيام المطيرة.

يكون لتركز التساقطات اليومية في أيام محدودة آثارا خطيرة، ففي شهر دجنبر 2009 بلغت التساقطات 218.6 ملم في ظرف 6 أيام بنسبة 71% مما تساقط خلال نفس الشهر، وقد كان لهذه التساقطات حسب ساكنة المنطقة آثارا جانبية على المجال، حيث انطلقت مجموعة من الحركات الكتلية، كان أخطرها الانزلاق الدوراني الذي عرفته عالية واد غلالة والذي أصبح يهدد دوار المنصورة الذي يوجد في عاليته.

إن تركز الأمطار في الأيام الموالية للفترة التي يغيب فيها الغطاء النباتي الواقي للتربة، وظهور شبكات كثيفة من الشقوق الناتجة عن التيبس بفعل جفاف فترة الصيف، يسرع من نشاط التعرية المرتبطة

بالسيلان والتخديد، كما أن الأمطار العاصفية تحدث فيضانات فجائية تؤدي إلى جرف كمية هائلة من الرواسب ورفع حمولة الأودية بالمواد المقتلعة.

2. النظام الحراري:

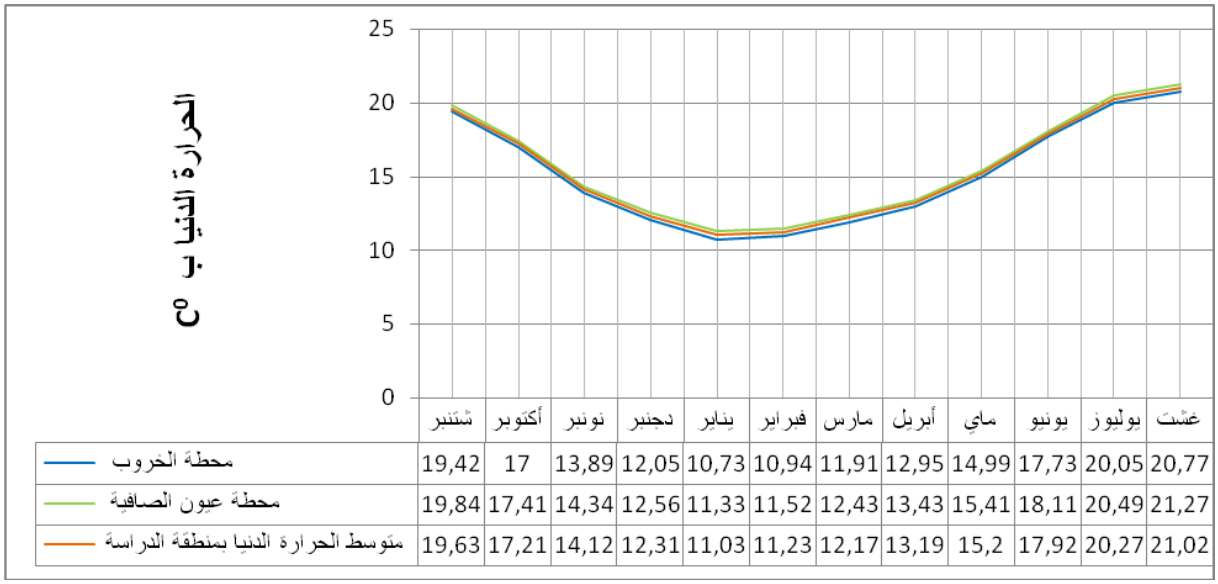
تعد الحرارة عاملا مهما ومؤثرا في دينامية السطح، تساهم في تطور التربة، وتتحكم في ظهور شقوق التيبس فوق الصخور الطينية والصلصالية، كما ترفع من درجة حرارة التربة وتؤهل السطح لكل أساليب التعرية والحركات الكتلية.

ولدراسة النظام الحراري بالمجال المدروس، اعتمدنا على معطيات موقع NASA الذي مكننا من استخراج درجات الحرارة الدنيا والقصوى معا لبعض نطاقات مجال الدراسة.

1.2. الحرارة الدنيا:

يتميز ظهير الميناء المتوسطي بشتاء معتدل، وذلك مرتبط بصفة مباشرة بتواجد المنطقة على البحر الأبيض المتوسط الذي يعمل على تلطيف الهواء عن طريق تعويض هواء اليابسة الساخن الذي يرتفع للأجواء العليا بهواء بحري بارد ورطب.

نلاحظ من خلال الشكل 9 أن منحنى الحرارة الدنيا لمحطتي الخروب وعيون الصافية، يأخذ شكلا مقعرا من فصل الخريف حتى فصل الصيف، ويتضح في الشكل تقارب قيم الحرارة الدنيا، إذ لا يتعدى الفارق بين المحطتين سوى درجتين، وهذا يدل على أن المنطقة تسودها درجة حرارة موحدة، وتبلغ متوسطات الحرارة الدنيا السنوية بهذين المحطتين إلى 15.2° بمحطة الخروب و 15.7° بمحطة عيون الصافية.



	شتنبر	أكتوبر	نونبر	دجنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	ماي	يونيو	يوليوز	غشت
محطة الخروب	19,42	17	13,89	12,05	10,73	10,94	11,91	12,95	14,99	17,73	20,05	20,77
محطة عيون الصافية	19,84	17,41	14,34	12,56	11,33	11,52	12,43	13,43	15,41	18,11	20,49	21,27
متوسط الحرارة الدنيا بمنطقة الدراسة	19,63	17,21	14,12	12,31	11,03	11,23	12,17	13,19	15,2	17,92	20,27	21,02

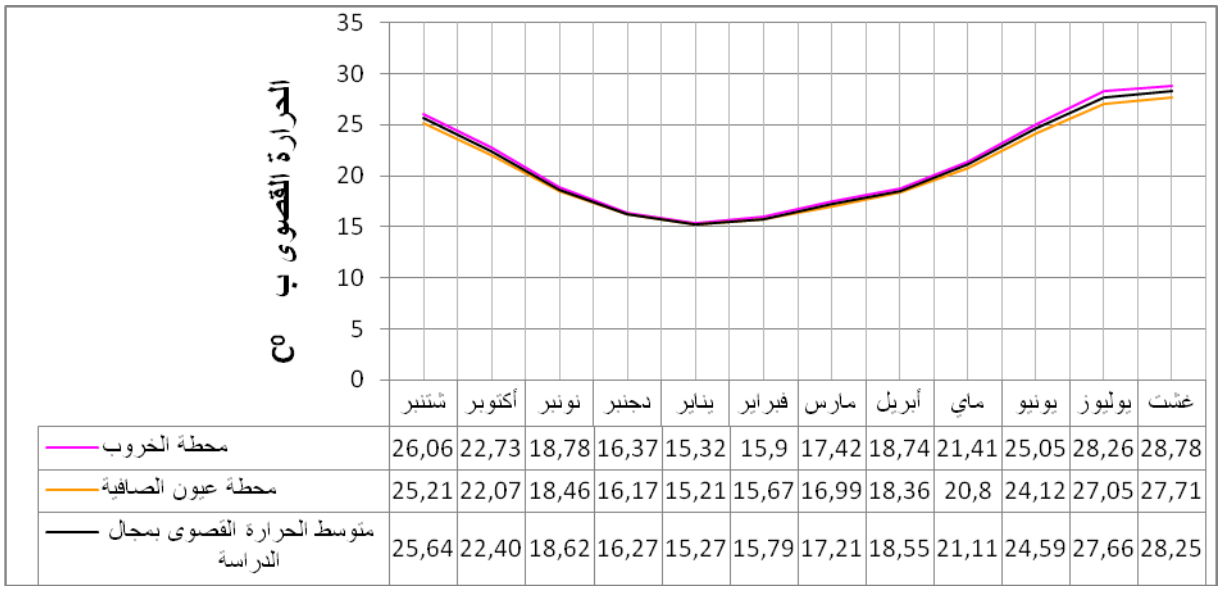
شكل9: متوسط الحرارة الدنيا بمجال الدراسة بين سنة 2008 و2018.

المصدر: موقع: https://power.larc.nasa.gov/

2.2. الحرارة العليا:

تلعب الحرارة العليا دورا كبيرا في تغيير مجموعة من العوامل الفيزيولوجية المؤثرة على التربة من جهة، وعلى التشكيلات النباتية من جهة ثانية، فارتفاعها المفرط يزيد من ظاهرة النتح التي تعرض النباتات للاجتفاف، كما تؤدي ظاهرة تبخر التربة إلى تجفيفها وتفكيك عناصرها، ويصاحب كل هذه الظواهر زيادة احتمالية اندلاع حرائق الغابات، كما تعرض الأتربة لعمليات التعرية.

تقل المتوسطات الشهرية للحرارة القصوى بظهير الميناء المتوسطي عن 16° خلال فصل الشتاء، وترتفع تدريجيا ابتداءا من شهر مارس لتصل خلال شهري يوليوز وغشت أقصى معدلاتها السنوية، حيث تصل بمحطة الخروب 28° وبمحطة عيون الصافية 27°، وبذلك يعد شهر غشت ويوليوز أحر أشهر السنة بمجال الدراسة (شكل10).



	شتنبر	أكتوبر	نونبر	دجنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	ماي	يونيو	يوليوز	غشت
محطة الخروب	26,06	22,73	18,78	16,37	15,32	15,9	17,42	18,74	21,41	25,05	28,26	28,78
محطة عيون الصافية	25,21	22,07	18,46	16,17	15,21	15,67	16,99	18,36	20,8	24,12	27,05	27,71
متوسط الحرارة القصوى بمجال الدراسة	25,64	22,40	18,62	16,27	15,27	15,79	17,21	18,55	21,11	24,59	27,66	28,25

شكل10: متوسط الحرارة القصوى بمجال الدراسة بين سنة 2008 و2018.

المصدر: موقع: https://power.larc.nasa.gov/

3. المؤشرات البيومناخية:

إن تحديد النطاقات البيومناخية يعد من بين الأدوات العلمية الأساسية في الدراسات البيومناخية والإيكولوجية، وهي أداة يعتمد عليها الباحثون في تحديد التشكيلات النباتية، وقد أنجزت عدة معادلات لتحديد النطاقات البيومناخية في المجال المتوسطي اعتمادا على الحرارة والتساقطات، حيث قدم كل من (EMBERGER L.1955) و(GAUSSEN H.1957) و(SAUVAGE CH.1963) مجموعة من التصنيفات البيومناخية بالمجال المتوسطي، فيما نجد أكثرها انتشارا وأهمية لدى الباحثين تلك المقدمة من طرف (EMBERGER L. 1955) الذي قام بمجموعة من الأبحاث لتحديد النطاقات البيومناخية في المغرب خلال الفترة الممتدة بين 1930 و1955، وهكذا عمل على إنجاز معامل (Q) في المرحلة الأولى ثم قام بتعديله رفقة مجموعة من الباحثين ليصبح (Q_2)وفق المعادلة التالية :

$$Q2 = \frac{1000 * Pa}{(\frac{M+m}{2})(M-m)}$$

بحيث: Q:الحاصل المطري لـ EMBERGER

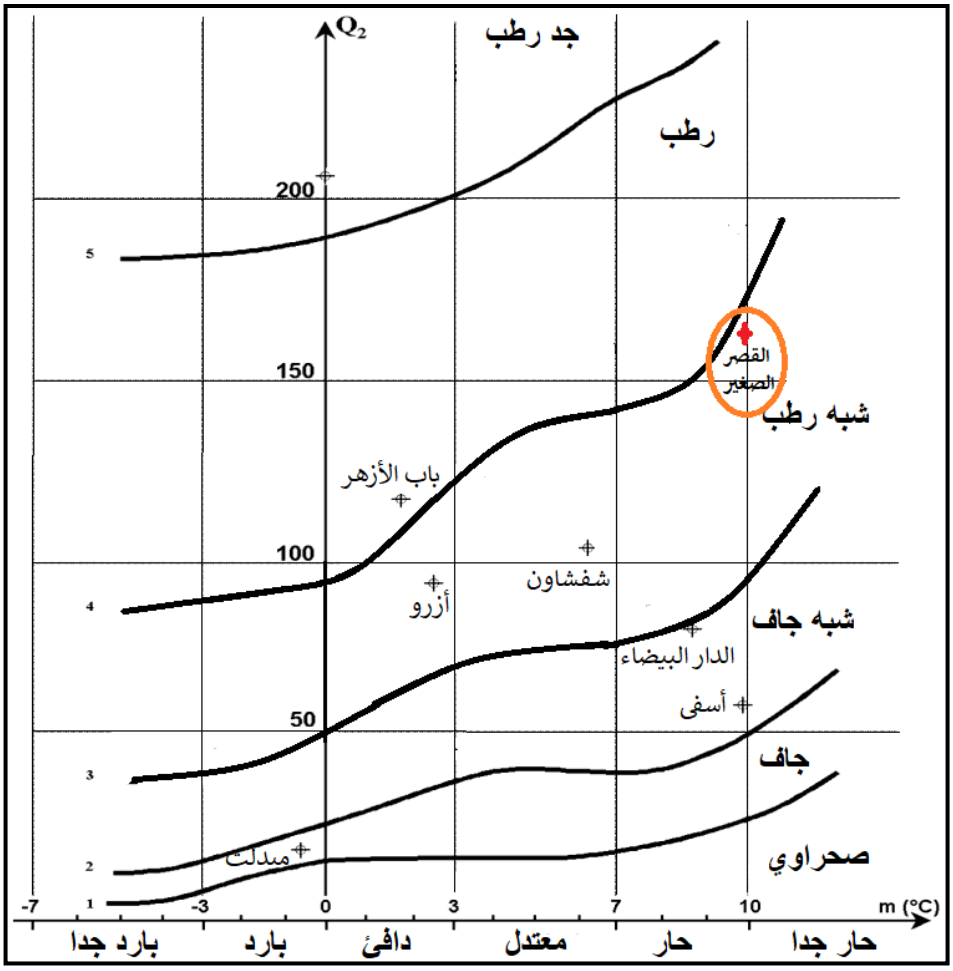
Pa : التساقطات السنوية ب ملم.

M: معدل درجة الحرارة القصوى للشهر الأكثر حرارة في السنة ب °k: °k=°c+273

m: معدل درجة الحرارة الدنيا للشهر الأكثر برودة في السنة.

$\frac{M+m}{2}$: المعدل السنوي لدرجة الحرارة.

M-m: هو الوسع الحراري أو المدى الحراري.



شكل11: موقع منطقة الدراسة على المبيان البيومناخي ل Emberger.

يتضح من خلال نتائج معامل امبيرجي أن مجال الدراسة ينتمي إلى النطاق البيومناخي الشبه الرطب (شكل11)، وهي الصفة التي تتميز بها المناطق الساحلية الشمالية في الغالب، فعلى مستوى الحرارة، سبق أن أكدنا التطابق النسبي بين نطاقات الشمال والجنوب، الشيء الذي جعل من مجال الدراسة ينتمي بكامله إلى هذا النطاق.

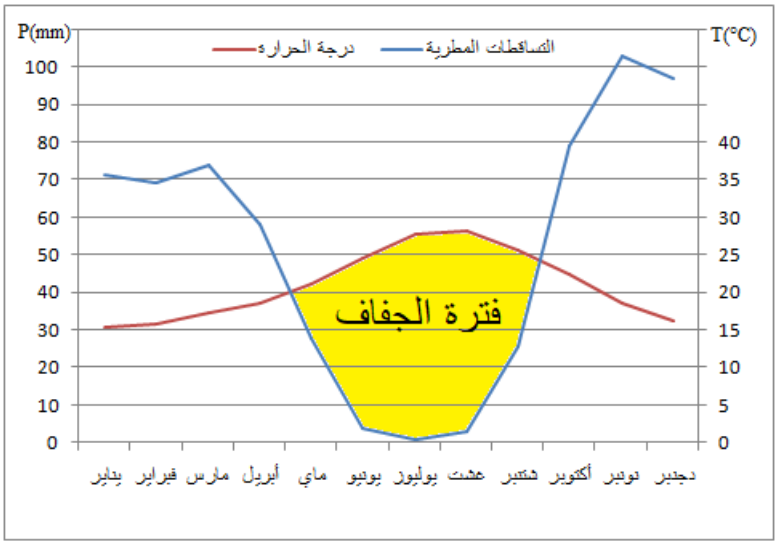
ترجع التغيرات الفصلية إلى تحركات المرتفع الآصوري وإلى التبادلات المناخية عبر المضيق الناتجة عن اختلاف الضغط والحرارة بين المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط (KARROUK M.S., 1990) ، وتعد شبه جزيرة طنجة من بين المناطق المطيرة في المغرب، حيث تتلقى خلال السنوات الممطرة ما بين 800 و1000 ملم (SOSSEY A , 2005).

كل هذه المؤثرات تتم عن طريق إعصارات متحركة تعبر المنطقة، فخلال فصل الشتاء يزحف المرتفع الأصوري ويتمركز فوق جزر الكناري، تاركا ورائه اضطرابات على طول سواحل المحيط الأطلسي حيث تعبر منطقة الدراسة، فتتلقى تساقطات مطرية عن طريق رياح غربية رطبة (FOFANA O., 2009).

أما بالنسبة للرياح فهي كذلك مرتبطة بالاضطرابات الناتجة عن عدة مؤثرات كالمرتفع الأصوري، فعندما يرتفع هذا الأخير إلى السواحل الإسبانية خلال فصل الشتاء، تتعرض المنطقة إلى رياح شمالية شرقية تكون ذات طابع قوي، بارد وجاف، وخلال الفصل الجاف، تغير الرياح اتجاهها وتزحف حسب الارتفاعات التضاريسية لسلسلة الريف (FOFANA O., 2009)، في حين، خلال شهري يوليوز وغشت، تهب على مجال الدراسة رياح الشركي التي تكون حارة وجافة ذات طابع صحراوي(SOSSEY ALAOU, 2005) .

من بين المؤشرات البيومناخية كذلك نجد المنحنى المطري الحراري الذي يساعد على تحديد فترة الجفاف، الشيء الذي يمنحنا فكرة عن نوع التشكيلات التي تستطيع العيش وفق الظروف المناخية للمنطقة.

يربط المنحنى المطري الحراري العلاقة بين درجة الحرارة وكمية التساقطات في مبيان واحد حيث يتم تحديد فترة الجفاف عن طريق تقاطع كل من منحنى التساقطات المطرية ومنحنى تغير درجة الحرارة.



شكل12: المنحنى المطري الحراري بمحطة الخروب.

وكالة الحوض المائي اللوكوس + موقع: https://power.larc.nasa.gov/

يبين المنحنى المطري الحراري (شكل12) عدد شهور فترة الجفاف التي تنعدم فيها التساقطات وترتفع درجة الحرارة حيث تبلغ في مجال الدراسة حوالي أربعة أشهر (من منتصف شهر ماي حتى منتصف شهر شتنبر)، وهي توافق بذلك ظروف عيش التشكيلات النباتية المتواجدة بالمنطقة.

4. التشكيلات النباتية لمجال الدراسة وتوزيعها وامتدادها:

كما ورد سابقا، فإن المعطيات البيومناخية تتحكم في انتشار أنواع نباتية محددة، تتلاءم مع الظروف العامة للمنطقة، فخضوعها للمناخ المتوسطي المتميز بفصلين متباينين من حيث الحرارة والتساقطات، خصصها بعنصرين محددين من النباتات:

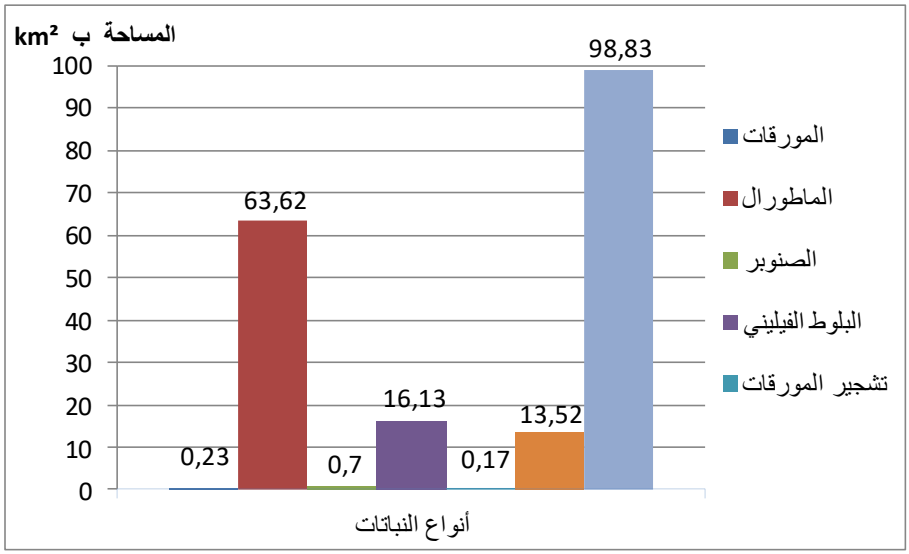
- نباتات تبدأ نموها مع بداية الموسم الفلاحي وتنتهي دورتها الإنباتية مع نهاية فصل الربيع.

- نبات جفيف (Xérophytes)يتأقلم مع الظروف المناخية الجافة لفصل الصيف.

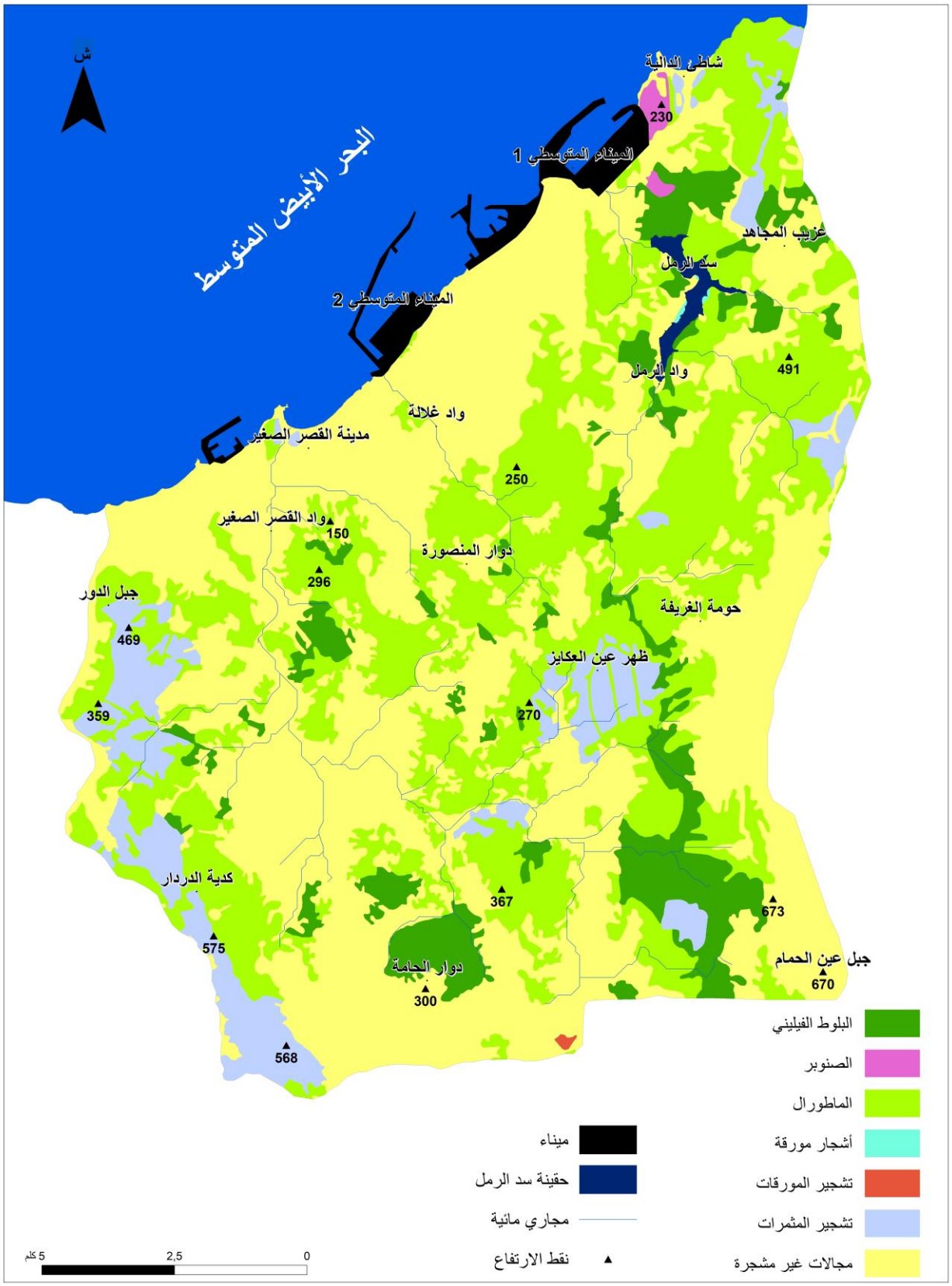
أما فيما يتعلق بالأشجار فنجد أشجار مورقة دائمة الخضرة كأشجار السنديان الفليني (البلوط الفليني)، وهو نوع له قدرة على التأقلم مع ظروف الجفاف السنوية نظرا لطبيعة أوراقه التي يكسوها طلاء يحميها من صعوبة الطقس.

بالإضافة إلى أشجار السنديان الفليني، نجد أشجار مخروطية كأشجار الصنوبر، فهي منتشرة على مجال واسع في الريف، وقد تم غرس عدد كبير منها من طرف مديرية المياه والغابات في مجال الدراسة (شكل14). يتميز هذا النوع بتحمله كذلك للظروف المناخية الصعبة وقدرته على تحمل فصل صيف جاف وحار، وفصل شتاء معتدل الحرارة.

لا يقدم المناخ المتوسطي ظروف عيش مناسبة لكل التشكيلات النباتية، فطول فصل الصيف الحار والجاف وهبوب رياح الشركي، بالإضافة إلى عدم انتظام التساقطات خلال فصل الشتاء لا يسمح بتواجد إلا النباتات ذات القدرة على تحمل هذه الظروف كما هو الحال بالنسبة للتشكيلات السالفة الذكر.



شكل 13: مدراج مساحة الأصناف الغابوية بمجال الدراسة.



المصدر: IFN

شكل 14: توزيع الأصناف الغابوية بمنطقة الدراسة.

1.4. البلوط الفليني (السنديان الفليني: Quercus Suber):

يرتبط نمو البلوط الفليني بمنطقة الدراسة لقربه من الساحل، فهو نبات يتحمل ظروف بيئية متميزة، ويتأثر سريعا بالبرودة المفرطة، حيث ينمو على قاعدة حثية للكريتاسي ذات تربة حمضية (Ph<7) بالنطاقات البيومناخية الرطبة، وينتشر بالمناطق التي تزيد فيها التساقطات عن 600 ملم أو بالقرب من المسطحات المائية نظرا لارتفاع معدل الرطوبة النسبية بها. يعتبر السنديان الفليني من الأشجار الدائمة الخضرة، نظرا لتميزه بعدم سقوط أوراقه أثناء فصل الشتاء، وكذا بلحائه الفليني السميك، ويصل طول الشجرة حوالي **15** متر (نجيم اعلوان، 2005).

ينتشر البلوط الفليني بمنطقة الدراسة على مساحة 16,1 كلم^2 وعلى ارتفاع ما بين 200 و600 متر. يعاني هذا النوع من التوسع العمراني في المناطق المخصصة لأشغال الموانئ خصوصا بالشمال الشرقي، وكذلك حرائق الغابات بالجنوب.

2.4. الأشجار المخروطية: أشجار الصنوبر

تتميز أشجار الصنوبر بقدرتها على التقلبات المناخية، فهي أشجار دائمة الخضرة تعيش أكثر من 150 سنة، تتواجد في منطقة الدراسة في أقصى الشمال الشرقي على مساحة ضعيفة تقدر بحوالي 0,6 كلم^2 وهي مساحة ضعيفة جدا بالمقارنة مع التشكيلات النباتية الأخرى.

3.4. التشكيلات النباتية القصيرة:

تنتشر التشكيلات النباتية القصيرة في المجال المتوسطي، لارتباطها بتدهور الغابات، الشيء الذي يعطي الفرصة لظهورها بشكل متنوع وهي تنقسم إلى قسمين:

1.3.4. تشكيلة الأشب maquis :

تظهر هذه التشكيلة نتيجة تدهور غابة السنديان الفليني، وتتميز بتنوع أصنافها حيث تضم شجيرات عالية تفوق 3 أمتار، وشجيرات قصيرة ثم نباتات عشبية موسمية.

ومن النباتات التي توجد بمنطقة الدراسة من هذه التشكيلة نجد القستس (Ciste) والزيتون البري والدوم.

2.3.4. تشكيلة الغيل La Garrigue:

تتواجد تشكيلة الغيل بوفرة في غابات البحر الأبيض المتوسط نظرا للطبيعة المناخية والإحيائية وكذا القاعدة التربوية الكلسية لهذه النطاقات، وهي تشكيلة لها قدرة على مقاومة الجفاف حيث تنتشر بشكل متقطع على مساحات كبيرة، وتضم عدة أنواع من النباتات كالخزامى والسحتر (le thym) والبروق والدوم.

عرفت منطقة الدراسة تراجعا كبيرا في التساقطات المطرية حيث انتقل المعدل من 1285 ملم سنة 2011 إلى 456 ملم سنة 2016، الشيء الذي أثر على الغطاء النباتي بالمنطقة وسبب في تدهوره، ولعل النهضة العمرانية التي عرفتها المنطقة وظهور العديد من المقالع، كانت سببا أيضا في تراجع الغطاء النباتي عن طريق اجتثاثه، ولولا قرب المنطقة من البحر واستفادتها من رطوبة مرتفعة لكانت نتائج تدهور الغطاء النباتي كارثية.

الفصل الثالث:

الوحدات التضاريسية والدراسة المورفومترية لظهير الميناء المتوسطي.

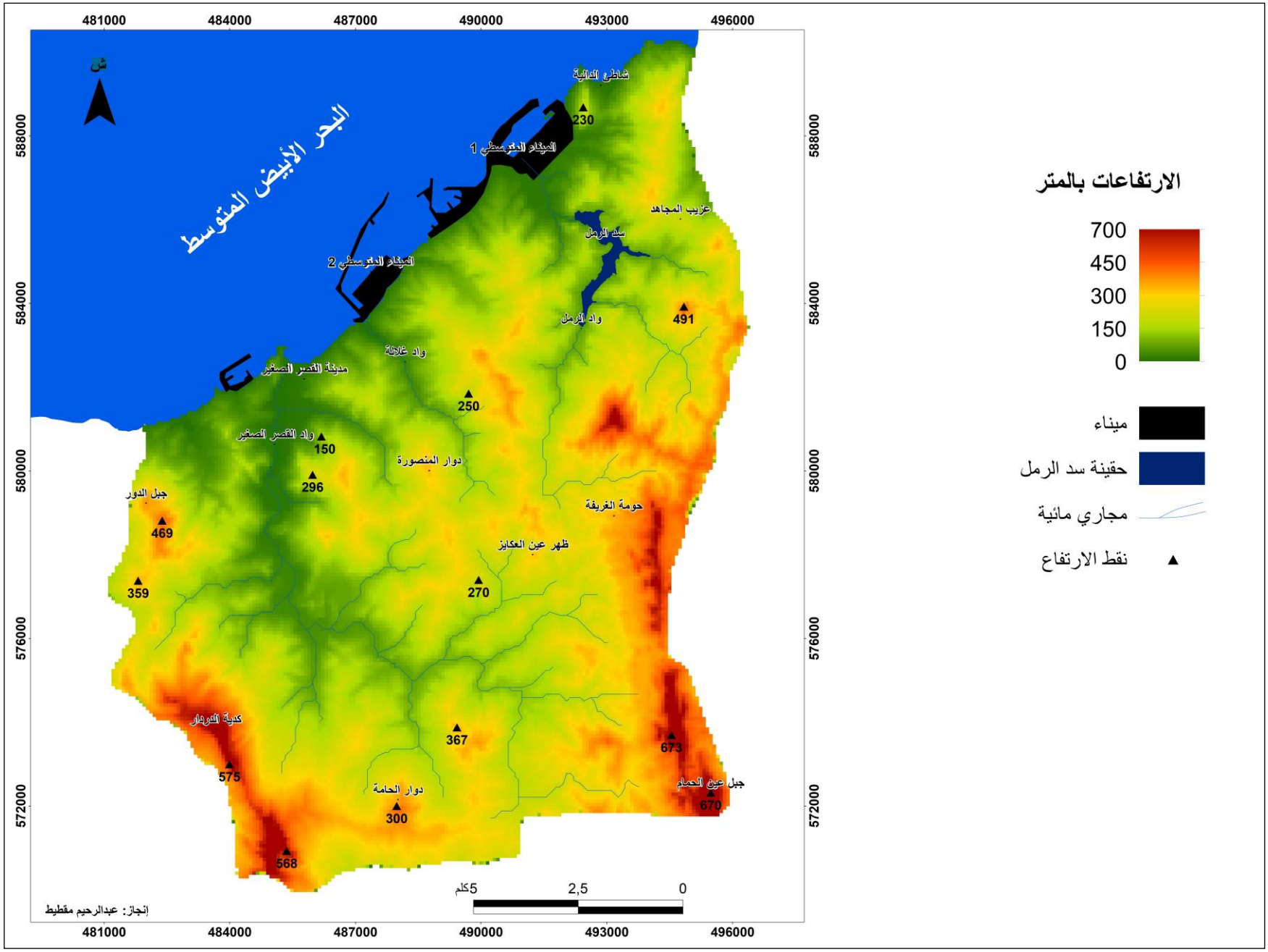
تعد دراسة التضاريس أحد المراحل الضرورية لفهم العلاقات الرابطة بين المجال وبقية العناصر الطبيعية من جهة، وبين مكونات العنصر البشري خاصة انتشار التجمعات السكنية وأنماط استغلال المجال فلاحيا واقتصاديا من جهة ثانية، ومن أجل القيام بهذه الدراسة واستخلاص العناصر التضاريسية بمنطقة الدراسة سنعتمد على الخرائط الطبوغرافية للقصر الصغير وسبتة ذات المقياس 1/25000.

يضم مجال الدراسة نسبا كبيرة من التضاريس الجبلية (حوالي 70.6% من مجال الدراسة) (جدول5)، ويعد تصنيف الجبال من الأمور الأكثر تعقيدا نظرا لوجود عدد كبير من الأنواع الجبلية، ووجود تصنيفات مختلفة لها أيضا، حيث نجد الارتفاع المطلق والارتفاعات النسبية وشكل الأعراف وتعمق الأودية واتساع الأحواض، كما أن الحكم على شكل التضاريس يمكن أن يختلف من مجال لآخر حسب طبيعة مقياس الدراسة. وقد اعتمدنا في هذه الدراسة على الارتفاعات المطلقة من أجل استخراج الأشكال التضاريسية السائدة بمجال الدراسة.

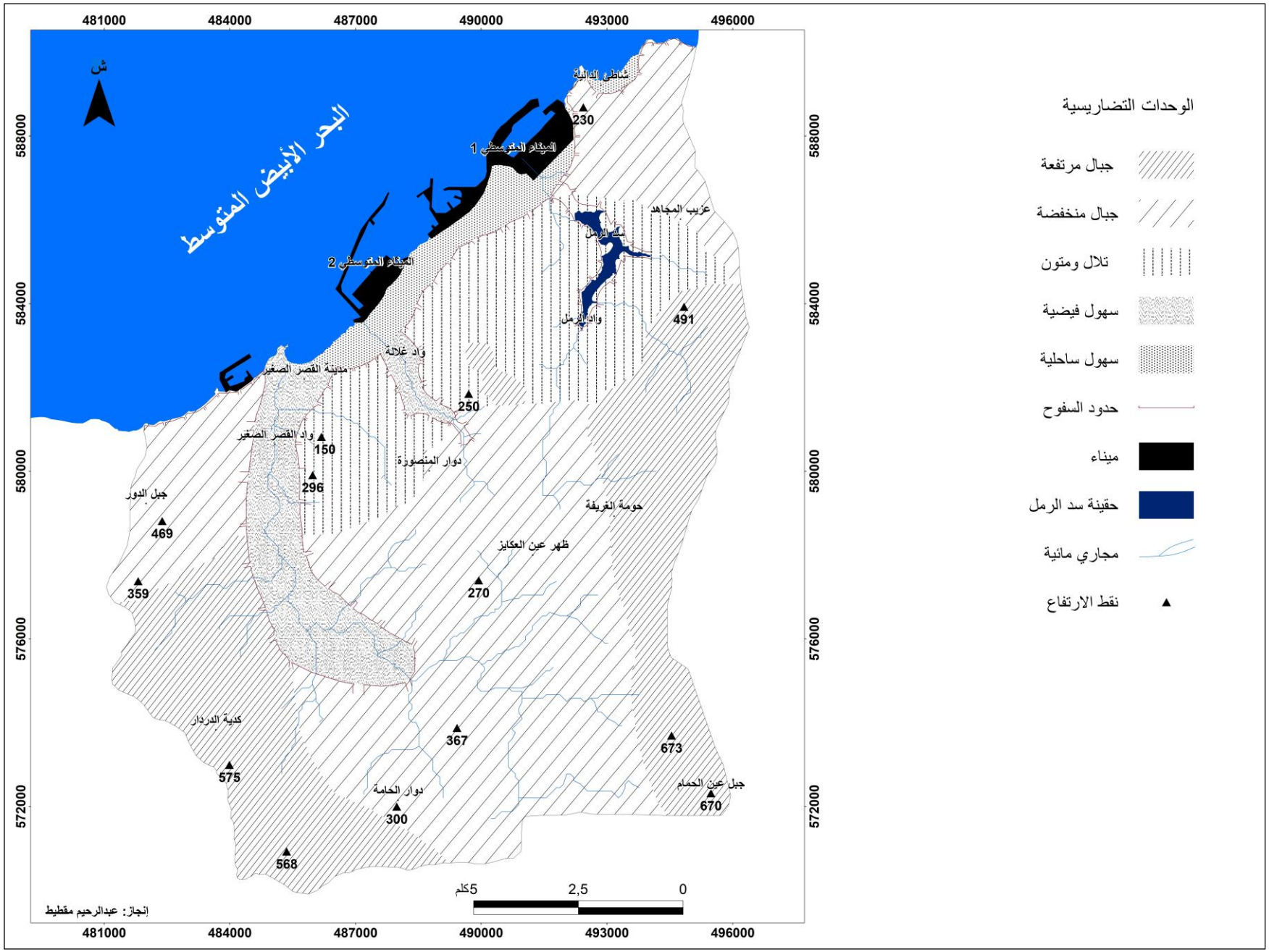
جدول5: القياسات المساحية للأشكال التضاريسية

		المساحة ب كلم^2	النسبة المئوية بالنسبة لمجال الدراسة	الكثافة السكانية[5]
الجبال	جبال مرتفعة	50.1	25.8%	73 ن/كلم^2
	جبال منخفضة	86.1	44.5%	86 ن/كلم^2
مجموع الجبال		136.2	70.3%	-
التلال		35	18.1%	125 ن/كلم^2
السهول الفيضية		14.5	7.5%	142 ن/كلم^2
السهول الساحلية		8	4.1%	530 ن/كلم^2

[5] اعتمدنا على مركز الدوار من أجل تحديد انتمائه لأي وحدة تضاريسية، مع الأخذ بعين الاعتبار مبدأ التكامل في جرد عدد السكان حسب نتائج إحصاء 2014.



شكل15: خريطة الارتفاعات التضاريسيةبمجال الدراسة. المصدر: الخريطة الطبوغرافية للقصر الصغيروسبتة (1/25000)



شكل16: خريطة مبسطة لتضاريس ظهير الميناء المتوسطي.

المصدر: الخريطة الطبوغرافية للقصر الصغير وسبتة (1/25000)

1. هيمنة المشهد الجبلي على الوحدات التضاريسية الكبرى:

تضم منطقة الدراسة مختلف الوحدات التضاريسية، بما فيها الجبال والتلال والسهول، حيث تتوزع تبعا لطبيعة الصخور وتوزيع الشبكات المائية وتوالي عمليات التعرية.

1.1. الوحدات الجبلية:

تتميز الجبال عن باقي الأشكال التضاريسية بارتفاعها الكبير وحدة قممها وتعمق أوديتها، فهي تنشأ بفعل الحركات التكتونية ونشاط التعرية، وتمثل هذه الوحدة التضاريسية الحيز الأكبر في مجال الدراسة بمساحة تصل إلى 136.2كلم^2، أي بنسبة 70.6% من مساحة المجال المدروس (جدول5).

يمكن تقسيم التضاريس الجبلية بظهير الميناء المتوسطي إلى صنفين أساسيين وهما:

- الجبال المرتفعة
- الجبال المنخفضة

1.1.1 الجبال المرتفعة

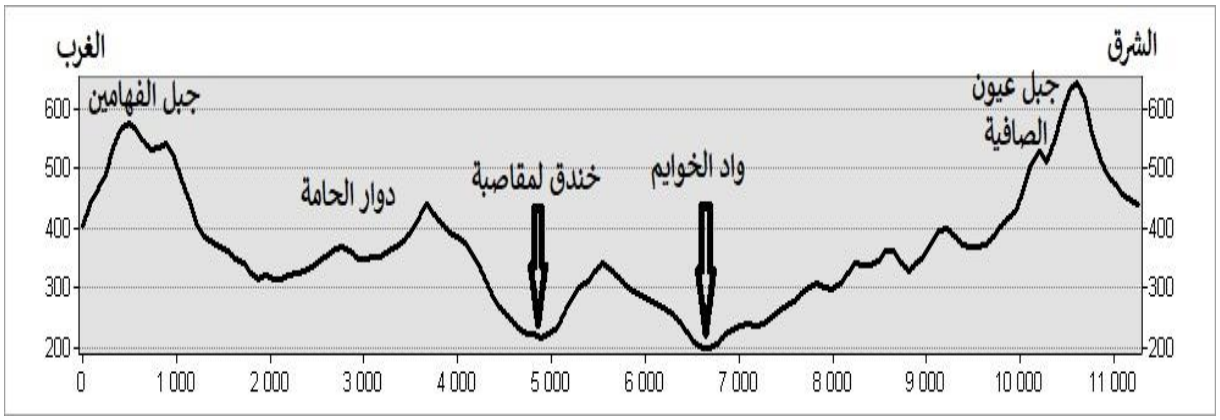
تتميز هذه الوحدة الجبلية بارتفاعات مطلقة تتراوح بين 450 و**670** م، فرغم ضعف ارتفاعاتها فإن تعمق الأودية والامتداد المحدود للمنخفضات أضفى عليها طابعا جبليا، كما تظهر قممها بصخور بارزة تعبر عن نشاط التعرية (صورة2و3)، أما سفوحها الموجهة نحو الغرب والشمال فهي مكسورة بغطاء غابوي كثيف يستفيد من الرطوبة البحرية، وتمتد هذه الجبال على26% من مساحة منطقة الدراسة. وتقدر الكثافة السكانية بها حوالي73 ن/كلم^2 (حسب إحصاء 2014).

تنتشر وحدة الجبال المرتفعة في الجنوب الشرقي من مجال الدراسة على قاعدة صخرية دولوميتية تنتمي للترياس أما في الجنوب الغربي فتوجد على قاعدة صخرية حثية تنتمي للأوليكوميوسين لوحدة الهبط، وتحتضن هذه الوحدة التضاريسية جزءا كبيرا من غابات البلوط الفليني والماطورال كذلك، فيما تقتصر ممارسة الأنشطة الزراعية بها على بعض الأجزاء السفلى من السفوح.

صورة2: جبل الحافة بالشمال الشرقي (491م). صورة3: جبل الصنيدق بالجنوب الغربي(575م).

صورة4: خندق لطاطحة بين جبل الصنيدق وكدية دردار بالجنوب الغربي.

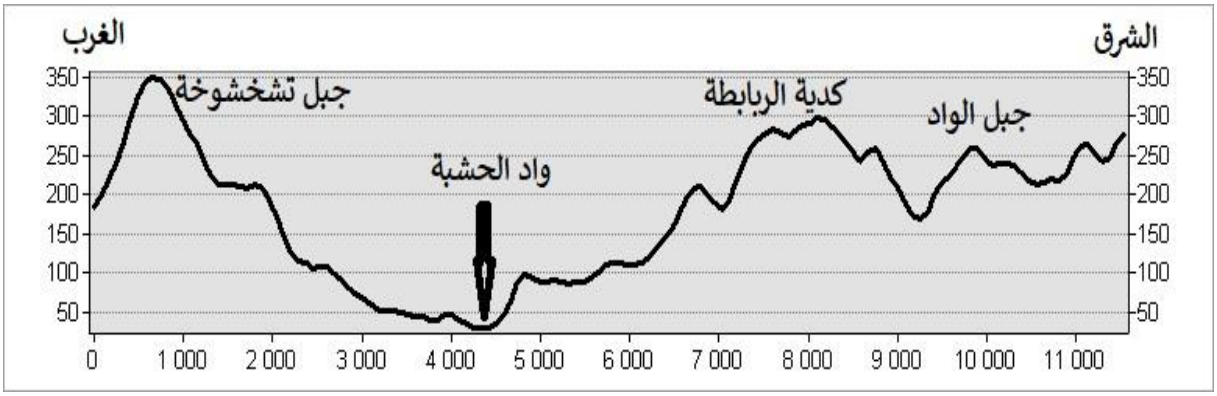
شكل17: مقطع طبوغرافي لنموذج من الجبال المرتفعة بجنوب مجال الدراسة.



2.1.1. الجبال المنخفضة:

تم تحديد الوحدة الجبلية المنخفضة(صورة5) التي تتراوح ارتفاعاتها بين 250 و450 م اعتمادا على الارتفاعات المطلقة، وتمثل هذه الوحدة الحدود الرئيسية بين المجالات الجبلية والمجالات التلية والسهلية.

شكل18: مقطع طبوغرافي لنموذج من الجبال المنخفضة.



صورة 5: نموذج للجبال المنخفضة على الضفة اليمنى لواد غلالة (جبل ظهر الخروب).

يوافق امتداد هذا النوع من التضاريس الوحدة البنيوية لبني ايدر، الشيء الذي جعلها تتميز بهيمنة للصخور الحثية والصلصالية للاوليكوسين والاوليكوميوسين. تبلغ مساحة هذه الوحدة التضاريسية86.1 كلم^2 أي ما يقارب 44.6% من مساحة مجال الدراسة، وتنتشر عليها مجموعة من

الدواوير تصل الكثافة السكانية بها حوالي86 ن/كلم^2، ونظرا لخصوصيتها الطبيعية فهي توفر ظروفا مواتية للأنشطة الفلاحية والرعوية.

2.1. التضاريس التلية بالأجزاء الشمالية للمنطقة

تظهر التضاريس التلية بأشكال مختلفة (تلال مستديرة وتلال طولية) وهي تتميز بتجزؤ للسطح، وضعف للارتفاعات النسبية والمطلقة، حيث تتراوح درجة انحداراتها بين% 10 و 15%، وتنتظم خطوط قمم هذه التلال بشكل موازي للسهول الساحلية في الشمال، إلا أن بعضها له امتداد في اتجاه المجاري المائية (واد القصر الصغير وواد غلالة). وتظهر هذه الوحدة بشكل متقطع، الشيء الذي جعل منها تقترب من المظاهر الجبلية(صورة6).

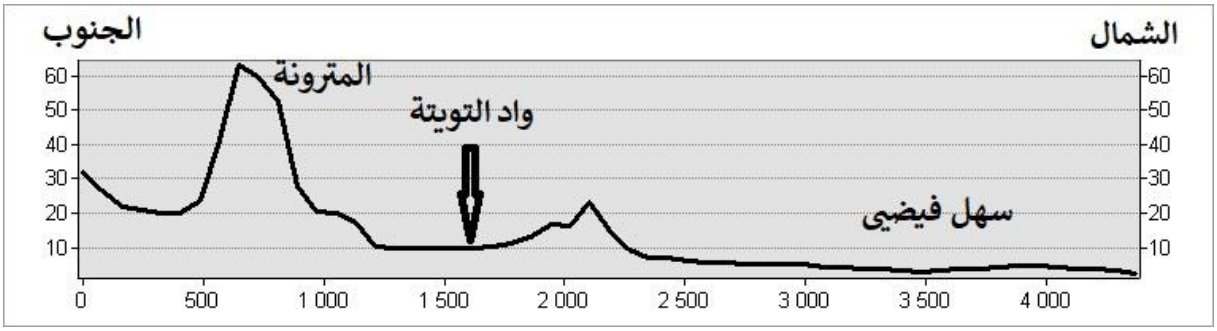
تنتمي الوحدة التضاريسية التلية بنيويا إلى ميدان الفليش وجيولوجيا إلى كريتاسي وحدة طنجة وهي مشكلة أساسا من صخور صلصالية وصلصالية شيسية ذات مقاومة ضعيفة للتعرية، تصل الكثافة السكانية بهذه الوحدة حوالي 125 ن/كلم^2، وتتمركز الدواوير فيها بالقرب من المجالات الساحلية على امتداد واد القصر الصغير.

صورة6: تضاريس تلية بالقرب من سد الرمل.

3.1. السهول الفيضية امتداد مجالي محدود:

تتكون السهول الفيضية من تراكم الإرسابات الغرينية على ضفاف الأودية حيث تقوم هذه الأخيرة بتوسيعها لتصبح سهولا تتميز بدرجات انحدار ضعيفة، كما تنتشر فوقها مظاهر تضاريسية تختلف طبوغرافيتها باختلاف الترسيب على أجزائها، فهناك مناطق تتلقى كميات كبيرة من الرواسب في حين لا يصل إلا القليل من الرواسب لمناطق أخرى، ونظرا لما تكتسبه أتربة السهول الفيضية من خصوبة فإنها تشكل مجالا مواتيا للأنشطة الزراعية(صورة7).

شكل19: مقطع طبوغرافي لنموذج من السهول الفيضية (سهل واد القصر الصغير).



صورة7: جانب من السهل الفيضي لواد القصر الصغير بالقرب من دوار فرسيوة.

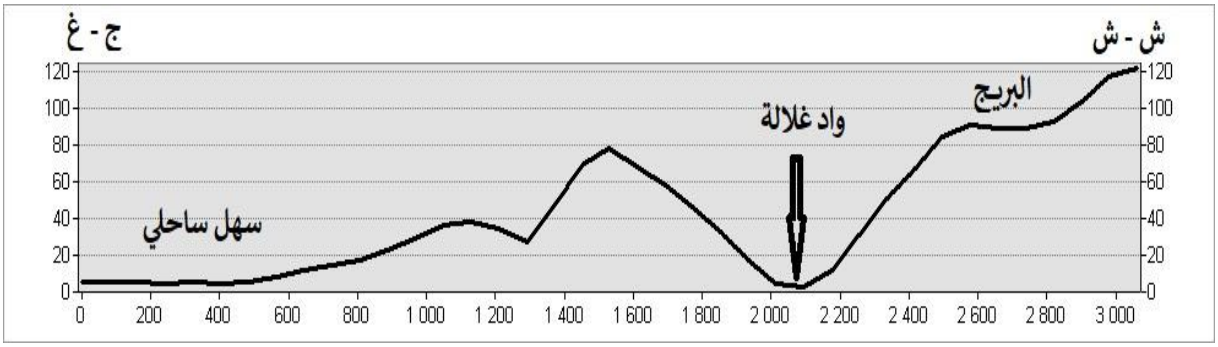
لا تتعدى مساحة السهول الفيضية بمنطقة الدراسة 14.5كلم^2 (حوالي 7.5% من المساحة العامة)، وهي تتمركز في سافلة واد القصر الصغير على بعد 9 كيلومترات من الساحل وعلى واد غلالة كذلك بنسبة ضعيفة، وتضم عددا من الدواوير وصل عدد سكانها سنة 2014، 1992 نسمة، وتقدر الكثافة السكانية بهذه الوحدة التضاريسية حوالي 142 ن/كلم^2.

4.1. السهول الساحلية، امتداد مجالي محدود وكثافة سكانية مهمة:

تمثل السهول الساحلية رقعة جغرافية تمتد على طول الساحل، تظهر بشكل مستوي رغم تزايد انحدارها كلما اقتربنا من البحر. ترتبط طبوغرافيتها بطبيعة الترسبات التي ساهمت في تكوينها (ترسبات قارية أو ساحلية (صورة8).

صورة8: جانب من السهل الساحلي بالقرب من مصب واد القصر الصغير.

شكل20: مقطع طبوغرافي لجزء من السهل الساحلي.



تمتد السهول الساحلية بمنطقة الدراسة على شكل شريط بين مدينة القصر الصغير والميناء المتوسطي1 على مساحة 8 كلم^2 أي حوالي 4.1 % من مساحة مجال الدراسة، يقطن هذا الجزء التضاريسي عدد مهم من السكان، يقدر بحوالي 4242 نسمة، وتبلغ الكثافة السكانية به 530 ن/كلم^2 وهي في تزايد مستمر نظرا لما يوفره الساحل من أنشطة اقتصادية واجتماعية وفرص للعمل (أنشطة سياحية وتجارية).

2. دراسة الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية بظهير الميناء المتوسطي:

تهدف الدراسة المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة إلى إعطاء صورة عن شكل الأحواض مع إبراز العلاقة بين خصائص كل من المورفولوجية والمورفومترية والسمات الهيدرولوجية. ولتشخيص هذه الدراسة تم الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن البعد من أجل حساب مجموعة من المعطيات المورفومترية انطلاقا من تطبيق قوانين رياضية للتحليل المورفومتري.

1.2. الخصائص المورفومترية ومتغيراتها بأحواض منطقة الدراسة:

تتعدد القياسات المورفومترية واستخداماتها في مجالات عدة؛ وأتاح توظيف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية استخلاص هذه القياسات بشكل أسرع، اعتمادا على تحليل الارتفاعات التضاريسية والانحدارات والشبكة المائية ومساحة وأبعاد الحوض. إلا أن دقة هذه القياسات يبقى رهين بدرجة وضوح الارتفاعات الرقمية للأراضي التي تعتبر قاعدة أساسية لاستخراج مجموعة من القياسات المورفومترية، وتظهر محدودية هذه الأدوات في دقة تصنيف المجاري المائية؛ وبالتالي فإن هذه القياسات المدرجة في هذا الفصل تبقى نسبية وتقريبية، تقربنا من الصورة الحقيقية لمورفومترية الحوض وشبكة التصريف فيه.

تفيد المؤشرات الشكلية للحوض في تحديد الخصائص الهيدرولوجية نظرا لارتباطها بمساحة وأبعاد الحوض.

1.1.2. الخصائص الشكلية للأحواض المائية

يؤثر شكل الحوض النهري على التصريف المائي للأودية، لهذا فاستخراج الخصائص الشكلية أمر ضروري لمعرفة طبيعة المجاري المائية بمنطقة الدراسة، والتمكن من حساب القياسات المساحية.

1.1.1.2. مساحة الحوض:

تعرف مساحة حوض التصريف على أنها مجموع المساحة التي يحدها خط تقسيم المياه ويصرفها النهر، وتحسب مساحة الحوض بعد تعيين حدود حوض التصريف (الصالح، 1992). وتعتبر مساحة الأحواض أحد العوامل الأكثر تأثيرا في كميات التصريف.

تمتد أحواض مجال الدراسة على مساحة تقدر بحوالي 145,6كلم²، مقسمة على ثلاث أحواض فرعية (جدول 6).

جدول 6: مساحة الأحواض النهرية بمجال الدراسة.

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
المساحة ب (كلم²)	**94,95**	**38,6**	**12,07**

نلاحظ أن هناك تباين واضح في حجم الأحواض الفرعية الثلاث والذي سيكون له تأثير مختلف لتصريف الجريان المائي واختلاف سرعة وصوله إلى سافلة الحوض وبالتالي فإن احتمال ظهور الفيضانات بسافلة الأحواض الفرعية الثلاث سيختلف من حوض لآخر.

2.1.1.2. الأبعاد الحوضية:

1.2.1.1.2. محيط الحوض:

يعتبر حساب محيط الحوض أمرا ضروريا نظرا لاستعمال قيمته في إيجاد باقي الخصائص المورفومترية كعرض الحوض، وطوله واستدارته ثم استطالته.

يرمز لمحيط الحوض ب P ويحسب بالكيلومتر:

جدول 7: محيط الأحواض النهرية بمجال الدراسة.

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
المحيط ب (كلم)	**47,91**	**29**	**15,6**

نلاحظ أن محيط الأحواض الفرعية يتغير من حوض لآخر مما يدل على عدم تجانس الأحواض الفرعية من حيث خصائص الشكل والحجم، وتميل الأحواض الفرعية نحو الاستدارة كلما كبرت مساحتها.

2.2.1.1.2. طول الحوض:

هناك طريقتين لحساب طول الحوض (يرمز له بحرف (L) ويحسب بالكيلومتر)، فالطريقة الأولى حسب (SCHUMM. S.A, 1956) هو خط يمتد بين نقطة مصب النهر حتى أعلى نقطة في منطقة تقسيم المياه باتجاه المنبع، أما الطريقة الثانية فهي لـ (MAXWELL) حيث يحدد طول الحوض من خلال قياس طول خط موازي للقناة المائية الرئيسية من المصب إلى المنبع.

في دراستنا تم الاعتماد على طريقة (MAXWELL) باعتبارها الأكثر شيوعا واستخداما من طرف الباحثين. وقد بلغ طول الأحواض كالتالي:

جدول8: طول الأحواض النهرية بمجال الدراسة.

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
الطول ب (كلم)	**18,78**	**15**	**6,3**

على الرغم من اختلاف مساحة ومحيط الأحواض الفرعية إلا أن هناك تقارب كبير في طول حوضي قصر الصغير والرمل، وهذا الاختلاف سيؤثر على كمية الصبيب المتجمع في المجرى الرئيسي واحتمال حدوث فيضانات في سافلة الأحواض الفرعية. ويزيد من هذا التأثير عرض الحوض واستطالته.

3.2.1.1.2. عرض الحوض:

يمكن عرض الحوض من تحديد شكل الحوض النهري الذي يؤثر بدوره على حجم التصريف النهري وعلى حجم أخطار السيول والفيضانات.

يحسب عرض الحوض وفق العلاقة التالية[6]:

$$Bw = \frac{A\ (km^2)}{L\ (km)}$$

بحيث:

B_w: عرض الحوض المائي

A: مساحة الحوض المائي (كلم^2)

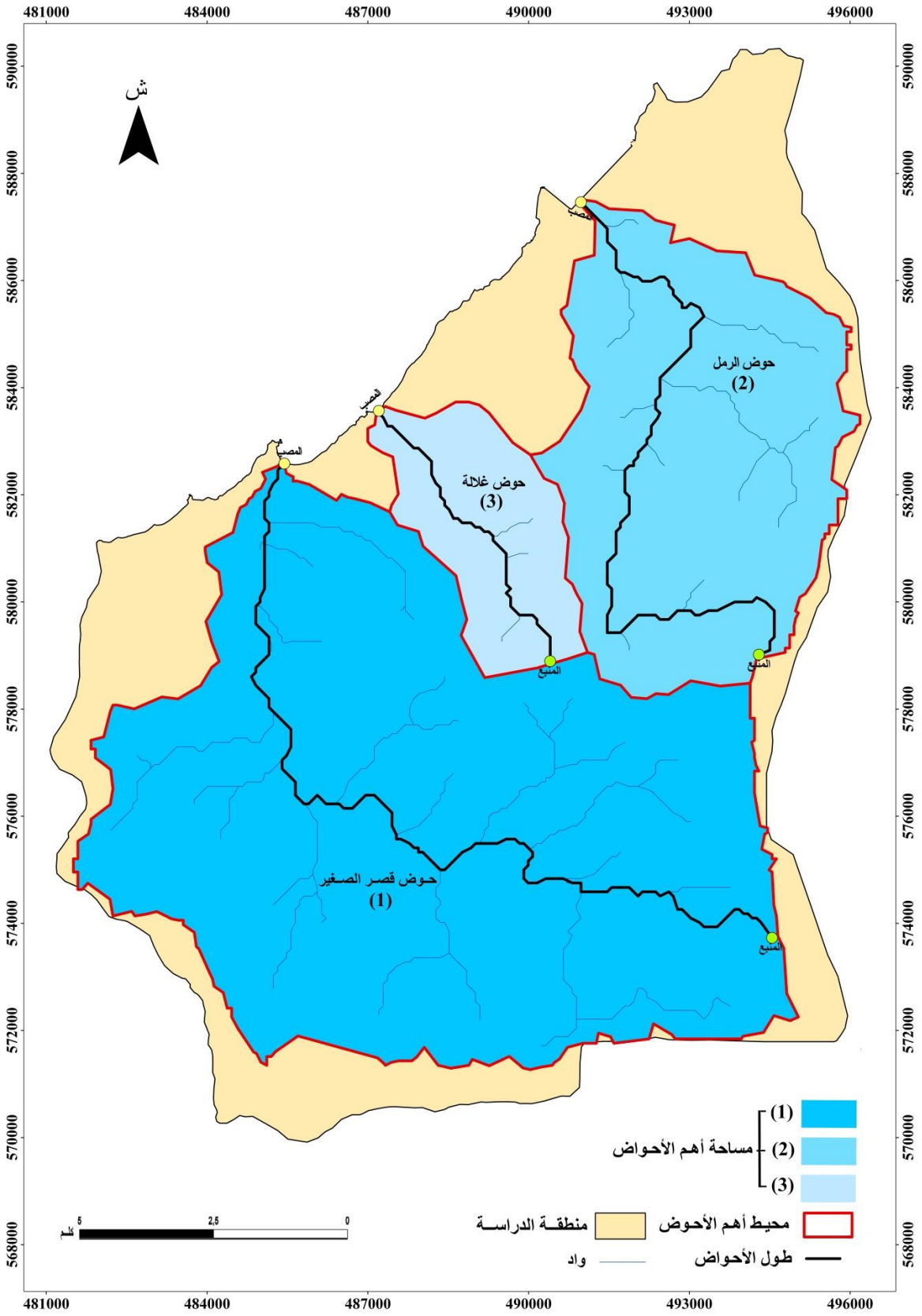
L: أقصى طول للحوض المائي (كلم).

ونحصل على النتائج التالية:

جدول 9: عرض الأحواض النهرية بمجال الدراسة.

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
العرض ب (كلم)	**5.05**	**2.58**	**1.91**

[6] Gregory, k.J. and D.E. Walling, (1973): Drainage Basin Form and Process, A Gemorphological Approach, Edward Arlond, London.



شكل 21: خريطة أهم الأحواض الهيدرولوجية بمجال الدراسة.

بعد تحليل عرض الأحواض الفرعية تبين أن قيمة عرض الحوض ترتبط ارتباطا وثيقا مع مساحته، حيث يزداد عرض الأحواض ذات المساحة الكبيرة ويقل في الأحواض الفرعية الصغيرة، مما يحيل على تصريف خاص ومميز؛ فضعف عرض الحوض وزيادة استطالته غالبا ما يوافقه انحدارات قوية ويسمح بتجمع مياه التساقطات بشكل أسرع في المجرى الرئيسي، مما يزيد من احتمال حدوث فيضانات فجائية بسافلة الحوض، وغالبا ما تكون فيضانات قوية وعلى مساحة ضيقة، الشيء الذي سيعمل على الرفع من قوة الحفر العمودي بهذا الحوض (حوض غلالة)، ويمكن أن يساعد هذا في تفسير قوة الانحدار وضعف اتساع الحوض، بينما حوض القصر الصغير فإنه الحوض الأكبر ضمن هذه الأحواض الفرعية الثلاث ويتميز بعرض كبير، وقد يتناسب هذا مع الطبيعة الصخرية لهذا الحوض حيث تهمن الصخور الهشة.

إن اتساع الحوض يجعل مياه الأمطار تصل إلى المصب متأخرة رغم كميتها الكبيرة، إلا أن قوتها تقل بفعل ضعف الانحدار ويبقى تأثير الفيضانات فيها تأثيرا ضئيلا.

2.1.2. شكل الحوض:

1.2.1.2. معامل الشكل:

يرمز لمعامل الشكل بالرمز (F) وهو مؤشر يعطي فكرة عن مدى تناسق الشكل العام لأجزاء الحوض المختلفة، فكلما قل هذا المعامل دل ذلك على عدم التناسق والانتظام والعكس صحيح (المشاط، 1995).

ويتم حساب معامل شكل الحوض حسب الصيغة الرياضية التالية[7]:

$$F = \frac{\mathrm{A\ (km^2)}}{\mathrm{L^2\ (km^2)}}$$

[7] –Horton, R. E. (1932). Drainage Basin characteristics. Trans. Am. Geophys. Unions • p. 50- 63.

بحيث:

F: معامل شكل الحوض.

A: مساحة الحوض المائي (كلم^2)

L^2: مربع أقصى طول الحوض المائي (كلم^2).

وتم الحصول على النتائج التالية:

جدول 10: معامل شكل الأحواض النهرية بمجال الدراسة.

الأحواض	قصر الصغير	الرمل	غلالة
معامل الشكل	**0,26**	**0,17**	**0,30**

انطلاقا من معطيات الجدول أعلاه، يلاحظ أن نتيجة معامل الشكل لكل أحواض منطقة الدراسة أصغر من 1 وهذا يدل على عدم تناسق وانتظام الشكل العام لأجزائها حيث يقارب شكلها من المستطيل بسبب امتدادها الطولي، مما لا يساعد على وصول مياه الجريان السطحي ومياه السيول بسرعة إلى مصب الحوض، وبالتالي يعطي فرصة لزيادة كمية تبخر وتسرب المياه.

2.2.1.2. استدارة الحوض:

يفيد هذا المؤشر في قياس مدى تماثل شكل الحوض مع شكل دائري، ويمكن حساب هذا المؤشر من خلال قسمة مساحة الحوض على مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه، فكلما اقتربت قيمة معامل الاستدارة من الرقم 1، دل ذلك على اقتراب شكل الحوض من الاستدارة، أما إذا اقتربت القيمة من 0 دل ذلك على قلة الاستدارة وعدم انتظام الحوض، وقد أشار (PARETA. K& PARETA. 2011 U,) إلى أن ارتفاع قيمة معامل الاستدارة يكون دالا على نفاذية عالية ووجود تكوينات جيولوجية متجانسة.

يمكن حساب معامل استدارة الحوض باستعمال معادلتين:

حسب(STRAHLER. A.N, 1958) يمكن حساب معامل الاستدارة بتطبيق المعادلة التالية:

$$R_L = A/P_a$$

حيث: A: مساحة الحوض.

P_a: مساحة دائرة لها نفس طول محيط الحوض.

أما المعادلة الثانية فهي من صياغة (MILLER. V.C, 1953) كالتالي :

$$C = 4\pi \times \frac{A}{P^2}$$

حيث: A: مساحة الحوض.

P: محيط الحوض.

وقد تم تطبيق معادلة (MILLER. V.C, 1953) وكانت النتائج كالتالي :

جدول 11: معامل الاستدارة لكل حوض

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
معامل الاستدارة	**0,51**	**0,57**	**0,62**

تدل النتائج المحصل عليها (جدول 11) على أن كل الأحواض لا تميل بشكل كبير للاستدارة نظرا لابتعادها نسبيا عن الصفر، إذ كلما اقترب معامل الاستدارة من الصفر إلا وكان الحوض مستديرا.

وعلى العموم فإن قيمة استدارة الحوض مرتبة على التوالي في ارتباط وثيق بمساحة الحوض، إذ نلاحظ أن الأحواض الكبيرة تميل شيئا ما إلى الاستدارة والأحواض الفرعية الصغيرة تميل إلى الاستطالة، وهذا راجع إلى طبيعة الدينامية النهرية بهذه الأحواض والاختلاف في الطبيعة الصخرية، حيث أن الأحواض

الفرعية الصغيرة تعرف دينامية تعرية وحفر حاد نحو العالية وتعمق للمجرى المائي؛ بينما يحيل شكل حوض القصر الصغير والذي يعتبر أكبر حوض فرعي بمجال الدراسة إلى دينامية تعرية سطحية وذات أشكال مختلفة.

3.2.1.2. نسبة الاستطالة:

تعرف نسبة الاستطالة بكونها مقارنة بين مساحة الحوض وشكل مستطيل، وهي من المؤشرات التي يتم بها تحديد أشكال الأحواض المائية، حيث يتم حسابها بقسمة قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض على أقصى طول للحوض (معراج نواب مرزا ومحمد سعيد البارودي، 2005)، فكلما اقتربت القيمة من الصفر، دل ذلك على استطالة الحوض، والعكس صحيح (SCHUMM. S.A, 1956).

ولحساب هذا المعامل تم تطبيق المعادلة التالية:

$$RE = \frac{2 \times \sqrt{A_b}}{Lb}$$

حيث: A: مساحة الحوض.

Lb: أقصى طول للحوض.

جدول 12: معامل الاستطالة لكل حوض

الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
معامل الاستطالة	**0,61**	**0,46**	**0,62**

تعبر قيم معامل الاستطالة عن استطالة الحوض المائي، فهي تؤثر على جريان المياه وعلى وصوله إلى المصب نظرا لزيادة المسافة التي يقطعها السيل، كما توافق نتائجها ما تم التوصل إليه في القيم المحسوبة لكل من معاملي الشكل والاستدارة.

2.2. الخصائص المورفومترية للشبكة المائية:

تعبر الخصائص المورفومترية لشبكة مائية عن نظام شبكة التصريف، والتي يقصد بها مجموع روافد الأودية التي تكون أحواض التصريف.

تتوزع المجاري المائية بأحواض منطقة الدراسة الثلاثة على شكل رتب مثلها مثل جميع أحواض التصريف، حيث تبدأ بالروافد الصغيرة التي تلتقي مع بعضها لتكون الرتبة الثانية وتستمر على هذا النحو حتى تصل إلى الرتبة السادسة، حسب مصدر البيانات المتمثل في نموذج الارتفاعات الرقمية (MNT).

تعد مرحلة رسم شبكة التصريف المائية للأحواض أهم مرحلة في بناء قاعدة البيانات، لكونها تحدد تصنيف الروافد إلى رتب متتالية.

تندرج المتغيرات المورفومترية لخصائص الشبكة المائية في العناصر التالية:

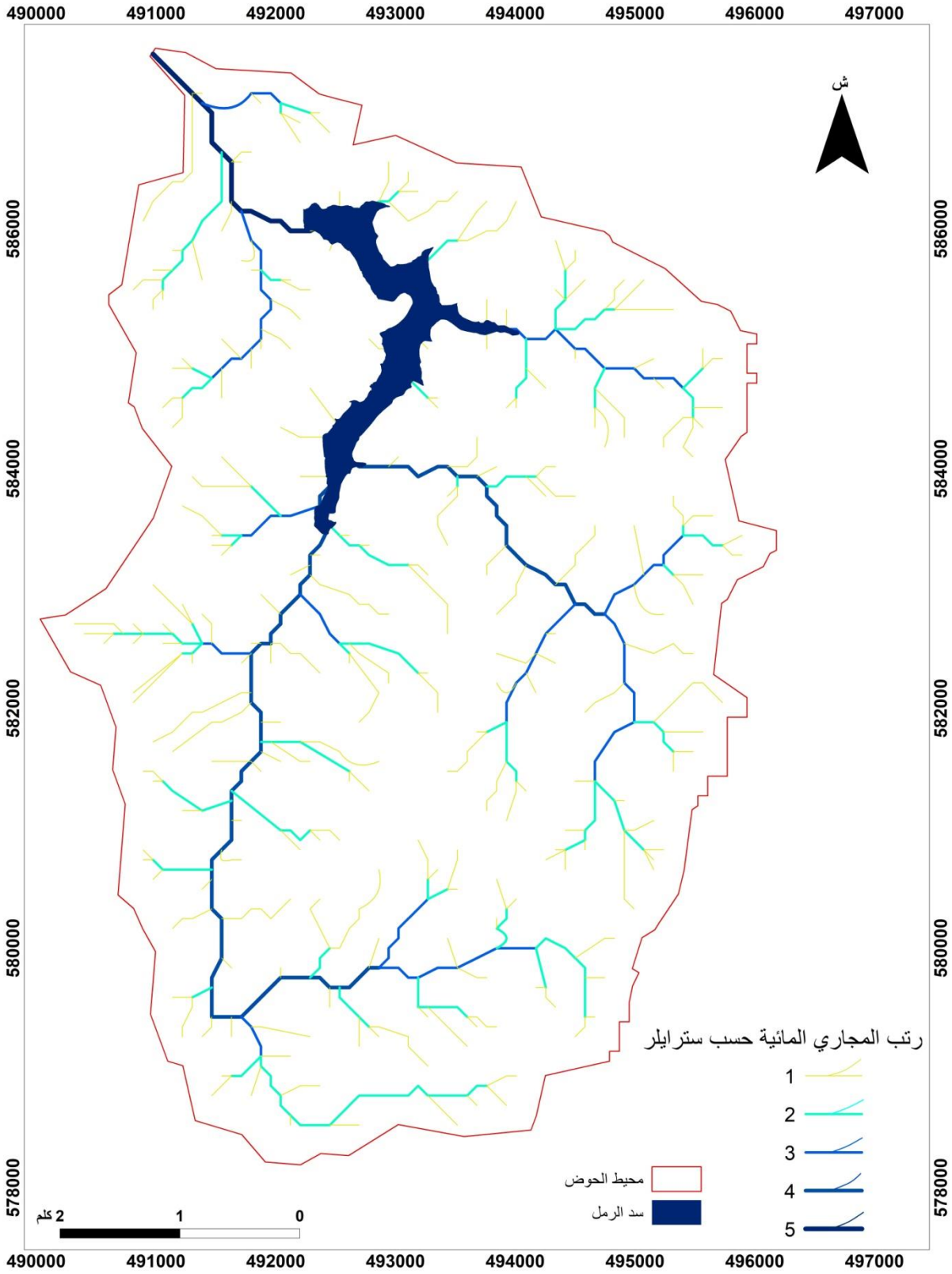
1.2.2. رتبة المجاري (Stream order):

إن دراسة أعداد المجاري ورتبها داخل كل حوض تعد ركيزة أساسية لتحليل وتصنيف شبكة المجاري المائية، فهي تعطي فكرة عن الجيومورفلوجيا التي يمر بها الحوض النهري.

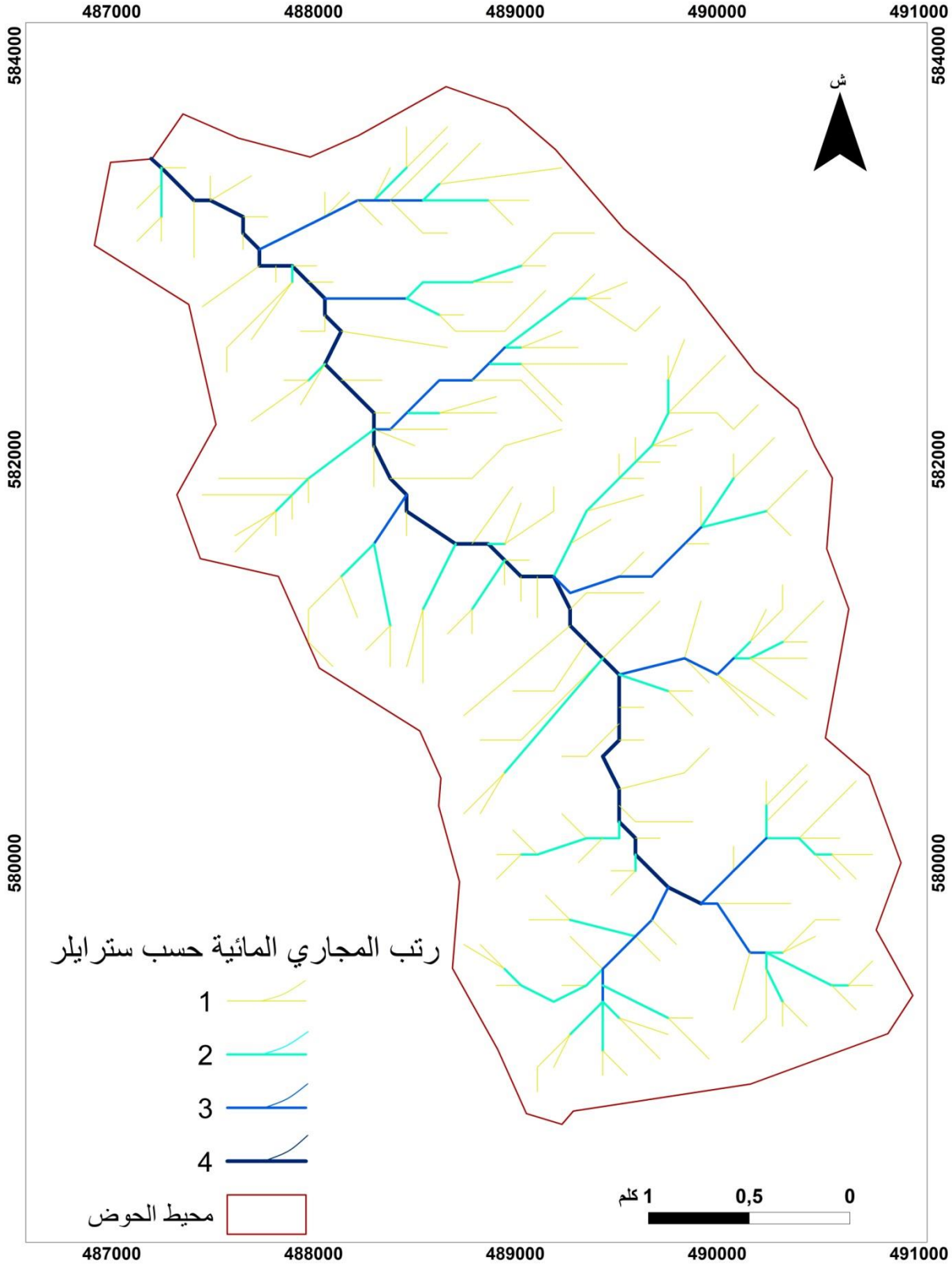
اعتمدنا في دراسة رتب المجاري وإعدادها على طريقة (سترايلر: Strahler) نظرا لشساعة استخدامها وشهرتها في تصنيف الروافد، كما أنها تستخدم في نظم المعلومات الجغرافية لسهولتها ومرونتها أثناء عملية التصنيف عند رسم شبكة التصريف المائية.

جدول 13: عدد الرتب في كل حوض بمجال الدراسة.

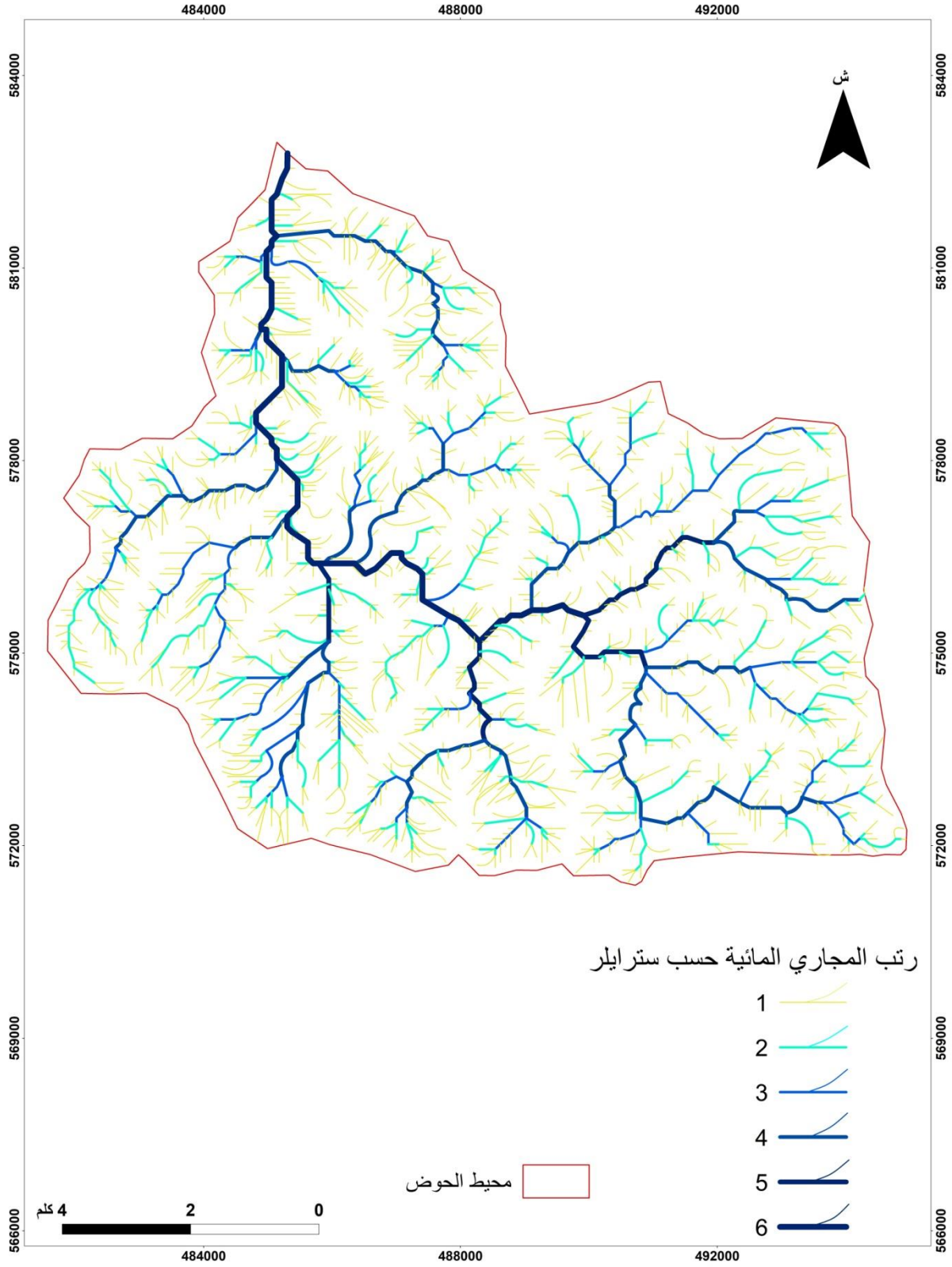
الحوض	عدد الراتب
حوض واد الرمل	5
حوض واد غلالة	4
حوض القصر الصغير	6



شكل 22: خريطة الشبكة المائية لحوض واد الرمل.



شكل 23: خريطة الشبكة المائية لحوض واد غلالة.



شكل 24: خريطة الشبكة المائية لحوض واد قصر الصغير.

تعد دقة البيانات المعتمدة في رسم الشبكة المائية ودرجة الوضوح المكاني لتلك البيانات أمرا ضروريا في جودة الرسم، لهذا اعتمدنا في دراستنا على نموذج رقمي للارتفاعات (MNT) عالي الدقة والذي تم إنجازه انطلاقا من خرائط طبوغرافية ذات مقياس 1/25000، لنتمكن من إظهار روافد الرتبة الأولى التي تعتبر من أكثر الرتب تأثرا بالوضوح المكاني.

توضح الخرائط أعلاه شبكة التصريف المائي للأحواض الثلاثة، (حسب ترتيب ستراىلر) والتي تم استخراجها من نموذج الارتفاعات الرقمية.

2.2.2. عدد المجاري حسب الرتب (Stream numbers):

تمكن نظم المعلومات الجغرافية من تنظيم بيانات القاعدة على شكل جداول مفهرسة ومصنفة حسب الرتب وعدد المجاري وأطوالها في كل رتبة، مما يسهل معرفة أعدادها وأطوالها.

جدول14: عدد المجاري حسب كل رتبة بالأحواض المائية الثلاث.

الرتب / الأحواض	عدد المجاري					
	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
واد الرمل	170	47	12	2	1	-
واد غلالة	385	81	18	1	-	-
واد القصر الصغير	2971	536	110	27	10	1

تبين النتائج أن ما يقارب 95% من إجمالي عدد الروافد في الأحواض الثلاث تضم الرتبة 1و2، وهذا ما يتناسب مع قانون هورتونHorton، حيث أن أعداد المجاري تتناقص كلما زادت قيمة الرتبة، مكونة بذلك متتالية هندسية معكوسة، (HORTON. R.E,1945) ، كما تدل على تطور الحوض من حيث دورته الحتية وصولا إلى مرحلة النضج.

أكدت الدراسة التجريبية التي قام بها (FLINT. J.J, 1973) أن معدلات زيادة أعداد المجاري تكون ثابتة وفق متتالية هندسية في المرحلة الأولى من نمو شبكات المجاري، فتتراجع هذه المعدلات في مراحل متقدمة تمثلها مرحلة الهرم، حيث تقل أعداد المجاري المائية المضافة إلى الشبكة النهرية لتصل معدلات الزيادة إلى حدها الأدنى، هذا إن لم تتجدد دورته الحثية لأسباب مناخية أو بنائية (FLINT. J. J, 1973).

يتسبب النحت المستمر للمجاري المائية في جميع رتبها من زيادة المساحة الحوضية، حيث تزداد فعاليته مع تزايد أعداد المجاري الدنيا (1 و2)، وهذا ما لوحظ في عدد مجاري الرتبة الأولى والثانية لشبكة تصريف حوض واد القصر الصغير، أما حوض واد الرمل فيلاحظ عدد قليل من المجاري المائية بالنسبة للرتب 1 و2، وذلك راجع للركيزة الصخرية لهذا النطاق المتمثلة في صخور شديدة الصلابة.

3.2.2. نسبة تشعب المجاري المائية:

ترتبط نسبة تشعب المجاري المائية بالزمن اللازم لوصول السيول إلى مصباتها، فكلما زاد معدل التشعب ارتفع زمن وصول المياه إلى نقطة مصب الحوض والعكس صحيح، وقد اعتبرها هورتونHORTON مؤشرا على تضرس الأحواض ومدى تقطع الحوض بمجاري الشبكة المائية (HORTON. R.E, 1932).

يمكن حساب نسبة التشعب باستعمال المعادلة الرياضية التالية[8]:

$$R_b = \frac{N_4}{N_4+1}$$

بحيث: R_b: نسبة التشعب.

N_4: عدد مجاري رتبة ما.

N_{4+1}: عدد مجاري الرتبة التي تليها.

يتم تطبيق المعادلة (نسبة التشعب) على كل رتب الأحواض الثلاث باستثناء الرتبة الأخيرة التي لا تليها رتبة أخرى.

[8] –Horton, R. E. (1932). Drainage Basin characteristics. Trans. Am. Geophys. Unions • p. 350- 361.

جدول15: نسبة التشعب لكل حوض

الرتب / الأحواض	نسبة التشعب ب %				
	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
واد الرمل	3.61	3.91	6	2	-
واد غلالة	4.75	4.76	18	-	-
واد القصر الصغير	5,54	4,87	4,07	2,7	10

تتأثر نسبة التشعب بالبنية والتركيب الجيولوجي والظروف المناخية، فإذا كانت قيمة هذه النسبة مرتفعة فهذا يعكس عدم نفاذية الصخور، في حين إذا ما اقتربت نسبة التشعب بين المجاري مراتب الحوض (3 و4)، فذاك يدل على تشابه الحوض مناخيا وبنيويا، وكلما زادت نسبة التشعب كلما زادت معها خطر السيول عقب سقوط الأمطار بكثافة في منطقة التجميع العليا، وإذا قلت هذه النسبة زادت كمية التصريف كما أوضح ذلك كل من (HORTON. R.E, 1932) و (STRAHLER. A.N, 1958).

تتميز نسبة التشعب في الأحواض الثلاثة لمنطقة الدراسة بارتفاعها وهذا يرجع إلى:

- تكون الأحواض من نوع صخري واحد (الصخور الرسوبية) ضعيفة المقاومة.
- طبيعة خصائص السيول المتميزة بسرعتها وشدة غزارتها عند تساقط الأمطار خاصة في الجزء العلوي للأحواض.

4.2.2. كثافة التصريف (Drainage Density)

تعتبر كثافة التصريف من أهم مقاييس الشبكة المائية، إذ تحسب من خلال مجموع أطوال المجاري في مختلف الرتب على مساحة الحوض.

$$D_d = \frac{\Sigma L_{u(km)}}{A_u\ (km^2)}$$

بحيث : D_d: كثافة التصريف

ΣL_u(km): مجموع أطوال المجاري في الحوض المائي ب(كلم).

A_u(km²): مساحة الحوض الكلية (كلم²).

تهدف كثافة التصريف إلى معرفة مدى تقطع السطح بالمجاري المائية، حيث تعكس تأثير العوامل المسيطرة على الجريان المائي مثل العوامل المناخية كالتساقطات والغطاء النباتي ونوع الصخور ثم التضاريس.

جدول 16: كثافة التصريف لكل حوض

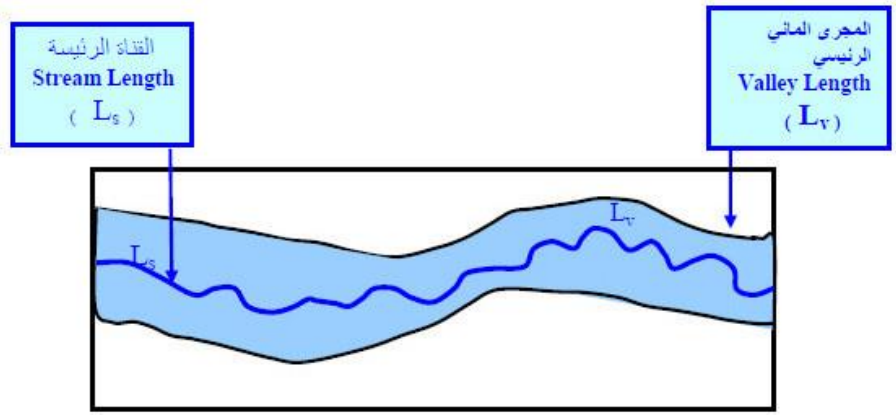
الأحواض	القصر الصغير	الرمل	غلالة
قيمة كثافة التصريف (كلم/كلم²)	9,92	9,32	10,14

يتضح من خلال الجدول أن مقداركثافة التصريف في واد الرمل مثلا (9,32) وهذا يعني أن لكل 9,32 كلم من أطوال مجاري، شبكة تصريف تحتل مساحة تقدر ب 1 كلم² من المساحة الإجمالية للحوض.

تدل القيمة المرتفعة لكثافة التصريف المسجلة بمنطقة الدراسة على تصريف جيد في كل أحواض المنطقة، ويرتبط ذلك بطبيعة التكوينات الصخرية. فالصخور الرسوبية تتميز بتباعد الجداول حيث ينعكس ذلك على الكثافة التصريفية فتنخفض بسبب نفاذية تلك الصخور وكثرة الشقوق والفواصل بينها مما تعمل على تسرب المياه داخلها فتعيق تطور الجريان السطحي للمياه وبالتالي ينعكس ذلك على تطور شبكة المجاري (STRAHLER. A.N,1958).

5.2.2. معامل تعرج النهر

يتم حسابه عن طريق قسمة طول الحوض المائي (كلم) على طول المجرى المائي الرئيسي (كلم) (شكل رقم).



شكل25: المجري المائي الرئيسي. المصدر:(Gregory, K. J. and Walling , D.E. (1973) بتصرف)

ويتم اشتقاقه وفق المعادلة الرياضية التالية[9]:

$$S = \frac{L_S}{L_V}$$

بحيث: S : معامل التعرج النهري.

L_s : طول القناة الرئيسية (كلم)

L_v: طول المجرة المائي الرئيسي وهو يمثل طول الحوض (كلم).

جدول 17: معامل التعرج النهري لأحواض منطقة الدراسة.

اسم الحوض	Ls (km)	Lv(km)	S معامل التعرج النهري
واد الرمل	14,79	15	0,98
واد غلالة	5,25	6,3	0,83
واد القصر الصغير	14,92	18,78	0,8

[9] – Schumm, S.A (1963): Sinuosity of alluvial rivers on the Geat Plains ; Gol, Soc. Amer. Bull 74, 1089- 100.

يدل معامل التعرج في كل حوض على أن شكل القناة متجانس مع طول المجرى وذلك لاقتراب قيمته من (1)، وهذا يدل على تجانس التركيب الصخري على طول المجري.

6.2.2. التضرس:

تكمن أهمية معرفة تضرس الحوض لاعتبارها عنصر مورفومتري يؤثر على زيادة فعالية ونشاط عمليات التعرية وانعكاسها على تشكيل سطح الأرض داخل حدود الحوض.

جدول 18: المعدلات التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة.

الأحواض / المعادلات	الرمل	غلالة	القصر الصغير
التضاريس القصوى $H= H_{max} - h_{min}$	570	410	670
نسبة التضرس $R_h= H/L$	0,029	0,06	0,032
معامل التضرس $R_i = A/L$	2,57	1,91	5,05
التضرس النسبي $R_{hp}= H/P$	0,019	0,026	0,013
قيمة وعورة التضاريس $N_R= HD_d$	5,31	4,15	6,64

هناك العديد من الخصائص المرتبطة بالتضرس كمعامل التضرس ونسبة التضرس وكذلك التضرس النسبي، فكل هذه الخصائص تفيد في معرفة الشكل العام لتضرس الأحواض.

بينت النتائج المحصل عليها لنسبة التضرس بأحواض منطقة الدراسة عن تضرس ضعيف، وهذا يظهر بشكل واضح عند حساب معدل التضرس بالأحواض إذ لا يتجاوز المعدل العام.

7.2.2. العلاقة المكانية بين الخصائص المورفومترية للأحواض المائية:

تتحكم بعض مكونات الحوض المائي كخط تقسيم المياه والمساحة الحوضية وشبكة التصريف، في النظام الحوضي حيث مكنتنا من تقسيم أحواض منطقة الدراسة إلى منطقتين طبيعيتين بناء على مجاري شبكة التصريف المائية وهما.

1.7.2.2. المناطق العليا: تنشط التعرية في هذه الأجزاء من الأحواض النهرية نظرا لطبيعة الانحدارات المرتفعة مقارنة مع سافلتها، فالعدد الكبير لروافدها، خاصة روافد الرتب الدنيا، يؤثر على كثافة التصريف والحمولة الرسوبية.

2.7.2.2. المناطق السفلى: تمثل هذه المناطق مساحات من الأحواض أقل نشاطا لعوامل التعرية نظرا لضعف انحدارها، لكنها تتعرض لمخاطر السيول والفياضات وتراكم الرواسب خصوصا عندما تقل سرعة الجريان المائي. وهذا ما يلاحظ في النطاقات الشمالية لمجال الدراسة الذي يأوي العديد من المشاريع العمرانية والأنشطة الصناعية والتجارية المرتبطة بوجود الموانئ المتوسطية.

خاتمة:

لقد هدفت هذه الدراسة بصفة عامة إلى إظهار مدى قدرة نظم المعلومات الجغرافية على بناء قاعدة بيانات جغرافية تضم متغيرات مورفومترية لأحواض منطقة الدراسة، وذلك باستعمال تطبيقات النظم المختلفة لاستخراج معادلات مورفومترية محددة.

وقد اتضح من خلال دراسة مختلف المؤشرات أن الأحواض المدروسة لها مساحة تقدر ب 146 كلم^2، وهو امتداد كبير يسمح بتجميع واستقبال كميات كبيرة من التساقطات، الشيء الذي ينعكس على سلوك ونظام الجريان داخلها، خصوصا عندما تكون التساقطات مركزة مجاليا وغير منتظمة زمانيا، كما أفرزت النتائج أيضا عن استدارة نسبية لحوضي واد القصر الصغير وواد الرمل فيما بينت ذات النتائج عن استطالة حوض غلالة وهي تفسر بذلك مجموع الديناميات والحركات الكتلية التي يعرفها هذا النطاق.

الفصل الرابع:

الإطار المورفوبنيوي والجيولوجي لظهير الميناء المتوسطي ووضعية المنطقة من الدراسة الزلزالية

1. وضع منطقة الدراسة داخل البنية العامة لسلسلة جبال الريف

ينتمي مجال الدراسة إلى سلسلة جبال الريف التي تكونت في فترة تشكل السلسلة الآلبية ابتداء من الأوليكوسين، وتعتبر الحركات الميوسينية (نهاية الطرطوني) أهم نشاط عرفه الريف برمته، فهي الأصل في زحف وتنقل الطيات على مختلف أحجامها.

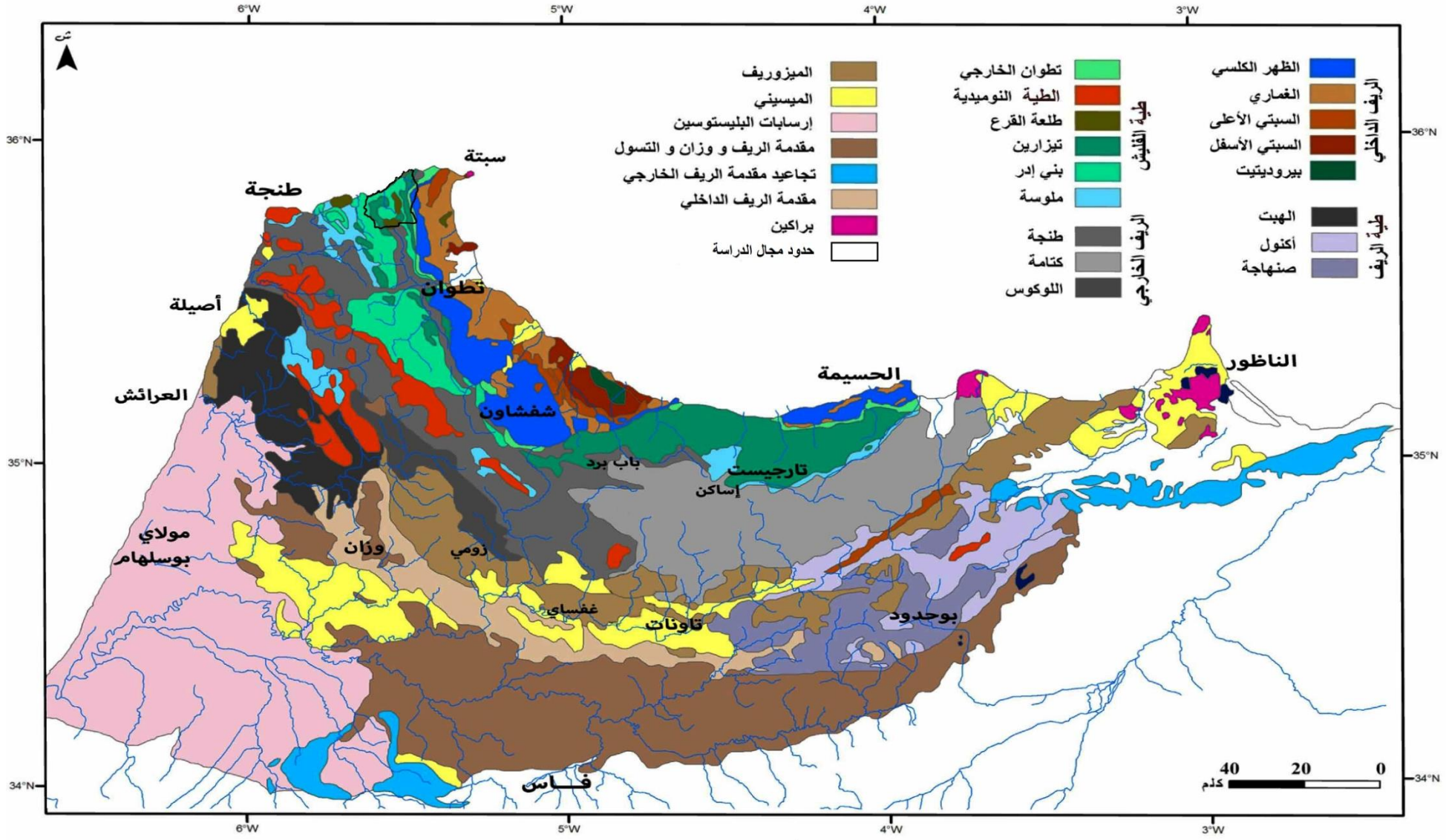
إن تطور البنية بالريف المغربي يوافق التطور الجيوديناميي العام للجزء الجنوبي لسلسلة جبال الألب لكونهما خضعا لنفس ظروف التشكل. فحسب (SUTER.G, 1962) و(ANDRIEUX J, 1971) و(LEBLANC D, 1979) و(ASEBRY L , 1984) و(PIQUE A, 1994) تتكون سلسلة جبال الريف من ثلاثة ميادين باليوجغرافية كبرى: ميدان الريف الداخلي وطيات الفليش وميدان الريف الخارجي (شكل26)،

1.1. ميدان الريف الداخلي:

يتكون هذا الجزء من مواد تنتمي للقاعدة القديمة ومن غطاءات رسوبية ضعيفة السمك تنتمي إلى الزمنين الثاني والثالث، وقد تعرضت لتشويه عنيف صاحبه في بعض الأحيان تنضيد خلال الحركات الأوروجينية الألبية، مما انعكس على انتظام الطيات الزاحفة التي نميز فيها من الأسفل إلى الأعلى:

- وحدة سبتة: وهي عبارة عن كتل متحولة تظهر على شكل أنصاف نوافذ، تكونت خلال الحركات الأوروجينية. وهي تكتونيا تتوضع حسب مقاييس ميتامورفلوجية وحدة (Féderico) على مواد شيستية كربونية عليا وترياس (MIRCHARD A et al., 1983).

- وحدة غمارة: تتوضع على سلسلة من الكلس وهي مكونة من مواد ايبيميتامورفيك (épimétamorphique) والشيست والكربونات من سيلوريان (DURAND-DELGA et al, 1960) و(DURAND-DELGA., 1963) و(CHALOUAN A.,1986).



شكل26: خريطة الوحدات البنيوية بالريف. (المصدر: MICHARD A et al. 2008 بتصرف)

وتتكون وحدة غمارة من 4 ميادين: ميدان عقيلي وميدان كدية تيزيان وميدان بني هزمار والطية العليا لتاليوت.

-السلسلة الكلسية: تحتل أقصى الريف الداخلي، وهي تحد من الخارج بالنطاقات المتحولة وطيات الباليوزويك (ASEBRY. L، 1984). تتكون أساسا من نسق ترياسي ولياسي كلسي، وتنتظم هذه السلسلة على شكل فلسات كلسية دولوميتية أصلية تعرضت لمجموعة من الالتواءات والتراكبات خلال مراحل التطور الباليوجغرافي للريف (شعوان ج، 2014).

2.1. ميدان الفليش:

تتألف من مجموعة من وحدات سلسلة الفليش ألوشتون التي تحف نحو داخل السلسلة الكلسية ونطاقات مقدمة الظهر Prédarsalienne.

يتكون ميدان الفليش أساسا من نطاقات من زمن الجوراسي الأسفل إلى الأوليكوسين، حيث يتألف من: طيات بريدورساليان: Prédorsalienne والطية الموريطانية وطية ماسيليان Massylienne والطية النوميدية (DURAND-DELGA M et MATTAUER G., 1960) ; DIDON J et al, 1973 ; SUTER G., 1980 ; OLIVIER. P ; 1984).

1.2.1. طيات بريدورساليان Prédorsalienne:

توافق هذه الطيات الحدود الخارجية للظهر الكلسي والكتل المعقدة المكونة من خوارزمية من صلصال الميوسين الأسفل وكتل رسوبية مختلفة من الكلس الدورساليان والحجر الرملي (OLIVIER P,1981-1984).

2.2.1. الطية الموريطانية:

حسب تعريف (BOUILLIN J P. et al.,1970) فإن هذه الطية تتواجد في شبه جزيرة طنجة من خلال: طية تيزيرين المؤلفة من تكوينات رسوبية من دوغر(Dogger) إلى الكريتاسي الأسفل، وتعد الطية ذات قاعدة مكونة من توالي الكربونات وبليت(Pélite).

3.2.1. طية ماسيليان(Massylienne):

عرف (BOUILLIN et al., 1970) بأن هذه الطية تمثل طية ملوسة التي تظهر تحت طية بني ايدر في مجال طنجة- تطوان وهي مكونة من الفليش من عمر ألبو-أبتيان يعلوها الكريتاسي العالي بكلس رسوبي ذو عمر سينومانو-تورونيان (Cénomano-Turonien).

4.2.1. الطيات النوميدية:

تتواجد الطيات النوميدية بشكل واضح في شبه جزيرة طنجة وهي مكونة من الطين من أصل الأوليكوسين والفليش (ANDRIEUX J., 1960) (DURAND DELGA et MATTUER G., 1971).

3.1. ميدان الريف الخارجي:

يمتد من الميدان الداخلي شمالا إلى الممر الجنوب ريفي جنوبا، ويتكون هذا المجال، حسب مجموعة من الجيولوجيين ((DURAND–DELGA M et al, 1962 و (SUTER G , 1980) و (PIQUE A,1994) و (wildi w , 1983) من ثلاثة نطاقات رئيسية:

النطاق الضمريفي Zone Intra-rifaine ونطاق الميزوريف ومركب مقدمة الريف.

1.3.1. النطاق الضمريفي Zone Intra-rifaine المكون من وحدتي كتامة وطنجة:

1.1.3.1. وحدة كتامة:

تتميز بأنساق شستية وحثية سميكة تنتمي جلها إلى الكريتاسي الأسفل. وعوارض كلسية تنتمي حسب (ANDRIEUX J., 1971) إلى التيتونيك، بالإضافة إلى نسق فليشي ينتمي للألبوأبتيان.

2.1.3.1. .وحدة طنجة:

تضم تكوينات الكريتاسي الأعلى (صلصال وصلصال كلسي) وتكوينات الزمن الثالث التي تغطي بشكل متنافر تكوينات الكريتاسي الأسفل لوحدة كتامة. تنقسم هذه الوحدة إلى وحدة خارجية شرقية ووحدة خارجية غربية تحيط بها فلسات وحدة اللوكوس.

2.3.1. نطاق الميزوريف:

ينتشر شمال واد ورغة، وينقسم إلى مجموعتين: الميزوريف الداخلي والميزوريف الخارجي. ويتكون هذا النطاق من أنساق صلصالية وصلصالية كلسية سميكة تنتمي للكريتاسي. وتبتدأ تكوينات الغطاء الرسوبي الثلاثي بالصلصال الأبيض السيليسي الأيوسيني وبالكلس النوميليتيكي تحت الميوسين الأسفل. وهي توافق حسب (SUTER G, 1965) نوافذ في وضعية غير زاحفة محلية تحت الريف الخارجي.

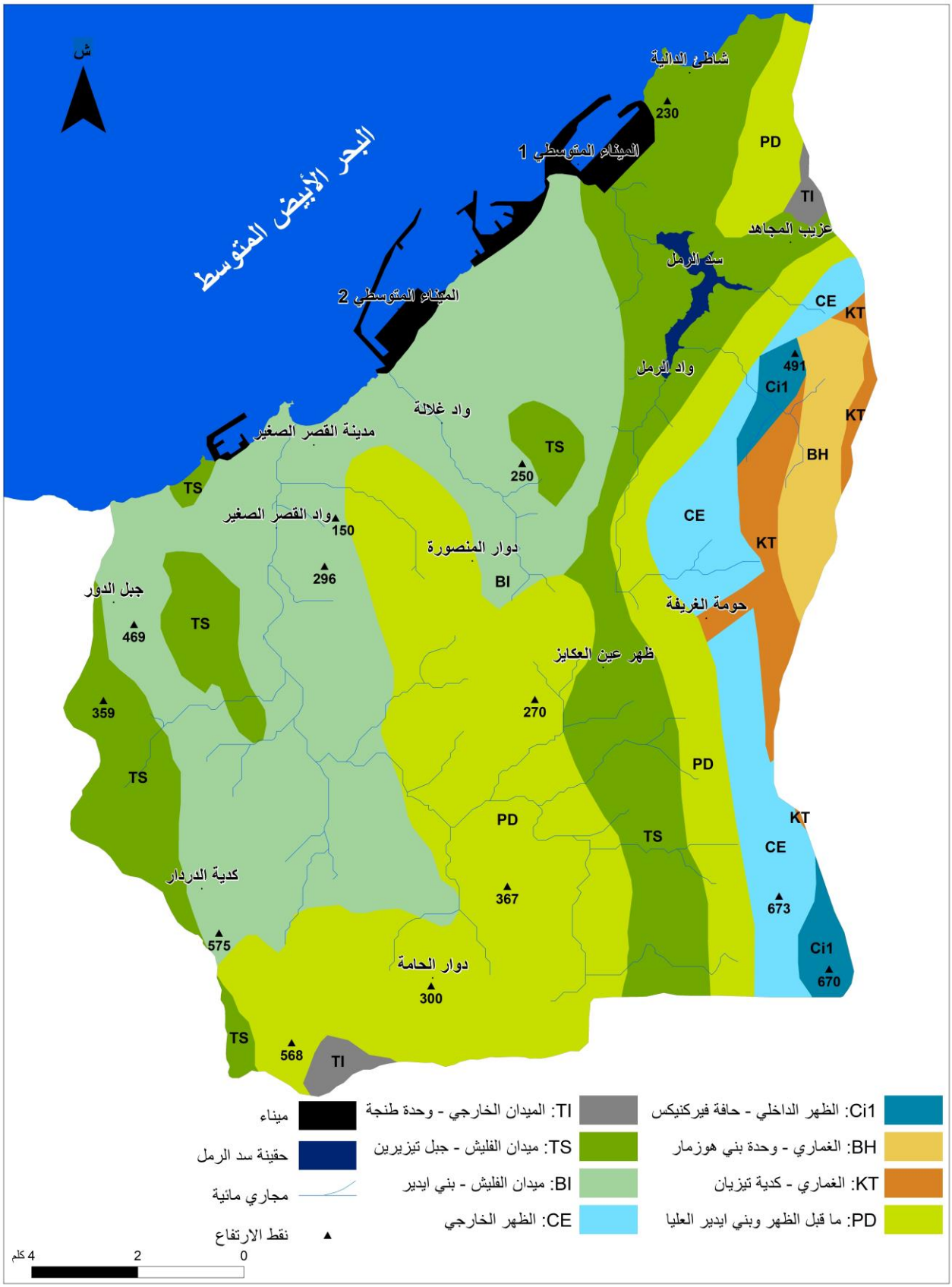
3.3.1. مركب مقدمة الريف:

هو عبارة عن تكوينات جيولوجية معقدة، ذات بنية فوضوية تنتشر بشكل غير منتظم بمقدمة الريف على شكل قدات رسوبية مختلفة الأحجام والأعمار، وتتكون حسب (ASEBRY L, 1984) من أوليستوستروم لياطه صلصالي. ويضم هذا النطاق من الشمال إلى الجنوب:

- مقدمة الريف الداخلي المكونة من فلسات كلسية متجذرة تحت الميزوريف، التي توافق خطوط الصفوف بين مولاي بوشتى الخمار وعين عائشة.
- مقدمة الريف الخارجي المكونة من نسق صلصالي سميك. تتراكب مع هذه التكوينات أجزاء من طية وزان التي تتكون من مواد زاحفة من الريف، تنتشر على شكل مقعرات شاخصة، تشكل هيكل التضاريس الجبلية في المنطقة، نظرا للصلابة النسبية لسحناتها.
- بالإضافة إلى طية وزان نجد في الجهة الشرقية من مقدمة الريف طيات ذات أصل ريفي، تنتشر بشكل متنافر فوق نطاق الميزوريف ومقدمة الريف كطيات تايناست وتسول وصنهاجة.

4.3.1. تكوينات ما بعد الزحف:

تتوضع أنساق ميوسين ما بعد الزحف بشكل متنافر فوق التكوينات السالفة الذكر، وتنتظم في نسقين الأول بحري خلال الطرطوني والمسني، والثاني قاري خلال الباليوسين والرباعي.



المصدر: الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبتة (1/50000)

شكل27: الوحدات البنيوية بمجال الدراسة.

5.3.1. الظهير الريفي:

يشكل النهاية الجنوبية للريف ويتكون من فلسات كلسية توافق تجاعيد مقدمة الريف في الجنوب الغربي للسلسلة، ترني مزكوت في الشرق، وكبدانة وكرب في الشمال الشرقي.

4.1. الوحدات البنيوية بظهير الميناء المتوسطي:

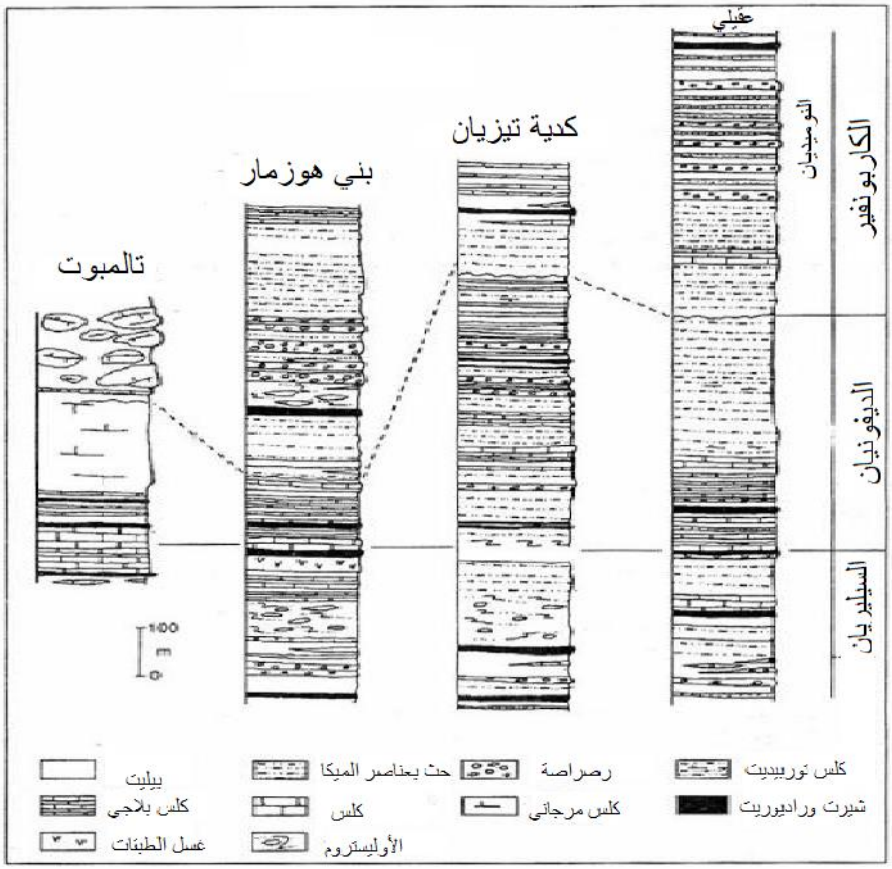
باستثناء وحدة سبتة، فإن كل التكوينات الليتولوجية الأخرى حاضرة إلى حد ما في منطقة الدراسة (شكل 27):

1.4.1. النطاق الداخلي للريف:

نجد مجموعتين بنيويتين من أصل ثلاثة في النطاق الداخلي شرق منطقة الدراسة، وهي وحدة غمارة والظهر الكلسي.

وحدة غمارة: تمثل الوحدة البنيوية الأعلى في الميدان الداخلي (KORNPROBST J., 1974) ، وهي متوضعة تكتونيا على السلسلة الكلسية تحديدا في المحيط الخارجي لميدان الفليش، وتنتمي لمجال الدراسة بأجزاء صغيرة في الشمال الشرقي والشرق عند حافة الحاقة وهوامشها، مكونة من الشيست الحطامي والتكوينات المتكلسة من أصل السيلوريان حتى الكاربونفير (DURAND-DELGA M et al, 1960) .

تظهر مجالات الغماري في الميزو-سينوزويك (méso-cénasoique)، بتكوينات متكلسة وكتلية. وقد أبرز كل من (DURAND-DELGA M et al, 1960-62) و (MILLARD Y, 1959) و (MAATE A, 1984) عن وجود ثلاث وحدات بها: وحدة عقيلي ووحدة كدية تيزيان ووحدة بني هوزمار، حيث تمثل كدية تيزيان التكوين المهيمن في مجال الغماري بمجال الدراسة.



المصدر:(CHALOUAN , 1986) .

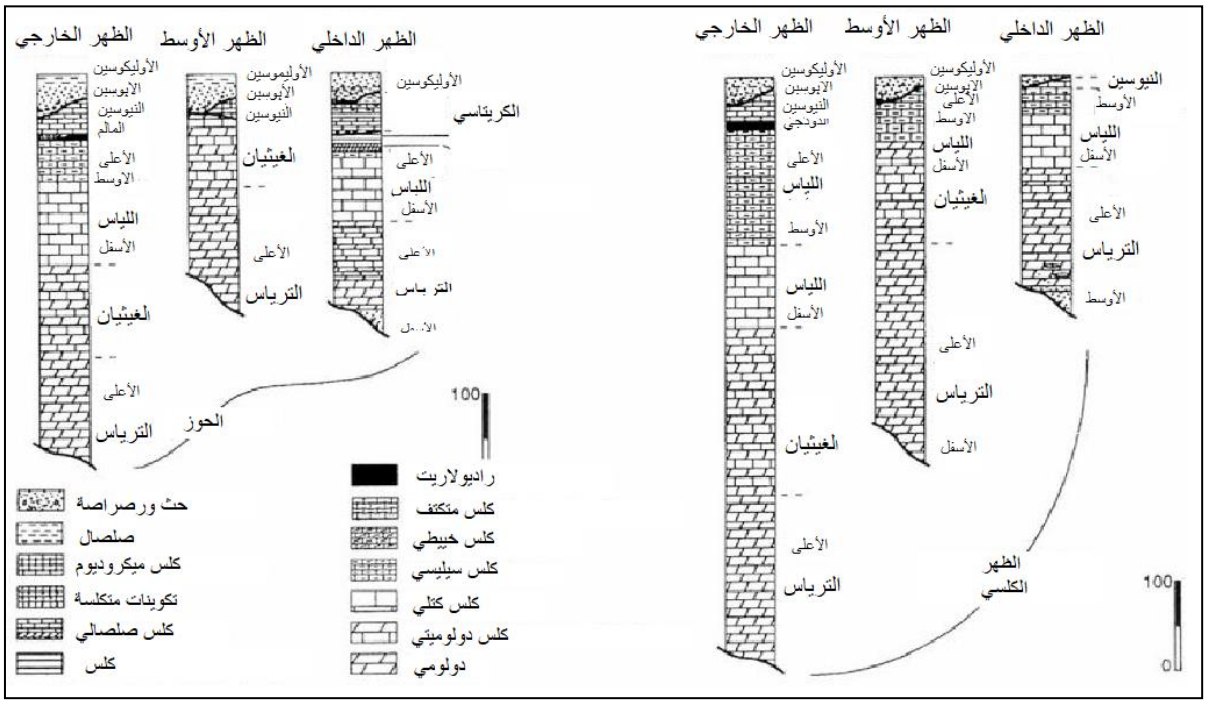
شكل28: الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة الغماري.

الظهر الكلسي:

يحد الظهر الكلسي نطاقات متامورفيك وطيات الباليوزويك ويمتد بين مضيق جبل طارق وجبهة الشرفات. وتتشكل هذه الوحدة بظهير الميناء المتوسطي أساسا من الحوز الخارجي، وهي تمتد على شكل شريط من الجنوب الشرقي إلى الشمال الشرقي، وتتميز بأنساق استراتيغرافية تمتد من التورسيان إلى الأوليكوسين (شكل 29):

- صلصال ورصراصة تنتمي إلى الزمن الثلاثي: الأيوسين-الأليكوسين
- تكوينات متكلسة كتلية: الهيطونجيان.
- أنساق من الكلس الدولوميتي: الغيتيان.

- كلس صواني: السينوموريان.



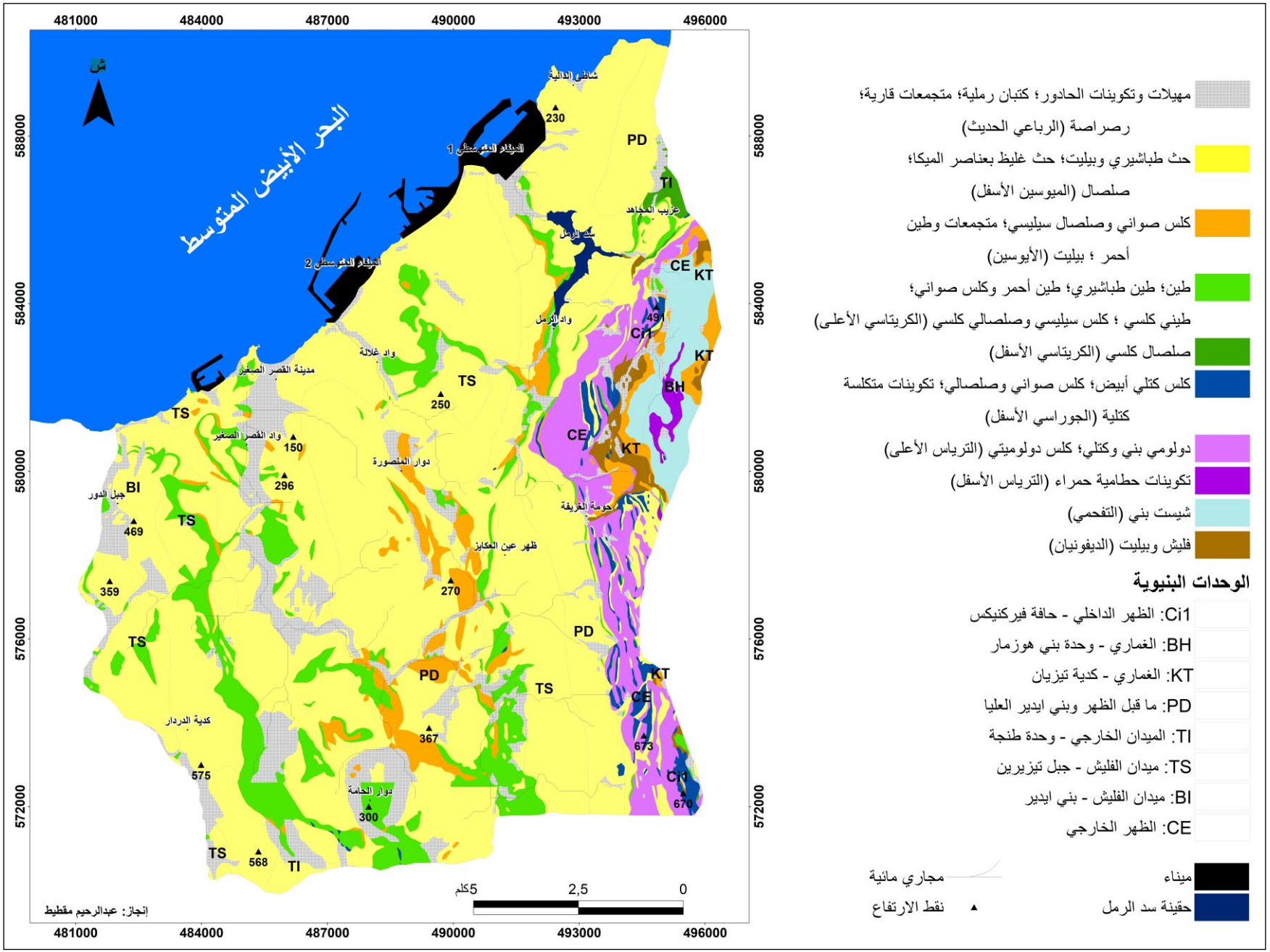
(المصدر: DURAND-DELGA. M et OLIVIER, 1988)

شكل29: الأنساق الاستراتيغرافية لوحدتي الظهر الكلسي والحوز.

2.4.1. هيمنة للصخور الصلصالية والطينية والحثية بميدان الفليش:

يعد هذا المجال مختلفا عن الميادين الأخرى نظرا لطبيعة صخوره الهشة حيث يضم أجزاء كبيرة من الطين والصلصال (شكل30)، وهو منفصل من الظهر الكلسي بوحدة متقطعة كما ورد عن (DURAND-DELGA M., 1974)، و(DIDON J. et al, 1973)، و(OLIVIER P., 1981-1984).

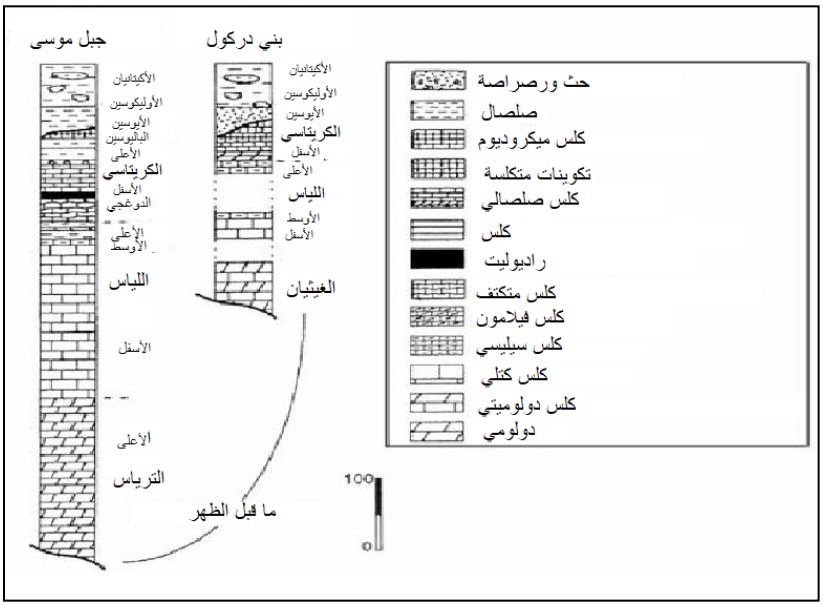
يمتد ميدان الفليش في منطقة الدراسة على مساحات كبيرة من الغرب (مدينة القصر الصغير) إلى الشرق (شاطئ الدالية)، وهو يضم ثلاث وحدات: وحدة ما قبل الظهر ووحدة تيزيرين وبني ايدير والوحدة الحثية النوميدية:



شكل30: الخريطة الجيولوجية لظهير الميناء المتوسطي. المصدر: الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبتة (1/50000)

وحدة ما قبل الظهر:

تشكل الحدود الخارجية للظهر الكلسي، وهي محددة بوحدة بليونس (DURAND-DELGA M, 1972) ووحدة بني دركول (WILDI Wet al, 1977) ووحدة الكليبس الرسوبية (EL HATIMI N, 1982).



(المصدر: DURAND-DELGA. M et OLIVIER, 1988)

شكل31: الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة ما قبل الظهر.

تمتد هذه الوحدة في النصف الجنوبي لمنطقة الدراسة وفي الشمال الشرقي (شمال عزيب المجاهد)، وهي تتكون من مجموعة من التكوينات الرسوبية (شكل31) على شكل مركب كتلي من الصلصال (الأوليكو-ميوسين الأسفل) وكتل رسوبية من الكلس الظهري وحث بعناصر الميكا متواجد بوحدة بني ايدير.

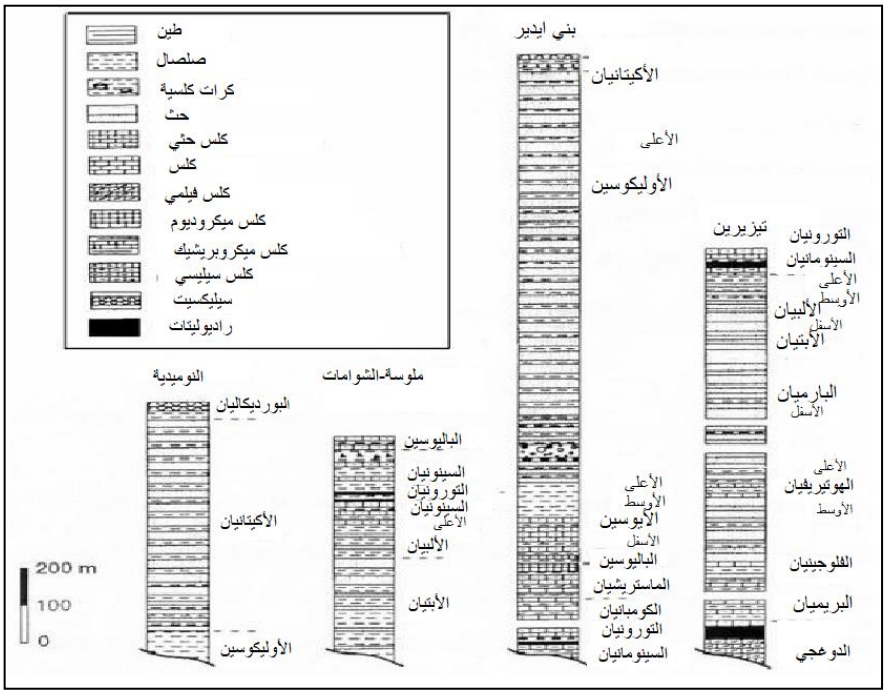
وحدة تيزيرين وبني ايدير:

تكون هاتين الوحدتين الميدان الموريطاني كما عرفها (BOUILLION, 1970)، فوحدة تيزين تتشكل من تكوينات رسوبية من DOGGER إلى الكريتاسي الأسفل (GUBELI A., 1982). وهي مكونة في قاعدتها من تكوينات متكلسة وبيليت من عمر التيتونيك إلى البريازيان، متبوعة بالجزء الأعلى من عمر الفلونجيان إلى الألبيان (GUBELI A. et al, 1984).

تظهر وحدة بني ايدير على نحو واسع فوق شبه جزيرة طنجة، في الجزء الغربي للظهر الكلسي حيث تتكون صخورها من الكلس والطين (CHIOCHINI M et al, 1980) ذو عمر الكريتاسي الأعلى إلى الأيوسين، متبوعة بتكوينات حثية بعناصر الميكا من عمر الأوليكو-ميوسين بارتفاع يصل 1655 متر.

الوحدة الحثية النوميدية:

تتكون هذه الأجزاء من طين من أصل الأوليكوسين ومن فليش ذو عمر الأكيتانو-بورديكاليان الأسفل مع هيمنة للكتل الحثية التي تغطي مساحات كبيرة. وتمثل هذه الوحدة أعرافا بارزة من الحث، تظهر على شكل أحزمة فوق تلال من أصل كريتاسي في وحدة طنجة وطية ملوسة.



(المصدر: DURAND-DELGA. M et OLIVIER, 1988)

شكل32: الأنساق الاستراتيغرافية لميدان الفليش بظهير الميناء المتوسطي.

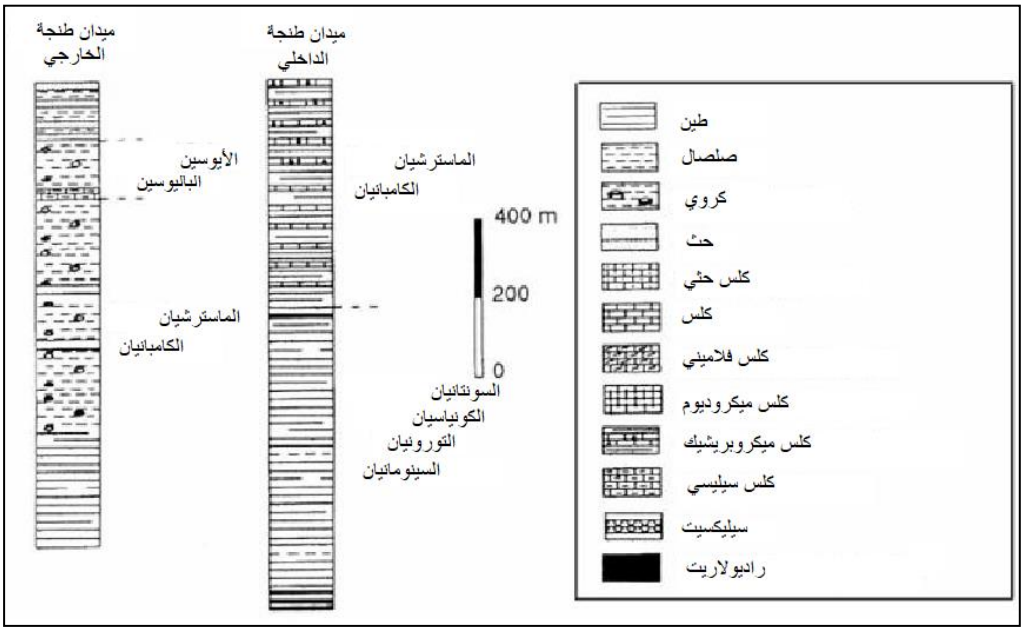
3.4.1. ميدان الريف الخارجي:

يمثل وحدة بنيوية واسعة محمولة على طية الفليش والميدان الداخلي. وهي منقسمة إلى ثلاث مجموعات تتراوح أعمارها من الترياس إلى الميوسين (SUTER G, 1980)، وهي مرتبة من داخل السلسلة إلى خارجها كما يلي: نطاق الضمريفي لكتامة وطنجة، ومنطقة الميزوريف لصنهاجة ومقدمة الريف.

تغطي هذه الوحدة أجزاء صغيرة في المجال المدروس، تتمركز في الجنوب الغربي تحديدا في جبل الفهامين، وفي الشمال الشرقي عند منطقة عزيب المجاهد وتضم التكوينات التالية (شكل 33):

-وحدة طنجة الداخلية (نطاق الضمريفي): على شكل طبقات من الطين الكلسي من أصل الكامبيان-المايستريشيان.

- وحدة طنجة الخارجية (نطاق الريف الخارجي): على شكل طين وطين كلسي (الكامتريان-المايستريشيان)، ثم طبقات دقيقة من الطين (التورانيان-السينونيان الأسفل).



(المصدر: WILDI. W,1983)

شكل33: الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة طنجة.

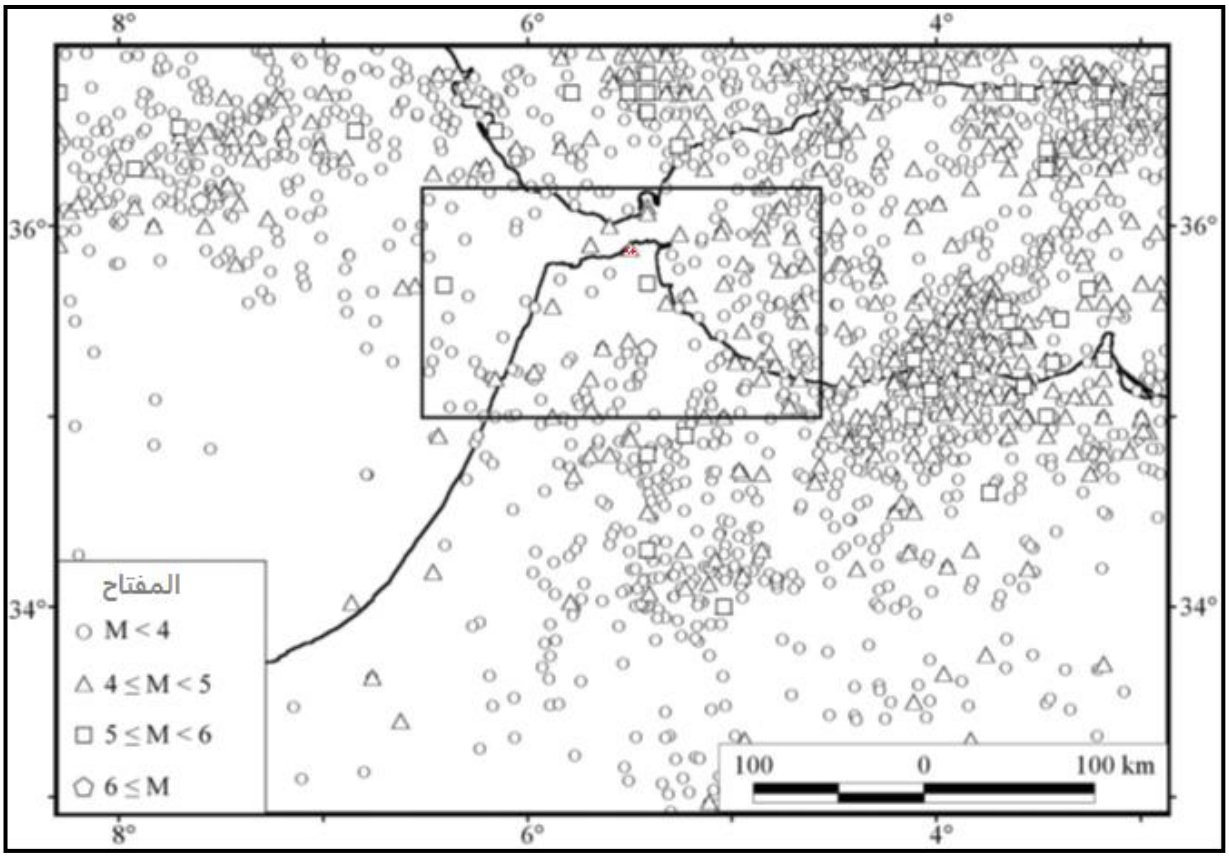
2. الدراسة الزلزالية لمضيق جبل طارق وهوامشه:

نظرا لأهمية الزلازل والحركات الأرضية في تغير جيولوجيا ومرفولوجيا سطح الأرض، سنتطرق لبعض الدراسات التي تم إنجازها حول مضيق جبل طارق وهوامشه.

فقد أكدت دراسة وثيقة الزلازل بين الفترة 1900 و2002 (LAG, CNCPRST) على أن حدود منطقة جبل طارق مكونة من مجالين للنشاط الزلزالي (شكل 34): منطقة شرق الميدان الأطلسي ومنطقة بيتيكو الريفية ثم منطقة بحر ألبوران(FROGNEUX M, 1980 ; CHERKAOUI, 1991 ; AIT BRAHIM, 1983-1991).

يغطي الميدان الأطلسي خليج الإبيرو-المغربي (Ibéro-Marocain) ويمتد نحو الغرب في اتجاه الأصور، نجد في هذا المجال عدد كبير من الزلازل المعروفة باسم (خط زلازل الأصور). حيث يصل حجم درجته العليا إلى 7 درجات، الشيء الذي يجعل ارتجاجها يصل إلى غالبية الحدود الشمالية المغربية والإبيرية رغم بعدها عنه.

أما بحر ألبون والمناطق البيضوية للأبيتكو الريفية فيضم مجموعة كبيرة من الزلازل، وهذا لا يعود إلى ارتفاع نسبة الظواهر الزلزالية فقط بل إلى وجود سلسلة كثيفة من البؤر الزلزالية.



شكل 34: خريطة الزلازل بالشمال المغرب بين 1900 و2002. (المصدر: CNRST/LAG).

لقد صنف (GARCIA-FERNANDEZ et al., 1989) شبه جزيرة طنجة ضمن المجالات المهددة بالزلازل خصوصا في مضيق جبل طارق، وأشار (RAMDANI F. 1998) أن درجة 5,5 حسب مقياس الزلازل قد تعود

مرة كل 100 سنة بنسبة تتراوح بين 85 إلى 100% في شبه جزيرة طنجة، فرغم إشارة خريطة بؤر الزلازل إلى ضعف خطر تهديد منطقة الدراسة ($4 \leq M < 5$)، إلا أن النشاط الزلزالي لا يمكن إهماله في الدراسات الجيوديناميةالتي تؤكد تقارب القارتين الإفريقية والأوروبية بحوالي 0,5متر/سنويا (SOSSEY A., 2005).

جدول 19: جرد للزلازل الحديثة بمنطقة الدراسة.

السنة	الشهر	اليوم	الساعة	الدقيقة	الثواني	خط العرض	خط الطول	شعاع الهزة بkm	الدرجة
1980	6	22	23	18	32,20	35,897	-5,149	69,0	4,7
1999	8	4	9	2	54,89	35,575	-5,169	10,0	4,2
2000	12	13	8	9	3,99	36,148	-5,571	71,6	4,3
2005	3	23	1	3	3,91	36,361	-5,905	43,9	4,1

المصدر: CNRST/LAG وأعمال IS

يتضح من خلال النتائج أن منطقة الدراسة تتواجد بالمجال الأقل تهديدا بخطر الزلازل ب ($M \leq 5$). إلا أن تأثير هذه الزلازل (بالرغم من ضعفها) على وضعية السفوح المؤهلة للحركات الأرضية لا يمكن إهماله.

خاتمة الجزء:

عرف مجال الدراسة خلال السنوات الأخيرة اختلافا كبيرا من حيث التساقطات، فقد تراجع معدل التساقطات المطرية السنوية في محطة طنجة المتوسط، على سبيل المثال، من 1285ملم في سنة 2011 إلى 456.9 ملم في سنة 2016، ويتضح أن لهذا التراجع والتذبذب المستمر للتساقطات من سنة لأخرى، آثارا واضحة في ظهور أشكال مختلفة من التعرية والحركات الكتلية.

إن تواجد المنطقة بمجال بيومناخي شبه رطب قد ميزها بأنواع محددة من التشكيلات النباتية كالبلوط الفليني الذي يستفيد من الرطوبة المرتفعة للساحل ومن كمية التساقطات التي تتلقاها المنطقة،

ونجد أيضا تشكيلة الصنوبر على مساحات صغيرة بالقرب من المنشآت المينائية حيث يعاني هذا النوع من التوسع العمراني بهذه النطاقات، أما بالنسبة للتشكيلات القصيرة فهي متقطعة الانتشار وتتميز بطابع الانفتاح والتراجع خصوصا بعالية الأحواض النهرية.

لقد أبانت الدراسات المورفومترية والهيدرولوجية عن وجود ثلاثة أحواض نهرية، تنبع من الجنوب وتتصادف مصباتها مع الموانئ المتوسطية في الشمال، الشيء الذي جعل هذه الأخيرة في اتصال مباشر مع الأحواض، لأنها تستقبل من عالية هذه الأحواض الرواسب. وأمام هذا الوضع جاء إنشاء سد الرمل بعالية الميناء المتوسطي 1 وتحويل مصب واد غلالة بالقرب من الميناء المتوسطي 2، كتدابير وقائية تم انجازها لحماية هذه المنشآت.

كما أن الحركات التكتونية العنيفة التي شهدها الريف عامة وشبه جزيرة طنجة خاصة خلال الزمن الثالث، أدت إلى تشكل بنيات التوائية وعرة ومعقدة بأشكال متداخلة تتكون من مجموعة من الرواسب السميكة من الفليش والصلصال، حيث جعلت من الوسط أكثر هشاشة، في حين تبقى الصخور الصلبة تشكل حيزا متوسطا من مجال الدراسة، وينعكس هذا التوزيع الصخاري على مستوى النفاذية داخل الأحواض، التي تتميز هي الأخرى بالتباين، فمعظم المناطق المنبسطة داخلها تتكون من صخور غير نافذة، الأمر الذي يسمح بوجود شبكات مائية مهمة .

أما بالنسبة للزلازل، فعلى الرغم من ضعفها في منطقة الدراسة لكونها لا تقع في المجالات المهددة، فإن الموجات الترددية تصل إليها، ومنه فإن كل هذه العوامل تساهم وتحفز ظهور الحركات الكتلية.

إن تظافر كل من العوامل المناخية والجيولوجية وغيرها، جعل من مجال الدراسة وسطا مؤهلا لكل المخاطر الطبيعية، لهذا فإن الدراسة الموالية ستنصب حول دراسة هذه المخاطر انطلاقا من علاقتها مع الظروف العامة للمنطقة.

الجزء الثاني:

توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في نمذجة المخاطر الطبيعية.

سيتناول هذا الجزء دراسة مختلف المخاطر الطبيعية التي لاحظناها أثناء الزيارات الميدانية أو من خلال صور الأقمار الاصطناعية، فقد تم جرد الظواهر الطبيعية التي تهدد المنطقة وتمت دراستها وفق مناهج ومقاربات حديثة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد.

سيضم هذا الجزء إذن ثلاثة فصول كالآتي:

الفصل الخامس سيعالج دراسة التقييم النوعي للتعرية وفق نموذج PAP/CAR، حيث سيتم التطرق إلى إشكالية التعرية بحوض البحر الأبيض المتوسط ومنطقة الدراسة كذلك، وستختتم هذه الدراسة بإنجاز مجموعة من الخرائط الموضوعاتية التي تعبر عن حالة التعرية المائية بالمجال المدروس.

وسيخصص الفصل السادس لدراسة خطر الحركات الكتلية وفق المقاربة الرياضية للقيم المعلوماتية (VI)، كما سنتطرق لدراسة حالة انزلاق دوراني والأمر يتعلق بانزلاق عالية واد غلالة.

فيما سنتطرق في الفصل السابع لدراسة خطر حرائق الغابات وذلك بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الاصطناعية حيث سيتم تفييئ المنطقة المدروسة حسب درجة قابليتها للحرائق.

الفصل الخامس:

التقييم النوعي للتعرية المائية من خلال إدماج أنموذج PAP/CAR داخل نظم المعلومات الجغرافية.

تعاني الأوساط الطبيعية المغربية في العقود الأخيرة، من ارتفاع حدة التدهور بسبب تزايد النمو الديموغرافي والضغط على الموارد الطبيعية، وتعد التعرية المائية أحد أهم مظاهر هذا التدهور، إذ تؤثر بشكل واضح على البيئة والمجال.

وتحدث هذه التعرية نتيجة تداخل عدة عوامل طبيعية وبشرية، فالطبيعية منها نجد التساقطات غير المنتظمة زمانيا والمركزة مجاليا وقوة الانحدارات وقابلية التربة للتعرية...، أما البشرية فتتمثل في الزراعات فوق المنحدرات الوعرة، وشق الطرق وغيرها، كما ترتبط التعرية أيضا بالجريان المائي المفرط الناتج عن عدم استقرار التربة، والرعي الجائر واجتثاث الغابات من طرف السكان.

إن ظاهرة التعرية المائية تعد من أخطر الظواهر نظرا لما تخلفه من عواقب وخيمة وخسائر تقدر أحيانا بملايين الدراهم (كما هو الحال عندما تتدهور البنيات التحتية كالطرق والمسالك القروية والقناطر...)، كما تؤثر على السكان عن طريق إتلاف زراعتهم وأراضيهم، وتساهم في تدهور البيئة عن طريق تراجع التنوع البيولوجي وتراجع خصوبة التربة وتناقص الإنتاجية، حيث أظهرت دراسة ستة خزانات مائية في مختلف الأحواض النهرية، أن التعرية تراوحت بها بين 2 و 59 طن/هـ/سنويا، وهذا أدى إلى إضعاف الطاقة الاستيعابية المائية للسدود بسبب توحلها بحوالي 75 مليون متر مكعب في السنة، أما حاليا فقد تراجعت الطاقة الاستيعابية المائية للسدود بحوالي مليار متر مكعب، أي ما يعادل طاقة خمسة سدود أو ما يعادل سقي حوالي 5000 إلى 6000 هـ/سنويا (SADIKI A., 2005).

تعود أسباب ظاهرة التعرية المائية بظهير الميناء المتوسطي إلى الضغط الممارس على عالية الموانئ المتوسطية من خلال اجتثاث الأشجار الغابوية، وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية، هذا فضلا عن الطبيعة الجيومورفلوجية للمنطقة (تضاريس جبلية وهيمنة الصخور الهشة...) والطبيعة المناخية التي تعرف تساقطات مركزة مجاليا وغير منتظمة زمانيا.

ومن أجل إنجاز دراسة التعرية المائية، تم اختيار أنموذج يسمح بربط العلاقة بين مجموعة من المتغيرات التي تتحكم في حدوث التعرية واستخراج فرضيات حول احتمالية وقوعها بالنظر إلى حالة التربة

والأنشطة التي يمارسها الإنسان عليها. كما أن الدراسة تستوجب إدراج عوامل طبيعية (كالأمطار، وقابلية التربة للتعرية، والتضاريس، والانحدارات، وطبيعة وكثافة الغطاء النباتي) لما لها من تأثير مباشر على الظاهرة، حيث سيتم تركيبها لتحديد المناطق المهددة بالخطر، وتفسير سلوك الجريان السطحي وكذا تأثيره على خصائص التربة ومن أجل هذا تم اعتماد أنموذج PAP/CAR للتقييم النوعي للتعرية وتحديد نطاقات الخطر.

يعتمد أنموذج PAP/CAR على إنجاز خرائط عوامل التعرية وتركيبها، كخريطة الانحدار مع خريطة الصخور ثم خريطة كثافة الغطاء النباتي مع خريطة استعمالات التربة، ليتم بعد ذلك مقارنة نتائج هذه الخرائط مع خريطة أشكال التعرية.

I. تقديم أنموذج PAP/CAR

تمنح خرائطية تقييم التعرية قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها لتنفيذ برامج مكافحة الظاهرة، وفي هذا الصدد، قام مركزPAP/CAR بوضع خطة عمل في إطار برنامج الأمم المتحدة للبيئة تحت عنوان: "تعزيز حماية التربة لاعتبارها أحد ركائز البيئة في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط"، حيث تبنت الأنموذج كل من دول الحوض والمنظمة العالمية للزراعة والتغذية (FAO) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (ACSAD)، وبعد عدة تحقيقات، تم وضع مشروع للتعاون من أجل إنجاز خرائط لتقييم التعرية.

❖ **خطاطة المنهجية العامة.**

يهدف أنموذج PAP/CAR إلى تحديد ووزن كل العوامل المتحكمة في التعرية وتركيبها بهدف تصنيف المجالات حسب حدة التعرية.

يعتمد هذا الأنموذج على مقاربتين، الأولى تنبؤية والثانية وصفية:

- المقاربة التنبؤية: يتم خلال هذه المقاربة تحديد وتقييم المتغيرات كالانحدار والصخارة والغطاء النباتي للحصول على خريطة التعرية المحتملة وفق المراحل التالية:

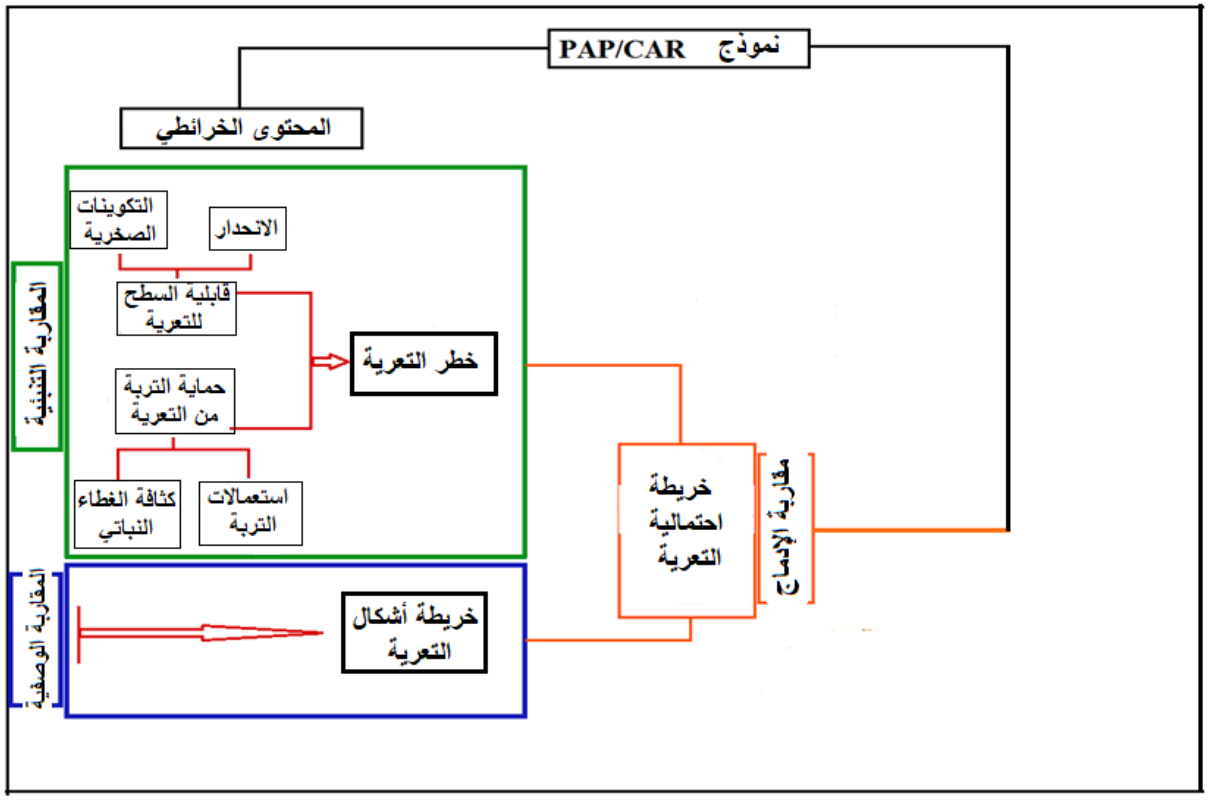
-المرحلة 1: تهييئ خريطة الانحدار والصخارة ثم تركيبهما للحصول على خريطة قابلية السطح للتعرية.

-المرحلة2: تهييئ خريطة كثافة الغطاء النباتي واستعمالات التربة ثم تركيبهما للحصول على خريطة حماية التربة.

-المرحلة3: تركيب خريطة قابلية السطح للتعرية مع خريطة حماية التربة للحصول على خريطة التعرية المحتملة.

- المقاربة الوصفية، تهدف إلى استخراج وخرائطية جميع أشكال وآليات التعرية المائية الموجودة في منطقة الدراسة بالاعتماد على الصور الجوية وصور Google Earth والخرائط الجيومرفلوجية للريف (MAURER. G., 1968).

وفي المرحلة الأخيرة تنجز الخريطة التركيبية التي تجمع بين خريطة المقاربة الأولى والمقاربة الثانية، وتسمى بخريطة مؤشر التعرية المائية وهي خريطة نوعية يتم من خلالها تحديد مواقع الخطر وتراتبيته حيث تعطي فكرة كذلك عن المناطق الواجب التدخل فيها للحد من التعرية.



شكل35: خطاطة أنموذج PAP /CAR.

II. تطبيق الأنموذج بظهير الميناء المتوسطي: نتائج واستنتاجات:

1. المقاربة التنبؤية:

تنبني المقاربة على إنجاز وتحليل وتقييم جميع المتغيرات الأساسية كالانحدار والصخارة والغطاء النباتي بهدف إنجاز خريطة التعرية وذلك عبر ثلاثة مراحل: مرحلة إنجاز خريطة قابلية السطح للتعرية، ومرحلة إنجاز خريطة حماية التربة من التعرية ثم مرحلة تركيب الخريطتين السالفتين.

1.1. خريطة قابلية السطح للتعرية

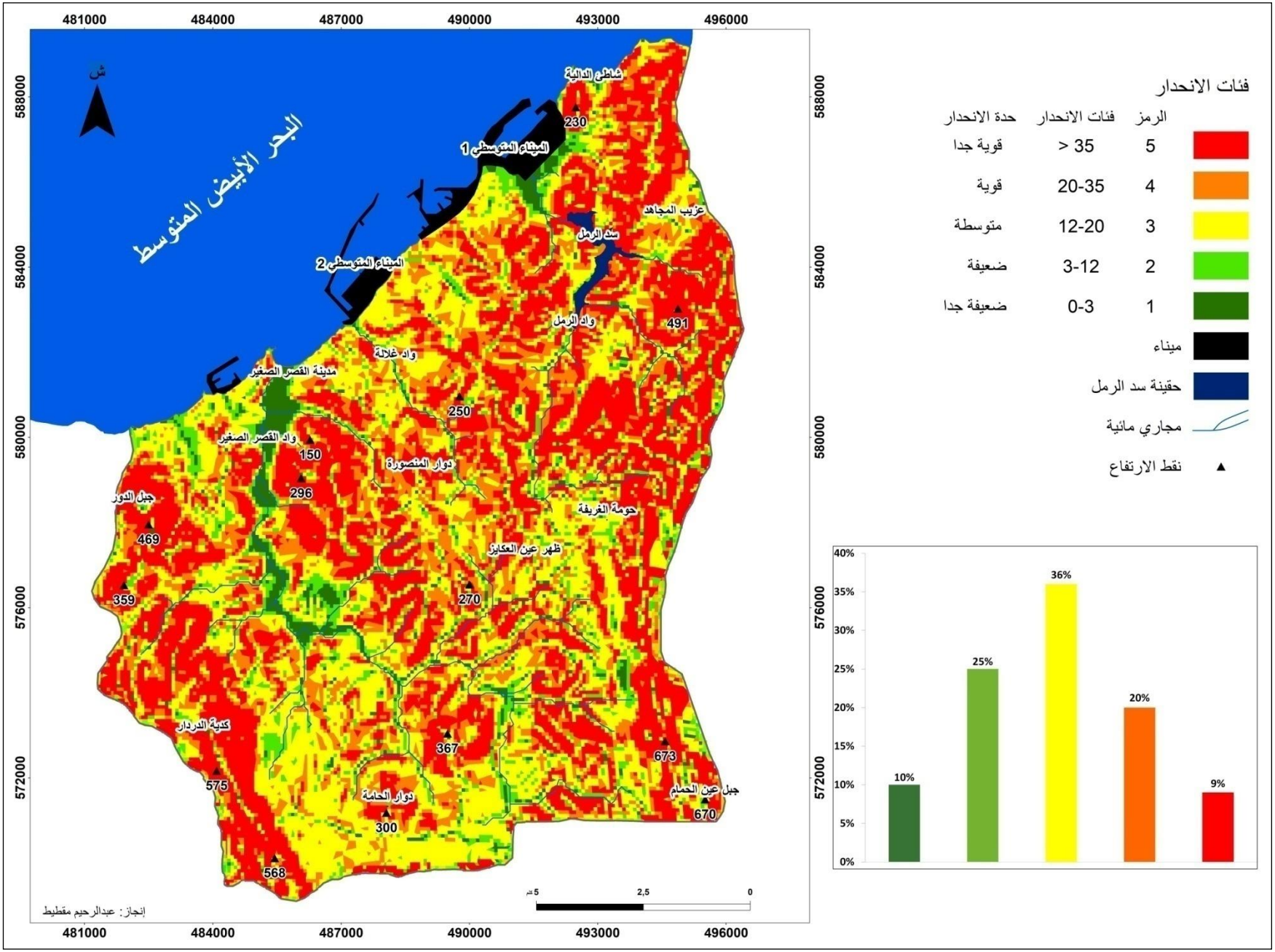
تجمع خريطة قابلية السطح للتعرية بين قاعدة بيانات خريطة الانحدار وقاعدة بيانات خريطة الصخارة.

1.1.1. خريطة الانحدار:

أنجزت خريطة الانحدار (شكل36) على شكل ملف شبكي (RASTER) انطلاقا من النموذج الرقمي للأرض MNT الذي تم تحديده من الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس (1/25000).

يوضح توزيع المساحات حسب فئات الانحدار انتشار كبير للفئة 3 (انحدار من 12 إلى 20%) متبوعة بالفئة2 (انحدار 3 إلى 12%)، فيما تتناقص مساحات الانتشار لدى الفئة 1 والفئات ذات انحدارات قوية (شكل36).

يظهر من خلال الخريطة أن جل الانحدارات المتوسطة بمنطقة الدراسة، تمتد من القصر الصغير إلى جنوب المنطقة (جبل الفهامين)، وكذا في السهل الساحلي في الشمال، حيث تنتشر فوق مجموعة من الصخور المكونة من الحث الطباشيري والصلصال والطين، أما الانحدارات الشديدة فتمتد بشكل محدود داخل مجال الدراسة وتتركز أساسا في جزئه الغربي والشرقي(شكل36).



شكل36: خريطة فئات الانحدار حسب أنموذج PAP/CAR. المصدر: النموذج الرقمي للأرض(1/25000).

2.1.1. خريطة الصخارة:

أنجزت خريطة الصخارة (شكل37) بالاعتماد على الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبتة، حيث تم استخلاص المعطيات الجيولوجية والصخارية منها، وتم تجميع فئات الصخور حسب درجة مقاومتها للتعرية وفق الجدول 20 ثم حدد وزن كل فئة من الصخور حسب درجة مقاومتها للتعرية المائية.

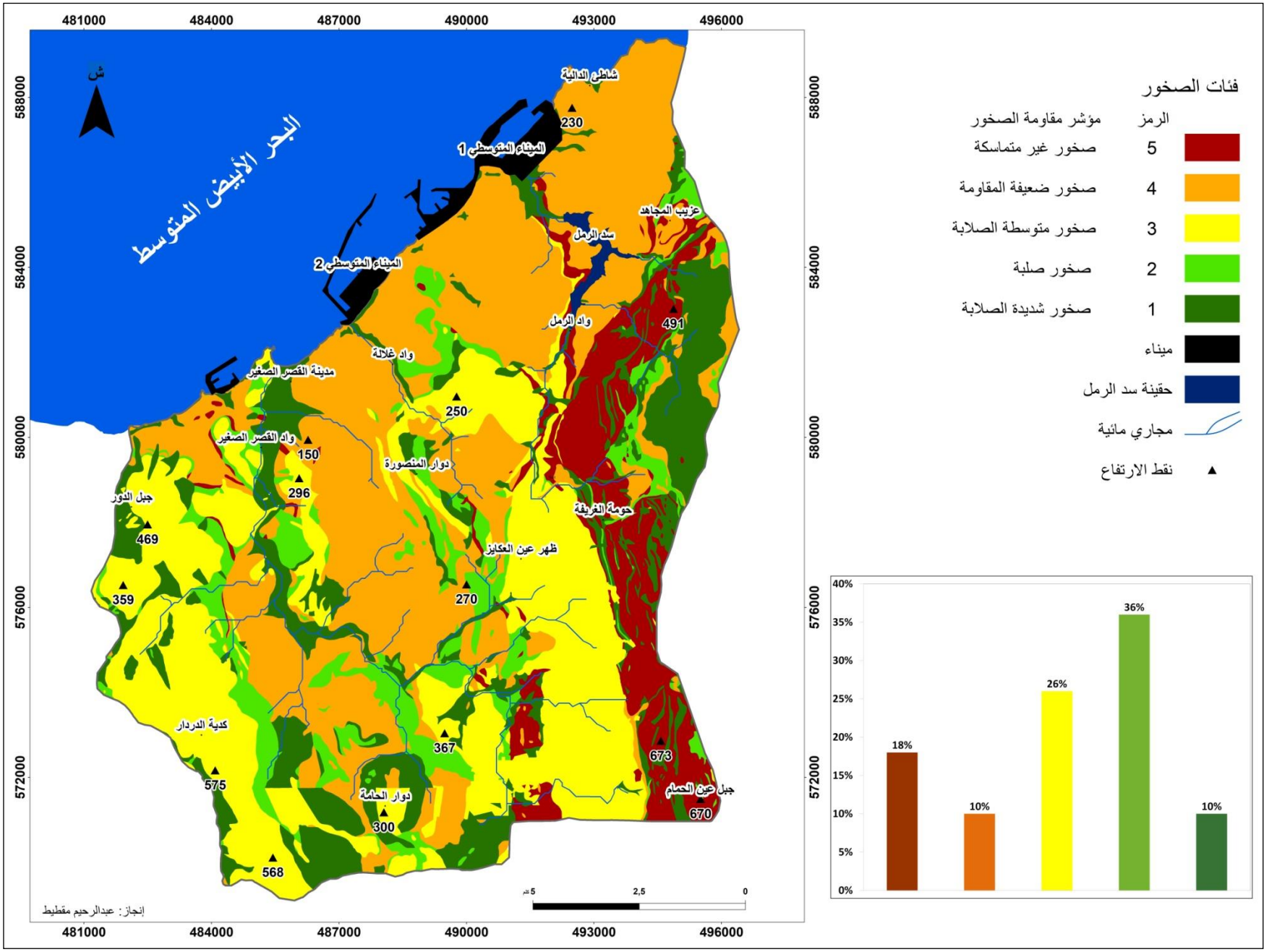
جدول20: فئات الصخارة حسب هشاشتها

فئات الصخارة	نوعية الصخور
5(e)	رواسب و أتربة متحركة وغير متماسكة
4(d)	صخور أو أتربة ضعيفة المقاومة (جبس الطين.....الخ)
3(c)	صخور أو أتربة رسوبية ضعيفة أو معتدلة الضغط (شيست، الصلصال...الخ)
2(b)	صخور أو أتربة متماسكة متكسرة
1(a)	صخور غير متغيرة، تكتلات مدعمة، النتوءات من الحث،الكلس،أتربة صلبة....)

المصدر: النموذج منهجية PAP/CAR .

يبين المبيان (شكل37) أن الفئة 2(b) التي توافق الصخور المتماسكة تمثل أكبر نسبة بحوالي 36% من مجال الدراسة متبوعة بالفئة 3(c) بحوالي 26% ثم الفئات 1(a) و4(d) ثم 5(e) التي لا تتعدى مجموع معدلاتها 20% من المساحة العاملة لمجال الدراسة.

تبرز خريطة الصخارة (شكل37) أن الفئة الأكثر تواجدا هي فئة الصخور الصلبة والمتمثلة في الحث والكلس حيث تنتشر في وسط منطقة الدراسة وتمتد في اتجاه الشمال الشرقي وهي تضم انحدارات تفوق 12%، أما بالنسبة لفئة الصخور المتوسطة الصلابة والتي توافق الشيست والصلصال فهي تتواجد في الجهة الغربية والجنوبية الشرقية حيث تتميز تضاريسها بوجود جبال (مرتفعة ومنخفضة)، بينما تنتشر الصخور ضعيفة المقاومة كالجبس والطين في وسط وشرق المجال.



شكل37: خريطة التكوينات الصخرية حسب PAP/CAR. المصدر: الخرائط الجيولوجية للقصر الصغير وسبتة (1/50000).

3.1.1. خريطة قابلية السطح للتعرية

تم إنجاز خريطة قابلية السطح للتعرية عن طريق تركيب خريطة الانحدار وخريطة الصخارة، وقد تم تفييئها حسب خوارزمية الجدول أسفله، وذلك بهدف تحديد المجالات حسب درجة قابليتها للتعرية.

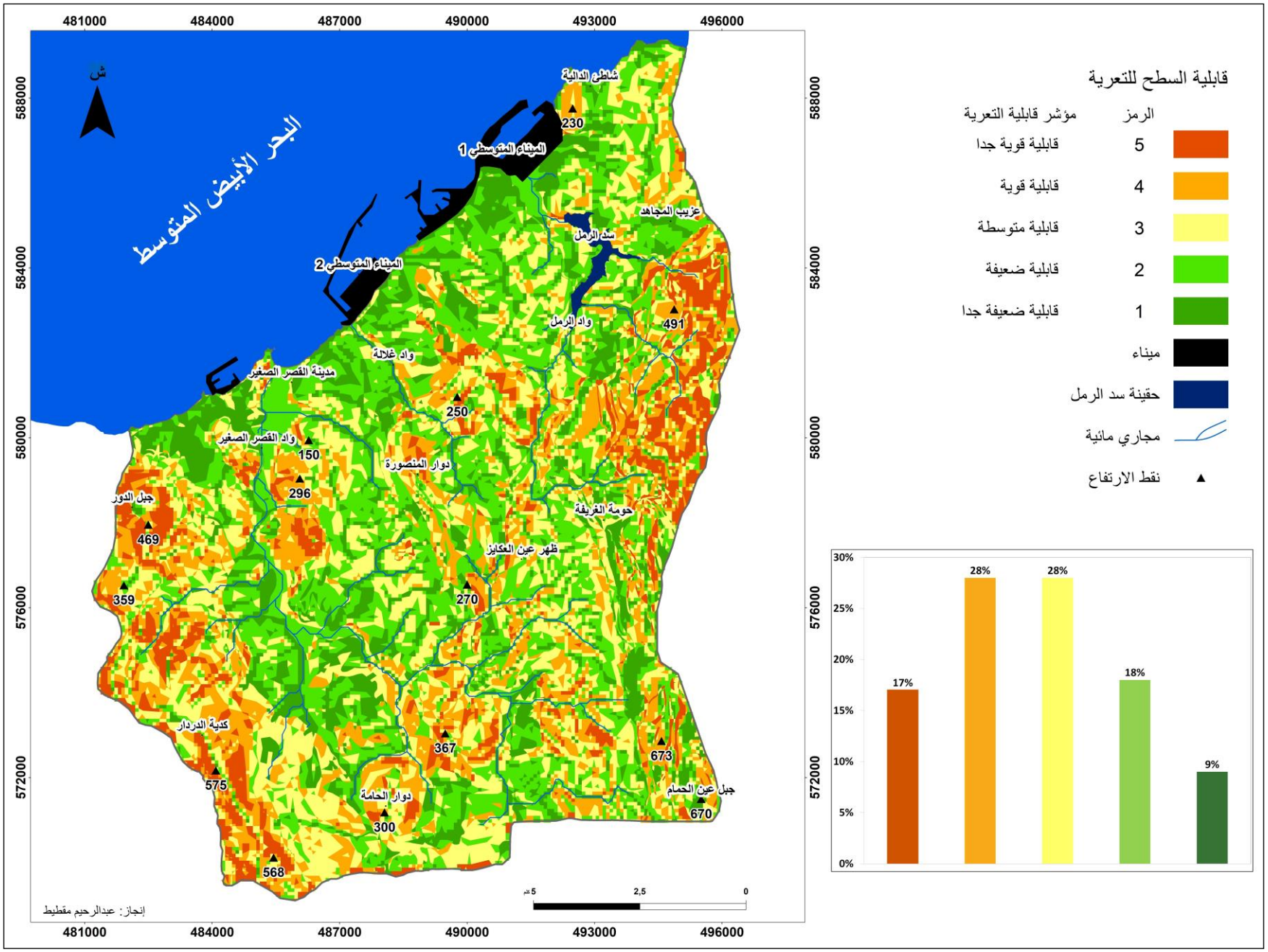
جدول21: خوارزمية إنشاء خريطة قابلية السطح للتعرية.

فئات الانحدار	فئات الصخارة				
	1(a)	2(b)	3(c)	4(d)	5(e)
1	1(EN)	1(EN)	1(EN)	1(EN)	2(EB)
2	1(EN)	1(EN)	2(EB)	3(EM)	3(EM)
3	2(EB)	2(EB)	3(EM)	4(EA)	4(EA)
4	3(EM)	3(EM)	4(EA)	5(Ex)	5(Ex)
5	4(EA)	4(EA)	5(Ex)	5(Ex)	5(Ex)

المصدر: منهجية PAP/CAR

مكنتنا قاعدة بيانات قابلية السطح للتعرية المائية من معرفة مجموعة من المعطيات تخص مساحة كل فئة وكذلك تحديد النسبة المئوية لكل واحدة منها.

من خلال تحليل معطيات المبيان (شكل38) يتضح أن الفئتين الأكثر تمثيلية هما: فئة القابلية المتوسطة للتعرية المائية وفئة القابلية القوية بنسبة متساوية تقدر بحوالي 28% من مساحة مجال الدراسة، وتشير خريطة قابلية السطح للتعرية المائية (شكل38) إلى أنه عندما يجتمع انحدار شديد مع صخور ضعيفة أو متوسطة الصلابة تكون القابلية للتعرية قوية، وهذا يمكن ملاحظته في الجهة الغربية والجهة الشرقية لمنطقة الدراسة، فعلى الرغم من وجود صخور متوسطة الصلابة، نجد انحدارات قوية تجعل من هذه الأراضي أكثر تهديدا بالتعرية، أما المجالات الواقعة على الساحل ووسط منطقة الدراسة فمؤشر التعرية ضعيف فيها لوجود منحدرات ضعيفة.



شكل38: خريطة قابلية السطح للتعرية حسب PAP/CAR. المصدر: تنضيد خريطة الصخارة وخريطة الانحدار.

2.1. خريطة حماية التربة من التعرية:

أنجزت خريطة حماية التربة من التعرية عن طريق تركيب خريطة استعمالات التربة وخريطة كثافة الغطاء النباتي حيث تهدف الأولى إلى تقسيم مجال الدراسة إلى فئات حسب نوع الغطاء النباتي (غابات، ماطورال....) أو زراعات (زراعات بورية، زراعات سقوية...). أما الثانية فهي تأخذ بعين الاعتبار كثافة الغطاء النباتي.

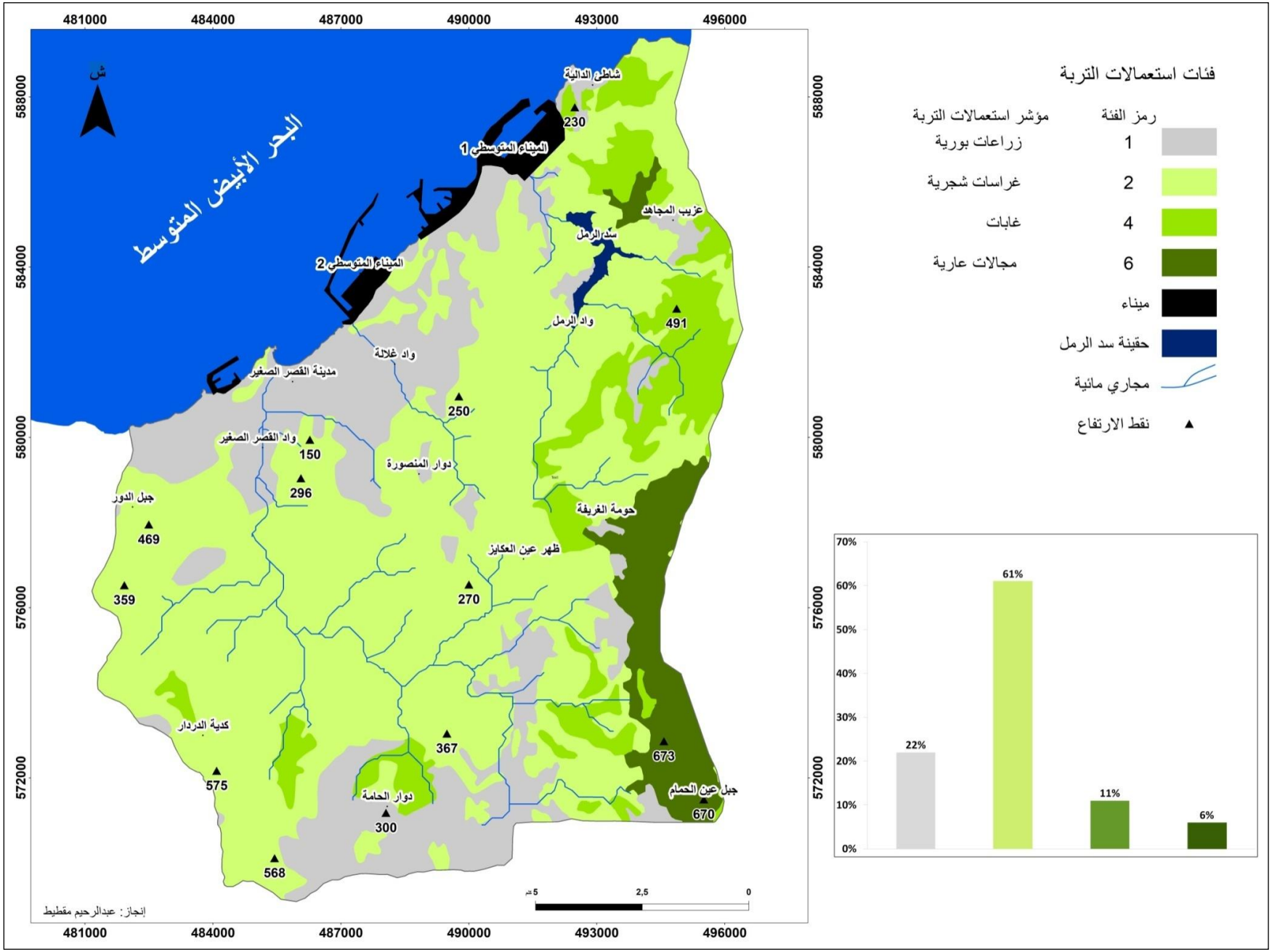
1.2.1. خريطة استعمالات التربة:

تم انجاز خريطة استعمالات التربة بالاعتماد على خريطة نوعية الغطاء النباتي لطنجة، حيث تمت خرائطية جميع مجالات الغطاء النباتي الواقعة في منطقة الدراسة حسب نوعيتها (جدول22).

جدول22: فئات نوعية الغطاء النباتي

الفئة	استعمالات التربة
1	زراعات بورية
2	غراسات تشجيرية (زيتون، فواكه،...)
3	مجالات مسقية
4	غابات
5	أشجار كثيفة
6	مجالات ضعيفة التشجير-مجالات الرعي

المصدر: منهجية PAP/CAR



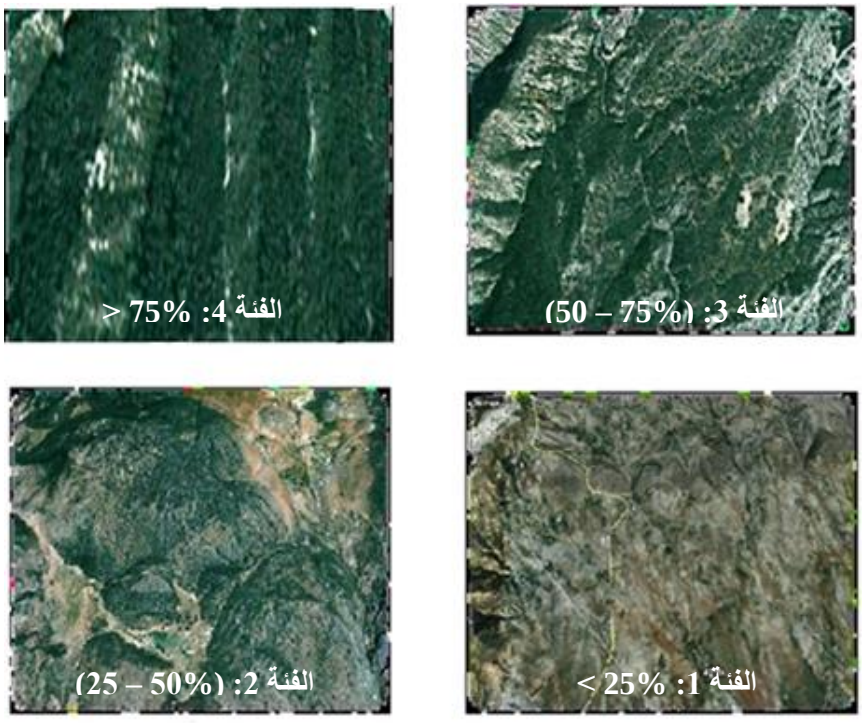
شكل39: خريطة استعمالات التربة بمنطقة الدراسة.

المصدر: IFN

تبرز قاعدة بيانات خريطة استعمالات التربة(شكل39) أن الفئة الثانية تمثل مساحة 118.4كلم^2 بنسبة 61% من مجال الدراسة، وتضم غراسات شجيرية (أشجار الزيتون والحوامض....) متبوعة بالفئة الأولى ذات الزراعات البورية بمساحة 44.2كلم^2 ونسبة 22%، فيما تظهر الفئات 4و6 ضعيفة بالمقارنة مع باقي الفئات الأخرى حيث لا تمثل سوى 11% و6% (على التوالي) من مساحة مجال الدراسة، وفي الأخير نجد الفئتين 3و5 اللتين تمثلان المجالات السقوية والمجالات ذات الغطاء النباتي الكثيف(فئتان غير موجودتان بمجال الدراسة) (شكل39).

2.2.1. خريطة كثافة الغطاء النباتي:

تم إنجاز خريطة كثافة الغطاء النباتي انطلاقا من صور المرئيات الفضائية (Google Earth لسنة 2014)، حيث تم تصنيف المجالات حسب الكثافة إلى أربع فئات وفق النموذج أسفله (شكل40).



المصدر: مقتطع من صور Google Earth (2014)

شكل40: تمثيل مختلف كثافات الغطاء النباتي.

جدول23: فئات كثافة الغطاء النباتي.

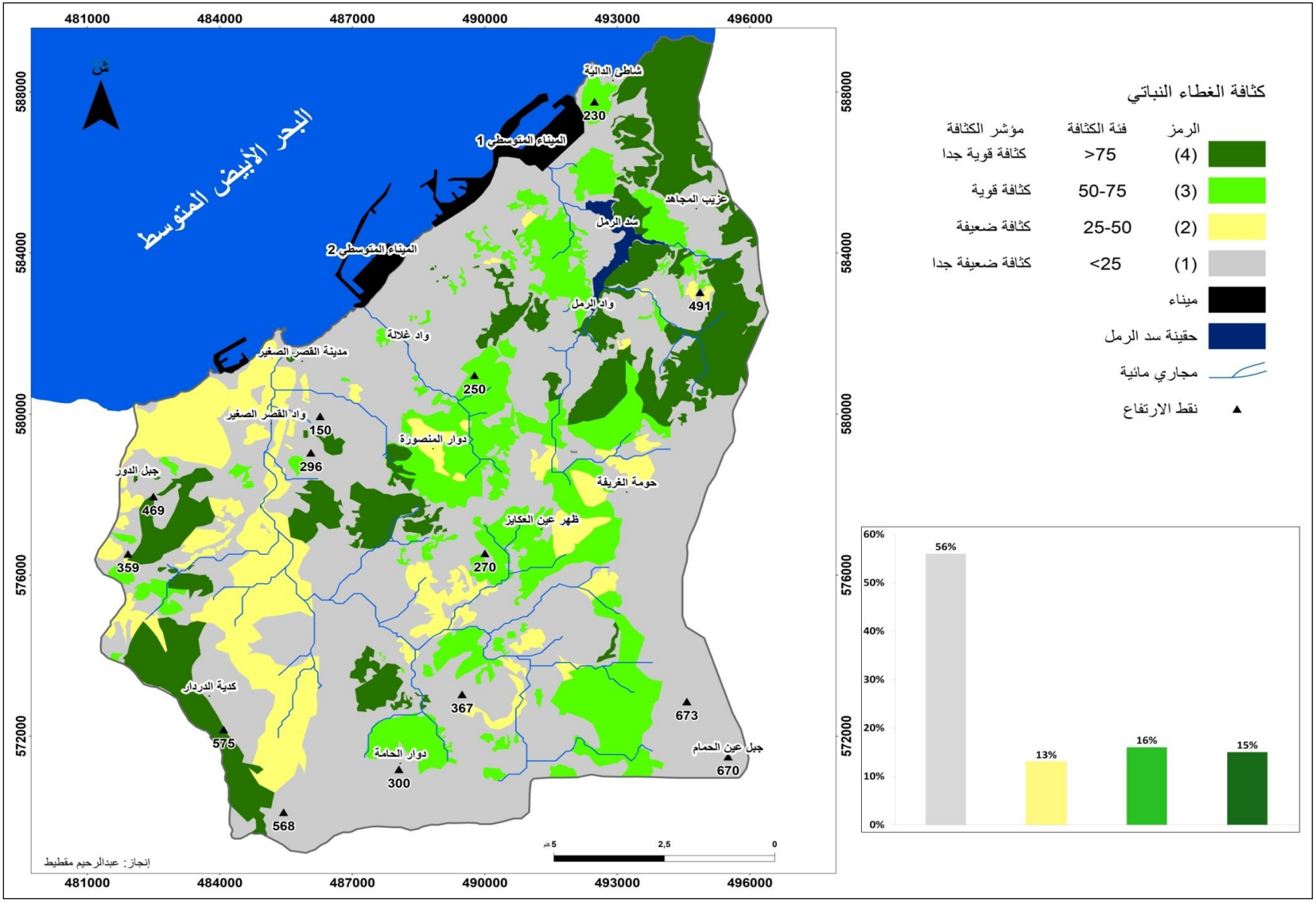
الفئات	نسبة كثافة الغطاء النباتي
4	أكثر من 75%
3	ما بين 50% و 75%
2	ما بين 25%و 50%
1	أقل من 25%

المصدر: منهجية PAP/CAR

تهدف خريطة الغطاء النباتي إلى تصحيح خريطة استعمالات التربة من جهة، ومن جهة أخرى، إدراج متغير كثافة الغطاء النباتي لماله من دور في الحفاظ على التربة من التعرية.

مكنتنا معطيات خريطة كثافة الغطاء النباتي (شكل41) من معرفة مساحة مجالات كل فئة من فئاتها حيث بينت النتائج أن الفئة 1التي توافق المجالات العارية أو ضعيفة الغطاء النباتي هي الأكثر ترددا بنسبة تقدر بحوالي 56% من مساحة مجال الدراسة، متبوعة بالفئة 3 ذات الغطاء النباتي المتوسط والكثيف، ثم تليها الفئة 4 التي تمثل الغطاء النباتي الكثيف جدا، وأخيرا نجد الفئة 2 الأصغر مساحة بالمقارنة مع الفئات الأخرى بحوالي 13% من المساحة العامة.

تبرز خريطة كثافة الغطاء النباتي أن المجالات الأكثر كثافة هي المجالات الغابوية (فئة أكبر من 75%)، فيما تنتشر نطاقات الغطاء النباتي الكثيف (50% إلى 75%) في وسط مجال الدراسة، وما تبقى من مساحة مجال الدراسة فهو يتأرجح بين غطاء نباتي ضعيف ومتوسط.



شكل41: خريطة كثافة الغطاء النباتي حسب PAP/CAR. المصدر: صور google earth لسنة 2014

3.2.1. خريطة حماية التربة من التعرية:

كما ورد سالفا، فخريطة حماية التربة من التعرية تهيأ عن طريق تركيب خريطة استعمالات التربة وخريطة كثافة الغطاء النباتي، وذلك بهدف تفييئ منطقة الدراسة حسب درجة حماية التربة بالاعتماد على خوارزمية الجدول24

جدول24: خوارزمية استعمالات التربة وكثافة الغطاء النباتي.

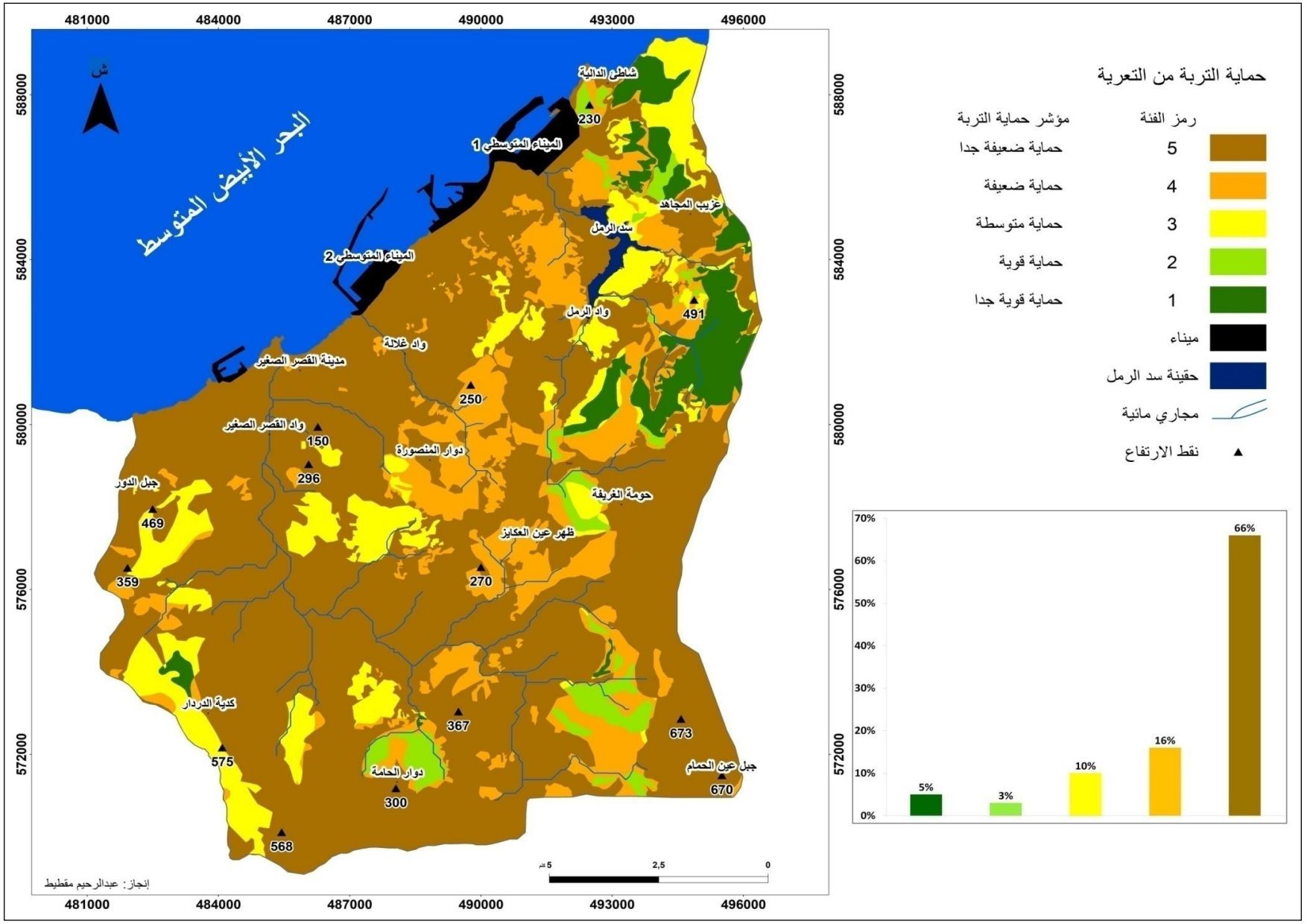
استعمالات التربة	كثافة الغطاء النباتي			
	4	3	2	1
1	4(B)	4(B)	5(MB)	5(MB)
2	3(M)	4(B)	5(MB)	5(MB)
3	1(MA)	1(MA)	2(A)	3(M)
4	1(MA)	2(A)	3(M)	4(B)
5	2(A)	3(M)	4(B)	5(MB)
6	2(A)	3(M)	4(B)	5(MB)

درجة حماية التربة

1. قوية جدا
2. قوية
3. متوسطة
4. ضعيفة
5. ضعيفة جدا

المصدر: منهجية PAP/CAR

يبين تحليل معطيات قاعدة بيانات الخريطة (شكل42) أن مجال الدراسة غير محمي بشكل كاف من حيث الغطاء النباتي، فالفئة الأكثر ترددا هي الفئة الأقل حماية بحوالي 66% من مساحة مجال الدراسة، وهذا ما يرفع من مؤشر خطر التعرية المائية.



شكل42: خريطة حماية التربة من التعرية حسب PAP/CAR. المصدر: تنضيد خريطة كثافة الغطاء النباتي وخريطة استعمالات التربة.

من خلال توزيع فئات حماية التربة من التعرية (شكل42)، يتضح أن الفئة الأكثر ترددا هي الفئة 5 ذات الحماية الضعيفة جدا للتربة وهي توافق انتشار الزراعات البورية والغراسات، أما المناطق ذات الحماية القوية فهي تتواجد بالشمال الشرقي موازاة مع انتشار التشكيلات الغابوية.

3.1. خريطة خطر التعرية

بعد إنجاز كل من خريطة قابلية السطح للتعرية المائية وخريطة حماية التربة من التعرية، تأتي مرحلة تركيب هاتين الخريطتين للحصول على خريطة التعرية المحتملة وذلك وفق الخوارزمية التالية:

جدول25: خوارزمية قابلية السطح للتعرية وحماية التربة من التعرية.

حماية التربة من التعرية	قابلية السطح للتعرية				
	1(EN)	2(EB)	3(EM)	4(EA)	5(EX)
1(MA)	1	1	1	2	2
2(A)	1	1	2	3	4
3(M)	1	2	3	4	4
4(B)	2	3	3	5	5
5(MB)	2	3	4	5	5

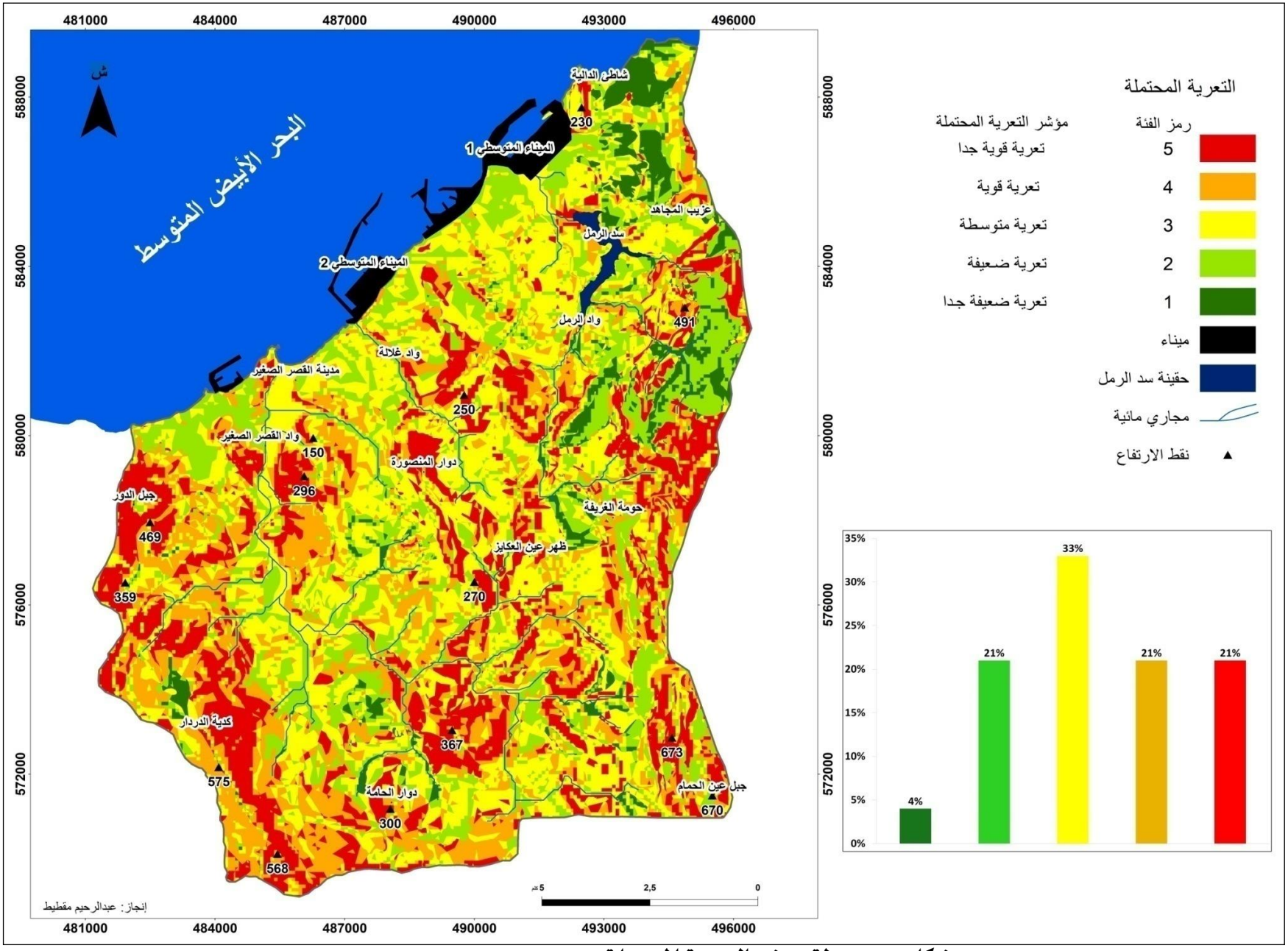
المصدر: منهجية PAP/CAR

مؤشر خطر التعرية المائية

5. خطر قوي جدا
4. خطر قوي
3. خطر متوسط
2. خطر ضعيف
1. خطر ضعيف جدا

تتوزع نطاقات الخطر على الخريطة (شكل43)، على الشكل التالي:

- **نطاقات التعرية القوية والقوية جدا:** تمثل الأوساط التي تعاني من خطر التدهور حيث تعرف سفوحها تدهورا متسارعا، وتمثل 42% من مساحة الدراسة حيث تظم هذه المجموعة أراضي متضرسة تتجاوز درجة انحدارها 20% في الغالب وتتميز ببروزات صخرية تغلب عليها الهشاشة، وبأراضي عارية من الغطاء النباتي، فالتعرية التي تشهدها هذه النطاقات تصل الدرجة القصوى وتتمثل في انتشار الأخاديد القوية والأساحل في الجنوب والشمال الشرقي وعلى السفوح المطلة على واد القصر الصغير وذلك يعود إلى غياب الغطاء النباتي ووجود سفوح شديدة الانحدار.



شكل43: خريطة مؤشر التعرية المحتملة.

المصدر: تنضيد خريطة قابلية السطح للتعرية وخريطة حماية التربة من التعرية.

- **نطاقات التعرية المتوسطة:** تمثل هذه النطاقات الأوساط المتوسطة الاستقرار التي تصل نسبتها حوالي 33% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة، وهي الأكبر تواجدا بظهير الميناء المتوسطي، تضم مختلف درجات الانحدارات وتشهد بذلك بداية الاختلال، مما جعلها تتميز بنشاط كبير للتعرية الغشائية والسيلان المنتشر وهذا يظهر من خلال مجموعة من الشعاب والأخاديد المنتشرة خاصة فوق السفوح المطلة على المجاري المائية، كما تعرف هذه الأوساط تراجعا لخصوبة التربة نظرا لتسارع عملية الإفقار البطيء للتربة.

- **نطاقات التعرية الضعيفة والضعيفة جدا:** تتمثل في الأوساط المستقرة نسبيا، وهي تشكل حوالي 25% من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة، وتوافق النطاقات التي لم تشهد تعرية نشيطة نظرا لخصوصيتها التضاريسية والصخارية وطبيعة غطائها النباتي، وأنماط استعمالات التربة بها.

تهم هذه الأوساط نطاق جبل الحافة (491م) شرق منطقة الدراسة بحكم وجود غطاء نباتي كثيف وركيزة صخرية صلبة متمثلة في الدولومي والكلس دولوميتي، أما في الشمال الشرقي فتنتشر نطاقات التعرية الضعيفة جدا نظرا لقاعدتها الصخرية المكونة من الحث بعناصر الميكا.

يرتبط إذن انتشار هذا النوع من التعرية بعدة عوامل حيث نجد الانحدار والطبيعة الصخرية وعامل حماية التربة المرتبط بكثافة الغطاء النباتي وأشكال استعمالات التربة إذ تصادف هذه المجالات حضورا مهما لحماية التربة وصخور مقاومة للتعرية كما هو الحال بالنسبة للسفوح المطلة على البحر بالشمال الغربي (القصر الصغير) أو المجالات الضعيفة الانحدار كبعض الأجزاء من السهول الساحلية.

يتضح من خلال النتائج المحصل عليها أن النطاقات ذات الغطاء النباتي الكثيف تعرف أراضيها استقرارا رغم وجود انحدارات قوية، كما هو الحال بالنسبة للشمال الشرقي الذي يضم غابات الدالية وعزيب المجاهد، ونطاقات أخرى تتوفر على حماية كبيرة من التعرية رغم غياب الغطاء النباتي بها حيث يرجع السبب إلى وجود الانحدارات الضعيفة (نطاقات السهول الساحلية والفيضية) التي تعمل على خفض سرعة جريان المياه وإضعاف عملية الحث بها.

أما المجاري المائية فهي تعرف تعرية متوسطة على السفوح المطلة عليها، ويبدو أن ذلك ناتج عن الطبيعة الصخرية لهذه النطاقات التي تضم صخورا رسوبية.

2. المقاربة الوصفية:

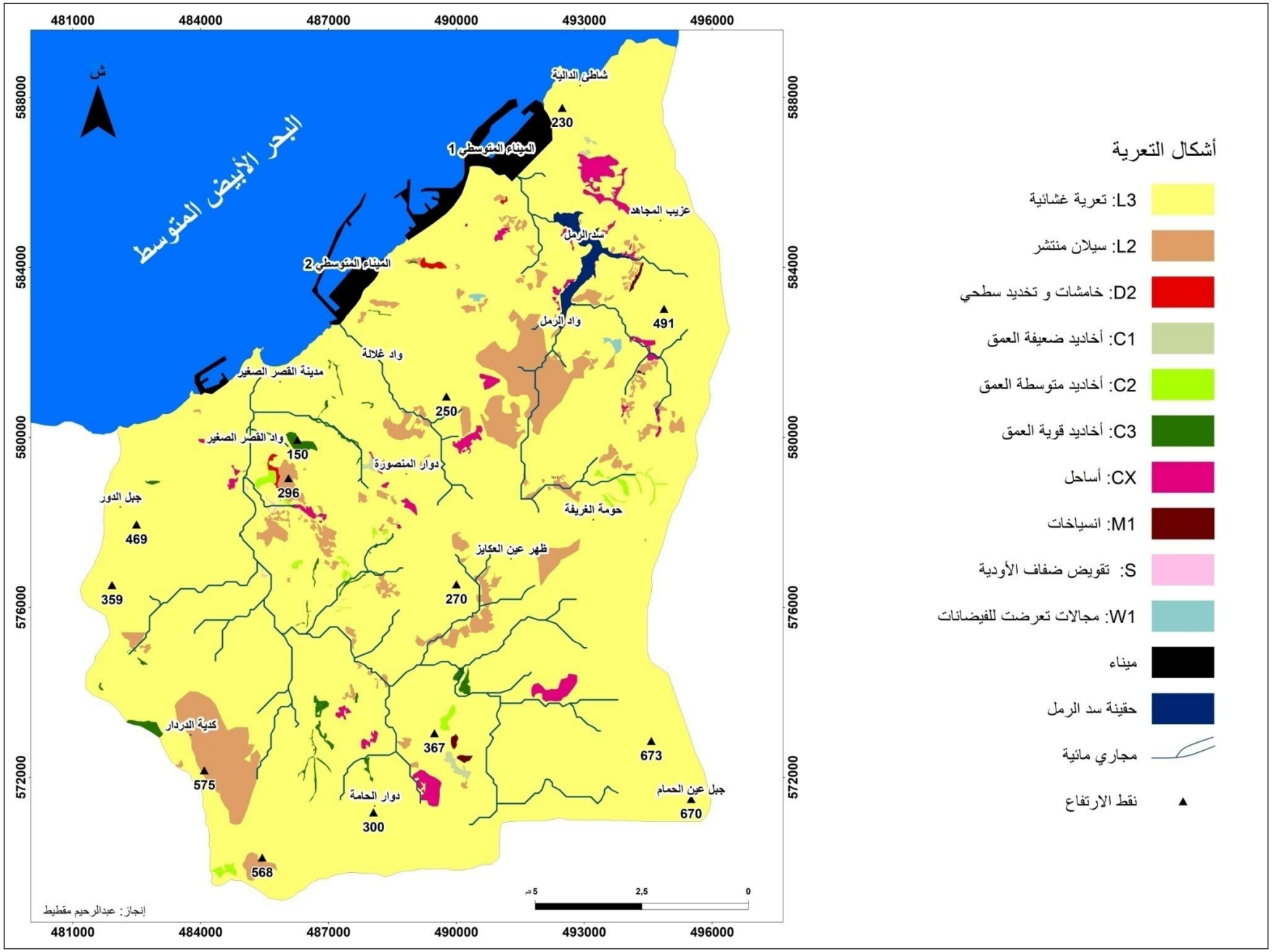
تتطلب المقاربة الوصفية بحثا ميدانيا من أجل التحقق من أشكال التعرية التي تمت خرائطيتها بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية، حيث أعطي لكل شكل رمزا وفق توجيهات أنموذج PAP/CAR، والهدف من هذا هو جرد كل أنواع التعرية في المنطقة المدروسة لاستغلالها في المقاربة الموالية.

وقد أسفرت نتائج تأويل المرئيات الفضائية والعمل الميداني عن وجود عشرة أنواع من أساليب وأشكال التعرية، وهي تتوزع على جل النطاقات، إذ تشغل المرتفعات ذات الغطاء النباتي الضعيف وكذا السفوح المطلة على الأودية، وتغيب في المناطق المحمية بالغابات أو المناطق ذات الانحدارات الضعيفة (جدول26).

جدول26: فئات أنواع التعرية بمجال الدراسة

نوع التعرية	رمزها	نسبتها من مجال الدراسة
تعرية غشائية	L3	88.32
سيلان منتشر	L2	6.34
خامشات وتخديد سطحي	D2	0.34
أخاديد ضعيفة العمق	C1	1.30
أخاديد متوسطة العمق	C2	0.09
أخاديد قوية العمق	C3	0.54
أساحل	CX	2.79
انسياخات	M1	0.16
تقويض ضفاف الأودية	S	0.03
مجالات تعرضت لفيضانات	W1	0.09

المصدر: منهجية PAP/CAR



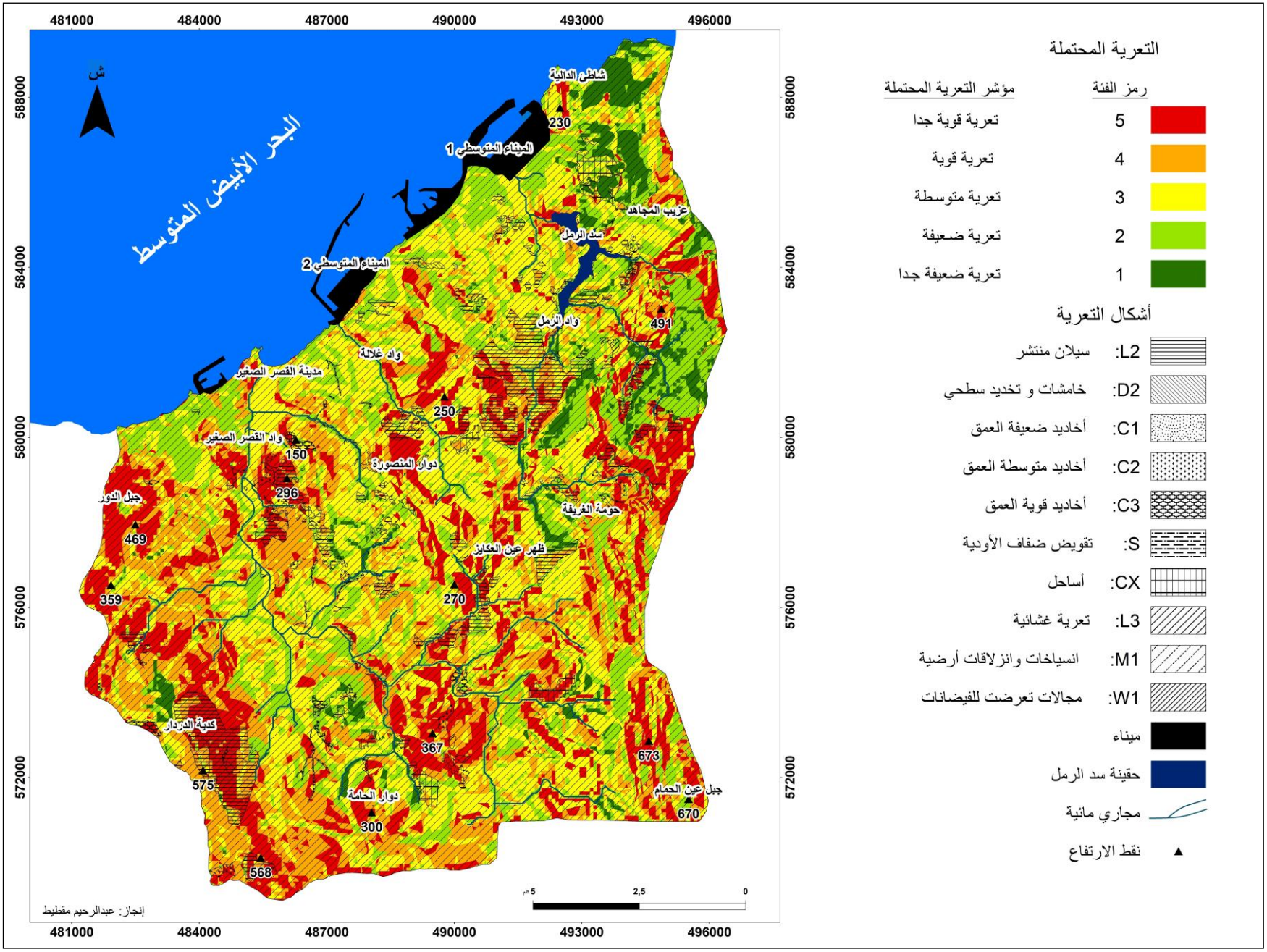
شكل44: خريطة أشكال التعرية بمجال الدراسة. المصدر: صور google earth لسنة (2014) وعمل ميداني.

3. مقاربة الإدماج:

اعتمدت هذه المقاربة على إدماج نتائج المرحلتين السابقتين، حيث تم ربط العلاقة بين نتائج المقاربة الأولى التنبؤية مع المقاربة الثانية الوصفية، للحصول على معطيات تعكس حقيقة الميدان اتجاه التعرية المائية، وكذا التنبؤ برؤية مستقبلية لما ستؤول إليه المنطقة اتجاه هذا الخطر.

وقد أبرزت دراسة قاعدة بيانات الخريطة أن المناطق التي تنتشر بها التعرية القوية جدا والمتوسطة توافق نطاقات التعرية الحادة جدا وتحديدا جبل عين لحمام في الجنوب الشرقي، وتوافق أيضا نطاقات التعرية الغشائية في عالية واد الرمل والجنوب الغربي في كدية دردار، ويفسير هذا بضعف كثافة الغطاء النباتي بهذه النطاقات.

أما في عالية واد الرمل، نلاحظ أيضا تواجد عدد كبير من أشكال وآليات التعرية، والسبب في ذلك هو الضعف الجيولوجي للصخور المتمثل في صخور الطين والصلصال بالإضافة إلى انعدام الغطاء النباتي.



شكل45: خريطة تو افق أشكال التعرية مع مؤشرات خطر التعرية. المصدر: تركيب خريطة التعرية المحتملة وخريطة أشكال التعرية.

خلاصة الفصل:

إن تقييم خرائطية التعرية المائية وفق أنموذج PAP/CAR بالاعتماد على المتغيرات الطبيعية (الانحدار، الغطاء النباتي، الصخارة) مكننا من تحليل وفهم إشكالية المنطقة اتجاه هذا الخطر.

حيث منحتنا خريطة المقاربة التنبؤية معلومات حول تدهور التربة بالنظر إلى درجة إسهام كل متغير متحكم في التعرية المائية، وكشفت عن خمس فئات للتعرية، إذ مثلت نسبة 21% النطاقات ذات خطر التعرية الضعيف ونسبة 33 %مثلت خطر التعرية المتوسطة أما خطر التعرية الضعيفة جدا فمثلت فقط نسبة 4%، فيما بلغت الأراضي ذات التعرية القوية والقوية جدا نسبة 21% و20% (على التوالي).

هذا وقد أبانت خريطة المقاربة الوصفية عن وجود عشرة أشكال من التعرية المائية في منطقة الدراسة، نذكر منها التعرية الغشائية التي لا ترى بالعين المجردة لكونها تحدث على مدة طويلة وهي ذات خطورة كبيرة، تعمل على نقل المواد المعدنية الضرورية للزراعة، (حوالي 95% من مجال الدراسة).

وكشفت خريطة المقاربة الوصفية عن تعرية الأخاديد التي تظهر في فصل الخريف خصوصا على الأتربة المحروثة، وهي تمثل أكثر من 0.2 كلم^2، وهذا النوع قد يظهر أيضا على الأراضي العارية الغير المستعملة بأشكال متنوعة وعلى الأراضي الفلاحية حيث يمكنها أن تتطور لتصبح أخاديد عميقة (1.75 كلم^2).

من هذه الأشكال أيضا نجد التعرية من النوع القوية جدا وهي أراضي ذات تعرية حادة، حيث تعرضت لعمليات تعرية متتالية أدت إلى فقدانها لكل العناصر المعدنية الضرورية للفلاحة.

إن حال منطقة الدراسة يستدعي التدخل العاجل للحد من خطر التعرية المائية الذي يعتبر من أصعب المخاطر الطبيعية التي تهدد الموارد وكذا البنية التحتية، وتنبئ بتدهور الظروف الاقتصادية والاجتماعية للساكنة، حيث يجب التدخل بوضع حواجز لحماية السفوح المهددة وصياغة برامج لتقنين استعمال الموارد الطبيعية بالمنطقة.

الفصل السادس:

النمذجة المجالية للحركات الكتلية من خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

تعتبر الحركات الكتلية ظاهرة من الظواهر الطبيعية التي لها تأثير وعواقب وخيمة على الإنسان، وأنشطته الاقتصادية، حيث تعتبر عالية الميناء المتوسطي لطنجة من بين المناطق أكثر تعرضا للحركات الكتلية، نظرا لكمية التساقطات التي تعرفها هذه المنطقة والتي تكون عنيفة في غالب الأحيان بالإضافة إلى هشاشة الصخور وتدخل الإنسان في المجال عن طريق شق الطرق واستخراج الرمال من المقالع وغيرها...

وأمام الأضرار التي تحدثها هذه الظاهرة، سنحاول من خلال هذه الدراسة تقديم إجابات لمجموعة من التساؤلات عن طريق إنجاز خرائط مخاطر الحركات الكتلية، اعتمادا على نظم المعلومات الجغرافية التي ستستخدم لإنشاء وتسجيل وتصنيف وتفسير ثم تمثيل البيانات المطلوبة من أجل النمذجة المجالية لخطر الحركات الكتلية، كما سنعتمد على النموذج الرقمي للأراضي (MNT) بصفته أساسيا لإنجاز جل الخرائط واستخراج أهم المتغيرات المتحكمة والمؤثرة في الحركات الكتلية.

I. الحركات الكتلية: التعريف ومناهج التقييم.

هناك أنواع مختلفة للحركات الكتلية، نذكر منها التدفقات الوحلية والانزلاقات السفحية والانسياخات والانهيارات وسقوط الجلاميد... كل هذه الأنواع المذكورة وغيرها تهدد منطقة عالية الميناء المتوسطي لطنجة وتشكل خطرا على ساكنتها.

تتضمن الآليات والأشكال المرتبطة بالحركات الكتلية كل أنواع الانزلاقات ابتداء من الانسياخات السطحية (Solifluxion pélliculaires) إلى الانزلاقات الدوارية (Glissements Rotationelles) (علي فالح 2010).

فالانزلاقات حسب تعريف اليونسكو (الوارد عند بوشتى الفلاح، 2000) هي حركة انسياخ بسيط أو ضربه ملعقة تؤدي إلى تحريك سفح كبير (من بعض الأمتار إلى عدة كلمترات)، ويجعل (FLLAGEOLLET J-C.,1989) ضمن الحركات الكتلية، الحركات التي تؤدي إلى الانخسافات والانهيارات والانزلاقات والتدفقات الوحلية.... وكل المواد التي يمكن أن تتعرض للحركة سواء كانت صخور متجانسة أو تكوينات سفحية أو أتربة.

1. خصائص وآليات وأشكال التعرية المرتبطة بالحركات الكتلية:

صنف (VARNES D.J., 1958) الحركات الكتلية إلى خمسة أنواع رئيسية: المهيلات (Falls) والانزلاقات الدوارية (Slides) والانزلاقات المتعددة الأصول (Movment Complex) والكتل المنهدمة (bloks Translationnal).

أما (FLLAGEOLLET J-C., 1989) فقد اعتمد في تصنيف الحركات الكتلية على ثلاثة مؤشرات هي:

- طبيعة المواد المعرضة للحركة وخصائصها الجيوتقنية ومستوى سطح الانفصال ومرفلوجية الكتلة المتحركة.
- نوع الحركة وسرعتها وأسبابها.
- النتائج التي تحدثها وحدة الأخطار المرتبطة بها.

ويمكن تجميع أنواع الحركات الكتلية بالاعتماد على:

✓ **اتجاه حركية الكتل:**

- حركة في اتجاه أفقي: كالتشوهات الطويلة للسفوح، والانزلاقات والانهيارات.
- حركة في اتجاه عمودي: التهدلات والمهيلات والانخسافات
- حركة مختلفة الاتجاهات: سقوط الجلاميد، انزلاق كتلية كبيرة، انهيارات صخرية.

✓ **نوعية حركية الكتل:**

- حركة طويلة ومسترسلة مثل المهيلات والتهدلات.
- حركة سريعة وغير مستمرة: سقوط الجلاميد، الانزلاقات....

✓ **تصنيف الحركات الكتلية:**

ونذكر من بين التصنيفات:

– تصنيف مورفوميكانيكي (BRUNSDER D.,1984) يستند على مورفولوجية التكوينات (الطبوغرافية، النسيج....)

– تصنيف جيوميكانيكي (HUTCHINSON J.N., 1988) يرتكز على مجموع الطرق الميكانيكية التي تؤثر في التكوينات الصخرية.

– تصنيف غيولوجي (Rhéologique) (COUSSOT P., 1992) يعتمد على مطاطية الصخور أثناء الحركة والخصائص الميكانيكية للمواد اعتمادا على دراسة نسيجها.

وعلى الرغم من اختلاف خصائص الحركات الكتلية وتفاوت حجمها من نوع لآخر، يبقى النوع الذي يحدث فوق الأتربة الطينية أكثر خطورة نظرا لحجم الخسائر التي قد يسببها.

1.1. حركية الكتل في اتجاه أفقي:

1.1.1. التشوهات البطيئة للسفوح:

تعتبر التشوهات البطيئة للمنحدرات حركات كتلية بطيئة (صورة9)، وهي ظاهرة سببها التشبع السطحي بالمياه لجزء من التربة أو التكوينات السطحية حيث تزيد مطاطية الأتربة خصوصا خلال الفصول الباردة والممطرة وتزحف بفعل الجاذبية نحو أسفل المنحدر.

صورة9: تشوهات طفيفة على الطريق المؤدية لتاغرامت. (الطريق رقم: P4703).

ينتشر هذا النوع من الحركات الكتلية في مجال الدراسة على السفوح الموجهة نحو الغرب والشمال والقريبة من الساحل حيث تعرف هذه المناطق درجة رطوبة عالية ترفع من مطاطية تربتها وتجعلها قابلة للانزلاق.

2.1.1. حركات كتلية مختلفة:

– هي حركات تحدث على شريط أرضي ابتداء من عالية الانحدار، حيث ينتج عنها حطام يظهر في السافلة على مسافات مختلفة قد يصل عرضها إلى بضعة عشرات الأمتار (FOFANA O. , 2009) ونذكر منها:

- **الانزلاقات القشروية**

يكتسح هذا النوع من الانزلاقات جل السفوح الصلصالية التي يغطيها غلاف ضعيف السمك من التكوينات السفحية الغنية بالجزئيات الطينية، وهي عبارة عن حركة بطيئة للقشرة السطحية تحدث عندما تتخطى الأتربة أو التكوينات السطحية حدود المطاطية، وتنفصل عن باقي أجزاء السفح في اتجاه الانحدار، على شكل مستوى وحلي لزج مواز للسطح الطبوغرافي، (على فالح. 2010).

- **الانسياخات الوحلية (**Coulées Boueuses**):**

على غرار الانزلاقات القشروية تحدث الانسياخات الوحلية كلما تجاوزت التربة حدود المطاطية والسيولة في نقطة معينة فوق السفح (AVENARD J.M , 1965) ، وتأخذ السفوح المعرضة لهذا النوع من التعرية طابعا محدودبا، نتيجة تتابع منخفضات صغيرة مرتبطة بفجوات الاقتلاع ومحدبات ناتجة عن ألسنة التدفق الوحلي (على فالح. 2010).

تنتشر الانسياخات الوحلية في عالية واد الرمل شمال منطقة الدراسة (صورة10)، وفي المناطق العارية من الغطاء النباتي وسط مجال الدراسة وفي الجنوب الشرقي حيث تعرف هذه المناطق تدهورا للمجال الغابوي.

صورة 10: صورة لانسياخ وحلي على ضفة سد واد الرمل.

المصدر: (صورة: Google Earth)

- **الانزلاقات الطينية:**

يحدث هذا النوع على الصخور الطينية الهشة، حيث يتشكل انزلاقا دورانيا ينتهي إلى حدود الطين الموجود على حواف الجداويل المائية، تليها بعد ذلك عدة تشوهات على سطح السفح ولمسافات متغيرة، فالانزلاق الطيني يكون ذو حجم كبير، حطامه المتراكم يمكن أن يصل مئات الأمتار بعيدا عن نقطة اقتلاعه.

- **الانزلاقات الكبيرة والعنيفة:**

يحدث هذا النوع من الانزلاقات فوق الأتربة الطينية والأتربة ذات البنية الدقيقة بسبب السيول في وقت الفيضانات، ويتحكم في سرعة هذه العملية كل من نوع التكوين الطيني ودرجة التجوية وكمية المياه.

- **الانزلاقات الدوارية** Glissements Rotationnels))

يظهر هذا الانزلاق على شكل كسر مقعر، وهو حركة دورانية إلى حد ما بالنسبة للخطوط الموازية للانحدار، كما يكون على شكل كتلة متماسكة على طول الانحدار مع تشوه طفيف.

صورة11: إنزلاق دواري بعالية واد غلالة.

(صورة من Google Earth).

2.1. حركة الكتل في اتجاه عمودي

يأخذ هذا النوع من الحركات الكتلية شكلا عموديا، حيث ينحرف سطح الأرض، دون ترك تشوه أفقي ملاحظ، ويكون السبب في حدوث الانهيالات هو تجويف تحأرضي قديم ينتج عنه نزول مستوى الأرض نحو الفراغ.

وبصفة عامة، فإن وقوع الانهيالات له سببين أساسيين إما ذوبان المواد من الحجر الرملي والجبص مما يجعلها ضعيفة جيولوجيا، أو حدوث تعرية ميكانيكية في الأتربة المتجانسة مثل: السفحيات (FOFANA.O., 2009). وتعتبر هذه الحركات الكتلية من أخطر الأنواع لما قد تسببه من تدمير للمباني والمنشآت.

❖ **التهدلات:**

نجد هذا النوع من الحركات فوق الأتربة التي تعرف نقصا في حجمها بسبب الضغط المحدث عليها (كأثقال المباني وغيرها) أو عن طريق الاستغلال المفرط للسدائم المائية. (FOFANA.O., 2009).

3.1. حركات مختلفة الاتجاهات: الانهيارات وسقوط الجلاميد

هي حركات مفاجئة تحدث على السفوح بفعل الجاذبية، عندما تصل التربة حدود المطاطية مما يمكن الجلاميد والأحجار من التدحرج والسقوط في اتجاه السافلة حتى منطقة الانتشار، ويتحكم في هذه العملية، درجة الانحدار وقد المتراكمات.

جدول 27: التسمية حسب حجم الركام .

سقوط الأحجار	**< 0.1m^2**
سقوط الجلاميد	**بين 0.1 م^3 و 100 م^3**
انهيارات	**بين 100م^3 و 10000 م^3**
انهيارات كبيرة	**بين 10000 م^3 و10م م^3**
انهيارات خطيرة	**أكبر من 10 م م^3**

.

المصدر: BRGM

صورة 12: صورة لتساقط جلاميد على حافة الطريق الرابطة بين تاغرامت وأحد المقالع.

2. مناهج تقييم الحركات الكتلية.

تعتبر الحركات الكتلية ظاهرة تسبب أضرارا تختلف حدتها حسب حجم كل حركة، وانطلاقا من هذا فإن النمذجة الحديثة أصبحت تمكن الباحثين من التوقع بحدوثها عبر دراسة خصائص معينة للأتربة وتحليلها ثم تركيبها للحصول على قاعدة بيانات.

يمكن تقييم قابلية السطح للحركات الكتلية باستخدام عدة مقاربات، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر: المقاربة الحتمية (أو البرهانية)، المقاربة الاستكشافية ثم المقاربة الإحصائية (DAL F.C et al, 2002).

1.2. المقاربة الحتمية:

تعتمد المقاربة الحتمية (أو البرهانية) على تحليل استقرار المنحدرات وفق خصائصها الفيزيائية والجيوتقنية من أجل استخراج خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية، وتعتبر هذه المقاربة موضوعية ودقيقة لكن تطبيقها يقتصر على مساحات صغيرة.

2.2. المقاربة الاستكشافية:

تعتمد المقاربة الاستكشافية على ربط العلاقة بين الحركات الكتلية وعامل المتغيرات (شدة الانحدار، توجيه السفوح... الخ) حيث يتطلب رسم خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية وفق هذه المقاربة خبرة ميدانية من أجل تحديد نسبة مساهمة كل متغير من المتغيرات في عدم استقرار السفوح.

3.2. المقاربة الإحصائية:

أما المقاربة الإحصائية فهي تمكن من قياس وتقييم العلاقة بين الحركات الكتلية والمتغيرات بالاعتماد على علاقات رياضية لوغاريتمية. وقد اعتمدناها في هذه الدراسة من أجل تقييم قابلية السطح للحركات الكتلية في منطقة الدراسة لكونها طريقة موضوعية ويمكن تحليل نتائجها بسهولة على عكس المقاربة الحتمية التي ترتبط جودة نتائجها بخبرة المتدخل في الميدان بالإضافة إلى أن تطبيقها يقتصر على مساحات صغيرة فقط.

أما المقاربة الاستكشافية فكلفتها كبيرة لأنها تعتمد على حفر آبار استكشافية (جيوتقنية) في جميع أنحاء منطقة الدراسة لتعطي في النهاية نتائج غالبا ما تكون ذات جودة ضعيفة.

3. أهداف ومراحل المنهجية المعتمدة في الدراسة:

تسمى المقاربة المعتمدة لإنجاز هذه الدراسة بمقاربة القيم المعلوماتية (VI) وتعتمد في إنجازها على رسم خريطة مؤشر الخطر انطلاقا من خرائط المتغيرات وخريطة احتمالية وقوع الحركات الكتلية وخرائط هشاشة المنطقة المدروسة وفق المراحل التالية:

أ- إنجاز خرائط قابلية السطح للحركات الكتلية من خلال تحديد مواقع الحركات التي حدثت سابقا بمجال الدراسة ثم معرفة خصائص الأراضي المتضررة. وهكذا تم جرد جميع الحركات الكتلية بمجال الدراسة اعتمادا على البحوث المنجزة في المنطقة بالإضافة إلى الخرائط الجيولوجية وصور الأقمار الاصطناعية.

ب- تحديد المتغيرات التي سيتم الاعتماد عليها في إنشاء خريطة قابلية السطح للحركات انطلاقا من النموذج الرقمي للأرض (MNT) وخرائط أخرى حيث تم توحيد حجم البكسيل لكل متغير أثناء تحويلها للملفات الشبكية Raster.

ج- تمثيل الحركات الكتلية السابقة بواسطة نقط وتجميع قيم المتغيرات ذات الخصائص المتشابهة لتشكيل فئات، وبهذا تأخذ كل فئة من فئات كل متغير قيمة معلوماتية (VI) تبين مؤشر قابلية السطح للحركات الكتلية وتحسب هذه القيمة وفقا للعلاقة التالية:

$$VI(i) = Ln(\frac{\frac{Si}{Ni}}{\frac{S}{N}}) \qquad (1)$$

مع:

Si: مساحة الفئةi التي تعرضت للحركات الكتلية Ni: مساحة الفئة i

N : مجموع المساحات التي تعرضت للحركات الكتلية S: المساحة العامة لمنطقة الدراسة.

د- تنجز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية انطلاقا من القيم المعلوماتية المحصل عليها عن طريق تجميعها وتوزيعها إل فئات.

بعد ذلك يتم تقييم جودة الأنموذج اعتمادا على قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية حيث يتم تحديد منحى التحقق ومنحنى التوقع (CHUNG et FABBRI. 2003) (الواردة عند ZIZERE (JL. et al.,) 2004.

يعطي منحى التحقق فكرة عن فعالية المقاربة حيث يتم إنجازه باستخدام الحركات الكتلية التي استعملت لإنجاز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية، كما أن حساب المساحة تحت المنحنى (Air sous courbe: ASC) يمكن من تقييم صحة وجودة النتائج وبالتالي جودة الأنموذج.

هـ- تربط المقاربة مكون الاحتمال الزمني لوقوع الحركات الكتلية بتردد الظاهرة خلال مدة معينة، على اعتبار أن نفس الظروف التي أدت إلى حدوث الحركات الكتلية السابقة ستكون هي السبب في

وقوعها في المستقبل، ويتم حساب الاحتمال الزمني لوقوع الحركات الكتلية باستعمال العلاقة الرياضية التالية:

$$Pi = 1 - 1 - (1 - \frac{Taffectée}{Ti} * Pr) \quad (2)$$

Pi: احتمال قابلية الأرض للحركات كتلية في الفئة i

T affectée : مجموع مساحات المناطق المتعرضة للحركات

Ti: مساحة الفئة i القابلة للحركة الكتلية Pr: القيمة التنبؤية للفئة i للحركة الكتلية

4. دراسة الهشاشة المجالية

اعتمدت دراسة الهشاشة المجالية على معيارين أساسيين: الأول معيار الدراسة التشخيصية ويضم مؤشر عدد السكان ومؤشر عدد مستعملي الطرق، أما المعيار الثاني فيهم الأضرار الهيكلية وضمنه مؤشر كثافة السكان ومؤشر تضرر الطرق، وقد أعطي لكل معيار قيمة تتراوح بين 0 و1 على اعتبار أن القيمة 1 تمثل المجالات الأكثر تضررا.

قسمت كل من خريطة هشاشة المنطقة وخريطة احتمالية وقوع حركات كتلية إلى أربع فئات حسب الجدول أسفله، وتم استنتاج مؤشر الخطر عن طريق تقاطع فئات كل واحدة منهما.

جدول28: شبكة تصنيف مؤشر الخطر العام لمنطقة الدراسة.

	احتمالية وقوع الحركات الكتلية				
هشاشة المجال للحركات الكتلية	+	ضعيفة جدا (1)	ضعيفة (2)	قوية (3)	قوية جدا (4)
	ضعيفةجدا (1)	2	3	4	5
	ضعيفة (2)	3	4	5	6
	قوية (3)	4	5	6	7
	قوية جدا (4)	5	6	7	8

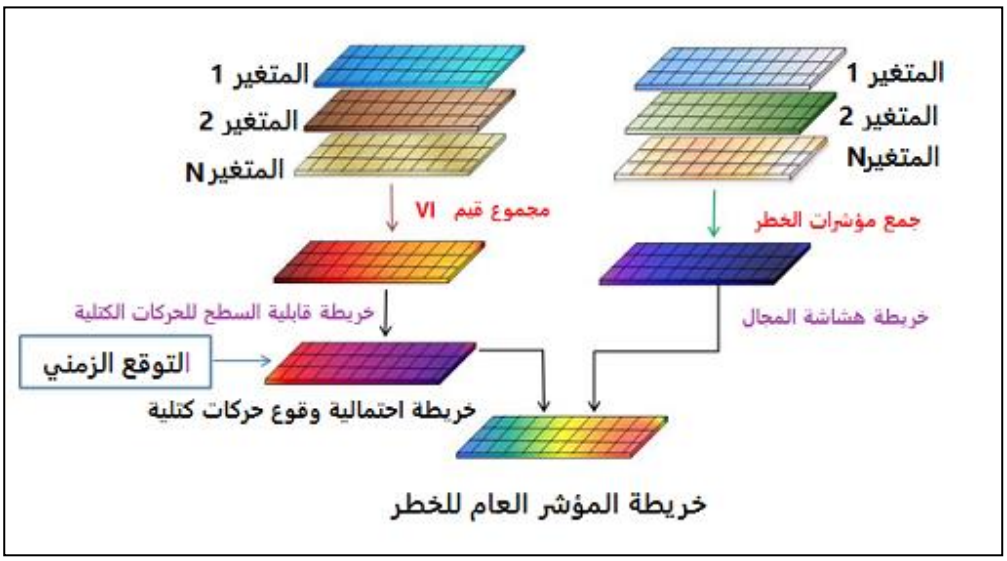
خطر ضعيف		خطر متوسط		خطرقوي	

5. توظيف نظم المعلومات الجغرافية في النمذجة المجالية للحركات الكتلية.

تم الاعتماد في جزء كبير من هذه الدراسة على نظم المعلومات الجغرافية SIG، والتي مكنتنا من إعداد البيانات وتنظيمها ثم تحليلها وتفسيرها.

لقد تم حساب وتهييئ كل المعطيات ببرامج نظم المعلومات الجغرافية، بدءا من المتغيرات حيث أعطيت لكل خلية فيها قيمة معلوماتية VI، وبعد ذلك تم جمع جميع القيم المعلوماتية لكل خلية بهدف إنشاء خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية، وبنفس الطريقة تم إنشاء خريطة هشاشة المجال وخريطة مؤشر الخطر.

خلال تحويل الخرائط من الملف الخطي (VECTOR) إلى الملف الشبكي (RASTER) تم توحيد حجم البكسيل (Pixel) بين جميع المتغيرات.



المصدر: منهجية الأنموذج (VI)

شكل 46.: خطاطة توضح مراحل إنجاز خريطة المؤشر العام للخطر.

II. تطبيق أنموذج تقييم الحركات الكتلية بظهير الميناء المتوسطي: دراسة وتحليل:

تختلف أشكال التعرية بظهير الميناء المتوسطي، وتتداخل فيما بينها حيث يصعب التمييز بينها، إلا أنه يمكن التمييز بين حجمها (أو شدتها) ومكان وقوعها (قابلية السطح للحركات الكتلية) ثم التنبؤ باحتمال وقوعها (MAQUAIRE O., 2002).

1. خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية في منطقة الدراسة:

تكتسي مرحلة إعداد خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية أهمية كبيرة نظرا للحجم الهائل للمعطيات التي تعتمد عليها، ولدور قاعدة بياناتها في إنجاز منحنى التحقق وإبراز مدى مصداقية النتائج.

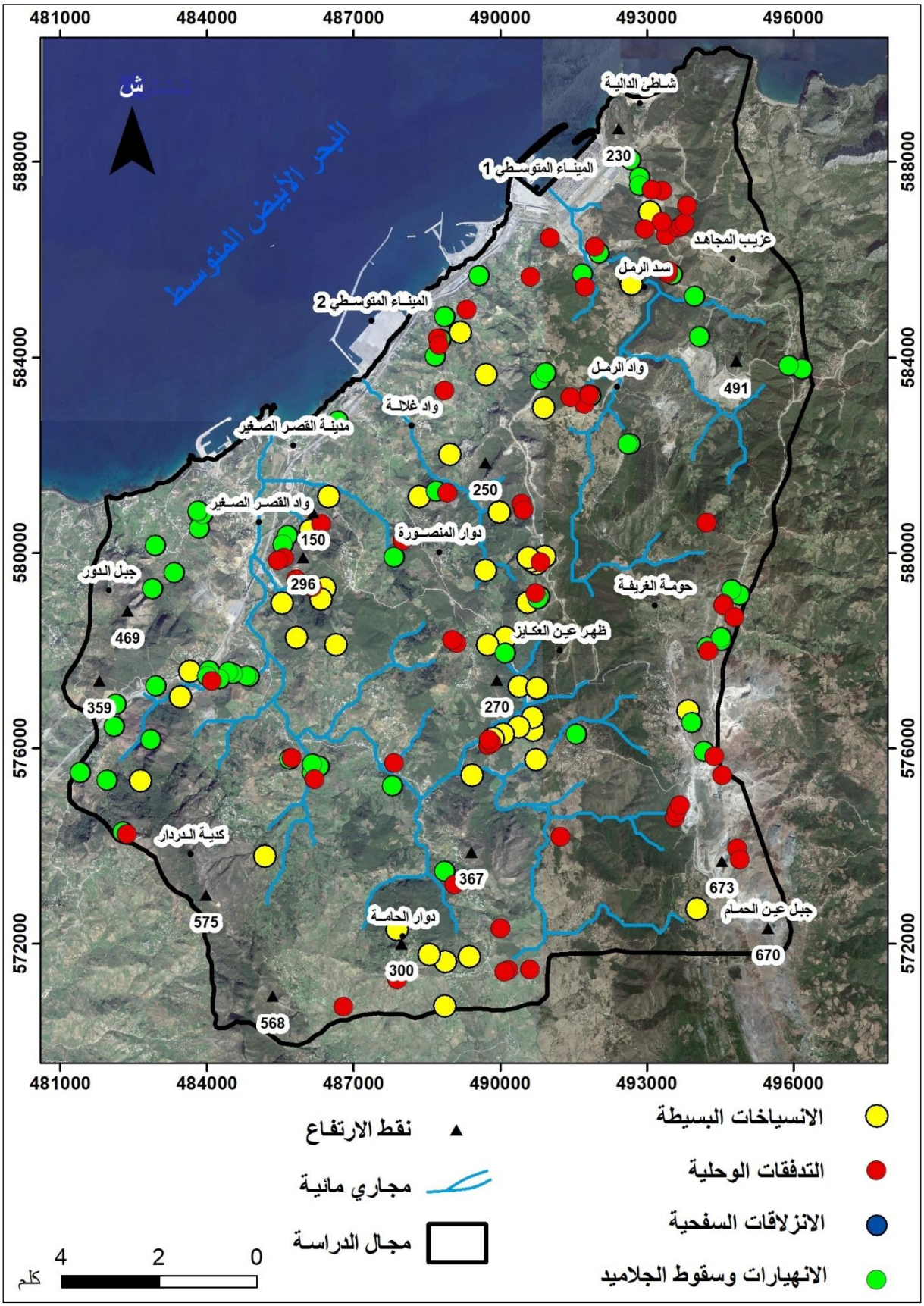
1.1. جرد الحركات الكتلية

يتطلب إنشاء خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية جردا لجميع الحركات داخل منطقة الدراسة اعتمادا على الدراسات السابقة المنجزة للمنطقة وكذا صور الأقمار الاصطناعية(جدول 29).

وأثناء جرد الحركات الكتلية تم التأكد أولا من صحة الحركات الكتلية الواردة في البحوث التي اعتمدنا عليها حيث تم التخلي عن 14 حركة كتلية لم تثبت صحتها فوق صور الأقمار الاصطناعية، كما تم إضافة 153 حركة حددت من صور الأقمار الاصطناعية وقد تأكدنا من بعضها في الميدان (جدول29).

جدول29: إحصاء لعدد الحركات الكتلية في منطقة الدراسة.

أنواع الحركات الكتلية	عدد الحركات الكتلية المستخلصة من :			المجموع	المساحة ب م^2
	الحركات الكتلية الواردة في خريطة André Filipe (2014)	الخريطة الجيومورفولوجية (Gharbaoui1981) و الخريطة الجيولوجية (MEM)	صور الأقمار الاصطناعية والعمل الميداني		
الانسياخات البسيطة	11	16	17	44	8519100
التدفقات الوحلية	1	0	63	64	748700
الانزلاقات السفحية	3	7	52	62	2623700
انهيارات وسقوط الجلاميد	4	82	21	107	10082300
المجموع	19	105	153	277	21973800

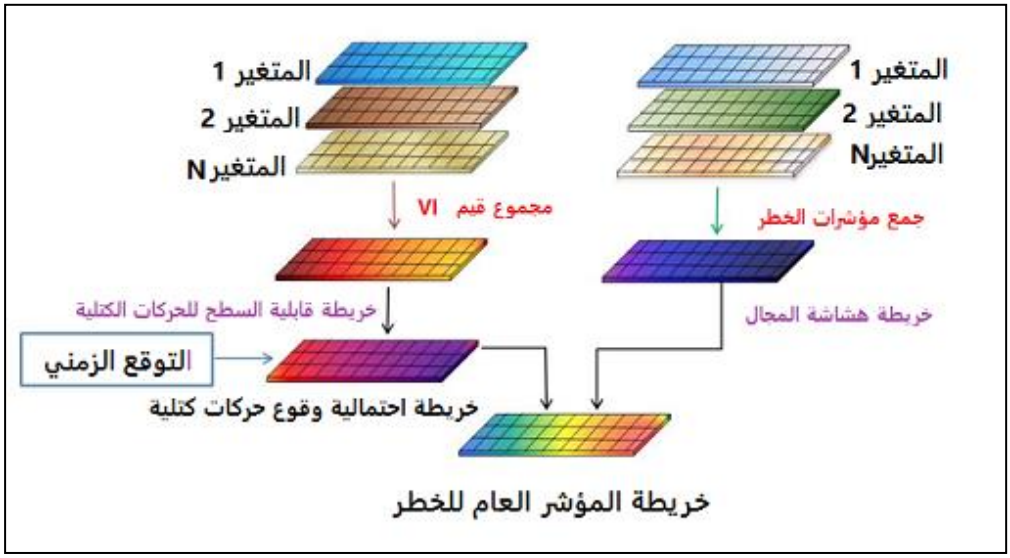


المصدر: صور الأقمار الاصطناعية لسنة 2016

شكل47: خريطة توضح مواقع الحركات الكتلية.

2.1. المتغيرات المتحكمة في اندلاع وتطور الحركات الكتلية

يعتمد الأنموذج على ستة متغيرات تم إنشاء جلها من النموذج الرقمي للأرض (MNT)، في حين أنجزت متغيرات أخرى اعتمادا على الخرائط الجيولوجية وخرائط استعمالات التربة لمجال الدراسة، وقد تم توحيد البكسيل لكل متغير عند تحويله للملف الشبكي.



المصدر: منهجية الأنموذج (VI)

شكل 48: تذكير بخطاطة مراحل إنجاز خريطة المؤشر العام للخطر.

1.2.1. الانحدار

تشكل الانحدارات إرثا مورفوبنائيا ناتجا عن تظافر كل من العوامل الجيولوجية والجيومورفلوجية، حيث يتمثل آثارها في اندلاع الحركات الكتلية من خلال الطاقة التي توفرها انحدارات السفوح لدفع الكتل المقتلعة نحو سافلتها، ولإبراز دور هذا العامل في دينامية السفوح قمنا بإنجاز خريطة الانحدارات لمعرفة مدى مساهمتها في ظهور الحركات الكتلية.

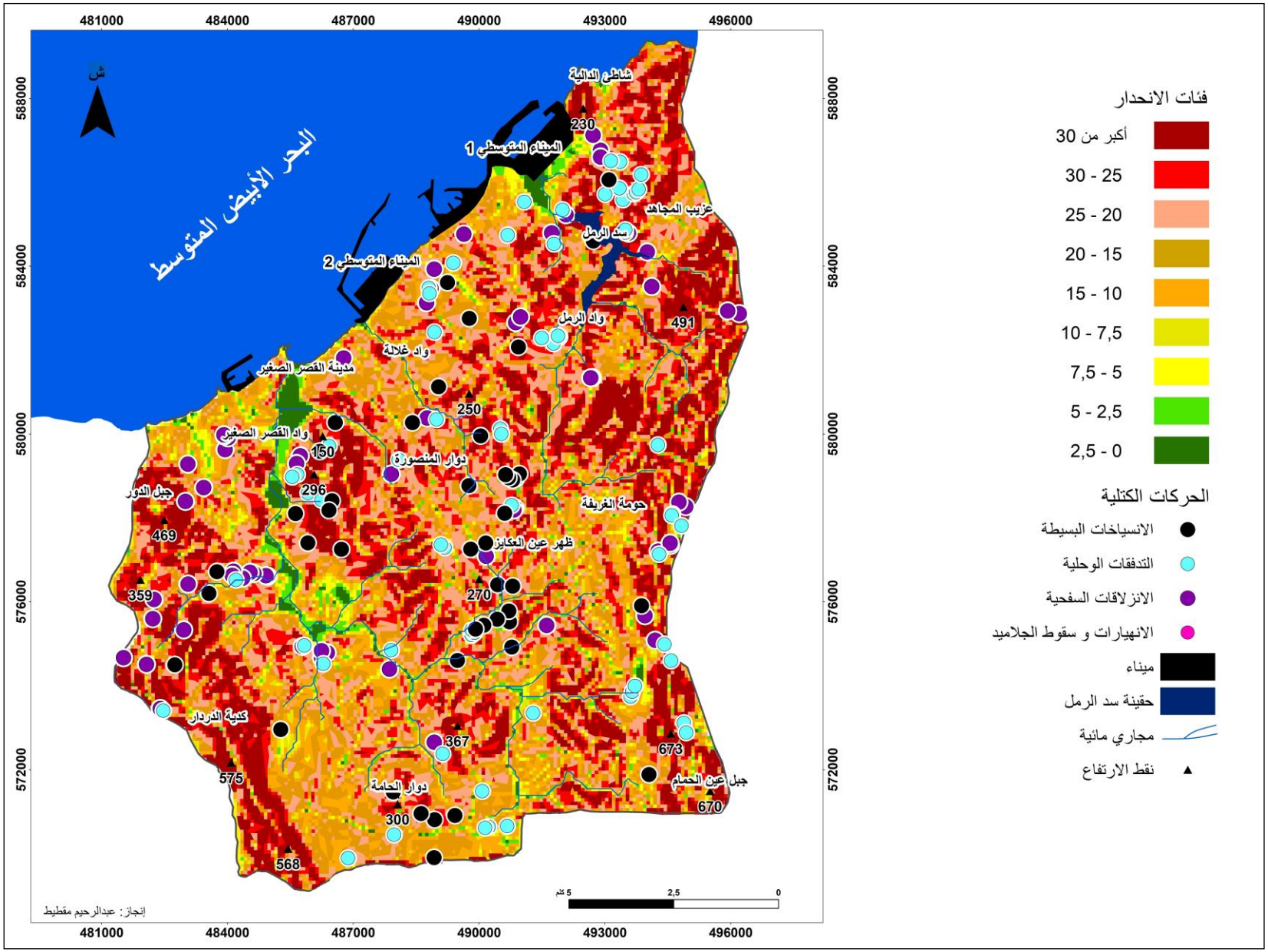
أنجزت خريطة الانحدار (شكل49) انطلاقا من النموذج الرقمي للأرض، ووطنا فوقها نقط الحركات الكتلية التي تم جردها لربط العلاقة بينها وبين طبيعة السفوح ثم حساب قيمة (VI) التي ستستغل لإنجاز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.

جدول30: متوسط القيم المعلوماتية (VI) حسب الانحدار.

فئات الانحدار	المساحة ب م²	عدد التدفقات الوحلية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانسياخات البسيطة	متوسط VI
> 30	6357599	15	38	16	8	0,790
25 – 30	29579446	7	15	13	8	0.260
20 – 25	39258692	14	17	11	15	0.603
15 – 20	48252476	14	19	14	7	0,505
10 – 15	25312684	13	8	5	4	-0,099
7,5 – 10	8951989	1	8	2	1	-1,316
5 – 7,5	16387531	0	1	1	0	-0,6636
2,5 – 5	14735887	0	0	0	1	-0.853
0 – 2,5	4850739	0	0	0	0	-0.349

تتوزع أنواع الحركات الكتلية بنسب متباينة، حيث تضم فئة الانحدارات القوية جدا أكبر النسب بحوالي 27% من مجموع عدد الحركات، فيما تتراجع هذه النسبة كلما ضعفت نسبة الانحدار، وهذا ما يؤكد دور وتأثير عامل الانحدار على دينامية السفوح، فهو أحد العوامل المسؤولة عن تحفيز آليات الحركات الكتلية (شكل49).

كما يتضح من خلال الأرقام الواردة في الجدول 30 أن كل فئات الانحدار تضم أنواع الحركات الكتلية باستثناء الفئات ضعيفة الانحدار التي تضم عدد قليل من الحركات، وهي فئات يقل فيها الارتفاع النسبي للسفوح، وهذا ما يضفي عليها طابع الاستقرار نسبيا.



شكل 49: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة الانحدار. المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

2.2.1. توجيه السفوح:

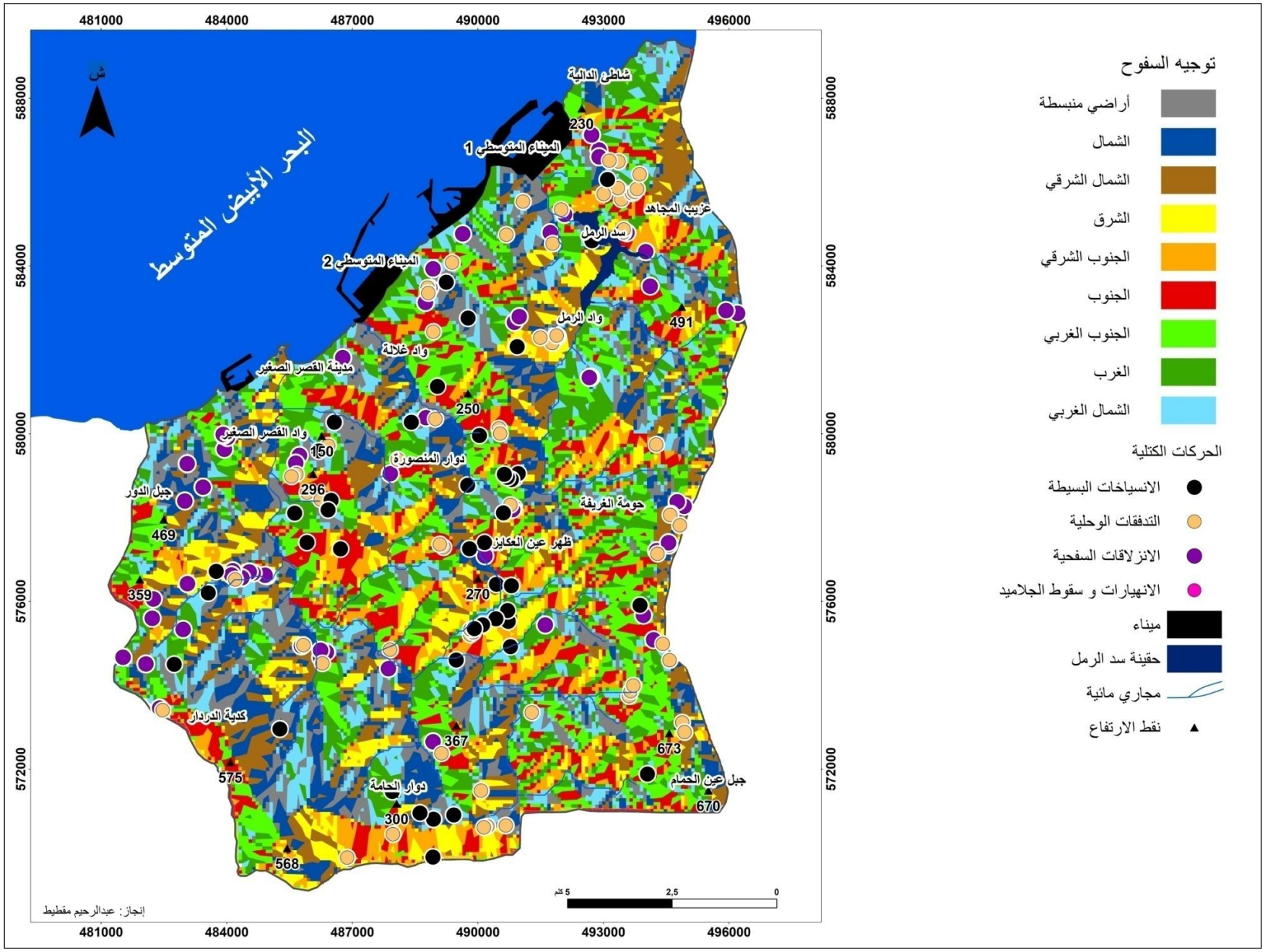
يعتبر عامل توجيه السفوح من المؤشرات الأساسية المتحكمة في اندلاع الحركات الكتلية، فالسفوح الموجهة نحو الغرب أو الشمال تكون مؤهلة لظهور العديد من أشكال الحركات الكتلية نظرا لتلقيها نسبا كبيرة من التساقطات التي ترفع من نسبة تشبع أتربتها بالمياه.

أنجزت خريطة توجيه السفوح(شكل50) من النموذج الرقمي للأرض ثم وطنت فوقها نقط الحركات الكتلية من أجل ربط العلاقة بين توجيه السفوح وآليات الحركات الكتلية وحساب القيم المعلوماتية (VI) لكل فئة.

جدول31: متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لتوجيه السفوح.

فئات توجيه السفوح	المساحة ب م²	عدد التدفقات الوحلية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانسياخات البسيطة	متوسط VI
الانبساط	21757153	1	0	0	0	-1,533
الشمال	20962500	9	5	6	5	0,203
الشمال الشرقي	20758851	5	18	7	3	-0,323
الشرق	15121809	5	4	4	6	-0,567
الجنوب الشرقي	14981413	4	10	8	6	-0,247
الجنوب	20887813	10	18	7	3	-1,269
الجنوب الغربي	26775002	12	22	12	8	0,384
الغرب	30150866	14	19	10	6	0,659
الشمال الغربي	22291636	4	13	8	7	-1,336

بينت نتائج توزيع الحركات الكتلية على فئات خريطة توجيه السفوح (جدول31) وجود 33 % من الحركات على السفوح الغربية والشمالية الغربية بسبب ارتفاع الرطوبة بهذه النطاقات نتيجة تلقيها لكميات كبيرة من التساقطات، وبينت هذه النتائج كذلك انخفاض عدد الحركات الكتلية على الأراضي المنبسطة والسفوح الشرقية لعدم وجود ظروف وعوامل محفزة لاندلاع الحركات الكتلية.



شكل50: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة توجيه السفوح. المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

3.2.1. شكل الانحدارات:

تأخذ الانحدارات وسفوح المناطق الجبلية أشكالا متباينة حسب العوامل التي ساهمت في تشكيلها، كالعوامل المتعلقة بالتركيب الصخري وعمليات التعرية المائية والبحرية حيث يصعب حصر أنواع الانحدارات نظرا لتعدد أشكالها، إلا أننا صنفناها إلى أربعة أنواع من الأشكال حسب خصوصية تضاريس المنطقة.

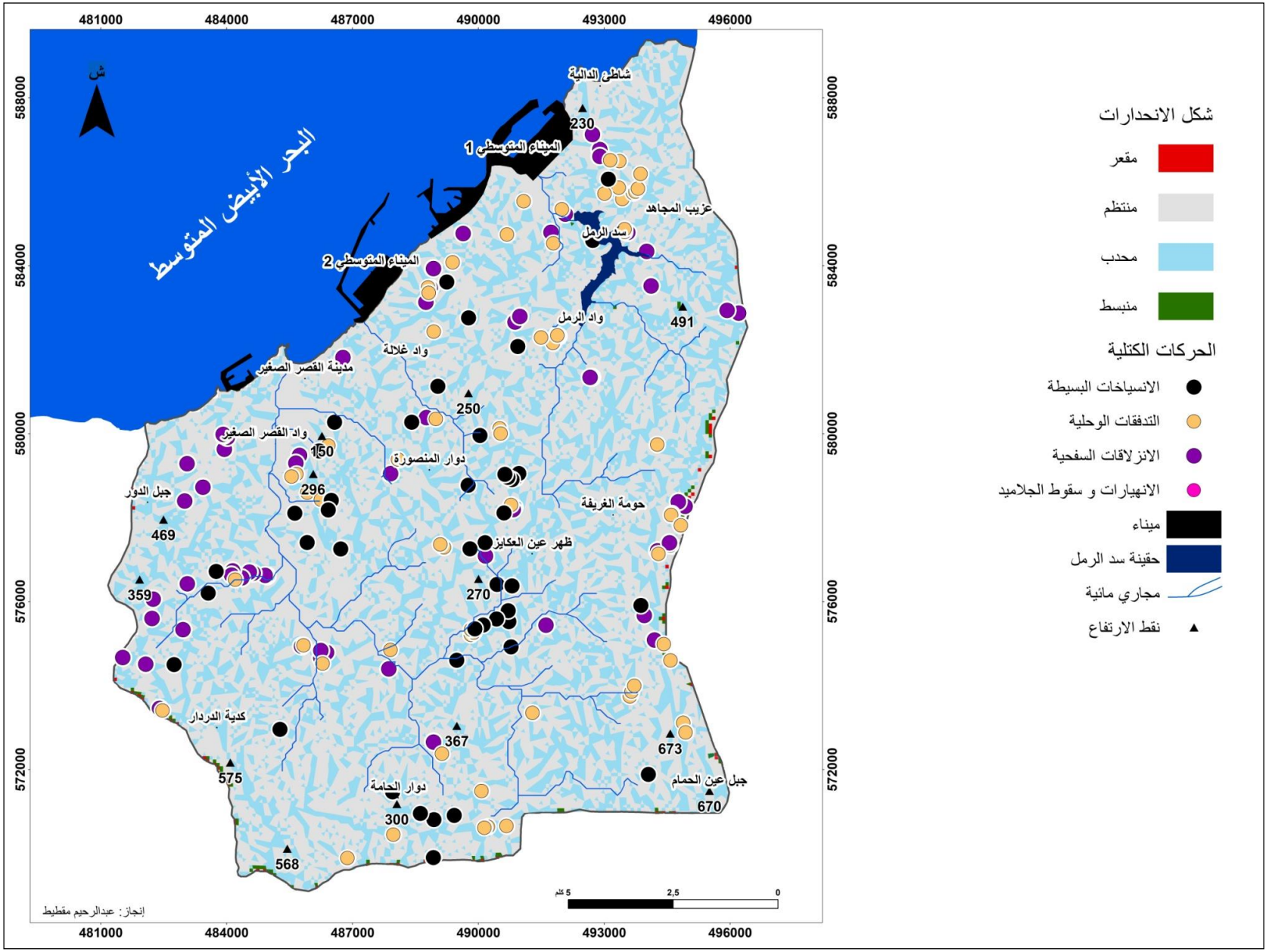
أنجزت خريطة شكل المنحدرات (شكل51) انطلاقا من النموذج الرقمي للأرض وباستعمال أداة (Curvature) المتوفرة في نظم المعلومات الجغرافية، وقد تم تصنيف الانحدارات إلى أربعة أنواع: انحدارات مقعرة وانحدارات محدبة وانحدارات منبسطة ثم ا نحدارات منتظمة.

جدول32: متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لشكل الانحدرات.

فئات شكل الانحدار	متوسط VI	عدد الانسياخات البسيطة	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد التدفقات الوحلية	المساحة ب م²
مقعر	372854	5	6	2	0	-0,757
منتظم	125697000	32	67	25	35	1,581
محدب	67059753	26	34	35	9	1,085
منبسط	557436	1	0	0	0	-0,813

المصدر: النموذج الرقمي للأرض + صور المرئياتالفضائية

يتغير تحرك الكتل الأرضية نحو سافلة الانحدارات حسب طبيعة السفوح وحسب نوعية الصخور المتراكمة، كما يلعب شكل السفح دورا أساسيا في دينامية الكتل الصخرية انطلاقا من عاليته، حيث تكون سريعة الظهور فوق الانحدارات المقعرة أو المائلة في حين يختلف سلوكها في الأنواع الأخرى من الانحدارات.



شكل 51: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة شكل الانحدارات. المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

تتمركز غالبية الحركات الكتلية (شكل 51) فوق الانحدارات المائلة والانحدارات المحدبة بنسبة 57% و36 % (على التوالي)، بينما لا يتعدى عددها فوق الأشكال الأخرى سوى 19 حركة كتلية فقط، ونشير إلى أن فئتي الانحدارات المقعرة والانحدارات المستوية لا تشكل إلا مساحة صغيرة جدا في مجال الدراسة.

4.2.1. مؤشر الرطوبة (TWI):

يقصد بمؤشر الرطوبة أي نسبة المياه المحتفظ بها في التربة، ويعتبر هذا المؤشر من العوامل الأساسية في تفسير دينامية السفوح وظهور الحركات الكتلية بها، فكلما كانت التربة مشبعة بالمياه، إلا وزاد احتمال ظهور أشكال الحركات الكتلية بها.

أنجزت خريطة مؤشر الرطوبة انطلاقا من تركيب قاعدة بيانات خريطة مناطق تجميع المياه وخريطة الانحدار وفق تطبيق العلاقة التالية:

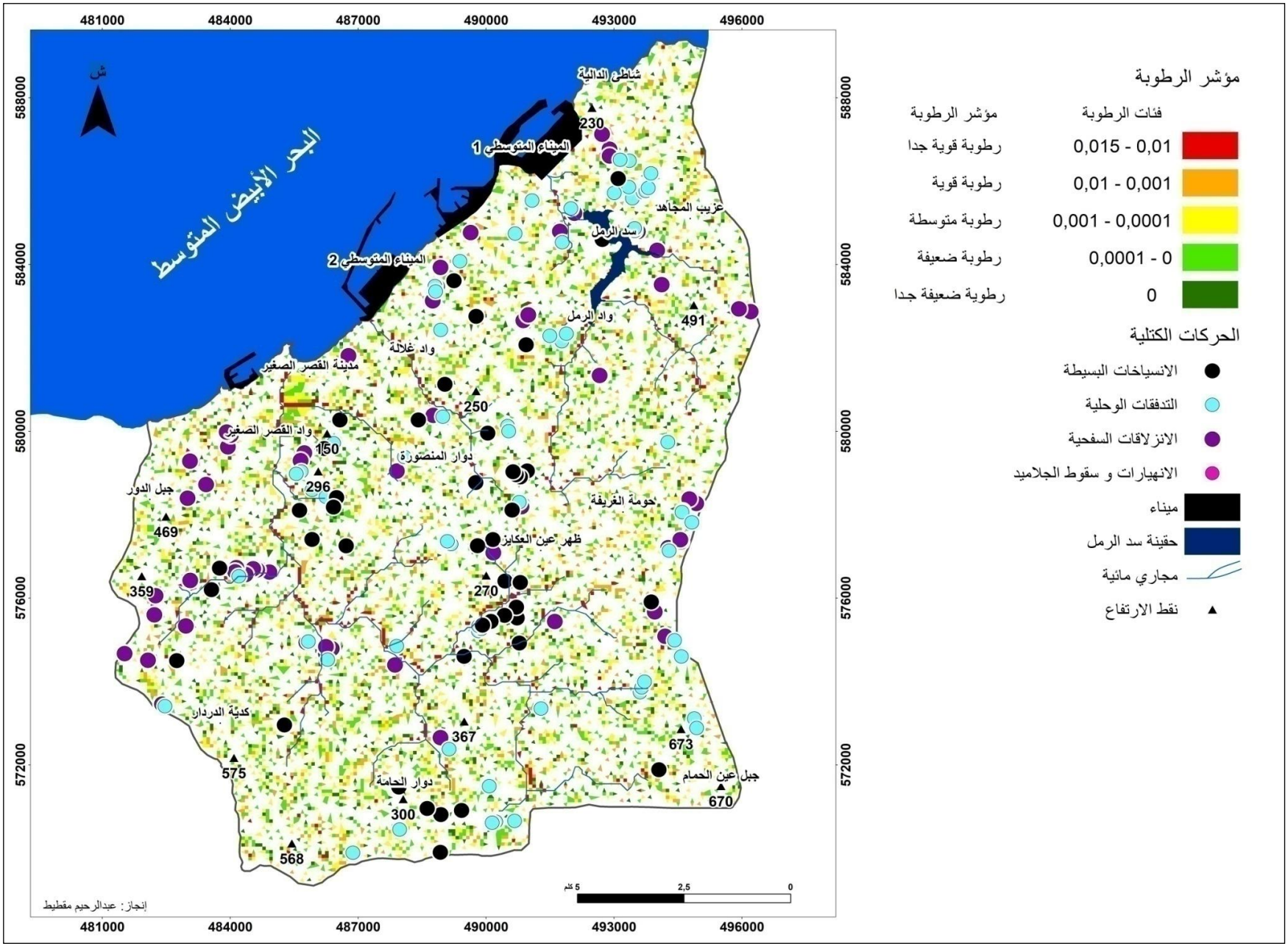
$$TWI = Ln(A/\tan B)$$ مع:

A: مساحة مناطق تجميع المياه (Flow Accumulation) ب (m^2).

Tan B: مماس ميل المنحدر (بالدرجة).

جدول33: متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لمؤشر الرطوبة.

فئات مؤشر الرطوبة	متوسط VI	عدد الانسياخات البسيطة	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد التدفقات الوحلية	المساحة ب $م^2$
0.015 – 0.01	**14919489**	**7**	**10**	**10**	**10**	-0,947
0.01 – 0.001	**119973302**	**6**	**12**	**7**	**6**	**-1,212**
0.001 – 0.0001	**29456243**	**35**	**61**	**42**	**28**	1,674
0.0001 – 0	**20425454**	**16**	**23**	**12**	**9**	**0,638**
0	**8911555**	**0**	**1**	**0**	**0**	-0,624



شكل 52: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة مؤشر الرطوبة.

المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000)

أبرزت نتائج توزيع الحركات الكتلية فوق خريطة مؤشر الرطوبة (شكل52) على أن فئة الرطوبة المتوسطة تضم حوالي 60 % من مجموع الحركات الكتلية بظهير الميناء المتوسطي وهي تتمركز أساسا بالقرب من الأودية (واد القصر الصغير وواد الرمل) وبعض السفوح غير المشمسة نظرا لرطوبتها المرتفعة.

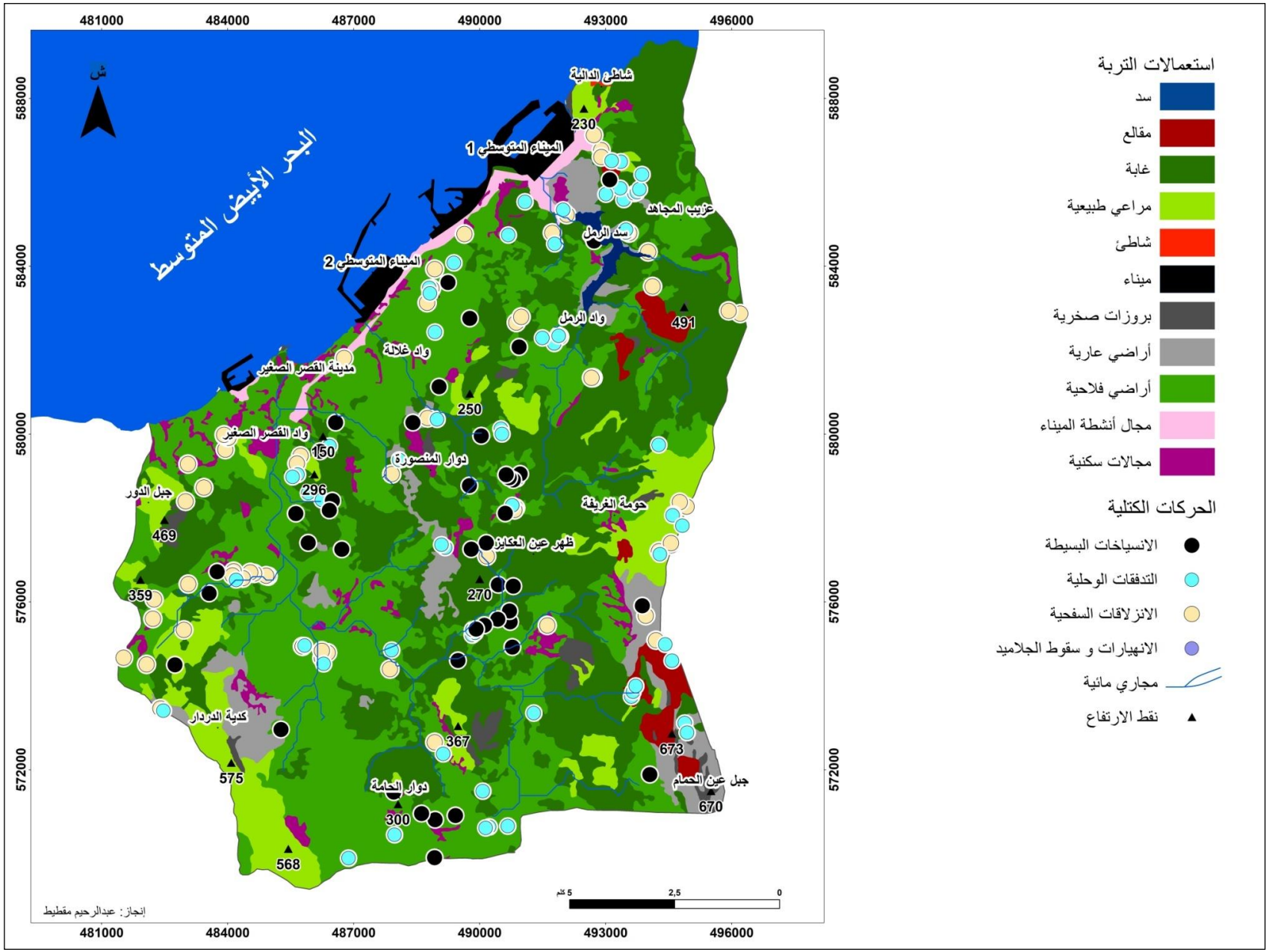
5.2.1. استعمالات التربة:

يلعب الغطاء النباتي دورا هاما في تثبيت التربة والحفاظ على تماسكها، وحمايتها من آليات التعرية والحركات الكتلية، حيث يبقى انجراف التربة رهينا بمدى نوعية وكثافة الغطاء النباتي، فهو أحد العوامل المحددة لسلوك النفاذية وله دور في حماية السفوح والتكوينات السطحية.

جدول34: متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لاستعمالات التربة.

فئات استعمالات التربة	متوسط VI	عدد الانسياخات البسيطة	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد التدفقات الوحلية	المساحة ب م²
سد	1808667	0	0	0	0	0
مقالع	3625622	5	10	0	1	-0,543
غابة	71201086	19	33	15	12	0,899
مراعي طبيعية	17861319	4	11	5	2	-0,487
شاطئ	198103	0	0	0	0	0
ميناء	1408401	0	0	0	0	0
بروزات صخرية	2925231	0	4	0	0	-0,278
أراضي عارية	8947518	7	5	4	2	-0,6
أراضي فلاحية	75710061	29	40	36	25	1,455
مجال لأنشطة الميناء	3187333	0	0	0	0	0
مجالات سكنية	6813702	0	4	2	2	-0,820

المصدر: صور Google Earth. خريطة استعمالات التربة لDPEFFLCD de Tanger .



شكل 53: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة استعمالات التربة المصدر: صور.Google Earth خريطة استعمالات التربة لDPEFFLCD de Tanger

أبرزت نتائج توزيع الحركات الكتلية على خريطة استعمالات التربة (شكل53) وجود 130 حركة كتلية فوق فئة الأراضي الفلاحية وذلك بنسبة 47 % من مجموع الحركات، وهذا يدفعنا لطرح تساؤلات حول كيفية استغلال الأراضي الفلاحية بالمنطقة، وحول التقنيات والأساليب المستعملة في عملية الحرث التي ترفع من هشاشة السفوح خصوصا ذات الانحدارات القوية، ويلاحظ أيضا وجود حوالي 28 % من الحركات الكتلية فوق فئة الغابات التي كان من المفروض أن تعرف استقرارا أكبر نظرا لوجود غطاء نباتي يثبت سفوحها، ويبدو أن السبب في هذا الوضع يعود للاستغلال المفرط لموارد هذه المجالات من طرف السكان واجتثاث الأشجار لشق الطرق وتنزيل المشاريع، بالإضافة إلى ما تعرفه المنطقة من حرائق للغابات.

6.2.1 التكوينات الصخرية:

تعد دراسة التكوينات الصخرية عنصرا من العناصر الطبيعية المهمة لتفسير العديد من الظواهر، حيث تسمح بفهم ومعرفة الظروف التي أدت إلى ظهور الحركات الكتلية ومدى مساهمة نوعية الصخور فيها.

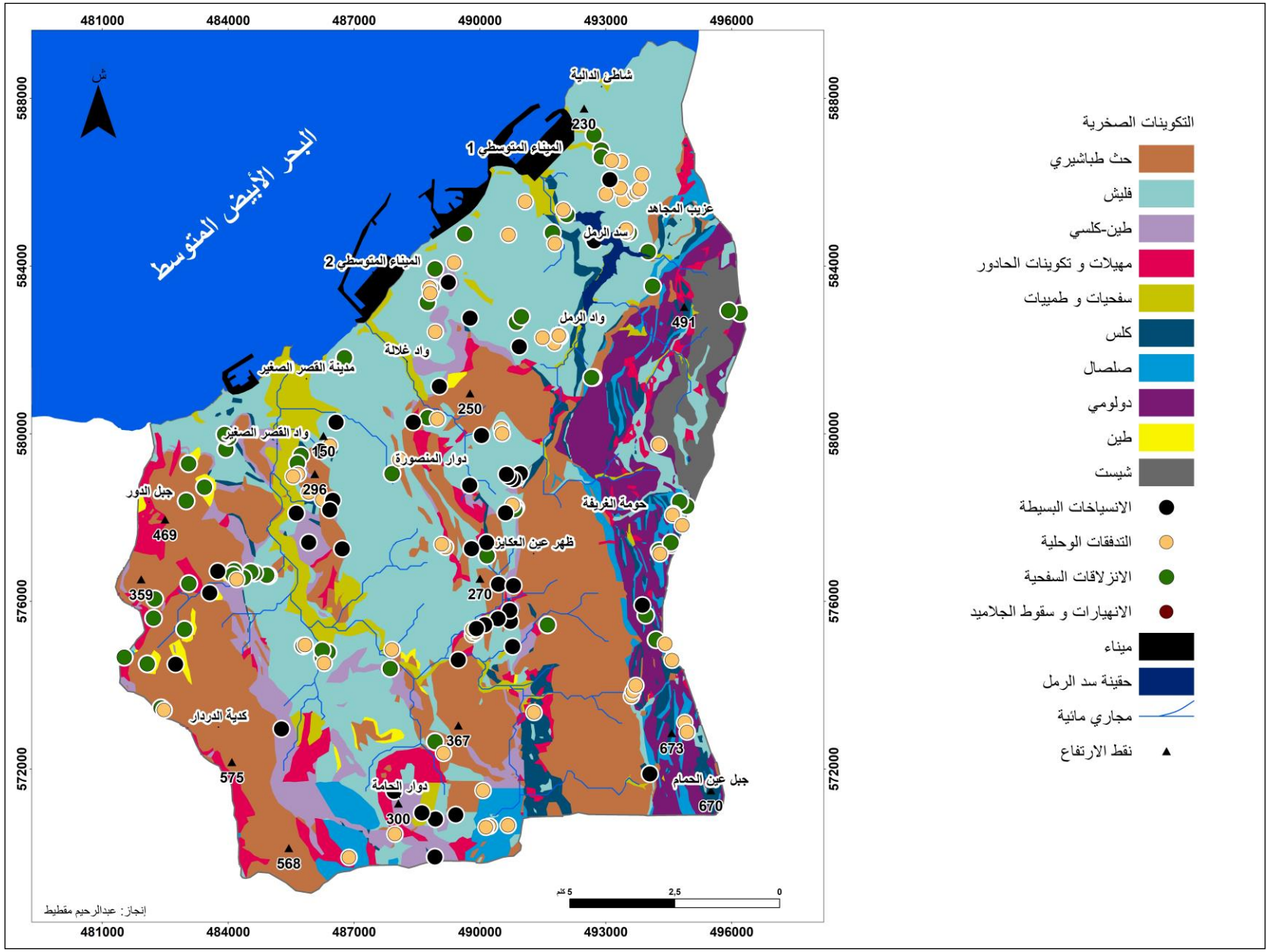
اعتمدنا في إنجاز خريطة التكوينات الصخرية لظهير الميناء المتوسطي على الخرائط الجيولوجية لطنجة وسبتة (1/50000)، وتم توطين الحركات الكتلية فوق هذه الخريطة من أجل حساب القيم المعلوماتية (VI) لكل فئة حيث تم حساب كل العمليات بإحدى مرفقات QGISالتي مكنتنا من حساب عدد الحركات الكتلية فوق كل فئة من فئات متغيرات ثم حساب قيمتها المعلوماتية (VI).

جدول35: متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة للتكوينات الصخرية.

فئات التكوينات الصخرية	المساحة ب م²	عدد الانسياخات البسيطة	عدد الانزلاقات السفحية	عدد الانهيارات و سقوط الجلاميد	عدد التدفقات الوحلية	متوسط VI
حث طباشيري	54594808	3	16	9	4	0,012
فليش	71251983	33	2	30	24	0,682
طيني-كلسي	12351632	3	2	5	9	-0,610
مهيلات وتكوينات الحادور	10182645	1	84	2	1	-0,728
سفحيات وطمييات	10656024	0	2	2	2	-0,993
كلس	6908035	1	2	0	0	-0,946
صلصال	8095911	9	5	0	3	-0,482
دولومي	13067683	0	1	4	1	-1,113
طين	1591810	7	3	1	5	-0,363
شيست	4986512	0	0	1	0	-0,488

المصدر: الخرائط الجيولوجية لطنجة وسبتة (1/50000).

يتبين من خريطة التكوينات الصخرية (شكل54) أن فئة صخور الفليش تضم 89 حركة كتلية بنسبة تصل 32 % من مجموع الحركات الكتلية (جدول35)، ويمكن تفسير هذا بطبيعة السحنة الصخرية للفليش الذي يصنف ضمن الصخور ضعيفة المقاومة، ويلاحظ كذلك نسبة مماثلة للحركات الكتلية ضمن فئة المهيلات وتكوينات الحادور وهي تكوينات صخرية هشة كذلك، في حين تتوزع باقي الحركات الكتلية على الفئات الأخرى بشكل متفاوت.



شكل 54: توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة التكوينات الصخرية. المصدر: الخرائط الجيولوجية لطنجة وسبتة (1/50000).

3.1. حساب القيم المعلوماتية (VI) و إنجاز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية:

تم حساب القيم المعلوماتية (VI) لكل فئة من المتغيرات الست باستعمال العلاقة الرياضية (أسفله)، وأصبح لكل بكسيل في كل متغير قيمة معلوماتية (VI).

$$VI(i) = Ln\left(\frac{\frac{Si}{Ni}}{\frac{S}{N}}\right)$$

أثناء حساب قيم (VI) تم تمثيل مساحة كل حركة كتلية بنقطة على اعتبار أن كل نقطة تمثل بكسيل[10] واحد وهو يوافق متوسط مساحة الحركات الكتلية.

في كل بكسيل يحسب معدل القيم المعلوماتية لكل فئة ممثلة في كل متغير، وهذا المعدل يمثل قيمة قابلية السطح للحركات الكتلية التي مكنتنا من إنجاز الخريطة.

قسمت قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية إلى أربع فئات متقايسة من حيث المساحة (مساحة مجال الدراسة\4)، وقد أفرزت النتائج إلى تحديد الفئات التالية:

- الفئة الأولى تضم القيم المعلوماتية ذات قابلية ضعيفة جدا (بين 5.3348 – و1.124).
- الفئة الثانية ذات قابلية ضعيفة، (بين 1.1245 و2.4187).
- الفئة الثالثة ذات قابلية قوية (بين 2.4188 و3.8052).
- الفئة الرابعة ذات قابلية قوية جدا وتجمع القيم المعلوماتية الكبيرة (بين 3.853 و6.6827).

أبرزت خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية (شكل55) النطاقات التالية:

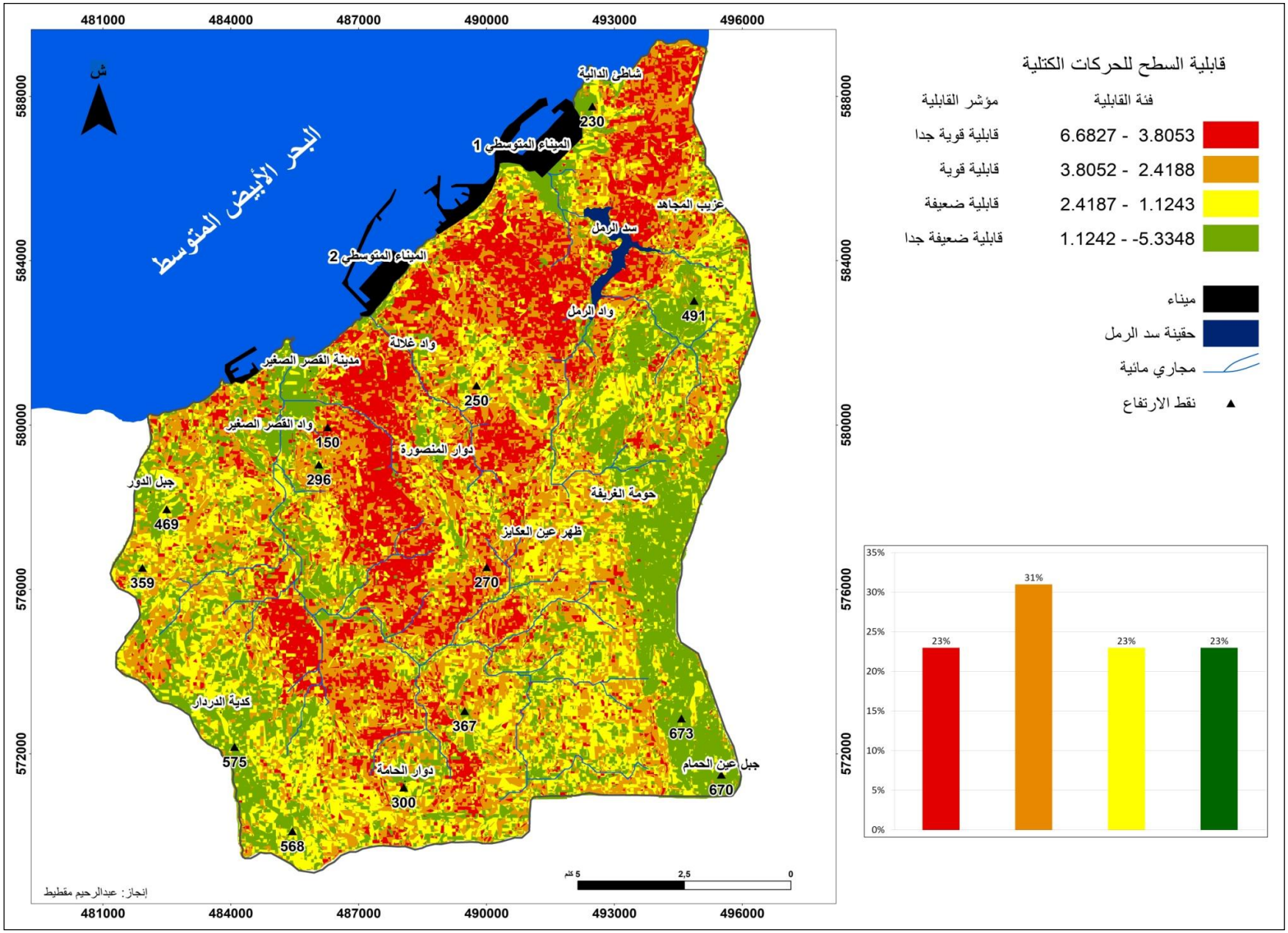
[10] يوافق كل بكسيل واحد مساحة تقدر ب: 10*10=100 متر^2

✓ **نطاقات ذات قابلية قوية جدا**: تمثل هذه الفئة 23 % من مساحة مجال الدراسة، وهي تنتشر على السفوح المشرفة على واد القصر الصغير نظرا لتظافر عدة عوامل كارتفاع الرطوبة ووجود تكوينات الفليش الضعيفة المقاومة وضعف الغطاء النباتي، كما تتواجد هذه الفئة أيضا بالشمال الشرقي لمجال الدراسة نظرا للتدخل البشري المتزايد في هذا النطاق والذي يصاحبه اجتثاث الغطاء النباتي والإخلال بتوازن السفوح من خلال شق الطرق والمسالك القروية والغابوية.

✓ **نطاقات ذات قابلية قوية**: تنتشر هذه الفئة في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة وهي تمثل أعلى مساحة بحوالي 31 % من مجال الدراسة، وتختلف العوامل المسببة لها حسب طبيعة كل نطاق، فالشمال الغربي يتميز بانحدارات قوية وضعف جيولوجي يتجلى في هيمنة صخور الفليش، ونجد في وسط المنطقة تراجعا للغطاء النباتي بالإضافة للاستغلال الفلاحي المفرط فوق السفوح أما في الشرق والجنوب الشرقي فنجد العديد من المقالع وما يرافقها من آثار سلبية على السفوح.

✓ **نطاقات ذات قابلية ضعيفة وقابلية ضعيفة جدا**:_تعرف هذه النطاقات استقرارا نسبيا، وهي تشكل 46% من المساحة العامة لمجال الدراسة، إذ توافق المجالات التي لم تعرف تدخلا بشريا (شق الطرق...) كما توافق أيضا السفوح ضعيفة الانحدار بالجنوب، وتنتشر كذلك في مجالات الغطاء النباتي الكثيف الذي يحمي ويثبت سفوحها مثل ما هو الحال شرق منطقة الدراسة.

ونشير إلى أن سفوح الجنوب الشرقي والجنوب الغربي تعرف استقرارا نسبيا رغم قوة انحداراتها، ويرجع ذلك لطبيعة ركيزتها الصخرية المتمثلة في صخور الدولومي والكلس الشديدة الصلابة والأكثر مقاومة للحركات الكتلية.



شكل55: خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية. المصدر: تنضيد المتغيرات: الانحدار+توجيه السفوح+استعمالات التربة+مؤشر الرطوبة+شكل المنحدرات+التكوينات الصخرية.

4.1. تقييم جودة وفعالية الأنموذج:

يمكن تثمين جودة الأنموذج انطلاقا من القيم المعلوماتية (VI)، وذلك بإنشاء منحنى التحقق ومنحنيي التوقع.

1.4.1. إعداد منحى التحقق

يمكن تثمين جودة الأنموذج اعتمادا على قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية حيث يتم تحديد منحنى التحقق (شكل56) انطلاقا منها كما يلي:

القيم المعلوماتية التي استخدمت لإنشاء خريطة قابلية السطح للحركات يتم تصديرها من طرف برنامج SIG في جدول مكون من خمسة أعمدة بعد ترتيبها تنازليا (جدول36)، في العمود الثاني وأمام كل قيمة (VI) يتم تصدير عدد بكسيل لكل قيمة، وفي العمود الثالث نضع مساحة الأراضي المتحركة في مجموع عدد بكسيل. أما العمود الرابع فيستخدم لحساب الحصيص المتراكم للمساحات حسب (VI) تنازليا مقسومة على مساحة مجال الدراسة، وأخيرا العمود الخامس يخصص لحساب الحصيص المتراكم للمساحات المعرضة للحركات حسب (VI) تنازليا على المساحة العامة للحركات الكتلية.

وهكذا ينجز منحنى التحقق انطلاقا من العمود الرابع الذي يحدد محور الأفاصيل والعمود الخامس الذي يحدد محور الأراتيب.

جدول36: كيفية حساب الحصيص المتراكم الخاص بمساحة الحركات الكتلية ومساحة فئات (VI).

العمود 1	العمود 2	العمود 3	العمود 4	العمود 5
ترتيب قيم (VI) تنازليا مرفوقة بقاعدة بيانات الخريطة	حساب عدد بكسيل لكل فئة من قيم (VI) (المساحة بالبكسيل)	مساحة الأراضي المتحركة في مجموع عدد بكسيلات كل فئة	الحصيص المتراكم لقيم العمود 2 مقسومة على المساحة الكلية لمجال الدراسة	الحصيص المتراكم لمساحة الأراضي المتحركة في كل قيمة (VI) مقسومة على المساحة الكلية للحركات الكتلية

بالاعتماد على الحركات الكتلية (277 حركة) التي استعملت لإنجاز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية، تم التأكد من جودة الأنموذج عن طريق إنجاز منحنى التحقق ومنحنيي التوقع، وحساب المساحة تحت المنحنى (ASC: Aire Sous courbe) لكل منحنى باستعمال برنامج (Statistica) الذي وافق بين معطيات العمود الرابع والعمود الخامس (Interpolation) (جدول36) لاستنباط معادلة رياضية استغلت لحساب مساحة ASC حسب العلاقة التالية:

$$A = \int_a^b f(x)dx = [f(x)]_{a=}^{b} f(b) - f(a)$$

A: المساحة تحت المنحنى

f(x) : معادلة المنحنى

a: نقطة بداية المنحنى

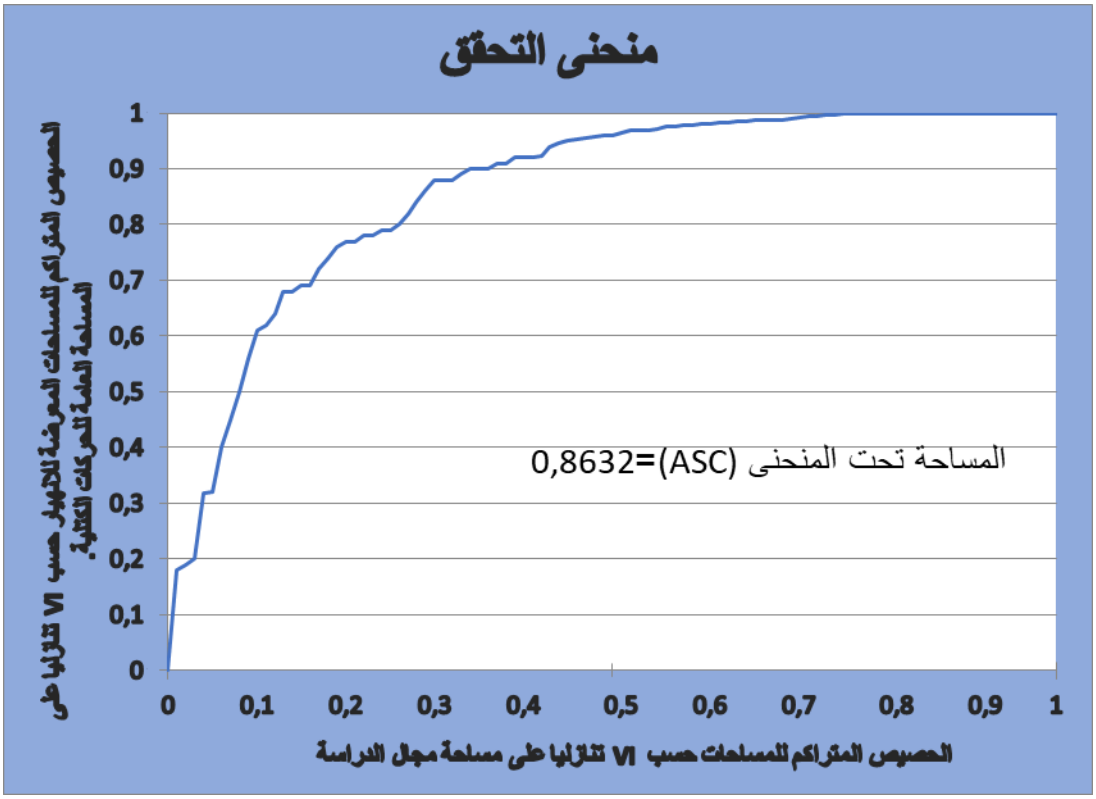
b: نقطة نهاية المنحنى

dx: الفارق بين نقطتين على محور الأفاصيل

وتعد قيمة (ASC) الواردة في الشكل 56 (المساحة تحت المنحنى) قيمة بدون وحدة حيث تعطي فكرة عن جودة الأنموذج: فكلما ازدادت قيمتها واقتربت للعدد 1 إلا وكان تطبيق الأنموذج جيدا، وبصفة عامة، إذا كانت هذه القيمة أكبر من 0.85، فإن الأنموذج جيد لإنشاء قابلية السطح للحركات الكتلية، وقد حصلنا في هذه المقاربة على ASC= 0.8632 وهي أول عنصر يدل على جودة تطبيق الأنموذج.

أبرز منحنى التحقق (شكل56) أن القيمة 0.1 في محور الأفاصيل توافقها 0.61 في محور الأراتيب، وهذا يمكن تفسيره بأن في 10% من مساحة مجال الدراسة ذات قابلية قوية للحركات الكتلية كما حددها الأنموذج، نجد 61% من مجموع الحركات الكتلية، وبالمثل نجد 79% من الحركات الكتلية تم تسجيلها في 25% من المجالات الأكثر قابلية للحركات الكتلية.

شكل 56: منحنى التحقق.



المصدر: قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.

وهكذا فإن الأنموذج ذو جودة عالية، والمساحات التي تم تحديدها على أنها قابلة للحركات الكتلية من خلال قيم (VI) المعلوماتية هي فعلا تجمع أكبر عدد من الحركات الكتلية.

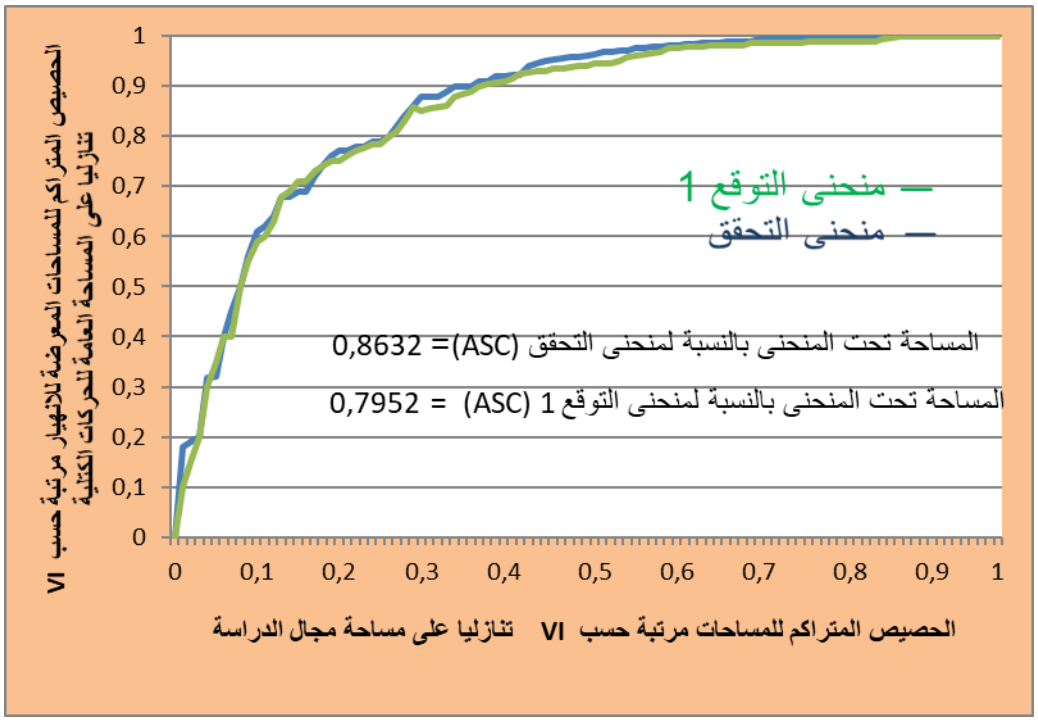
2.4.1. إعداد منحني التوقع

لإنجاز كل منحى من منحيي التوقع، تم تقسيم عدد الحركات الكتلية إلى قسمين، ضم القسم الأول الحركات التي رصدناها من خلال خرائط البحوث المنجزة في منطقة الدراسة والتي وصل عددها 124 حركة، أما القسم الثاني فقد خصص للحركات التي تم إضافتها من صور الأقمار الاصطناعية والتي بلغ عددها 153 حركة، وقد أنجزت المنحنيات بنفس طريقة انجاز منحنى التحقق، وقورنت بعد ذلك المساحة تحت المنحنى لكل واحد منها.

1.2.4.1. منحنى التوقع 1.

تم إنشاء المنحنى الأول للتوقع بالاعتماد فقط على الحركات الكتلية المستخرجة من الخريطة الجيولوجية والخريطة الجيومورفلوجية للغرباوي 1981 وخريطة الحركات الكتلية لأندري (ANDRE F,2014)، حيث بلغ مجموعها 124 حركة كتلية، وقد أنجز منحى التوقع1 رفقة منحنى التحقق بهدف تثمين جودة الأنموذج والتمكن أيضا من المقارنة بينهما (شكل57).

شكل 57: منحنى التوقع 1.



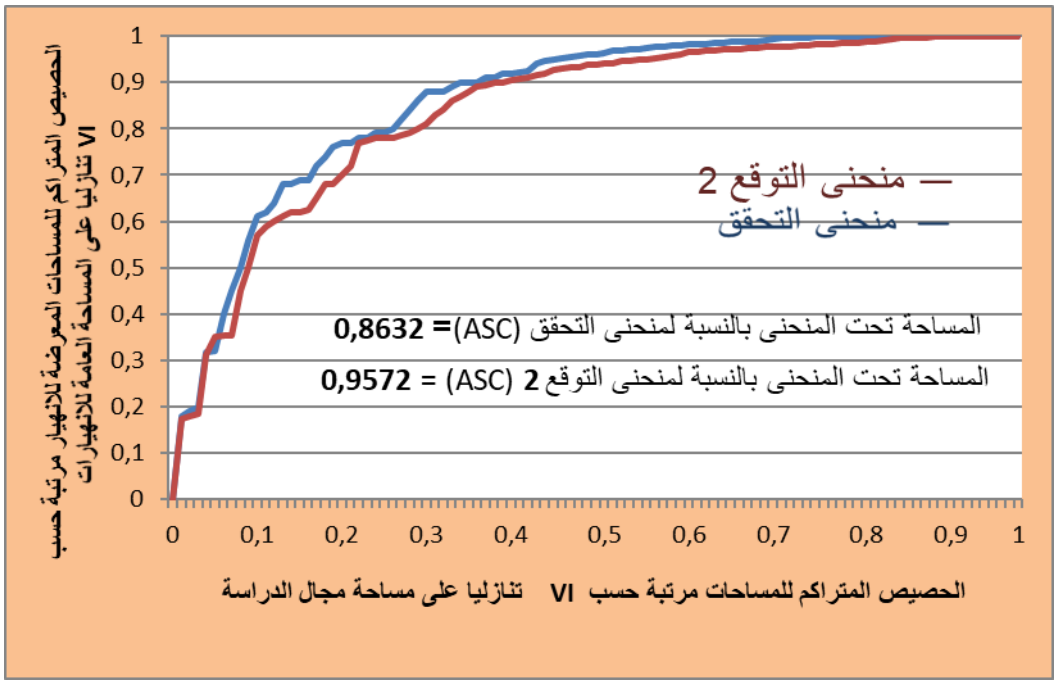
المصدر: قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.

يظهر من خلال المنحنيين (منحنى التحقق ومنحنى التوقع 1) (شكل57) أنهما متماثلين ومساحتهما تحت المنحنى متقاربة، وكما سبق قراءة وتحليل منحنى التحقق يمكن تحليل منحنى التوقع 1 بكون 10% من المساحة المحددة بالحركات الكتلية السالفة (124 حركة: المجموعة 1) والقابلة للحركات الكتلية تضم 59% من نقط الحركات الكتلية.

2.2.4.1. منحنى التوقع 2

أنجز منحنى التوقع 2 (شكل58) بالاعتماد على نقط الحركات الكتلية الجديدة التي تم استخراجها من صور الأقمار الاصطناعية على الموقع Google Earth. ويبلغ عددها (153 حركة كتلية).

شكل58: منحنى التوقع 2.



المصدر: قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.

من خلال شكل منحنى التوقع2، نلاحظ تماثلا بينه وبين منحى التحقق، وتقاربا للمساحة تحت المنحنى (شكل58). ونلاحظ أيضا أن كل 10% من المساحة المحددة في الأنموذج والقابلة للحركات الكتلية تضم 57% من هذه الأخيرة ونجد كذلك في كل 25% من المساحات الأكثر قابلية 78% من الحركات الكتلية.

وهكذا نستنتج أن جميع النتائج تؤكد جودة الأنموذج، فالمناطق التي وضعت في خانة الأكثر قابلية للحركات الكتلية قد تم التأكد منها في الخرجات الميدانية وعلى صور الأقمار الاصطناعية Google Earth.

2. خريطة إحتمالية وقوع حركات كتلية

تنجز خريطة إحتمالية وقوع حركات كتلية (شكل59) بالاعتماد على خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية التي تم إنشاؤها انطلاقا من 277 حركة وتم التأكد من صحة وجودة نتائجها من خلال منحنى التحقق ومنحنيي التوقع.

ولإنجاز خريطة الاحتمالية، أعطيت قيمة الاحتمال الزمني لوقوع حركات كتلية مستقبلية لكل فئة من فئات خريطة قابلية السطح لهذه الحركات بناء على الفرضية التي تقول أن مساحة الأراضي التي ستتعرض للحركات الكتلية خلال 30 سنة المقبلة تساوي تقريبا تلك التي تم تسجيلها خلال 30 سنة الماضية في ظل نفس الظروف.

ولقد اعتمدنا على العلاقة الرياضية (أسفله) في إعداد خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية، لتصبح بذلك المساحة المتوقع حركيتها خلال 30 سنة المقبلة هي 21973800 م² (تساوي المساحة الكلية للحركات الكتلية الحالية) بناءا على الفرضية السالفة الذكر، بعد ذلك تم تقسيم القيم المحصل عليها للخريطة إلى 4 فئات متساوية تقريبا من حيث المساحة (جدول37).

$$\mathrm{Pi} = 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{T\ affectée}{Ti} * Pr\right)\right)$$

تحسب القيم التنبؤية انطلاقا من إحداثيات x و y لمنحنى التحقق، وتعتبر القيمة التوقعية لكل فئة هي قيمة احتمال وقوع حركة في بكسيل واحد خلال 30 سنة القادمة، فمثلا المجالات الواقعة في الفئة الثانية (جدول37) لها قيمة توقعية تقدر ب 0.077 أي لها فرصة واحدة على 13 حركة في 30 سنة المقبلة.

جدول 37: قيم الاحتمال الزمني حسب العلاقة الرياضية (2)

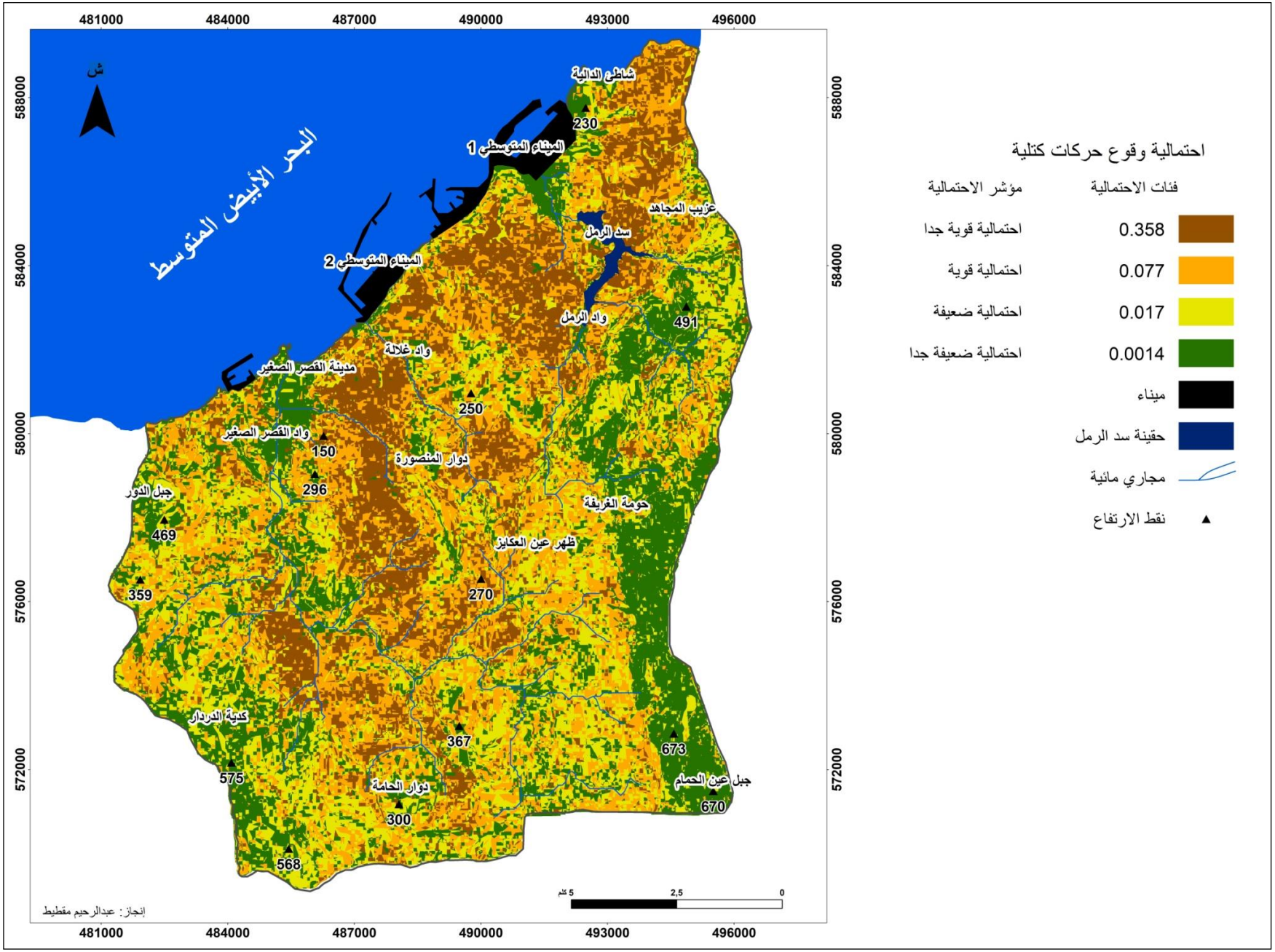
الفئة	المساحة ب م²	الاحداثيات		$Pr = y_i - y_{i-1}$	قيم التوقعات	احتمالية وقوع حركات كتلية في غضون 30 سنة
		X	Y			
1	48437165	0,25	0,79	0,79	0,358	$^1/_3$
2	48375733	0,50	0,96	0,17	0,077	$^1/_{13}$
3	48585329	0,75	0,997	0,037	0,017	$^1/_{59}$
4	48288816	1	1	0,003	0,0014	$^1/_{714}$

تعتمد إذن خريطة احتمالية وقوع الحركات الكتلية في إنشائها على خريطة قابلية السطح للحركات ولا تختلف عنها إلا على مستوى المفتاح. حيث يعطي كل بكسيل في الخريطة معلومات حول درجة إحتمالية وقوع حركات كتلية في السنوات المقبلة (30 سنة)، كما يمكن تحديد قوة احتمالية وقوع الحركات انطلاقا من النتائج المحصل عليها (جدول38).

جدول38: تصنيف فئات خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية.

الفئة	قيم التوقعات	احتمالية وقوع حركات في غضون 30 سنة	قيمة التهديد بالخطر
1	0,358	واحد على 3	قوية جدا
2	0,077	واحدعلى13	قوية
3	0,017	واحدعلى59	ضعيفة
4	0,0014	واحدعلى714	ضعيفة جدا

المصدر: قاعدة بيانات خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية.



شكل59: خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية. المصدر: قاعدة بيانات خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.

3. خريطة هشاشة منطقة الدراسة.

يعتبر تقييم هشاشة المجال للحركات الكتلية حديث العهد بالمقارنة مع دراسة قابلية السطح للحركات الكتلية، فقد تطرق الباحثون في المجال مثل(BLONG R ,2003) إلى دراسة هشاشة المجال انطلاقا من رصد القيمة المالية التي خصصت لإعادة ترميم المنشآت التي تعرضت للضرر إثر الحركات الكتلية (BLONG R, 2003).

ونفس الشيء بالنسبة ل (ZEZERE JL et al,2008) فقد اعتبروا أن القيمة المالية التي تخصص لإعادة بناء أو ترميم الطرق والمباني معيارا لتقييم هشاشة المجال للحركات الكتلية، وهكذا لم يتم تقييم هشاشة المجال إلا من الناحية المادية.

فيما أعطت (LEONE F, 1996) وجهة نظر أكثر شمولية لتقييم الهشاشة، وخلصت إلا أن تقييم الهشاشة يجب أن يأخذ بعين الاعتبار حجم الضرر الذي خلفته الحركات الكتلية بالنسبة للساكنة والمنشآت ومدى تعثر الأنشطة والخدمات (LEONE F, 1996). حيث قامت بتقييمها انطلاقا من تقاطع شدة الضرر الذي خلفته مع مكونات المجال (منشآت، مباني ...الخ) لتنشأ بذلك شبكة تقويمية تتراوح قيمها بين 0 و1.

في دراستنا لهشاشة المجال سيتم الاعتماد فقط على جزء من المعايير التي تطرقت إليها (LEONE F, 1996) نظرا لضعف المعطيات حول المنطقة، وهكذا فقد قسمنا المعايير المختارة لتقييم الهشاشة المجالية إلى قسمين : قسم يتعلق بالساكنة حيث أخذنا بعين الاعتبار عدد سكان كل دوار ثم الكثافة السكانية في كل جزء من المجال، أما القسم الثاني فيتعلق بالطرق حيث تم اعتماد عدد مستعملي الطريق كمعيار لتقييم الضغط الممارس عليها بالإضافة إلى عدد نقط الحركات الكتلية التي رصدناها على مختلف المسالك الطرقية خلال دراسة ميدانية باستعمال جهاز تحديد المواقع العالمي.

كل هذه المعايير أعطيت لها قيم تتراوح بين 0 و1 على اعتبار أن قيمة 1 هي الأكثر تضررا.

1.3. خريطة الدراسة التشخيصية

تشمل خريطة الدراسة التشخيصية (شكل60) مؤشرين هما:

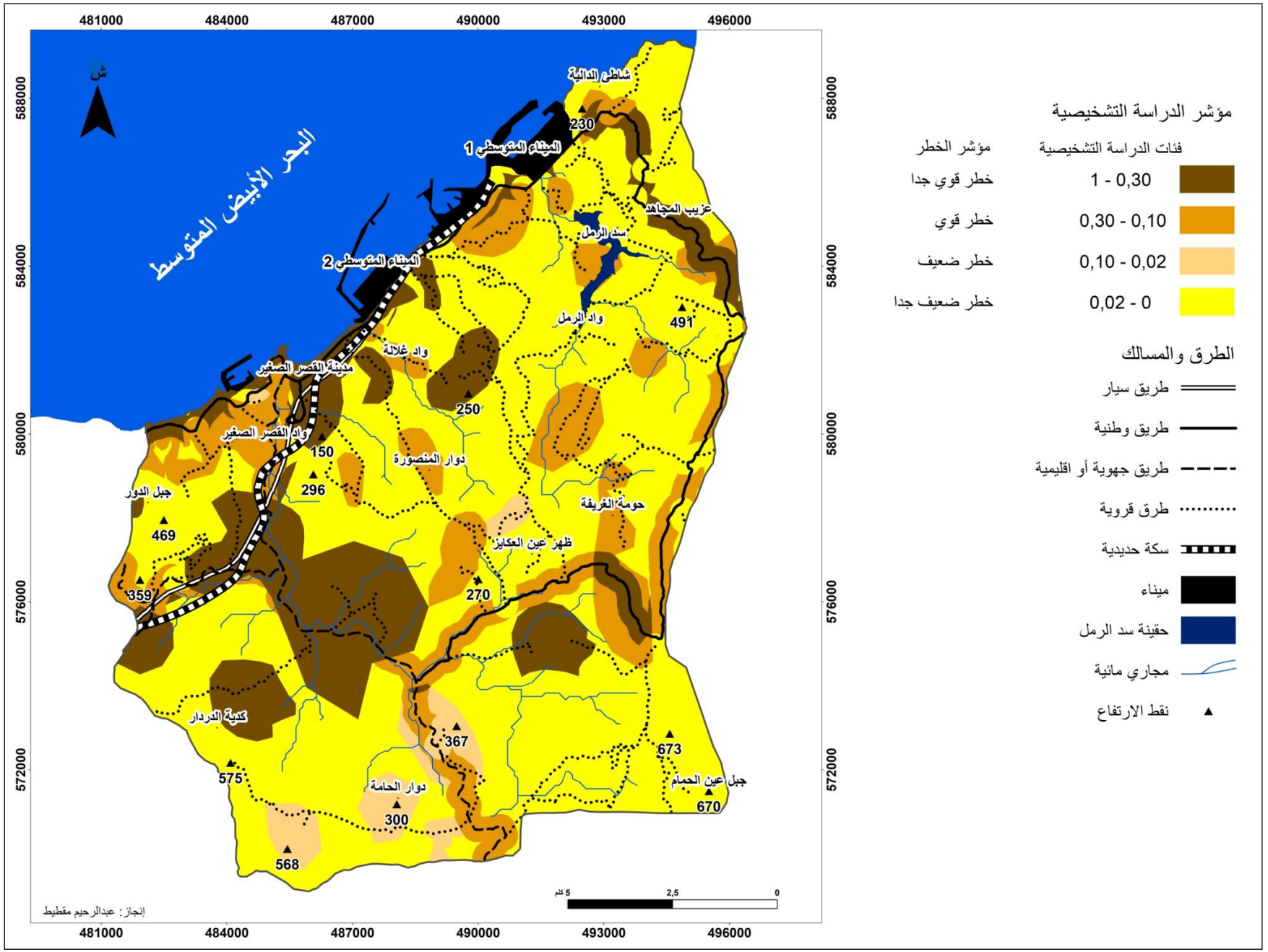
السكان: يعد عدد السكان خاصية يمكن الاعتماد عليها لدراسة هشاشة المجال، فكلما ازداد عدد السكان بمجال ما إلا وازداد معه الضغط والهشاشة، وقد اعتمدنا في هذه الدراسة على الإحصاء العام للسكان والسكنى لسنة 2014 من أجل استخراج عدد السكان حسب الدواوير (جدول39).

جدول39: القيم المعلوماتية (VI) لمؤشر عدد السكان حسب الدواوير.

اسم الدوار	عدد السكان[11]	قيمة (VI)	اسم الدوار	عدد السكان	قيمة (VI)
عين الشوكة	510	0.27	العناصر	512	0.28
عين العكايز	177	0.09	المنصورة	466	0.25
واد غلالة	545	0.29	الحامة	209	0.11
عين الرمل	989	0.53	الزهارة	404	0.22
بوعياد	1355	0.73	الغوجين	991	0.53
الدالية	267	0.14	حتاتش	242	0.13
دشربين الويدان	1075	0.58	قصر المجاز المركز	927	0.50
ظهر الخروب	1856	1	قصر الصغير	490	0.26
اللشبا	753	0.41	مليش	1075	0.58
الدقشير	614	0.33	واد الرمل	260	0.14
الدشيشة	488	0.26	تاغرمت	475	0.26

المصدر: نتائج إحصاء 2014.

[11] تم الاعتماد على نتائج إحصاء 2014



شكل60: خريطة مؤشر الدراسة التشخيصية.

المصدر: عمل الباحث + مديرية التجهيز والنقل+نتائج إحصاء

الطرق: يعد عدد مستعملي الطرق أيضا من المعايير التي يمكن الاعتماد عليها لمعرفة الضغط الذي يمارس على المجال، فكلما ازداد عدد مستعملي الطرق يزداد احتمال تعرض الطرق للحركات الكتلية، وبالتالي قد ينتج عن هذا حوادث للسير وتعطيل للخدمات (جدول40).

جدول40: مؤشر الخطر حسب مستعملي الطرق

نوع الطريق ورمزها	عدد مستعملي الطريق خلال يوم واحد	مؤشر الخطر
الطريق الوطنية N16	5230	1
الطريق السيار A4	5003	0,957
الطريق الاقليمية P4701	2554	0,488
الطريق الاقليمية P4613	1962	0,375
الطريق الاقليمية P4703	1700	0,325
الطرق القروية	ما بين 5 الى 30	0,006 - 0,001
السكة الحديدية	4	0,001

المصدر: عمل الباحث + مديرية التجهيز والنقل.

تتوزع فئات الخطر المرتبطة بمؤشر الدراسة التشخيصية بشكل متباين بظهير الميناء المتوسطي، حيث تتمركز فئات الخطر القوي جدا بالقرب من الطرق التي تعرف حركة سير قوية وبالقرب أيضا من الدواوير التي تعرف ارتفاع للنسمة كدوار ظهر الخروب ودوار بوعياد.

2.3. خريطة الأضرار الهيكلية:

كما هو الحال بالنسبة للدراسة التشخيصية ارتكزت دراسة الأضرار الهيكلية على مؤشرين: الأول مرتبط بالسكان والثاني مرتبط بالطرق على النحو التالي:

بالنسبة للسكان: تم اعتماد معطى الكثافة السكانية حسب الجماعات المنتمية لمجال الدراسة كمؤشر على الهشاشة المجالية، لأن الكثافة السكانية كلما ارتفعت إلا وازداد الضغط على المجال مما يسبب هشاشة بنيوية (جدول41).

جدول41: القيم المعلوماتية (VI) لمؤشر الكثافة السكانية.

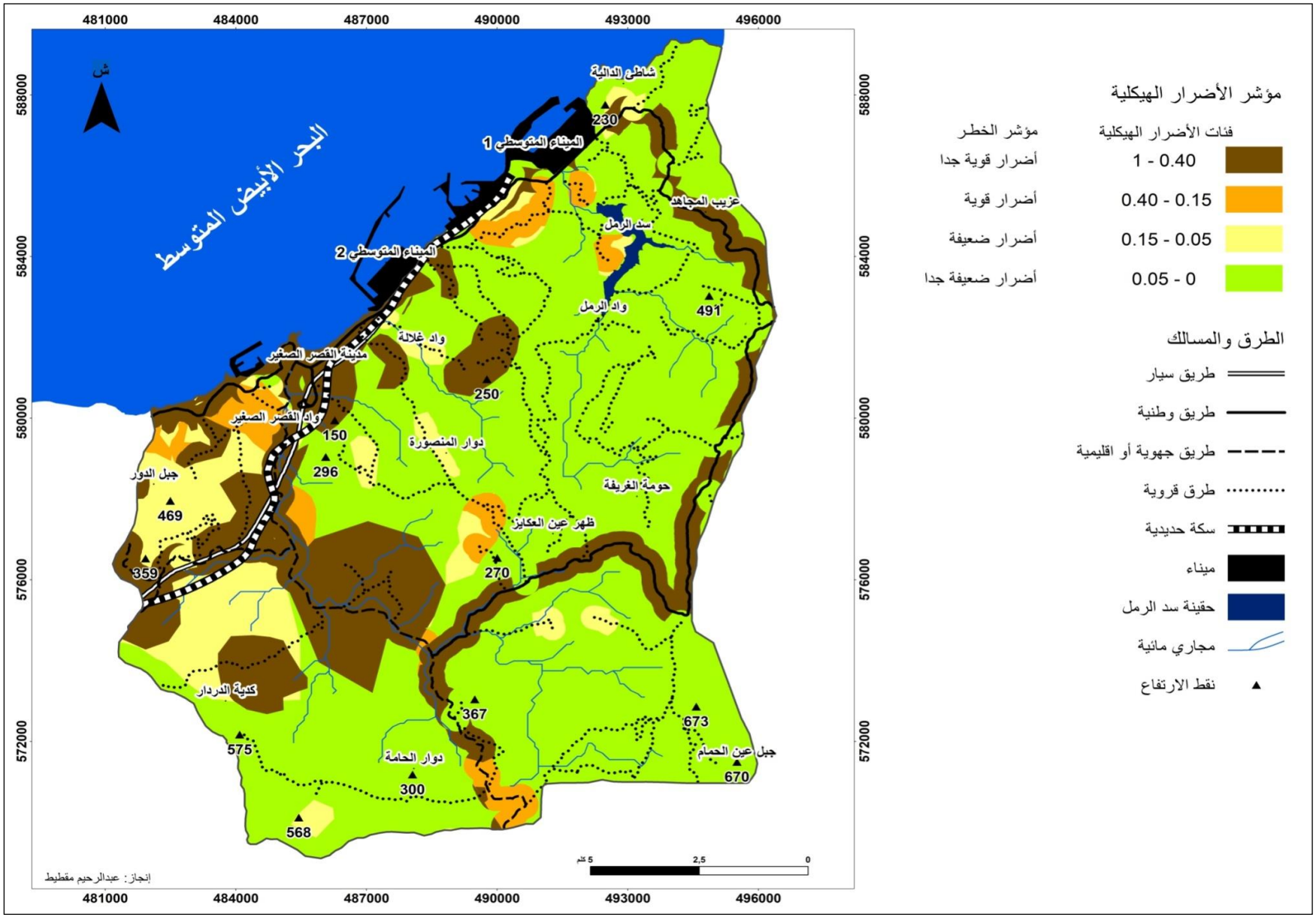
الجماعة أو المدينة	مؤشر الكثافة السكانية[12]	الجماعة أو المدينة	مؤشر الكثافة السكانية
القصر الصغير	1	ملوسة	0.624
أنجرة	0.904	علين	0.314
قصر المجاز	0.669	تغرامت	0.309

الطرق: وبالنسبة للطرق اعتمدنا على عدد الحركات الكتلية التي تم تسجيلها على الطرق خلال الخرجات الميدانية، وقد اتخذت كمعيار لهشاشة الطرق في مجال الدراسة (جدول42).

جدول42: مؤشر الخطر حسب عدد الحركات الكتلية في كل طريق.

نوع الطريق ورمزها	جرد لعدد الحركات الكتلية	مؤشر الخطر
الطريق الاقليمية P4701	23	1
الطريق الاقليمية P4703	15	0,652
الطريق الاقليمية P4613	14	0,609
الطريق الوطنية N16	9	0,391
الطرق القروية	ما بين 1 و3	0,130 – 0,043
الطريق السيار A4	0	0
السكة الحديدية	0	0

[12] تم حساب الكثافة السكانية فقط لأجزاء الجماعات التي تنتمي لمجال الدراسة.



شكل 61: خريطة مؤشر الأضرار الهيكلية. المصدر: عمل الباحث + مديرية التجهيز والنقل+نتائج إحصاء 2014

3.3. إنجاز خريطة الهشاشة المجالية:

إن الدراسة المتعلقة بالهشاشة تمنحنا فكرة عامة حول هشاشة منطقة الدراسة وتأثيرها على تمثيل الخطر، وقد قمنا بتقييمها حسب خاصيتين:

الأولى: دراسة تشخيصية متعلقة بعدد سكان الدواوير وكذا عدد مستعملي الطرق في منطقة الدراسة.

الثانية: دراسة الأضرار الهيكلية ويتعلق الأمر بالكثافة السكانية وعدد الحركات الكتلية المسجلة على كل طريق من طرق المنطقة.

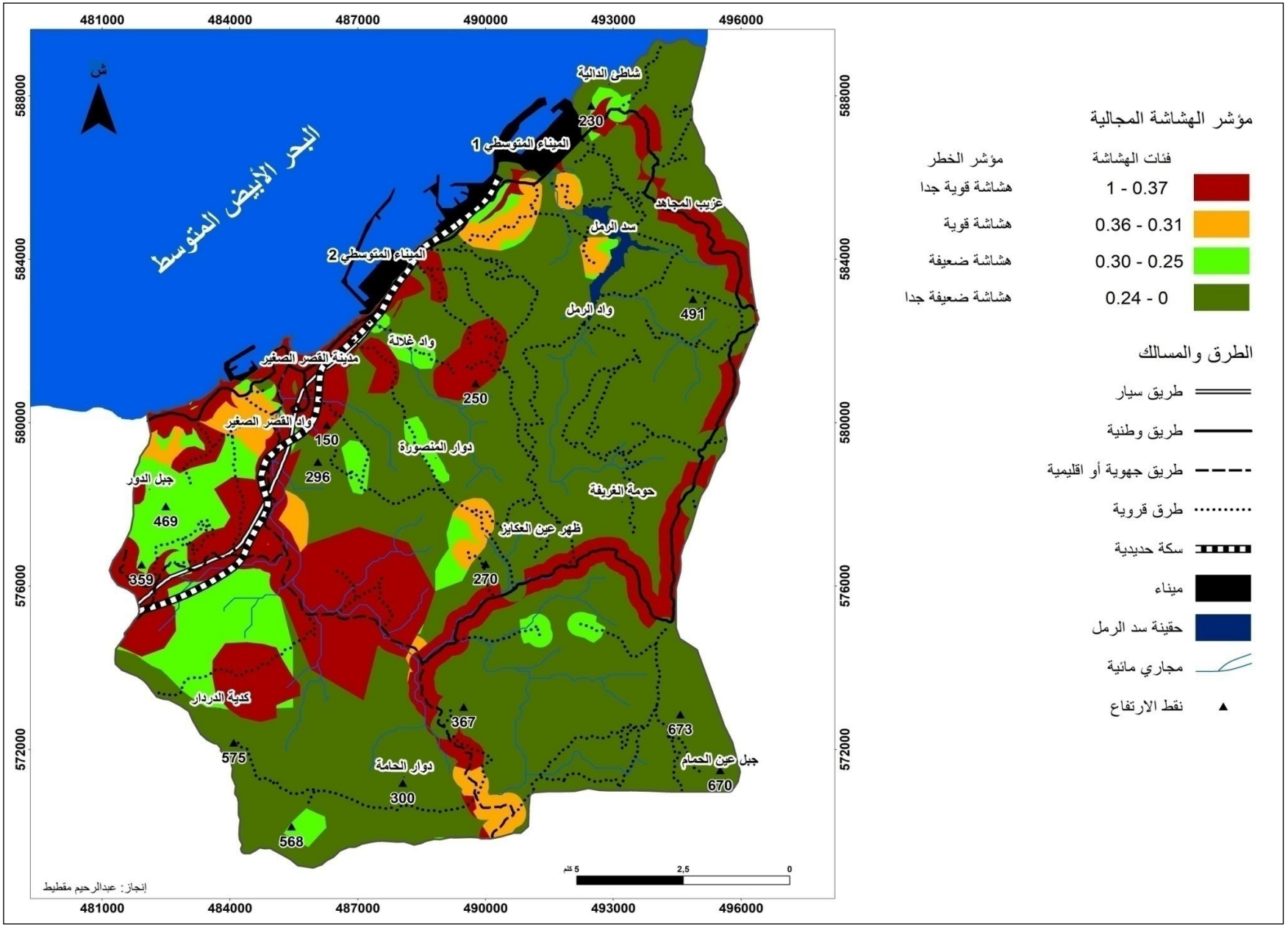
تركب كل من خريطة الدراسة التشخيصية وخريطة الأضرار الهيكلية -بعد تحويلهما إلى ملف شبكي- للحصول على خريطة الهشاشة المجالية، وتأخذ كل فئة من فئات هذه الخرائط قيما معلوماتية تتراوح بين 0 و1، وبالتالي تصبح خريطة الهشاشة العامة هي متوسط القيم المعلوماتية للخرائط المركبة (جدول43).

جدول43: تصنيف فئات مؤشر الخطر لهشاشة منطقة الدراسة.

الفئة	قيمة مؤشر الخطر	هشاشة المجال للحركات الكتلية
1	من 0,37 إلى 1	هشاشة قوية جدا
2	من 0,31 إلى 0,36	هشاشة قوية
3	من 0,25 إلى 0,30	هشاشة ضعيفة
4	من 0 إلى0,24	هشاشة ضعيفة جدا

المصدر: المصدر: منهجية الأنموذج (VI)

نلاحظ من خلال الخريطة (شكل62)، أن المناطق الأكثر هشاشة تتموضع في الشمال الغربي، تحديدا في منطقة القصر الصغير ونواحيها ويرجع السبب إلى تمركز الساكنة في هذه المنطقة، وكذا مرور جل الطرق منها (السكة الحديدية، الطريق السيار، الطريق الوطنية N°16)، أما المناطق ذات الهشاشة الضعيفة فتتواجد في الجنوب والمناطق الوسطى لمجال الدراسة وذلك لعدم مرور طرق بهذه النطاقات من جهة ولضعف الكثافة السكانية من جهة أخرى.



شكل 62: خريطة هشاشة منطقة الدراسة.

المصدر: تنضيد خريطة الدراسة التشخيصية وخريطة الأضرار الهيكلية.

4. خريطة مؤشر الخطر

أنجزنا خريطة مؤشر الخطر العام عن طريق تركيب كل من خريطة هشاشة المنطقة وخريطة احتمالية وقوع حركات كتلية، وانطلاقا من تقاطع فئاتهما تم استنتاج المؤشر العام للخطر وفق الجدول التالي:

جدول 44: شبكة تصنيف مؤشر الخطر العام لمنطقة الدراسة.

	احتمالية وقوع حركات كتلية				
	+	ضعيفة جدا (1)	ضعيفة (2)	قوية (3)	قوية جدا (4)
هشاشة المجال للحركات الكتلية	ضعيفة جدا (1)	2	3	4	5
	ضعيفة (2)	3	4	5	6
	قوية (3)	4	5	6	7
	قوية جدا (4)	5	6	7	8

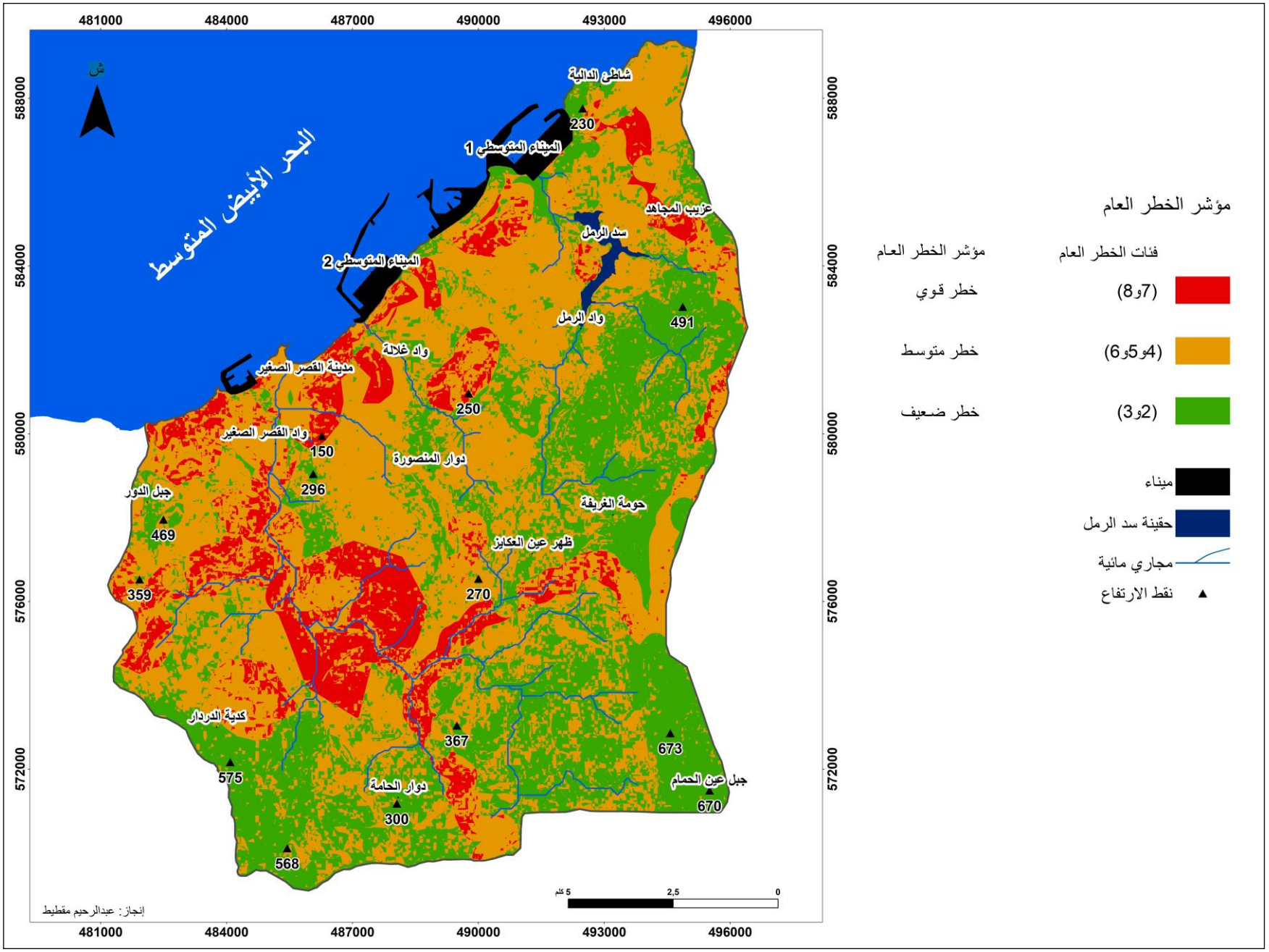
خطر ضعيف		خطر متوسط		خطرقوي	

المصدر: منهجية الأنموذج (VI)

حسب خريطة المؤشر العام لخطر الحركات الكتلية (شكل63)، يظهر أن المجالات ذات مؤشر خطر قوي تتمركز على طول الساحل بظهير الميناء المتوسطي، وهذا يمكن تفسيره بالتمركز السكاني في هذه المناطق نظرا لحجم الأنشطة الاقتصادية التي توفرها: أنشطة مرتبطة بالسياحة وأنشطة مرتبطة بالصيد البحري، وأنشطة مرتبطة بالموانئ.... الخ.

كما أن الدور الاستراتيجي والاقتصادي الذي يلعبه الظهير مكنه من ضم عدد من الطرق المختلفة الأنواع: الطريق السيار، الطريق الوطنية، السكة الحديدية، والتي تعمل على الرفع من مؤشر الخطر نظرا لعدد مستعمليها.

ولقد تم تثمين خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية من خلال نسب منحنيات التحقق والتوقع، أما خريطة مؤشر الخطر فنتائجها تبقى نسبية لأنها استخلصت من خريطة الهشاشة التي كان منهج إنشائها يستدعي دراسة معمقة في ظل ضعف المعطيات حول المنطقة، ومع ذلك فقد اعتمدنا على معطيات حصلنا عليها من مؤسسات الدولة وأخرى عايناها في الميدان خلال الخرجات الميدانية.



شكل 63: خريطة المؤشر العام لخطر الحركات الكتلية بظهير الميناء المتوسطي. المصدر: تنضيد خريطة احتمالية وقوع الحركات الكتلية وخريطة هشاشة المجال.

إن ظاهرة الحركات الكتلية يجب أن تقاس وتقيم انطلاقا من حجمها وحجم الخسائر التي تخلفها في المجال، وهذا يستوجب تبني مقاربة تصنف فيها الحركات الكتلية حسب نوعها وحجمها وكمية الأرض أو الكتل المتحركة، كما تتطلب متابعة ميدانية للوقوف على حجم تحركها كل سنة، فمثل هذه الدراسة تتطلب وقتا طويلا قد يصل أحيانا إلى عشرات السنين، مما يجعل من بحث الدكتوراه غير قادر على الوصول إلى نتائج في غضون الزمن المحدد لإنجازها.

وبخصوص الأنموذج الذي استعملناه فهو أنموذج جيد ونتائجه تقترب كثيرا من الواقع فقد تم تبنيه في العديد من الدول كالبرتغال من طرف ZEZERE وشركائه وفي فرنسا من طرف CLEMENCE.G ونتائج بحوثهم كانت جيدة.

وفي بحثنا هذا ظهرت النتائج أيضا جيدة على اعتبار أن كل المناطق التي تم تحديدها ضمن مؤشر الخطر القوي تم معاينتها في الميدان وتأكدنا من صحة نتائج الأنموذج.

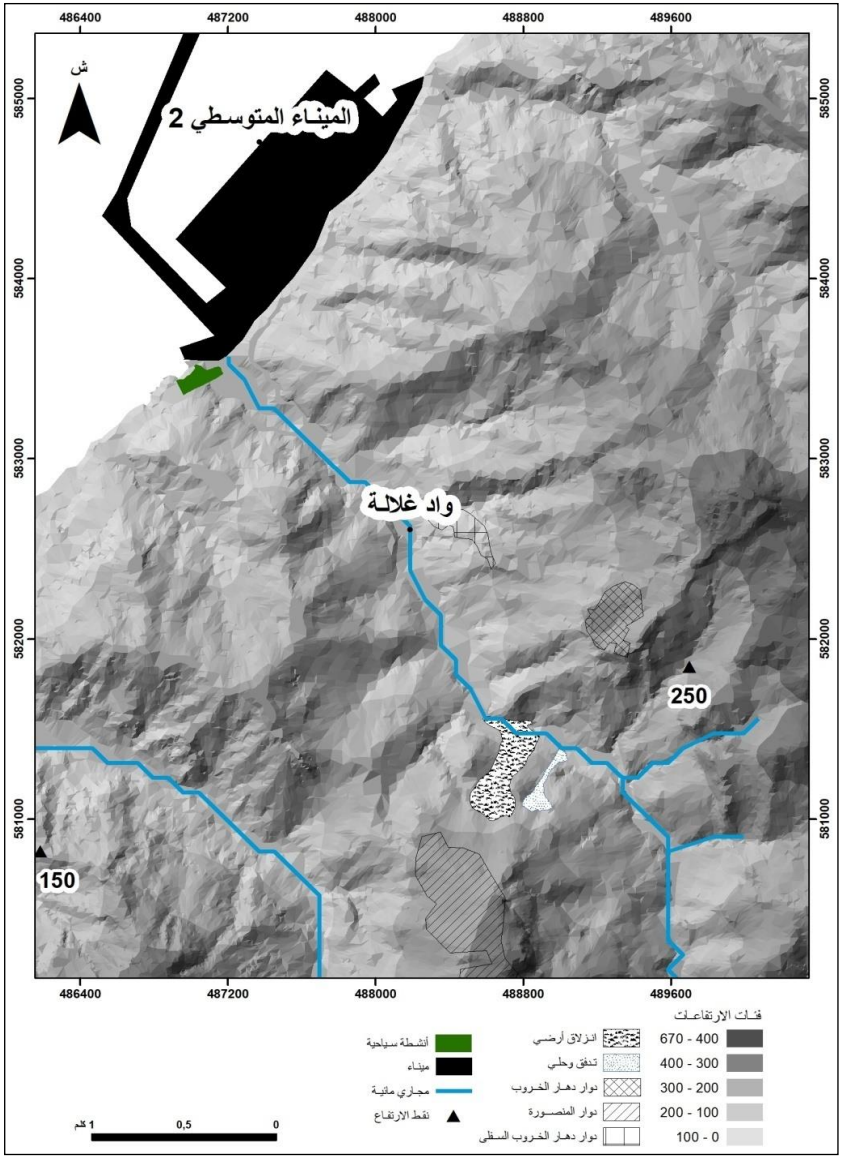
أما على مستوى تدبير المجال، فالمجالات ذات مؤشر الخطر القوي تستدعي تدخلا سريعا من أجل المحافظة عليها، كما يجب تجنب البناء وتشييد الطرق فوقها، وبالنسبة للمجالات ذات مؤشر الخطر المتوسط فيجب تهييئها بشكل يؤمن استقرارها.

III. توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد في دراسة انزلاق عالية واد غلالة:

عرفت عالية واد غلالة انزلاقا دورانيا عميقا أدى إلى تحريك كتلة كبيرة من القشرة الأرضية نحو المجرى المائي للواد، وقد تشكل هذا الانزلاق على تكوينات صخرية هشة ساهمت في تنشيطه، كما أن التساقطات المطرية التي عرفتها المنطقة خلال دجنبر 2009 وينابر وفبراير 2010 كان لها أثرا على نفاذية التربةحيث حركت الانزلاق بشكل كبير.

صورة13: انزلاق أرضي بعالية واد غلالة.

صورة14: تدفق وحلي بعالية وادغلال



شكل64: انزلاق دوراني بعالية واد غلالة.

يعود سبب الانزلاق بالإضافة إلى تشبع تربة المنطقة بالماء إلى عاملين أساسين: عامل طبيعي هو موروث: يتعلق الأمر بالتشكيلات الصخرية للمجال وطبيعة انحدار السفح المتأثر ثم العامل البشري المرتبط بطبيعة استغلال المجال من طرف الإنسان.

هناك إذن مخاطر تم تحديدها ورسمت خرائطها في مجموع الأحواض النهرية بمنطقة الدراسة: حوض الرمل وحوض غلالة وحوض القصر الصغير. والنموذج المدروس في هذا الفصل هو انزلاق أرضي دوراني بعالية حوض غلالة (شكل64)، الذي عرف حالة فيضانات عنيفة وعدوانية وصل صبيبها ما بين 80 متر^3/الثانية و120 متر^3/الثانية ((PATEAU.M, 2014.

إن حجم صبيب واد غلالة أثناء فيضاناته لا يصل إلى مستوى تهديد المجال بخطر الحركات الكتلية، بينما يصبح أكثر خطورة إذا كان هناك تدخل بشري، كما هو الحال بالنسبة لبناء الميناء المتوسطي بالقرب من مصب هذا الواد حيث سبب هذا الوضع في تلقي الميناء للرواسب القادمة من الواد، كما كان لتحويل مجموعة من السكان فوق السفوح الغير المستقرة تهديدا لضفاف الأودية.

1. الخصائص العامة لانزلاق عالية حوض غلالة.

1.1. وضعية الانزلاق الأرضي جغرافيا

الكتلة الأرضية المنزلقة تقع في الضفة الغربية لواد غلالة في سافلة دوار المنصورة، على حدود جبل أشقور (شرق دوار الخروب) ذو العلو 409 متر ودرجة الميلان المعتدلة بين 15 إلى 20°.

صورة15: لسان تدفق الانزلاق الدوراني بعالية واد غلالة.

انطلق انزلاق واد غلالة خلال فترة 2010/2009 نظرا لما تلقته المنطقة خلال هذه الفترة من تساقطات بلغت 1160 ملم، وقد أدت إلى تحريك كتلة أرضية تقارب 104032 متر^2 حيث وضع الجزء الأمامي من الانزلاق كمية كبيرة من الركام في المجرى المائي لواد غلالة الشيء الذي منع انسياب الماء في المجرى وتجمعه في العالية (صورة15).

2.1. وضعية الانزلاق الأرضي جيومرفلوجيا.

تتوافق منطقة الدراسة مع الظروف العامة التي تعرفها المناطق الشمالية لسلسة الريف، فالانهيارات والتحركات الكتلية التي تعرفها منطقة الدراسة لا تعود دائما لشدة الانحدارات (أعلى قمة 670 متر تقريبا) بل لسبب قربها من ساحل البحر الأبيض المتوسط وطبيعة الشبكة المائية السائدة.

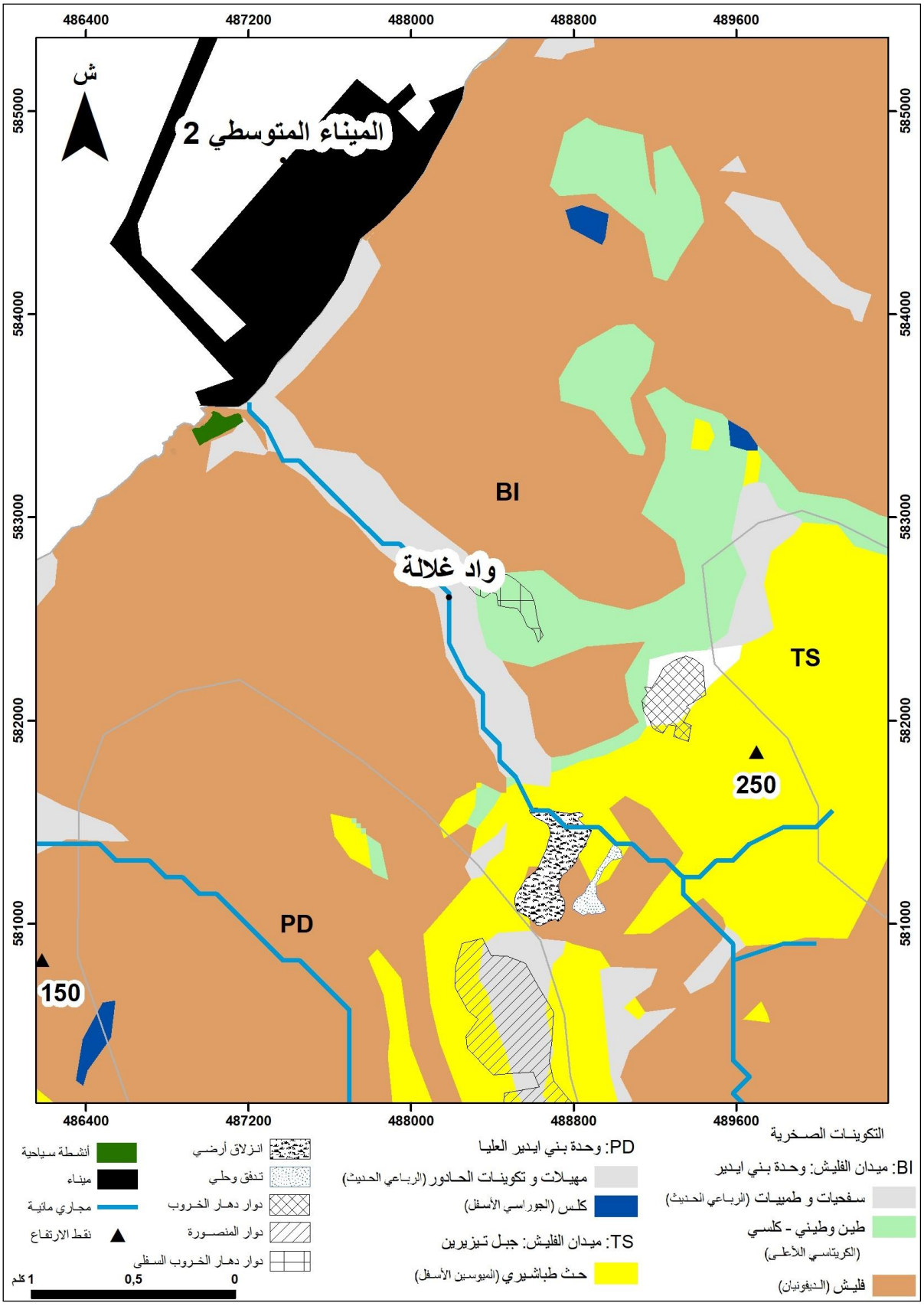
يتواجد الانزلاق الأرضي المدروس على علو يتراوح بين 300 و400 متر ودرجة انحدار تتراوح بين 20 و25% مما يجعل من التساقطات المركزة مجاليا وغير المنتظمة زمانيا تسبب تهديدا لسافلة هذا الحوض المائي.

3.1. وضعية الانزلاق الأرضي جيولوجيا.

يقع الانزلاق المدروس على مجال الفليش في الوحدة البنيوية لبني إيدر Beni Ider وهذه الأخيرة تضم سلسلة من الكريتاسي العالي (سينومانيان) إلى الميوسين الأسفل (DURAND-DELGA M et MATTAUER G,1960).

تتكون سلسلة بني إيدير بالترتيب من الأسفل إلى الأعلى على:

- كلس على شكل ألواح في مجالات سيليس والطين الأسود يتخلله فواصل من الصلصال (TMSA, 2007)
- فليش من صلصال كلسي على سلسلة من الصلصال المحددة بالمجال السينونيان الأيوسين المتوسط
- الباليوسين يظهر في شكل كلس من الميكروديان والأيوسين الأسفل (TMSA, 2007).
- توافق الأيوسين طين الفيولاسي (TMSA, 2007).
- الايلوغوسين الأسفل المتوسط يوجد على شكل صلصال أصفر وأخضر (TMSA, 2007).
- الايلوغوسين يعلو البيرديغاليان الأسفل المتوسط، وهي سلسلة يهيمن عليها الفليش غريزوميكاسي (TMSA,2007).

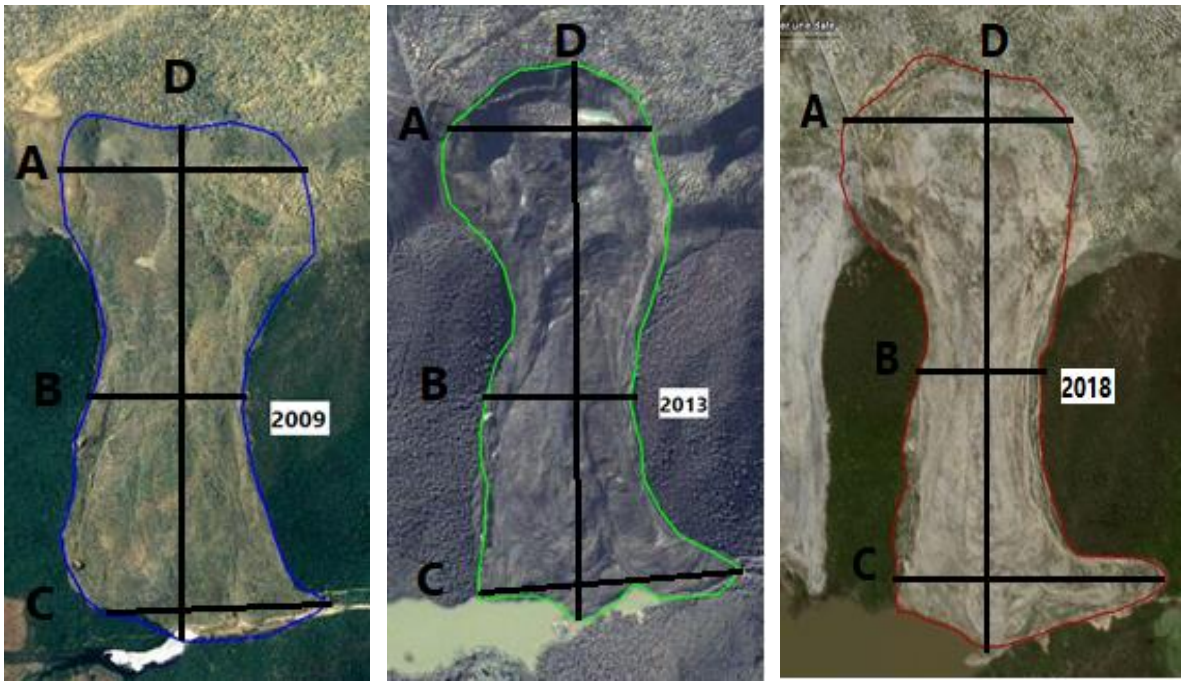


شكل65: وضعية انزلاق واد غلالة جيولوجيا.

4.1. توظيف الاستشعار عن بعد في دراسة تطور انزلاق عالية واد الرمل بين (2009و2018).

تتغير مرفلوجية الانزلاق الأرضي عند كل فصل ممطر، حيث يتجدد تحرك الانزلاق على شكل تدفقات وحلية ليساهم في زيادة تغذية المجرى المائي بالرواسب ويرفع حجم الماء المحجوز في العالية (شكل66).

شكل66: صورة الأقمار الاصطناعية توضح تطور انزلاق عالية واد غلالة.



يتضح من خلال صور الأقمار الاصطناعية أن الانزلاق الدوراني يتغير شكله وحجمه من سنة لأخرى، حيث انتقل من مساحة 80906 متر مربع في سنة 2009 إلى 104032 متر مربع في سنة 2018، كما أن شكله توسع طولا وعرضا ليشمل أجزاء كبيرة (جدول45).

جدول45: تغير مساحة الانزلاق بين 2009 و2018[13]

	المسافة خلال 2009	المسافة خلال 2013	المسافة خلال 2018
المقطع A	214.24	191.94	248.63
المقطع B	138.48	151.28	140.73
المقطع C	234.37	279.7	316.38
المقطع D	464.56	516.11	552.45
مساحة الانزلاق ب m^2	80906	85953	104032

توضح نتائج الجدول45 على أن مساحة الانزلاق الدوراني لواد غلالة ارتفعت من 80906م^2 سنة 2009 إلى 104032م^2 سنة 2018 وذلك بنسبة تزايد وصلت 28%، كما تبين النتائج أيضا ارتفاعا في نسب المقاطع العرضية والطولية، الشيء الذي يؤكد وجود ظروف مناسبة أدت إلى تزايد حجم الانزلاق على جميع المستويات.

تتداخل العديد من العوامل في توسع الانزلاق الأرضي بعالية واد غلالة فمنها ما هو طبيعي يرتبط إما بالتساقطات المطرية أو الإرث الجيولوجي والمرفلوجي للمنطقة، ومنها ما هو بشري يتعلق بطبيعة استغلال السكان للأراضي الفلاحية.

2. الأسباب المحتملة لانطلاق الانزلاق الأرضي:

ساهمت العديد من العوامل في انطلاق انزلاق عالية واد غلالة حيث يمكن تقسيمها إلى: عامل المناخ وعامل الأسباب الجيولوجية ثم العامل البشري.

1.2. التساقطات المطرية كمحرك أساسي لاندلاع الانزلاق:

حسب الساكنة المجاورة لعالية واد غلالة فإن الانزلاق المدروس يرجع إلى فترة 2010/2009، إذ عرفت هذه الفترة أمطارا قوية أدت إلى فيضانات في غالبية المجاري المائية في المنطقة حيث بلغ معدل التساقطات في شهر دجنبر 2009 بمحطة أليان حسب وكالة حوض اللوكوس ما مجموعه 389.4 ملم وفي

[13] المقاطع A و B و C و D تم أخذها بنفس المستوى بالنسبة لكل السنوات.

شهر يناير 2010 ما مقداره 322.4 ملم و 279.2 ملم خلال شهر فبراير، الشيء الذي أدى إلى ارتفاع منسوب الأودية بالمنطقة وأصبحت الأتربة مشبعة بالماء فظهرت حركات أرضية في عدة مناطق، وكان أهمها الانزلاق المدروس نظرا لتواجده بعالية الميناء المتوسطي وتهديده له بالرواسب المنقولة .

2.2. العوامل الجيولوجية:

تتكون الصخور بمجال الدراسة بتناوب رفوف من الحث الضخم ذات مقاومة قوية ورفوفا من الطين ضعيف السمك ومتشوه (CHALOUAN et al , 2006) وتسمى هذه الصخور بطبقة الفليش التي تغطي حوالي 70% من منطقة الدراسة، وهذا يجعل الظروف الجيولوجية أكثر تحفيزا لتحريك العديد من الحركات الكتلية.

1.2.2. تشكل سفح الانزلاق الأرضي:

يوجد الانزلاق الأرضي على الضفة الغربية لواد غلالة على سفح يطل للشمال الشيء الذي زاد من ارتفاع استقباله للتساقطات المطرية، وبالتالي ارتفاع مطاطية تربته وقابليتها للتحرك.

2.2.2. الدينامية النهرية لواد غلالة:

تساهم منعطفات الأودية في تقويض ضفافها، الشيء الذي يهدد استقرار المنحدرات المطلة على هذه الضفاف، إذ تتسبب أحيانا في تحريك سفوحها، وقد نتج عن فيضانات واد غلالة وارتفاع سرعة صبيب المياه تقويضا للضفة التي يوجد عليها الانزلاق المدروس حيث ساهمت هذه العوامل في إحداث فراغ أسفل السفح عمل على مناداة الكتلة الأرضية التي توجد في الأعلى للتحرك.

3.2. التأثيرات البشرية.

يعتبر العنصر البشري عاملا إلى جانب العوامل الطبيعية الأخرى التي عملت على تسريع انزلاق واد غلالة، فالاستغلال الفلاحي المكثف أو غير المنتظم لسفوح عالية الانزلاق ساهم إلى حد كبير في تحريك القشرة الأرضية، هذا فضلا عن غياب الغطاء النباتي الذي يحافظ على تماسك وتثبيت التربة

وحمايتها من كل الديناميات ويتحكم أيضا في نظام الجريان حيث يخفف من حدة التساقطات ويحد من الفيضانات.

إن غياب الغطاء النباتي بالسفوح يترتب عنه انعكاسات سلبية متعددة تتجلى أساسا في تسريع وتيرة الحركات الكتلية.

وبالرجوع إلى صور الأقمار الاصطناعية لسنة 1999، يبدو أن النطاق الذي تعرض للانزلاق كان يضم غطاءا نباتيا، إلا أن تعرضه لتوالي سنوات التعرية المائية أفقدته كل المواد العضوية وأصبح مجالا ذو تعرية قوية جدا نتيجة عدم استغلاله بالشكل المطلوب.

3. مخاطر الانزلاق الأرضي على دينامية واد غلالة.

يتكيف شكل ضفاف الأودية باستمرار مع طبيعة المجرى المائي والتكوينات الصخرية والانحدارات وعوامل أخرى كقوة سرعة المياه، إلا أن بعض الأحداث كالانهيارات والتحركات الأرضية يكون لها تأثيرا على استقرار هذه الضفاف (FALEH A ,1995). أما بالنسبة للحالة المدروسة، فالكتلة الأرضية المتحركة من الضفة الغربية لواد غلالة أدت إلى قطع التيار المائي، مما جعل الماء يتجمع في العالية مشكلا مستنقعا قد يصبح مكانا لتراكم نفايات السكان مهددا بذلك بيئتهم الخاصة.

خلاصة:

يرتبط انزلاق عالية واد غلالة بأسباب عديدة يصعب معها تحديد المسؤول عن حركة الكتلة الأرضية، ويبقى دور التساقطات في كل العمليات العامل الأساسي والمحفز لمعظم الديناميات.

وحسب (HUMBERT M, 1972) فإن تصنيف أسباب الانزلاقات يختلف حسب تخصص كل باحث: جغرافي، جيولوجي، مهندس أو غيرهم، فكل واحد يبحث ويحلل انطلاقا من طبيعة تخصصه.

وقد صنف كل من(MACAIRE M. et CAMPY M., 1989) العوامل المؤثرة في الحركات الكتلية إلى نوعين: عوامل موروثة نشطة وعوامل مرتبطة بالمناخ والزلازل.

وإذا ربطنا بين هذه النظريات والانزلاق المدروس نجد أنها متوافقة، باعتبار أن العوامل الموروثة النشطة تتمثل في طبيعة الانحدار وبنية وقابلية السطح للحركات الكتلية وأيضا في انعدام الغطاء النباتي، أما عوامل المناخ والزلازل فتعد المحرك الأساس في حركية السفوح.

خلاصة الفصل

أصبح تدبير المخاطر يتوسع في الدول الأوربية، ففي فرنسا، يتواجد مخطط توقعات المخاطر (PPR) وخرائط ZERMOS (Zones exposées aux risques de mouvements du sol et du sous-sol) منذ فبراير 1995 (MARQUAIRE O, 2002)، حيث تم الأخذ بعين الاعتبار المخاطر الطبيعية في تهيئ المجال، عن طريق تحديد المناطق المعرضة أو المحتمل تعرضها.

أما في المغرب، لازالت الدراسات المتعلقة بالمخاطر الطبيعية محتشمة، فجل المعاينات والدارسات والمقاربات التي تقوم بها مؤسسات الدولة تكون نتائجها ضعيفة، وأغلب المشاريع التي يتم إنجازها تهمل الدراسات القبلية للمخاطر الطبيعية.

لذلك بحثنا هذا، يجيب عن مجموعة من الأسئلة التي تخص مجال دراستنا، فكل الخرائط حددت بدقة نطاقات أخطار الحركات الكتلية ونتائجها كانت قريبة جدا من واقع المجال، كما أن المناطق التي تم تحديد خطورتها هي بالفعل تستدعي الاحتراز وتدخل الجهات المعنية، فالمشاريع التي تنوي الدولة القيام بها في المنطقة كالقطار الفائق السرعة(TGV) ، يستوجب دراسة جيدة للمجال، ونحن بدورنا نقدم هذه الدراسة من قبيل المساهمة.

أما بخصوص خريطة احتمالية وقوع الحركات الكتلية فقد اعتمدنا في انجازها على المقاربة الزمنية حيث كان الهدف منها التوقع بعودة الحركات الكتلية، كما كان لتقييم هشاشة المجال الفضل في إعطاء صورة حول وضعيته أمام المخاطر الطبيعية، خصوصا أن منطقة الدراسة تعرف دينامية كبيرة ومتنوعة في جميع أنحائها.

وفي الأخير تم إنجاز خريطة مؤشر الخطر انطلاقا من تقاطع هشاشة المنطقة واحتمالية وقوع الحركات الكتلية، حيث تم تحديد أربع فئات للخطر فمنها ما يستوجب أخذ الحذر أثناء تشييد المشاريع ومنها ما هو ضعيف الخطورة لا يستدعي القلق.

الفصل السابع:

النمذجة المجالية لحرائق الغابات باستعمال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

يفقد المغرب بسبب الحرائق كل سنة، 3000 هكتار من مجاله الغابوي منذ سنة 1960 وذلك بمعدل 290 حريق كل سنة (BAYO. I., 2016)، ويرجع سبب هذا التدهور الغابوي في غالب الأحيان إلى الأنشطة البشرية (كإزالة الحطب، الرعي الجائر، ...) وكذلك التغيرات المناخية التي تتميز بطول مدة الجفاف والرياح الجافة القادمة من الشرق أو الجنوب الشرقي.

وقد أكدت دراسة حرائق الغابات بالمغرب عن وقوع 12912 حريق خلال 50 سنة الأخيرة (1960-2009) أدت إلى إتلاف حوالي 149292 هكتار من الغابات، وذلك بمعدل 2986 هكتار كل سنة، سجلت أقصاها خلال سنة 1983 ب 11289 هكتار، وأدناها في سنة 2002 ب 593 هكتار، وكان المعدل السنوي هو 0,051 من مجموع المناطق الغابوية في البلاد (HCEFLCD, 2013).

ويعد عدد الحرائق والمساحات التي يتم إتلافها كبيرا بالمقارنة مع ما يتم تجديد غرسه والذي يقدر بنسبة (8%)، فالمناخ الشبه القاحل أو القاحل يقف حاجزا أمام إعادة تجديد غرس أشجار الغابات (HCEFLCD, 2013).

ورغم التدبير المستمر للمجالات الغابوية الذي تسهر عليه الدولة منذ 1998[14] (Programme Forestier National Cadre Stratégique à l'Horizon 2020) والذي يهدف إلى حماية الثروة الغابوية والبيئية من حرائق الغابات، يضل الخطر دائما موجودا وحاضرا، والتوقعات المنجزة بالطرق التقليدية لا تعطي حلا شاملا، بينما تضل التقنيات الحالية بالطرق الحديثة كاستعمال SIG والاستشعار عن بعد، الوسيلة الجيدة التي تمكن من تتبع التغيرات المجالية وتأثرها بحرائق الغابات عن طريق إنجاز خرائط تمكن من تحديد مجالات الخطر أو المهددة به.

المجال الغابوي بمنطقة الدراسة ينتمي إلى المجال الغابوي للمديرية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر بطنجة والذي تبلغ مساحته الإجمالية 42000 هكتار. وهو يعرف كل سنة مجموعة من الحرائق يتم تسجيلها لدى المديرية المكلفة، ويكون السبب في غالب الأحيان هو الضغط السكاني على

[14] موقع: http://ma.chm-cbd.net/manag_cons/nsap_ma/pfn

المجال أو الطبيعة المناخية للمنطقة التي تعرف رياحا شرقية قوية وجافة أو طبيعة الغطاء النباتي للمنطقة.

I. إشكالية حرائق الغابات بمنطقة الدراسة وأهم مناهج تقييمها.

عرفت منطقة الدراسة تزايد عدد حرائق الغابات (الجدول46)، إذ تتنامى هذه الأخيرة بالموازاة مع التزايد السكاني وحجم المشاريع المنجزة، إضافة إلى الطبيعة الطبوغرافية المتضرسة للمجال وطبيعة المناخ الغير المستقرة.

إن دراسة العلاقة بين الحرائق ومختلف العوامل والمتغيرات المتحكمة فيها تستوجب تشخيصا عاما لمجال الدراسة، فالتوقع الزمني (اليوم، الساعة...) بحدوث حريق، يعد مستحيلا ويصعب التحقق منه بشكل مضبوط، لكن التوقع المجالي للأماكن المحتمل تعرضها لاندلاع الحرائق يسهل تحديده والتحقق منه (Lambert. B., 1999) .

وتعد الدراسة المجالية للحرائق وتحديد الأماكن المحتمل تعرضها للخطر ذات فوائد مهمة تتمثل أساسا في ضبط العلاقات بين المتغيرات الطبيعية والمجال الغابوي، ومدى تأثر الأنشطة السوسيواقتصادية من حرائق الغابات.

وانطلاقا من هذا فإن الهدف من دراستنا هذه هو تحديد وتحليل حرائق الغابات التي أصابت مجال الدراسة باستعمال نظم المعلومات الجغرافية SIG والاستشعار عن بعد Télédétection. ثم إدراج مختلف المتغيرات المسؤولة عن الظاهرة للوصول إلى نمذجة مجالية لظاهرة حرائق الغابات، حيث يمكن تلخيص أهداف الدراسة فيما يلي:

- جرد حرائق الغابات بمنطقة الدراسة والمساحات المتضررة.
- استخراج المتغيرات الطبيعية والمتغيرات البشرية المساهمة في حدوث الحرائق.
- استعمال الصور الجوية وصور القمر الاصطناعي من أجل خرائطية حرائق الغابات.

- نمذجة مجالية لحرائق الغابات عن طريق استخراج خرائط مجالية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

1. وضعية حرائق الغابات بإقليم طنجة خلال سنة 2015

بلغ عدد الحرائق المندلعة خلال سنة 2015، 53 حريق حيث أتلفت حوالي 45 هكتار و97 آر، بمعدل بلغ 0,87 هكتار في كل حريق، وقد أصابت هذه الحرائق خلال نفس السنة، غابة أنجرة الشمالية بحوالي 20,87 هكتار متبوعة بغابة فدان شابو بحوالي 8,64 هكتار، ثم تافوغالت بحوالي 6,408 هكتار، وسيدي منصور بحوالي 4,852 هكتار وفي الأخير زميج بحوالي 2,508 هكتار (DPEFLCD, 2015).

أما الغابات التي سجلت فيها أضعف الحرائق بأقل من 1 هكتار فنذكر منها: غابة الهاوتة برني مديار ب 0,04 هكتار متبوعة بدار فوال بحوالي 0,2 هكتار، ثم غابة عين عنصر ب 0,3 هكتار و سيب بردكريس ب 0,308 هكتار وغابة العقبة الحمراء ب 0,52 هكتار وفي الأخير غابة رحراح ب 0,680 هكتار (DPEFLCD, 2015).

ويظهر من خلال إحصائيات الحرائق، أن الغابات الأكثر تضررا تتواجد بالجماعة الحضرية لطنجة بحوالي 26 حريق أي بنسبة 49% من مجموع الحرائق، و يرتبط هذا بشكل كبير بتردد الساكنة على هذه الغابات (DPEFLCD, 2015).

جدول 46: وضعية حرائق الغابات بإقليم طنجة

السنة	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
عدد الحرائق	52	52	63	70	46	28	53
المساحة المتضررة	42	39	61	950	86	121	45,97

المصدر: DPEFLCD de Tanger

2. وضعية حرائق الغابات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015

بلغت حرائق الغابات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015 عشرة حرائق، حيث أدت إلى إتلاف حوالي 30 هكتار (شكل67).

جدول 47: المساحات المتضررة حسب الجماعات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015

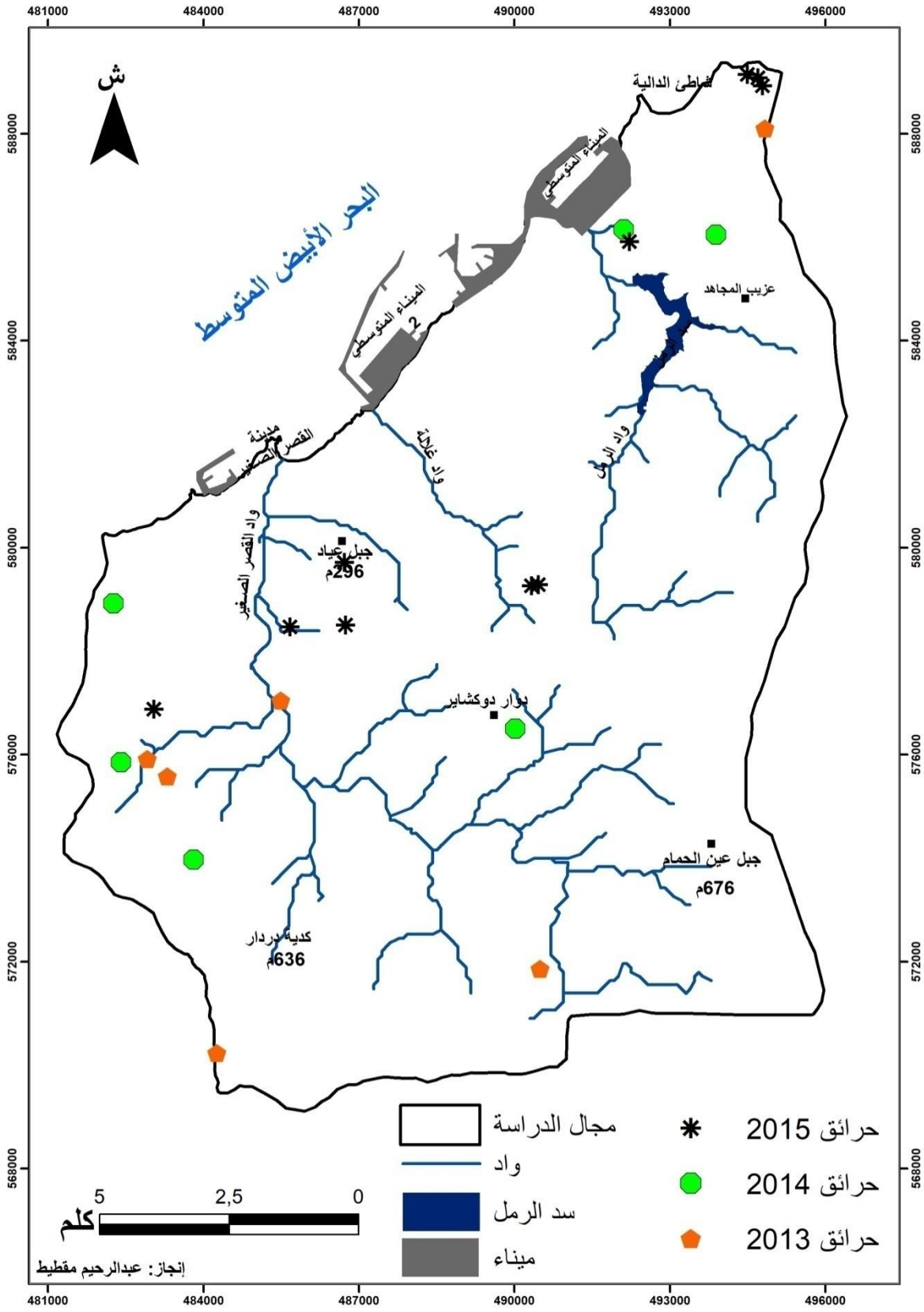
الجماعة القروية	عدد حرائق الغابات	المساحة المتضررة بالهكتار
قصر المجاز	6	10,8
قصر الصغير	1	0,2
ملوسة	6	8,9
ثلاثاء تاغرامت	4	10,1
المجموع	**17**	**30**

المصدر: DPEFLCD de Tanger

يبدو أن الجماعات الأكثر تضررا من الحرائق بمجال الدراسة هي جماعة قصر المجاز (10,78 هكتار) وجماعة ثلاثاء تاغرمت (10,09 هكتار) (DPEFLCD, 2015).

3. أهم مناهج دراسة حرائق الغابات

تختلف أسباب حرائق الغابات من مجال لآخر كما تختلف داخل نفس المجال، فهي ترتبط بطبيعة وظروف كل نطاق على حدى (ظروف طبيعية ومناخية) وكذا باستعمالات التربة فيه.



شكل 67: خريطة حرائق الغابات خلال السنوات 2013 و2014 و2015. المصدر: DPEFLCD de Tanger

ويمكن تقييم حرائق الغابات مجاليا وزمنيا اعتمادا على أحد المقاربات الثلاث.: المقاربة الإحصائية، المقاربة الاستكشافية ثم المقاربة البرهانية أو طريقة المحاكاة؛ التي تبناها العديد من الباحثين أمثال (ROTHERMEL R.C., 1972 ; TRABAUD L., 1989 ; DAGORNE et DUCHE., 1993 ; JAPPIOT M. et all., 2000 ; DUPUY J.L., 2000 ; COLIN P.Y. et all., 2001 ; MISSOUMI A., 2002 ; RIGOLOT E. et MORVAN D., 2003 ; CEMAGREF, 2004 ; ALEXANDRIAN D., 2008).

1.3. المقاربة الإحصائية

تعتمد المقاربة الإحصائية على أرشيف الحرائق في منطقة معينة، من أجل دراسة احتمالية وقوع الظاهرة حسب طبيعة المجال، وهكذا تتطلب المقاربة التوفر على قاعدة بيانات الحرائق التي أصابت المنطقة المدروسة.

ترتبط جودة هذه المقاربة بطبيعة جرد النباتات وإمكانية ربط العلاقة بين نوع النباتات ووقوع الحرائق. (TRABAUD L., 1989 ; ALEXANDRIAN D., 1982 ; MISSOUMI A., 2002 ; COLIN P.Y. et all., 2001).

2.3. المقاربة الاستكشافية

تستند المقاربة الاستكشافية على مجموعة من الخبراء الذين يتدخلون في المجال انطلاقا من كفاءاتهم ومهارتهم ودرايتهم بحرائق الغابات.

ومن إيجابيات هذه المقاربة هي سرعة التدخل وإيصال المعلومة بأقل تكلفة إلا أنه في الغالب لا يمكن لهؤلاء الخبراء تقديم مستويات خطر الحرائق وتحديدها.

وحتى يتم تجاوز هذا المشكل، يتم تتميم المقاربة بالنموذج الظرفي، فكل متغير في المجال يعبر عنه بمؤشر حسب الطريقة التجريبية ليتم الحصول على المؤشر العام للخطر انطلاقا من جمع المؤشرات الصغرى للمتغيرات المجالية (TRABAUD L., 1989 ; ALEXANDRIAN D., 2008 ; MISSOUMI A., 2002 ; COLIN P.Y. et all, ,2001).

3.3. طريقة المحاكاة

تنتقض هذه الطريقة النماذج التي تأخذ بعين الاعتبار مؤشرات كمية: كسرعة انتشار الحرائق ومدى تأثيرها حسب ظروف المجال (CEMAGREF, 2004)، فهي تهتم بدراسة سلوك الحرائق بشكل عام معتمدة بذلك على العديد من العوامل الطبيعية (ROTHERMRL R.C., 1972).

إن المقاربات الثلاث تمكن من دراسة خطر حرائق الغابات بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات التي يتم تركيبها للحصول على تفييئ لهذا الخطر.

4. النماذج التطبيقية على حرائق الغابات

كل المتتبعين يتفقون على أن حرائق الغابات لها علاقة بتداخل كل من العوامل الفيزيائية والبيولوجية والبشرية، وهذا ما أكدته مجموع البحوث والكتابات التي همت المجال المتوسطي (BARBERO M. et TATONI T., 1990)

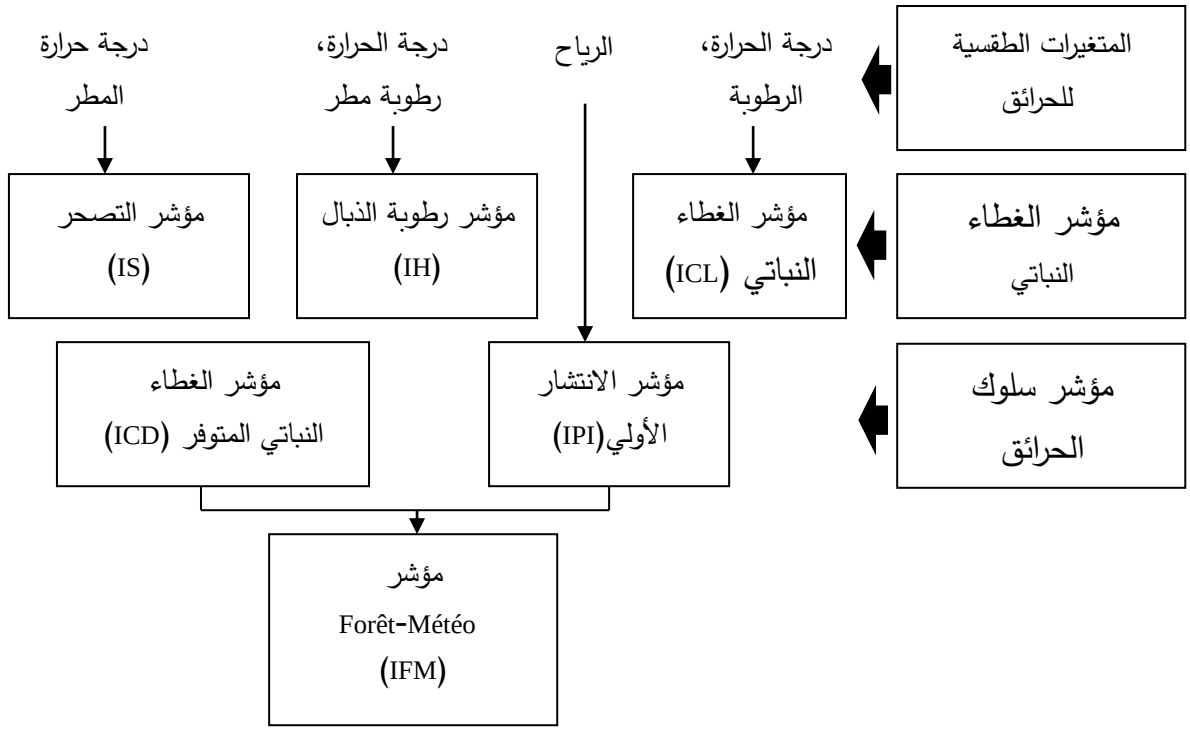
في المغرب، هناك مجموعة من دراسات نمذجة خطر حرائق الغابات التي استعملت فيها متغيرات طبيعية وفق العديد من المقاربات (HAMDAN Y., 2011 ; HANCHAN M., 2012 ; EZZINE H. et all, 2006) نذكر منها النمذجة المجالية لحرائق الغابات بالشاون التي قام بها كل من الحسين الخواجة وعلي فالح حيث اعتمدت دراستهم على مجموعة من المقاربات الحديثة وكانت نتائجها جيدة.

1.4. الأنموذج الأمريكي ROTHERMRL:

بدأ العمل بهذا الأنموذج منذ 1972، وهو يعتبر المؤسس لمجموعة من الأنظمة التنبؤية الحالية، حيث يستند على التحول الطاقي لآلية انتشار الحرائق ومدى تتابعها في الزمن (ROTHERMRL R.C., 1972)، ويتناول بدراسة متغيرات ترتبط بالغطاء النباتي (نوع الغطاء النباتي، كمية احتفاظ بالماء، طوله، كثافته، الانحدار، سرعة اتجاه الرياح) وكذا بظروف تطور الحرائق.

2.4. الأنموذج الكندي (Indice Forêt Météo (IFM:

يعتمد تطبيق هذا الأنموذج على عدة مؤشرات تنتمي لمستويين (Cahier FAO conservation, 36, 2001)، يضم المستوى الأول ثلاث مؤشرات تعرض التغيرات اليومية لاحتفاظ الغطاء الغابوي بالماء وسرعة اجتفافه، أما الثاني فيضم مؤشرين يهتمان بسلوك الحرائق وسرعة انتشارها وكذا كمية الغطاء النباتي المتضرر من الحرائق (VAN WAGNER C.E., 1987 ; MCEDIF C.E., 1984) (شكل68).



شكل 68: خطاطة توضح مراحل الأنموذج الكندي.

3.4. الأنموذج الفرنسي

يعتمد الأنموذج على المؤشر الطقسي حيث يربط العلاقة بين المعطيات الجوية وكمية الماء المحتفظ بها في التربة التي توافق كمية الماء الموفرة للنباتات، فكلما قل منسوب المياه في التربة إلا وزاد خطر الإصابة بالحرائق، ويتم حساب هذا المؤشر بالعلاقة الرياضية التالية: (Cahier FAO conservation 36, 2001).

$$R_j = R_j - 1 + Pluies_{(j-1)} - ETR$$

الاحتفاظ اليومي بالماء: Rj = Réserve en eau du jour j

الاحتفاظ اليومي بالماء لليوم السابق: Rj-1= Réserve en eau du jour précédent

التساقطات اليومية لليوم السابق: PLUIESj-1 = Précipitation du jour précédent

النتح: ETR : Evapotranspiration réelle

كمية آخر تساقطات : Q: Quantité de la dernière pluie (en mm)

5. الأنموذج المعتمد في الدراسة

بينت كل الدراسات والتجارب المنجزة خلال السنوات الأخيرة أن حرائق الغابات، تتغير حسب المجال والزمن، وذلك راجع لاختلاف العوامل المسؤولة، إذ منها ما يتغير على المدى القصير مثل (الظروف المناخية أو رطوبة الغطاء النباتي). ومنها ما يتغير على المدى الطويل وتخص البنيات مثل: (الطبوغرافية وكيفية توزيع السكان في المجال ونوع الغطاء النباتي) (CAMIA A. et all, 2004 ; CARREGA P. et JERONIMO N., 2007 ; DAGORNE A. et DUCHE Y., 1993 ; JAPPIOT M., 1999).

إن الدراسة الخرائطية التقييمية لحرائق الغابات لها مقاربات عديدة، يتم تبني أنواعها حسب خصوصية البحث المراد الاشتغال عليه وطبيعة الخصائص الطبيعية والبشرية للمنطقة المدروسة، ونظرا لخصوصيات ظهير الميناء المتوسطي، تم اختيار أنموذج DAGORNE وDUCHE الذي يعتمد على الاستشعار عن بعد من أجل دراسة تتبعية للغطاء الغابوي بواسطة صور جوية بتواريخ مختلفة (Landsat multi-date) وكذا تطبيق مجموعة من العلاقات الرياضية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية من أجل نمذجة المتغيرات التي تساهم في اندلاع حرائق الغابات.

ويعد أنموذج DAGORNE وDUCHE من بين نماذج دراسة حرائق الغابات حيث تم تطبيقه منذ 1990، وهو أنموذج رياضي سهل التطبيق يرتكز على إعطاء قيمة للخطر لكل معامل في كل متغير؛ وقد تم اعتماده في عدة دراسات في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط (فرنسا، إيطاليا، الجزائر، تونس...).

يطبق أنموذج DAGORNE et DUCHE وفق العلاقة التالية:

$$IR = 51C + 2IH + IM$$

مؤشر الغطاء النباتي: IC : Indice de Végétation

مؤشر التدخل البشري : IH: Indices lié à occupation humaine

مؤشر الطبومورفلوجي : IM: Indices Topo-morphologique

6. دور الجيوماتيك في تدبير مخاطر حرائق الغابات:

تعد الجيوماتيك من بين الأدوات المكملة للطرق الكلاسيكية التي تم تبنيها في دراسة حرائق الغابات، فالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية يمكن من تتبع خطر الحرائق على مساحات كبيرة، كما أن استعمال الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية سهل عملية تتبع الظاهرة في الزمان والمكان.

7. دور الاستشعار عن بعد في دراسة حرائق الغابات:

يعد الاستشعار عن بعد الوسيلة الوحيدة لتقييم انبعاث الحرائق على مجال واسع ولفترة طويلة (MOKHTARI D., 2009)، فهو يتيح معطيات عملية ومسترسلة عن الغطاء النباتي يمكن التعرف عليها عن طريق تجميع عدة أطياف إشعاعية أو قراءتها منفردة للحصول على معطيات حول احتفاظ النباتات بالماء أو مدى اجتفافها (CCT, 1999).

وتتيح الأقمار الاصطناعية العديد من الصور لتتبع حرائق الغابات في جميع أنحاء العالم، فهي تعتبر أداة فعالة للحصول على معطيات حول الغابات، من خلال التعرف على التغيرات المرتبطة بظاهرة الحرائق.

8. دور نظم المعلومات الجغرافية في الدراسة:

تعتبر نظم المعلومات الجغرافية SIG من التقنيات الحديثة المستعلمة في دراسة الحرائق، لكونها تتوفر على إمكانية تحليل المعطيات وتخزينها، كما تعطي إمكانية تحيين النتائج والقيام بدراسات توقعية للظاهرة.

1.8. تكوين قاعدة البيانات:

تعتبر عناصر حرائق الغابات معطيات جغرافية يتم استخراجها من العمل الميداني أو باستعمال GPS أو من معطيات الاستشعار عن بعد، أو تستخرج من بحوث سابقة للظاهرة (JAPPIOT M., 2000)، فيتم تهييئها على شكل طبقة قابلة للتركيب مع طبقات أخرى وتكوين قاعدة للبيانات تضم مؤشرات خطر الظاهرة.

2.8. التحليل المجالي:

يهدف التحليل المجالي إلى دراسة وتحديد ووصف المجال لتهييئ قاعدة للبيانات، يتم من خلالها معرفة المؤشرات المسؤولة عن حرائق الغابات، وكيفية تداخلها لاندلاع هذه الحرائق كما يتم تحديد العامل الأهم في الظاهرة في إطار أنموذج لرصد الخطر (JAPPIOT M., 2000).

3.8. إنشاء خريطة خطر حرائق الغابات:

لإنجاز هذه الخريطة، يتم إدراج كل المتغيرات المساهمة في حرائق الغابات وذلك بمساعدة برنامج نظم المعلومات الجغرافية وفق أنموذج معين، حيث تأخذ كل فئة من فئات كل متغير قيمة حسب تأثيرها في اندلاع الحرائق، وتجمع بعد ذلك كل المتغيرات المؤثرة لرصد درجة الخطر (DAGORNE A. et al, 1995 ; CHUVIECO E. et al., 1999)، وفي الأخير، تركب تلك المتغيرات من أجل نمذجة إدماجية نستخلص منها مؤشرا لخطر حرائق الغابات.

II. منهجية الدراسة والخرائط التحليلية لظاهرة حرائق الغابات:

لقد دفع تنامي ظاهرة حرائق الغابات الباحثين إلى إيجاد مقاربات ملائمة لمجالات دراستهم، تتكيف مع المعطيات الميدانية (طبيعية وبشرية) من أجل استخراج خريطة خطر الحرائق، التي من شأنها تقديم نظرة شمولية لأهم المجالات المهددة حسب درجة خطورتها.

ولعل تبني أي مقاربة من المقاربات يتطلب التوفر على معطيات حديثة، لأن المعطيات الكلاسيكية القديمة لا تعطي نتائج جيدة، رغم أنها تساهم في منح أرشيف تاريخي عن الظاهرة بالمنطقة المدروسة، وتعد مقاربة الظاهرة بالأدوات الحديثة كنظم المعلومات الجغرافية SIG والاستشعار عن بعد Télédétection من أنجع الوسائل لاستخراج المتغيرات وتركيبها للحصول على الخريطة النهائية لمؤشر الخطر، وفق أنموذج DAGORNE وDUCHE الذي اخترناه لإنجاز هذه الدراسة.

1. نمذجة خطر الحرائق مجاليا و إنشاء خريطة مؤشر الخطر:

يتطلب تقييم خطر الحرائق التوفر على متغيرات مناسبة واختيار أحد الطرق لنمذجة هذه المتغيرات من أجل إنجاز الدراسة، وقد تم اختيار أنموذج A. DAGORNE وY. DUCHE الذي بدأ العمل به منذ 1990، حيث تم اختباره وتجريبه في العديد من الدراسات في منطقة البحر الأبيض المتوسط (فرنسا، إيطاليا، الجزائر، تونس...)، فهو أنموذج رياضي يعتمد على إعطاء كل متغير درجة ترجيحه وتأثيره في الظاهرة.

وصف كل من DAGORNE وDUCHE، هذا الأنموذج (IR) بكونه وسيلة وأداة لنمذجة المتغيرات الطبيعية للمجال الغابوي عن طريق تقاطعها وتحليل نتائجها في برنامج SIG.

وهكذا يقوم النموذج بنمذجة كل المتغيرات وفق المعادلة التالية:

$$IR = 5\,IC + 2\,IH + IM$$

مع:

IC: يمثل مؤشر الغطاء النباتي.

IH: يمثل المؤشر المرتبط بالجانب البشري.

IM: يمثل المؤشر الطبومورفولوجي.

يضم الأنموذج مؤشرات تحدد قدرة النباتات على الاحتفاظ بالماء، انطلاقا من خصائصها البيولوجية، وقد تم إعداد طبقة معلوماتية لكل متغير وتم نمذجتها في نظم المعلومات الجغرافية حسب معادلات الأنموذج المختار مستعملين بذلك مختلف أدوات نظم المعلومات الجغرافية.

1.1. مؤشر الغطاء النباتي (IC):

من أجل معرفة جيدة للغطاء النباتي وتقييم مؤشر قابليته للاحتراق، تم التركيز على المعطيات المقدمة من طرف CEMAGREF في هذا المجال، كما تم الاعتماد على خبرة رجال الإطفاء الذين أعدوا علاقة رياضية انطلاقا من معطيات وصفية قياسية للغطاء النباتي (BELHADJ-AISSA M. et all., 2003).

ويقدم مؤشر الغطاء النباتي (IC) وفق العلاقة التالية:

$$IC = 39 + 2{,}3\ BV\ (E1 + E2 - 7{,}18)$$

تمثل الخاصية BV في العلاقة أعلاه كثافة التشكيلات النباتية، حيث تم حسابها عن طريق جمع نسب كل أنواع الغطاء النباتي المتمثل في أربع فئات: (طبقة الأشجار وطبقة الشجيرات وطبقة العشبية وطبقة الأنفوذة).

وحسب الجرد الغابوي الوطني (IFN)، يمكن إضافة المواد القابلة للاحتراق كالأغصان والأوراق الميتة التي تشكل خطرا كبيرا عندما تصبح جافة، ويتم تصنيف الغطاء النباتي حسب مؤشر سرعة قابليته للاحتراق الخاص بكل تشكيلة نباتية، حيث يتراوح هذا المؤشر بين 1 و9 بالنسبة لنوعين سائدين: E1 ويهم الطبقة الشجرية التي يتراوح طولها بين 1 متر و5 أمتار والطبقة E2 الذي تهم الطبقة الشجيرية أو العشبية.

يتغير حجم مؤشر الغطاء النباتي (BV) بتغير جمع E1 وE2، حيث إذا كانت قيمة الجمع أقل من 7,18 فإن الغطاء النباتي أقل قابلية للاحتراق، وبالتالي يكون المؤشر أصغر من 40، أما إذا كان العكس، فإن المؤشر يتزايد حسب تغير قيمة BV (CEMAGREF, 1990).

❖ **كيفية جرد الغطاء النباتي:**

تتم عملية الجرد بالاعتماد على عينات مختارة تظهر أكثر وضوحا وتجانسا حيث يتم إعطاء قيمة لكل من الكثافة ونوع الغطاء النباتي.

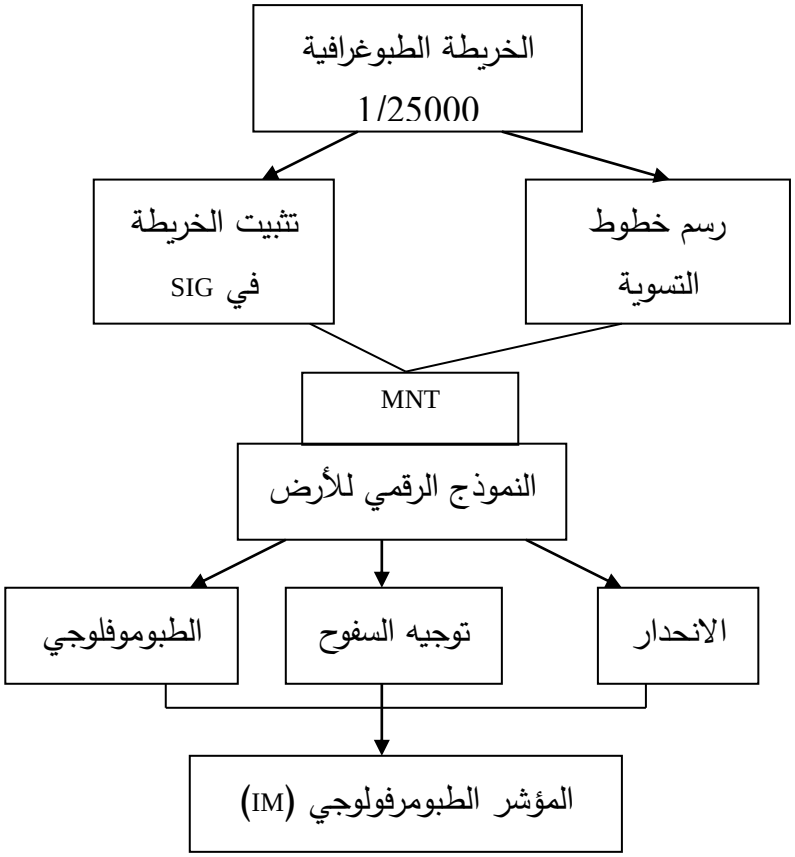
في كل جرد، يتم استخراج العناصر التالية:

- اسم كل نوع رئيسي من الغطاء النباتي.
- العلو المتوسط لكل نوع من الغطاء النباتي (ب m).
- كثافة الغطاء النباتي (ب %).
- كثافة كل نوع من الغطاء النباتي (الطبقة الشجرية، الطبقة الشجيرية...) (ب%).
- كثافة الأغصان والأوراق الميتة والذبال (ب %).

كل المؤشرات تأخذ قيمة بين 1 و9 حسب تواجدها، حيث يتم تجميع هذه المؤشرات لحساب قيمة قابلية الغطاء النباتي للاحتراق (IC). ولتفادي كل الأخطاء المحتملة، يتم القيام بكل هذه العمليات داخل برنامج SIG.

2.1. مؤشر الطبومرفولوجي (IM):

يستخرج المؤشر الطبومورفولوجي عن طريق تقاطع ثلاث طبقات نظرا لتأثيرها على الحرائق، فالانحدار (P) يؤثر على سرعة انتشار الحرائق، وتوجيه السفوح (e) تكشف عن السفوح المعرضة للرياح وفي الأخير نجد الطبومرفولوجيا (m) التي تمثل قيمة الارتفاعات التي تم تقسيمها إلى أربع فئات حسب الظروف الطبوغرافية.



شكل69: خطاطة استخراج المؤشر الطبومرفولوجي (IM).

يتم إنجاز المؤشر الطبومورفولوجي باستعمال العلاقة الرياضية:

$$IM = 3p + (m \times e)$$

ويتم إنجاز مؤشر الطبومرفلوجي (IM) عبر عدة مراحل، تبدأ برسم خطوط التسوية وإحداث النموذج الرقمي للأرض (MNT) ثم استخراج متغير الانحدار وتوجيه السفوح والطبومرفلوجية حسب الخطاطة الشكل 69.

3.1. مؤشر التواجد البشري (IM):

يشكل تواجد الإنسان ومزاولته لأنشطته الاعتيادية بالقرب من الغابة خطرا عليها، فالمجال الغابوي بمنطقة الدراسة كغيره من المجالات الغابوية، يعرف تواجد العديد من الدواوير بالقرب من

غاباته إضافة إلى مرور عدد من الطرق من هذا الوسط، كل هذا يرفع من احتمالية تعرض المجال الغابوي للحرائق.

وقد تم تحديد الدواوير في مجال الدراسة، ورسمنا لكل دوار هامشا للخطر يقدر ب 500 متر، ثم أعطي لكل هامش مؤشرا حسب قربه من الغابة، أما بالنسبة للطرق فقد تم اتباع نفس المنهجية بالنسبة للدواوير، وأعطي لكل طريق تمر بالقرب من الغابة مؤشرا مرتفعا دليلا على خطورة ذلك الجزء من المجال، وبعد ذلك تم تجميع كل من الطبقتين حسب العلاقة التالية:

$$IH = IV + ID$$

مع

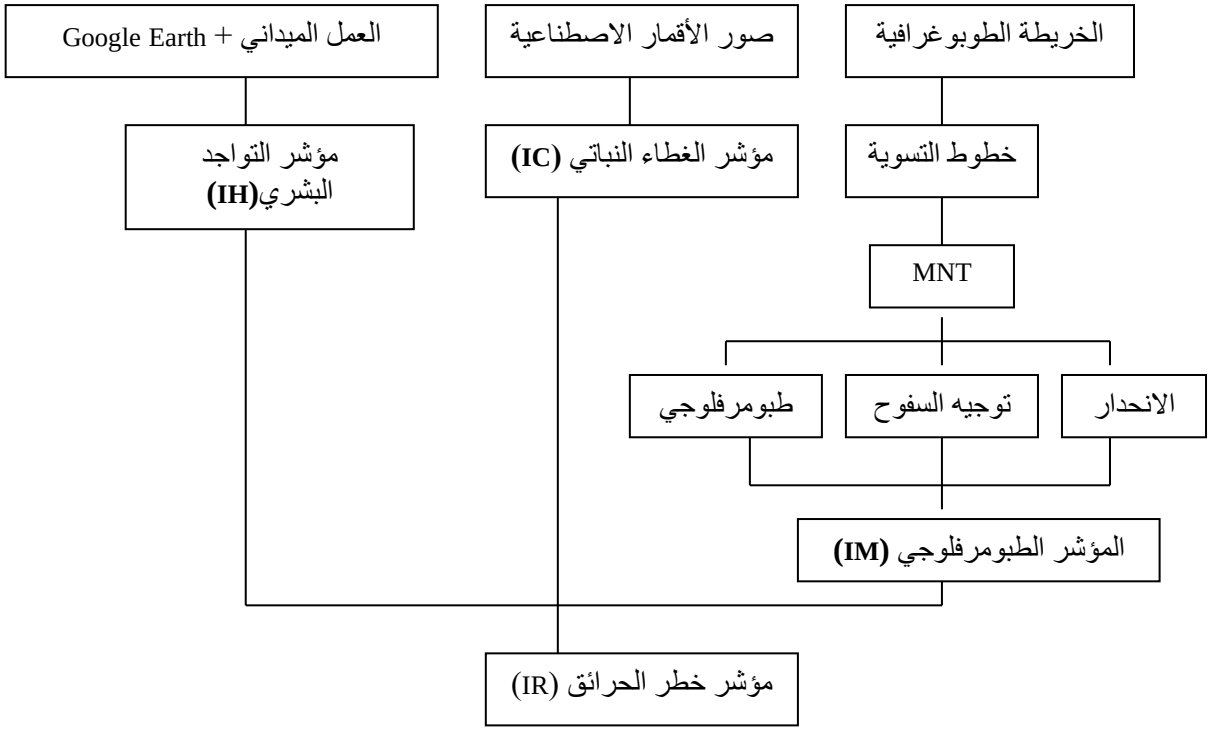
IH: مؤشر التواجد البشري.

IV: مؤشر قرب الدواوير من الغابة.

ID: مؤشر قرب الطرق من الغابة.

كل المؤشرات الثلاث التي أنجزنها (IM) و(IC) و(IH) تم تجمعها في برنامج نظم المعلومات الجغرافية من أجل تسهيل تحليلها والقيام بالدراسة الإحصائية، كما تم دراسة كل متغير على حدا بهدف استخراج العوامل المسؤولة عن اندلاع أو انتشار حرائق الغابات.

وفي الأخير، تنجز خريطة مؤشر خطر حرائق الغابات التي تعتبر وسيلة للتنبؤ بخطر الحرائق على المدى البعيد.



شكل70: الخطاطة المنهجية لخطر حرائق الغابات.

III. الخريطة الإحصائية لنمذجة خطر الحرائق:

تهدف هذه الدراسة إلى إنجاز خريطة مؤشر خطر حرائق الغابات وذلك بإعطاء لكل فئة من كل متغير قيمة حسب تأثيره في الظاهرة وذلك وفق أنموذج Y. DUCHE وA. DAGORNE .

1. المؤشر الطبومرفلوجي(IM) :

كما سبق الذكر، فإن المؤشر الطبومرفلوجي ينجز انطلاقا من تركيب ثلاث طبقات (الانحدار، توجيه السفوح، وطبومرفلوجية المجال) داخل برنامج SIG، حيث تم إنجاز هذه الطبقات من النموذج الرقمي للأرض (MNT).

1.1. خريطة الانحدار:

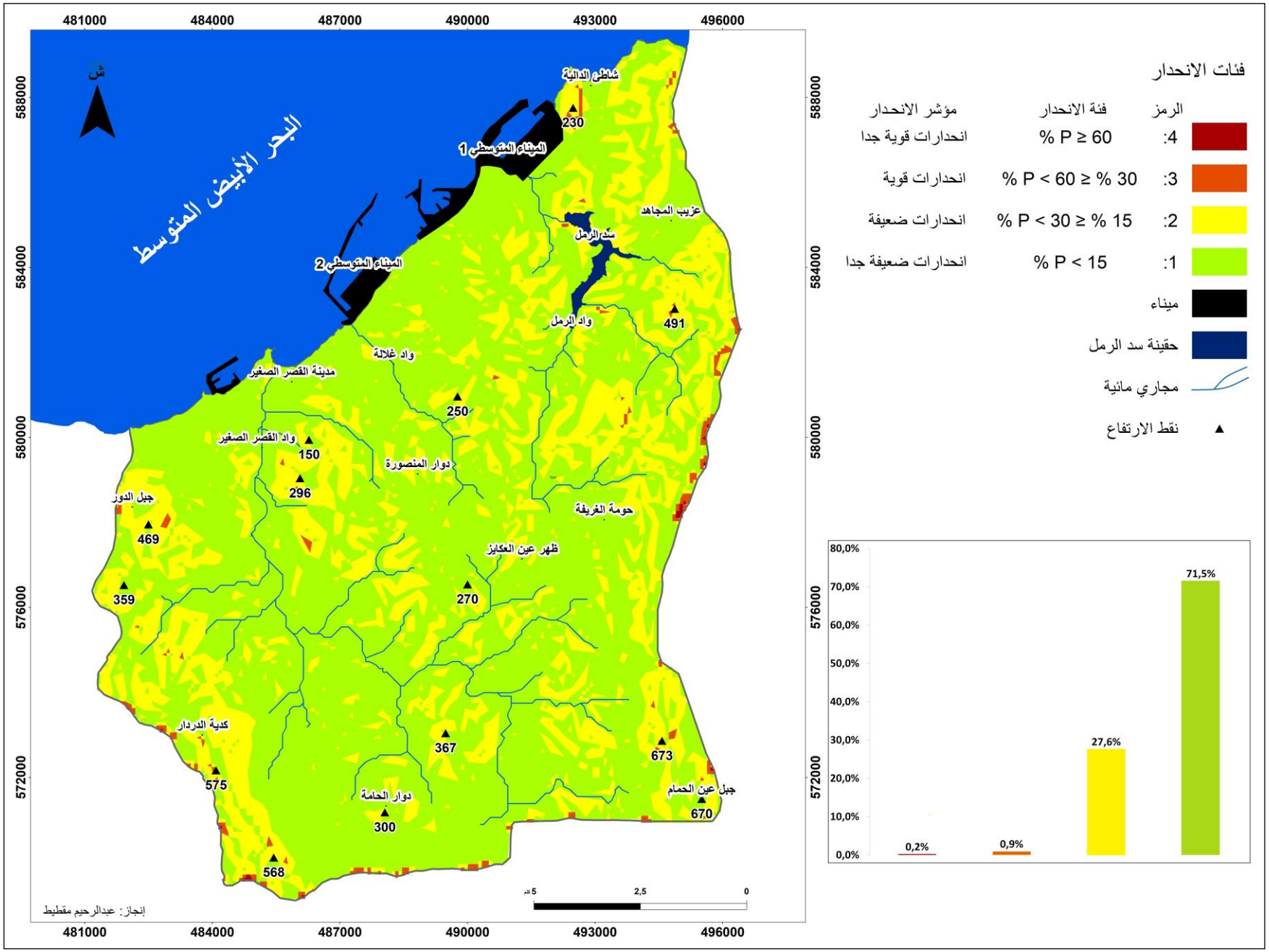
يلعب الانحدار دورا مهما في انتشار الحرائق، فكلما كان الانحدار قويا كلما زادت سرعة انتشار الحرائق.

جدول48: فئات الانحدار.

فئات الانحدار	المساحة Km^2	النسبة	الرمز
P < 15 %	138,3	%71,4	**1**
15% ≤ P < 30%	53,3	%27,5	**2**
30% ≤ P < 60%	1,8	%0,9	**3**
P ≥ 60%	0,3	%0,2	4
	193,7	%100	

تبين خريطة الانحدار (شكل71) تغير درجات الانحدار في مجال الدراسة، حيث يلعب هذا الأخير دورا مهما في التأثير على درجة انتشار النار، إذ يتضح من خلال نتائج قاعدة البيانات، أن درجة الانحدار في أغلب مناطق المجال ضعيفة إلى معتدلة، فيما تشكل الانحدارات القوية تواجدا ضعيفا.

يبين توزيع مساحات مختلف فئات الانحدار هيمنة الفئة 1 (P < 15%) متبوعة بالفئة 2 (15% ≤ P < 30%)، وتتراجع نسب التواجد بالنسبة للفئات ذات الانحدار القوي، والقوي جدا، وبصفة عامة، فإن الانحدارات المهيمنة هي الضعيفة والمتوسطة.



شكل71: خريطة فئات الانحدار. المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

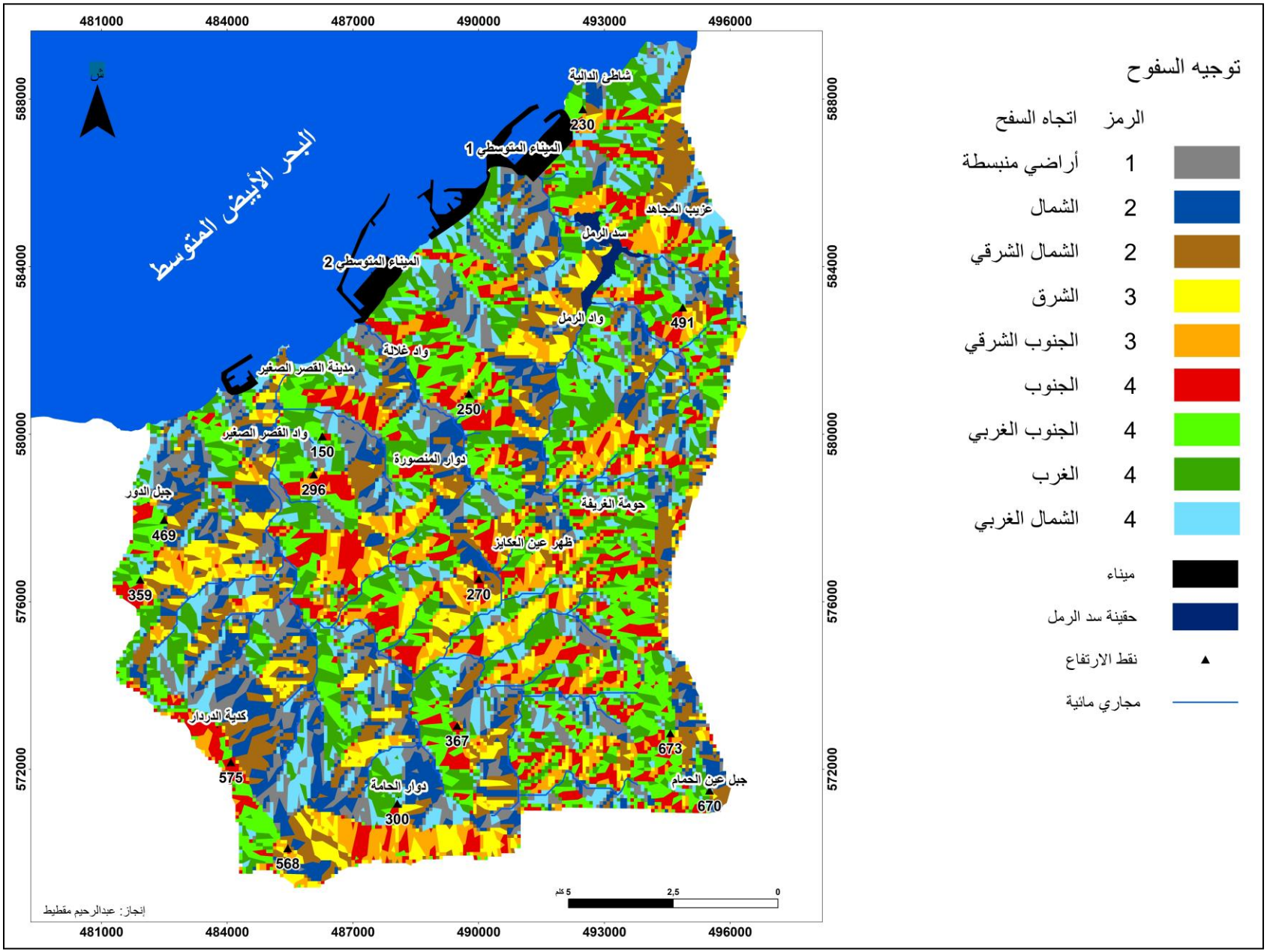
2.1. خريطة توجيه السفوح:

تهدف خريطة توجيه السفوح (شكل72) إلى تحديد السفوح الجافة والرطبة، فالسفوح الجافة تتلقى أشعة الشمس لمدة طويلة خلال اليوم، مما يجعل الغطاء النباتي فيها أكثر جفافا، بينما السفوح غير المشمسة، فهي تعرف رطوبة مرتفعة، لهذا فإن سرعة انتشار النار في السفوح الجافة تكون أكثر بالمقارنة مع السفوح الرطبة.

تتميز عادة السفوح الموجهة نحو الجنوب والشرق بتوفرها على ظروف مناسبة للحرائق، كهبوب رياح الشركي، وكذلك التعرية التي تعرفها هذه السفوح، حيث تمثل السفوح الشرقية والجنوبية (جدول49) مساحة مهمة من مجال الدراسة (40% من مساحة الدراسة) وهكذا يمكن اعتبار هذا المتغير معيارا مسؤولا عن ظاهرة الحرائق.

جدول 49: فئات توجيه السفوح:

توجيه السفوح	المساحة	النسبة	الرمز
أراضي منبسطة	21.7	% 11.2	1
الشمال	21	% 10.8	2
الشمال الشرقي	20.8	% 10.7	2
الشرق	15.1	% 7.8	3
الجنوب الشرقي	15	% 7.8	3
الجنوب	20.9	% 10.8	4
الجنوب الغربي	26.7	% 13.8	4
الغرب	30.2	% 15.6	4
الشمال الغربي	22.3	% 11.5	4
	193.7	%100	



شكل72: خريطة توجيه السفوح.

المصدر: النموذج الرقمي للأرض (1/25000).

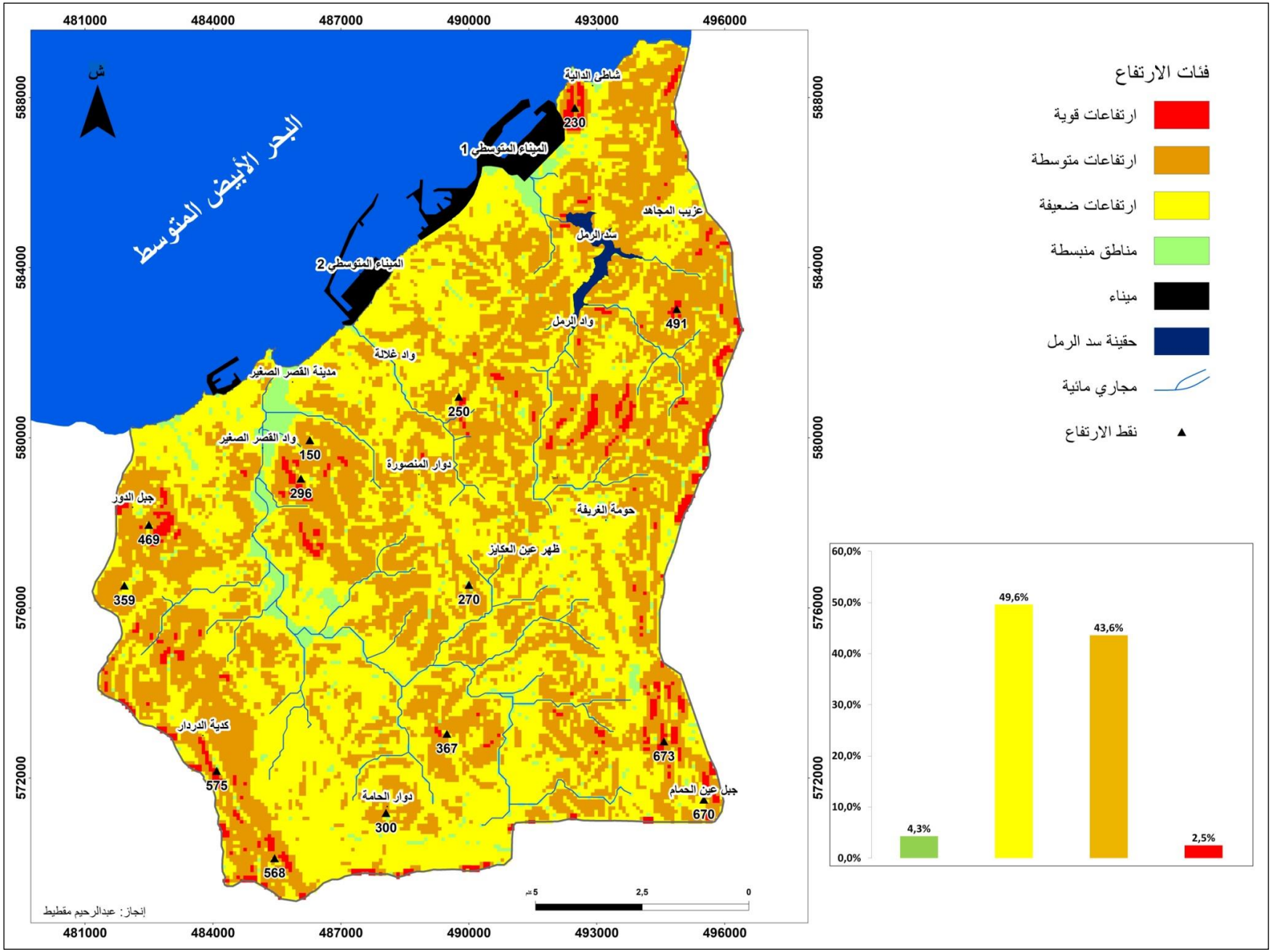
3.1. الخريطة الطبومرفلوجية:

تم إعداد الخريطة الطبومرفلوجية من النموذج الرقمي للأرض، حيث تم تقسيمها إلى أربع فئات حسب درجة الارتفاعات (جدول50).

جدول50: فئات الطبومرفلوجية

فئات الانحدار	الطبوغرافية	المساحة كلم^2	النسبة	الرمز
P ≥ 25%	ارتفاعات قوية	4,8	%2,5	4
12,5% ≤ P < 25%	ارتفاعات متوسطة	84.4	%43.6	3
3% ≤ P < 12,5%	ارتفاعات ضعيفة	96	%49.6	2
P < 3 %	مناطق منبسطة	8,5	%4,3	1
		193,7	%100	

تتغير شدة النيران حسب تغير طبوغرافية المجال، فالمجالات المنبسطة تكون أقل شدة وانتشارا من أخرى ذات ارتفاعات عالية، ويظهر في مجال الدراسة أن غالبية المناطق ذات ارتفاعات ضعيفة بمعدل 49,6% من مساحة مجال الدراسة، كما نجد أخرى بارتفاعات متوسطة بمعدل 43,6%، أما الفئات الباقية فهي ضعيفة بالمقارنة مع الفئتين سالفتي الذكر.



شكل73: الخريطة الطبومرفلوجية.

المصدر: النموذج الرقمي للأرض(1/25000).

4.1. خريطة المؤشر الطبومرفلوجي:

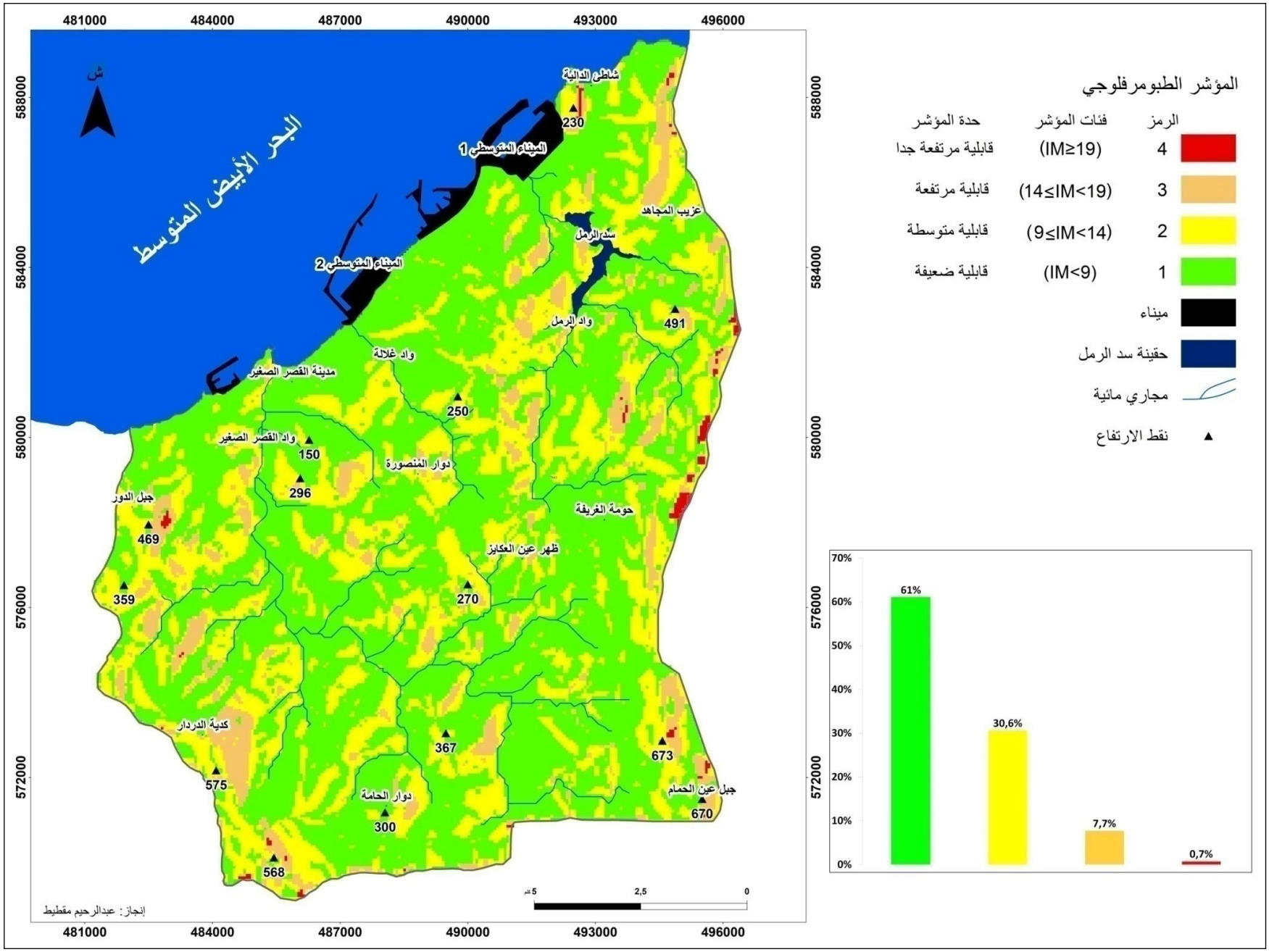
تنجز خريطة المؤشر الطبومرفلوجي انطلاقا من تركيب خريطة الانحدار وخريطة توجيه السفوح والخريطة الطبومرفلوجية وفق العلاقة:

$$IM = 3\,p + (m \times e)$$

إن الجمع بين معطيات الخرائط السالفة يعطي فكرة عن تأثير التضاريس على انتشار حرائق الغابات، فتوزيع فئات مؤشر الطبومرفلوجي (شكل74) يبين هيمنة فئتي القابلية الضعيفة ($IM < 9$) والقابلية المتوسطة ($9 \leq IM < 14$) وهما ينتشران في جميع نطاقات مجال الدراسة، أما النطاقات ذات القابلية المرتفعة ($14 \leq IM < 19$) فهي تتواجد في الجنوب الغربي والشمال الغربي ثم الشمال الشرقي من مجال الدراسة، وبخصوص الفئة الرابعة ذات القابلية المرتفعة جدا ($IM \geq 19$) فتواجدها ضعيف (جدول51).

جدول51: فئات المؤشر الطبومرفلوجي

IM	الدلالة	المساحة كلم^2	النسبة	الرمز
$IM \geq 19$	قابلية مرتفعة جدا	1.3	%0.7	4
$14 \leq IM < 19$	قابلية مرتفعة	15	%7,7	3
$9 \leq IM < 14$	قابلية متوسطة	59,3	%30,6	2
$IM < 9$ %	قابلية ضعيفة	118,1	%61	1
		193,7	%100	



شكل74: خريطة مؤشر الطبومرفلوجي. المصدر: تنضيد خرائط: الاتحداروتوجيه السفوح والارتفاعات.

يتضح من خلال قاعدة بيانات خريطة المؤشر الطبومرفلوجي (شكل74) أن 61% من مساحة مجال الدراسة لها قابلية ضعيفة لاندلاع الحرائق، متبوعة بفئة القابلية المتوسطة 30% من المساحة الإجمالية أما بالنسبة لباقي الفئات (قابلية مرتفعة وقابلية مرتفعة جدا) فلا تتواجد إلا بنسبة 8% من مساحة مجال الدارسة، يبدو من خلال النتائج أن الظروف الطبومرفلوجية لا تساهم بشكل كبير في انتشار الحرائق، وهذا ما يسهل عملية إخماد الحرائق والسيطرة عليها في وقت وجيز في حالة اندلاعها بالمنطقة.

2. مؤشر قابلية الغطاء النباتي للاحتراق (IC):

يضم نموذج DAGORNE وDUCHE مؤشرات لإيجاد قدرة النباتات على الاحتفاظ بالماء انطلاقا من خصائصها البيولوجية وكثافة تواجدها بالمنطقة المدروسة، ويتم حساب مؤشر قابلية احتراق الغطاء النباتي (IC) انطلاقا من العلاقة الرياضية التالية:

$$IC = 39 + 2,3 \times BV\ (E1 + E2 - 7,18)$$

وكما أشرنا سابقا فإن قيم سرعة قابلية الغطاء النباتي للاحتراق تتراوح بين 1 و 9 بالنسبة للنوعين المهيمنين: E1 بالنسبة لطبقة الأشجار وE2 بالنسبة لطبقتي الشجيرية والعشبية.

ونظرا لغياب دراسات حول الغطاء النباتي بالمغرب في هذا المجال، تم الاعتماد على النتائج المعمول بها في فرنسا لكونها تنتمي لحوض البحر الأبيض المتوسط، بالإضافة إلى تشابه الغطاء النباتي لدول هذا الحوض.

أنجزت خريطة مؤشر قابلية الغطاء النباتي للاحتراق انطلاقا من خريطة مؤشر الغطاء النباتي لبرنامج التهيئة الغابوية التابع للمندوبية السامية للمياه والغابات بطنجة، وقد تم حساب كثافة الغطاء النباتي (BV) انطلاقا من درجة تواجد كل صنف من النباتات، كما تم إدراج مؤشر سرعة قابلية كل صنف للاحتراق كذلك داخل العلاقة الرياضية لمؤشر قابلية الغطاء النباتي للاحتراق (IC).

جدول 52: سرعة قابلية أهم أنواع الغطاء النباتي للاحتراق في منطقة الدراسة.

نوعه الغطاء النباتي	طبقة الأشجار المهيمنة	طبقة الشجيرية أو الطبقة العشبية	E1	E2
البلوط الفليني	البلوط الفليني	نبات الخلنج Erica Arboria	7	8
أوكاليبتوس	أوكاليبتوس	القستس Ciste	3	3
صنوبر	صنوبر	القستسCiste blanc	7	6
تشجير Reboisement Résineux	صنوبر بحري	القستسCiste	7	3
تشجير المورقات	أوكاليبتوس	القستسCiste	2	3

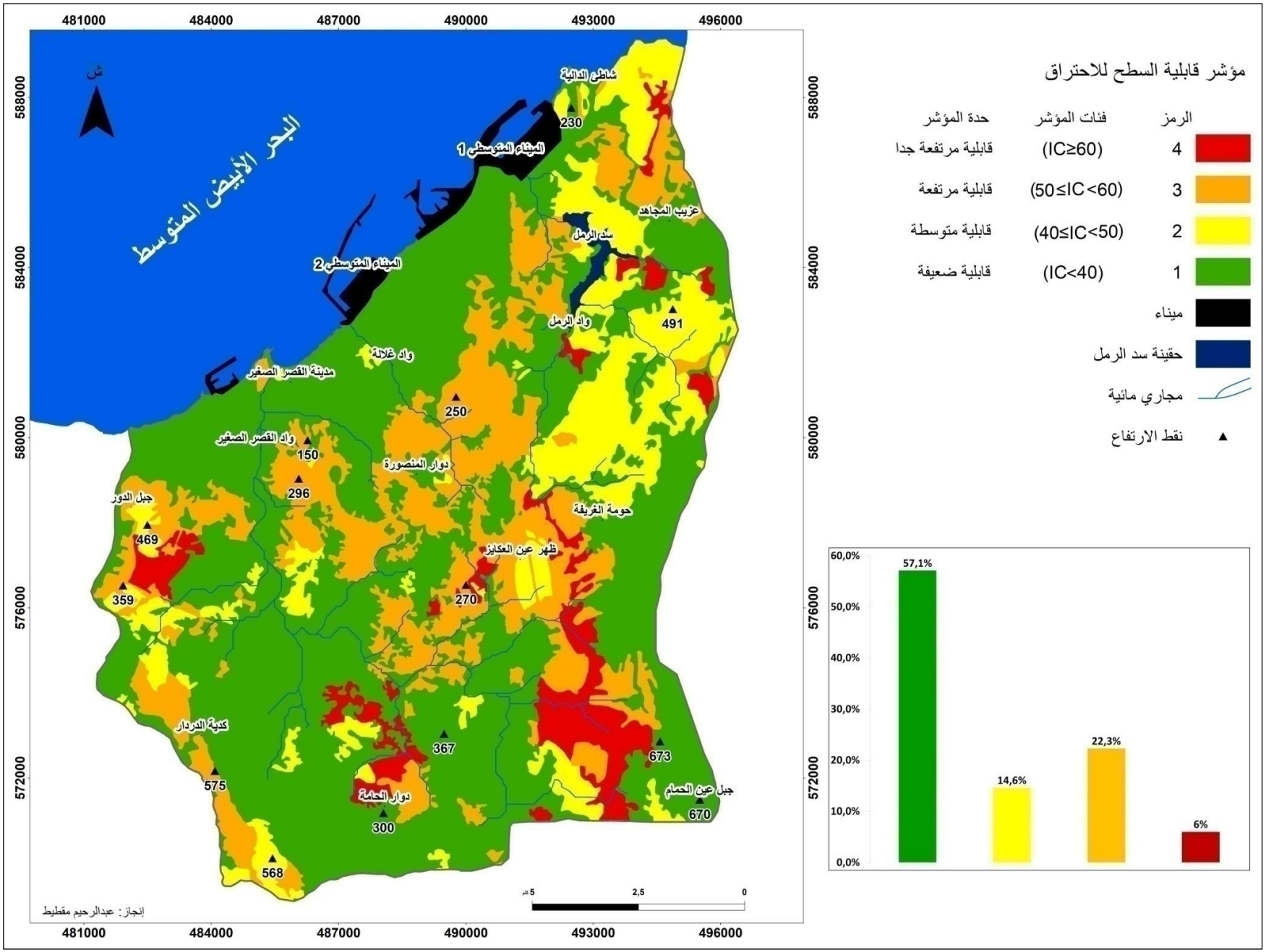
المصدر: CEMAGREF, 1990 .

يرتبط توزيع مختلف النباتات حسب الخصائص البيئية والمناخية ونوعية التربة وارتفاع التضاريس ثم توجيه السفوح وطبيعة الانحدارات، إضافة إلى التدخل البشري عن طريق إزالة الأشجار والرعي الجائر وغيرها، لهذا قمنا بتقسيم خريطة الغطاء النباتي إلى أربع فئات حسب مقاومتها للحرائق.

ويبدو أن الغابات ومناطق التشجير الكثيفة تنتشر في مرتفعات مجال الدراسة (خصوصا تلك المتواجدة في الشمال الغربي والجنوب الشرقي والوسط)، وهذا راجع إلى كمية التساقطات التي تتلقاها هذه النطاقات، بالإضافة إلى توجيه سفوحها نحو الغرب والشمال وارتفاع الرطوبة بها (شكل75).

وإجمالا، تعد المجالات ذات الارتفاعات العالية أكثر تهديدا لخطر الحرائق على اعتبار كثافة غطائها النباتي وارتفاع سرعة قابليته للاحتراق (E1=7).

يتضح من خلال تحليل قاعدة بيانات خريطة الغطاء النباتي (IC) (شكل75) أن 57% من مجالات منطقة الدراسة ذات مؤشر ضعيف للاحتراق وذلك بمساحة 110,6 كلم^2، متبوعة بالمجالات ذات الخطر المرتفع ب 22% من مساحة منطقة الدراسة، وفي الأخير، نجد مجالات الخطر المتوسط ب 14% ومجالات الخطر المرتفع جدا ب 6% من المساحة الكلية.



شكل75: خريطة مؤشر قابلية السطح للاحتراق. المصدر: مديرية المياه والغابات (تطوان)

جدول53: فئات مؤشر قابلية الغطاء النباتي للاحتراق.

فئات IC	الدلالة	المساحة كلم^2	النسبة	الرمز
IC ≥ 60	مرتفع جدا	11,6	%6	4
50 ≤ IC < 60	مرتفع	43,2	%22.3	3
40 ≤ IC < 50	متوسط	28,3	%14.6	2
IC < 40	ضعيف	110,6	%57,1	1
		193,7	%100	

3. مؤشر التدخل البشري (IH):

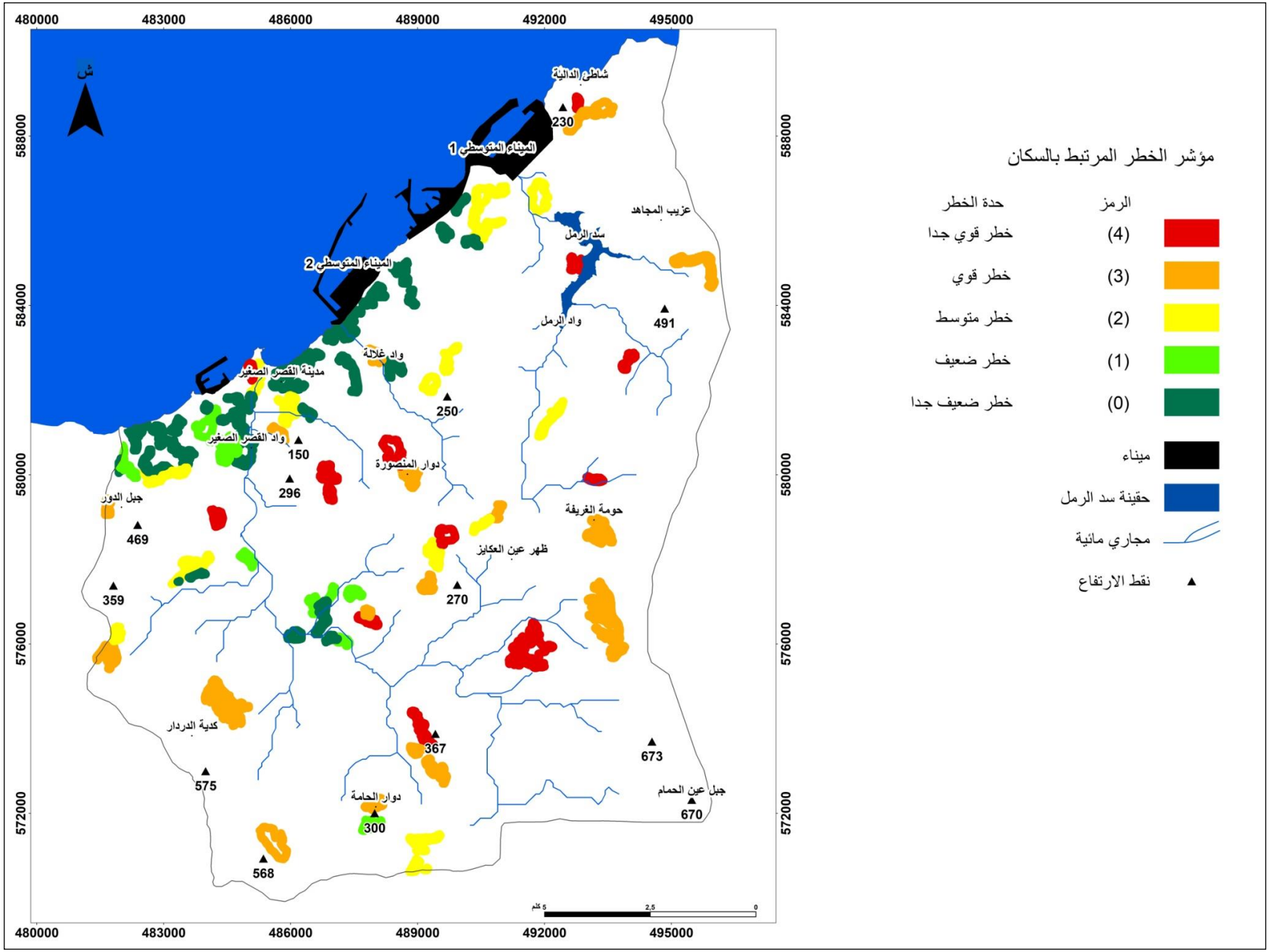
كما ورد في المنهجية، فإن التدخل البشري يضم مؤشرين يتم حسابهما حسب العلاقة الرياضية:

$$IH = IV+ID$$

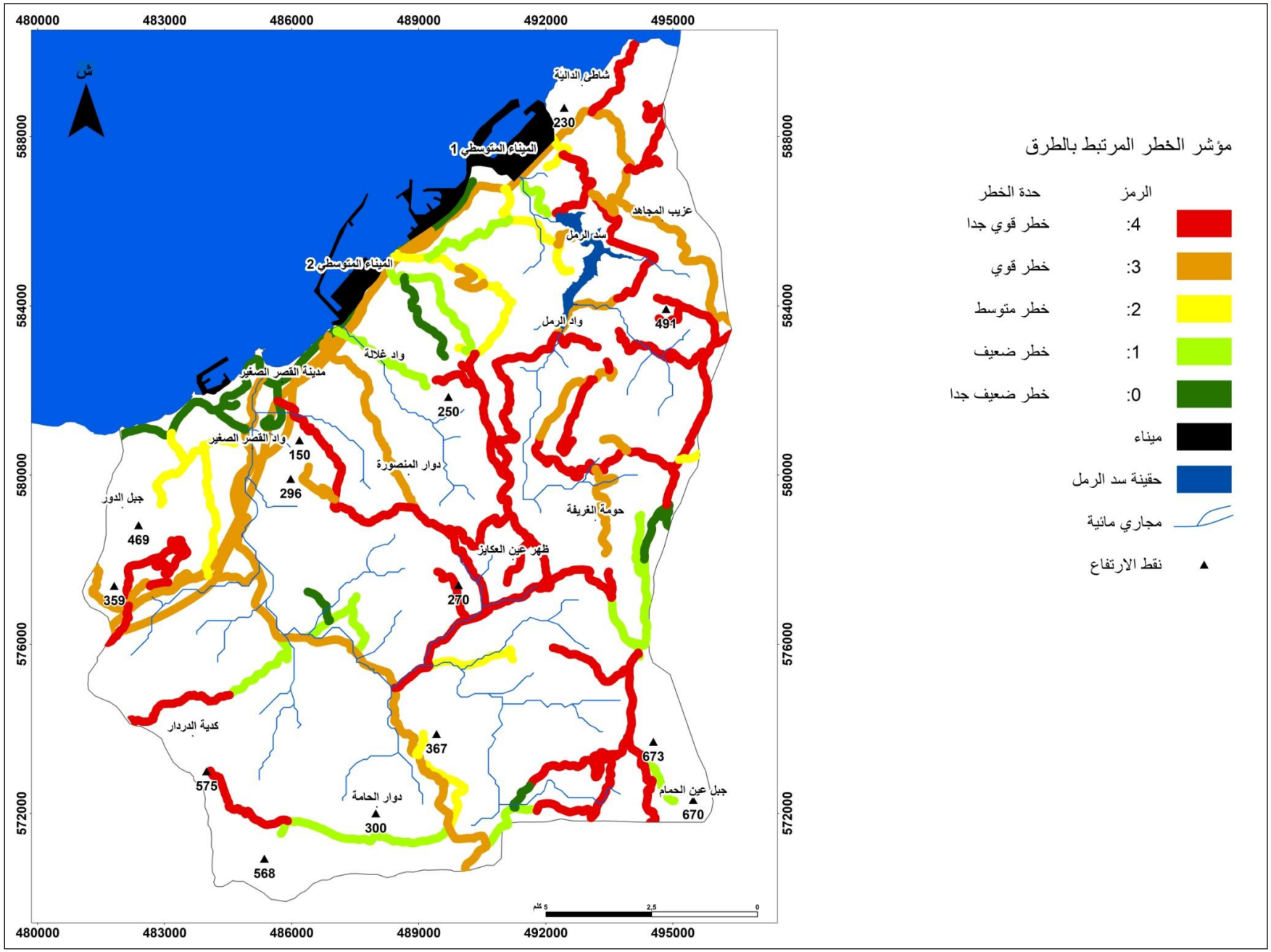
ومن أجل تقييم تأثير التدخل البشري على حرائق الغابات، تم رسم كل المجالات السكنية والطرق بشتى أنواعها (طريق سيار، طرق وطنية وجهوية، سكة حديدية، مسالك قروية...) من صور الأقمار الاصطناعية Google Earth واعتبرنا مساحة هامشية للخطر قدرت ب 100 متر لكل عنصر وبعدها أعطيت لكل مؤشر قيمة للخطر من 0 إلى 4 حسب القرب أو البعد من المجالات الغابوية (جدول54).

جدول54: فئات مؤشر التدخل البشري

الرمز	0	1	2	3	4
تأثيره	لا شيء	ضعيف	متوسط	قوي	قوي جدا



شكل76: خريطة فئات الخطر المرتبطة بالسكان. المصدر: صور الأقمار الاصطناعية + العمل الميدان



شكل77: خريطة فئات الخطر المرتبطة بالشبكة الطرقية. المصدر: صور الأقمار الاصطناعية + العمل الميداني.

4. خريطة مؤشر خطر الحرائق (IR):

نحصل على مؤشر خطر الحرائق عن طريق تركيب ثلاث مؤشرات: المؤشر الطبومرفلوجي ومؤشر قابلية الغطاء النباتي للحرائق ومؤشر التدخل البشري وفق العلاقة الرياضية التالية:

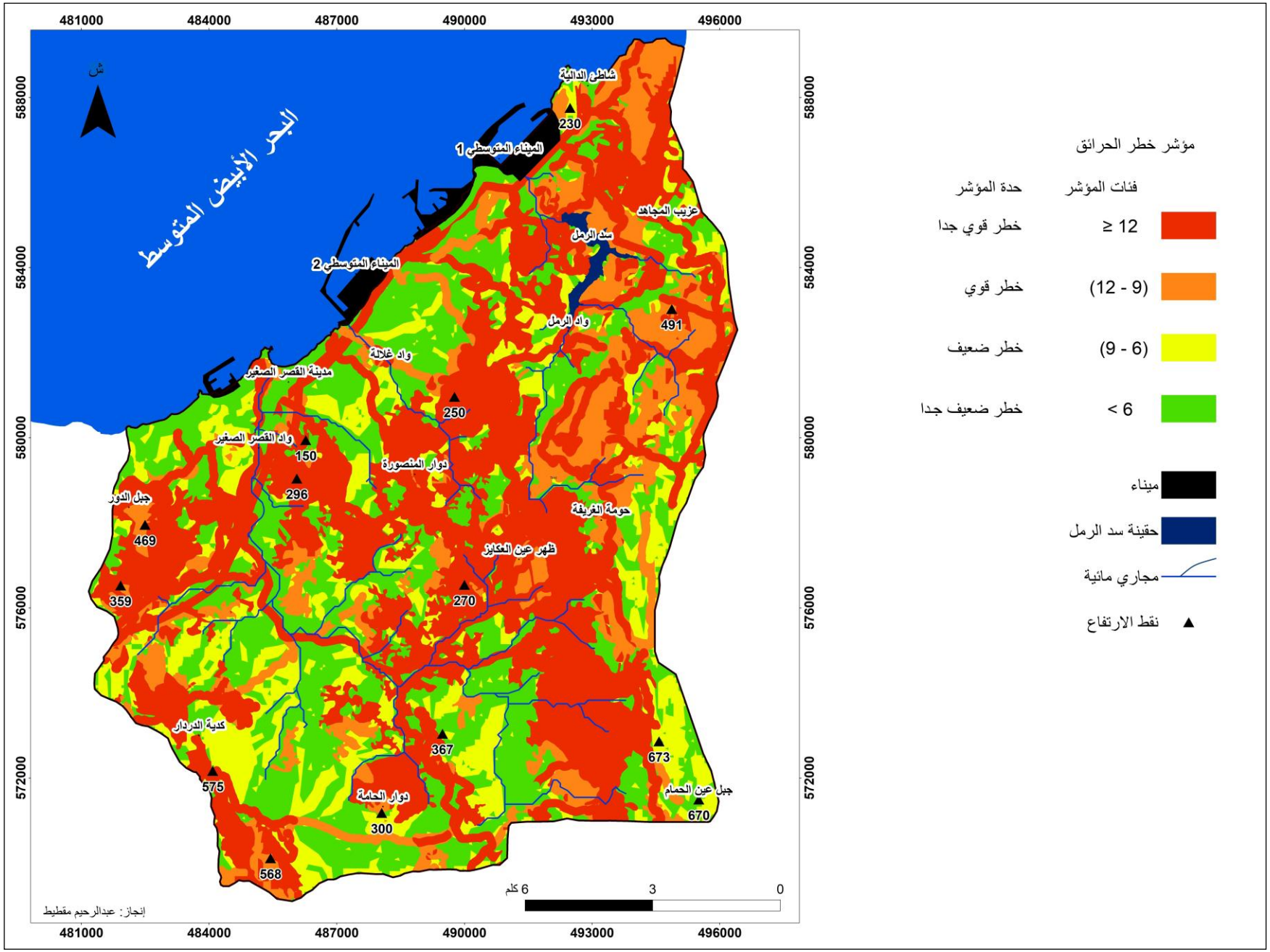
$$IR = 5\,IC + 2(IV + ID) + IM$$
$$IR = 5\,IC + 2\,IH + IM$$

جدول55: فئات مؤشر خطر الحرائق

فئات IR	الدلالة	المساحة (كلم^2)	النسبة	الرمز
IR ≥ 12	خطر قوي جدا	94,4	%49	4
9 ≤ IR < 12	خطر قوي	17,3	%9	3
6 ≤ IR < 9	خطر ضعيف	80,6	%41	2
IR < 6	خطر ضعيف جدا	1,4	%1	1

يبين الجدول55 أن المجالات ذات الخطر القوي جدا والخطر الضعيف أكثر تواجدا بنسبة تقدر على التوالي ب 49% و41% من مساحة مجال الدراسة، أما بالنسبة لباقي فئات ذات الخطر الضعيف جدا والخطر القوي، فتواجدهما ضعيف بالمقارنة مع الفئات الأخرى.

يظهر كذلك من خلال النتائج المحصل عليها أن مجال الدراسة يضم مساحات كبيرة ذات قابلية لاندلاع الحرائق، ويرجع السبب تحديدا إلى طبيعة الغطاء النباتي والتواجد السكاني الكبير في المجالات القريبة من الغابات كما هو الحال لعدد كبير من الطرق.



شكل78: خريطة مؤشر خطر الحرائق. المصدر: تنضيد خرائط المؤشر الطبومرفلوجي ومؤشر قابلية السطح للحرائق ومؤشر الخطر المرتبط بالسكان والطرق .

إن تواجد المنطقة على ساحل البحر الأبيض المتوسط، على بعد كيلومترات قليلة من إسبانيا، جعل غاباتها ملجأ لعدد كبير من أفارقة جنوب الصحراء الذين يحاولون الهجرة إلى الضفة الأخرى لإسبانيا، حيث يشكل تواجدهم بهذه الغابات خطرا عليها، وقد لاحظنا ذلك من خلال الزيارات الميدانية التي قمنا بها لمنطقة الدراسة وأدرجنا هذا العامل ضمن المؤشر الخاص بالسكان.

توجد أغلبية مناطق مجال الدراسة ضمن مؤشر خطر الحرائق القوي جدا والضعيف حيث تنتشر هاتين الفئتين في الجنوب الشرقي والشمال الشرقي إضافة إلى غرب مجال الدراسة، أما الفئات الأخرى لخطر الحرائق فتتواجد في الشمال والجنوب(شكل78).

5. تقييم جودة النموذج:

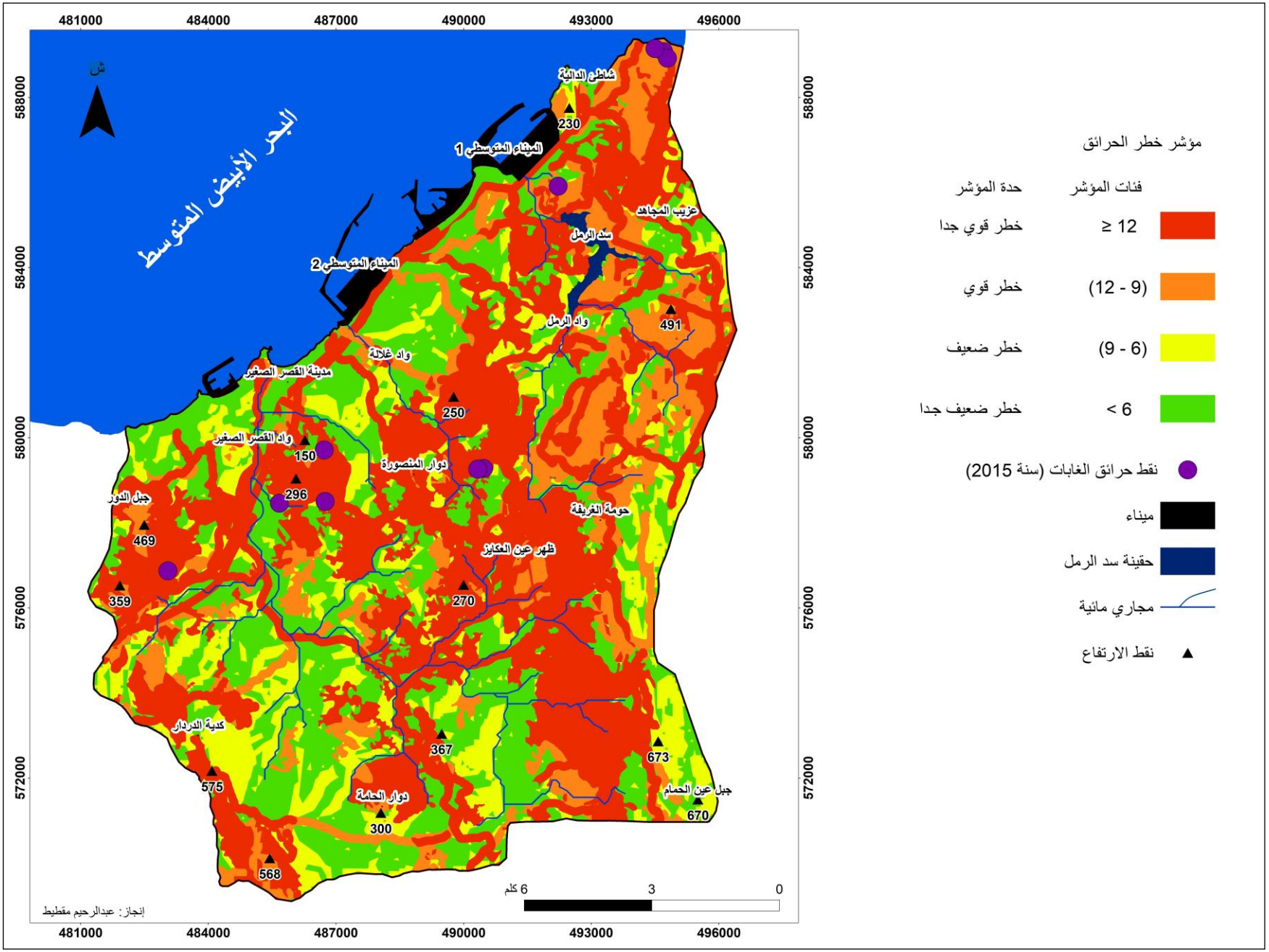
لتقييم جودة النموذج، قمنا بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها من خلال خريطة مؤشر خطر الحرائق ونقط الحرائق خلال سنة 2015، التي تم تسجيلها من لدن المندوبية السامية للمياه والغابات بطنجة، وقد مكنتنا هذه المقارنة من التأكد من صحة النتائج وكذا تحليلها، كما ساهمت في تحديد مدى نجاعة وجودة المؤشر IR انطلاقا من أرشيف الحرائق.

توضح خريطة تقييم جودة النموذج (شكل79) تنزيل نقط حرائق الغابات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015 على خريطة IR من أجل تعزيز جودتها وتثمين نتائجها، حيث عرفت المنطقة خلال هذه السنة تسجيل عشر نقط للحرائق، وقد وقعت تسعة منها في المناطق ذات الخطر القوي والقوي جدا فيما وقعت واحدة في فئة خطر ضعيف، ومن هنا يتضح لنا جودة المقاربة وصحة معطياتها (جدول56).

جدول56: نقط الحرائق خلال سنة 2015

فئات خطر الحرائق	فئة خطر قوي جدا	فئة خطر قوي	فئة خطر ضعيف	فئة خطر ضعيف جدا
عدد الحرائق المسجلة	5	4	0	1

المصدر: المندوبية السامية للمياه والغابات.



شكل79: خريطة تقييم جودة النموذج. المصدر: خريطة مؤشر خطر الحرائق + معطيات المندوبية السامية للمياه والغابات

خلاصة الفصل:

من خلال تقييمنا لمجال الدراسة حسب درجة مؤشر خطر الحرائق استخلصنا النتائج التالية:

✓ لا ترتبط حرائق الغابات بمجال الدراسة بتأثير بعض العوامل الطبيعية فقط، بل نجد كذلك التدخل البشري المتواصل في هذا المجال عن طريق إقامة تجمعات سكنية، وشق الطرق والمسالك القروية.

✓ الثروة الغابوية بمجال الدارسة تتأثر كثيرا بظاهرة الحرائق، مما يؤدي إلى تراجعها بشكل واضح، وتزداد حدة الظاهرة مع التزايد الديموغرافي للساكنة.

✓ منحت خريطة المؤشر الطبومرفلوجي معلومات عديدة عن الظاهرة وعلاقتها بمختلف العوامل كالانحدار وتوجيه السفوح والارتفاع، حيث قسم المجال إلى أربع فئات حسب درجة تأثيره بالعوامل السالفة الذكر مبينة بذلك المناطق المؤهلة لاندلاع الحرائق.

✓ مكنتنا خريطة مؤشر قابلية الغطاء النباتي للحرائق من معرفة العلاقة بين التشكيلات النباتية واندلاع الحرائق، فقابلية الغطاء النباتي للحرائق مرتبطة بشكل كبير بطبيعة الظروف المناخية للمنطقة.

✓ وأما عن خريطة مؤشر التواجد البشري التي تم الحصول عليها عن طريق تركيب كل من خريطة مؤشر الخطر المرتبط بالسكان وخريطة مؤشر الخطر المرتبط بالطرق، فقسمت مجال الدراسة إلى نطاقات حسب درجة الخطر المرتبط بالتدخل البشري.

✓ وفي الأخير تم استخلاص الخريطة النهائية لمؤشر خطر الحرائق بمجال الدراسة عن طريق تركيب كل الخرائط السالفة الذكر، حيث أعطت نتائج هذه الخريطة تواجد مساحات كبيرة لمؤشر الخطر القوي جدا وهذا راجع إلى تداخل العديد من العوامل.

إن الخريطة النهائية لهذه الدراسة لا تعطي حلا نهائيا للحد من حرائق الغابات بل تبقى أداة فعالة لمعرفة المناطق المؤهلة لاندلاع الظاهرة من أجل التدخل بتهيئتها والمحافظة عليها، وتقييم العمل عن طريق استعمال نقط الحرائق المسجلة من طرف إدارة المياه والغابات خلال سنة 2015، أكد عن فعالية وجودة الأنموذج المستخدم في الدراسة بمجالات البحر الأبيض المتوسط.

ونشير إلى وجود ثلاثة مراكز لحراسة الغابات بمجال الدراسة تابعة لإدارة المياه والغابات، لكن دورها يقتصر على التبليغ في حالة حدوث حرائق، وليس هناك استراتيجيات احترازية ضد اندلاع الحرائق.

خلاصة الجزء

قمنا في هذا الجزء من البحث بدراسة المخاطر الطبيعية التي تم ملاحظتها بمجال الدراسة، بالاعتماد على تطبيق توجيهات مجموعة من البرامج والمقاربات المفيدة جدا، وقد مكنتنا من دراسة كل أنواع المخاطر التي تهدد البيئة، وذلك بإحصائها وتحديد درجات خطورتها والعوامل المسؤولة عنها، وقد ساعدنا في ذلك، استخدام صور الأقمار الاصطناعية التي مكنتنا من تتبع الظواهر الطبيعية في المجال والزمن، كما كان لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية أيضا أهمية بالغة في إنشاء خرائط المتغيرات وتركيبها للحصول على خرائط موضوعاتية.

لقد أتاحت دراسة المخاطر الطبيعية تحديد وتفييئ مجال الدراسة حسب كل خطر، كما كشفت عن النطاقات التي تستدعي التدخل السريع لإنقاذها.

ونشير إلى أن خرائط المخاطر الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي تشترك في إنجازها على عدد من المتغيرات، كمتغير الانحدار وتوجيه السفوح والارتفاعات بالإضافة إلى الغطاء النباتي، وقد أفضى هذا إلى جعل بعض النطاقات من مجال الدراسة تضم أكثر من نوع من المخاطر، حيث أبرزت الخرائط المنجزة أن الأجزاء الساحلية والنطاقات الغربية أكثر عرضة لأضرار هذه المخاطر، نظرا لما تعانيه من تراجع للغطاء النباتي وتزايد لعدد الساكنة، هذا إضافة إلى الركيزة الصخرية الهشة خصوصا بالسفوح المطلة على ضفاف الأودية كما هو الحال بالنسبة لواد القصر الصغير، أما المناطق المستقرة نسبيا فتتواجد في الوسط وبعض الأجزاء من الشمال الغربي.

الجزء الثالث

دراسة آثار التحولات المجالية على الساكنة والمجال.

يرتكز الجزء الثالث من الأطروحة على الدراسة الخرائطية لتحديد أهم التغيرات المجالية وآثارها على الساكنة والمجال، ويرافق العمل الخرائطي عمل ميداني، استعملنا فيه استمارات كان الهدف منها الوقوف على انطباعات السكان اتجاه الوضع العام للمنطقة وكذا استخلاص بعض المعطيات المهمة التي ستدلنا على مجموعة من الحقائق. وبذلك سيضم هذا الجزء فصلين تابعين للفصول السابقة:

الفصل الثامن؛ سيركز على دراسة الآثار الإيجابية والسلبية للموانئ وكذا آثار هذه المنشآت على الاقتصاد والساكنة بظهير الميناء المتوسطي.

الفصل التاسع؛ سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة دينامية خط الساحل بالمرفق DSAS، وذلك بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وصور الأقمار الاصطناعية حيث سنقارن تغير خط الساحل لفترتين: الأولى قبل بناء الموانئ المتوسطية، والثانية بعد بنائها، لننهي الفصل بدراسة تنبؤية لما سيؤول إليه الساحل في السنوات القادمة.

الفصل الثامن

توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد في دراسة التحولات المجالية بظهير الميناء المتوسطي.

شهد شمال المغرب في السنوات العشرة الأخيرة نهضة عمرانية واقتصادية واجتماعية واسعة، عززتها المؤهلات الطبيعية والاقتصادية والبشرية التي جعلتها محط اهتمام السلطات والمستثمرين الأجانب. وتعتبر مدينة طنجة خامس أكبر مدن المملكة المغربية، فموقعها الاستراتيجي أهلها لتصبح أحد أهم المراكز والمناطق الحرة للتجارة والصناعة في شمال أفريقيا، لتتبوأ موقعها كقطب اقتصادي مهم؛ حيث عرف ساحلها المتوسطي دينامية سريعة عقب تشييد الميناء المتوسطي، الذي تلته مجموعة من المشاريع التنموية والاقتصادية جعلت المنطقة تعرف تغيرات سوسيومجالية وسوسيواقتصادية واضحة.

إن التطور المعماري الذي عرفته منطقة الدراسة صاحبه العديد من التغيرات الاقتصادية والمجالية، كان لها تأثير على عدد من السكان وقد همت العديد من الأراضي الفلاحية والشواطئ السياحية، وأنشطة السكان الاقتصادية والاجتماعية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد وتقييم التأثيرات الإيجابية والسلبية للمنشآت الاقتصادية (موانئ السفر والشحن، منتجعات سياحية...)على المجال شكلا ومضمونا حيث تم تقسيم الدراسة إلى عنصرين: الأول مرتبط بأهم تغيرات المجال (طرق، منتجعات، مباني، مجالات فلاحية، مقالع...)، إذ تم دراسة استعمالات الأراضي بمنطقة الدراسة عبر مرحلتين: مرحلة ما قبل بناء الميناء المتوسطي (سنة 2003) ومرحلة ما بعد بناء الميناء المتوسطي (سنة 2014)، والعنصر الثاني مرتبط بأنشطة السكان وتوزيعهم في المجال حيث تم الاستعانة باستمارات ودراسة ميدانية.

لإنجاز هذا العمل اعتمدنا على تقنيات حديثة تتمثل في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد؛ وذلك لما لها من مميزات في البحث الجغرافي، إذ تمكننا التقنيتان معا من الاستفادة من أرشيف الصور الجوية ومعالجتها وتخزينها بصيغ مختلفة. هذا فضلا عن بناء قاعدة بيانات قابلة للتحيين السريع في أي وقت، مع إمكانية دراسة العلاقة بين جميع المتغيرات المدروسة ودراسة تطورها الزماني والمجالي.

إن نظم المعلومات الجغرافية هو نظام ذو مرجعية مجالية، يظم أجهزة "Matérielles" وبرامج "Logiciels" تسمح للمستعمل بتنفيذ مجموعة من المهام، مثل إدخال المعطيات انطلاقا من مصادر مختلفة (الخرائط، الصور الجوية، صور الأقمار الاصطناعية...) وتخزين وتنظيم وإدارة وتحليل وعرض وإخراج المعطيات والبيانات بمختلف الأشكال (علي فالح وجمال شعوان،2012).

وهكذا قمنا باتباع منهجية تنبني على تحميل صور الأقمار الصناعية من Google Earth ومعالجتها وتحليلها على برنامج ArcGIS، وذلك بهدف دراسة التطور الزمني لمجال ظهير الميناء المتوسطي وفق المراحل التالية:

- بعد تحديد مجال الدراسة، تم اختيار الصور اللازمة للدراسة من برنامج Google Earth، حيث قمنا بتثبيتها و إعطائها الإحداثيات (X , Y) في البرنامج التطبيقي Arc GIS، بهدف قراءة ودراسة ووصف ثم تحليل الظواهر دراسة دقيقة وشاملة وقابلة للتفسير والمقارنة، ومن أهم العناصر المدروسة: أسماء الأماكن، الطرق(Routes)، الصور (Photos)، التضاريس (Reliefs).

- إنجاز الخرائط: في هذه المرحلة تم انجاز طبقات لتمثيل النقطي والمساحي والخطي؛ وذلك بهدف نقل مختلف الظواهر المجالية وتغيراتها حسب تسلسلها الزمني حيث تم اعتماد الفترة المتراوحة بين سنة 2003 و2014.

- إدخال البيانات والمعطيات: بعد عملية رسم أهم الظواهر التي توجد بمجال الدراسة، قمنا بإدخال البيانات والمعطيات الخاصة بكل ظاهرة على حدة من اجل استثمارها في تفسير التغيرات السوسيومجالية والسوسيواقتصادية في منطقة الدراسة.

I. دراسة التغيرات المجالية:

يهدف هذا البحث إلى إبراز التحولات والتغيرات المجالية لظهير الميناء المتوسطي خلال 11 سنة؛ أي ما بين سنة 2003 قبل احتضان المجال للميناء المتوسطي، و2014 بعد تشييده؛ وذلك بدراسة مفصلة ودقيقة للطرق واستعمالات الأراضي، اعتمادا على تقنيات الاستشعار عن بعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية.

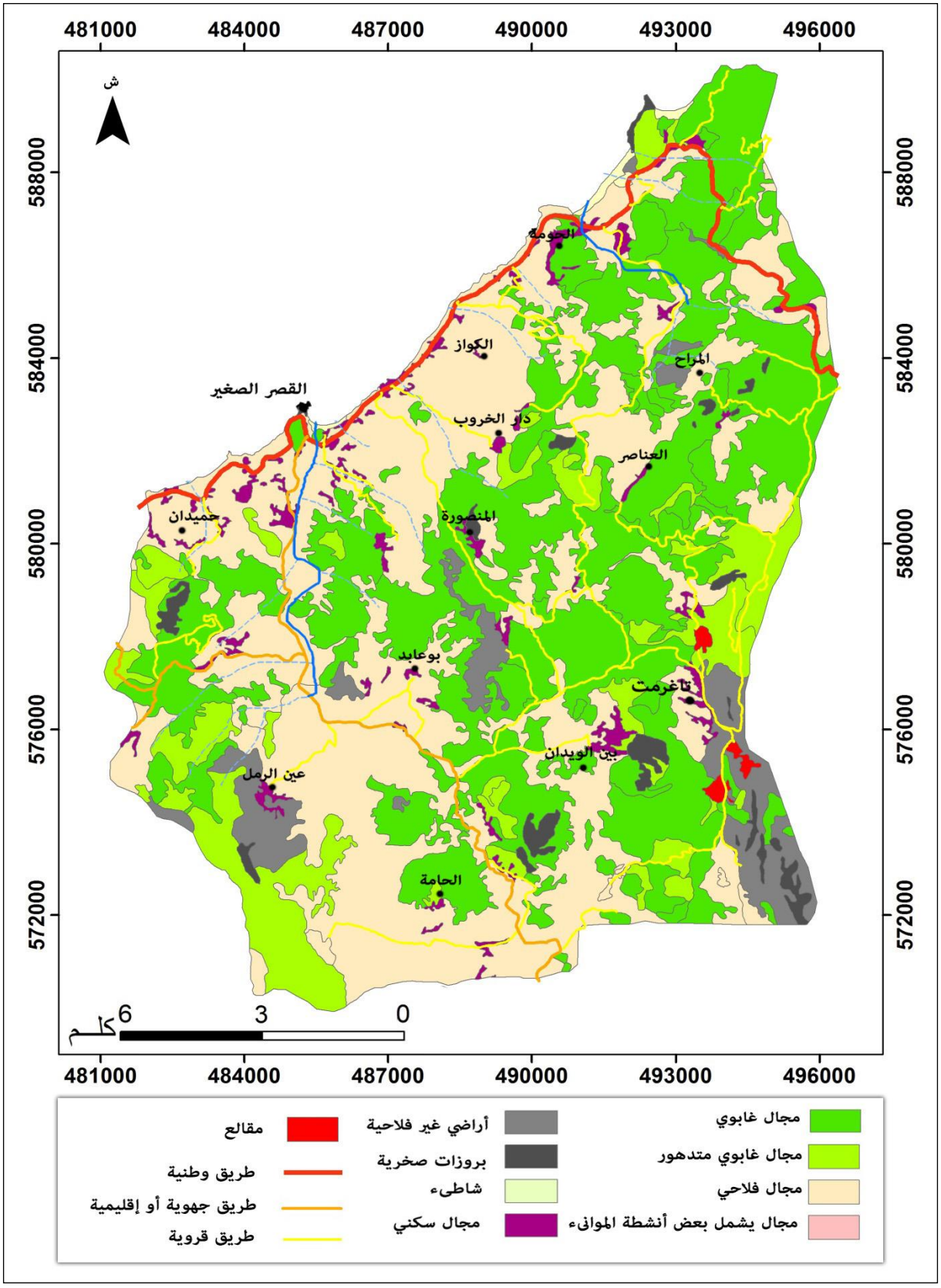
1. حالة استعمالات الأراضي سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي.

1.1. استعمالات التربة سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي

أفرزت نتائج تحليل وضعية استعمالات الأراضي في المجال المدروس عن كون أكبر مساحة تشغلها الأنشطة الفلاحية بحوالي 7825 هكتار أي 40,5% من المساحة العامة لمجال الدراسة، فأغلب الأراضي الفلاحية عبارة عن استغلاليات صغيرة، والإنتاج الفلاحي السائد يتمثل أساسا في قطاع الحبوب والباقي يتوزع على الخضروات والأعلاف والأشجار المثمرة. كما تشغل المساحة غير الفلاحية 976 هكتار أي 5,05% من المساحة العامة للمجال. أما بالنسبة للمجال الغابوي فهو يحتل مكانة أساسية في النشاط الاقتصادي للمجال، حيث يشغل مساحة تقدر ب 7603 هكتار أي 39,36% من المساحة الإجمالية للمجال، بالمقابل هناك مجالات غابوية متدهورة أو ضعيفة الكثافة تمتد على مساحة 1968 هكتار؛ هذا التدهور راجع أساسا إلى عوامل بشرية مرتبطة بالإنسان كالرعي الجائر، حيث يعتبر قطاع تربية الماشية النشاط الأكثر تعاطيا من طرف الساكنة، هذا بالإضافة إلى قطع الأشجار (حطب التدفئة)، والاجتثاث (توسعة الأراضي الفلاحية) والحرائق. كلها عوامل أدت إلى تدهور هذا المجال وضعف كثافته.

جدول57: استعمالات الأراضي سنة 2003

استغلاليات التربة	المساحة ب (الهكتار)	النسبة ب (%)
المجال الفلاحي	7845	40,50
المجال الغابوي	7633	39,40
مجال غابوي متدهور	1968	10,17
أراضي غير فلاحية	976	5,04
المجال السكني	511	2,64
بروزات صخرية	323	1,67
شاطئ	58	0,30
مقالع	56	0,28
المجموع	**19370**	**100**



شكل80: حالات استعمال الأراضي سنة 2003.

المصدر: عمل الطالب

2.1. الشبكة الطرقية سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي.

تتمثل الشبكة الطرقية خلال هذه الفترة (سنة 2003) في الطريق الوطنية N 16 والرابطة بين كل جهات الريف حيث تعرف حالة متردية، والطرق الإقليمية أو الجهوية (RP4613- RP4701-RP4703) التي يصل طولها إلى 23 كلم وتربط بين مختلف الأقاليم والجماعات، وكذلك الطرق القروية التي يقدر طولها ب 113 كلم، مما يوضح عجز البنية الطرقية والتي كانت تستغل من طرف الساكنة القروية أساسا. (SETEC, 2004).

2. حالة استعمالات الأراضي سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي

1.2. استعمالات التربة سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي.

أفرزت نتائج خرائطية استعمالات الأراضي لظهير الميناء المتوسطي سنة 2014 عن تراجع المساحات المخصصة للمجال الفلاحي والمجال الغابوي بأكثر من 500هكتار. يمكن القول بأن هذا التراجع مرده إلى الميناء المتوسطي والمجالات التي تحتضن الأنشطة المرافقة له، والتي استوطنت على حساب المساحات الفلاحية والغابوية. كما نلاحظ أيضا أن بناء الميناء ساهم في تقليص مساحة الشواطئ التي أصبحت تشغل فقط 21هكتار (أي 0,12% من المساحة الإجمالية للمجال). أما بالنسبة للمجال السكني فقد أصبح يشغل مساحة تقدر ب 689 هكتار، زيادة بأكثر 170 هكتار مقارنة مع سنة 2003. نلاحظ كذلك ظهور بنيات جديدة مثل سد واد الرمل الذي يشغل مساحة تقدر ب 178 هكتار، حيث بني بالدرجة الأولى من أجل الحماية من مخاطر الفيضانات.

أما المساحة المخصصة للمقالع فقد أصبحت تشغل خلال سنة 2014 مساحة تقدر ب 365 هكتار، وذلك نتيجة الطلب الكبير على مواد البناء. وفي المقابل فإن المساحة التي يشغلها الميناء ومرافقه غطت حوالي 772 هكتار، منها 334 هكتار (1,71% من المساحة العامة لمجال الدراسة) مخصصة للميناء و438 هكتار تستغلها الأنشطة المرافقة للميناء (2,23% من إجمالي المجال المدروس).

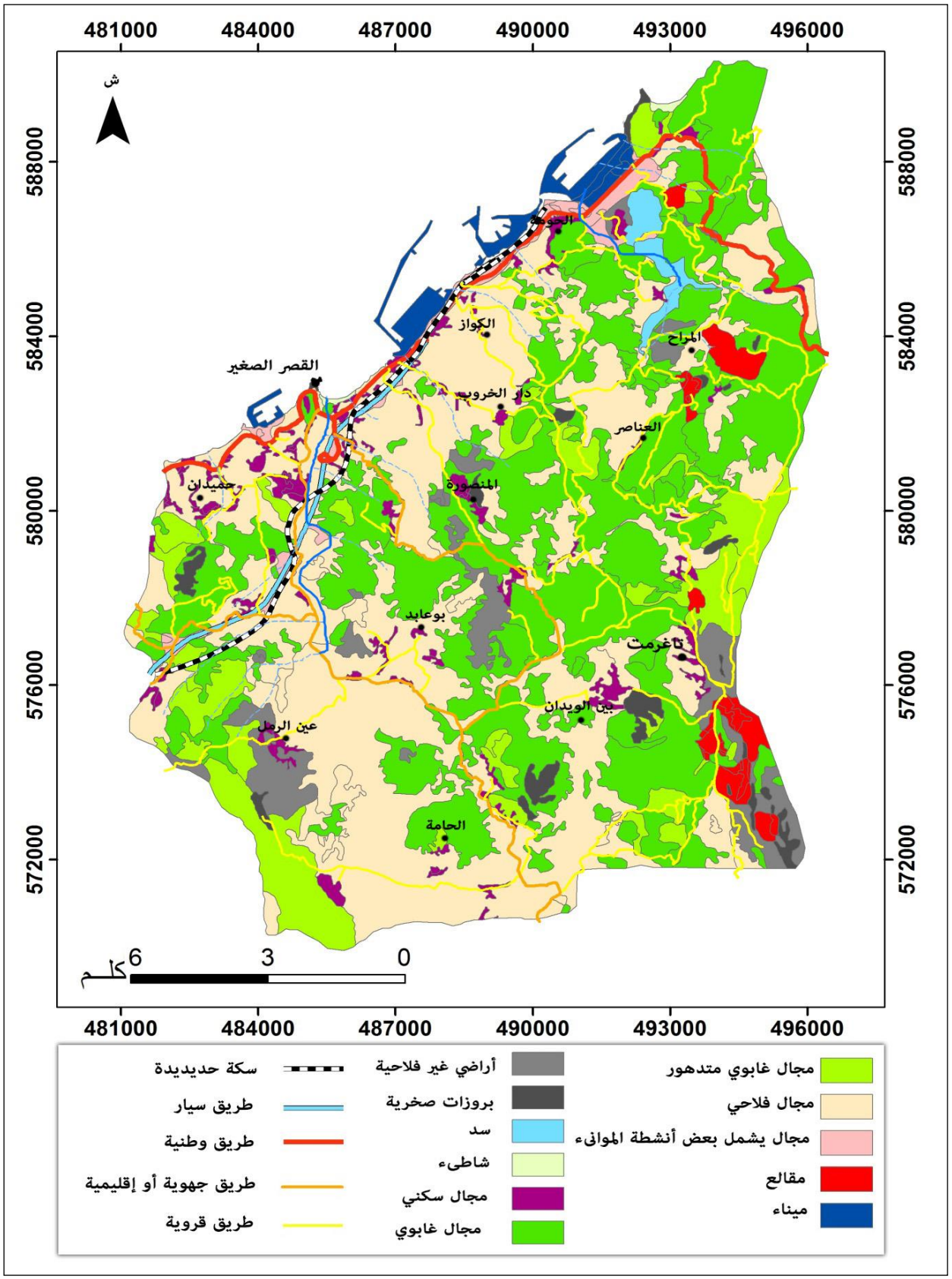
جدول58: استعمالا ت الأراضي سنة 2014

استعمالات التربة	المساحة بـ (هكتار)	النسبة (%)
مجال فلاحي	7460	38,13
مجال غابوي	7096	36,27
مجال غابوي متدهور أو ضعيف الكثافة	1788	9,13
أراضي غير فلاحية	902	4,61
المجال السكني	689	3,52
مجال تابع لأنشطة الميناء	438	2,23
مقالع	365	1,86
ميناء	334	1,71
بروزات صخرية	294	1,51
سد	178	0,91
شاطئ	21	0,12
المجموع	19563[15]	100

2.2. الشبكة الطرقية سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي

أول ما يلفت انتباهنا هو التقدم اللافت الذي شهدته شبكة الطرق بظهير الميناء المتوسطي، فتطور البنيات التحتية المتعلقة بالطرق ناتج عن استقطاب المنطقة لمشروع الميناء المتوسطي والمناطق الصناعية المرافقة له. وتتمثل هذه البنيات الطرقية أساسا في السكة الحديدية التي يبلغ طولها 15 كلم، والطريق السيار الذي يصل طوله إلى حوالي 10 كلم، والذي يربط بين الميناء المتوسطي ومدينة طنجة. كما نلاحظ تطور وتزايد الطرق الإقليمية حيث بلغ طولها إلى 35 كلم. وقد بلغ طول الطرق القروية إلى أكثر من 161 كلم. كل هذه البنية الطرقية كان لها دور جد إيجابي على المجال وعلى الساكنة المحلية.

[15] تم إضافة مساحات خارج مجال الدراسة خاصة بالمقالع لإبراز أهميتها.



شكل81: حالات استعمال الأراضي سنة 2014.

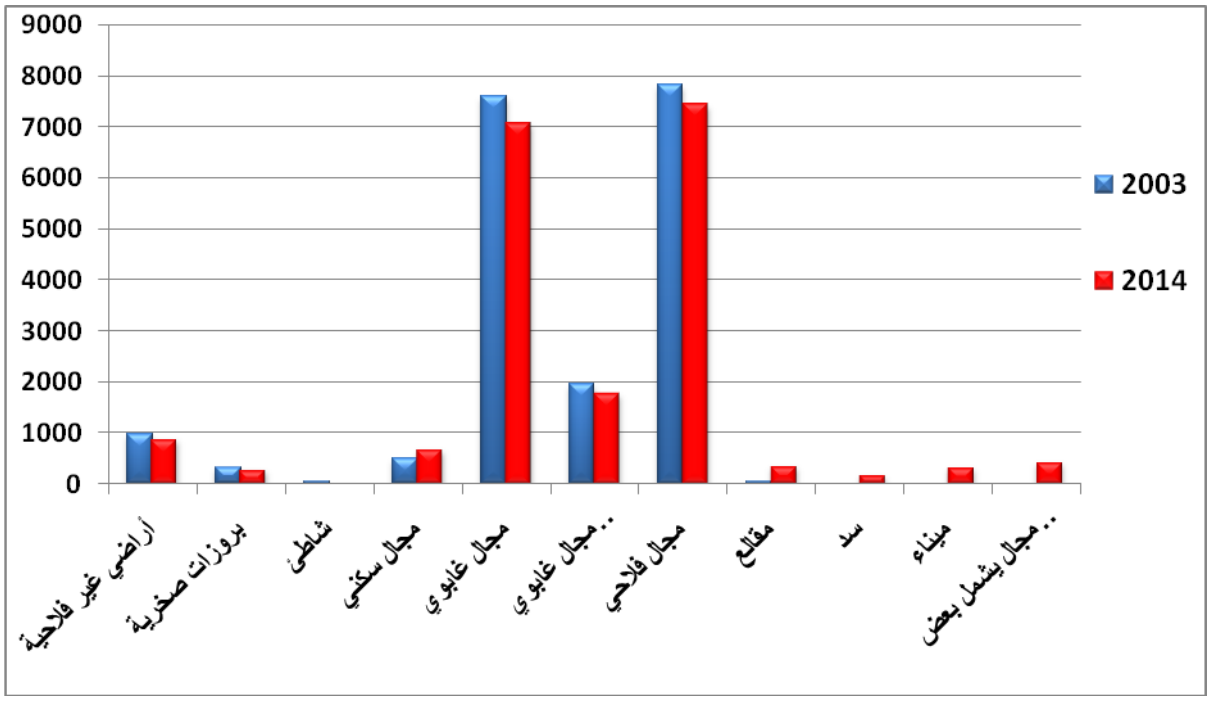
المصدر: عمل الطالب

3. التطور الزمني بين 2003 و2014 بظهير الميناء المتوسطي

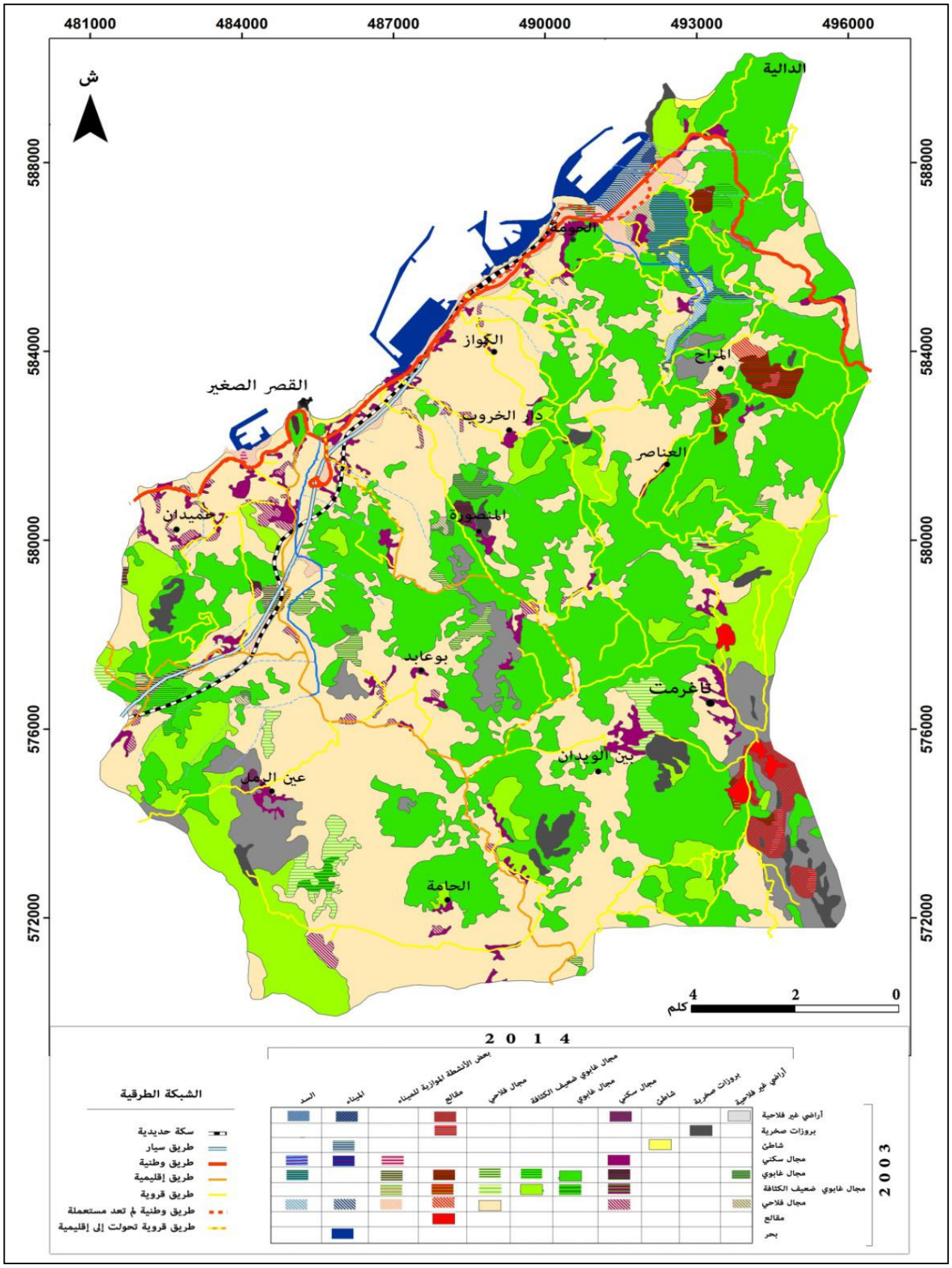
وعموما عرف مجال الدراسة تحولات كبيرة شملت الشبكة الطرقية التي تطورت بشكل ملفت للنظر ما بين سنة 2003 و2014، حيت أصبح المجال يتوفر على بنية طرقية متكاملة (طريق وطنية، طريق سيار، سكة حديدية)، وقد لعبت هذه الشبكة الطرقية إلى جانب الميناء المتوسطي دورا مهما في إشعاع المنطقة وازدهارها جهويا ودوليا.

وقد شمل هذا التطور أيضا استعمالات الأراضي حيث نلاحظ أن مجموعة من المجالات غير الفلاحية تحولت إلى مقالع تصل حوالي 135 هكتار، كما أن جزءا منها تحول إلى مجال سكني حوالي 13 هكتار، كما اقتطعت مساحة صغيرة خصصت لسد واد الرمل. أما بالنسبة للمساحة التي كانت تشغلها البروزات الصخرية في سنة 2003 فقد خصص قسم منها للمقالع والتي قدرت ب 29 هكتار. وبالنسبة للمساحة التي تشغلها الشواطئ (58 هكتار) فإن حوالي 36 هكتارمنها خصصت لصالح أشغال الميناء. أما بالنسبة للمجالات المخصصة للمجال السكني فقد تحول الجزء الساحلي سنة 2014 إلى مساحة مخصصة للميناء والأنشطة التابعة له بحوالي 20 هكتار. أما على مستوى الأراضي أو المجالات الغابوية فقد تحول جزء منها إلى مجال سكني حوالي 23 هكتار، وجزءتحول إلى أراضي متدهورة وضعيفة الكثافة وقدرت ب 57 هكتار. وجزء آخر تحول إلى مقالع الرمال 118 هكتار. أما المجالات الغابوية المتدهورة أو ضعيفة الكثافة نجد أن قسما منها تحول إلى مجال سكني 7 هكتار، وجزء أصبح عبارة عن مجالات غابوية حوالي 25 هكتار وذلك بفعل عمليات التشجير، كما نجد أن حوالي 195 هكتار تحولت إلى مجال فلاحي، بالإضافة إلى الأنشطة المتعلقة بالميناء التي شغلت جزءا بسيطا حوالي 6 هكتار. وأما المجال الفلاحي أيضا فقد شغلت الساكنة جزءا منه يقدر ب 160 هكتار، في حين شغلت الأنشطة التابعة للميناء حوالي 342 هكتار.

شكل 82: رسم بياني لتطور استعمالات التربة



يظهر الرسم البياني (شكل82) الخاص بتطور استعمالات التربة بمجال الدراسة أن معظم الأراضي في سنة 2014 عرفت تراجعا مقارنة مع سنة 2003 كالأراضي الفلاحية والأراضي الغابوية والأراضي غير الفلاحية والمجالات الغابوية المتدهورة والبروزات الصخرية والشواطئ، باستثناء المساحة المخصصة للمجال السكني والمقالع التي زادت خلال سنة 2014. جل هذه الأراضي تراجعت لحساب بناء السد والميناء بالإضافة إلى الأنشطة التابعة له.



شكل 83: خريطة التطورالزمني في استعمالات الأراضي بظهيرالميناء المتوسطي وهوامشه بين 2003 و2014.

المصدر: عمل الطالب

خاتمة:

لقد مكن استعمال أدوات نظم المعلومات الجغرافية من تتبع مختلف التغيرات منذ سنة 2003 إلى وقتنا الحالي، وللقيام بذلك اعتمدنا على برمجية ArcGis لنظم المعلومات الجغرافية لتحليل الخرائط الطبغرافية والصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية. فقد أبرزت دراسة هذه الوثائق باستعمال الأنظمة السالفة الذكر تحولات مجالية واضحة وبشكل مضبوط.

إن ميناء طنجة المتوسط يدخل في إطار ثورة إستراتيجية كبرى لسياسة الأوراش المستمرة بالمملكة السباقة إقليمياً إلى ربط التنمية بالاستقرار وبالتدخل الإيجابي في البنية التحتية من خلال مقاربة تخدم اقتصادا منفتحا على استثمارات متعددة ومتنوعة، هذا الميناء مرتبط كذلك بمشاريع الطرق السيارة والربط السككي الفائق السرعة وأقطاب التكنولوجيا الجديدة لينافس بذلك إقليمياً ودولياً أكبر الموانئ العالمية مستفيداً من موقعه الاستراتيجي ومن توافد كبريات الشركات في منطقته الصناعية للاستفادة من خدمات الشحن البحري التي يوفرها (SOGREAH, 2007).

أظهرت الدراسة باستعمال نظم المعلومات الجغرافية تطورا هم أساسا الطرق، حيث أصبح مجال الدراسة يتوفر على بنية متكاملة من طريق سيار وسكة حديدية ومشروع القطار الفائق السرعة (قيد التجهيز)، كما أن استعمالات التربة عرفت تغيرا حيث نجد أن بعض المجالات تراجعت لحساب مجالات أخرى.

في الأخير يجب الإشارة إلى أنه رغم المساهمة الإيجابية لميناء طنجة المتوسطي في تنمية اقتصاد المنطقة، إلا أنه أثر بشكل سلبي على المجال وعلى السكان، فمن جانب المجال؛ أدى إلى اختفاء العديد من الشواطئ وتغير واضح في مورفلوجية خط الساحل (أنظر الفصل التاسع)، ومن جهة أخرى تأثيره السلبي شمل كذلك السكان حيث أثر على استقرارهم إذ يتم ترحيل العديد منهم كلما توسعت المجالات

اللوجيستيكية للموانئ، هذا فضلا عن تأثر السكان بتزايد المقالع التي سنفصل الحديث عنها في الدراسة الموالية.

II. دراسة ميدانية لأنشطة السكان.

ارتبط ظهور المقالع بظهير الميناء المتوسطي بالموازاة مع التطور العمراني الذي عرفته المنطقة، فحسب شركة المكتب العالمي للدراسات AREA[16] وجمعية APC[17]، فإن حاجيات المنطقة من مواد البناء بلغت سنة 2009 حوالي 9500000 طن أي ما يعادل 3500000 متر مكعب موزعة على الشكل التالي:

- 38% من الرمال (حوالي 1330000 متر مكعب)
- 42% من الحجر الرملي Grainte (حوالي 1470000متر مكعب).
- 20% من الاسمنت (700000 متر مكعب)

ورغم مساهمة مقالع منطقة الدراسة في تلبية جزء كبير من حاجياتها من مواد البناء، فإن الضرر الذي يخلفه استغلال هذه المقالع على المجال والساكنة المجاورة لها كان واضحا.

1. آثار استغلال المقالع على المجال والساكنة

تهدف دراسة آثار المقالع إلى إبراز الجوانب الإيجابية وكذا السلبية على المجال والساكنة، حيث الأولى تتجلى فيما توفره هذه المقالع من مواد للبناء تلبي حاجيات المنطقة، فضلا عن توفير العديد من فرص الشغل للساكنة المحلية، أما السلبية منها فترتبط بآثارها على السطح وعلى الساكنة.

1.1. آثار المقالع على المياه الجوفية والمياه السطحية.

إن عملية غسل المواد المستخرجة تستهلك كميات كبيرة من المياه لذلك فإن المياه التي تنتج عن هذه العملية تتلوث بكميات كبيرة من الجزيئات الصلبة والمواد ذات الصفات الكيماوية المختلفة، الشيء الذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية عبر ما يتسرب منها إلى الفرشاة المائية، كما أنها تلوث المياه السطحية

[16]- AREA : association pour la réalisation et l'exploitation d'autoroutes

[17]- APC : جمعية مهني الاسمنت بالمغرب

أيضا بما يتناثر من الجير والغبار الذي يتركز في مجاري الأودية والأراضي المنخفضة وينتقل مع مياه السيول التي تتجمع في السدود والآبار السطحية.

تتأثر المجاري المائية بمنطقة الدراسة بما يقذف فيها من المياه الملوثة (مياه غسل الرمال) حيث يستقبل سد الرمل الذي تصب فيه جل المجاري المائية في الجنوب الشرقي لمجال الدراسة حسب شركة (SGTM, 2010) ما مقداره 120 متر مكعب من المياه المحملة بالملوثات من المقلع الذي تشرف عليه نفس الشركة SGTM، ويتلقى سد الرمل أيضا نفس الكمية تقريبا من مقلع شركة SRPTM، الشيء الذي يؤدي إلى تراجع حقينة هذا السد بسبب التوحل ويرفع نسبة التلوث به.

ونعلم أن تأثر المياه الجوفية أو عدمه يظهر من خلال جودة مياه العيون ومن خلال تراجع صبيبها نتيجة الهزات الأرضية التي تحدثها المتفجرات المستعملة لتكسير الصخور، ففي نطاق المقالع يبلغ عدد العيون ستة، أبرزها عين الجمعة التي يبلغ صبيبها 0.5 لتر في الثانية، وحسب دراسة واردة في تقرير شركة SGTM عن جودة العيون القريبة من المقالع تم تأكيد عدم تلوث هذه العيون (SGTM, 2010)، وهو ما أكده السكان المستجوبون، حيث صرحوا بعدم تغير جودة مياه العيون التي يستعملونها.

2.1. آثار المقالع على المشهد الطبيعي

يخلف استغلال المقالع وتركها بدون تهيئة تشويه الوضع الطبيعي للأرض، حيث تظهر على السطح انخفاضات من جراء الحفر واستخراج الطبقات الصخرية، كما يؤدي الاستغلال أيضا إلى تدمير الأراضي المجاورة عن طريق نقل مخلفات المقالع إلى الأراضي الزراعية، وبسبب نشاط المقالع ترك كتل ترابية متناثرة هنا وهناك تعمل على تشويه المظهر الطبوغرافي وخلق أنماط جديدة للتضاريس، حيث تعمل على زيادة الشقوق والكسور الذي تتبعها تزايد عوامل التجوية والحث، وحدوث الانهيارات والانزلاقات الصخرية.

تتمركز المقالع بمنطقة الدراسة في نطاق ذو غطاء نباتي مهم، الشيء الذي أثر بشكل كبير على مشهدها الطبيعي، ففي الوقت الذي كانت تعتبر فيه المنطقة من بين أبرز المناطق السياحة الطبيعية بالجهة أصبحت أرضا ببروزات صخرية عارية، وقد أكد كل المستجوبين بنطاق الدراسة تضررهم أيضا من تواجد المقالع، فصرحوا بوضوح أنه عند انتهاء الشركات من الاستغلال يتركون المقلع بدون تهيئة، في الوقت الذي كان من المفروض تأهيل المجال عن طريق غرس الأشجار وإعادته إلى مشهده الطبيعي الذي كان عليه.

صورة16: جانب من مقلع انتهى العمل به بالجنوب الشرقي لمجال الدراسة.

3.1. تأثير المقالع على التربة.

تتأثر التربة كغيرها من العناصر البيئية بالتلوث سواء من المواد السائلة المتمثلة في السوائل الكيميائية والمحروقات والزيوت المتسربة من الآلات أو بالمواد الصلبة الناتجة عن استغلال المقالع، كما أن عملية استخراج مواد البناء تؤدي إلى إزالة الغطاء النباتي والمساهمة في رفع عملية تعرية التربة، التي

تظهر في تزايد آثار السيول الجارفة في المنطقة خلال موسم سقوط المطر وانجراف التربة، الذي يؤدي إلى تدمير التربة عن طريق ظهور مجاري ضيقة وحدوث أخاديد وشقوق وتفسخ للقشرة الأرضية.

صورة17: سيول محملة بمواد كيميائية من مقلع تاغرامت.

4.1. تأثير المقالع على الساكنة.

1.4.1. الغازات

ينتج عن استعمال المتفجرات الخاصة بتكسير الصخور عدة غازات نذكر منها غاز ثاني أوكسيد الكربون(Co_2) وأحادي الكربون (Co) وأحادي الأزوت (No) وثنائي أوكسيد الأزوت (No_2) وهي غازات خطيرة قد تؤثر على الساكنة المجاورة خصوصا الأطفال وكبار السن، ويبدو أن هذا العامل غير مؤثر على ساكنة المنطقة حيث أكد جل المستجوبين عدم تضررهم من الغازات المتناثرة وعدم ظهور حالات مرضية بين السكان.

2.4.1. الغبار.

يترتب عن استخراج وتكسير الصخور تناثر الغبار الذي تحمله الرياح إلى الدواوير المجاورة، فقد أكد أغلب المستجوبين من السكان تضررهم من هذا الغبار خصوصا عندما تهب رياح الشركي القوية.

3.4.1. الضجيج.

تتأثر الساكنة بالضجيج الناتج عن عمليات استخراج المواد من المقالع، حيث أن أصوات المتفجرات، وآلات تكسير وسحق الصخور وكذا أصوات شاحنات النقل تحدث ضجيجا للساكنة المجاورة للمقالع.

2. تأثير المقالع على البيئة السوسيو اقتصادية.

1.2. بالنسبة للبنية التحتية.

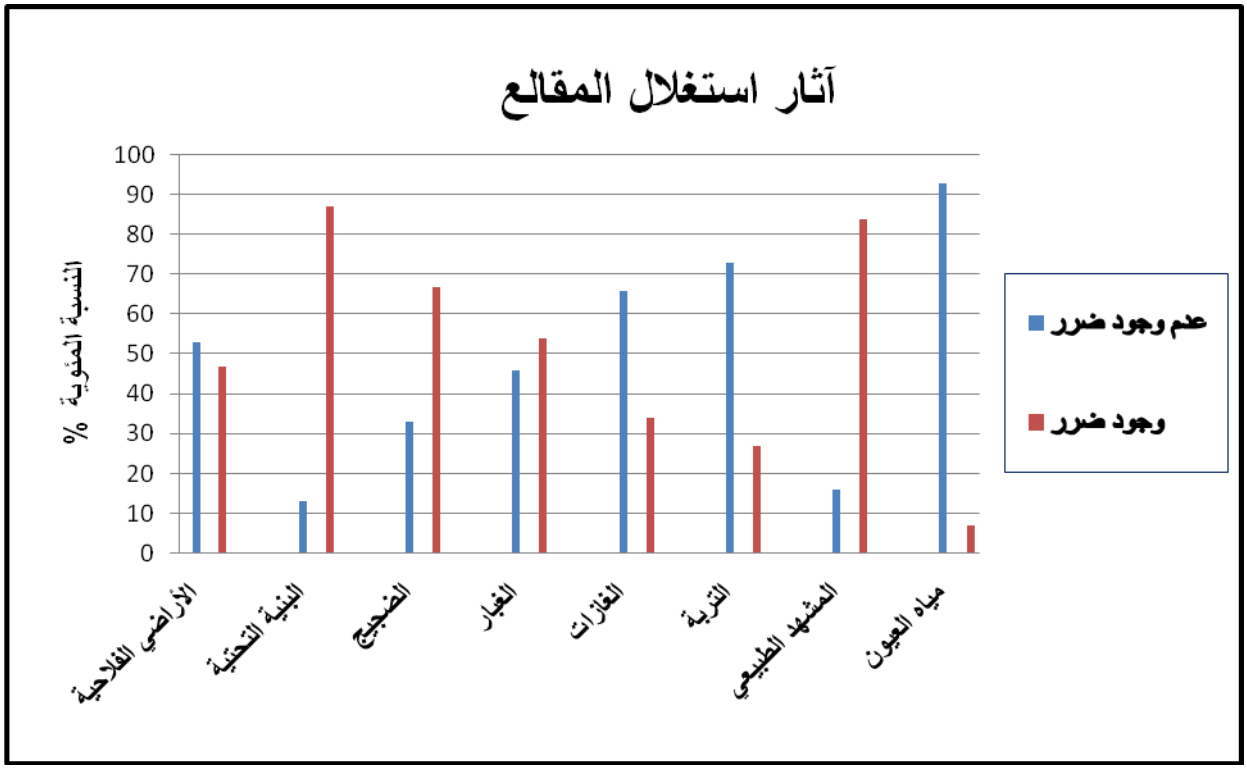
إن مرور الشاحنات الثقيلة بشكل مستمر من الطرق القريبة للمقالع تتسبب في ظهور العديد من التشوهات عليها وإتلاف أطرافها الجانبية مما يجعلها عرضة للانهيار، فقد حصرنا 15 تشوها على الطريق المؤدية إلى جماعة تاغرامت من خلال دراسة ميدانية قمنا بها باستعمال جهاز تحديد المواقع العالمي(صورة18).

صورة18: جانب من الطرق المتدهورة بالقرب من المقالع (جنوب شرق مجال الدراسة).

2.2. بالنسبة للأراضي الفلاحية.

يساهم تزايد انتشار المقالع في مجال الدراسة إلى تدمير الغطاء النباتي بسبب حركية الشاحنات والمعدات الثقيلة العاملة، واكتساح مساحات واسعة من الغطاء النباتي وتجميع المنتجات بحيث تؤدي المخلفات الصلبة التي تنتج عن المعدات إلى الإضرار بالغطاء النباتي المحيط.

وتجدر الإشارة إلى أن العديد من الفلاحين قد تخلوا عن استغلال الأراضي المجاورة للمقالع مقابل تعويض مالي، غير أن معظمهم لم يستطيعوا هجرة مساكنهم وتغيير نمط أنشطتهم، فقد استمر العديد منهم في ممارسة الأنشطة الفلاحية كمستخدمين في الجماعات المجاورة.



شكل84: آثار استغلال المقالع على الساكنة.

كشفت الاستمارات الميدانية التي أجريت على عينة قدرت بحوالي 100 شخص من مختلف الأعمار، على أن معاناة الساكنة المجاورة للمقالع تتمركز أساسا في تدهور البنية التحتية (الطرق) والمشهد الطبيعي (غياب تهيئة للمجال بعد الانتهاء من استغلال المقالع) حيث صرح أزيد من 80% من الساكنة

تضررهم من الوضع العام للمنطقة في غياب تدخل الجهات المعنية لإصلاح الطرق وإعادة الوسط إلى وضعه الطبيعي، كما أكدوا معاناتهم من ضجيج الآلات والغبار المتطاير من المواد المستخرجة، وأمام هذا عبر أغلب السكان عن رغبتهم في هجرة المنطقة كلما أمكن ذلك.

3.2. بالنسبة للبيئة الاجتماعية.

يمكن إجمال تأثر البيئة الاجتماعية بنطاق المقالع فيما يلي:

- تغير نمط الحياة
- اختفاء بعض مجالات الرعي
- اضطراب في عادات وتقاليد المنطقة وذلك بتواجد أناس غرباء فيها(عمال المقالع).

3. الآثار الصحية على السكان:

إن وجود المقالع بالقرب من المناطق السكنية يسبب أضراراً على البيئة عموما وعلى الساكنة بشكل خاص، حيث إن قرب تلك المقالع يضر بصحة الإنسان، إذ يشكل مصدرا للملوثات كالغبار والأتربة المتطايرة والمواد الغازية الناجمة عن دخان السيارات وضجيج الآلات.

4. الآثار الإيجابية للمقالع على الساكنة.

حسب البحث الميداني الذي تم إنجازه باستعمال الاستمارات، فإن استفادة الساكنة من هذه المقالع تبقى ضعيفة، فبالنسبة لمناصب الشغل لا يتعدى عدد المشغلين من ساكنة المنطقة 25 شخص، في حين تؤكد مصادر أحد الشركات المشرفة على استغلال هذه المقالع، أنها تمنح للساكنة المجاورة العديد من الامتيازات: فرص العمل ومواد البناء مجانا ونقل ساكنة المنطقة عند الحاجة إلى الطرق الرئيسية، كما صرحت الشركة المستجوبة عزمها المشاركة في تأهيل المنطقة عن طريق المساهمة في بناء المرافق العامة عند الضرورة.

خلاصة

من خلال دراسة آثار المقالع على المجال وعلى الساكنة، يتبين أن الجوانب السلبية تفوق الجوانب الإيجابية رغم ما توفره هذه المقالع من أهمية اقتصادية تتجلى في تلبية حاجيات المنطقة من مواد البناء والرفع من دخل السكان عن طريق توفير فرص العمل، فالتأثيرات السلبية تحتاج تدابير خاصة وأسلوبا يستحضر القوانين والتشريعات من أجل تفادي مخاطر تلوث البيئة وتحسين الجوانب الإيجابية حفاظا على صحة الإنسان خاصة والبيئة عامة.

الفصل التاسع:

توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تغير خط الساحل بهوامش الميناء المتوسطي بطنجة.

تعرف الواجهة الساحلية لشمال المغرب توالي إنشاء المركبات السياحية والبنى التحتية بهدف الرفع من اقتصاد المنطقة، وقد ساهمت هذه المنشآت في تغيير شكل السواحل وعرضت مورفلوجيته لعوامل التعرية والتراكم، حيث بينت الدراسات الترسبية التي قام بها (EL MOUTCHOU B. 1995-2002) خلال عشرين سنة وجود نسب كبيرة لتعرية الشواطئ بشمال المغرب تتراوح بين 1.5 – و2- متر في كل سنة.

ونظرا لما لدينامية خط الساحل من أخطار كبيرة على السكان وأنشطتهم المتمركزة عليه، تهدف هذه الدراسة إلى قياس وإحصاء تغير خط الساحل مع إنجاز دراسة مستقبلية لما ستؤول إليه أوضاعه، وذلك بالاعتماد على صور Landsat لسنوات 1984 و2002 و2017 بالإضافة لصور الأقمار الاصطناعية Google Earth التي ساعدتنا على تحديد خط الساحل حسب تواريخ مختلفة، ثم تطبيق برنامج DSAS (Digital Shoreline Analysis System) الذي مكننا من حساب قيمة تغير وتطور الساحل بين فترة وأخرى.

I. ماهية خط الساحل وخصائصه وطرق دراسته

1. خط الساحل:

يعتبر الساحل نقطة تلاقي اليابسة والبحر فهي تمثل نظاما تشكاليا فريدا من نوعه يجمع بين سلوك اليابسة والبحر، إذ ينتج عن هذا التلاقي حصول تأثيرات بين الطرفين، فنجد عملية النحت التي ينتج عنها تقدم خط الساحل على حساب اليابسة أو نجد عملية الإرساب أو التراكم فتتقدم اليابسة على حساب البحر.

2. دينامية التعرية الساحلية

يعتبر تآكل الشواطئ تعرية ساحلية، وقد توسعت هذه الظاهرة حتى أصبحت لها عواقب كارثية أحيانا، فحول العالم، هناك 70% من الشواطئ تتراجع مساحتها وفي المقابل 10% فقط التي تتقدم يابستها (PASKOFF. R , 2005).

وبالنسبة لساحل البحر الأبيض المتوسط المغربي، فنجد هيمنة الجبال الممتدة نحو الشاطئ، تتخللها بعض السهول الساحلية الصغيرة ذات الحصى البحري والكتبان الرملية، وما يميز المنطقة هو وجود منحدرات وعرة في اتجاه البحر، أما التيارات البحرية فهي ضعيفة على العموم لأن المد لا يتعدى (0.8 إلى 1 متر) (LAOUINA. A, 2006).

لقد أصبحت السواحل مكتظة في المغرب_ كما هو الحال بالنسبة لدول حوض البحر المتوسط_ بتنامي المجالات الحضرية الساحلية، فقد أثر تزايد عدد الموانئ والأنشطة الصناعية والسياحية والاقتصادية بشكل كبير على مورفلوجية هذه السواحل، مما أدى إلى تدهور البيئة الساحلية، وعرض الفضاء الساحلي والبحري إلى خطر تزايد التعرية.

تشرف السلاسل الجبلية المطلة على البحر الأبيض المتوسط على منخفضات تجعل من المنطقة مكانا له أهمية بالغة لتنزيل العديد من المشاريع وعلى رأسها السياحية نظرا للمشهد الجميل الذي يجمع بين الشاطئ والجبل والغابات التي تغطي قمم الجبال، إلا أن أغلب هذه المشاريع مهددة بكونها توافق مجال الفليش الهش جيولوجيا، بالإضافة لما تتلقاه المنطقة من تساقطات مطرية تتسبب في بعض الأحيان في فيضان بعض الأودية كواد مرتيل وواد القصر الصغير مثلا.

تعرف منطقة الدراسة خطرا لكونها تنتمي لمضيق جبل طارق الذي يعرف رياحا قوية قادمة من الغرب أو من الشرق حسب فصول السنة وظروف الأحوال الجوية وحركات المد والجزر وارتفاع العباب (la Houle)، كما تظهر السواحل في هذه المنطقة بشكل مواز لاتجاه التضاريس الجبلية، حيث تبدو التعرية في بعض المجالات المحادية لمصب الوديان، (واد قصر الصغير وواد غلالة).

3. آليات وعوامل التعرية الساحلية

ترجع التعرية الشاطئية إلى العديد من العوامل الطبيعية والبشرية، نذكر من بين العوامل الطبيعية: الأمواج، والتيارات المائية، والعواصف... أما العوامل البشرية فهي تشمل تهيئة وإعداد السواحل وكذا بناء الحواضر (SALMAN. A, 2004).

1.3. العوامل الطبيعية للتعرية الساحلية.

1.1.3. العوامل المناخية

تعمل التساقطات المطرية على الرفع من ظاهرة التعرية بالسواحل حيث تساهم عن طريق تدفق وترشح الرواسب من تطوير أشكال الساحل، كما تعد الشواطئ من المناطق الأكثر عرضة للرياح حيث تتأثر كثيرا بعنفها وترددها (VAN HEESWYCK. RB. et al, 2012)، فالرياح ترفع من وثيرة العباب (la Houle) ونقل الرمال على الشواطئ، كما ترفع من علو وتردد الأمواج؛ فإذا كان اتجاه الرياح معاكسا للأمواج عملت على تقليل سرعتها الشيء الذي يزيد من توسع الشاطئ، أما إذا كان العكس فينتج عنها علو الأمواج مما يقلص من مساحة الشاطئ عن طريق نقل رواسب البحر ووضعها في مكان بعيد جدا (VAN HEESWYCK. RB. et al, 2012).

إن تغير مستوى البحر إذن مرتبط بعاملي الرياح والضغط الجوي، ففي المنطقة المدروسة تبلغ سرعة الرياح حوالي 30 متر/ ثانية وينتج عنها ارتفاع في المد والجزر بحوالي 0.55 متر (SOGREAH, 2007).وهذه النسبة تعد ضعيفة بالمقارنة مع سواحل أخرى، كالمحيط الأطلسي على سبيل المثال.

2.1.3 العوامل البحرية

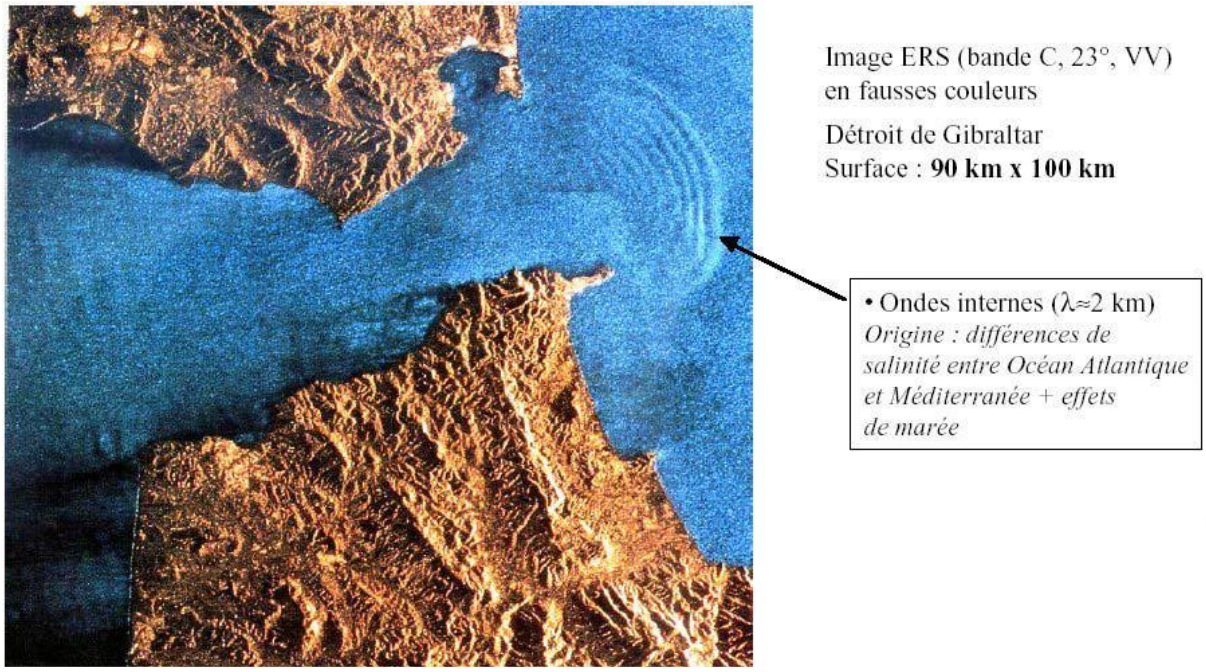
تتجلى العوامل البحرية في مجموعة من المؤثرات البحرية كالعباب والتيارات الريحية الساحلية والعواصف البحرية.

1.2.1.3. العباب

العباب (la Houle) هو تلك الحركة التي تظهر على سطح الماء مشكلة تحدبات وتقعرات، وهي تنتج بفعل الرياح حيث تنخفض هذه الحركة كلما اتجهنا نحو الشاطئ لتتحول إلى أمواج مع ضعف العمق.

ويعد العباب المحرك الرئيسي للترسبات الساحلية بفعل الأمواج والتيارات المائية، فهو يؤثر تأثيرا ميكانيكيا على الشواطئ عن طريق تعاقب الأمواج مما يجعل طاقتها تتغير حسب ترددها وقوتها، فمن جهة تنتج الأمواج تيارات تعمل على نقل الرواسب (MIHOUBI. M.K. et al, 2011) ، ومن ناحية أخرى كلما اقتربنا نحو الشاطئ تتوقف هذه الأمواج فتضعف طاقتها وتتحول إلى اضطرابات (MIHOUBI. M. K. et al, 2011) ، وكنتيجة طبيعية لهذه العوامل، تظهر التعرية بشكل واضح على الشاطئ، في حين تنخفظ بسرعة مع تواجد العمق، فهي تكون نشيطة في عمق لا يتعدى 30 متر وتنعدم ابتداء من 100 متر من العمق (VAN HEESWYCK. RB. et al, 2012).

في منطقة الدراسة، هناك تياران مؤثران على المجال البحري، الأول قادم من المحيط الأطلسي أي من الغرب نحو الشرق بسرعة تقدر بحوالي 40 إلى 60 سنتمتر في الثانية والثاني يأخذ اتجاه الشرق إلى الغرب بسرعة تقدر بحوالي 30 سنتمتر في الثانية (ANAS. E. et al, 2003) ، ويواجه التيار الثاني بتكوينات صخرية على مستوى رأس سبتة وجبل طارق لينعكس إلى الاتجاه المعاكس أي من الغرب إلى الشرق بسرعة 15 سنتمتر في الثانية، حيث ينتج عن تغيير الاتجاه عباب وعواصف استثنائية تخلف بدورها ترسبات عن طريق حركة المد والجزر التي تكون غالبا ضعيفة، فهي تأتي من المحيط الأطلسي وتنتشر في اتجاه البحر الأبيض المتوسط عابرة مضيق جبل طارق (ANAS. E. et al, 2003).



صورة19: صورة القمر الاصطناعي (ESA) ERS-1 تبين آثار التيارات و المد والجزر على مياه البحر.

2.2.1.3. التيارات الريحية الساحلية

إلى جانب التيارات البحرية التي تتسبب في نقل الرواسب بفعل المياه، هناك نقل آخر على الشاطئ وهو النقل الريحي، حيث تعمل الرياح على نقل حبيبات المرو مغيرة بذلك شكل الساحل، أما سرعة النقل فهي تختلف حسب اتجاه الرياح وقوتها ووجود أو عدم وجود حواجز صخرية.

3.2.1.3. العواصف البحرية

للعواصف البحرية تأثير كبير على نقل وترسب الرمال نظرا لقوة التيار المائي المتعاقب على الساحل، ففي منطقة الدراسة، لم يتم تسجيل أي عواصف بحرية نظرا لضعف المسافة الفاصلة بينها وبين جبل طارق، إضافة إلى ضعف التيارات الريحية البحرية بالمنطقة.

2.3. العوامل الشاطئية.

تضم العوامل الشاطئية الرواسب وتكويناتها وكذا مورفلوجية الشاطئ، ففيما يتعلق بالرواسب الرملية فإن السرعة الدنيا لنقلها مرتبطة بشكل حبيباتها وكثافتها حيث ينخفض نقلها كلما زاد انحدار الشاطئ، وتراجع هذه الرواسب (الرمل) تعد خاصية لا يمكن إهمالها؛ إذ تتسبب في تراجع خط الساحل، الذي يزداد حدة مع انخفاض الحمولات الصلبة للمجاري المائية (SDAGE RMC, 2005) كما أن بناء السدود في عالية الأودية يمنع الرواسب من الوصول إلى الشواطئ، بالإضافة إلى الضغط الممارس على رمالها المستخدمة في البناء، كل هذه الأسباب ساهمت في نقصان الرمال على الشاطئ بشكل كبير خلال العقود الأخيرة (SDAGE RMC, 2005).

بينت دراسة المخاطر التي قامت بها وكالة (TMSA, 2006) على شواطئ منطقة الدراسة قبل بناء الميناء المتوسطي، أن الشواطئ المحتمل عدم تعرضها للترسب هي شاطئ الدالية وكاب سيزر (جزر صغيرة قرب شاطئ الدالية، شرق منطقة الدراسة)، والحال نفسه بالنسبة للشاطئ الذي شيد عليه الميناء المتوسطي 2 حاليا (شاطئ الرمل) فهو حسب نفس الدراسة لا يشمله هذا الخطر(صورة20).

بالنسبة لشاطئ الدالية فهو لا تشمله الترسبات القادمة من البحر للأسباب التالية:

- المورفلوجية الخاصة للشاطئ حيث نجده محكما من طرف كاب سيرز الذي يحميه من التيارات القوية.
- ضعف كمية الترسبات المنقولة نظرا لصلابة خلفيته.
- الأعماق الكبيرة التي تمنع وصول الترسبات إلى الشاطئ.

صورة 20: صورة جوية توضح جزركاب سيرز.

المصدر: صورة Google Earth

3.3. العوامل البشرية.

أصبحت السواحل في وقتنا الحالي تعرف إنجاز مجموعة من المنشآت الاقتصادية والبيئية والسياحية (SDAGE RMC, 2005)، فارتفع بذلك الضغط البشري على السواحل مما زاد من خطر التعرية الساحلية بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق ما تحمله المجاري المائية من رواسب من عاليتها.

1.3.3. مشاريع التهيئة

تعمل كل المشاريع المنجزة في الساحل على الحد من الترسبات وخلق عدم التوازن على الشاطئ، فتموضع المشاريع على الساحل، يحدث اضطرابا في عملية نقل الرواسب التي تساهم في التوازنات الرسوبية على الشاطئ (SDAGE RMC, 2005) كما أن تواجد المشاريع التنموية كالموانئ مثلا يغير بشكل كبير توضع هذه الرواسب (SDAGE RMC, 2005).

إن إنشاء العديد من الموانئ في منطقة الدراسة غير من شكل الساحل وساهم في اختفاء العديد من الشواطئ السياحية التي استغلت لبناء هذه الموانئ، كما أثرت هذه المنجزات بشكل كبير على تموضع الرواسب حيث تغير شكل خط الساحل بين فترات مختلفة، ونشير هنا إلى تأثير سد الرمل (شيد لحماية الميناء المتوسطي) على الرواسب المتدفقة نحو الشاطئ حيث أصبح يحجزها في حقينته مما سبب اخلالا بالتوازن في هذا الجزء من المنطقة المدروسة.

2.3.3. التردد البشري على الشاطئ.

بالإضافة إلى ما سبق ذكره، فإن تواجد بعض الحواضر الصغيرة على طول الساحل وتشييد العديد من الفنادق السياحية وشق الطرق بمختلف أنواعها يزيد من حدة تغير خط الساحل ويغير مورفلوجية الشاطئ، حيث تعمل كل هذه المشاريع على تقليص مساحة الشاطئ وكذا مساحة العباب لتنخفض طاقتها على الشاطئ، وبالتالي يتزايد نشاط الترسب والتعرية الشاطئية في المناطق المجاورة.

II. مناهج تقييم تطوروديناميةالسواحل.

بدأت الدراسات حول السواحل منذ 3000 سنة، حيث كان الهدف هو إقامة الموانئ من أجل التجارة وتبادل السلع (VAN VAN THAN, 2015)، فلم تكن هذه الدراسات القديمة تتحدث عن تغير خط الساحل بقدر ما كانت تهتم بإيجاد ظروف الاستقرار فوق السواحل (PHAM. J. P., 2012)، وخلال مطلع القرن العشرين بدأت الدراسات تتعمق وتهتم بالبحث في إيجاد الحلول للمحافظة على السواحل، فقد ألقت الضوء على استخراج بعض النظريات والطرق واستخدام معطيات و خصائص التيارات والعباب وكذا المورفلوجية الساحلية.

وابتداء من سنوات الثمانينات بدأت الدراسات تهتم بتغير خط الساحل وتقيس دينامية الترسبات في عدة مناطق من الولايات المتحدة الأمريكية (DEHOUCK. A, 2006)، وهكذا ظهرت عدة مقاربات ومناهج تعالج وتحلل الظواهر الساحلية, نذكر منها:

1. منهج القياس والتحليل الطبوغرافي والباتيمتري (قياس الأعماق)

تنجز القياسات الخاصة بمنطقة ما على مدى سنوات طويلة، وذلك بهدف التقييم الكمي والنوعي لخصائص دينامية الساحل، ليتم مقارنتها وقياس تغيرها.

يعتبر هذا المنهج من أقدم المناهج، نظرا للأدوات المستعملة في تحليل معطياته، فدقة نتائجه مرتبطة بشكل كبير مع المعطيات والأدوات والأجهزة المستعملة للقياس.

ولتقييم تطور الساحل بهذا المنهج، يجب التوفر على معطيات أولية، أي معطيات من الماضي والحاضر من أجل الوصول إلى نتائج وخصائص المتغيرات على الساحل.

1.1. المنهج الإحصائي.

يأخذ المنهج الإحصائي بعين الاعتبار كل العوامل الطبيعية المؤثرة على منطقة الساحل، حيث يقوم بتحليل هذه العوامل لتحديد نسبة تأثير كل عامل منها على خط الساحل، فهو بذلك منهج تحليلي لتطور الساحل، ويعتمد على معطيات إحصائية.

2.1. المنهج الفيزيائي

ترتكز دراسة التعرية والتراكم في المناطق الساحلية بتطبيق المنهج الفيزيائي على تحليل مسار تدفق الرواسب وأثار المنشآت في المجالات الساحلية.

فالمنهج الفيزيائي يضم شكلين لدراسة الساحل: الأول يقوم بدراسة تطور الساحل على اعتبار أن خلفيته قارة لا تتحرك؛ إذ لا يأخذ بعين الاعتبار ظاهرة نقل الرواسب وتأثيرها على الطبوغرافية الخلفية للساحل، أما الشكل الثاني فيعتبر أن خلفية الساحل متحركة، وبالتالي يتم حساب تحرك الرواسب بالموازاة مع خط الساحل المحدد بالأمواج والتيارات.

ونظرا للطبيعة المعقدة للعملية الهيدروديناميةالساحلية والكلفة اللازمة لتطبيق المنهج الفيزيائي، فإن نتائج البحوث بهذا المنهج محدودة بالزمان والمكان.

3.1. المنهج الرياضي.

يلعب المنهج الرياضي دورا مهما في دراسة تطور الساحل من جهة وفي دراسة الجيولوجيا من جهة أخرى؛ أيضا تطبيقاته تمكن من تحديد خصائص مهمة بدقة كبيرة، فهو منهج يساعد على فهم أهم تطورات الساحل، ونماذجه الرقمية تستعمل لتحديد القوانين المتحكمة في تطور السواحل بما فيها: نقل الرواسب وتطور خط الساحل وتغير مستوى الماء والعباب على الشاطئ، وتعتبر نماذجه الرقمية أيضا أدوات للبحث ذات أهمية كبيرة نظرا لنتائجها التي تهتم بتغير المورفلوجية 2D و3D في المنطقة الساحلية، وتمكن من الحصول على ظواهر مفصلة وحقيقية عبر مدة زمنية طويلة.

فيما يخص دراسة تطور الساحل، تنقسم النماذج الرياضية إلى أربعة أنواع وهي: - أنموذج الأمواج – أنموذج Surcote. – أنموذج نقل الرواسب. – أنموذج تطور خط الساحل.

- **أنموذج الأمواج:**

يهتم هذا النوع بدراسة الخصائص الفيزيائية للأمواج وينقسم إلى قسمين: القسم الأول يأخذ بعين الاعتبار حجم العباب، والثاني يهتم بالطيف والعلو والتردد... الخ.

- **أنموذج** Surcote:

يعتمد هذا النموذج على معطيات جوية كالرياح والضغط الجوي (على البحر) وحركة المد والجزر.

- **أنموذج نقل الرواسب**

يستخدم هذا الأنموذج العلاقات الهيدروديناميةللمنطقة الساحلية والتي يمكن نمذجتها بعلاقات المياه القليلة العمق حسب بعدين: معادلة الاستمرارية ومعادلة حركية النبض، ويستقر بعد ذلك الأنموذج على حساب نقل الرواسب حسب منهجية كل من (KAMPLUIS. D., 1991) و (BIJKER E. W., 1967).

- **أنموذج تطورخط الساحل:**

يقدم المنهج الرياضي أداة تمكن من ملاحظة تفاصيل تطور خط الساحل الطبيعي حسب المكان والزمان (KOMAR, P. D. 1998). فهناك طريقتان تستعملان لتحديد النموذج الرياضي الذي يصف ويحلل مورفلوجية الساحل، حيث تمكن الأولى من تحديد موقع خط بداية العمق حسب الزمن والثانية تقدم شبكة حساب لتحديد تغيرات المجال وخط الماء والتيار في كل خلية من الشبكة حسب الزمن.

2. مقاربة نظم المعلومات الجغرافية SIG:

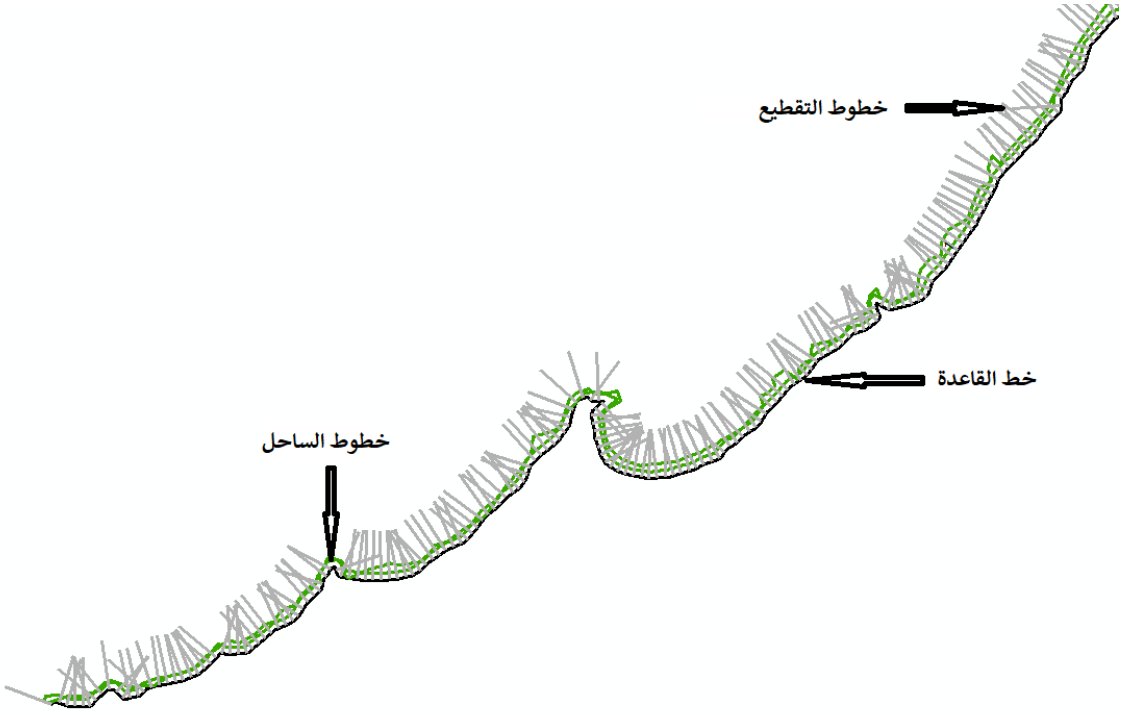
تعتمد هذه المقاربة على إعداد خرائط العمق لتقييم تغيرات السطح، انطلاقا من قياسات ميدانية في مجال الدراسة لفترات مختلفة، حيث يتم إنشاء النموذج الرقمي للأرض MNT الذي يستغل لملاحظة أهم التغيرات عن طريق تركيب مجموعة من طبقاته لفترات مختلفة، وبذلك يتم تحديد التغيرات الطبوغرافية وتحديد المجالات المعرضة للتعرية أو التراكم.

3. المقاربة المعتمدة في تقييم تطورخط الساحل بظهير الميناء المتوسطي: نموذج DSAS (Digital Shareline Analysis System)

سنعتمد في تقييمنا لتطور خط الساحل بظهير الميناء المتوسطي على أنموذج DSAS الذي سنحدد بواسطته المسافة الفاصلة بين خطين للساحل بتواريخ مختلفة، فهو يقوم بحساب المسافة الفاصلة بين خط ساحل قديم وخط ساحل حديث بالنسبة لكل جزء من مجال الدراسة (OYEDOTUM. K. O., 2014) باستعمال مجموعة من الخاصيات المتوفرة في برنامج DSAS وهي :

- **خاصية التحرك الصافي لخط الساحل:** (NSM : Net Shoreline Mouvement)

تعمل هذه الخاصية على حساب المسافة الفاصلة بين خط الساحل القديم وخط الساحل الحديث بالنسبة لكل خط تقطيع المجال (OYEDOTUM. K. O., 2014)(شكل85). إذ يتم تقييم التغيرات العامة في تموضعات خطوط الساحل بمساعدة هذه الخاصية (OYEDOTUM. K. O.,2014)



شكل85: رسم توضيحي للعناصر الأساسية لحساب DSAS.

- **مقاربة النقط القصوى:** (End Point Rate : EPR)

تعمل هذه الخاصية على حساب المسافة فوق كل خط تقطيع المجال (شكل85)، بالنسبة لخطي ساحل بين فترات زمنية متباينة مقسومة على عدد السنوات الفاصلة بينهما (JAMONT. J.P., 2014. HIMMELSTOSS. E.A., 2009).

$$R = \frac{D}{Te}$$

مع:

R: هي السرعة ب m/an

D: المسافة الفاصلة بين الخطين

Te: فارق الزمن بين الخطين

وتجدر الإشارة إلى أن نتائج خاصية EPR تكون جيدة جدا عندما نود معرفة تطور الساحل من خلال خطين للساحل فقط (THIEDER. N. M. et al, 2005).

- **الانحدار الخطي**: (LRR : Linear Regression)

يهتم الانحدار الخطي بدراسة التقاطعات فوق كل خط تقطيع المجال لمجموعة من الخطوط الساحلية، ويتم تمثيل هذه التقاطعات على شكل منحنى توضح فيه سرعة التغيرات السنوية لخط الساحل بالمتر (JAMONT. J. P., 2014 ; HIMMELSTASS. E. A., 2009).

$$Y = m.\ x + b$$

مع:

Y: المسافة الفاصلة عن خط القاعدة

m: درجة الانحدار

b : منظم محور الأفاصيل

- **الانحدار الخطي الترجيحي** (WLR : Weighted Linear Regression)

يأخذ الانحدار الخطي الترجيحي بعين الاعتبار هامش الخطإ في المعطيات، فالترجيح هو عكس النسبية العامة في منهج قيم المربعات الصغرى (la méthode des moindres carrés) (FLETCHER. H. et al,

2011,)، كما يعمل المنهج على تعديل نقط خط الساحل مع أصغر هامش للخطإ العام وذلك أثناء تمثيل منحنى تعديل الانحدار (HUMMELSTASS. E. A., 2009) ،إلا أن هذه المقاربة تتطلب التوفر على ثلاثة خطوط ساحلية قديمة (FLETCHER. H. et al, 2011).

وتدل قيمة الانحدار في العلاقة الرياضية أسفله على سرعة تغير خط الساحل بالمتر في السنة.

$$Y = m_w x + b_w$$

مع

Y : قيمة الانحدار

m_w : قيمة الانحدار حسب WLR

b_w: منظم محور الأفاصيل.

- **مؤشر تغير خط الساحل:** (SCE : Shoreline Change Envelope)

يعبر مؤشر تغير خط الساحل (SCE) عن المسافة ولا يعبر عن النسبة المئوية، وهذه المسافة هي الفارق بين الخط الأكثر بعدا عن الساحل والخط الأقرب من خط القاعدة، حيث يمكن هذا المؤشر من معرفة التغير العام لحركة خط الساحل لكل الخطوط الساحلية المتاحة ولا يأخذ بعين الاعتبار تواريخ هذه الخطوط (HIMMELSTASS. E. A., 2009).

- **متوسط المربعات الصغرى** (LMS : Least Median of squares)

يمكن نموذج المربعات الصغرى من مقارنة النتائج التجريبية بالنسبة لأخطاء القياسات، حيث يعمل على التقليص من تأثير هذه الأخطاء التجريبية.

يتم تحديد متوسط المربعات الصغرى بحساب كل قيم الانحدار الممكنة (نسبة تغيرها) في مجموعة محددة من الزوايا بتتبع مقاربة تم تطبيقها من طرف(HIMMELSTOS E.A, 2009) .

- **معايير جودة تقييم تطور خط الساحل:**

يتلاءم الانحراف المعياري مع الانحدارين الخطي والخطي الترجيحي حيث يمكن من عرض هوامش الخطإ لجميع سرعات التغيرات بالمتر في السنة.(HIMMELSTOSS E.A, 2009)

يمنح مرفق DSAS عدة خاصيات تطبيقية لدراسة الساحل، وقد اعتمدنا في دراستنا هذه على خاصتي النقط القصوى والتحرك الصافي لخط الساحل لكونهما من بين الطرق الحديثة في مثل هذه الدراسة، ويمكن تحليل نتائجهما بسهولة على عكس المنهج الفيزيائي أو المنهج الرياضي اللذان يتطلبان وقتا طويلا وكلفة مادية كبيرة.

4. توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة تطور خط ساحل الميناء المتوسطي:

- **الاستشعار عن بعد**

لدراسة تطور خط الساحل اعتمدنا على صور القمر الاصطناعي Landsat TM [18] وهي بدرجة وضوح 30 متر وصور Landsat ETM+ التي توفر صورا بدرجة وضوح 15متر، وقد تم استعمال الصور الملتقطة خلال سنوات 1984 و2002 و2017.

تمت معالجة صور الأقمار الصناعية بالبرنامج الفرعي Landsat Toolbax المدمج في نظام المعلومات الجغرافية ArcGis، حيث سمح لنا هذا البرنامج الفرعي الخاص بالاستشعار عن بعد بإنجاز المراحل التالية:

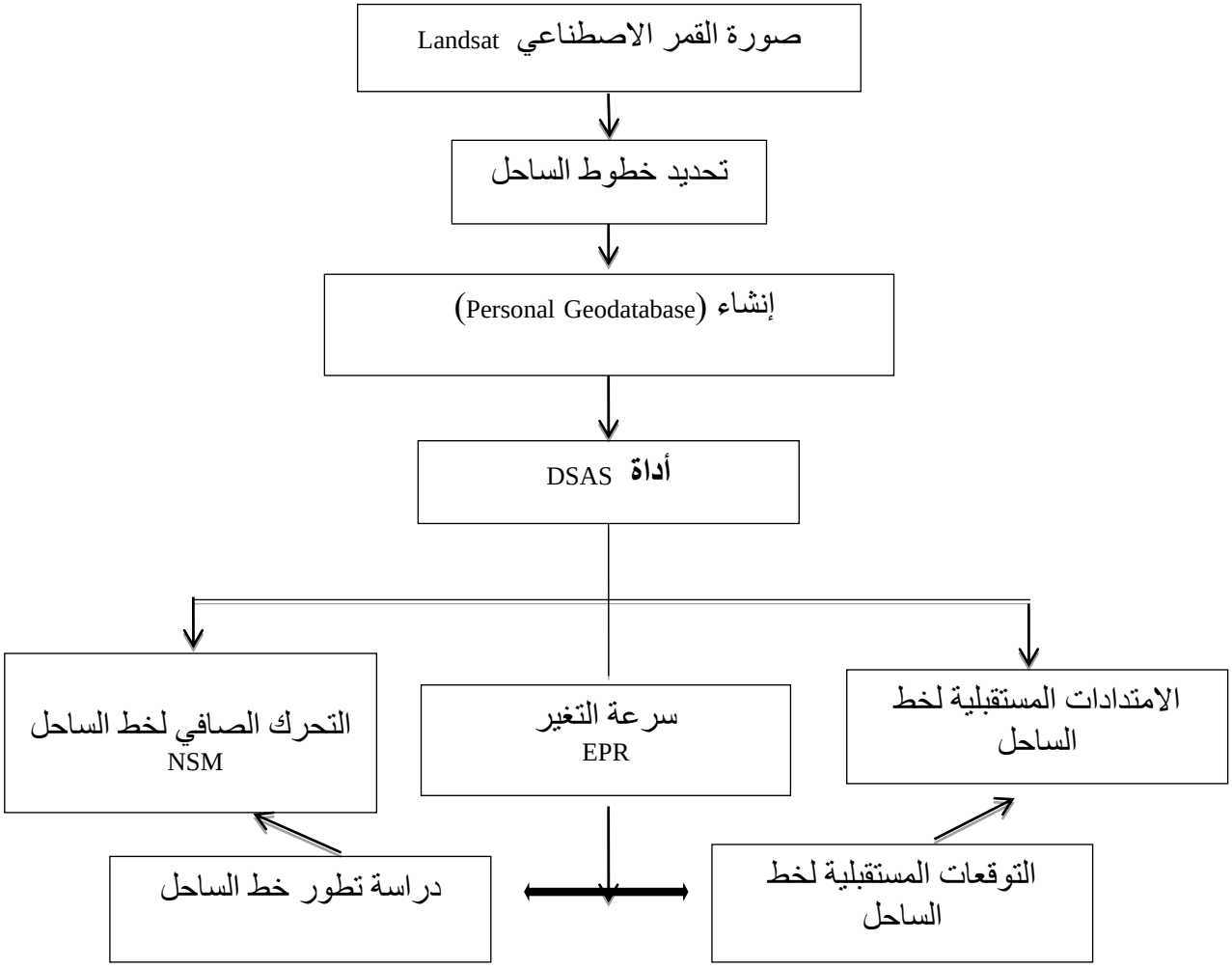
- تجميع طبقات صورة القمر الاصطناعي وتحويلها لاستخراج خط الساحل بشكل آلي انطلاقا من مجموعة من الصور وتحديد سواحلها كذلك.

[18] نظرا لدرجة الوضوح الضعيفة لهذه الصور تم تصحيح خطوط الساحل المنجزة بواسطتها بصور Google Earth

- إنجاز خطوط الساحل لمختلف السنوات المراد الاشتغال عليها انطلاقا من صور Landsat..

❖ دور نظم المعلومات الجغرافية في الدراسة.

تم الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية SIG في كل مراحل هذه الدراسة، حيث مكنتنا من إعداد وإنجاز وتنظيم البيانات ثم تحليلها، بدءا من إعداد خطوط الساحل باستخدام أداة Landsat Toolbox وتصحيحها بصور الأقمار الاصطناعية Google Earth إلى قياس تطور خط الساحل بمرفق DSAS.



شكل86: خطاطة منهجية دراسة تغير خط الساحل.

III. تطبيق منهج DSAS في تقييم تطور خط الساحل:

لتطبيق منهج DSAS نحتاج لتكوين قاعدة للبيانات تضم خطوط الساحل وخطوط تقطيع المجال كما يلي:

1. إعداد خطوط الساحل:

كما أسلفنا الذكر، نحتاج في تقييم تطور خط الساحل إلى مجموعة من الخطوط الساحلية التي سنعمل على مقارنتها واستخراج دراسة إحصائية لأهم تغيراتها.

تستخرج خطوط الساحل من صور الأقمار الاصطناعية (جدول59) Landsat TM et ETM+ وفق المراحل المبينة في الجدول 60.

جدول 59: خصائص صور القمر الاصطناعي المستعملة. المصدر: https://earthexplorer.usgs.gov/

المستشعر	*المشهد*		*التاريخ*	*درجة الوضوح*
	Path (المسار)	**Row (الصف)**		
ETM+	201	035	06/12/2017	15m
TM	201	035	30/12/2002	30m
TM	201	035	30/12/1984	30m

ونظرا لضعف درجة وضوح بعض صور الأقمار الاصطناعية، تم تصحيح نتائجها بالاعتماد على صور موقع Google Earth.

جدول60: مراحل إعداد خطوط الساحل.

مراحل الإنجاز	العملية المنجزة	مصدر الإنجاز	وصف المرحلة
1	- تحميل صور الأقمار الاصطناعية واستخراج المعطيات	من موقع USGS	https://earthexplorer.usgs.gov/
2	- استخراج مجموعة من الطبقات AOI	بشكل آلي	استخلاص الطبقات - Brightness - Greenness - Wetness
3	- تصحيح هوامش الخطأ Landsat 7 ETM+Scanline	بشكل آلي	
4	- استخراج مؤشر الغطاء النباتي NDVI	بشكل آلي	تطبيق العلاقة : NDVI= (PIR-R)/PIR+R)
5	- انشاء فئة الأرض والبحر	بشكل آلي	تركيب الطبقات المحصل عليها المرحلة 2 مع NDVI
6	- تصنيف فئة الأرض والبحر	تصنيف شخصي عن طريق استغلال لونين فقط: البحر واليابسة	تتم العملية في ... Reclassحيث تعطى لفئة البحر قيمة 10 وتأخذ باقي الفئات لون واحد وقيمة 0
7	- انشاء حدود الساحل	بشكل آلي	تركيب الطبقة في 6 مع طبقة Boudary (طبقة من فئة واحدة لمنطقة الدراسة)

2. أخطاء المعطيات في إعداد خطوط الساحل

صنف (FLETCHER. H. et al, 2011) الأخطاء المرتبطة باستخراج المعطيات أو بتحديد خط الساحل إلى نوعين، فمن جهة نجد الأخطاء المرتبطة بالقياس التي تعود أسبابها إلى طريقة نمذجة خط الساحل وإلى درجة وضوح الصور الجوية المستعملة ونسبة السحب أثناء التقاطها، ومن جهة أخرى نجد الأخطاء الموضعية التي ترتبط بتغير موضع خط الساحل تحت تأثير الأمواج والعواصف، وحركة المد والجزر (FLETCHER. H. et al, 2011).

ويمكن إجمال أسباب أخطاء المعطيات أثناء تحديد خطوط الساحل من صور الأقمار الاصطناعية إلى خمسة مصادر رئيسية، حيث نجد أسباب مرتبطة بفصول السنة وأسباب ترجع إلى المد والجزر وأخرى تعود لطريقة النمذجة وأسباب مرتبطة بحجم بكسيل وفي الأخير هناك أخطاء تصحيح المعطيات المستخرجة (ROMINE. B. M. et FLETCHER. H., 2012. FLETCHER. H. et al, 2011).

وتوجد في تطبيق DSAS إمكانية لتحديد نسبة هامش الخطأ قبل البدء في حساب تطور خطوط الساحل، حيث تتراوح هذه النسبة بين 4.4 متر و6 متر كأقصى هامش للخطإ، وقد حددنا في بحثنا أقصاها نظرا لتواجد المنطقة في مضيق جبل طارق وتلقيها لتيارات مختلفة، غربية من المحيط الأطلسي وشرقية من البحر الأبيض المتوسط.

3. الدراسة الإحصائية ب DSAS

يضم المرفق DSAS العديد من الخاصيات الحسابية لاستخراج مجموعة من النتائج، وقد اقتصرنا في دراستنا هذه فقط على خاصيتي NSM وEPR، قصد تحديد مسافة التغير بين خط الساحل القديم وخط الساحل الحديث لمعرفة مدى تقدم اليابسة على حساب البحر أو العكس، وكذا تحديد سرعة تراجع أو تقدم اليابسة.

4. مراحل إنجاز الدراسة الإحصائية.

1.4. رسم خط القاعدة

تتطلب أداة DSAS، إنشاء خط القاعدة (شكل87)، حيث تتيح أحد نوافذ التطبيق إمكانية تنزيله إما في البحر أو اليابسة أو هما معا، ويستغل هذا الخط في حساب المسافة بينه وبين نقطة تقاطع خطوط الساحل مع خطوط تقطيع المجال، ويحدد بذلك تطبيق DSAS فارق المسافة بالمتر، ويمنح مجموعة أخرى من النتائج كسرعة تقدم أو تراجع خط الساحل والنسب المئوية لتطوره... إلخ.

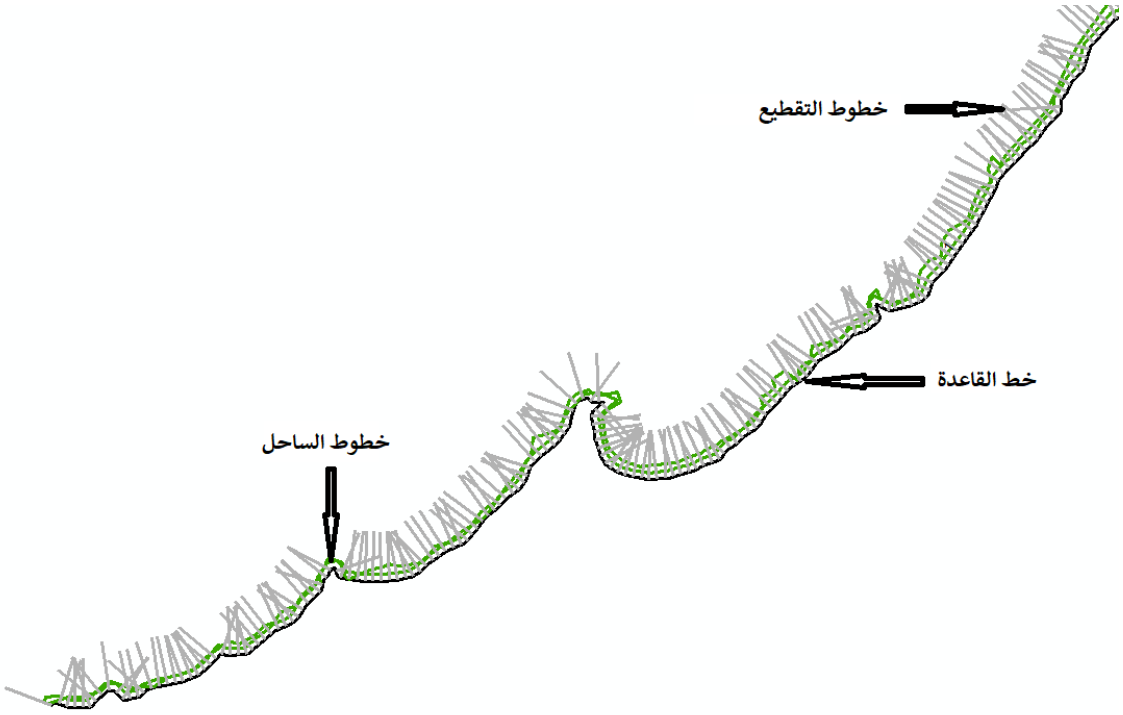
وللإشارة فإن خط القاعدة لا يرسم بشكل آلي بل يتم رسمه حسب طبيعة المجال البحري وخصوصية مورفلوجيته حيث يكون موازيا لخط الساحل القديم.

2.4. إنشاء خطوط تقطيع المجال.

ترسم خطوط تقطيع المجال داخل تطبيق DSAS بشكل عمودي على خط القاعدة إذ يتم اختيار طول المقاطع والمسافة الفاصلة بينها، حيث ينبغي أن يلاءم هذا الاختيار طبيعة البحث ومسافة المنطقة الساحلية المدروسة ومدى تغير خط الساحل، وبالنسبة لمنطقة دراستنا فقد تم اختبار 50 متر كمسافة فاصلة بين خطوط التقطيع قصد إنجاز دراسة دقيقة، وتحديد عمليات التعرية الساحلية ومواقع تراكم الرواسب القادمة سواء من المجاري المائية أو من البحر.

3.4. تفعيل تطبيق DSAS

بعد إعداد قاعدة البيانات المتمثلة في خطوط الساحل وخط القاعدة وخطوط تقطيع المجال، تم اختيار خاصيتي (NSM وERP) في تطبيق (DSAS)، حيث يقوم هذا الأخير بعمليات حسابية إحصائية تنتهي بإعطاء نتائج تستعمل لرسم منحنى تطور الساحل في برنامج Excel.



شكل87: توزيع العناصر الأساسية لحساب DSAS

4.4. الدراسة التوقعية لخط الساحل خلال 10 سنوات القادمة:

تنبني الدراسة التوقعية لما سيؤول إليه خط الساحل خلال 10 سنوات القادمة انطلاقا من نتائج 10 سنوات الماضية على حساب النسبة المتوسطة لتطور الساحل والتي ستعطي فكرة عن وضعية الساحل خلال السنوات القادمة.

IV. تحليل وتأويل نتائج تطور خط الساحل بين القصر الصغير وشاطئ الدالية:

اهتمت دراسة المجال الساحلي لمنطقة الدراسة بفترتين هما: فترة 1984 حتى 2002 وفترة 2002 حتى 2017، وقد تم اختيار الفترتين نظرا لخصوصيتهما حيث تمثل الأولى فترة ما قبل بناء الميناء المتوسطي والموانئ الأخرى المجاورة، إذ تميزت هذه الفترة بظروف طبيعية (لم تعرف تدخل الإنسان في المجال)، أما الفترة الثانية فلها خصوصيات أخرى حيث شيد على الساحل العديد من المنشآت الاقتصادية والسياحية (موانئ، منتجعات سياحية، طرق، سد الرمل... الخ) وكان لها أثر على دينامية الساحل حيث حدت من تطوره الطبيعي.

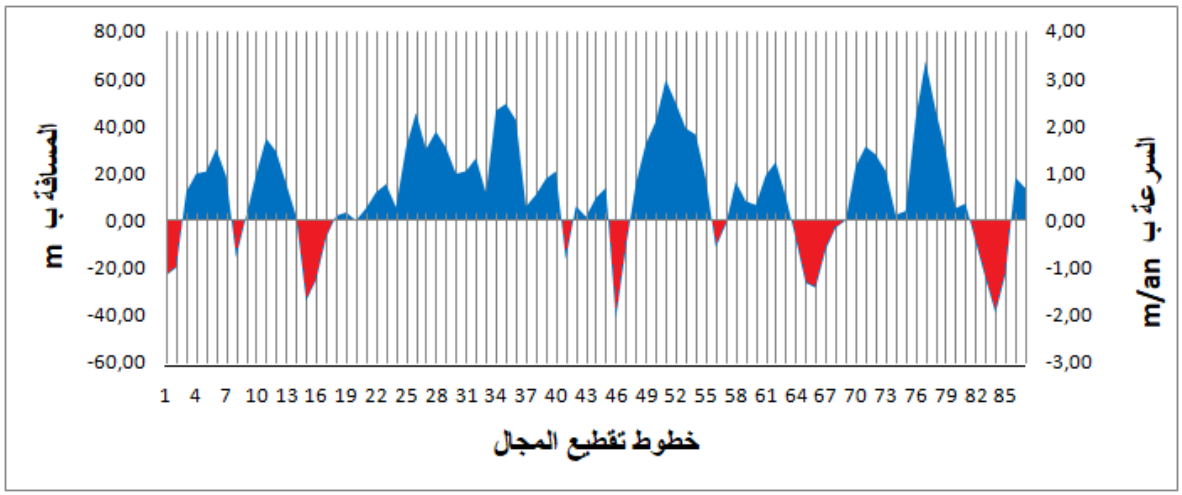
1. خط الساحل قبل بناء الموانئ (1984 – 2002):

عرفت حركة خط الساحل على مدى 18 سنة تقدما لليابسة على حساب المجال البحري في غالبية أجزائها (شكل90) وقد تم تقسيم الساحل المدروس إلى أربعة مجالات حسب خصوصية الشبكة الهيدرولوجية لظهير الميناء المتوسطي (جدول60).

1.1. المجال 1 بين واد أليان ومدينة القصر الصغير

يمتد هذا الجزء من خط التقطيع 1 إلى 87 غرب مجال الدراسة، إذ تتموقع على طول هذا المجال مدينة القصر الصغير التي تعتبر الوجهة السياحية في المنطقة، وهي تتميز بوجود واد القصر الصغير الذي يعتبر أكبر واد بظهير الموانئ، حيث يعرف مصب هذا الأخير تدفق الكثير من الرواسب المحمولة من العالية.

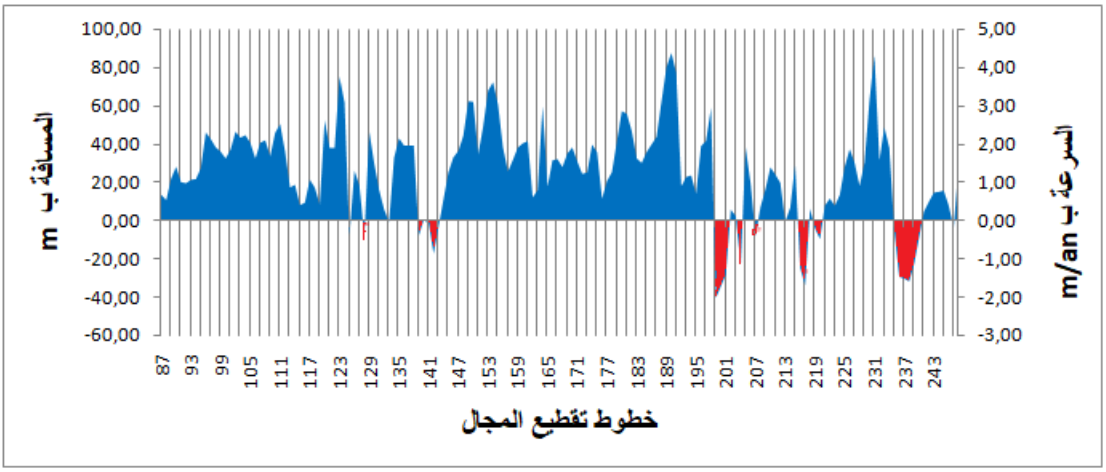
وقد عرفت يابسة هذا المجال تقدما في جل أجزائها باستثناء القطاعات الواقعة بين خطي التقطيع 64 و68، ثم بين 82 و85، إذ ترجع تعرية وتراجع اليابسة في هذا النطاق إلى وجود تكوينات صخرية رسوبية تتمثل في السفحيات والطمييات التي تتميز بضعفها الجيولوجي، بينما يمكن تفسير تقدم بعض الأجزاء من اليابسة بمجموع الرواسب المنقولة إلى الشاطئ من عالية المنطقة، وكذا ما تحمله قنوات الصرف الصحي للمدينة.



شكل88: تغير خط الساحل بين واد أليان ومدينة القصر الصغير خلال الفترة 1984 و2002.

2.1. المجال 2: بين مدينة القصر الصغير وشاطئ الرمل:

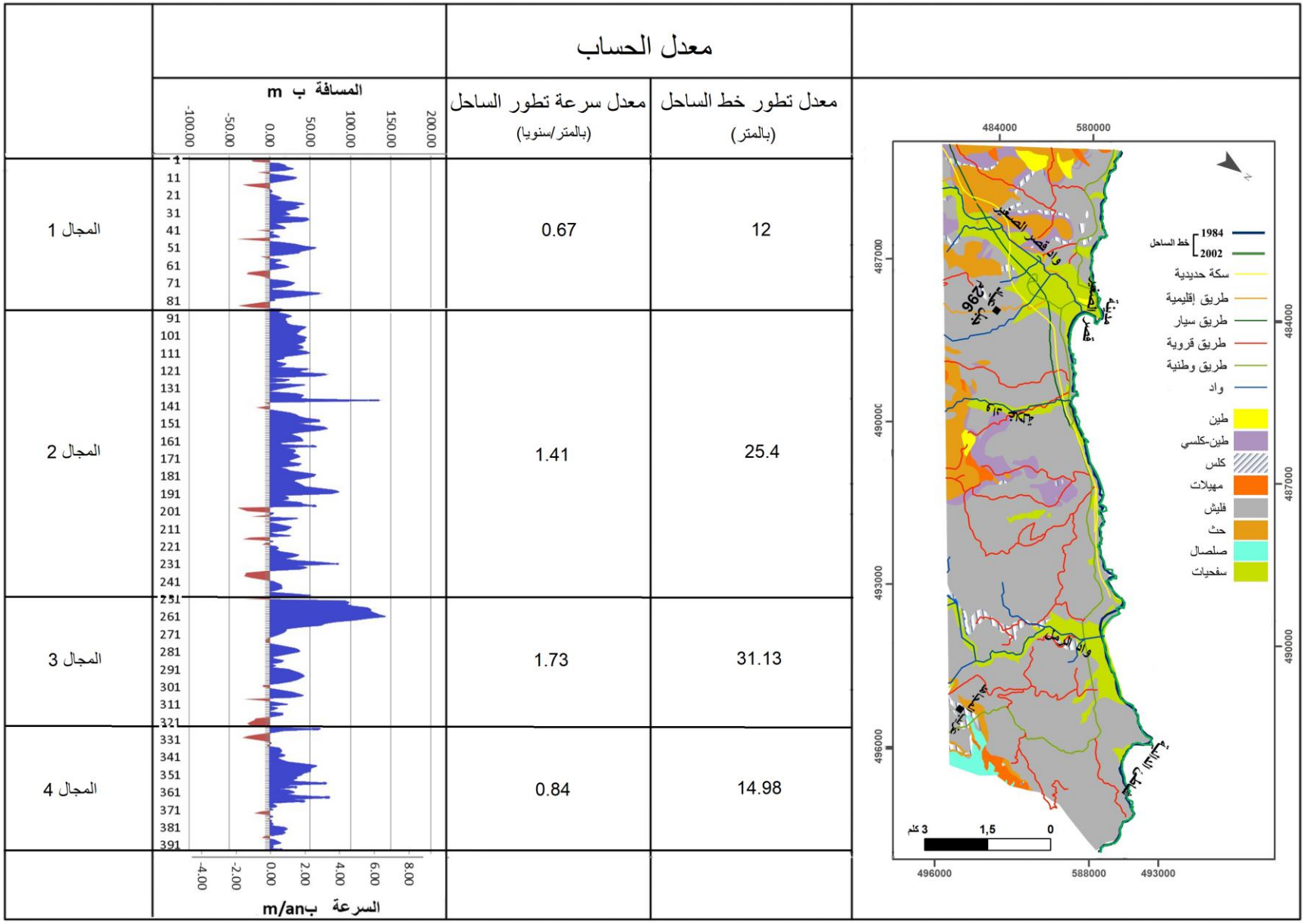
عرف المجال 2 الرابط بين خطي التقطيع 87 و248، تقدما لليابسة في غالبية أجزائه حيث قدر معدل مسافة تقدم اليابسة بحوالي 32,6متر، وقد يرجع السبب في ذلك إلى وجود مصب واد غلالة بهذا الجزء حيث يساهم في تدفق الرواسب على الشاطئ، إضافة إلى التكوين الصخري لهذه المنطقة المتمثل في الفليش، أما معدل مسافة التعرية فقدر بحوالي 15.8 متر، وهي تظهر بين بعض خطوط التقطيع نذكر أهمها: بين خطي 141 و143، وبين 199 و 201، وبين 216 و 220 ثم بين 235 و 240.



شكل89: تغير خط الساحل بين مدينة القصر الصغير وشاطئ الرمل خلال الفترة 1984 و2002.

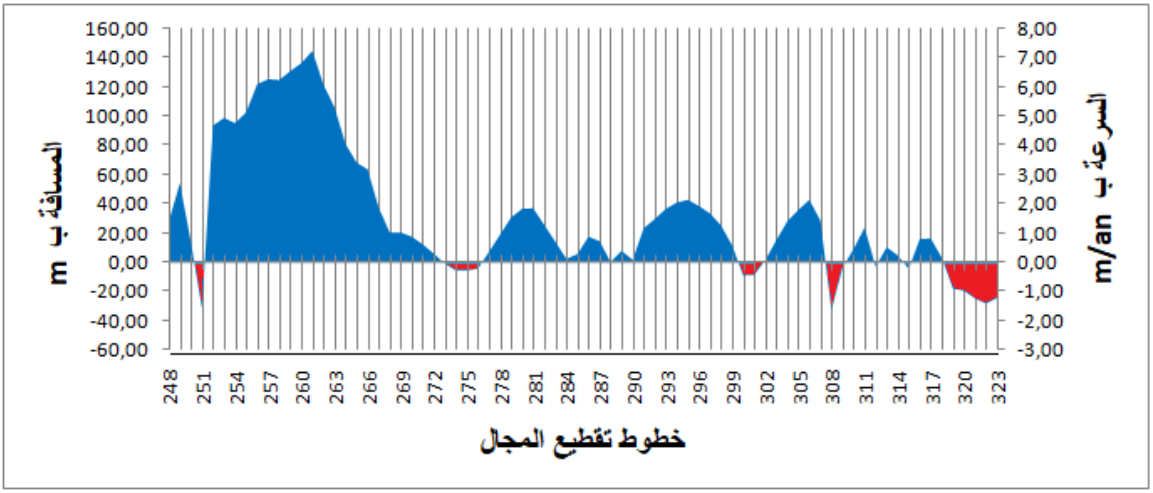
3.1. المجال 3: بين شاطئ الرمل وشاطئ الدالية:

يمتد المجال 3 من خط تقطيع 248 حتى 323، ويتواجد به أكبر شاطئ بحري في مجال الدراسة، إذ يتميز بوجود كميات كبيرة من الرمل، كما يتميز هذا المجال كذلك بوجود مصب واد الرمل، حيث تظهر كميات كبيرة من السفحيات والطمييات منتشرة على شكل دلتا على الشاطئ (شكل91). و هذا ما يزيد من توسع مجال اليابسة على حساب المجال البحري حيث يشير المعدل المحصل عليه إلى حوالي 43,2 متر أما معدل مسافة التعرية فيصل 13,6 متر.



شكل90: تغير خط الساحل خلال الفترة 1984 و2002. (أنظر المرفقات)

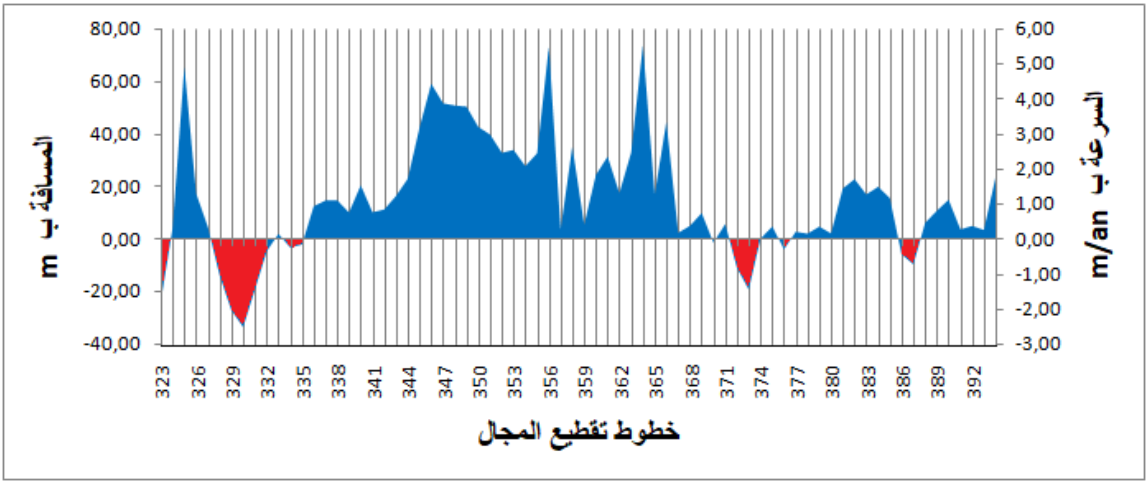
المصدر: عبدالرحيم مقطيط



شكل91: تغير خط الساحل بين شاطئ الرمل وشاطئ الدالية خلال الفترة 1984 و2002.

4.1. المجال 4: بين شاطئ الدالية وشرق المنطقة:

يمتد المجال الرابع و الأخير في منطقة الدراسة بين خطي التقطيع 323 حتى 394، ويتميز هذا المجال بدينامية طبيعية ينعدم فيها وجود مصب نهر أو واد، حيث يقدر معدل مسافة تقدم اليابسة بحوالي 21,05 متر، ويعتبر هذا المعدل ضعيفا بالمقارنة مع باقي المجالات الاخرى، ويرجع ذلك إلى طبيعة مورفولوجيا هذا الجزء من المجال، إذ لا يتأثر كثيرا بعوامل التيارات البحرية لوجود كاب سيرز، إضافة إلى ضعف كمية الترسبات المنقولة نظرا لصلابة الأعماق الكبيرة التي تمنعها من الوصول إلى الشاطئ (TMSA, 2006).



شكل92: تغير خط الساحل بين شاطئ الدالية وشرق مجال الدراسة خلال الفترة 1984 و2002.

أظهرت دراسة التغيرات على المستوى المجالي والزمني لوضعية خط الساحل خلال فترة 1984 - 2002، أن ساحل منطقة الدراسة عرف زحفا لليابسة على حساب البحر، حيث وصل معدل هذا الزحف حوالي 30متر خلال 18 سنة وهم 65% من طول خط الساحل وقد وافق تمركزه بشكل واضح مصبات المجاري المائية التي تشكل الممول الرئيسي للنظام الساحلي بمختلف المواد المقتلعة من المجال القاري، والتي يتم توزيعها على الشاطئ بفعل حركات الأمواج والتيارات الريحية.

ومن ناحية أخرى، عرفت قطاعات ساحلية أخرى استقرارا نسبيا ولم تشهد تغيرا كبيرا خلال هذه الفترة، نظرا لطبيعة خلفيتها الصخرية الصلبة التي تتميز بجروف صخرية صلبة مشكلة أساسا من كلس مقاوم لحركية الأمواج ونخص بالذكر أجزاء من غرب مدينة القصر الصغير حيث تظهر تشكيلات صخرية مقاومة للأمواج(صورة20).

صورة21:جرف صخري مطل على البحر(غرب مدينة القصر الصغير).

2. سرعة تطور خط الساحل (EPR) بين 1984 و2002:

يتضح من خلال تطبيق DSAS أن سرعة تطور خط الساحل تختلف من مجال إلى آخر حيث بلغت أقصاها عند خط التقطيع 261 (شكل90)، أما معدل التراكم (تقدم اليابسة) فيقدر في عموم منطقة الدراسة بحوالي 1.6 م/السنة وهو معدل جد متوسط بالمقارنة مع باقي سواحل العالم، وبخصوص المناطق التي عرفت تعرية فقد وصلت أقصى سرعة لها بين خطي تقطيع 46 و84، بحوالي 2 م/السنة.

وكما سبق الذكر، ترتبط سرعة التراكم أو التعرية بخصوصية كل منطقة وبوجود أو عدم وجود مصبات الأنهار والأودية حيث تساهم هذه الأخيرة في الرفع من وثيرة الترسبات على الشاطئ.

جدول61: حصيلة تطور خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال الفترة 1984 و2002:

	المجال1	المجال2	المجال3	المجال4
عدد خطوط التقطيع المعرية	20	24	16	13
عدد خطوط التقطيع التراكم	67	137	59	58
معدل مسافة التعرية ب (m)	19.05	15.86	13.6	12.1
معدل مسافة التراكم ب (m)	21.20	32.65	43.26	21.05
نسبة التعرية (%)	47	32.7	23.9	36.5
نسبة التراكم (%)	53	67.3	76.1	63.5
السرعة الدنيا للتعرية	0	0.03	0.0.4	0
السرعة المتوسطة للتعرية	1.06	0.9	0.76	0.67
السرعة القصوى للتعرية	2.31	2.23	1.78	1.87
السرعة الدنيا للتراكم	0	0.02	0.04	0
السرعة المتوسطة للتراكم	1.2	1.81	2.40	1.19
السرعة القصوى للتراكم	3.73	4.86	8.05	4.08

المصدر: عبدالرحيم مقطيط

3. حركة خط الساحل بين 2002 و2017:

يتضح من خلال مبيان تطور خط الساحل بين 2002 و2017، اختلافا واضحا على ما كان عليه خلال الفترة السابقة (1984 و2002) التي هيمنت فيها تقدم اليابسة على حساب المجال البحري، كما نسجل ظهور العديد من البنى التحتية على الساحل كالموانئ والمنتجعات السياحية وغيرها.

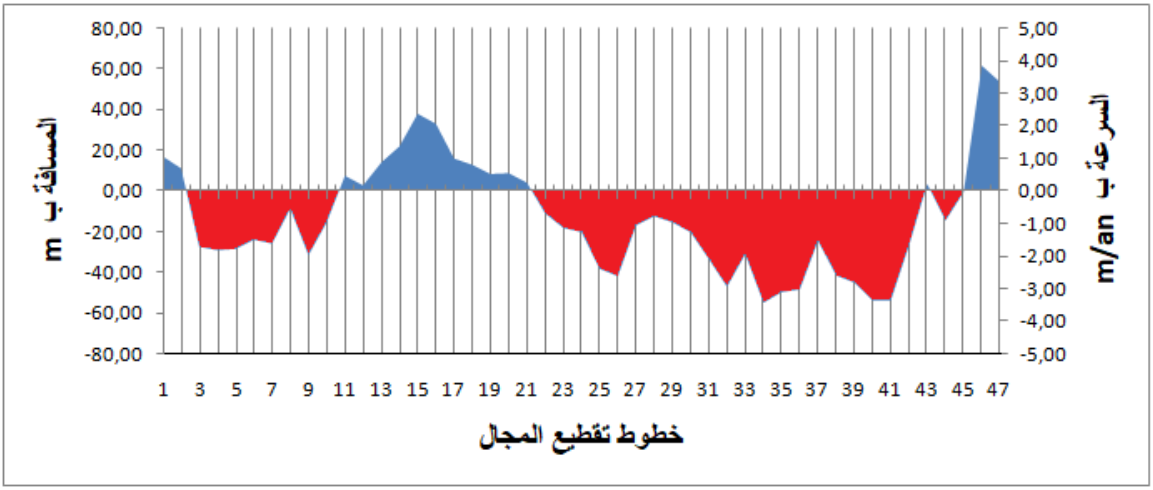
في هذه المرحلة سنقسم مجال الدراسة إلى خمسة مجالات(شكل96)، حيث سيتم دراسة ثلاثة منها فقط نظرا لعدم خضوعها لأي تدخل بشري، أما المجالين الآخرين، فقد شيد عليهما أربعة موانئ، الشيء الذي حد من تطورهما الطبيعي، لكننا سنأخذهما بعين الاعتبار في دراستنا لكونهما ساهما في تغيير مورفولوجية الساحل بالمناطق المجاورة (صورة22).

صورة22: موانئ مجال الدراسة

المصدر: Google Earth

1.3. المجال 1: بين واد أليان ومدينة القصر الصغير:

يمتد المجال 1 غربا من خط التقطيع 1 حتى 47، حيث يبين مؤشر تطبيق DSAS وصول معدل مسافة التعرية حدود 29,7 متر من مجموع حركات خط الساحل بينما بلغ معدل مسافة التراكم في هذا المجال 19,5 متر، وقد يرجع سبب تباين هذه النسب بالمقارنة مع الفترة السابقة (1984-2002) إلى بناء ميناء القصر الصغير، حيث وضعت العديد من الحواجز الاسمنتية لحماية الميناء مما جعلها تأثر على طبيعة الدينامية الساحلية التي كانت عليها من قبل.



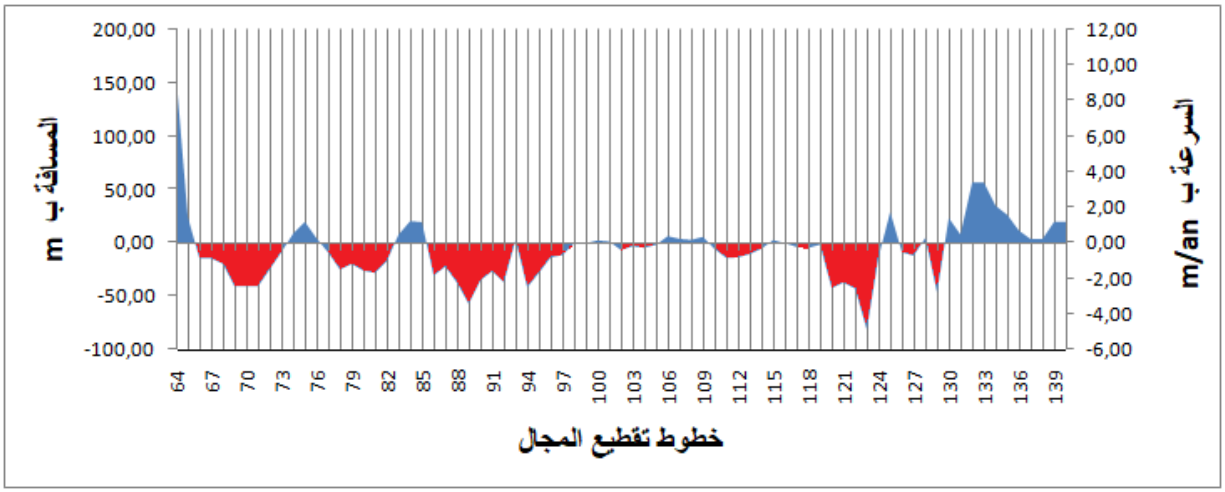
شكل93: تغير خط الساحل بين واد أليان ومدينة القصر الصغير خلال الفترة 2002 و2017.

2.3. المجال2: ميناء القصر الصغير:

يمثل المجال 2، ميناء القصر الصغير، وقد استثنينا دراسة هذا الجزء من منطقة الدراسة على اعتبار أنه خضع لتدخل بشري، ولا يمكن تحديد خط الساحل بشكل سليم في تطبيق DSAS لكونه دمج المجال الذي بني عليه الميناء مع اليابسة، فكانت نتائج غير سليمة.

3.3. المجال3: بين مدينة القصر الصغير والميناء المتوسطي 2:

يمتد المجال الثالث على طول 76 خط تقطيع من الخط 64 غربا إلى الخط 140، حيث عرف هذا الجزء تراجعا في التراكم و تزايدا في التعرية حيث سجلت مسافة التراكم في الفترة (1984 و 2002) 43.3متر، بينما تراجعت إلى حوالي12.8 متر، وفي المقابل تزايدت مسافة التعرية من حوالي13.6 متر إلى 20.3 متر، ويرجح السبب إلى تواجد هذا المجال بين ميناءين: ميناء القصر الصغير و الميناء المتوسطي، حيث ساهم كل منهما في تحويل أو إضعاف التيارات البحرية الساحلية بسبب الجدران الواقية، الشيء الذي خلق توازنا نسبيا بين مجالات التراكم و التعرية.



شكل94: تغير خط الساحل بين مدينة القصر الصغير والميناء المتوسطي2 خلال الفترة 2002 و2017.

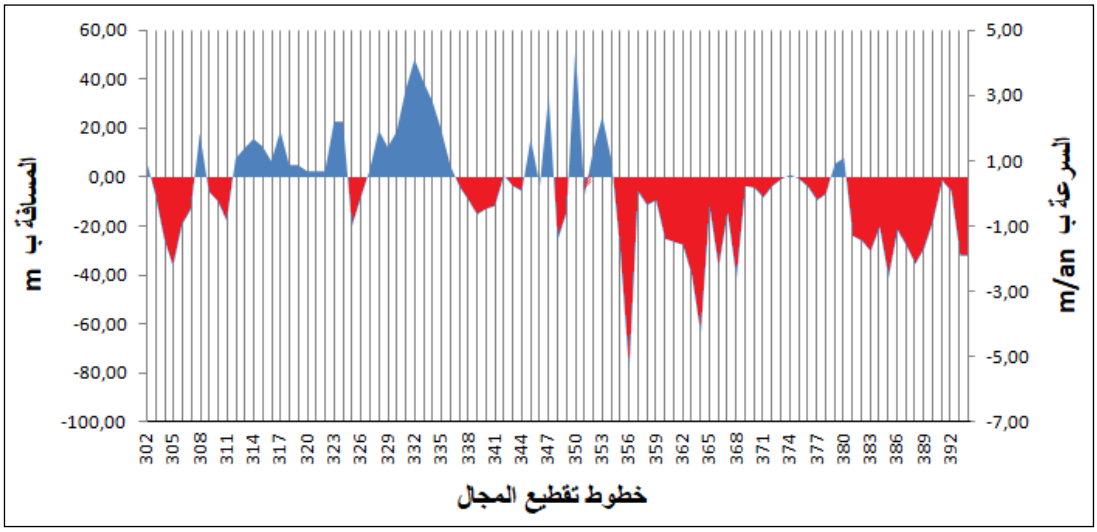
4.3. المجال4: موقع الموانئ المتوسطية.

يمتد هذا المجال من خط التقطيع 139 إلى خط التقطيع 302، حيث شيدت عليه ثلاثة موانئ، وقد استثنينا دراسة هذا الجزء من منطقة الدراسة على اعتبار أنه خضع لتدخل بشري، ولا يمكن تحديد خط الساحل بشكل سليم في تطبيق DSAS لكونه دمج المجال الذي بني عليه الميناء مع اليابسة فأعطى نتائج غير سليمة.

5.3. المجال 5: بين الميناء المتوسطي 1 ومنطقة شاطئ الدالية.

يبدأ هذا المجال من خط التقطيع 302 وينتهي حتى آخر خطوط التقطيع شرق منطقة الدراسة، يضم هذا المجال شاطئ الدالية، وقد سجل توازنا بين نسبة التعرية والتراكم على عكس ما سجل خلال الفترة السابقة (1984 و2002) حيث فاقت نسبة التراكم نسبة التعرية.

إن هذا الجزء من منطقة الدراسة _كما ورد سابقا_ لا تصله التأثيرات البحرية بشكل كبير لوجود رأس سيرز وهو جزء من اليابسة (جزيرة صغيرة) تتواجد قرب الساحل، إضافة إلى خلفية هذا الجزء التي تتميز بالصلابة، وعدم وجود مصب لوادي أو نهر.



شكل95: تغير خط الساحل بين الميناء المتوسطي2 وشرق مجال الدراسة خلال الفترة 2002 و2017.

4. سرعة تطور خط الساحل بين 2002 و2017

تبين نتائج التطبيق خلال هذه الفترة أن سرعة التعرية تراوحت بين 0 و 5 متر/السنة، حيث بلغ معدل السرعة بالنسبة لمنطقة الدراسة حوالي 1.5 متر/السنة وهي سرعة كبيرة، أما التراكم فقد بلغ أقصاها 4,11 متر/السنة وكان المعدل المحصل عليه في المنطقة كلها حوالي 1,2متر/السنة.

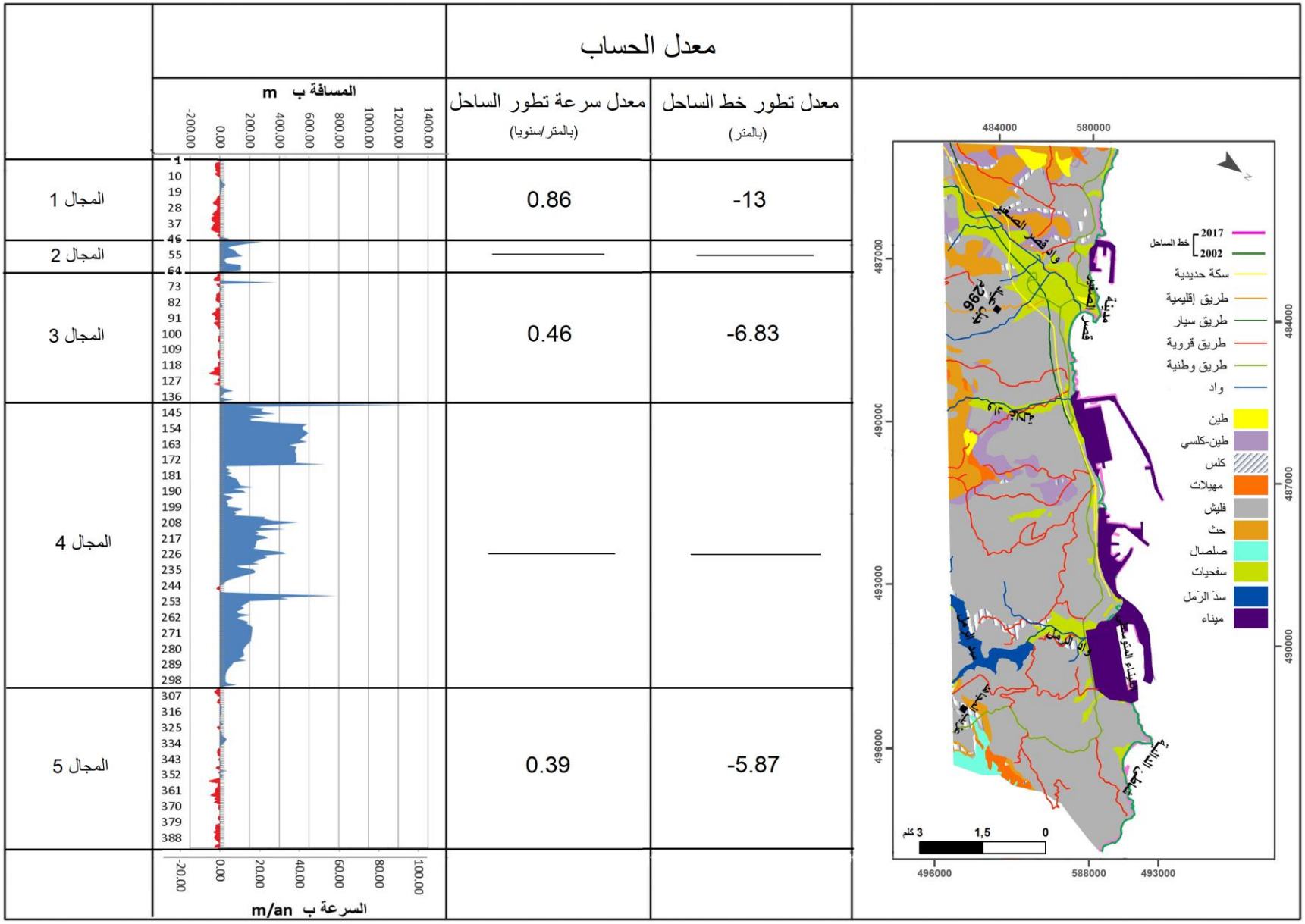
بالمقارنة مع الفترة السابقة نلاحظ أن سرعة التعرية ازدادت حيث انتقلت من 0.8 متر/السنة خلال الفترة الأولى إلى حوالي 1,5 متر/السنة، أما بالنسبة للتراكم فقد انتقلت من معدل 1,65 متر/السنة أي 1,2 متر/السنة أي تراجعت عن المستوى الذي كانت عليه.

وإذا قمنا بربط هذه النتائج مع المتغيرات التي ظهرت على الساحل فلا يمكن تفسيرها إلا بالبنيات التحتية التي شيدت عليه، إضافة إلى بناء سد الرمل الذي حال دون وصول رواسب العالية إلى الشاطئ، كما أن بناء العديد من الحواجز البحرية لحماية الموانئ ساهمت أيضا في الحد من التيارات البحرية وتركزها على أماكن معينة دون أخرى.

جدول62: حصيلة تطور خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال الفترة 2002 و2017:

	المجال 1	المجال 2	المجال 3	المجال 4	المجال 5
عدد خطوط التقطيع التعرية	31	-	45	-	58
عدد خطوط التقطيع التراكم	16	-	31	-	35
معدل التعرية (m)	29.7	-	20.33	-	18.83
معدل التراكم ب (m)	19.51	-	12.77	-	15.62
نسبة التعرية %	60.4	-	61.4	-	54.7
نسبة التراكم %	39.6	-	38.6	-	45.3
السرعة الدنيا للتعرية ب m/an	0.05	-	0.08	-	0.06
السرعة المتوسطة لتعرية ب m/an	1.98	-	1.36	-	1.25
السرعة القصوى لتعرية ب m/an	3.69	-	4.86	-	5.27
السرعة الدنيا لتراكم ب m/an	0.22	-	0	-	0.16
السرعة المتوسطة لتراكم ب m/an	1.3	-	1.13	-	1.04
السرعة القصوى للتراكم ب m/an	4.11	-	3.42	-	3.49

المصدر: عبدالرحيم مقطيط



شكل 96: تغير خط الساحل خلال الفترة 2002 و2017. (أنظر المرفقات)

المصدر: عبدالرحيم مقطيط

يعد الساحل وسطا مختلفا عن باقي الأوساط الطبيعية الأخرى، فهو يتطور بفعل عوامل متنوعة تعمل باستمرار على تحقيق التوازن الرسوبي به، وأي تدخل فيه غالبا ما يؤدي إلى الإخلال بالتوازن، فلقد عرف ساحل منطقة الدراسة خلال فترة 2002 و2017 إنجاز العديد من الموانئ والقيام بمجموعة من التدابير الاحترازية لحمايتها، كبناء سد الرمل بهدف حماية الميناء المتوسطي 1 من الفيضانات ورواسب العالية، وتغيير مصب واد غلالة لحماية الميناء المتوسطي 2 من الفيضانات أيضا وعملية الترمل الناتجة عن ما يقذفه هذا الواد من مواد، وأمام هذا الوضع، سجل خط الساحل نقصانا للرواسب المنقولة عبر المجاري المائية للساحل حيث تجسد ذلك في تراجع اليابسة لحساب البحر بمعدل بلغ 8.6 متر خلال 15 السنة.

لقد كان للمشاريع المنجزة بالمنطقة أثرا على الدينامية الساحلية حيث خلقت عدم توازن في توزيع الرواسب، وأصبحت التعرية مركزة في نطاقات دون أخرى نظرا للحواجز الكاسرة للأمواج التي تم إحداثها لتأمين الموانئ، وبذلك تراجعت أجزاء من اليابسة خاصة بين شاطئ القصر الصغير والميناء المتوسطي 1 أدت إلى تهديد الساكنة المجاورة للساحل، ومن ناحية أخرى، لم تعرف الأجزاء الأخرى من الساحل إلا تغيرا طفيفا لعدم تأثرها بالتدخل البشري.

5. التطورات المستقبلية لخط الساحل

مكنتنا أداة EPR الواردة في برنامج DSAS من معرفة سرعة تطور خط الساحل خلال فترتين من الزمن، فترة تبين فيها هيمنة لتقدم اليابسة على المجال المائي البحري وفترة لاحظنا فيها عكس ذلك، وقد فسرنا هذا بظهور العديد من المشاريع التنموية على الساحل حيث غيرت مورفولوجيته وساهمت بشكل كبير في إضعاف التيارات البحرية.

وانطلاق من معطيات الفترة الثانية لكونها غيرت بشكل كبير الدينامية الطبيعية للساحل، يمكننا التنبؤ بما سيؤول إليه خط الساحل في السنوات المقبلة اعتمادا على إسقاطات إحصائية واستنادا الى نسب السرعة المحصل عليها في الدراسة(جدول63).

يمكن التنبؤ بتطور خط الساحل في المستقبل اعتمادا على المعطيات السابقة على اعتبار أن نفس الظروف التي ساهمت في تطوره خلال الفترة الأخيرة التي امتدت على مدى 15 سنة (2002-2017) ستكون هي أيضا المتحكمة في استمرار تطوره بنفس الوثيرة.

جدول 63: توقعات تطورخط الساحل بمنطقة الدراسة

		معدل التطورب (m/an) خلال الفترة 2002-2017	اتجاه حركية خط الساحل ب (m/an) خلال:	
			15 سنة	30سنة
المجال 1	التعرية	-1,9	-19 m	-38 m
	التراكم	1,3	13 m	26 m
المجال 3	التعرية	-1,36	-13,6 m	-27,2 m
	التراكم	1,13	11,3 m	22,6 m
المجال 5	التعرية	-1,25	-12,5 m	-25 m
	التراكم	1,04	10,4 m	20,8 m

المصدر: عبدالرحيم مقطيط

أضحى ظهير الميناء المتوسطي كغيره من السواحل، يعرف بقوة الضغط والاستغلال البشري نظرا لما يمنح ساحله من فرص لتطوير اقتصاد العنصر البشري حيث يوفر بيئة اقتصادية يمكن استغلالها لتحسين الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية للسكان، إلا أن هذا ينبغي أن يرافقه حسن تدبير للمجال وتنمية مستدامة تراعى فيها الحفاظ على النظام الساحلي الذي يبدو مهددا من خلال الدراسة التوقعية المستقبلية التي بينت نتائجها (جدول63) تراجعا لليابسة قد يصل في بعض النطاقات إلى حوالي 38 متر خلال الثلاثين سنة القادمة، الشيء الذي قد يهدد استقرار السكان ويعرض ممتلكاتهم للخطر.

خلاصة الفصل:

تتدخل العديد من العوامل في تغير خط الساحل، حيث تساهم كل واحدة بنسبة معينة، ولعل إنشاء مجموعة من الموانئ في منطقة الدراسة ساهم بشكل كبير في تغيره وذلك بوضع حواجز لحماية الموانئ وتغيير العمق البحري عن طريق حفر القنوات لمرور السفن وتوقفها داخل الموانئ.

كما أن إضعاف أو تغيير اتجاه التيارات البحرية للأسباب السالفة الذكر سمح بتكاثر الرواسب في بعض المناطق كما هو الحال بالقرب من الميناء المتوسطي 2.

لقد ساهم بناء سد الرمل بعالية الميناء المتوسطي1 من حجز ومنع وصول الرواسب إلى الشاطئ، كما كان لتغيير مصب واد غلالة تحسبا من وقوع فيضانات أو طرح رواسب بالقرب من الميناء المتوسطي 2 أثر على الدينامية الساحلية وعلى سلوك التعرية والتراكم بساحل المنطقة، فقد أكدت الدراسة التي قامت بها GTEC سنة 2006 أن هناك جيوبا من الرواسب قادمة عبر هذا الواد تصب في الشاطئ، حيث يطرح مشكل الترسيب في حوض التغذية؛ لهذا لجأ المسؤولون عن تهيئة هذا المجال إلى تحويل مصبه خارج الميناء،إلا أنه عاد من جديد لطرح رواسبه بالجزء الغربي للميناء المتوسطي1 وساهم إلى حد كبير في تغيير مورفولوجيا الشاطئ المجاور.

يبدو من خلال نتائج الدراسة أن ساحل منطقة الدراسة هش ويمثل مجالا غير مستقر إلى حد ما، حيث تتناوب عمليتا التعرية والتراكم، وقد ساهم الضغط البشري على الساحل في رفع مؤشر الخطر وتعريض مورفلوجيته إلى تغير دائم، فالدراسة التنبؤية تعطي فكرة لما سيؤول إليه الساحل في المستقبل، بناء على المعطيات السابقة وفي ظل نفس الظروف التي ساهمت في نشأتها،

إن مثل هذه الدراسة من شأنها أن تسهم في مساعدة المتدخلين والمسؤولين على اتخاذ القرار المتعلق بتهيئة المجال هدفا في المحافظة على شواطئ سليمة بعيدا عن ميكانزيمات التعرية والتراكم.

خلاصة الجزء:

تعد الدراسة الواردة في هذا الجزء أسلوبا خرائطيا تطبيقيا حول كيفية الاستفادة من التقنيات الحديثة ومختلف طرق ووسائل جمع المعلومات من خلال الصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية والمعاينة الميدانية ونظام تحديد المواقع العالمي، وذلك من أجل دراسة وتتبع الديناميات المجالية بظهير الميناء المتوسطي، كما تم الاعتماد على استمارات ميدانية لتشخيص أوضاع الساكنة اتجاه التطور المتسارع للمنطقة.

لقد استطعنا من خلال هذا الجزء رصد التطور المجالي لظهير الميناء المتوسطي على فترات متباينة، حيث اعتمدنا في هذه الدراسة على صور الأقمار الاصطناعية لتتبع أهم التغيرات المجالية وحساب مساحتها، وكذا دراسة تطور خط الساحل الذي حددنا من خلالها نطاقات التعرية أو التراكم.

لقد خصص للعمل الميداني استمارات، تعرفنا من خلالها أحوال الساكنة ومدى تضررهم من أوضاع المنطقة، وميزنا بين ظروف ساكنة سافلة المنطقة وعاليتها، كما مكننا العمل الميداني أيضا من الكشف عن مجموعة من الظواهر كالترحيل المستمر للساكنة المجاورة للموانئ، حيث قمنا بتحديد مجالاتها وحساب مساحتها انطلاقا من صور الأقمار الاصطناعية، رغم أننا لم نصل إلى معرفة عدد الأسر التي تم ترحيلها بشكل مضبوط.

خاتمة عامة

خاتمة عامة

قد تم الاعتماد في هذه الأطروحة على مجموعة من المقاربات الجيوماتية الحديثة لجرد المتغيرات والعوامل المتحكمة في المخاطر الطبيعية وكذا لتنضيد خرائط المتغيرات بالاعتماد على نماذج متطورة لتقييم جل الأخطار الطبيعية والديناميات السطحية بظهير الميناء المتوسطي، كما كان لتوظيف الصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية لاندسات وجوجل ارث وتقنيات الاستشعار عن بعد دورا هاما في إنجاز خرائط استعمالات التربة وتتبع مجموعة من الظواهر مجاليا وزمانيا كالتحولات المجالية بين 2003 و2014 وتطور خط الساحل بين 1984 و2017 وتطور الحركات الكتلية بين 2009 و2017، هذا فضلا عن اعتماد مجموعة من الأدوات المنهجية المتمثلة في نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الذي مكننا من توطين الحركات الكتلية وحساب مساحتها، وقد تم استخدام برنامج statistica الذي ساعدنا في معالجة وحساب مجموعة من التطبيقات الرياضية الخاصة بالحركات الكتلية، كما كان للعمل الميداني الفضل في معرفة العديد من المعطيات المتعلقة بالساكنة وديناميتها.

اعتمد هذا البحث كذلك على مجموعة من المقاربات والنماذج التي ساهمت في تقييم الظواهر الطبيعية، حيث اعتمدنا في دراسة التعرية المائية على أنموذج PAP/CAR، ولدراسة حرائق الغابات تم الاعتماد على أنموذج دكورن ودوتش، أما بالنسبة للحركات الكتلية فقد تم تبني مقاربة القيم المعلوماتية (VI) ، فيما قمنا بدراسة تطور خط الساحل باستخدام تطبيق DSAS .

يتشكل ظهير الميناء المتوسطي من طبوغرافية غير متجانسة تتمثل في وجود مجموعة من الأشكال التضاريسية المختلفة، حيث يصل أعلى ارتفاع 670 متر في الجنوب الشرقي بجبل عين الحمام، بينما تسجل أدنى الارتفاعات بالقرب من مصبات الأودية بالسهول الفيضية والساحلية، وقد أبرزت دراسة الانحدارات تباينا في توزيعها، إذ تتركز الانحدارات المتوسطة والضعيفة بالقرب من السهول الساحلية والفيضية بينما تسود القوية والقوية جدا بالجنوب الشرقي والجنوب الغربي، وقد كان لهذا التباين والتنوع التضاريسي دورا مهما في توجيه الديناميات السفحية ومورفوديناميةالأودية.

يرتبط التطور البنيوي بظهير الميناء المتوسطي بالتطور الجيوديناميي العام للسلاسل الآلبية لحوض البحر الأبيض المتوسط الغربي، التي تميزت ببنيات معقدة مكونة من مواد نقيلة متطبقة في عدة وحدات زاحفة تحيط بميدان الريف الداخلي، حيث تشكل مجالا زاحفا فوق النطاقات الخارجية، وتتكون سحناتها أساسا من أراضي تنتمي إلى الكريتاسي وإلى الزمن الثالث، فقد حدد هذا التشكل والتطور العام المعالم الحالية للبنية والتضاريس بمجال الدراسة.

كما أوضح التحليل المناخي أن كمية التساقطات وحدتها وفترة هطولها تشكل العنصر الأساسي في حركية السفوح وظهور مختلف أشكال الديناميات وتطورها، فنظام التساقطات بظهير الميناء المتوسطي يتميز بعدم الانتظام على المستوى السنوي والشهري واليومي، حيث أبرزت دراسة متوسطات التساقطات توالي فترات رطبة وفترات جافة تتخللها بعض السنوات الاستثنائية التي تتركز فيها كميات التساقطات خلال مدد قصيرة (1200 ملم خلال ثلاثة أشهر بمحطة طنجة المتوسط سنة 2010)، وقد أثرت هذه الفترات الاستثنائية على النشاط المورفوديناميي، وساهمت في إتلاف التكوينات السطحية وظهور العديد من الحركات الكتلية، فيما أبرزت دراسة التوزيع الفصلي للتساقطات تسجيل أعلى معدلات التساقطات بفصلي الخريف والشتاء، وبينت ذات الدراسة أن التساقطات الخريفية الوابلية تتزامن مع غياب الغطاء النباتي الواقي للتربة وظهور شقوق التيبس خلال الجفاف الصيفي مما يجعلها تساهم بشكل فعال في نشاط السيلان والتخديد، أما التساقطات المنتظمة والضعيفة والمسترسلة على مدة زمنية طويلة، فتعمل على إشباع المستويات العليا من الفسحات والتكوينات السطحية مما يزيد من مطاطيتها، وتصبح مؤهلة بذلك لانطلاق آليات التعرية المرتبطة بالحركات الكتلية.

وقد أبرز تحليل فئات التساقطات اليومية لأكثر من 30 ملم عن تركزها في أربعة أشهر انطلاقا من شهر أكتوبر وهي توافق بذلك فترة حرجة يغيب فيها الغطاء النباتي فوق السفوح التي تصبح أتربتها مفككة بفعل الجفاف الصيفي، الشيء الذي يعجل بظهور السيلان المنتشر والمركز. أما التساقطات العاصفية

التي تعرفها المنطقة خلال الفترات المطيرة فتحدث فيضانات فجائية تعمل على نقل كميات هائلة من الرواسب التي تتراكم على الساحل بالقرب من الموانئ المتوسطية.

بالإضافة إلى العوامل الطبيعية المتمثلة في المناخ والتضاريس وطبيعة الركيزة الصخرية لظهير الميناء المتوسطي، يبقى العنصر البشري أحد العوامل المحددة للديناميات المجالية من خلال الأنشطة التي يقوم بها؛ ويتجلى ذلك في الضغط على المجال بالاستغلال المفرط للموارد الطبيعية، مما يؤدي إلى إفقار التربة وتراجع الانتاجية الفلاحية، كما أن سلسلة المشاريع التنموية بمجال الدراسة وما رافقها من بنيات تحتية، ساهم إلى حد كبير في تسريع تحريك السفوح وأدى إلى اختفاء العديد من الشواطئ السياحية.

لقد أدت كل هذه الظروف إلى ظهور ديناميات مجالية وسكانية متباينة ساهمت إلى حد كبير في ظهور العديد من المخاطر الطبيعية التي تمت ملاحظتها في الميدان أو من خلال صور الأقمار الاصطناعية، إذ كشفت دراسة تصنيف الأوساط الطبيعية حسب التعرية المائية التي تمت معالجتها بأنموذج PAP/CAR وجود نطاقات ذات تعرية قوية وقوية جدا بنسبة تقدر ب 41% من مجال الدراسة، وهي توافق نطاقات انتشار أشكال التعرية المتمثلة في السيلان المنتشر والأساحل، فيما خلصت المقاربة الوصفية للأنموذج إلى وجود عشرة أنواع من أشكال التعرية، أهمها التعرية الغشائية التي تمثل 95% من حيز الدراسة.

عملنا كذلك على جرد وتقييم الحركات الكتلية بمقاربة القيم المعلوماتية (VI) حيث صنفنا الأوساط الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي إلى فئات حسب درجة قابليتها للحركات الكتلية، وقد بينت النتائج وجود 23% من النطاقات ذات القابلية القوية جدا و31% بقابلية قوية، فيما بلغت نسبة الأوساط ذات القابلية الضعيفة والضعيفة جدا للحركات الكتلية حوالي 46% من منطقة الدراسة، ومن أجل ربط العلاقة بين دراسة قابلية السطح للحركات الكتلية ومدى تضرر المجال من هذه الظاهرة، تمت دراسة الهشاشة المجالية بالاعتماد على مؤشرات مرتبطة بتدهور البنيات التحتية وبالضغط البشري الممارس

على الوسط الطبيعي، وخلص العمل بتنضيد جميع الخرائط للحصول على خريطة المؤشر العام لخطر الحركات الكتلية التي مكنتنا من تحديد النطاقات التي تستدعي التدخل العاجل لحمايتها وتجنب استغلالها في إنجاز المشاريع التنموية.

ونظرا لأهمية دراسة الحركات الكتلية لاعتبارها أحد المخاطر المهددة لاستقرار الساكنة والمجال على السواء، تم التطرق لدراسة أحد أخطر الانزلاقات الدورانية بعالية واد غلالة الذي تتجلى خطورته في موقعه على مشارف أحد الدواوير الكبرى بالمنطقة (دوار المنصورة)، وقد تم تتبع هذا الانزلاق بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية ليتم ربط تطوره بعد ذلك بالظروف العامة للمنطقة.

ونظرا لتزايد ظاهرة حرائق الغابات بمنطقة الدراسة بشكل ملحوظ، حيث انتقل عددها من ستة حرائق سنة 2013 إلى عشرة حرائق خلال سنة 2015، قمنا في هذه الأطروحة بدراسة حول حرائق الغابات معتمدين على أنموذج داكورن ودوتش، الذي مكننا من تصنيف الأوساط الطبيعية لظهير الميناء المتوسطي حسب قابلية تشكيلاتها الغابوية لحرائق الغابات بالاعتماد على عدة متغيرات طبيعية كالانحدار وتوجيه السفوح وطبيعة الغطاء النباتي وغيرها، بالإضافة إلى متغيرات أخرى مرتبطة باستقرار الساكنة أو بشق الطرق وسط الغابات، وهكذا بينت النتائج وجود 49% من مجال الدراسة المهدد بخطر قوي جدا لحرائق الغابات نظرا لطبيعة الغطاء النباتي بهذه النطاقات وإلى التواجد السكاني الكبير كذلك، كما أن تنزيل نقط حرائق الغابات[1] على خريطة قابلية السطح للحرائق، أكد على جودة نتائج خريطة مؤشر الخطر من جهة وكشف من جهة أخرى على ارتباط الحرائق بالتدخل البشري في المنطقة.

وخلال الجزء الأخير من هذا العمل، قدمنا دراسة همت التحولات المجالية والسكانية بظهير الميناء المتوسطي معتمدين على صور الأقمار الاصطناعية التي مكنتنا من تحديد أهم التغيرات المجالية بين فترتين متباينتين (فترة ما قبل بناء الموانئ المتوسطية وفترة ما بعد بناء هذه الموانئ)، حيث أبرزت الدراسة تغيرات كبيرة أهمها : تزايد عدد الطرق والمقالع وتراجع المساحات الزراعية والغابوية، وبينت

[1] تم استخدام نقط الحرائق المسجلة من لدن مديرية المياه والغابات بطنجة.

كذلك تراجعا للمساحات السكنية المجاورة للموانئ، وقد اختتم هذا العمل الخرائطي بعمل ميداني اعتمدنا فيه على استمارات ميدانية للوقوف على انطباعات الساكنة اتجاه التحول العام للمنطقة وكذا معرفة مدى استفادة أو تضرر الساكنة من هذه التحولات. وقد أفرز العمل الميداني بظهير الميناء المتوسطي وجود نتائج متباينة بخصوص الساكنة؛ فبينما تعاني ساكنة الجنوب تزايد المقالع وتدهور الطرق وقلة فرص العمل، صرحت ساكنة الشمال (المجال الساحلي) بانتعاش تجارتهم وزيادة دخلهم، رغم ما يعانيه بعضهم من تكرار ترحيلهم كلما تمت توسعة المجالات اللوجيستيكية للموانئ.

ومن بين التحولات المجالية التي تم ملاحظتها أيضا وكان لها أثرا على الساكنة، نجد التطور الذي عرفه خط الساحل، حيث تبين من خلال صور الأقمار الاصطناعية اختفاء العديد من الشواطئ السياحية وظهور أخرى بمصبات الأودية خاصة، كما تبين كذلك تناوب كل من عمليتي التعرية والتراكم اللتان أثرتا على مرفلوجية الساحل وعلى موانئ المنطقة؛ لهذا انصبت دراستنا على تقييم تطور خط الساحل بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية التي تم دمجها في تطبيق DSAS لتحديد نطاقات التراكم أو التعرية، وقد أبرزت نتائج هذه الدراسة التي همت فترتين[1]، أن تطور خط الساحل قد انتقل من سلوكه الطبيعي الذي تميز فيه بتقدم اليابسة على حساب البحر إلى سلوك مخالف تميز بتراجع لليابسة، حيث ارتبط ذلك بالتدخل البشري في المجال عن طريق وضع حواجز لحماية الموانئ وتغيير مصب واد غلالة وحجز الرواسب في العالية ببناء سد الرمل.

يبدو من خلال هذه الدراسة أن ساحل المنطقة وسط هش ومجال غير مستقر حيث جعلت عمليات التعرية والتراكم مرفلوجيته في تغير مستمر، هذا فضلا عن التدخل البشري المتواصل الذي يرفع من مؤشر الخطر. ونظرا لكون هذه الدراسة ذات طابع إحصائي؛ فقد مكنتنا نتائجها من القيام بدراسة تنبؤية لما سيؤول إليه خط الساحل في غضون 15 سنة و30 سنة، حيث تم التنبؤ بالمجالات المتوقع معاناتها مستقبلا من ظاهرة التعرية وكذا النطاقات التي قد يزداد حجمها عن طريق ظاهرة التراكم.

[1] امتدت الفترة الأولى بين 1984 و2002 وهي فترة ما قبل بناء الموانئ أما الثانية فامتدت بين 2002 و2017 (بعد بناء الموانئ).

خاتمة عامة

إن طبيعة الظواهر المتجددة بمجال الدراسة تستلزم بموازاة ذلك دراسات مواكبة، فقد تم تسجيل وملاحظة ظواهر تتطلب زمنا طويلا لمعالجتها ولم نتمكن من خلال زمن هذه الأطروحة من مقاربتها نذكر منها مثلا دراسة تغير النمط الاقتصادي للساكنة، الذي كان يعتمد على الصيد البحري وتهريب السلع وتنظيم رحلات للهجرة السرية وتحول إلى نمط يعتمد على السياحة والتجارة والخدمات، ونذكر كذلك تزايد هجرة الساكنة إلى المدن المجاورة والتدفق المتزايد على الساحل نظرا لما يوفره من فرص للعمل ثم التوسع العمراني للحواضر القريبة من الموانئ وتزايد عدد الفنادق والمركبات السياحية بها، كما تم تسجيل تزايد عدد المهاجرين السريين بالمنطقة وظهور أشكال جديدة للخدمات (كبيع تذاكر السفر ووكالات الصرف وتحويل الأموال...).

وفي الأخير، نشير إلى أن مثل هذا البحث من شأنه أن ينوه بالدور الإيجابي والمكانة الاقتصادية التي تلعبها الموانئ المتوسطية، وإلى حجم الاستثمارات والتبادلات التجارية العالمية التي تحققها، لتحرز مكانة جغرافية متميزة من جهة، ومن ناحية أخرى تبقى نتائج هذا العمل وثيقة يمكن تبنيها واستثمارها من طرف الجهات المعنية في تهيئة المجال.

كما يعد هذا العمل لحظة للفت انتباه الجهات المسؤولة لما تعانيه ساكنة جنوب المنطقة من تهميش وتدهور الطرق وقلة فرص العمل حتى لا ينحصر الاهتمام فقط بالموانئ وما يحيط بها هادفين مقاربة شمولية تتساوى فيها العالية بالسافلة.

لائحة المراجع

AAFI A. (2007) : Floristic diversity of Morocco's fir Ecosystem (Abies maroccana Trab.) in the Talassemtane National Park. Wildlife & Nature, FAO, Regional Office for Africa. Vol. 16 n°1, pp 15-23.

AIT BRAHIM L. (1983) : Etude de la déformation du néogène à l'Actuel sur la bordure Sud-rifain dans le contexte du rapprochement des plaques Afrique-Europe. Thèse de 3ème cycle, Université Mohammed V, Rabat, Maroc, 178 p.

AIT BRAHIM L. (1991) : Tectoniques cassantes et états de contraintes récentes du Maroc Nord. Résultats de la cinématique des plaques Afrique-Europe et du Bloc d'Alboran. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohammed V, Rabat, p. 233.

ALEXANDRIAN D. (2008) : Amélioration du modèle des cartes statiques, fonctionnement et hébergement de l'application pour les cartes dynamiques. Convention « FAO/UTF/MOR/028/ MOR Appui à la mise en œuvre du programme forestier national » ; FAO, Rome. Rapport, 47p.

ANAS E. & HAKDAOUI M. (2003) : Suivi par télédétection de l'évolution spatio-temporelle de la frange littorale au nord-est de Tétouan. TS7 Coastal Zone Management. 2nd FIG Regional Conference. Marrakech, Marocco,

ANDRE F. (2014): Large deep-seated landslides in the northern Rif Mountains (Northern Morocco): inventory and analysis. Thèse de doctorat, 172p

ANDRIEUX J. (1971) : La structure du Rif central. Etude des relations entre la tectonique de compression et les nappes de glissement dans un tronçon de la chaine alpine. Notes ser. Géol. Maroc, n° 235, 155p.

ASEBRY L. (1984) : Etude géologique de la zone sud rifaine : nouvelle interprétation paléogéographique et structurale du Rif externe : exemple du moyen Ouerrgha. Th. 3°cycle, Faculté des Sciences, 184p.

ASEBRY L., DE LUCA P., BOURGOIS J. & CHOTIN P. (1987): sédimentations d'âge Sénonien dans le rif central (Maroc) : Conséquence sur les divisions paléogéographiques et structurale de la chaîne, J. Africain Earth. Sci., 6, 9-17.

ASTM. (2008) **:** Schéma d'aménagement de la zone spéciale de développement – Agence Spéciale Tanger Méditerranée – Mai 2008.

AVERNARD J.M. (1965): L'érosion actuelle dans le bassin de Sebou. INRA. Rabat, rap. Ronéo, 114p.

BARBERO M. & TATONI T. (1990) : Approche écologique des incendies en forêts méditerranéennes. Ecologia Mediterranea XII (3/4). Pp 78-99.

BAYO I. (2016) : Que fait le Maroc pour lutter contre les feux de forêts ? Article, Revue electronic The Huffington post Maroc.

BELHADJ-AISSA M., BELHADJ-AISSA A. & SMARA Y. (2003) **:** Application du SIG et de la Télédétection dans la gestion des feux en Algérie. 2nd FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco, décembre 2-5, 16 p.

BENABID A. (2007) : Description de la composition et de la structure des types de combustibles. Convention FAO/UTF/MOR/028/MOR, Appui à la mise en œuvre du programme forestier national FAO, Rome. Rapport, 48 p.

BIJKER E. W. (1967): Some considerations about scales for coastal models with movable bed. Disponible à l'adresse: https://www.researchgate.net/publication/27353188_Some_considerations_about_scales_for_coastal_models_with_movable_bed

BLONG R. (2003): A new damage index. Natural Hazards. Kluwer Academic Publishers, 2003, Vol. 30, pp. 1-23.

BOUGHABA A. (1992) **:** les littoraux meubles septentrionaux de la Péninsule de Tanger (Maroc). Géomorphologie et effet de l´Intervention anthropique sur leur environnement. Thèse de doctorat. Université de Nantes. Faculté des Lettres. Institut de géographie et d´aménagement régional.

BOUILLIN J.P., DURAND-DELGA M., GELARD J.P., LEIKINE M., RAOULT J.F., RAYMOND D., TEFIANI M. & VILA J.M. (1970) : Définition d'un flysch Massylien et d'un flysch Maurétanien au sein des flyschs allochtones de l'Algérie. C. R. Acad. Sci. Paris., 270, 2249-2252

BRUNSDEN D. (1984): Mudslides. In « slope Instability » D Brunsden & D.B. prior (éds) Chichester, P. 363-417.

CAHIER FAO CONSERVATION 36. (2001) : Protection des forêts contre les incendies, fiche technique pour les payes du bassin méditerranéen, Ed Colin P-Y. 360 p.

CAMIA A., GUGLIELMET E., BOVIO G., DESHAYES M., LAMPIN C., SALAS J., MARTINEZ J., MOLINA D., CARREGA P., FOX D., BEROLO W., SABATE S., VAYREDA J., MARTIN P., MARTINEZ J., CONESE C., BONORA L., KARTERIS M., MALLINIS G., SERGIOPOULOS I. & GITAS I. (2004): Euro Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a "wall-less" Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region. Wildland Fire Danger and Hazards: a State of the Art. Deliverable D-08-02. 57 p.

CAMPY M. & MACAIRE M. (1989) : Géologie des formations superficielles. Ed. Masson. 424 p.

CARREGA P. & JERONIMO N. (2007) : Risque météorologique d'incendie de forêt et méthodes de spatialisation pour une cartographie a Fine échelle. Actes du XXème colloque international de l'AIC. Tunis septembre 2007.

C.C.T. (1999): Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.), 112 p.

CEMAGREF. (1988): Les bassins versants expérimentaux de Draix. Présentation et synthèse. Division et protection contre les érosions, Grenoble.p

CEMAGREF. (2004) **:** Haute-Corse, Pastoralisme et incendie. Info DFCI, Bulletin du Centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie, 1-8.URL, 52 P.

CEMAGREF. (1990) **:** Protection des forêts contre l'incendie. Guide technique du Forestier Méditerranéen Français. Aix-en-Provence, France, 190 p.

CHAAOUAN J. FALEH A. & LAKHOUAJA H. (2011): Remote sensing and diachronic analysis of the dynamics of vegetation cover in the Middle Atlas (Forest of Ain Kahla) Journal of Mater Environment Science N°2, pp.455-462.

CHALOUAN A. (1986) : Les nappes Ghomarides (Rif septentrional, Maroc), un terrain varisque dans la chaîne alpine. Thèse d'Etat, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, n° 1636, 317 p.

CHALOUAN A., EL MRIHI A., EL KADIRI K.H., BAHMAD A., SALHI F. & HLILA R. (2006) : **«** Mauretanian flysch nappe in the north western Rif Cordillera (Morocco): deformation chronology and evidence for a complex nappe emplacement », in G. Moratti & A. Chalouan (Eds), Tectonics of the Western Mediterranean and North Africa, Geological Society, London, Special Publications, vol. 262, pp. 161-175.

CHATELAIN J. L., YEPES H., GUILLIER B., FERNANDEZ J., VALVERDE J., KANEKO F., SOURIS M., DUPERIERE HOEFER G., YAMADA T., BUSTAMANTE G., TUCKER B. & VILLACIS C. (1994) : « Les scénarios sismiques comme outils d'aide à la décision pour la réduction des risques : Projet Pilote à Quito, Équateur, Revue de Géographie Alpine, Tome LXXXII, n° 4, pp. 131-150.

CHERKAOUI T.E. (1988) : Fichier des séismes du Maroc et des régions limitrophes : 1901-1984. Travaux de l'Institut Scientifique de Rabat ; Série géologie et géographie physique, n° 17, 158 p., carte h.t.

CHUNG CF & FABBRI A. (2003): Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazerd Mapping. Natural Hazards.2003, vol 30; 3, pp .451-472.

CHUVIECO E., SALAS F.J., CARVACHO L. & RODRIGUEZ S. F. (1999): Integrated Fire Risk Mapping. In E. Chuvieco (ed.) Remote Sensing of Large Wildfire in the European Mediterranean Basin. Berlin. Springer-Verlag, pp 61-84.

CHUVIECO E., ALLGÖWER B. & SALAS J. (2003): Integration of physical and human factors in fire danger assessment. In Chuvieco, E. (ed.) Wild landfire danger estimation and mapping. The role of remote sensing data. World Scientific Publishing, Singapore, pp 197-218.

COLIN P. Y & EAVES C. (2001) : Protection des forêts contre les incendies. Ed, FAO, CEMAGRAF. 149 p.

COLIN P.Y., JAPPIOT M., MARIEL A., CABARET C., VEILLON S. & BROCCHIERO F. (2001) : Protection des forêts contre I 'incendie : Fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen, FAO et CEMAGREF, 29p.

COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN. (1997) : La prévention des risques naturels – Rapport d'évaluation. – Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques. - Paris : La Documentation française. – 702 p.

COUSSOT P. (1992) : Rhéologie des boues et laves torrentielles, Étude de dispersions et suspensions concentrées, coll. Études, Montagne n°5, CEMAGREF.

DAGORNE. A. & DUCHE. Y. (1993) : Cartographie du niveau de risque d'incendie : Principes généraux de la télédétection (image spatiale et son contenu), Actes colloques de Monpellier, 13-15 Mars 1990, pp 11-27.

DAGORNE A. & DUCHE Y. (1994) : « Protection des forêts contre l'incendie & Système d'information géographique », Revue forêt méditerranéenne n° 4. Pp 35-43.

DAGORNE A., DUCHE Y., FOUCAULT B., & OTTAVI J.Y. (1995) : De l'affichage du « risque feu de forêts » à la mise en œuvre d'un plan de zones sensibles aux incendies de forêts à Auribeau sur-Siagne (Alpes-Maritimes). De la simulation à la modélisation grâce au système d'information géographique. Forêt Méditerranéenne, XVI, 2 : pp 153-158.

DAL FC., LEE CF. & NGAI YY. (2002): lanslide risk assessment and management, an overview. Engineering Geology, Elsevier, 2002, vol. 64, pp. 65-87.

DARA and the Climate Vulnerable Forum. (2012): Climate vulnerability monitor 2nd Edition. A guide to the cold calculus of a hot planet, 360p.

DEHOUCK A. (2006) : Morphodynamique des plages sableuses de la mer d'Iroise (Finistère). PhD. Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale - Brest. Disponible à l'adresse : dumas.ccsd.cnrs.fr/LETG-GEOMER/tel-00109373.

DIDON J., Durand-Delga M. & Kornprobst J. (1973) : Homologies géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar. Bulletin de la Société Géologique Fr. 7, 77–106.

DPEFLCD. (2013) : Rapport annuel de lutte contre les incendies de forêts, 108 p.

DUPUY J.L. (2000) : Les apports possibles de la physique du feu à la conception et à l'entretien des coupures de combustible, article, revue forêt méditerranéenne t. XXI, n° l, pp 497-509.

DURAND-DELGA M. & MATTAUER G. (1960) : Sur l'origine ultra-rifaine de certaines nappes du Rif septentrional. Comptes Rendus de la Société Géologique Française, n° 2, p. 22-23.

DURAND-DELGA M., HOTTINGER L., MARCAIS J., MATTAUER M., LILLIARD Y. & SUTER G. (1962) : Données actuelles sur la structure du Rif. Mém. h. Ser. Soc. Géol. Fr. (livre mémoire P. FALLOT), T. 1, pp. 399-422.

DURAND-DELGA M. (1963) : Essai sur la structure des domaines émergés autour de la Méditerranée occidentale. Geol. Rundsch., Stuttgart, n° 53, p. 534-535.

EL GHARBAOUI A. ANDRE (1973) : Aspect de la morphologie littorale de la péninsule de Tanger. Revue de géographie du Maroc, n° 23-24.

EL GHARBAOUI A. (1981) : La Terre et l'homme dans la péninsule Tingitane ; étude sur l'homme et le milieu naturel dans le Rif occidental. Trav. Inst. Scient., série géologie et géographie physique, 15, 439p.

EL KHARIM Y. (2002) : Etude des mouvements de versants dans la région de Tétouan (Rif occidental) : Inventaire, analyse et cartographie. Thèse de Doctorat Es-Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc, 250p.

EL MOUTCHOU B. (1995): Dynamique côtière actuelle et évolution morphosédimentaire de la frange littorale méditerranéenne entre M'Diq et Oued Laou (Région de Tétouan, Maroc Nord-occidental). Thèse de 3ème Cycle, Université Mohammed V, Rabat, Maroc, 310p.

EL MOUTCHOU B. (2002): Dynamique côtière et évolution spatio-temporelle de la frange Littorale méditerranéenne entre Fnideq et Martil (Province de Tétouan, Maroc). In Erosion littorale en Méditerranée occidentale, CIESM Workshop Series, Tanger, 18-21 septembre 2002, pp.35-37

EMBERGER L. (1955) : Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Zool., Fac. Sc. Univ. Montpellier, Bot., 7 : pp 3-43.

EZZINE H., BELASRI A. & BOUHALOUA M. (2006) : Mise en place d'une approche méthodologique pour la modélisation et la cartographie de l'aléa lie aux incendies de forêts, GEO OBSERVATEUR, Revue du centre Royal de télédétection spatial Rabat, ISSN 113 - 4410 Maroc N° 15. Pp 52-65.

EZZINE H., BAGHDAD B & ELHBOUSSI H. (2010) : Evaluation de l'occurrence spatiale des incendies de forêts par un modèle probabiliste, cas de la zone de Talassemtane et de Tazaoute. Géo Observateur n° 18, 2010.

FALEH A. (1995) : Aspects de l'érosion et de la dynamique fluviale dans la partie amont de l'oued Sebou (Prérif central). Rev. Fac. Lett. Oujda., 5, 42-55.

FALEH A. SADIKI A., HALOUI B. & AKDIM. B (2002) : Application des analyses minéralogique et géotechniques des argiles dans l'étude des glissements de terrains : exemples du prérif central (Maroc septentrional). Paples de Géografia, universidad de Murcia N° 33 ; PP.115-128 España.

FALEH A. (2003): exploitation des mesures magnétiques dans l'étude de l'état de stabilité des sols: cas des bassins-versants abdelali et markat (prérif-maroc), papeles de geografia issn: 0213-1781, 38; pp. 27-40.

FALEH A., LAKHOUJA H. & SADIKI A. (2012) : SIG, télédétection et évaluation de risque d'incendie de forets : exemple du massif forestier KHEZANA (province de Chefchaouen), papels de geografia, pp 37-56.

FALEH A. MAKTITE A. (2014) : Cartographie des zones vulnérables à l'érosion hydrique à l'aide de la methode PAP/CAR et SIG en amont du barrage Allal Elfassi, Moyen Atlas (Maroc) ; Revue Papeles de Geografia, N° 59-60, Pp 71- 82. Espagne.

FALEH A. (2015) : Les systèmes d'information géographique. Livre, info print, 198 p.

FAO-UNEP-UNESCO. (1980): A provisional methodology for soil degradation assessment. Rome: FAO.

FAO. (2001) : Protection des forêts contre I 'incendie, Fiches techniques pour les pays Du bassin méditerranéen, CEMAGREF Département de Gestion des territoires. Unité de recherche : Agriculture et foret méditerranéennes, 29p.

FLAGEOLLET J.C (1989) : Les mouvements de Terrain et leur prévention. Collection Géographique, Ed. Masson, 224p.

FLETCHER H., ROMINE B.M., GENZ A.S., BARBEE M.M., DYER M., ANDERSON T.R., LIM S.C., VITOUSEK S., BOCHICCHIO C. & RICHMOND B.M. (2011): National assessment of shoreline change: Historical shoreline change in the Hawaiian Islands. U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1051.Disponible à l'adresse: pubs.usgs.gov/of/ 2011/1051.

FLINT J.J. (1973): Experimental Development of head word Growth of channel Net-work, Geo. Sci, Amer, Bull, V. 84. P 1090-1901.

FOFANA O. (2009) : Elaboration d'une carte de Risque de Glissement de terrain de la zone de Kser SGHIR (Rif septentrional, Maroc). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

FOUGHALI A., CHAKIRI S. & BEJJAJI Z. (2011) : Les glissements de terrain et les éboulements dans le Rif occidental (province de Chefchaouen), Maroc. Science Lib Editions Mersenne : Volume 3, N ° 111108, 9 p.

FROGNEUX M. (1980) : La sismicité Marocaine de 1972 à 1978. Etude des paramètres à la source des séismes proches. Thèse de 3ème cycle, Université de Grenoble, France, 120 p.

GAUSSEN H. (1957) : Les cartes de végétation. Trav. Sect. Sci. Tech. Inst. Franç. Pondichéry, 1 : 51-87

GLOBOCEAN (2006) **:** « Climatologie des états de mer, Port de Tanger - Méditerranée », Septembre 2006.

GÜBELI A. (1982): Stratigraphische und sedimentologische unter-suchungen der detritischen unter-Kreide-serien des Zentralen Rif (Marokko). Thèse E.T.H., Zurich

GÜBELI A., HOCHULI P. A. & WILDI W. (1984): Lower Cretaceous turbiditic sediment from the Rif chain (northern Morocco), palynology, stratigraphy setting. Geol. Rundschau 73, 1081–1114.

HAMDACH Y., LAOUANE M. & AMYAY M. (2011) : les incendies de forêt, genèse et impacts sur la végétation dans la forêt de Bab Azhar (moyen Atlas septentrional, Maroc), revue des études appliquées en sciences de la terre, géographie et aménagement, N°7, 2011

HANCHANE M. & JANATI IDRISSI A. (2010) : Elaboration d'un SIG pour la cartographie du risque potentiel de feu de forêts (cas de Oued R'mila – Forêt de Bab Azhar, Taza), Acte de colloque : Taza et son arrière-pays, pp 131-148.

HCEFLCD. (2008) **:** Rapport annuel de lutte contre les incendies de forêts, 82 p.

HCEFLCD. (2011) : Rapport annuel de lutte contre les Incendies de Forêts, 112p.

HIMMELSTOSS E.A. (2009): DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide. In: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — ArcGIS extensions for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *updated for version 4.3. Disponible à l'adresse: woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/version4/images/pdf/DSASv4_3.pdf.

HORTON R.E. (1932): Drainage basin characteristics; EOS Trasn. Amer. Geophys. Union 13, 350-361.

HORTON R.E. (1945): Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Bull. Am. Geol. Soc., Vol 56, Pp. 275-370-286.

HUMBERT M. (1972) : Les mouvements de terrain. Principe de réalisation d'une carte prévisionnelle dans les Alpes. Bull. BRGM, sect. III, 1, 13-28.

HUNGERFORD R.D., HARRINGTON M.G., FRANDSEN W.H., RYAN K.C., & NIEHOFF G.J. (1991): Influence of fire on factors that affect site productivity. In: Harvey, A.E. and Neuenschwander, F.L., Comp. Proceedings-Management and productivity of western- montane forest soils. Ogden, Utah: U.S. Department of agriculture, Forest Service, Inter mountain Research Station. pp 32-50.

HUSSON A. (1985) : Télédétection des incendies de forêts en Corse entre 1973 et 1980. Méditerranée Année 1985 Volume 54 Numéro 1 pp. 53-59.

HUTCHINSON J.N. (1988): General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrology. Proceedings 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 1, 3-35.

IRES. (2013) : Anticipation et gestion des risques d'évènements climatiques extrêmes et de catastrophes naturelles au Maroc. Rapport de synthèse. Pp.4,52

JAMONT J. P. (2014) : Etude des aléas naturels sur le « Sud Vendée et marais Poitevin » - Rapport de phase 2- Caractérisation des aléas de référence. Disponible à l'adresse : www.vendee.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Phase_2.pdf.

JAPPIOT M. (1999) : Evaluation et cartographie du risque d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG : exemple d'un massif forestier du sud de la France, article, Atelier, 27 avril – 1er mai 1999, Tétouan, Maroc, pp 143-148.

JAPPIOT M. (2000) : Evaluation et cartographie du risque d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG. Exemple d'un massif forestier du sud de la France, article, revue forêt méditerranéenne t. XXI, n° l, pp 99-103.

JAPPIOT M., BLANCHI R. & ALEXANDRIAN D. (2000) : Cartographie du risque d'incendie de forêt : besoins, méthodes et données. Essai de normalisation, Actes des Rencontres Euro-méditerranéennes Feux de forêt, Hyères, 11 p.

KARROUK M.S. (1990) : Aperçu sur les mécanismes climatiques rifains. Le Rif, l'espace et l'homme, Revue de la Faculté des Lettres de Tétouan 4 :11-36.

KOMAR P.D. (1998): Beach processes and sedimentation. Oregon State University. Pearson Education. 2nd édition. 544.

KORNPROBST J. (1974) : Contribution à l'étude pétrographique et structurale de la zone interne du Rif (Maroc septentrional).

LAMBERT B. (1999) : Gestion des milieux naturels protégés. Le brûlage : un outil au service des pasteurs et des gestionnaires, Ecobuage et gestion de l'espace. Montagnes Méditerranéennes, CERMOSEM, Université Joseph Fourier, Le Pradel, n° 10, pp. 37–40.

LAKHOUAJA H., FALEH A. & CHAAOUAN J., (2015) : SIG et modélisation des facteurs de risque d'incendie de forêts. Dynamiques territoriales et mutations socio-économiques au Maroc : étude de cas. Publications du laboratoire LEGAC, Faculté des Lettre et des Science Humaines Saïs – Fès, livre pp 46-69.

LAOUINA A.(2006): Le littoral marocain, milieu côtier et marin. Article disponible sur : www.ires.ma/wpcontent/uploads/2017/02/GT8-5.pdf.

LEBLANC D. (1979) : Etudes géologiques dans le Rif externe oriental au nord de Taza. Notes et mém. Du serv. Géol. Maroc, n°281 Rabat, 159p.

LEONE F. (1996) : Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Orléans : BRGM, 1996. Thèse de doctorat.

MAATE A. (1984) : Étude géologique de la couverture mésozoïque et cénozoïque des unités Ghomarides au Nord de Tétouan (Rif interne, Maroc). Thèse de 3ème cycle. Université de Toulouse, France, 161 p.

MAKTITE A., FALEH A. (2017) : Cartographie Des zones à risque d'incendies de forêts à l'aide du SIG Et La Télédétection dans l'arrière-pays du port Tanger Med; European Scientific Journal November 2017 edition Vol.13, No.32, Pp : 205. ISSN: 1857 – 7881

MAATE A. (1996) : Estratigrafia y evoluciôn paleogeogràfica alpina del dominio gomàride (Rif interno, Maruecos). Thèse de doctorat, Université de Granada, Espagne, 397 p.

MARQUAIRE O. (2002): Aléos géomorphologiques (mouvements de terrains) - processus, fonctionnement cartographies. Strasbourg : s.n, 2002.

MAURER G. (1979) : « Les milieux naturels et leur aménagement dans les montagnes humides du domaine rifain et tellien d'Afrique du Nord », Méditerranée, Troisième série, vol. 35, n°1-2, pp.47-56. DOI : 10.3406/medit.1979.1896

MCEDIF. (1984) : Système canadien d'information sur les feux de végétation 4e édition publiée en 1984, p 65.

MICHARD A., CHALOUAN A., MONTIGNY R. & OUAZZANI TOUHAMI M. (1983): Les nappes cristallophylliennes du Rif (Sebtides-Maroc), témoins d'un édifice alpin de type pennique incluant le manteau supérieur, C. R. Acad. Sci. Paris, 296, série II, p. 1337-1340.

MIHOUBI M.K., KETTAB A., KHODJET KESBA O. & DAHMANI H. (2011) : Modélisation numérique de la houle côtière et du transport sédimentaire pour l'étude d'un port de pêche : cas du port de Khemisti. Disponible à l'adresse : www.paralia.fr/cmcm/e02-48 mihoubi.pdf

MOKHTARI D. (2009) : Apport de la télédétection dans l'évaluation de la dégradation des états de surface en milieu salin (Le Bas-Chéliff). Thèse de magister, USTHB Alger, 103 p.

MILLER V.C. (1953): A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Office of Naval Research, Geography Branch, Project no. 389-042, Tech. Report no. 3, Pp. 1-30.

MILLIARD Y. (1959) : Les massifs métamorphiques et ultrabasiques de la zone paléozoïque interne du Rif. Notes et Mémoires du Service Géologique, Maroc, tomme 18, n° 147, p. 125-160.

MISSOUMI A. (2002) : Apport des SIG dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêt, forum européen feux de forêt, 15p.

NONGKYNRIH J.M. & HUSAIN Z. (2011): Morphometric analysis of the Manas river basin usingearth observation data and Geographical Information System. International Journal of Geomatics and Geosciences, Vol 2, N°2,2011

OLIVIER P. (1981): L'accident de Jebha-Chrafate (Rif, Maroc). Rev. Géologie Dyn. Géographie Phys. 23, 97–106.

OLIVIER P. (1984) : Evolution de la limite entre Zones Internes et Zones Externes dans l'Arc de Gibraltar (Maroc Espagne). Université Paul Sabatier, Toulouse.

OYEDOTUN K.O. (2014): Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis. Geomorphological Techniques, Chap. 3, Sec. 2.2 (2014)**,** 12, 2047-0371. Disponible à l'adresse : https://www.geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom_tech_chapters/3.2.2_ShorelineGeometry.pdf

PARETA K. & PARETA U. (2011): Hydromorphogeological study of Karawan watershed using GIS and remote sensing techniques, International Scientific Research Journal, 3(4), Pp. 243-268.

PASKOFF R. (2005) : Les plages vont-elles disparaître, Le Pommier, ISBN : 2746502380.

PATEAU M. (2014) : Dynamiques superficielles et gestion des risques dans le Rif septentrional (Maroc), Thèse de doctorat, université Paris-Diderot.

PIQUE A. (1994) : Géologie du Maroc, les domaines régionaux et leur évolution structurale. Edition Plumag, 284p.

PROPECK-ZIMMERMANN E. (2003) : « l'inscription des risques dans l'Espace : difficultés d'appréhension et de représentation - l'exemple des risques industriels », Les risques, dir. Moriniaux V., Editions du Temps, pp 157-172.

RAMDANI F. (1998): Geodynamic implications of intermediate-depth earth quakes and volcanism in the intraplate Atlas Mountains (Morocco). Physics of The Earth and Planetary Interiors, 108(3): 245-260.

RIGOLOT E. & MORVAN D. (2003) : Evaluation de l'efficacité des coupures de combustible par deux approches : dires d'experts et modélisation. Forêt méditerranéenne XXIV, n°4: pp 403-418

ROMINE B.M. & FLETCHER C.H. (2012): A summary of historical shoreline changes on beaches of Kauai, Oahu, and Maui, Hawaii. Journal of Coastal Research, 29**,** 605-614. Disponible à l'adresse: www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/JCOASTRES-D-11-00202.1.

ROTHERMEL R.C. (1972): A mathematical model for predicting fires pread in wildland fuels. Res. Pap. INT-115 Intermountain Research Station, Forest Service. P 45.

SADIKI A. (2005): Estimation des taux d'érosion et de l'état de dégradation des sols dans le bassin versant de Boussouab, Maroc nord oriental : Application du modèle empirique (USLE), de la technique du radio-isotope 137Cs et de la susceptibilité magnétique. Oujeda: faculté des sciences.

SALMAN A. (2004) : Vivre avec l'érosion côtière en Europe-Espaces et sédiments pour un développement durable. Bilans et recommandations du projet EUROSION. Document traduit de l'anglais. Service contact B4-3301/2001/329175/MAR/B3. Disponible à l'adresse : http://www.eurosion.org/reports-online/part1_fr.pdf

SAUVAGE C.H. (1963) **:** Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc. N°6b. Cartes et Notices. Ins. Sci. Chérifien. Rabat.

SCHUMM S.A. (1956): Evolution of drainage systems and slopes in badlandsat Perth Amboy, New Jersey: Geological Society of America Bulletin, V. 67, p 567– 646

SDAGE RMC. (2005): Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Guide technique n°9. Disponible à l'adresse : www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/sdage-2005-gestion-littoral.pdf.

SETEC. (2004) **:** Liaison autoroutière entre l´autoroute du Nord et le Port de Oued Rmel. Rapport inédit.

SHREVE R.L. (1966): Infinite Topologically Random Channel Network, Publication No. 494. University of California, Los Anglos 90024.

SOGREAH. (1984) : Catalogue sédimentologie des côtes françaises. Volume 2 : Côtes de la Méditerranée, de la frontière espagnole à Sète, de Sète à Marseille, de Marseille à la frontière italienne. Rapport final.

SOGREAH. (1988a) : Défense du littoral oriental du golfe de Giens. Rapport final. Disponible à l'adresse : www.mediafire.com/view/hc3ckn46txdxscl/sogreah_88.pdf.

SOGREAH. (1988b) : Etudes sédimentologies de la rade d'Hyères. Littoral de port Pothuau à la Badine. Rapport final. Disponible à l'adresse : www.mediafire.com/view/8ctv8dd3duwdnlv/sogreah_88_4.pdf.

SOGREAH. (1988c) : Etudes sédimentologiques de la rade d'Hyères. Littoral de port Pothuau au Ruisseau du Pansard. Rapport final. Disponible à l'adresse : www.mediafire.com/view/ae0e67bynd3x94u/sogreah_88_5.pdf.

SOGREAH. (1988d) : Protection du tombolo Ouest. Rapport final. Disponible à l'adresse : www.mediafire.com/view/hfo6e5q8f42mzbc/sogreah_88_2_1a.pdf.

SOGREAH. (2007) **:** Etude de faisabilité et avant projet sommaire (APS) d'un nouveau grand port a l'ouest de Tanger Med. Rapport R2 : Etude d'avant-projet sommaire. N°1 71 2456 – R2 –VERSION FINALE – Août 2007.

SOSSEY A. (2005) : Traitements et Intégration des données satellitaires optiques et Radar dans un SIG en vue de l'élaboration de carte d'aléa lié aux instabilités de terrain dans la péninsule de Tanger (Rif septentrional, Maroc). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohammed V Rabat.

STRAHLER A. N. (1952) : Dynamic basis of Geomorphology ; Bull Geol Soc. Amer. Vol 63-923-938.

STRAHLER A.N. (1958): Dimensional Analysis Applied to Fluvial Eroded Landforms, Geol, Soc. Amer. America, Bull. Vol 69, 279-30

SUTER G. (1962) : Données actuelles sur la structure du Rif. Livre à la mémoire de P. Rallot. T. 1, Soc. Géol. Fr. pp. 399-422

SUTER G. (1980) : Carte géologique de la chaîne rifaine au 1/500 000. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, n° 245a

THIELER N.M., HIMMELSTOSS E.A. & MILLER T. (2005) : Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304. Disponible à l'adresse : woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/version3.

TMSA. (2006) **:** Projet d'extension du complexe portuaire (Tanger MED II), Etude d'impact sur l'environnement.

TMSA. (2007) : Projet intégré Tanger Méditerranée. Mission1 ; Evaluation d'impact environnemental- Rapport de synthèse.

TRABAUD L. (1989) : Les feux de forêt : mécanismes, comportement et environnement - Aubervilliers : France Sélection, 278 p.

VAN HEESWYCK E., SUBLET F. & DEBOUVERIE T. (2012) **:** Mer et littoral : l'érosion côtière. Disponible à l'adresse : http://valentin.bors.free.fr/Mer-et-littoral/G1%20-%20l'%E9rosion%20cotiere.pdf

VAN VAN THAN. (2015) : Modélisation d'érosion côtière : application à la partie Ouest du tombolo de Giens. Thèse de doctorat en mathématique et informatique. Marseille. France.

VAN WAGNER C.E. (1987) : Élaboration et structure de la méthode canadienne de l'Indice Forêt-Météo. Institut forestier national de Petawawa. Forêts Canada. 34 p.

VARNES D. J. (1958): "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special Report 29, pp. 20-47.

WILDI W. (1983) : La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. Revue de Géologie dynamique et Géographie physique, 24: 201-297.

ZEZERE JL., REIS E & OLIVEIRA S (2004): Integration of spatial and temporal data for the definition of chifferent landslide hazard seenarios in the area north of Lisbon (Portugal). Natural hazard and Earth system Sciences. European Géosciences Union, 2004, Vol. 4, pp.133-146

ZEZERE JL., GARCIA RAC & OLIVEIRA SC. (2008): Probabiliste Landslide risk analysis considering direct costs in the area north of libon (Portugal). Geomorphology. Elsevies, 2008, Vol 94, pp 467-495.

المراجع العربية:

أبهرور محمد (2009) :إسهام في التقييم الكمي للتعرية المائية بمقدمة الريف الشرقي (نموذج حوض واد الثلاثاء) . أطروحة لنيل الدكتوراه في الجغرافية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس -فاس، 269 ص.

بوشتى الفلاح (2000): حركات السفوح والمخاطر المرتبطة بها في الريف الأوسط، أطروحة لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية، الرباط 324ص.

جمال شعوان (2014): توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط –حوض أمزاز أنموذجا- أطروحة لنيل الدكتوراه في الجغرافية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، كلية الآداب سايس – فاس.

عاشور محمد محمود (1986): طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، حولية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر، عدد 9، ص 466.

علي فالح (2004): التقييم النوعي والكمي والنمذجة المجالية للتعرية المائية بحوضي أكنول ومركبات (مقدمة الريف الشرقي والأوسط). أطروحة لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافية، جامعة محمد الأول، كلية الآداب وجدة.

علي فالح (2010): التقييم النوعي والكمي لانجراف التربة بالريف الأوسط، حوض أكنول أنموذجا، منشورات جمعية تطاون أسمير تطوان ص66 -67 -183.

علي فالح (2017): التعرية المائية بمقدمة الريف، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس-فاس، الطبعة الأولى، ص24

محمد عبد الله الصالح (1992): بعض طرق قياس المغيرات في أحواض التصريف، بحوث جغرافية، العدد 25، مركز البحوث، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض. ص 75-85.

مديرية إعداد التراب الوطني (2002): تتبع تطور الأراضي الغابوية بواسطة الاستشعار عن البعد ونظام المعلومات الجغرافية. منظمة الأمم المتحدة من أجل التربية والعلوم والثقافة.

معراج نواب مرزا ومحمد سعيد البارودي (2005): السمات المورفلوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي، مجلة جامعة القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، عدد خاص بمناسبة اختيار مكة عاصمة الثقافة الإسلامية. ص 175-264.

نجيم اعلوان (2005): الأوساط الغابوية وشبه الغابوية بالأوساط النوميدية (الريف الأوسط والغربي) البنيات الجغرافية – مقاربة متعددة المتغيرات- دكتوراه الدولة في الجغرافية، كلية الآداب ظهر المهراز فاس.

هند عبد الرحمن المشاط (1995): حوض وادي لية بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه، كلية التربية، جدة، المملكة العربية السعودية. ص 246.

مو اقع على شبكة الأنترنيت:

http://www.brgm.fr/

www.cjonquiere.qc.ca/physique/sitesND/geo2000/cours/chap13/mvt_de%20terrain5.pps

http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00783/index.html?lang=fr

http://www.mce.k12tn.net/science/life_science/bio_change6/landslide_e.jpg

http://www.u-picardie.fr/~beaucham/eadaa/mecasol_fichiers/meca5.gif

http://geoscape.nrcan.gc.ca/calgary/topics/images/slopes_f.gif

http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf http://geomatique-nt.unige.ch/Certificats/martinez_presentation.pdf

http://lasig.epfl.ch/publications/resumes/cb2002b.pdf

http://www.guyane-education.org/webdisciplinaires/svt/ressourceslocales /risquesnaturels/mvt_terrain/

http://www.brgm.fr/brgm/Risques/Antilles/guad/mgcrit.htm

http://www.rouen.cci.fr/industrie/guide_securite/guide_securite2.pdf https://dspace.msh-alpes.prd.fr/bitstream/1801/352/2/RGA_1996-1_03-Leone.pdf http://www.irma-grenoble.com/10veurey/02risques-nat/index.htm

الملحق

❖ **استمارة ميدانية**

معلومات شخصية

اسم الجماعة: .....

اسم الدوار أو المنطقة:.....

معلومات حول المنطقة أو الدوار

❖ **بناء الموانئ والتجمعات السكنية:**

- هل ساهمت الموانئ في الرفع من اقتصاد منطقتكم؟

☐ نعم ☐ لا

- هل وفرت يد عاملة لكم؟

☐ نعم ☐ لا

- هل تضررتم من إنشاء هذه الموانئ؟

☐ نعم ☐ لا

إذا كان الجواب بنعم، ما هو نوع الضرر؟

.....

.....

- هل تأثرت أراضيكم الفلاحية بالمشاريع التي برمجتها الدولة في منطقتكم؟

☐ نعم ☐ لا

- هل تم ترحيلكم أو ترحيل أحد أقاربكم أو معارفكم من منطقة إلى أخرى بسبب هذه المشاريع؟

☐ نعم ☐ لا

إذا كان الجواب بنعم، إلى أين تم الترحيل

.....

.....

- هل تم تعويض المرحلين؟

☐ نعم ☐ لا

❖ **معلومات حول المخاطر الطبيعية:**

- هل تصاب المنطقة بحرائق للغابات؟

☐ نعم ☐ لا

إذا كان الجواب بنعم، هل المشاريع المنجزة بالمنطقة لها ارتباط بهذه الحرائق؟

☐ نعم ☐ لا

- من أين يتم استخراج الرمال المستخدمة في البناء؟

.....

- هل تسبب لكم المقالع أضرارا؟

☐ نعم ☐ لا

ما هو نوع الضرر؟ .....

- هل تلبي هذه المقالع حاجيات المنطقة من مواد البناء؟

☐ نعم ☐ لا

- هل أصبح مجال سكناكم أحسن مما كان عليه قبل بناء الموانئ؟

☐ نعم ☐ لا

- هل تنوون هجرة المنطقة؟ ☐ نعم ☐ لا

إذا كان الجواب بنعم ماهو السبب؟.....

- هل تتدخل الجهات المسؤولة لإصلاح المجال عند الضرورة: (الطرق، قنوات المياه، انجرافات التربة.....)

☐ نعم ☐ لا

فهرس الصور

الرقم	المحتوى	الصفحة
صورة 1:	صور لإحدى الخرجات الميدانية	23
صورة2:	جبل الحافة بالشمال الشرقي	59
صورة3:	جبل الصنيدق بالجنوب الغربي	59
صورة4:	خندق لطاطحة بين جبل الصنيدق وكدية دردار بالجنوب الغربي	59
صورة 5:	نموذج للجبال المنخفضة على الضفة اليمنى لواد غلالة (جبل دار الخروب)	60
صورة6:	تضاريس تلية بالقرب من سد الرمل	61
صورة7:	جانب من السهل الفيضي لواد القصر الصغير بالقرب من دوار فرسيوة.	62
صورة8:	جانب من السهل الساحلي بالقرب من مصب واد القصر الصغير.	63
صورة9:	تشوهات طفيفة على الطريق المؤدية لتاغرامت. (الطريق رقم: P4703)	131
صورة 10:	صورة لانسياخ وحلي على ضفة سد واد الرمل.	133
صورة11:	إنزلاق دواري بعالية واد غلالة. (صورة من GOOGLE EARTH).	134
صورة 12:	صورة لتساقط جلاميد على حافة الطريق الرابطة بين تاغرامت وأحد المقالع.	136
صورة13:	انزلاق أرضي بعالية واد غلالة.	179
صورة14:	تدفق وحلي بعالية وادغلالة.	179
صورة15:	لسان تدفق الانزلاق الدوراني بعالية واد غلالة.	181
صورة16:	جانب من مقلع انتهى العمل به بالجنوب الشرقي لمجال الدراسة.	245
صورة17:	سيول محملة بمواد كيميائية من مقلع تاغرامت.	246
صورة18:	جانب من الطرق المتدهورة بالقرب من المقالع(جنوب شرق مجال الدراسة).	247
صورة19:	صورة القمر الاصطناعي (ESA) ERS-1 تبين آثار التيارات و المد والجزر على مياه البحر.	256
صورة20:	صورة جوية توضح جزر كاب سيرز.	256

صورة21: جرف صخري مطل على البحر (غرب مدينة القصر الصغير). 277

صورة22: موانئ مجال الدراسة. 279

فهرس الأشكال

الرقم	المحتوى	الصفحة

شكل1: الوضعية الجغرافية لمنطقة الدراسة. 27

شكل 2: خريطة متوسط التساقطات المطرية بمنطقة الدراسة. 31

شكل3: مبيان متوسط التساقطات المطرية بمنطقة الدراسة وهوامشه. 33

شكل4: التطور الزمني للتساقطات المطرية بشمال مجال الدراسة. (محطة الخروب) . 34

شكل5: التطور الزمني للتساقطات المطرية بشمال مجال الدراسة. (محطة عيون الصافية). 35

شكل6: التساقطات اليومية القصوى بمحطة الخروب بين 2008 و2018 . 41

شكل7: التساقطات اليومية القصوى بمحطة عيون الصافية بين 2008 و2018. 42

شكل8: تردد عدد الأيام المطيرة الأكثر من30 ملم. 43

شكل9: متوسط الحرارة الدنيا بمجال الدراسة بين سنة 2008 و2018. 45

شكل10: متوسط الحرارة القصوى بمجال الدراسة بين سنة 2008 و2018. 46

شكل11: موقع منطقة الدراسة على المبيان البيومناخي ل EMBERGER. 47

شكل12: المنحنى المطري الحراري بمحطة الخروب. 49

شكل 13: مدراج مساحة الأصناف الغابوية بمجال الدراسة. 50

شكل 14: توزيع الأصناف الغابوية بمنطقة الدراسة. 51

شكل15: خريطة الارتفاعات التضاريسية بمجال الدراسة. 56

شكل16: خريطة مبسطة لتضاريس ظهير الميناء المتوسطي. 57

شكل17:	مقطع طبوغرافي لنموذج من الجبال المرتفعة بجنوب مجال الدراسة.	59
شكل18:	مقطع طبوغرافي لنموذج من الجبال المنخفضة.	60
شكل19:	مقطع طبوغرافي لنموذج من السهول الفيضية (سهل واد القصر الصغير).	62
شكل20:	مقطع طبوغرافي لجزء من السهل الساحلي.	63
شكل 21:	خريطة أهم الأحواض الهيدرولوجية بمجال الدراسة.	68
شكل 22:	خريطة الشبكة المائية لحوض واد الرمل.	74
شكل 23:	خريطة الشبكة المائية لحوض واد غلالة.	75
شكل 24:	خريطة الشبكة المائية لحوض واد قصر الصغير.	76
شكل25:	المجري المائي الرئيسي (نموذج).	81
شكل26:	خريطة الوحدات البنيوية بالريف.	86
شكل27:	الوحدات البنيوية بمجال الدراسة.	90
شكل28:	الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة الغماري.	92
شكل29:	الأنساق الاستراتيغرافية لوحدتي الظهر الكلسي والحوز.	93
شكل30:	الخريطة الجيولوجية لظهير الميناء المتوسطي.	94
شكل31:	الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة ما قبل الظهر.	95
شكل32:	الأنساق الاستراتيغرافية لميدان الفليش بظهير الميناء المتوسطي.	96
شكل33:	الأنساق الاستراتيغرافية لوحدة طنجة.	97
شكل 34:	خريطة الزلازل بالشمال المغرب بين 1900 و2002.	98
شكل35:	خطاطة أنموذج PAP /CAR.	106
شكل36:	خريطة فئات الانحدار حسب أنموذج PAP/CAR.	108
شكل37:	خريطة التكوينات الصخرية حسب PAP/CAR.	110
شكل38:	خريطة قابلية السطح للتعرية حسب PAP/CAR.	112
شكل39:	خريطة استعمالات التربة بمنطقة الدراسة.	114

شكل40:	تمثيل مختلف كثافات الغطاء النباتي.	115
شكل41:	خريطة كثافة الغطاء النباتي حسب PAP/CAR.	117
شكل42:	خريطة حماية التربة من التعرية حسب PAP/CAR.	119
شكل43:	خريطة مؤشر التعرية المحتملة.	121
شكل44:	خريطة أشكال التعرية بمجال الدراسة.	124
شكل45:	خريطة تو افق أشكال التعرية مع مؤشرات خطر التعرية.	126
شكل 46.:	خطاطة توضح مراحل إنجاز خريطة المؤشر العام للخطر.	140
شكل47:	خريطة توضح مو اقع الحركات الكتلية.	142
شكل 48:	تذكير بخطاطة مراحل إنجاز خريطة المؤشر العام للخطر.	143
شكل 49:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة الانحدار.	145
شكل50:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة توجيه السفوح.	147
شكل 51:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة توجيه السفوح.	149
شكل 52:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة مؤشر الرطوبة. .	151
شكل 53:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة مؤشر الرطوبة.	153
شكل 54:	توزيع نقط الحركات الكتلية على خريطة التكوينات الصخرية.	156
شكل55:	خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية.	159
شكل 56:	منحنى التحقق.	162
شكل 57:	منحنى التوقع 1.	163
شكل58:	منحنى التوقع 2.	164
شكل59:	خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية.	167
شكل60:	خريطة مؤشر الدراسة التشخيصية.	170
شكل 61:	خريطة مؤشر الأضرار الهيكلية.	173
شكل 62:	خريطة هشاشة منطقة الدراسة.	175

شكل 63: خريطة المؤشر العام لخطر الحركات الكتلية بظهير الميناء المتوسطي. 177

شكل64: انزلاق دوراني بعالية واد غلالة. 179

شكل65: وضعية انزلاق واد غلالة جيولوجيا. 183

شكل66: صورة الأقمار الاصطناعية توضح تطور انزلاق عالية واد غلالة. 184

شكل 67: خريطة حرائق الغابات خلال السنوات 2013 و2014 و2015. 195

شكل 68: خطاطة توضح مراحل الأنموذج الكندي. 198

شكل69: خطاطة استخراج المؤشر الطبومرفولوجي (IM). 205

شكل70: الخطاطة المنهجية لخطر حرائق الغابات. 207

شكل71: خريطة فئات الانحدار. 209

شكل72: خريطة توجيه السفوح. 211

شكل73: الخريطة الطبومرفلوجية. 213

شكل74: خريطة مؤشر الطبومرفلوجي. 215

شكل75: خريطة مؤشر قابلية السطح للاحتراق. 218

شكل76: خريطة فئات الخطر المرتبطة بالسكان. 220

شكل77: خريطة فئات الخطر المرتبطة بالشبكة الطرقية. 221

شكل78: خريطة مؤشر خطر الحرائق. 223

شكل79: خريطة تقييم جودة النموذج. 225

شكل80: حالات استعمال الأراضي سنة 2003. 235

شكل 81: حالات استعمال الأراضي سنة 2014 238

شكل 82: رسم بياني لتطور استعمالات التربة 240

شكل 83: خريطة التطور الزمني في استعمالات الأراضي بظهير الميناء المتوسطي وهوامشه بين 2003 و2014. 241

شكل84: آثار استغلال المقالع على الساكنة. 248

شكل85: رسم توضيحي للعناصر الأساسية لحساب DSAS . 263

شكل86: خطاطة منهجية دراسة تغير خط الساحل. 267

شكل87: توزيع العناصر الأساسية لحساب DSAS. 272

شكل88: تغير خط الساحل بين واد أليان ومدينة القصر الصغير خلال الفترة 1984 و2002. 273

شكل89: تغير خط الساحل بين مدينة القصر الصغير وشاطئ الرمل خلال الفترة 1984 و2002. 274

شكل90: تغير خط الساحل خلال الفترة 1984 و2002. 275

شكل91: تغير خط الساحل بين شاطئ الرمل وشاطئ الدالية خلال الفترة 1984 و2002. 276

شكل92: تغير خط الساحل بين شاطئ الدالية وشرق مجال الدراسة خلال الفترة 1984 و2002. 276

شكل93: تغير خط الساحل بين واد أليان ومدينة القصر الصغير خلال الفترة 2002 و2017. 280

شكل94: تغير خط الساحل بين مدينة القصر الصغير والميناء المتوسطي2 خلال الفترة 2002 و2017. 281

شكل95: تغير خط الساحل بين الميناء المتوسطي2 وشرق مجال الدراسة خلال الفترة 2002 و2017. 282

شكل 96: تغير خط الساحل خلال الفترة 2002 و2017. 284

فهرس الجداول

الرقم	المحتوى	الصفحة
جدول1:	موقع وخصائص محطات الرصد الجوي بمنطقة الدراسة وهوامشها.	30
جدول 2 :	التوزيع الفصلي لكميات التساقطات ونسبها بمجال الدراسة وهوامشه.	37
جدول3:	متوسط التساقطات المطرية الشهرية بمجال الدراسة وهوامشه.	39
جدول 4 :	متوسط عدد الأيام المطيرة بمحطات مجال الدراسة بين 2008 و2018.	40
جدول5:	القياسات المساحية للأشكال التضاريسية.	55
جدول 6:	مساحة الأحواض النهرية بمجال الدراسة.	65
جدول 7:	محيط الأحواض النهرية بمجال الدراسة.	66
جدول8:	طول الأحواض النهرية بمجال الدراسة.	66
جدول 9:	عرض الأحواض النهرية بمجال الدراسة.	67
جدول 10:	معامل شكل الأحواض النهرية بمجال الدراسة.	70
جدول 11:	معامل الاستدارة لكل حوض.	71
جدول 12:	معامل الاستطالة لكل حوض.	72
جدول 13:	عدد الرتب في كل حوض بمجال الدراسة.	73
جدول14:	عدد المجاري حسب كل رتبة بالأحواض المائية الثلاث.	77
جدول15:	نسبة التشعب لكل حوض.	79
جدول 16:	كثافة التصريف لكل حوض.	80
جدول 17:	معامل التعرج النهري لأحواض منطقة الدراسة.	81

جدول 18:	المعدلات التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة.	82
جدول 19:	جرد للزلازل الحديثة بمنطقة الدراسة.	99
جدول20:	فئات الصخارة حسب هشاشتها.	109
جدول21:	خوارزمية إنشاء خريطة قابلية السطح للتعرية.	111
جدول22:	فئات نوعية الغطاء النباتي.	113
جدول23:	فئات كثافة الغطاء النباتي.	116
جدول24:	خوارزمية استعمالات التربة وكثافة الغطاء النباتي.	118
جدول25:	خوارزمية قابلية السطح للتعرية وحماية التربة من التعرية.	120
جدول26:	فئات أنواع التعرية بمجال الدراسة.	123
جدول 27:	التسمية حسب حجم الركام .	135
جدول28:	شبكة تصنيف مؤشر الخطر العام لمنطقة الدراسة.	139
جدول29:	إحصاء لعدد الحركات الكتلية في منطقة الدراسة.	141
جدول30:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) حسب الانحدار.	144
جدول31:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لتوجيه السفوح.	146
جدول32:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لشكل الانحدرات.	148
جدول33:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لمؤشر الرطوبة.	150
جدول34:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة لاستعمالات التربة.	152
جدول35:	متوسط القيم المعلوماتية (VI) بالنسبة للتكوينات الصخرية.	155
جدول36:	كيفية حساب الحصيص المتراكم الخاص بمساحة الحركات الكتلية ومساحة فئات.	160
جدول 37:	قيم الاحتمال الزمني حسب العلاقة الرياضية (2).	166
جدول38 :	تصنيف فئات خريطة احتمالية وقوع حركات كتلية.	166
جدول39:	القيم المعلوماتية (VI) لمؤشر عدد السكان حسب الدواوير.	169
جدول40:	مؤشر الخطر حسب مستعملي الطرق.	171

جدول41:	القيم المعلوماتية (VI) لمؤشر الكثافة السكانية.	172
جدول42:	مؤشر الخطر حسب عدد الحركات الكتلية في كل طريق.	172
جدول43:	تصنيف فئات مؤشر الخطر لهشاشة منطقة الدراسة .	174
جدول 44:	شبكة تصنيف مؤشر الخطر العام لمنطقة الدراسة.	176
جدول45:	تغير مساحة الانزلاق بين 2009 و 2018.	185
جدول 46 :	وضعية حرائق الغابات بإقليم طنجة.	193
جدول 47:	المساحات المتضررة حسب الجماعات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015.	194
جدول48:	فئات الانحدار.	208
جدول 49:	فئات توجيه السفوح.	210
جدول50:	فئات الطبومرفلوجية.	212
جدول51:	فئات المؤشر الطبومرفلوجي.	214
جدول 52:	سرعة قابلية أهم أنواع الغطاء النباتي للاحتراق في منطقة الدراسة.	217
جدول53:	فئات مؤشر قابلية الغطاء النباتي للاحتراق.	219
جدول54:	فئات مؤشر التدخل البشري.	219
جدول55:	فئات مؤشر خطر الحرائق.	222
جدول56:	نقط الحرائق خلال سنة 2015.	224
جدول57:	استعمالات الأراضي سنة 2003.	234
جدول58:	استعمالا ت الأراضي سنة 2014.	237
جدول59:	خصائص صور القمر الاصطناعي المستعملة.	268
جدول 60:	مراحل إعداد خطوط الساحل.	269
جدول61:	حصيلة تطور خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال الفترة 1984 و 2002:.	278
جدول62:	حصيلة تطور خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال الفترة 2002 و 2017.	283
جدول 63:	توقعات تطور خط الساحل بمنطقة الدراسة.	286

الفهرس

إهداء 2

شكروتقدير 3

لائحة الاختزالات 5

تقديم عام 6

الجزء الأول: الإشكالية والمقاربات والإطار العام لمجال الدراسة

الفصل الأول: المخاطر الطبيعية بظهير الميناء المتوسطي، الإشكالية والمقاربات 12

1.حصيلة الدراسة حول المخاطر الطبيعية بالمغرب 13

2.دو افع اختيار مجال الدراسة.....15

3.إشكالية البحث 16

4.أهداف الأطروحة.....17

5.منهجية العمل.....19

1.5.دراسة التقييم النوعي للتعرية 19

2.5.دراسة الحركات الكتلية بمقاربة القيم المعلوماتية (VI) 19

3.5.دراسة حر ائق الغابات 20

4.5.دراسة التحولات المجالي و آثارها على الساكنة 20

5.5.دراسة تغير خط الساحل 21

6.5.توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغر افية ونظام تحديد المو اقع العالمي في دراسة الأخطار

الطبيعية.....21

1.6.5.الاستشعار عن بعد.....21

2.6.5.نظم المعلومات الجغرافية 21
3.6.5.نظام تحديد المواقع العالمي 22
6.مفاهيم مرتبطة بالمخاطر الطبيعية 23
1.6. تعريف الخطر الطبيعي 24
2.6. دراسة الخطر الطبيعي 24
3.6. تقييم الظاهرة الطبيعية 25
4.6. تقييم هشاشة المجال 25
7. تقديم مجال الدراسة 26
الفصل الثاني: المعطيات البيو مناخية العامة 28
1 . التساقطات المطرية 29
1.1. التوزيع المجالي للتساقطات المطرية 30
2.1. التذبذب السنوي للتساقطات المطرية 32
1.2.1. محطة الخروب 34
2.2.1. محطة عيون الصافية 35
3.1.النظام الفصلي للتساقطات المطرية 36
4.1.التوزيع الشهري للتساقطات المطرية 38
5.1.التساقطات المطرية اليومية 39
1.5.1. التساقطات المطرية اليومية القصوى بمحطة الخروب 40
2.5.1. التساقطات المطرية اليومية القصوى بمحطة عيون الصافية 41
6.1.حدة التساقطات اليومية 42
2. النظام الحراري 44
1.2.الحرارة الدنيا 44
2.2.الحرارة العليا 45

3. المؤشرات البيومناخية.....46
4. التشكيلات النباتية لمجال الدراسة وتوزيعها وامتدادها.....49
1.4.البلوط الفليني.....52
2.4.الأشجار المخروطية: أشجار الصنوبر.....52
3.4.التشكيلات النباتية القصيرة.....52
1.3.4.تشكيلة الأشب.....52
2.3.4.تشكيلة الغيل.....53
الفصل الثالث: الوحدات التضاريسية والدراسة المورفومترية لظهير الميناء المتوسطي.....54
1. هيمنة المشهد الجبلي على الوحدات التضاريسية الكبرى.....58
1.1.الوحدات الجبلية.....58
1.1.1.الجبال المرتفعة.....58
2.1.1.الجبال المنخفضة.....60
2.1.التضاريس التلية بالأجزاء الشمالية للمنطقة.....61
3.1. السهول الفيضية امتداد مجالي محدود.....62
4.1.السهول الساحلية، امتداد مجالي محدود وكثافة سكانية مهمة.....63
2. دراسة الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية بظهير الميناء المتوسطي.....64
1.2.الخصائص المورفومترية ومتغيراتها بأحواض منطقة الدراسة.....64
1.1.2.الخصائص الشكلية للأحواض المائية.....65
1.1.1.2.مساحة الحوض.....65
2.1.1.2.الأبعاد الحوضية.....65
1.2.1.1.2.محيط الحوض.....65
2.2.1.1.2. طول الحوض.....66
3.2.1.1.2.عرض الحوض.....67

2.1.2.شكل الحوض.....69
1.2.1.2.معامل الشكل 69
2.2.1.2.استدارة الحوض 70
3.2.1.2.نسبة الاستطالة 72
2.2.الخصائص المورفومترية للشبكة المائية 73
1.2.2.رتبة المجاري.....73
2.2.2.عدد المجاري حسب الرتب 77
3.2.2.نسبة تشعب المجاري المائية 78
4.2.2.كثافة التصريف.....79
5.2.2.معامل تعرج النهر 80
6.2.2.التضرس 82
7.2.2.العلاقة المكانية بين الخصائص المورفومترية للأحواض المائية 82
1.7.2.2.المناطق العليا.....83
.2.7.2.2. المناطق السفلى 83
الفصل الرابع: الإطار المورفوبنيوي والجيولوجي لظهير الميناء المتوسطي ووضعية المنطقة من الدراسة الزلزالية.....84
1. وضع منطقة الدراسة داخل البنية العامة لسلسلة جبال الريف 85
1.1.ميدان الريف الداخلي.....85
2.1.ميدان الفليش 87
1.2.1.طيات بريدورساليان.....87
2.2.1.الطية الموريطانية 87
3.2.1.طية ماسيليان 88
4.2.1.الطيات النوميدية 88

3.1.ميدان الريف الخارجي 88
1.3.1. النطاق الضمريفي ZONE INTRA-RIFAINE المكون من وحدتي كتامة وطنجة 88
1.1.3.1. وحدة كتامة 88
2.1.3.1 .وحدة طنجة 88
2.3.1. نطاق الميزوريف 89
3.3.1. مركب مقدمة الريف 89
4.3.1. تكوينات ما بعد الزحف 89
5.3.1. الظهير الريفي 91
4.1.الوحدات البنيوية بظهير الميناء المتوسطي 91
1.4.1.النطاق الداخلي للريف 91
2.4.1.هيمنة للصخور الصلصالية والطينية والحثية بميدان الفليش 93
3.4.1.ميدان الريف الخارجي 96
2. الدراسة الزلزالية لمضيق جبل طارق وهوامشه 97

الجزء الثاني: توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد في نمذجة المخاطر الطبيعية

الفصل الخامس: التقييم النوعي للتعرية المائية من خلال إدماج أنموذج PAP/CAR داخل نظم المعلومات الجغرافية

103 .....
I. تقديم أنموذج PAP/CAR 105
II. تطبيق الأنموذج بظهير الميناء المتوسطي: نتائج واستنتاجات 107
1. المقاربة التنبؤية 107
1.1.خريطة قابلية السطح للتعرية 107
1.1.1.خريطة الانحدار 107

2.1.1.خريطة الصخارة 109

3.1.1.خريطة قابلية السطح للتعرية 111

2.1.خريطة حماية التربة من التعرية 113

1.2.1.خريطة استعمالات التربة 113

2.2.1.خريطة كثافة الغطاء النباتي 115

3.2.1.خريطة حماية التربة من التعرية 118

3.1.خريطة خطر التعرية 120

2. المقاربة الوصفية 123

3. مقاربة الإدماج 125

الفصل السادس: النمذجة المجالية للحركات الكتلية من خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد 128

I. الحركات الكتلية : التعريف ومناهج التقييم 129

1. خصائص وآليات وأشكال التعرية المرتبطة بالحركات الكتلية 130

1.1. حركية الكتل في اتجاه أفقي 131

1.1.1.التشوهات البطيئة للسفوح 131

2.1.1.حركات كتلية مختلفة 132

2.1.حركة الكتل في اتجاه عمودي 134

3.1.حركات مختلفة الاتجاهات: الانهيارات وسقوط الجلاميد 135

2. مناهج تقييم الحركات الكتلية 136

1.2.المقاربة الحتمية 136

2.2.المقاربة الاستكشافية 137

3.2.المقاربة الإحصائية 137

3. أهداف ومراحل المنهجية المعتمدة في الدراسة 137

4 . دراسة الهشاشة المجالية..... 139

5. توظيف نظم المعلومات الجغرافية في النمذجة المجالية للحركات الكتلية 140

II.تطبيق أنموذج تقييم الحركات الكتلية بظهير الميناء المتوسطي: دراسة وتحليل 140

1 . خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية في منطقة الدراسة 141

1.1.جرد الحركات الكتلية 141

2.1. المتغيرات المتحكمة في اندلاع وتطور الحركات الكتلية 143

1.2.1.الانحدار..... 143

2.2.1. توجيه السفوح..... 146

3.2.1. شكل الانحدارات 148

4.2.1. مؤشر الرطوبة (TWI) 150

5.2.1. استعمالات التربة..... 152

6.2.1. التكوينات الصخرية 154

3.1. حساب القيم المعلوماتية (VI) و إنجاز خريطة قابلية السطح للحركات الكتلية 157

4.1. تقييم جودة وفعالية الأنموذج 160

1.4.1. إعداد منحى التحقق 160

2.4.1. إعداد منحنيي التوقع..... 162

1.2.4.1. منحنى التوقع 1..... 163

2.2.4.1. منحنى التوقع 2 164

2. خريطة إحتمالية وقوع حركات كتلية..... 165

3. خريطة هشاشة منطقة الدراسة..... 168

1.3. خريطة الدراسة التشخيصية..... 169

2.3.خريطة الأضرار الهيكلية 171

3.3. إنجاز خريطة الهشاشة المجالية..... 174

4. خريطة مؤشر الخطر 176

III. توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة انزلاق عالية واد غلالة 178

1. الخصائص العامة لانزلاق عالية حوض غلالة 180

1.1. وضعية الانزلاق الأرضي جغرافيا 180

2.1. وضعية الانزلاق الأرضي جيومرفلوجيا 181

3.1. وضعية الانزلاق الأرضي جيولوجيا 182

4.1. توظيف الاستشعار عن بعد في دراسة تطور انزلاق عالية واد الرمل بين (2009و2018) 184

2. الأسباب المحتملة لانطلاق الانزلاق الأرضي 185

1.2. التساقطات المطرية كمحرك أساسي لاندلاع الانزلاق 185

2.2. العوامل الجيولوجية 186

1.2.2. تشكل سفح الانزلاق الأرضي 186

2.2.2. الدينامية النهرية لواد غلالة 186

3.2. التأثيرات البشرية 186

3. مخاطر الانزلاق الأرضي على دينامية واد غلالة 187

الفصل السابع: النمذجة المجالية لحرائق الغابات باستعمال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد 190

I. إشكالية حرائق الغابات بمنطقة الدراسة وأهم مناهج تقييمها. 192

1. وضعية حرائق الغابات بإقليم طنجة خلال سنة 2015 193

2. وضعية حرائق الغابات بمنطقة الدراسة خلال سنة 2015 194

3. أهم مناهج دراسة حرائق الغابات 194

1.3. المقاربة الإحصائية 196

2.3. المقاربة الاستكشافية 196

3.3. طريقة المحاكاة 197

4. النماذج التطبيقية على حرائق الغابات.....197
1.4.الأنموذج الأمريكي 197
2.4.الأنموذج الكندي.....198
3.4.الأنموذج الفرنسي.....198
5. الأنموذج المعتمد في الدراسة 199
6. دورالجيوماتيك في تدبيرمخاطرحرائق الغابات.....200
7. دورالاستشعارعن بعد في دراسة حرائق الغابات.....200
8. دورنظم المعلومات الجغرافية في الدراسة 201
1.8.تكوين قاعدة البيانات.....201
2.8.التحليل المجالي 201
3.8.إنشاء خريطة خطرحرائق الغابات.....201
II. منهجية الدراسة والخرائط التحليلية لظاهرة حرائق الغابات.....202
1. نمذجة خطرالحرائق مجاليا و إنشاء خريطة مؤشرالخطر 202
1.1.مؤشرالغطاء النباتي (IC).....203
2.1. مؤشرالطبومرفولوجي (IM) 204
3.1.مؤشرالتواجد البشري (IM) 205
III. الخريطة الإحصائية لنمذجة خطرالحرائق.....207
1. المؤشرالطبومرفلوجي(IM) 207
1.1.خريطة الانحدار 208
2.1.خريطة توجيه السفوح.....210
3.1.الخريطة الطبومرفلوجية 212
4.1. خريطة المؤشرالطبومرفلوجي.....214
2. مؤشرقابلية الغطاء النباتي للاحتراق (IC).....216

3. مؤشر التدخل البشري (IH) 219

4. خريطة مؤشر خطر الحرائق (IR)..... 222

5. تقييم جودة النموذج 224

الجزء الثالث: دراسة آثار التحولات المجالية على الساكنة والمجال.

الفصل الثامن: توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد في دراسة التحولات المجالية بظهير الميناء المتوسطي

..... 231

I. دراسة التغيرات المجالية 233

1. حالة استعمالات الأراضي سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي..... 234

1.1.استعمالات التربة سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي..... 234

2.1.الشبكة الطرقية سنة 2003 بظهير الميناء المتوسطي..... 236

2. حالة استعمالات الأراضي سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي..... 236

1.2.استعمالات التربة سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي..... 236

2.2.الشبكة الطرقية سنة 2014 بظهير الميناء المتوسطي..... 237

3. التطور الزمني بين 2003 و2014 بظهير الميناء المتوسطي 239

II. دراسة ميدانية لأنشطة السكان 243

1. آثار استغلال المقالع على المجال والساكنة..... 243

1.1.آثار المقالع على المياه الجوفية والمياه السطحية 243

2.1.آثار المقالع على المشهد الطبيعي..... 244

3.1.تأثير المقالع على التربة..... 245

4.1.تأثير المقالع على الساكنة 246

1.4.1.الغازات 246

2.4.1.الغبار 246

3.4.1.الضجيج. 247
2. تأثير المقالع على البيئة السوسيو اقتصادية 247
1.2.بالنسبة للبنية التحتية..... 247
2.2.بالنسبة للأراضي الفلاحية. 248
3.2.بالنسبة للبيئة الاجتماعية..... 249
3. الآثار الصحية على السكان 249
4. الآثار الإيجابية للمقالع على الساكنة 249
الفصل التاسع: توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تغير خط الساحل بهوامش الميناء المتوسطي بطنجة 251
I. ماهية خط الساحل وخصائصه وطرق دراسته 252
1. خط الساحل..... 252
2. دينامية التعرية الساحلية 252
3. آليات وعوامل التعرية الساحلية 254
1.3. العوامل الطبيعية للتعرية الساحلية 254
1.1.3. العوامل المناخية 254
2.1.3. العوامل البحرية 254
1.2.1.3. العباب..... 255
2.2.1.3. التيارات الريحية الساحلية 256
3.2.1.3. العواصف البحرية..... 256
2.3. العوامل الشاطئية..... 257
3.3.العوامل البشرية. 258
1.3.3.مشاريع التهيئة 258
2.3.3.التردد البشري على الشاطئ. 259

II.مناهج تقييم تطورودينامية السواحل 259
1.منهج القياس والتحليل الطبوغرافي والباتيمتري (قياس الأعماق) 260
1.1.المنهج الإحصائي 260
2.1.المنهج الفيزيائي 260
3.1.المنهج الرياضي 261
2.مقاربة نظم المعلومات الجغرافية SIG 262
3.المقاربة المعتمدة في تقييم تطورخط الساحل بظهير الميناء المتوسطي 262
4.توظيف الاستشعارعن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة تطورخط ساحل الميناء المتوسطي 266
III.تطبيق منهج DSAS في تقييم تطورخط الساحل 268
1.إعداد خطوط الساحل 268
2.أخطاء المعطيات في إعداد خطوط الساحل 269
3. الدراسة الإحصائية ب DSAS 270
4. مراحل إنجاز الدراسة الإحصائية 270
1.4.رسم خط القاعدة 270
2.4.إنشاء خطوط تقطيع المجال 271
3.4.تفعيل تطبيق DSAS 271
4.4.الدراسة التوقعية لخط الساحل خلال 10 سنوات القادمة 272
IV. تحليل وتأويل نتائج تطورخط الساحل بين القصر الصغيروشاطئ الدالية 272
1.خط الساحل قبل بناء الموانئ (1984 – 2002) 273
1.1.المجال 1 بين واد أليان ومدينة القصر الصغير 273
2.1. المجال 2: بين مدينة القصر الصغيروشاطئ الرمل 274
3.1. المجال 3 : بين شاطئ الرمل وشاطئ الدالية 274
4.1.المجال 4 : بين شاطئ الدالية وشرق المنطقة 276

2.سرعة تطورخط الساحل (EPR) بين 1984 و 2002 278

3.حركة خط الساحل بين 2002 و 2017 279

1.3.المجال 1 : بين واد أليان ومدينة القصر الصغير 280

2.3.المجال2: ميناء القصر الصغير..... 280

3.3.المجال3: بين مدينة القصر الصغير والميناء المتوسطي 2 281

4.3.المجال4: موقع الموانئ المتوسطية..... 281

5.3.المجال 5: بين الميناء المتوسطي 1 ومنطقة شاطئ الدالية 282

4. سرعة تطورخط الساحل بين 2002 و 2017..... 282

5.التطورات المستقبلية لخط الساحل 285

خاتمة عامة

لائحة المراجع 296

فهرس الصور..... 311

فهرس الأشكال..... 312

فهرس الجداول..... 317