جامعة محمد الأول بوجدة
UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER OUJDA
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
Faculte des Lettres et Sciences Humaines

أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية:
تخصص جغرافيا طبيعية

التعرية المائية والدينامية البيئية

في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي)

مقاربات جيوماتية

إعداد: مواديلي عمر
إشراف: ذ. اسباعي عبد القادر

2022

مواديلي عمر
التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية
2022

التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

ملخص: تعد التعرية المائية من أهم المخاطر الطبيعية التي لها تأثير واضح في السطح وتهدد التوازنات البيئية، لا سيما داخل الأوساط الطبيعية القاحلة وشبه القاحلة، وهي من أهم التحديات التي ترتبط بالأحواض والمجالات الريفية. وتؤدي التعرية المائية إلى كسح التربة ونقل المواد الصلبة نحو الأودية والمنخفضات وإلى حقينة السدود. ويعرف ممر تاوريرت - جرسيف تحولات مجالية مهمة ترتبت عنها تحديات سكّانية، واختلالات بيئية ومجالية غيرت ملامح المشهد الجغرافي، تتجلى في هيمنة أشكال التعرية المائية وتدهور الغطاء النباتي.

من خلال مقاربة التعرية كميا ونوعيا، بينت المعادلة العامة لفقدان التربة (USLE)، أن متوسط التربة المفقودة هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض العابد. كما خلص من خلال نموذج PAP/CAR أن مساحات مهمة سجلت تعرية محتملة قوية. وأظهرت القياسات المباشرة في الميدان باعتماد المقلد المطري من نوع RAMP، أن متوسط الإزالة السطحية بالنسبة لـ 37 مشارة تجريبية، هو 39.18 طن/ه/سنة. كما أبانت أجهزة المسح الطبوغرافي لقياس التعرية الموضعية التي تتميز بها بعض الأماكن دون غيرها، أن متوسط الاقتلاع بثلاثة مواقع فقط هو 1349 طن/ه/سنة.

دراسة السلوك الهيدرولوجي لعدة أنماط استغلال خلص إلى أن هذه السطوح لها معامل جريان مختلف فيما بينها، وهذا الاختلاف يمكن أن يفيد في تهيئة المجال عن طريق توجيه أنماط الاستغلال. وأبانت هذه القياسات أنماط الاستغلال التي يمكن أن ينطلق منها السيلان بشكل مبكر، وبالتالي يمكن توعية الفلاح بالأنماط التي يمكن إتباعها دون غيرها حتى يخفف من خطر التعرية.

كما تم إبراز دور الخصائص الطبيعية والتوزيع المجالي في مظاهر التدهور وفي تنشيط ما تعرفه هذه الأوساط من دينامية بيئية، فالانحدار والتوجيه يؤثران على طبيعة الجريان، والجفاف يساهم في هشاشة الأراضي من خلال عرقلة النمو الطبيعي للنبات، وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة.

أمام تدهور هذا الوسط البيئي، تم رصد العوامل البشرية المنشطة لهذه الدينامية، والتطرق إلى أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد. ومن نتائج ذلك على الأوساط البيئية، أن التطورات التي عرفتها هذه الأنماط لها تأثير وتتحكم في التدهور من خلال تسريع آلياته.

أمام هذه الوضعية التي تعرف هيمنة المجالات المتدهورة والمهددة بخطر التعرية المائية المستمرة، وانطلاقا من النتائج المتوصل إليها، أصبح من الضروري إعادة النظر في أشكال التدخل بهذه الأوساط الهشة والعطوبة، ويجب الحفاظ على هذه الموارد النفيسة التي لا تحافظ عليها الطبيعة عن محض إرادتها إذا لم يكن الإنسان واعيا بمدى هشاشتها، فالطبيعة تخلق هذه التوازنات البيئية، لكن الإنسان يأتي للنقض والإخلال بها.

كلمات المفاتيح: تعرية مائية، دينامية بيئية، مقاربات جيوماتية، ممر تاوريرت – جرسيف، المغرب الشمالي الشرقي.

ISBN 978-9-95-468942-4

جامعة محمد الأول بوجدة
UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER OUJDA
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
Faculte des Lettres et Sciences Humaines

جامعة محمد الأول بوجدة
UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER OUJDA
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵎⵓⵃⴰⵎⵎⴷ ⴰⵎⴻⵡⴰⵍ ⵏ ⵡⵊⴷⴷⴰ

كلية الآداب والعلوم الإنسانية
ⵜⴰⵖⵡⵍⴰⵢⵜ ⵜⵉⵎⵓⵔⴰⵢⵉⵏ ⵜⵉⴷⵍⵉⵙⵉⵏ ⴷ ⵜⵉⵙⵏⴰⵙⵜⵉⵏ
Faculte des Lettres et Sciences Humaines

أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية، تخصص جغرافيا طبيعية

التعرية المائية والدينامية البيئية

في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد

(تاوريرت، المغرب الشرقي)

مقاربات جيوماتية

إعداد: مولديلي عمر

إشراف: ذ. اسباعي عبد القادر

وجدة، يوليوز 2022

رقم: 978-9954-689-42-4

عنوان الكتاب: التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

الكاتب: موادیلي عمر

الناشر: موادیلي عمر

ردمك (**ISBN**): 978-9954-689-42-4

عدد الصفحات: 421

حجم الكتاب: A4 (29,7 × 21 سم)

تصميم الغلاف: موادیلي عمر

© جميع الحقوق محفوظة للكاتب

741 تجزئة المسيرة

ص ب: 65800

تاوريرت – المغرب

dilinet1@gmail.com / omar.mouadili@ump.ac.ma

للاستشهاد بهذا الكتاب:

موادیلي عمر (2022)، *التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية*، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول – وجدة، 421ص.

Mouadili O (2022). *Erosion hydrique et dynamique environnementale dans les bassins versants de Tlagh et El Abed (Maroc oriental). Approches géomatiques*. Thèse pour l'obtention du doctorat. Faculté des Lettres et sciences humaines. Université Mohammed Premier. Oujda, 421 p. (En arabe).

Mouadili O (2022). *Water Erosion and Environmental Dynamics in Tlagh and El Abed watersheds (Eastern Morocco). Geomatics Approaches*. Thesis for obtaining a doctorate degree. Faculty of Humanities. University Mohammed First. Oujda, 421 p. (In Arabic).

ROYAUME DU MAROC

UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER

Pôle des Etudes Doctorales

Oujda - Faculté des Lettres et des Sciences Humaines

المملكة المغربية

جامعة محمد الأول

قطب الدراسات في الدكتوراه

كلية الآداب و العلوم الإنسانية – وجدة

القطب الموضوعاتي : الآداب والعلوم الإنسانية والفنون وعلوم التربية

تكوين الدكتوراه : الجغرافية واعداد وتنمية المناطق الهامشية

مختبر البحث : دينامية الأوساط الجافة والتهيئة والتنمية الجهوية

فريق البحث : الجيوماتيا وتدبير التراب

التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد (تاوريرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية

تخصص: جغرافيا طبيعية

إعداد الطالب(ة) الباحث(ة):

مواديلي عمر

الأستاذ(ة) المشرف(ة):

الدكتور اسباعي عبد القادر

لجنة المناقشة:

الدكتورة بن ربيعة خديجة: أستاذة التعليم العالي (كلية الآداب والعلوم الإنسانية – وجدة)/ رئيسا ومقررا،

الدكتور الغالبي خلاف: أستاذ التعليم العالي (كلية الآداب والعلوم الإنسانية – مكناس)/ مقررا،

الدكتور الحافيظ إدريس: أستاذ مؤهل (المركز الجهوي لمهن التربية والتكوين – جهة الشرق)/ مقررا،

الدكتور غزال محمد: أستاذ التعليم العالي (كلية الآداب والعلوم الإنسانية – وجدة)/ عضوا،

الدكتور الحرادجي عبد الرحمان: أستاذ التعليم العالي/ خبير،

الدكتور شاكر ميلود: أستاذ التعليم العالي/ خبير،

الدكتور اسباعي عبد القادر: أستاذ التعليم العالي (كلية الآداب والعلوم الإنسانية – وجدة)/ مشرفا.

السنة الجامعية: 2021/2020 (تاريخ المناقشة 28 دجنبر 2021)

إهداء

إلى روحي والدتي وأختي رحمهما الله وجعلهما من أهل الجنة

إلى والدي أطال الله في عمره، ومتعه بالصحة والعافية

إلى جميع إخواني وأخواتي الأعزاء

***

أهديكم هذا العمل المتواضع، الذي طالما تقاسمتم معي أمنية إنجازه وإخراجه إلى أرض الوجود.

كلمة شكر

أتقدم بشكري الجزيل وتقديري إلى أستاذي الجليل الدكتور عبد القادر اسباعي، الذي قبل الإشراف على هذا العمل المتواضع. في الحقيقة، فضله عليّ كثيرٌ جدًا، حيث لم يدخر جهدًا في سبيل إنجاز هذا العمل، سواء أكان ذلك على مستوى التوجيهات النظرية القيّمة، أم على مستوى مرافقته الدائمة في الميدان أثناء إنجاز الأشغال التطبيقية من قياسات وملاحظات وشرح الظواهر بل الأكثر من ذلك، فقد وفر لي كل الحاجات المادية والمعنوية التي تطلبها هذا البحث؛ فكان نعم الأستاذ المشرف والمؤطر والموجه.

كما أتوجه بشكر خاص للأستاذين الفاضلين عبد الرحمان الحراجي وإدريس العافيض اللذان لم يبخلا عليّ بتوجيهاتهم القيّمة كلما استدعت الحاجة إلى ذلك، ثم مشاركتهم الدائمة رفقة الأستاذ المشرف في الأعمال الميدانية من أجل أخذ القياسات أو شرح بعض الظواهر التي لها علاقة بالبحث، هذا وأود أن أبعث بتشكراتي الجزيلة للأساتذة الكرام: عبد الواحد سعيدي ومصطفى بوعبد الله ومصطفى عثماني، الذين رافقوني في العديد من الزيارات الميدانية بحضور الأستاذ المشرف. كما انتهز الفرصة لأتوجه بشكر خاص للأستاذ محمد عسيوي الذي لم يتردد في مد يد العون فيما يخص المعالجة الإحصائية للمعطيات التي لها علاقة بموضوع الأطروحة.

ولا تفوتني الفرصة، لأتقدم بكل الشكر والتقدير والاحترام والامتنان لأساتذتي المحترمين أعضاء فريق البحث الجيوماتيا وتدبير التراب: غزال محمد وخديجة بن ربيعة والعافيض إدريس، على ما قدموه لنا من توجيهات نيّرة وملاحظات دقيقة خوال سنوات التسجيل في سلك الدكتوراه، سواء أثناء اللقاءات السنوية الخاصة بتقييم سير الأطروحة، أو خارجها، وعلى ما بذلوه من مجهودات في سبيل إنجاح هذا البحث. كما أغتنم الفرصة لأتقدم بشكر خاص للأستاذ ميلود شاكر على قبوله قراءة هذا العمل وما قدمه من توجهات نيرة لتجويده وتحسينه قبل المناقشة، ثم تحمله عناء السفر والتنقل، كذلك الأستاذ خلاف الغالبي لمناقشة هذا العمل المتواضع. وبنفس المناسبة، أود أن أتوجه بشكر جزيل لسادة الأساتذة الأفاضل كافة أعضاء لجنة المناقشة، الذين قبلوا فحص وقراءة هذا العمل من أجل الارتقاء به أكثر ومناقشته رغم التزاماتهم الكثيرة، فمن خلال التوجيهات والملاحظات القيمة تم تقويم هذا العمل – بعد المناقشة – ليخرج في النسخة المصححة النهائية بحلة جديدة. فضلكم علي كبير أساتذتي الأفاضل؛ فلكم مني كل التقدير والاحترام.

وكم أنا مسرور جدا لأرد الجميل بكلمة الشكر - ولو كانت قليلة في حقهم- لبعض زملائي من الطلبة الباحثين: عبد الرحيم بنحامد وأحمد أمغار وعثمان قديكر ويوسف عبد السميع، الذين وجدتهم كل السند للقيام بالعمل الميداني خاصة ما يخص تعبئة الاستمارات الميدانية.

ولا أنسى بعث ثنائي وتقديري للمهندس ياسر حداد وسيف الدين جابر، والتقنيين أحمد مريني ومروان حمو، لما قدموه لي من مساعدات لتوفير أجهزة المسح ﴿الطائرة المسيرة والماسح الثلاثي الأبعاد﴾، والدعم في إنجاز المسوحات الطبوغرافية. ينضاف إلى هؤلاء، كل من مد لي يد المساعدة أثناء إنجاز هذا البحث، لا سيما الأطر الإدارية بمختلف المؤسسات العمومية، والساكنة المحلية بحوضي أتلاغ والعابد التي لم أجد منها إلا التفاعل الإيجابي أثناء ملء الاستمارة.

وقبل أن أمضي، يسعدني أن أقدم أسمى عبارات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة، إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة، إلى كل من علمني حرفا، إلى جميع أساتذتنا الأفاضل بشعبة الجغرافيا.

إجمالا، الشكر والامتنان الكبيرين موصولان إلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إتمام هذا العمل.

الفهرس

الفهرس ---------- 3
ملخص:---------- 9
RÉSUMÉ: ---------- 10
ABSTRACT: ---------- 11
تقديم عام---------- 12
إشكالية موضوع البحث ---------- 12
أهمية وأهداف البحث ---------- 14
دوافع اختيار موضوع ومجال الدراسة ---------- 14
المناهج والمقاربات العلمية المعتمدة في البحث---------- 16
قاعدة المعطيات المستعملة ---------- 20
الدرسات السابقة ---------- 21
محتوى وبنية البحث---------- 24
القسم الأول:مظاهر وأشكال التعرية الحالية وسرعة تطورها---------- 26
الفصل الأول: مظاهر تدهور الأراضي من خلال أشكال التعرية الحالية---------- 27
1_: مجال الدراسة---------- 28
2_: تباين التوزيع المجالي لأشكال التعرية بحوضي العابد واتلاغ ---------- 33
3_: السيلان الغشائي أو المنتشر (التعرية الغشائية)---------- 36
4_ السيلان المركز (التعرية الخطية المركزة)---------- 40
4_1: التخديد الأولي / التعرية بالخدش---------- 40
4_2: التعرية بالتخديد ---------- 43
4_2_1: الخدات النشيطة ---------- 43
4_2_1: الخدات المتوازنة ---------- 46
4_3: التخديد المعمم (الأساحل)---------- 47
5_ تقويض ونجوخ الضفاف وأساليب وأشكال آخرى مرتبطة بالحركات الكتلية ---------- 50
خلاصة ---------- 54
الفصل الثاني: دراسة تطورية لمظاهر تدهور الأراضي وتنطيق الاستقرار ---------- 55
1_: دراسة تطورية لمظاهر تدهور الأراضي من خلال مؤشرات دراسة التربة بمرئيات القمر الصناعي لاندسات--- 56
1_1: منهجية العمل---------- 56
1_2: نتائج اختبار المؤشر التركيبي وعلاقته بخريطة أشكال التعرية ---------- 62
1_3: دراسة تطورية لتدهور التربة من خلال المؤشر التركيبي لسنوات 1986 و2001 و2018. ---------- 67
2_: دراسة تطورية للأساحل من خلال وصف مظاهرها، بالصورة الجوية سنة 1987، والمرئيات الفضائية عالية الدقة، مابين 2006 و2021 ---------- 72
3_: تحديد نطاقات التعرية أو تنطيق استقرار حوضي اتلاغ والعابد (استقرار الأوساط)---------- 76
خلاصة ---------- 79

الفصل الثالث: مظاهر تدهور الغطاء النباتي بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 80

مقدمة ---------- 80

1_: توزيع وتنوع الغطاء النباتي بحوضي العابد واتلاغ---------- 81

1_1: التشكيلات السهبية عند أقدام الجبال والمنخفضات الشمالية لسهل تَفراطة ---------- 81
1_2: التشكيلات الغابوية بالمرتفعات الجبلية ---------- 84
1_3: الزراعة والمغروسات ---------- 85

2_: التغطية النباتية بين سفوح حوضي اتلاغ والعابد ---------- 86

3_: تطور كثافة التغطية النباتية بين سنوات 1986 و2001 و2018 باستخدام مؤشرات الغطاء النباتي والمرئيات الفضائية لاندسات ---------- 90

4_: التتبع السنوي لتقييم جودة الغطاء النباتي من خلال مؤشر التغطية النباتية (NDVI) للفترة مابين 2000-2020 ---------- 95

خلاصة ---------- 100

خاتمة القسم ---------- 101

القسم الثاني: تقييم التعرية المائية بالنمذجة والقياسات المباشرة في الميدان ---------- 103

الفصل الرابع: التقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية ---------- 105

مقدمة ---------- 105

المحور الأول: تقييم كمي للتعرية المائية باستخدام المعادلة العالمية لانجراف التربة (USLE) ---------- 106

1_: التعريف بالمعادلة العالمية للتعرية المائية ---------- 106

2_: المنهجية المتبعة ---------- 107

3_: حساب العوامل المعتمدة في المعادلة بحوض واد اتلاغ وواد العابد---------- 108

3_1: مؤشر العنف المطري (R)---------- 108
3_1_1: مؤشر العنف المطري حسب " Wischmeier et Smith" ---------- 108
3_1_2: إشكالية تحديد العنف المطري (R) بالمغرب ---------- 109
3_1_3: حساب مؤشر العنف المطري (R) بحوض واد العابد وواد اتلاغ---------- 110
3_2: عامل قابلية التربة للتعرية (K) ---------- 112
3_3: عامل الطبوغرافيا طول السفح ودرجة الانحدار (LS) ---------- 116
3_4: عامل جودة الغطاء الناتي (C) ---------- 122
3_5: عامل التدخل البشري للحد من انجراف التربة (P) ---------- 127

4_: خريطة فقدان التربة ---------- 128

المحور الثاني: التقييم النوعي للتعرية من خلال نموذج PAP/CAR ---------- 132

1_: منهجية العمل ---------- 132

2_: المقاربة الوصفية ---------- 133

3_: المقاربة التنبؤية ---------- 133

3_1: عامل الانحدارات---------- 133
3_2: عامل الصخارة والتربة ---------- 134
3_3: قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR. ---------- 137
3_4: استعمالات الأراضي ---------- 139
3_5: كثافة التغطية النباتية ---------- 141

3_6: حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR. ---------- 141
3_7: التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR. ---------- 143

4_: المقاربة التكاملية (الأوساط المورفوتشكالية) ---------- 145

خلاصة ---------- 148

الفصل الخامس: القياس المباشر في الميدان من خلال المقلد المطري ---------- 151

مقدمة ---------- 151

1_: المفاهيم وطريقة العمل ---------- 152

1_1: تقديم جهاز القياس "المقلد المطري" ---------- 152
1_2: طريقة القياس حسب أنماط الاستغلال والمراحل المتبعة ---------- 154
المرحلة الأولى في القياس ---------- 154
المرحلة الثانية في القياس ---------- 157
المرحلة الثالثة في القياس ---------- 158

2_: دراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة حسب استعمالها وعلاقتها بالإزالة السطحية ---------- 162

2_1: تحديد المشارات وخصائصها الطبيعية والأهداف المنتظرة ---------- 162
2_2: تشبع وانطلاق السيلان وتطوره ---------- 171

3_: النتائج الإجمالية للتعرية داخل المشارات ---------- 187

3_1: تعكر مياه الجريان بالمشارات التجريبية ---------- 187
أ: تغير مقادير التعكر حسب المشارات التجريبية ---------- 187
ب: تغيرات مقادير التعكر حسب نوع استعمال التربة ---------- 189
3_2: التدهور النوعي للأراضي من خلال كميات التربة المفقودة بالمشارات التجريبية ---------- 193
3_3: تفاوت حجم نفاذية الماء (سرعة النفاذية) ---------- 195

4_: مقاربة إحصائية للنتائج الإجمالية للمشارات التجريبية ---------- 197

4_1: اختبار الارتباط للعوامل الرئيسة المتحكمة في فقدان التربة ---------- 197
4_2: تصنيف المشارات التجريبية ---------- 203

خلاصة ---------- 209

الفصل السادس: تتبع وقياس التعرية الموضعية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي ---------- 210

مقدمة ---------- 210

المحور الأول: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بجهاز التموضع العالمي GPS ---------- 212

1_: طرق الرصد ---------- 214

1_1: الرصد الثابت STATIQUE ---------- 214
1_2: رصد الشبكات ---------- 214
1_3: الرصد المتحرك ---------- 215
1_4: الرصد شبه المتحرك أو الرصد المتحرك الزائف ---------- 215

2_: أنواع أجهزة نظام التموقع العالمي ---------- 216

3_: طريقة اشتغال الجهاز (العمل الميداني) ---------- 216

3_1: طريقة اشتغال الجهاز الثابت ---------- 217
3_2: طريقة اشتغال الجهاز المتحرك ---------- 217
3_3: القياس أو الرفع المساحي ---------- 217
3_4: التوقيع المساحي ---------- 217

3_5: استخراج المعطيات وحفظها ---------- 217

4_: معالجة المعطيات (العمل المكتبي) ---------- 218

4_1: تحصيل المعطيات ---------- 218
4_2: تحويل القياسات إلى رسوم وخرائط ---------- 218

5_: قياس التعرية بنظام التموقع العالمي لحوضي اتلاغ والعابد ---------- 218

المحور الثاني: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بتقنية المسح الثلاثي الأبعاد SCANNER 3D ---------- 223

1_: المنهجية وطريقة العمل---------- 223

1_1: أنواع أجهزة الماسح الثلاثي الأبعاد وتطبيقاته ---------- 223
1_2: مميزات الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد ---------- 224
1_3: طريقة العمل باستخدام الماسح الليزري الأرضي الثابت ---------- 224

2_: قياس التعرية بالماسح الأرضي الثلاثي الأبعاد بحوضي اتلاغ والعابد---------- 226

المحور الثالث: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بتقنية الطائرة المسيرة (الطائرة بدون طيار) UAV----- 230

1_: الطائرة بدون طيار ---------- 230

1_1: تعريف الطائرة بدون طيار ---------- 230
1_2: تاريخ الطائرات بدون طيار، نشأتها وتطورها ---------- 231
1_3: أنواع الطائرات بدون طيار وخصائصها---------- 231
1_4: عمل الطائرات بدون طيار كبديل للمسح الأرضي ---------- 232

2_: قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 233

2_1: طريقة قياس التعرية التراجعية الموضعية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 234
2_2: نمذجة وتحليل معطيات نتائج قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد---------- 238

المحور الرابع: استخلاص نتائج قياس التعرية باعتماد الآ'ليات الحديثة للمسح الطبوغرافي---------- 243

خلاصة ---------- 259

خاتمة القسم ---------- 261

القسم الثالث: العوامل والخصائص الطبيعية والبشرية المتحكمة في الدينامية البيئية بحوضي اتلاغ والعابد --- 264

الفصل السابع: الخصائص الطبيعية المتحكمة في حركية الأراضي ---------- 265

المحور الأول: الإطار المورفولوجي لحوضي اتلاغ والعابد، والخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور السفوح- 265

1_: الإطار المورفولوجي لحوضي العابد واتلاغ ---------- 265

1_1: السفوح والأعراف الجبلية ---------- 266
1_2: التلال والهضاب المتقطعة ---------- 267
1_3: السهول والمنخفضات ---------- 267

2_: الخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور السفوح بحوضي العابد واتلاغ ---------- 268

2_1: التوزيع المجالي لفئات الارتفاع حسب أشكال التعرية ---------- 268
2_2: التوزيع المجالي لفئات الانحدار حسب أشكال التعرية ---------- 270
2_3: العلاقة بين التعريض وحركية السفوح بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 271

المحور الثاني: الجيولوجيا والتكوينات السطحية، وآثارها على دينامية السفوح ---------- 275

1_: الخصائص الجيولوجية ودورها في الدينامية البيئية ---------- 275

1_1: سحنات الزمن الأول---------- 278

1_2: غطاء الزمن الثاني وتكوينات الزمن الثالث ---------- 278
1_3: خصائص المخلفات الرباعية ---------- 280
1_3_1: توضعات الرباعي القديم ---------- 281
1_3_2: توضعات مستويات الرباعي الأوسط ---------- 282
ا: المستوى العميري ---------- 282
ب: المستوى التانسيفتي ---------- 286
1_3_3: توضعات المستويات الرباعية الحديثة ---------- 288
ا: المستوى السلطاني ---------- 288
ب: المستوى الغربي (الهولوسين) ---------- 289

2_: دور التكوينات السطحية والغطاء الترابي في هشاشة الدينامية البيئية ---------- 292

2_1: خصائص التربة بالمناطق المرتفعة ---------- 294
2_1_1: التربات فوق الصخور الكاربوناتية ---------- 294
2_1_2: التربات فوق الكلس الدولومي المتفسخ والتكوينات الحثية الطينية ---------- 295
2_1_3: التربات فوق الصخور الشيستية ---------- 295
2_2: خصائص التربة بسهل تَفراطة ---------- 296
2_2_1 فئة التربة الكلسمغنيزية (Classe des sols Calcimagnésiques) ---------- 296
أ: مجموعة التربة الكلسية البنية (Groupe des sols Bruns Calcaires) ---------- 296
ب: مجموعة التربة الكلسية الشرسائية Groupe des Rendzines ---------- 298
2_2_2: فئة التربة السدبالية Classe des sols Isohumiques ---------- 299
2_2_3: فئة التربة الضعيفة التطور Classe des sols Peu Evolués ---------- 301

المحور الثالث: الخصائص المناخية وآثارها على الدينامية الحالية بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 304

1_: التساقطات ---------- 305

1_1: توزيع المعدل السنوي للتساقطات ---------- 305
1_2: التوزيع الفصلي للتساقطات ---------- 307
1_3: التوزيع الشهري للتساقطات ---------- 308

2_: الحرارة ---------- 308

2_1: التوزيع السنوي للحرارة ---------- 308
2_2: التوزيع الفصلي والشهري للحرارة ---------- 309

3_: الرياح ---------- 310

4_: تصنيف المناخ السائد ---------- 311

خلاصة ---------- 315

الفصل الثامن: الخصائص البشرية وأنماط الاستغلال بحوضي اتلاغ والعابد ---------- 317

مقدمة ---------- 317

1_: الخصائص السكانية لحوضي اتلاغ والعابد ---------- 319

1_1: نبذة عن تاريخ الاستقرار بالمنطقة ---------- 319
1_2: التطور والتوزيع الديموغرافي ---------- 321
1_3: هشاشة السكن وفقر الخدمات الأساسية ---------- 326
1_4: مستوى تمدرس السكان وضعف المستوى التعليمي ---------- 329
1_5: الأنشطة والمهن المزاولة ---------- 331
1_6: البنية العقارية لأراضي حوضي اتلاغ والعابد ---------- 333
1_7: الهشاشة الاجتماعية وضعف الخدمات ---------- 335

2_: أنماط استغلال الأراضي بحوضي العابد واتلاغ ونتائج ذلك على الوسط البيئي ---------- 336

2_1: الأنشطة السوسيواقتصادية (الفلاحة) ---------- 337
2_1_1: الزراعة المسقية ---------- 337
2_1_2: الزراعة البورية ---------- 339
2_1_3: الرعي الواسع ---------- 340
2_1_4: الرعي المكثف ---------- 341
2_2: توسيع الرقعة المزروعة على حساب المراعي ---------- 342
2_3: الضغط على المراعي من خلال تزايد عدد القطعان ---------- 344

3_: دور مشاريع مؤسسات الدولة في تدبير الموارد واستصلاحها---------- 348

3_1: مشروع التنمية القروية لتاوريرت - تافوغالت ---------- 348
3_2: مشروع الإعداد الهيدروفلاحي بسهل تَفراطة---------- 350
3_3: عجز البرامج عن تحقيق الأهداف المسطرة---------- 351

خلاصة ---------- 353

خاتمة القسم ---------- 354

خاتمة عامة---------- 356

البيبليوغرافيا---------- 364

لائحة المراجع باللغة العربية ---------- 364
لائحة المراجع باللغة الأجنبية ---------- 368
المواقع الإلكترونية الرئيسة ---------- 376
لائحة الخرائط والمرئيات الفضائية المستعملة---------- 377
المؤسسات التي تم التعامل معها ---------- 377

لائحة الجداول ---------- 378

لائحة الأشكال ---------- 380

لائحة الصور---------- 384

الملحق رقم 1: بطاقة المعلومات للمشارة التجريبية ---------- 386

الملحق رقم 2: مؤشر التغطية النباتية للفترة مابين سنة 2000 وسنة 2020.---------- 387

الملحق رقم 3: جداول خصائص المرئيات الفضائية---------- 392

الملحق رقم 4: صور المشارات التجريبية. ---------- 394

الملحق رقم 5: رخصة الطيران بالطائرة المسيرة DRONE UAV. ---------- 403

الملحق رقم 6: نموذج من تقرير الطائرة المسيرة DRONE UAV. ---------- 404

أ_ حالة سهب الفيضة من مخرجات برمجية AGISOFT PHOTOSCAN---------- 404
ب_ حالة سهب الغزال من مخرجات برمجية PIX4---------- 410

الملحق رقم 7: نتائج تحليل عينات التربة بمختبر المعهد الوطني للبحث الزراعي (وجدة). ---------- 418

الملحق رقم 8: الاستمارة الميدانية الموجهة لساكنة حوضي اتلاغ والعابد---------- 420

ملخص: تعد التعرية المائية من أهم المخاطر الطبيعية التي لها تأثير واضح في السطح وتهدد التوازنات البيئية، لا سيما داخل الأوساط الطبيعية القاحلة وشبه القاحلة، وهي من أهم التحديات التي ترتبط بالأحواض والمجالات الريفية. وتؤدي التعرية المائية إلى تعرية التربة ونقل المواد الصلبة نحو الأودية والمنخفضات وإلى حقينة السدود. ويعرف ممر تاوريرت – جرسيف تحولات مجالية مهمة ترتبت عنها تحديات سكّانية، واختلالات بيئية ومجالية غيرت ملامح المشهد الجغرافي، تتجلى في هيمنة أشكال التعرية المائية وتدهور الغطاء النباتي.

من خلال مقاربة التعرية كميا ونوعيا، بينت المعادلة العامة لفقدان التربة (USLE)، أن متوسط التربة المفقودة هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض العابد. كما خلص من خلال نموذج PAP/CAR أن مساحات مهمة سجلت تعرية محتملة قوية. وأظهرت القياسات المباشرة في الميدان باعتماد المقلد المطري من نوع RAMP، أن متوسط الإزالة السطحية بالنسبة لـ 37 مشارة تجريبية، هو 39.18 طن/هـ/سنة. كما أبانت أجهزة المسح الطبوغرافي لقياس التعرية الموضعية التي تتميز بها بعض الأماكن دون غيرها، أن متوسط الاقتلاع بثلاثة مواقع فقط هو 1349 طن/هـ/سنة. دراسة السلوك الهيدرولوجي لعدة أنماط استغلال خلص إلى أن هذه السطوح لها معامل جريان مختلف فيما بينها، وهذا الاختلاف يمكن أن يفيد في تهيئة المجال عن طريق توجيه أنماط الاستغلال. وأبانت هذه القياسات أنماط الاستغلال التي يمكن أن ينطلق منها السيلان بشكل مبكر، وبالتالي يمكن توعية الفلاح بالأنماط التي يمكن إتباعها دون غيرها حتى يخفف من خطر التعرية.

كما تم إبراز دور الخصائص الطبيعية والتوزيع المجالي في مظاهر التدهور وفي تنشيط ما تعرفه هذه الأوساط من دينامية بيئية، فالانحدار والتوجيه يؤثران على طبيعة الجريان، والجفاف يساهم في هشاشة الأراضي من خلال عرقلة النمو الطبيعي للنبات، وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة.

أمام تدهور هذا الوسط البيئي، تم رصد العوامل البشرية المنشطة لهذه الدينامية، والتطرق إلى أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد. ومن نتائج ذلك على الأوساط البيئية، أن التطورات التي عرفتها هذه الأنماط لها تأثير وتتحكم في التدهور من خلال تسريع آلياته .

أمام هذه الوضعية التي تعرف هيمنة المجالات المتدهورة والمهددة بخطر التعرية المائية المستمرة، وانطلاقا من النتائج المتوصل إليها، أصبح من الضروري إعادة النظر في أشكال التدخل بهذه الأوساط الهشة والعطوبة، ويجب الحفاظ على هذه الموارد النفيسة التي لا تحافظ عليها الطبيعة عن محض إرادتها إذا لم يكن الإنسان واعيا بمدى هشاشتها، فالطبيعة تخلق هذه التوازنات البيئية، لكن الإنسان يأتي للنقض والإخلال بها.

Résumé: L'érosion hydrique est l'un des risques naturels les plus importants qui ont un impact évident sur la surface et menacent les équilibres environnementaux, en particulier dans les milieux arides et semi-arides, et c'est l'un des défis les plus importants associés aux bassins et aux zones rurales. L'érosion hydrique conduit à l'érosion des sols et au transfert de matériaux solides vers les vallées, les dépressions et les barrages. Le couloir de Taourirt-Guercif a connu d'importantes mutations spatiales qui ont entraîné des défis démographiques et des déséquilibres environnementaux et spatiaux qui ont modifié les caractéristiques du paysage géographique. Ceci se manifeste par la dominance des formes d'érosion hydrique et la dégradation du couvert végétal.

En abordant l'érosion quantitativement et qualitativement, l'équation générale de perte des sols (USLE) a montré que la perte moyenne de sol est de 37,64 tonnes/ha/an pour le bassin d'oued Tlagh et de 32,23 tonnes/ha/an pour le bassin d'oued El-Abed. Il a également été conclu à travers le modèle PAP/CAR que des zones importantes ont enregistré un fort potentiel d'érosion. Des mesures directes sur le terrain à l'aide d'un simulateur de pluie de type RAMP ont montré que le taux moyen d'érosion en nappe dans 37 parcelles expérimentales est de 39,18 tonnes/ha/an. Les relevés topographiques pour mesurer l'érosion localisée, caractéristique de certains endroits, ont montré que l'arrachage moyen dans seulement trois sites est de 1349 tonnes/ha/an. L'étude du comportement hydrologique de plusieurs types d'exploitation a conclu que ces surfaces ont un coefficient d'écoulement différent entre elles, et cette différence peut être utile pour l'aménagement du territoire à travers l'orientation des modes d'exploitation. Ces mesures ont montré les types d'exploitation à partir desquels le ruissellement peut débuter rapidement, et ainsi l'agriculteur peut être sensibilisé aux modes d'exploitation qui peuvent être suivis pour réduire le risque d'érosion.

Le rôle des caractéristiques naturelles et de la répartition spatiale dans les aspects de dégradation et dans l'activation de la dynamique environnementale a également été mis en évidence.La pente et l'orientation affectent la nature du ruissellement, et la sécheresse contribue à la fragilité du terrain en empêchant la croissance naturelle des plantes, devenant ainsi faibles, plus dégradées et moins intense.

Face à la dégradation de ce milieu environnemental, les facteurs humains activant cette dynamique ont été diagnostiqués, et les modes d'occupation des sols et le rôle des projets de l'Etat dans la gestion de ces ressources ont été discutés. L'un des résultats de ceci sur les milieux environnementaux est que les évolutions de ces modes d'exploitation ont un impact et contrôlent la dégradation en accélérant ses mécanismes.

Face à cette situation dominée par des zones dégradées menacées par l'érosion hydrique continue, et sur la base des résultats obtenus, il est devenu nécessaire de reconsidérer les formes d'intervention dans ces milieux fragiles et paralysés, et ces précieuses ressources que la nature ne conserve pas d'elle-même doivent être préservées si l'homme n'a pas conscience de leur fragilité. La nature crée ces équilibres écologiques, mais l'homme en vient à opposer son veto et à les violer.

Abstract: Water erosion is one of the most natural hazards with obvious and detrimental damage to the surface of the land and a serious threat to the environmental balance, in particular in arid and semi-arid environments. It is also one of the important most challenges associated with basins and rural areas. Erosion leads to the transfer of solid materials to valleys, depressions and dams. The Taourirt-Guercif corridor has undergone significant spatial changes which have led to demographic challenges, environmental and spatial imbalances which have modified the characteristics of the geographical landscape. This is manifested by the dominance of forms of water erosion and the degradation of the vegetation.

By addressing erosion quantitatively and qualitatively, the General Soil Loss Equation (USLE) showed that the average soil loss is 37.64 tonnes/ha/year for the Wadi Tlagh basin and 32.23 tonnes/ha/year for El-Abed wadi basin. It was also concluded through the PAP/RAC model that important areas recorded a high potential for erosion. Direct field measurements using a RAMP-type rain simulator showed that the average rate of sheet erosion in 37 experimental plots is 39.18 tonnes/ha/year. Topographic surveys to measure localized erosion, characteristic of some places, have shown that the average grubbing up in only three sites is 1349 tonnes/ha/year.

The study of the hydrological behavior of several types of exploitation concluded that these surfaces have a different flow coefficient between them; and this difference can be useful for land use planning through the orientation of the exploitation modes. These measurements have shown the types of exploitation from which runoff can start quickly, and thus the farmer can be made aware of the modes of exploitation that can be followed to reduce the risk of erosion.

The role of natural characteristics and spatial distribution in degradation aspects and in activating environmental dynamics has also been highlighted. The slope and orientation affect the nature of the runoff, and the drought contributes to the fragility of the land by preventing the natural growth of plants, thus becoming weak, more degraded and less intense.

Faced with the degradation of this environmental space, the human factors activating this dynamic were diagnosed, and land use patterns as well as the role of state projects in the management of these resources were discussed. One of the results of this on environmental media is that changes in these exploitation methods have an impact and control degradation by accelerating its mechanisms.

Given this situation of degraded areas threatened by continuous water erosion, and on the basis of the results obtained, it has become necessary to reconsider the forms of intervention in these fragile and paralyzed environments; and these precious resources that nature does not preserve by itself must be preserved by man giveb their fragility. Nature creates these ecological balances, but man helps break and violate them.

تقديم عام

تعتبر التعرية المائية من أهم المخاطر الطبيعية التي لها تأثير واضح في السطح وتهدد التوازنات البيئية، وخاصة داخل الأوساط الطبيعية القاحلة وشبه القاحلة، وهي من أهم التحديات التي ترتبط بالأحواض والمجالات الريفية. وتؤدي التعرية المائية إلى تعرية التربة ونقل المواد الصلبة نحو الأودية والمنخفضات وإلى حقينة السدود. حيث يعتبر تراكم الأوحال أحد مؤشرات تدهور الأراضي بالمغرب، كما هو معلوم أن التوحل يهم جل السدود بالتراب الوطني ولكن يختلف من سد لآخر حسب التدخل البشري وتنوع الوسط الطبيعي. كما أن حوالي 12.5 مليون هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة والرعي في المغرب مهددة بالتعرية المائية، وثلثي الأراضي المحروثة تتطلب إجراءات حمائية مستعجلة (فالح، 2010). ويفقد المغرب سنويا حول 75 مليون م^3 من الطاقة الاستيعابية لمجموع السدود الوطنية بفعل التوحل، ومن المحتمل أنها وصلت 100 مليون م^3 سنة 2020 و150 م^3 سنة 2030 (صباحي، 2012). ويواجه التراب الوطني منذ عقود خطر التعرية المائية في عدة مناطق وخاصة بأحواض جبال الريف والأطلسين المتوسط والكبير، وتمثل إحدى الإشكالات الكبرى في عملية تهيئة وتدبير الأحواض المائية وحماية السدود الكبرى من خطر التوحل. وهي ظاهرة بنيوية متشعبة يتداخل في حدوثها عوامل طبيعية وأخرى بشرية، وهي من أهم عوامل تدهور الأراضي خاصة في المناطق ذات الانحدارات القوية والمتوسطة.

كما أن الأراضي الرعوية بالجهة الشرقية تتعرض لتدهور سريع، حيث تخضع أفضل المجالات السهوبية المكونة من الحلفاء والشيح للاجتثاث بحوالي 65 ألف هكتار سنويا (Laouina, 2006)، بالإضافة إلى الرعي الجائر. ثم امتداد الزراعة البورية حيث كانت لها انعكاسات سلبية ساهمت بالتضافر مع الظروف الطبيعية وخاصة العنف المطري وهشاشة التكوينات الصخرية في تطور النشاط التشكالي للتعرية المائية.

بالرغم من كون ظاهرة التعرية طبيعية وقديمة، حيث تأخذ من العالية وترسب في السافلة، وتنقل التربة من المناطق التي تتوفر بها إمكانية التترب إلى المناطق القاحلة وشبه القاحلة، لكن حاليا أصبحت تتم بطرق وأساليب أكثر خطورة وذلك بالإقتلاع الأكثر من اللازم والطبيعي.

إشكالية موضوع البحث

يشكل موضوع تدهور الموارد الطبيعية بفعل التعرية المائية، أحد المخاطر الطبيعية المقلقة والمهددة للاستقرار البشري، ويصعب الحد من وتيرتها، خاصة بالمجالات الجبلية والمناطق ذات الانحدارات القوية. للتدهور لا سيما التعرية تأثير سلبي في الإنسان وفي الأمن الغذائي واستدامته، وكذا بلوغ مستويات متقدمة من التنمية، مما جعل الباحثين والدارسين والمهتمين بالموضوع بمن فيهم الجغرافيين، وحتى المختصين في التهيئة، يولون أهمية لموضوع التعرية المائية نظرا لراهنيته من جهة، ثم لأهمية الحفاظ على الموارد الطبيعية

في تحقيق التنمية المستدامة من جهة أخرى. ويجد الباحثون المهتمون بدراسة خطر التعرية صعوبة في تشخيص الظاهرة وتحديد أسبابها وآلياتها وتقييمها وتحديد انعكاساتها الاقتصادية، الشيء الذي يتطلب تقصي الحقائق ميدانيا واستعمال أسس وطرائق علمية ملائمة لدراسة الظاهرة، والتي من شأنها تشخيص وتحديد الآليات بكامل الدقة، والمساهمة في وضع برامج ملائمة للحد من التعرية في المناطق الهشة أو تلك المهددة مستقبلا بخطر التعرية المائية، بهدف ضمان الاستغلال المستديم للأوساط الطبيعية. مجموعة من المجالات الطبيعية تتعرض للتدهور باستمرار بسبب الاستغلال المفرط وغير المعقلن من خلال الضغط على الموارد المائية، وعلى المجالات الغابوية بفعل الرعي الجائر، وأيضا الاستغلال المكثف للأراضي الصالحة للزراعة مما يساهم في تفقير التربة وتملحها.

إن أخطار التعرية المائية التي يعرفها حوضا اتلاغ والعابد بممر تاوريرت–جرسيف منذ بداية القرن العشرين إلى الوقت الراهن، تسببت في حدوث تحولات مجالية جوهرية مست مختلف المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وأدت إلى إفراز مشاكل لا يمكن التخفيف من حدتها إلا باتخاذ تدابير مندمجة تضمن العيش الكريم للسكان، وتحافظ على هذه الموارد الطبيعية واستدامتها للأجيال القادمة.

يشهد حوضا اتلاغ والعابد العديد من مظاهر تدهور الأراضي بفعل نشاط التعرية المائية. ونظرا لما يلحق ترب هذه المجالات من انجراف بفعل هذا التدهور، الذي يعتبر تهديدا لاستدامة هذا المورد، وذلك من خلال تأثيره على الأنشطة الفلاحية من جهة، وتهديد الأمن المائي من جهة أخرى بفعل توحل السدود (مشرع حمادي، ومحمد الخامس) في السافلة، وما سيتبع هذا التوحل من تحديات خاصة ما يتعلق بتراجع أداء سد محمد الخامس حيث يعتبر هذا التوحل نتيجة مباشرة لنشاط التعرية وتدهور الأراضي في عالية حوض ملوية، وما يساهم به حوضا اتلاغ والعابد بفعل عوامل ما ينشط بهما من مختلف أشكال التعرية.

من هذا المنطلق، يطرح الإشكال المركزي حول أين يتجلى أو كيف يظهر هذا التدهور في الميدان، وكيف يمكن فهم التطور الذي عرفته مظاهر التدهور؟ (وصف مظاهر التعرية ثم الدراسة التطورية لهذه المظاهر، وتتبع تحول الغطاء النباتي كمورد). ثم حجم ومقادير الترب التي يفقدها الحوضان (من خلال قياس الظاهرة)، ثم التساؤل عن سبب تدهور هذه المجالات (من خلال طبيعة المتغيرات التي تتحكم في هذا التدهور سواء خصائص طبيعية أو بشرية، التي تزيد من نشاط التعرية).

ومن خلال هذا يمكن طرح تساؤولات فرعية، وهي: ما هي خصوصيات ومظاهر التعرية المائية بحوضي اتلاغ والعابد؟ كيف تتطور هذه المظاهر وماهي التحولات التي وقعت على أشكال التعرية والغطاء النباتي؟ إلى أي حد يمكن ربط العلاقة بين تدهور الموارد الطبيعة بدينامية مختلف أشكال التعرية، خاصة التعرية المائية التي تؤدي إلى فقدان كميات مهمة من الترب؟ وكيف يمكن تقييم فقدان التربة من خلال القياسات المباشرة في الميدان وعلاقتها بأنماط الاستغلال، أو باستعمال طرائق ووسائل علمية لتحديد درجة الخطر والتدهور المجالي للتربة؟ وذلك من خلال حجم ومقادير التربة التي يفقدها الحوضان من جراء التعرية، وماهي المجالات التي تعرف أكبر معدلات الإزالة، وكيف تتوزع داخل هذه الأحواض، ثم مدى

حساسية أراضي المجال للتعرية المائية، وكيف تتباين مجاليا؟ ثم ماهي العوامل المسؤولة عن هذا كله؟ وماهي أنواع التدخلات الوقائية والتنموية التي حظيت بها المنطقة للحد من التدهور وضمان تحسين مستوى عيش الساكنة؟

أهمية وأهداف البحث

تكمن أهمية البحث في تدهور الأراضي بهذا الوسط الهش الذي يشهد تحولات مجالية مهمة خاصة وأن استمرار خطر التعرية المائية وما ينتج عنها من إكراهات بنيوية تقف كعائق أمام التنمية المجالية، يحتم ضرورة التتبع العلمي للظاهرة ومقاربة مختلف العناصر المؤثرة فيها طبيعية كانت أم بشرية. ولذا من الضروري تقييم درجة تدهور التربة، وإبراز أساليب ونظم تدهور الأراضي بحوضي اتلاغ والعابد، في علاقتها بالعنصر البشري المخل بالتوازنات البيئية الحالية، ذلك من خلال مقاربات جيوماتية بالقياسات المباشرة في الميدان، لتتبع وتقييم حجم التعرية داخل حوضي العابد واتلاغ.

وتتجلى أهداف هذا البحث فيما يلي:

هدف علمي: معرفة خصوصيات ومظاهر خطر التعرية المائية بالمنطقة والتعرف على مختلف العوامل المفسرة لحدوثها سواء كانت طبيعية أم بشرية، ثم البحث والاهتمام بالدينامية البيئية الحالية ومظاهر تدهور الموارد، وذلك بتحديد أساليبها ونظمها وآليات وعوامل تنشيطها، أو البحث في سبل تخفيف حدتها والحد من خطورتها.

هدف تطبيقي: مقاربات جيوماتية للإسهام في دراسة وتكميم حجم التعرية المائية عبر قياسات مباشرة في الميدان بالتقليد المطري، وأدوات المسح الطبوغرافي لا سيما الحديثة منها (نظام التموضع الأرضي، والماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة)، ثم التتبع والمقارنة والتحليل لمظاهر التعرية والغطاء النباتي باعتماد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

دوافع اختيار موضوع ومجال الدراسة

قد ينتج عن تدهور الموارد الطبيعية مجموعة من الظواهر الاجتماعية المعقدة كالفقر والهجرة من الأرياف نحو المدن، مما يؤدي إلى تفاقم المشاكل الحضرية وإعاقة عمليات تأهيل وتنمية المناطق الريفية. من هذا المنطلق، كان اختيار موضوع "**التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي العابد ووادي اتلاغ – مقاربات جيوماتية**"، على اعتبار أن الحوضين يعرفان تعرية قوية، وتحولات مجالية مهمة ترتبت عنها تحديات سكّانية، واختلالات بيئية ومجالية غيرت ملامح المشهد الجغرافي. فالتحركات السكانية، وتطور وسائل الإنتاج، وتغير أنماط الاستغلال، وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية، كلها عوامل أفرزت مشاكل بيئية متعددة ومتداخلة، من قبيل انتشار ظاهرة التصحر على اختلاف مظاهرها، وتحولت بعض

المجالات السكانية إلى مجرد دور مهجورة، وتعرضت الأراضي للتصحر والمساحات الشجرية لليُبس والاجتثاث، وتخديد المجاري المائية...

كما أن أشكال الدينامية الحالية بحوضي العابد واتلاغ، تتجلى في هيمنة أشكال التعرية المائية، المتمثلة في السيلان الغشائي أو المنتشر، والسيلان المركز أو التعرية الخطية المركزة حسب نوعيتها وحدتها، التي تؤدي إلى تعرية بالخدش ثم التخديد الأولي، وبالتالي تعرية بالتخديد وصولا إلى الأساحل نتيجة التخديد المعمم، إضافة إلى نجوخ وتقويض الضفاف وأشكال أخرى مرتبطة بالحركات الكتلية. فجل سفوح الحوضين توجد بها آثار الدينامية الحالية للتعرية، وتأتي على رأسها دينامية التعرية الغشائية، وهي السبب الرئيس في فقدان كميات كبيرة من المكونات السطحية، إضافة إلى التعرية المركزة الموضعية التي تقتلع تربا مهمة يتم نقلها عبر الأودية لحقينة السدود الكبرى خاصة سد محمد الخامس وسد مشرع حمادي. ويتحكم في حدوث ونشأة التعرية داخل حوضي العابد واتلاغ طبيعة التكوينات الجيولوجية بالمنطقة وخاصة التكوينات السطحية الهشة من الزمن الرابع الحديث، ونوع التربة، ودرجة الانحدار، وتوجيه السفوح، ثم أهم شيء وهو أنماط الاستغلال البشري للأراضي.

لذلك فاختيار موضوع التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي العابد واتلاغ تتحكم فيه الاعتبارات التالية:

– تعتبر إشكالية الحد من أخطار التعرية المائية من الإشكاليات المهمة ضمن مخططات التهيئة المجالية للأحواض المائية وخاصة ما يتعلق بالحد من خطر التوحل لحقينة السدود الكبرى في منطقة تعاني من خصاص مائي حاد.

– وسط جاف وقاحل يعرف تحولات سريعة في مظاهره الطبيعية والبشرية.

– حوضي العابد واتلاغ جزء من ممر تاوريرت – جرسيف، ويتسم هذا المجال بالقحولة والجفاف، ثم أن شكل حوض اتلاغ يمتد في جزئه السفلي على شكل شريط، وبالتالي يغطي مجالات دون غيرها في الجزء السفلي لسهل تَفراطة، لهذا تمت إضافة حوض واد العابد ليشمل الجزء السفلي من سهل تَفراطة.

– يتميز حوض اتلاغ بتدرج على مستوى التضاريس، سفوح الحافة الشمالية للهضاب العليا، ثم سفوح وأعراف جبلية لكتلة دبدو– لمقام التي تتصل بالمنخفضات في الشمال، ومرتفعات كتلة بوخوالي وبني بوزكو في الشرق والشمال الشرقي، ثم سهل تَفراطة شمالا.

– يتميز حوض العابد بوحدة طبوغرافية متجانسة يطبعها الانبساط، منطقة سهلية (وسط وشمال سهل تَفراطة) تكمل التدرج التضاريسي لمجال الدراسة، مما يفيد في دراسة المرتفعات والمنخفضات أو المناطق السهلية (علاقة العالية بالسافلة).

– غياب دراسات تتناول موضوع خطر التعرية المائية في حوضي اتلاغ والعابد، وهو مجال يتسم بالقحولة ويعرف تدهورا متزايدا في موارده الطبيعية.

– إن دراسة إشكالية خطر التعرية المائية بحوضي العابد واتلاغ تعد من بين الإشكاليات الجديرة بالاهتمام والتتبع خاصة مع ظهور مجموعة من الطرائق والأساليب والمناهج العلمية الحديثة لدراسة وتقييم التعرية.

المناهج والمقاربات العلمية المعتمدة في البحث

لدراسة إشكالية خطر التعرية داخل حوضي العابد واتلاغ اعتمدنا منهجاً وصفياً تحليلياً بشكل عام ومقاربات تكميلية للمنهج العام، وذلك بالاعتماد على التحليل الكمي والكيفي في معالجة المعطيات المتوفرة والمحصل عليها عن طريق العمل المكتبي والملاحظات الميدانية والقياسات الميدانية المباشرة، والاستمارة الميدانية، باستعمال كل من المقاربة الوصفية والتحليلية من خلال تتبع مظاهر وأشكال التعرية ودراستها دراسة دقيقة (بتواز مع تتبع ودراسة تدهور الغطاء النباتي) وتفسير مختلف العوامل المؤثرة في هذه الأشكال والبحث في العلاقة بينهما (العوامل – المظاهر)، ومقاربتها جيوماتيا وإحصائيا.

ثم اعتماد مقاربة نوعية بنموذج PAP/CAR لتحديد التدهور النوعي للأراضي، بمقاربة تكاملية للأوساط المورفوتشكالية، واعتماد المقاربة الكمية لتقدير فقدان التربة باستعمال المعادلة العالمية لحساب حجم التدهور للتربة (Wischmeier et Smith, 1978)، والقياسات المباشرة في الميدان بالتقليد المطري لفهم السلوك الهيدرولوجي للسيلان حسب أنماط الاستغلال، ثم تكميم وتقدير التربة المفقودة بالأدوات الحديثة للمسح الطبوغرافي (مقاربة جيوماتية)، والبحث في العوامل الطبيعية والبشرية (المعطيات المحصل عليها والاستمارة)، وهي مقاربة وصفية وتحليلية وتاريخية لفهم العلاقة بين التدهور وبين أنماط الاستغلال، بالإضافة إلى الإحاطة بمظاهر وأسباب تدهور التربة وفهم الدينامية البيئية الحالية. وانطلاقا من أهداف الموضوع، ونظرا لتراكب وتداخل مختلف عناصر تحليله، تم التركيز في منهجية تناول التعرية المائية والدينامية البيئية، على التشخيص الدقيق والتحليل المتوازي في الزمان والمكان، ومنه تم اختيار طريقة العمل على الشكل التالي:

البحث البيبليوغرافي

يستدعي الأمر في البحث الجغرافي كباقي العلوم الأخرى، الاطلاع على مختلف الدراسات التي لها صلة بالموضوع، من أطروحات، وبحوث ميدانية، وتقارير ومشاريع تنموية... وفي هذا السياق، تم الاعتماد على مجموعة من الدراسات التي ساهمت في إغناء هذا البحث، وسوف يتم التطرق إليها في محور الدرسات السابقة.

العمل الميداني

تبقى للعمل الميداني بصمته الخاصة في البحث الجغرافي، ولذلك قد تم استهلاك أكثر من 570 ساعة في الميدان، أي بمعدل 8 ساعات في اليوم، وأزيد من 70[1] يوم عمل في الميدان، ومن خلاله، تم

[1] عدد الأشخاص ضرب عدد الأيام، مثلا إذا كان 3 أشخاص ويومي عمل، تساوي 6 أيام، أو 48 ساعة عمل ميداني.

الوقوف على العديد من مظاهر التعرية ومعاينتها من خلال زيارات متكررة للميدان بحوضي العابد واتلاغ، ثم تقييم وتكميم التعرية من خلال القياسات المباشرة باستخدام تقنية التقليد المطري (Roose, 1996)، وتم تطبيق هذه التقنية داخل حوضي العابد واتلاغ في 37 مشارة تجريبية كحالات للدراسة. كما تمت قياسات متكررة بنظام التموضع العالمي والماسح الثلاثي الأبعاد والطائرة المسيرة؛ إضافة إلى ملء الاستمارة الميدانية مع ساكنة المنطقة، وكذلك الاتصال بمختلف المصالح الإدارية التي لها صلة بالموضوع، ونذكر على سبيل المثال: الجماعات الترابية، والمديرية الإقليمية للفلاحة بتاوريرت، والمديرية الإقليمية للاستثمار الفلاحي ببركان وتاوريرت، والمديرية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر بتاوريرت، ووكالة الحوض المائي لملوية بوجدة، والمعهد الوطني للبحث الزراعي بوجدة...

اعتماد الملاحظة الميدانية والصور الفضائية عالية الدقة لضبط وتشخيص مظاهر التدهور

لتشخيص وضبط التوزيع المجالي لمظاهر التدهور في إطار خريطة أشكال التعرية بحوضي اتلاغ والعابد، تم الاعتماد على الصور الفضائية العالية الدقة، والصور الفتوغرافية للتوثيق، والملاحظة الميدانية، وذلك بالزيارات المتكررة للميدان. وتم تمثيل مظاهر التدهور بناء على الأشكال المورفولوجية (خدوش، وخدات السيلان الغشائي، وأساحل، وتعرية خفية...).

استخدام الصور الجوية والمرئيات الفضائية لتتبع تطور مظاهر التدهور

لتحديد التغيرات التي عرفتها آليات التشكيل خلال العقود الأخيرة، تم توظيف الصور الجوية لسنة 1987، والمرئيات الفضائية لسنوات 1986 و2001 و2018 بمؤشرات تركيبية لتدهور التربة.

توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد لدراسة التحولات المجالية (مظاهر التعرية، والغطاء النباتي، والتوسع الزراعي)

لهذا الغرض، تم توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد لتشخيص مجالي ودراسة كرونولوجية، نظرا لما يتوفر من اختلاف المستشعرات، وبالتالي مرئيات فضائية مختلفة الخصائص (التمييز، الإشعاع، الزمن، الراديوميتري) ومجانية، مما يفيد في دراسة تطور مظاهر التعرية في الزمان والمجال من مجموعة من المؤشرات وتنطيق استقرار هذه الأوساط، ثم دراسة الغطاء النباتي وتتبعه سنويا (2000–2020)، وكذلك استنباط استعمالات الأراضي بمعالجة وتصنيف هذه المرئيات.

توظيف نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الدينامية البيئية

تسمح نظم المعلومات الجغرافية بالتمثيل والتحليل المجالي لعدد من المعطيات والمؤشرات، وتوضح التوزيع المجالي لهذه المظاهر كما تساعد على فهم العوامل المتحكمة في عدد منها، من خلال تركيب الخرائط، وإيجاد الارتباطات، ومقاربتها إحصائيا بهدف تحليل أكثر دقة لهذه الارتباطات باعتماد أساليب وطرق إحصائية، ثم المساندة في إنتاج عدد من الخرائط الموضوعاتية والتأليفية، تساعد في فهم وتحليل مختلف مظاهر التدهور المرتبطة بالتعرية المائية والدينامية البيئية.

القياسات الميدانية للخصائص الهيدرولوجية للأراضي وحالة السطح

لدراسة السلوك الهيدرولوجي من حيث معامل الجريان السطحي، تم الاعتماد على جهاز المقلد المطري من نوع RAMP بمساحة 0.5 م^2 الذي يعمل عل محاكاة التساقطات المطرية الطبيعية، وذلك من خلال عنف مطري متحكم فيه ومدة زمنية محددة. وهو لا يحل إطلاقا مكان الأمطار الطبيعية، ولكن مفيد في دراسة السلوك الهيدرولوجي لعدة أنماط استغلال، وإنتاج معطيات مهمة، يمكن من خلال مقاربتها إعطاء فكرة واستخلاص الفرق بين التربات في معامل الجريان ونسبة الإزالة السطحية، وبالتالي خلاصات تفيد في توجه أنماط الاستغلال، وتحديد التي يجب اتباعها لتقليص خطورة التدهور البيئي. كما تم الاعتماد على جهاز قياس النفاذية لإبراز اختلاف معدلات التسرب بين المشارات التجريبية تبعا لأنماط الإستغلال.

دور المقاربة الإحصائية في فهم العلاقات بين مظاهر التدهور البيئي والتحولات المجالية والسلوك الهيدرولوجي للأراضي وحالة السطح (أنماط الاستغلال)

تم الاعتماد على أسلوب الطريقة الإحصائية "التحليل المتناظر المتعدد" Analyse des Correspondances Multiples، الذي يشار إليه بالرمز (ACM)، وذلك لتحليل أكثر دقة للارتباط بين أشكال التعرية والمؤشر التركيبي للتربة؛ ثم اعتماد أسلوب تحليل ترابط المتغيرات الكيفية أو عامل ترابط التحليل العاملي المتناظر (AFC: Analyse factorielle des correspondances)، للمقاربة التكاملية بين أشكال التعرية والعوامل الأخرى.

تم استخدام التصنيف التراتبي التصاعدي (Classification Hiérarchique Ascendante) المبني على نتائج تحليل المركبات الرئيسية (ACP: Analyse en Composantes Principales). لدراسة الارتباط بين التربة المفقودة من خلال المشارات التجريبية (متغيرات الحمولة الصلبة)، وباقي المتغيرات.

تكميم وتتبع وقياس تطور نشاط التخديد بتوظيف الأدوات الحديثة للمسح الطبوغرافي (GPS, Scan 3D, Drone aérien)

لمعرفة وتيرة تطور الخدات من حيث التعمق الرأسي أو التوسع الجانبي بحوضي اتلاغ والعابد، تم العمل على ضبط التغيرات التي عرفتها مورفولوجية الخدات، من خلال قياسها باعتماد أدوات المسح الطبوغرافي كجهاز التموقع العالمي (GPS)، لمسح أشكال التخديد وتحديد النقط المرجعية للإسناد الجغرافي، والطائرة المسيرة (Drone) لاستنباط النموذج الرقمي للارتفاعات وصور جوية بدقة عالية، والماسح الثلاثي الأبعاد (Scanner 3D) لاستخلاص السحابة النقطية لأشكال التخديد. هاتان الوسيلتان الأخيرتان تم العمل عليهما بمساندة جهاز GPS للإسناد الجغرافي، كمنظومة مسح متكاملة، وذلك بغية مقارنة أساليب وأدوات المسح الطبوغرافي فيما بينها، واختيار أفضل طريقة لتتبع التوسع الجانبي والتعمق الرأسي لهذه الخدات، ثم حساب الكمية المفقودة بفعل هذه التعرية الموضعية التي تعرفها مجالات دون

غيرها. وتم اختيار ثلاثة مواقع بناء على عدد من المتغيرات، وذلك لتحديد تأثير كل منها على نشاط التخديد بسفوح حوضي اتلاغ والعابد.

كما تم اعتماد جهاز GPS لإنشاء مقاطع جيوموفولوجية تهم مستويات الزمن الرابع، وذلك لتعزيز فهم الدينامية الحالية على مستوى هندسة السفوح وشرح المستويات وتداخلها. ثم لفهم ووصف هشاشة هذه المستويات، ودورها كعامل مفسر لتنشيط الدينامية البيئية، من خلال التعرية.

الاستمارة الميدانية أداة لتعزيز فهم الإطار البشري واستعمال الأراضي

تعتبر الأنشطة البشرية من أهم العوامل المؤثرة في الدينامية البيئية، وذلك من خلال نمط استغلال وطريقة تعامل الإنسان مع الموارد الطبيعية الهشة أصلا، مما يؤثر بشكل سلبي على تجدد هذه الموارد، ولاستنباط استعمالات الأراضي بحوضي اتلاغ والعابد، ونوع الأنشطة البشرية، ودراسة التحولات وتحديد طبيعتها ثم استخراج مؤشرات تؤكدها. تم العمل على ملء استمارات مع الساكنة المحلية للمنطقة تضمنت عددا من الأسئلة الموجهة، التي من خلالها سيتم تحديد بعض من هذه التغيرات التي شهدها الحوضان، في تعامل الساكنة مع المورد الطبيعي، وكذلك تقييم الدراية المحلية للساكنة في تعاملها مع الوسط البيئي ومدى إدراكها بخطورة وحدة التدهور الذي وصل إليه المجال بصفة عامة، وأراضيهم بصفة خاصة نتيجة التعرية المائية، إضافة إلى رسم صورة عن الأوضاع الاجتماعية التي تعيشها الساكنة المحلية، وتفاقم تدهور الموارد الطبيعية ثم الهجرة إلى المدن.

الدراسة المخبرية

لتحديد درجة التدهور التي تحدثها التعرية وخصوصا الخفية منها، لا بد من إجراء عدد من الدراسات المخبرية بهدف إظهار مدى تأثير مظاهر التدهور على الترب. تم الاعتماد على العمل المخبري بمختبر الجيومورفولوجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية بوجدة، بهدف قياس الحمولة الصلبة وتجفيفها، ثم وزن وتحليل العينات، إضافة إلى المعهد الوطني للبحث الزراعي بوجدة.

تقييم التعرية

من أهم الإشكالات المطروحة في هذا العمل، هو حجم ومقدار التربة التي يفقدها المجال بفعل التعرية المائية، ولذلك تم تبني عدة مقاربات للإجابة عن المشكل، وهي القياسات الميدانية بالتقليد المطري، وأدوات المسح الطبوغرافي، والاعتماد على التقييم الكمي والنوعي بالنمذجة، من خلال المعادلة العامة لتكميم التربة المعدّلة (RUSLE) لـ(Wischmeier et Smith, 1978)، ونموذج PAP/CAR من إعداد منظمة التغذية العالمية FAO، للتقييم النوعي بالأحواض النهرية بالمجال المتوسطي.

العمل الخرائطي

تم اعتماد مجموعة من برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لتحليل ومعالجة الأشكال الخرائطية والرسوم البيانية، نذكر منها:

_ برمجية ArcGIS نظرا لقوتها في التعامل مع المعطيات لإنتاج وإنجاز الخرائط والتمثيل الكرطوغرافي، وبرمجية QGIS المفتوحة المصدر، لفتحها وتعاملها مع الملفات الكبيرة الحجم، على عكس البرمجية الأولى، ثم برمجية Global Mapper، نظرا لقوتها في التعامل مع كم هائل من الامتدادات، تقريبا كل امتدادات نظم المعلومات.

_ الاستشعار عن بعد: تم اعتماد برمجية ENVI وErdas وSNAP لمعالجة المرئيات الفضائية وتجميعها وتقطيع مجال الدراسة، ثم تصنيفها واستخلاص النتائج منها، وبرمجية Clark Labs TerrSet (Idrisi قديما) لدراسة الارتباط بين المعطيات الشبكية، وبرمجية eCognition وPCI Geomatica اللتان تتميزان بقوتهما في تحليل الصورة على أساس الكائن (OBIA)[2]، حيث تعتمد على التجزيء ثم التصنيف.

_ المسح الطبوغرافي: تم اعتماد برمجية Autocad بحزمة Covadis لمعالجة معطيات GPS، ورسم المقاطع الجيومرفولوجية، ثم برمجية Leica Cyclone لمعالجة مخرجات الماسح الثلاثي الأبعاد، إضافة إلى برمجية CloudCompare للتحكم في السحابة النقطية، وبرمجية Agisoft PhotoScan، وPIX4Dmapper، لمعالجة وتحليل صور الطائرة المسيرة، الأولى للمعالجة السريعة، والثانية للمعالجة المتعمقة.

_ المعالجة الإحصائية: برمجية SPSS وبرمجية Statistica، وذلك للتحليل المتناظر المتعدد (ACM)، ودراسة عامل ترابط التحليل العاملي المتناظر (ACF). البرمجية الأولى بسيطة ومحدودة ولكنها قوية في التمثيل والإخراج، والثانية معقدة شيئا ما، ولكن قوتها تكمن في تعدد أدواتها، مما يتيح التحكم في الأدوات وتطويعها، لتوظيفها في استخلاص نتائج دقيقة.

تم توظيف برمجية R المفتوحة المصدر، التي تتميز بالتصنيف الهرمي التصاعدي (Classification Hiérarchique Ascendante) المبني على نتائج تحليل المركبة الرئيسية (ACP). وتتميز بكونها من البرمجيات القليلة التي تتيح هذه الخاصية.

تم استخدام برمجية Sphinx لتفريغ الاستمارات ومعالجة نتائجها نظرا لليونها وسهولة استخدامها، وتكملها برمجية Excel لاستخلاص الأشكال المبيانية.

هذه البرمجيات تكمل بعضها البعض في التخصص الواحد، وكل تخصص له دوره التكميلي بهذه الأداوات لخدمة ومعالجة الإشكالية المطروحة (الدينامية البيئية)، في إطار وظيفة دور كل تخصص وأدواته في المنظومة الجيوماتية.

قاعدة المعطيات المستعملة

لدراسة التعرية المائية والدينامية الحالية في حوضي وادي اتلاغ ووادي العابد، تم الاعتماد على مجموعة من المعطيات الميدانية والخرائطية والوثائق تتمثل في:

[2] Object-Based Image Analysis

_ الاستعانة بمجموعة من الخرائط الطبوغرافية التي تغطي الحوضين بمقاييس مختلفة، 1/50000، و1/100000، و1/500000. والخرائط الجيولوجية (خريطة وجدة 1/500000، وتاوريرت ودبدو وحسيان الدياب 1/100000)، وخريطة المياه والغابات لأنواع الغطاء النباتي، ثم خريطة التربة للمغرب، بهدف إنجاز خرائط موضوعاتية وأشكال وتبسيطات أخرى.

_ قراءة وتحليل صور فتوغرافية ملتقطة بمجال الدراسة لوصف وفهم أشكال الدينامية الحالية وتطورها بحوضي اتلاغ والعابد.

استثمار وتوظيف النموذج الرقمي العالمي للتساقطات والحرارة "WorldClim"[3]، بهدف حساب عامل عنف التساقطات.

توظيف صور فضائية بدقة عالية لـ Google Earth[4] للفترة مابين 2006-2021 لتتبع تطور التخديد، واستعمالات الأراضي، ثم مرئيات الأقمار الاصطناعية "Landsat"[5] لأجياله المختلفة ولفترات مختلفة. وكذلك صور ومرئيات القمر الاصطناعي "Sentinel"[6] الذي يتيح مرئيات فضائية منذ غشت 2015 بدقة تمييزية 10م، لدراسة مؤشرات التربة والنبات، وتحديد استعمال الأراضي...، ثم مرئيات القمر الاصطناعي MODIS[7] بهدف دراسة وتتبع تراجع الغطاء النباتي.

توظيف النموذج الرقمي للارتفاعات "Alaska"[8] بدقة تمييزية 12.5م، وASTER GDEM بدقة 30م، بهدف دراسة طبغرافية الحوضين.

الاعتماد على معطيات التساقطات لعدد من المحطات (سد الغراس، وتاوريرت، وجرسيف، والعين الكبيرة)، خلال فترات زمنية معينة، مأخوذة من مصلحة المديرية الجهوية للفلاحة، ومصحلة الأرصاد الجوية، ومديرية المياه والغابات، ثم وكالة الحوض المائي لملوية، قصد معرفة النظام المطري والحراري وتحديد المناخ السائد في الحوضين.

القيام بقياسات مباشرة في الميدان من مسوحات طبوغرافية، وتجارب التقليد المطري، واعتماد النتائج المحصل عليها من المختبر لدراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة وعلاقته بالإزالة السطحية، ومقارنة نتائج تكميم التربة المفقودة.

الدرسات السابقة

شكل ممر وجدة تازة وهوامشه الشمالية والجنوبية مجالا جديرا بالاهتمام والتتبع من طرف عدد من الباحثين بالنظر للخصوصيات الطبيعية والبشرية للمنطقة ولأهمية الدينامية المجالية التي تحدث بهذا الوسط

[3] http://www.worldclim.org
[4] https://earth.google.com/
[5] https://landsat.usgs.gov
[6] https://earth.esa.int
[7] https://modis.gsfc.nasa.gov/
[8] https://www.asf.alaska.edu

شبه القاحل والمتدهور من حيث موارده الطبيعية بجهة الشرق. ومن أهم الدراسات والأبحاث التي أجريت بهذه المنطقة، نذكر منها على سبيل المثال وليس الحصر، وبشكل كرونولوجي:

- كتاب (Raynal, 1961)، تحت عنوان " Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc Oriental). Étude géomorphologique"، تطرق فيه إلى دراسة جيومورفولوجية للسهول وأقدام الجبال بحوض ملوية.
- أطروحة (Colletta, 1977)، تحت عنوان " Evolution néotectonique de la partie méridionale du bassin de Guercif (Maroc oriental)"، تناول فيها التطور النيوتيكتوني للجزء الجنوبي لحوض جرسيف.
- أطروحة (Bouziane, 1984)، بعنوان " Stratigraphie et Sédimentologie du Lias et du Dogger inférieur du bassin de Guercif (Maroc Oriental)"، وتناول فيها التطبق وعلم الرواسب للياس الأسفل بحوض جرسيف.
- أطروحة (Adel, 1987)، بعنوان " Reflexion sur la geographie de l'amenagement, etude du couloir: taourirt–oujda (maroc oriental)" تطرف فيها إلى التهيئة بممر تاوريرت وجدة.
- بحث الدرسات العليا (غزال، 1996)، تحت عنوان "تعدد أنشطة الأسر القروية والتحولات الاجتماعية بممر تاوريرت وجدة وسهل تريفة (الشمال الشرقي للمغرب). وتناول فيه التحولات المجالية بالمنطقة.
- أطروحة (Zizi, 1996)، تحت عنوان " Triassic–Jurassic extensional systems and their Neogene reactivation in northern Morocco (the Rides prérifaines and Guercif basin)"، تطرق فيها إلى أنظمة التمدد الترياسي الجوراسي وإعادة تنشيط النيوجين بحوض جرسيف.
- أطروحة (شاكر، 1998)، بعنوان " كتلة بو خوالي وسهل العيون (المغرب الشرقي)، الدينامية الحالية للسطح بين الهشاشة الطبيعية والضغط البشري، أي آفاق وأي استراتيجيات" والتي تناولت مظاهر التعرية بكتلة جبال بوخوالي جنوب العيون الشرقية.
- أطروحة (Sadiki, 2005)، بعنوان " 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" التي تناول فيها موضوع التعرية المائية بمقدمة جبال الريف.
- أطروحة (غزال، 2007)، بعنوان "الموارد المائية بشمال المغرب الشرقي: التدبير، الاستغلال والاكراهات" تعالج تدبير الموارد المائية بين الاستغلال والإكراهات بالشمال الشرقي.
- دراسة (DREFLCD, 2007) بعنوان " Etude d'Aménagement du Bassin Versant de l'Oued Za" عبارة عن تقرير حول دراسة التهيئة لحوض واد زا، وتناولت موضوع التعرية المائية.
- مقال (Sbai et al. 2011) بعنوان " Apport des SIG et de la télédétection dans l'étude de la dégradation des ressources naturelles en milieu aride: cas du couloir de

(Maroc Oriental) Taourirt – El Aioun et ses bordures" تناول تدهور الموارد الطبيعية بممر العيون – تاوريرت.

- دراسة (ORMVAM, 2011) بعنوان " Etude d'Aménagement d'un Nouveau Périmètre d'Irrigation d'Environ 1000 ha dans la Plaine de Tafrata" عبارة عن تقرير حول دراسة تهيئة سهل تَفراطة الذي تناول بدوره دراسة التربة وجودتها.
- أطروحة عثماني (2015) بعنوان " الدينامية الحالية للسطح ومظاهر التدهور بسهل تفراطة وهوامشه، نموذج (حوض بني ريس)" التي تناولت مظاهر التعرية بكعدة دبدو وسهل تفراطة وعاليته الهضبية والجبلية.
- أطروحة (Mokhtari, 2016) بعنوان «Etude de la Dynamique de la Désertification dans le Bassin Versant de la Moulouya en Intégrant les Données Issues de la Télédétection et les Données Socio-Economiques» التي تناولت موضوع دينامية التصحر بحوض ملوية.
- مقال اسباعي وآخرون (2016) بعنوان "إكراهات التنمية الفلاحية بممر العيون تاوريرت".
- بحث ماستر (موادیلي، 2017)، تحت عنوان "أساليب وأشكال التعرية المائية بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت)".
- مقال اسباعي وآخرون (2018) بعنوان "أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت) من خلال نموذج المعادلة العامة لانجراف التربة".
- مقال موادیلي وآخرون (2018)، تحت عنوان "إشكالية تدهور الغطاء النباتي، وتحديات التنمية بممر تاوريرت – وجدة".
- مقال موادیلي وآخرون (2019) بعنوان "خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية والاستغلال البشري؛ حالة حوض واد العابد".
- مقال موادیلي وآخرون (2019) بعنوان " تقييم خطر التعرية المائية باستعمال المقلد المطري RAMP: دراسة للسلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالة ممر تاوريرت – جرسيف".
- أطروحة (El Harradji, 2019) بعنوان "Morphodynamique et Environnement au Nord-ouest des Hauts-Plateaux de l'Est Marocain : De la Dynamique Naturelle des Paysages à la Désertification" تطرق فيها إلى المورفودينامية والبيئة من الدينامية الطبيعية للماشهد إلى التصحر.
- مقال (Seghir et al. 2019)، بعنوان " Cartographie de sol dans la zone méridionale de la plaine de Tafrata au Maroc Centro-Oriental et évaluation de leur sensibilité à la désertification"، وتناول فيه الحساسية البيئية للتصحر بسهل تَفراطة.
- مقال موادیلي واسباعي (2020)، تحت عنوان "أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت)".

- مقال (Sbai et Mouadili, 2021)، بعنوان " Risque d'érosion hydrique entre fragilité des équilibres environnementaux et perspectives de durabilité: Cas du bassin d'Oued El Abed (Maroc nord-est)"، وتم التطرق فيه إلى خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية وآفاق الإستدامة، بحوض العابد.

من خلال هذه الأعمال المهمة من أطاريح وبحوث ودراسات وتقارير ومقالات علمية، تم التعريف بالمؤهلات الطبيعية والبشرية والاقتصادية والبيئية لممر وجدة-تازة، وقدمت هذه الدراسات تشخيصا دقيقا لوضعية الموارد الطبيعية وخاصة مظاهر التدهور البيئي. وقد تبين من خلالها أن التطور والتحولات المجالية بهذا الوسط الهش يحمل في طياته تحديات طبيعية وأخرى بشرية، تزيد من حساسية هذا الوسط، وتساهم في تدهور موارده الطبيعية، ومنها خطر التعرية المائية. هذا الواقع يطرح تساؤلات حول كيفية الحفاظ على الموارد الطبيعية وعقلنة استعمالها خاصة في ظل الضغوط البشرية المكثفة لاستغلال هذا المجال، ثم أيضا فهم مختلف التفسيرات المرتبطة بخطر التعرية المائية وانعكاساتها البيئية على الساكنة المحلية ومستقبلها.

محتوى وبنية البحث

للإجابة على الإشكاليات المطروحة، وبغية تحقيق هذا الهدف، تم تناول موضوع التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي اتلاغ والعابد خلال ثلاثة أقسام.

القسم الأول: مظاهر التدهور البيئي وسرعة تطوره

يتطرق هذا القسم إلى ما يعرفه حوضا اتلاغ والعابد من مظاهر التدهور التي تهدد التوازنات البيئية بهذه المجالات، والتوزيع المجالي لهذه الديناميات، لإظهار التفاوتات المجالية في نفس المنطقة. إضافة إلى دراسة تطورية لمظاهر تدهور التربة. كما تم التطرق إلى الغطاء النباتي كمورد لما يعرفه الحوضان من فصائل نباتية، والتطور الذي عرفه الغطاء النباتي بالمنطقة

القسم الثاني: التقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية بالنمذجة، والقياسات المباشرة في الميدان

في هذا القسم، تم التطرق للتعرية المائية بمقاربة كمية ونوعية، وذلك لتحديد حجم ما تفقده هذه الأوساط من ترب جراء نشاط التعرية، وتمييز المجالات التي تعرف إزالة قوية من تلك التي تمتاز بنوع من الاستقرار والتوازن، ثم تمييز المجالات ذات القابلية الكبيرة لحدوث الإزالة وتوزيعها في حوضي اتلاغ والعابد، إضافة إلى دراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة حسب أنماط الاستغلال، وعلاقتها بالإزالة السطحية. وهذا من خلال المعادلة العامة للتربة (USLE)، ونموذج (PAP/CAR)، والقياس المباشر في الميدان باعتماد المقلد المطري وأجهزة المسح الطبوغرافي.

القسم الثالث: العوامل الطبيعية المتحكمة والخصائص البشرية وأنماط الاستغلال المفسرة للدينامية البيئية

تمت محاولة تفسير مظاهر التدهور التي تم الوقوف عليها في القسم الأول، وذلك من خلال إبراز دور الخصائص الطبيعية، والتوزيع المجالي لمظاهر التدهور تبعا لهذه الخصائص. لمعرفة وتحديد دورها في تنشيط ما تعرفه هذه الأوساط من دينامية بيئية.

تم استعراض وتشخيص الخصائص البشرية التي يتميز بها حوضا اتلاغ والعابد، ثم أنماط الاستغلال التي تنتشر بالمجال ومحاولة تشخيص التطورات التي عرفتها هذه الأنماط، ثم تأثيرها على الدينامية الحالية، ومعرفة مدى تحكمها في التدهور ومدى تسريع آلياته.

القسم الأول: مظاهر وأشكال التعرية الحالية وسرعة تطورها

تتجلى مظاهر وأشكال التعرية الحالية بحوض اتلاغ والعابد في تنوعها، حيث تحمل جل السفوح آثار هذه المورفودينامية من خلال ظهور مجموعة من الخدات والأساحل. ويعتبر وصف مظاهر تدهور التربة من خلال أشكال التعرية، من الطرق والأساليب الرئيسة لمحاولة تحديد مدى خطورتها مجاليا قصد الإسهام في تنمية هذه المناطق، وذلك باهتمام المعنيين والفاعليين والباحثين. على العكس، كلما كانت هذه الأشكال مخفية إلا واعتبرت المنطقة مستقرة وغير مهددة بمخاطر التعرية. ورغم كون هذه المظاهر أحيانا باهتة وغير مرئية بشكل يلفت النظر، فإن نظم التعرية قد تكون متسترة وخفية من حيث مظاهرها، وتكمن خطورتها في إفقار التربة وتعرضها للغسل دون أن يخلف ذلك أشكالا تلفت الانتباه كالتخديد.

في هذا القسم، ستتم المساهمة، قدر الإمكان، في معرفة نظم الدينامية الحالية بهذه الأوساط الهشة والعطوبة، وذلك بجرد مظاهر التدهور الحالية ومعرفة حدتها من خلال أشكال التعرية وتوزيعها مجاليا وارتباطها بعوامل تنشيطها، وهل هي حديثة أم موروثة؟ وهل التعرية الحالية تتطور بشكل طبيعي أو تأثرت بالتدخلات والتحولات التي طرأت على المجال؟ وعلى هذا الأساس، سيتم التطرق في الفصل الأول إلى دراسة وصفية لأشكال التعرية الحالية من حيث توزيعها مجاليا، ونوعها المتمثل في السيلان الغشائي والسيلان المركز بما فيه التخديد الأولي والأساحل ثم نجوخ وتقويض الضفاف وأشكال أخرى مرتبطة بالحركات الكتلية. وفي الفصل الثاني، تمت دراسة تطورية لهذه الأشكال من خلال تتبع مظاهر تدهور التربة، باعتماد مؤشرات دراسة التربة بالمرئيات الفضائية، من خلال مؤشر تركيبي لسنوات 1986 و2001 و2018، ثم دراسة تطورية للأساحل من خلال وصف مظاهرها، بالصور الجوية، بعثة 1987، والمرئيات الفضائية ذات دقة عالية، لسنتي 2006 و2021. وبناء على نتائج ذلك، تم تحديد نطاق التعرية أو تنطيق استقرار الأوساط لإبراز المظاهر الخفية والباهتة، ومعرفة إذا ما كانت مظاهر وحدة التعرية الحالية مرتبطة بظرفية خاصة، تنشطها أنماط حديثة لاستعمال التربة، بفعل التحولات التي يعرفها المجال، أو أنها تتطور بشكل عادي طبيعي، وجب تحديد العوامل المسؤولة بدارسة تطور الغطاء النباتي؛ وذلك ما تم التطرق إليه في الفصل الثالث لمعرفة هل يتزايد أو يتناقص، وماهي علاقته وارتباطه بتطور أشكال التعرية، أي أن الدراسة التطورية لمظاهر تدهور التربة فرضت نفسها وذلك بتواز مع دراسة تطور الغطاء النباتي، لتحديد العلاقة والعوامل المسؤولة عن هذا التطور في إطار الدينامية البيئية الحالية (هشاشة التوازنات الطبيعية والتدخل البشري). ولذلك تم التطرق إلى توزيع فصائل الغطاء النباتي وتنوعه بحوضي اتلاغ والعابد، ونسبة التغطية النباتية ثم تطور كثافة الغطاء النباتي موازاة مع السنوات المدروسة بالنسبة للتربة، 1986 و2001 و2018، بناء على مؤشرات استغلال المرئيات الفضائية. وللتعمق أكثر وفهم سلوك تطور الغطاء النباتي بدقة، تم التتبع السنوي لتقييم جودة النبات للشهر الأكثر عدوانية لمدة 21 سنة للفترة الممتدة من سنة 2000 إلى 2020.

الفصل الأول: مظاهر تدهور الأراضي من خلال أشكال التعرية الحالية

مقدمة

تعرف منطقة الدراسة أشكالا مختلفة للتعرية المائية كالتعرية الغشائية، والسيلان المركز، والتخديد...، بفعل تعدد وتداخل العوامل الطبيعية، والعوامل البشرية المرتبطة بالسكان وتحولاتهم، التي سرّعت من وتيرة هذه الدينامية، مما أدى إلى تدهور هذه الأراضي.

يتناول هذا الفصل رصد وتشخيص ما يعرفه حوضا واد العابد وواد اتلاغ، من مظاهر متعددة ومتنوعة لتدهور التربة. بناء على الوصف الميداني لانتشار مختلف آليات التشكيل، وبغية ذلك تم جرد آليات وأشكال التعرية الحالية وتوزيعها المجالي، بإنجاز خريطة توزيع أشكال التعرية. اعتمادا على المرئيات الفضائية (Google Earthe) الملتقطة في 2021، والزيارات الميدانية المتكررة للتحقق من الأشكال والظواهر ومعاينتها وتعديل ما تم استنباطه من الصور الفضائية. وتم تصنيف تلك الأشكال حسب نوعية آلية التعرية المهيمنة وحدتها.

من بين أهم الصعوبات التي اعترضت إنجاز خريطة توزيع أشكال التعرية الحالية يمكن ذكر تداخل مجموعة من الأشكال المرتبطة بالسيلان والتخديد فوق السفح نفسه، وكذلك صعوبة التعرف على الفرق بين المجالات المعرضة للسيلان المنتشر والتخديد الأولي أو الخدوشات، ثم التمييز بين أشكال التعرية والتعرف عليها بالأراضي المحروثة التي تعرف تعرية غير مرئية وخفية، ولتجاوز هذه الصعوبات، تم الاعتماد على الملاحظات الميدانية.

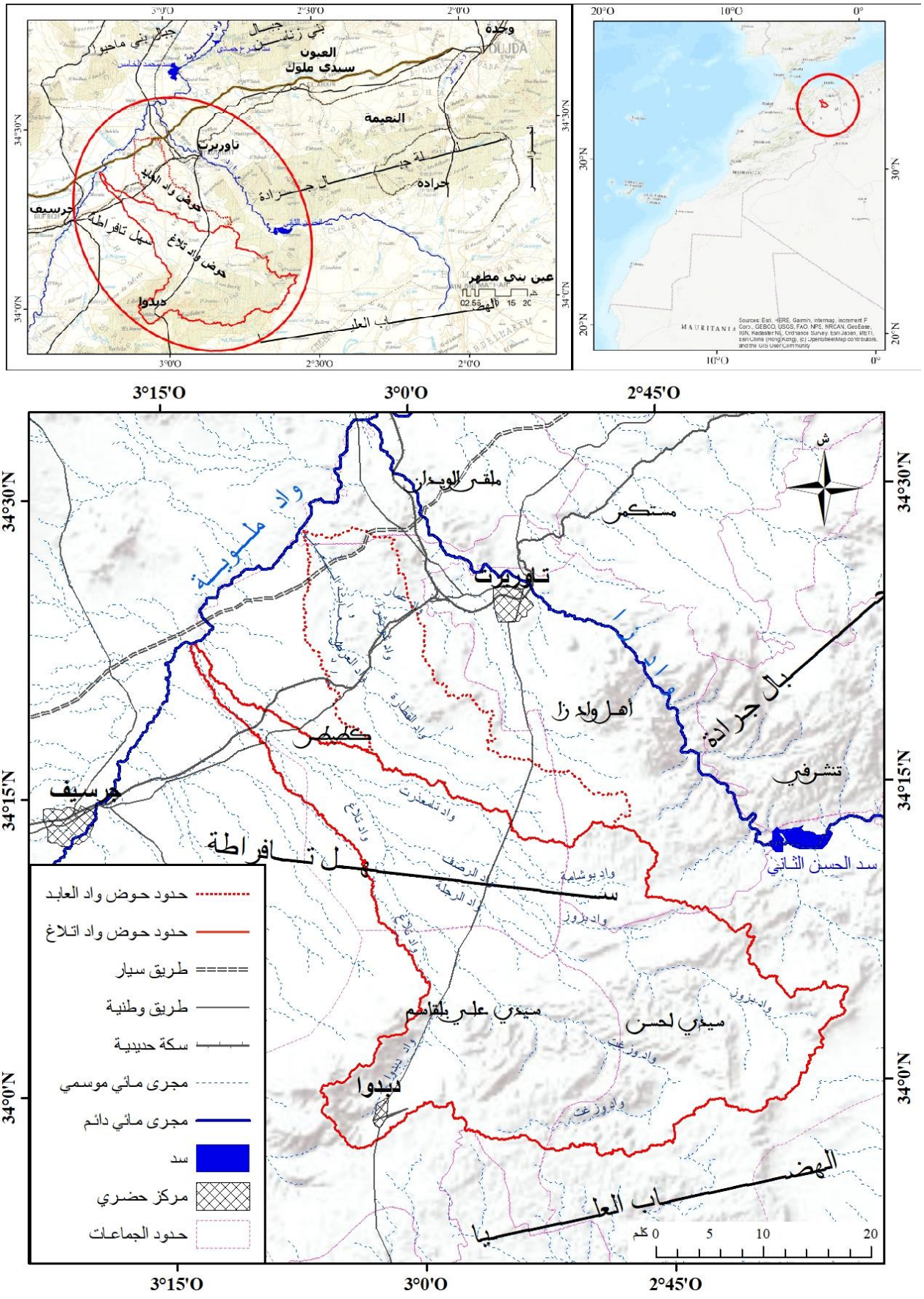
1_: مجال الدراسة

يقع حوض واد العابد وواد اتلاغ في الشمال الشرقي من المغرب وفي الجنوب الغربي لمدينة تاوريرت، الجزء الغربي لممر جرسيف – وجدة، ويشملان جزءا مهما من سهل تَفراطة خاصة حوض واد العابد (الشكل رقم 1)، ثم جزءا من السفوح الشمالية لكتلة دبدو (وادي دبدو الذي هو نفسه وادي اتلاغ في العالية)، وأجزاء من بداية الهضاب العليا بالنسبة لحوض واد اتلاغ.

ينتمي الحوضان إلى ممر وجدة – تازة، في محور تاوريرت – جرسيف، تحدهما سلسلة بني محيو (بني زناسن الغربية) بالشمال الشرقي للمجال، وجبال بني بوياحي المحور الممتد من حاسب بركان في اتجاه الغرب شمالا، وسلسة جبال جرادة في أقصى الشمال الغربي، وجزء من الهضاب العليا في الجنوب، وشرق حوض جرسيف في الغرب. وتم اختيارهما كوحدة جغرافية طبيعية للتمكن من فهم عناصرها والعلاقات التي تربط كل مكوناتها مع ما يحيط بها، سواء تعلق الأمر بما هو طبيعي أو بشري، وتباين التكوينات الجيولوجية خاصة في السافلة بحيث نجد تكوينات الميوسين الصلصالية وهي ميزة الممر (حوض واد العابد)، وتكوينات رباعية حديثة بسهل تَفراطة، وتكوينات أخرى قديمة في العالية بسفوح دبدو، ثم التدرج التضاريسي من السهل إلى السفوح الجنوبية ثم الهضاب العليا (حوض واد اتلاغ). هذه الخاصية تساعد على دراسة شمولية للتعرية لما يتميز به الحوضان من انتشار أشكالها ومظاهرها القوية، زيادة عن كونهما يعرفان تحولات مجالية سريعة، حيث يضمان أنشطة فلاحية تتمثل في الزراعة وتربية الماشية.

تشمل مساحة حوض واد العابد 309 كلم^2 عند المصب، أي عند التقاءه بواد ملوية، ويبلغ طوله حوالي 41 كلم، وعرضه حوالي 10 كلم، بفارق ارتفاع 744م، حيث تتراوح الارتفاعات ما بين 265م و1009م. يحده حوض واد زا جنوبا في عاليته، وحوض تيغزران شرقا، وحوض واد اتلاغ غربا، كما أنه لا يمثل إلا 0.6% من مساحة حوض واد ملوية الذي تبلغ مساحته 57.5 ألف كلم^2. (Sbai et al. 2021).

أما حوض واد اتلاغ، فتقدر مساحته ب 1095 كلم^2، عند التقائه بواد ملوية، ويبلغ طوله 70 كلم، وعرضه 35 كلم، ويسجل اختلافا في العرض حيث لا يتعدى في السافلة 5 كلم، وفي العالية يصل إلى 50 كلم، بفارق ارتفاع 1384م، حيث تتراوح الارتفاعات ما بين 306م و1690. يحده شرقا في عاليته وجنوبه حوض وادا زا، ثم جزء مهم من حوض واد العابد في سافلته الشرقية، وحوض بني ريس في الجنوب الغربي، وحوض واد السفلة في الغرب. ولا يمثل إلا 2% من مساحة حوض ملوية.



الشكل رقم 1: مجال الدراسة لحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: خلفية ESRI 2021، والخريطة الطبوغرافي وجدة 1/500000.

يتميز حوضا اتلاغ والعابد بثلاث وحدات تضاريسية كبيرة، وهي جنوبا، سفوح الحافة الشمالية للهضاب العليا التي تنتمي للهضاب المغربية الشرقية، ثم سفوح وأعراف جبلية لكتلة دبدو – لمقام التي تتصل بالمنخفضات في الشمال، ومرتفعات كتلة بوخوالي وبني بوزكو بالجنوب الشرقي، ثم سهل تَفراطة شمالا، وتتخلله بعض التلال المتقطعة وبعض المنخفضات في الوسط وشمال مجال الدراسة، وحوض جرسيف غربا.

يعد جبل تالمست ومركشوم امتدادا لسلسلة جرادة في اتجاه الغرب، وهي سلسلة تمتد على شكل طولي في اتجاه شرق الشمال الشرقي–غرب الجنوب الغربي، والجزء الأقصى الغربي منها هو الذي يندرج ضمن منطقة الدراسة خاصة حوض العابد. وتشكل الحافة مجال اتصال بين المرتفعات في الجنوب والأراضي المنخفضة في الشمال، كما تتميز بوعورتها وتعقيدها، إذ تشرف على سهل تَفراطة بسفوح قوية، خاصة في جزئها العلوي الذي يتميز بانحدار شديد. ويبلغ بها أعلى ارتفاع 1691م، غرب مدينة دبدو، كما تشمل مساحة مهمة لجنوب حوض اتلاغ حيث تمتد على شكل طولي من دبدو نحو الشرق، وهذه المرتفعات تتميز بوعورة تضاريسها، مع ظهور بعض المنخفضات المنبسطة.

يشمل جنوب حوض اتلاغ بعض الأجزاء من الهضاب العليا، خاصة أقصى الجزء الشمالي والشمالي الغربي منها، وتمتد من كعدة دبدو غربا مرورا بالمقام في الوسط ووصولا إلى سيدي علي بنسماحة شرقا. وهذه واجهة الهضاب العليا الشمالية حيث تنتهي بإفريزات سميكة، عبر خط منعرج شديد الانحدار يشرف على سهل تَفراطة وبعض الأحواض الصغيرة كحوض واد دبدو غربا وحوض وزغت في الوسط ثم حوض بزوز في الشرق، حيث الانبساطات بهذه الأحواض تعتبر جزءا من سهل تَفراطة، كما أن واجهة هذه الهضبة تمتد تدريجيا نحو تلال متقطعة وخطية متفرقة، وتظهر السفوح والأعراف الجبلية الفاصلة بينها وبين سهل تَفراطة. تتميز هذه الهضاب بارتفاعها النسبي حيث يتجاوز 1600م غربا على مشارف حوض دبدو، وفي الوسط يقل عن 1500م عند عالية حوض وزغت، كما أنه لا يتجاوز 1200م في الشرق بعالية حوض بزوز.

كما تظهر بعض التلال المتقطعة منعزلة بحوض واد العابد خاصة في وسطه قرب حامة سيدي شافي، وفي سافلته شمالا قرب مقرن واد زا، وهي عبارة عن رصيص على قاعدة الكلس الدولومي (كريتاسي) والحث والكلس (الجوراسي الأعلى والأوسط).

تتميز الجهة الجنوبية والوسطى من حوض واد العابد ووسط وشمال حوض اتلاغ بوجود سهل تَفراطة حيث يتميز بطابعه المنبسط، وتخترقه شبكة هيدروغرافية، تنحدر من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي. ويعتبر جزءا من حوض جرسيف الذي يقطعه واد ملوية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، وشرقا يستقبل روافده كحوض اتلاغ والعابد شرقا وأحواضاً أخرى، وتتميز الجهة الشمالية للحوضين بامتداد السهل إلى حدود واد ملوية، وينحني السهل تدريجيا بضعف كبير من قدم الحافة إلى وسطه، وجزء وسطي منبسط يشكل منطقة الردم للإرسابات، وجزء سفلي ينخفض تدريجيا نحو واد ملوية يميزه التقطيع ونشاط التخديد.

يتكون المشهد الطبيعي من نتوءات جوراسية ومنخفضات متهدلة وحوادير متقطعة ومصاطب رباعية. تغطي الصخور الكلسية (خاصة الكلس–الدولوميتي الجوراسي) المناطق الجبلية من بني محيو شمالا، وكتلة دبدو ولمقام، وجبال جرادة جنوبا. وتتميز ترباتها بضعف سمكها وتطورها، كما تتميز بهشاشتها إزاء التعرية المائية خاصة بالسفوح العارية من الغطاء النباتي حيث تنتشر التربات المعدنية غير المتطورة التي تتركز فوق الطبقات الجيولوجية المتهدلة أو فوق القمم الجبلية، وتنقسم إلى تربات حجرية مثل الكلس والحث، وتربات خشنة فوق الصخور مثل الطفل والكلس الطفلي. أما السهول والمنخفضات الوسطى للحوضين، بالرغم من جفافها وقحولتها، فإنها تتميز بتكوينات سطحية متنوعة إلى حد ما، تعود أساسا إلى الزمن الرابع، كما تتوضع تركات الرباعي القديم والأوسط ببطون الأودية والمنخفضات.

تنقسم تربات الممر بصفة عامة إلى نوعين (غزال، 2007): مساحات مغطاة بقشرة كلسية سميكة وصلبة مرتبطة بأشكال وتكوينات الرباعي القديم والأوسط، ومساحات ذات مكونات دقيقة غير مكسوة بالكلس تنتمي إلى الرباعي الحديث. بشكل عام، تربات حوضي تلاغ والعابد فقيرة من حيث المواد العضوية، بسبب قساوة الظروف المناخية وخاصة التردد الكبير للجفاف، الذي يجعل تربات المنطقة تتكلس نتيجة التبخر الشديد.

بالنسبة للغطاء النباتي، تعرف منطقة الدراسة تنوعا مهما من حيث الأصناف الموروثة لكنها ضعيفة وقليلة من حيث توزيعها المجالي، حيث أنه يتركز في أقدام الجبال والمرتفعات الجبلية بعالية حوض اتلاغ، وذلك لما يتميز به من خصائص طبيعية كالتضاريس والصخارة ونوع التربة بالإضافة إلى المناخ، ولهذا يتميز حوضا اتلاغ والعابد بوسطين بيومناخيين مختلفين. الأول عبارة عن تشكيلات سهوبية بالمنخفضات السهلية وأقدام الجبال (سهل تَفراطة)، وهي حرجية نجيلية يغلب عليها الحلفاء، وتشكيلات نباتية قزمية يتقدمها الشيح. والثاني عبارة عن تشكيلات غابوية وشبه غابوية بالمرتفعات الجبلية (سفوح دبدو – جبال سيدي علي بلقاسم). تتمثل في البلوط الأخضر والصنوبر والعرعر والحلفاء وهي عموما متدهورة. وتتوزع في المجال بمساحات متفاوتة. كما تتميز بتفاوت في أصنافها وكثافتها، وذلك تبعا لتوجيه السفوح والارتفاع، ويتم الانتقال تدريجيا من مشاهد تافرطة القاحلة إلى مناظر شبه غابوية منفرجة على السفوح الجبلية، وشبه الغابوية ابتداء من ارتفاع 1000م، وغابوية ابتداء من 1200م، وذلك تبعا للتعريض والارتفاع والانحدار ونوع التربة.

مناخيا، ينتمي حوضا اتلاغ والعابد إلى المجال المتوسطي، الذي يتميز بتعاقب أربعة فصول مختلفة؛ صيف حار وجاف وشتاء مطير وبارد، وفصلان انتقاليان؛ ربيع معتدل من البارد إلى الحار، وخريف من الحار إلى البارد. يعرف الحوضان تساقطات تتميز بعدم الانتظام في الزمان والمكان وبتذبذب حراري مرتفع ورياح قوية يغلب عليها الطابع القاري، الشيء الذي يجعل المنطقة خاضعة لمناخ شبه متوسطي وجاف، مما ينعكس سلبا على الإنتاج الفلاحي، وعلى الوسط الطبيعي.

ينتمي مجال الدراسة إداريا إلى خمس جماعات، ثلاثة منها لحوض واد العابد حيث يمتد على جزء صغير من جماعة ملقى الويدان بـ مساحة 6 كلم2، أي 2% من مساحة الحوض فقط، ثم جماعتي لقطيطير (بـ90%)، وأهل واد زا (بـ8%). وينتمي حوض واد اتلاغ إلى جزء آخر من هاتين الجماعتين (لقطيطر بـ 27% وأهل واد زا بـ 6% من مساحة الحوض)، أي ثلث المساحة، بالإضافة إلى جماعة سيدي علي بلقاسم بـ 33%، وسيدي لحسن بـ 34%، أي بثلثي مساحة الحوض المتبقية، ثم مركز حضري (دبدو). وهذه الجماعات الترابية كلها تابعة لعمالة إقليم تاوريرت.

تتوزع ساكنة حوضي اتلاغ والعابد على 27 دواراً، وهي مقسمة من العالية تبعا للموارد الطبيعية من غطاء نباتي ومراع، وأغلبها دواوير متجمعة، ثم بالوسط بسهل تافرطة تعتمد الزراعة البورية وبعضها مسقي، وهي أغلبها داوايرمشتتة، ثم تقل في سافلة المجال نظرا للتكوينات الصلصالية وقلة الموارد الطبيعية. كما يتباين حجم سكان هذه الدواوير بين الحوضين ومن العالية نحو السافلة.

وتعرف جماعات منطقة الدراسة تزايد حجم السكان حسب الإحصاءات الرسمية، إلا أن بعضها يعرف تناقصا بسبب تفاقم وتزايد حدة الجفاف وتزايد تدهور الموارد الطبيعية، حيث كانت تدفع بالسكان إلى الهجرة. كما كانت الهجرة تعقب فترات ضياع المحاصيل الزراعية والنقصان في المواشي التي كانت تمثل الاقتصاد الأساسي للسكان.

بلغ عدد سكان دواوير حوضا اتلاغ والعابد 18432 نسمة و2785 أسرة حسب إحصاء 2014. ويغلب على الأراضي الصالحة للزراعة والرعي الطابع السلالي. كما يرتكز النشاط الاقتصادي لساكنة الحوضين على الزراعة وتربية الماشية.

تمتد أغلب الأراضي المسقية على ضفاف واد زا وواد ملوية، وبعض المناطق من سهل تَفراطة خاصة ضفاف واد اتلاغ وقرب حامة سيدي شافي، تستغل هذه الأراضي بالخصوص في زراعة الحبوب والقطاني وبعض الخضر، إضافة إلى الكلأ والأعلاف للمواشي. ونجد على ضفاف واد زا وواد ملوية الأشجار المثمرة لا سيما الزيتون واللوز والمشمش؛ خاصة في سهل تَفراطة. في حين يقتصر استغلال الأراضي البورية على زراعة الشعير والقمح الطري إلا أن مردوديتها تبقى ضئيلة وغير منتظمة، وذلك حسب المواسم الممطرة.

كما يستفيد سكان المنطقة من مراع شاسعة، حيث تسود تربية الماعز بالمناطق التي تضم غطاء نباتيا وفيرا مقارنة بالسهول، التي تعرف تربية الأغنام. وتنتشر تربية الأبقار بالمناطق المسقية معتمدة في ذلك على الزراعات العلفية.

هذا الوصف للمشهد الحالي من حيث الظروف البشرية، والواقع ماهو إلا انعكاس وإخراج أخير للمراحل والميكانزمات التي أدت إلى تحول المجال، بالخصوص سهل تَفراطة. وهذه التحولات تساهم في الإجابة عن الاشكالايات المطروحة وهي انقلاب الاستغلال من حيث الطرق والأهداف، وتأثير ذلك على التربة بصفة عامة والتعرية بصفة خاصة، باعتبار أن الوسط صعب يستغل بطرق مختلفة وفصلية، ويترك للاستراحة، ليعاد إليه حينما يتوازن ويستقر. لكن الوضع الحالي تغير وآثر على تدهور الموارد الطبيعية،

بالخصوص النبات والتربة. وذلك نتيجة الاستقرار الدائم وتغيّر عقلية الإنسان اتجاه الأرض وكل الموارد باعتبارها رأسمال يجب أن يستثمر للربح على حساب التوازن البيئية والطبيعي الأصلي.

2_: تباين التوزيع المجالي لأشكال التعرية بحوضي العابد واتلاغ

تحدث التعرية بتداخل وتفاعل عدة عوامل، أهمها التساقطات المطرية، وطبيعة الصخر، والعناصر الآخرى، مثل الانحدار ونسبة خشونة السطح، بالإضافة إلى العوامل البشرية. يعرف الحوضان مظاهر عدة لتدهور التربة نتيجة التعرية المائية، وتتباين من آليات تشكيلها ومن حيث أشكالها، وتم تصنيف هذه الأشكال حسب نوعيتها، أي المظاهر النوعية لأشكال التعرية كالتالي:

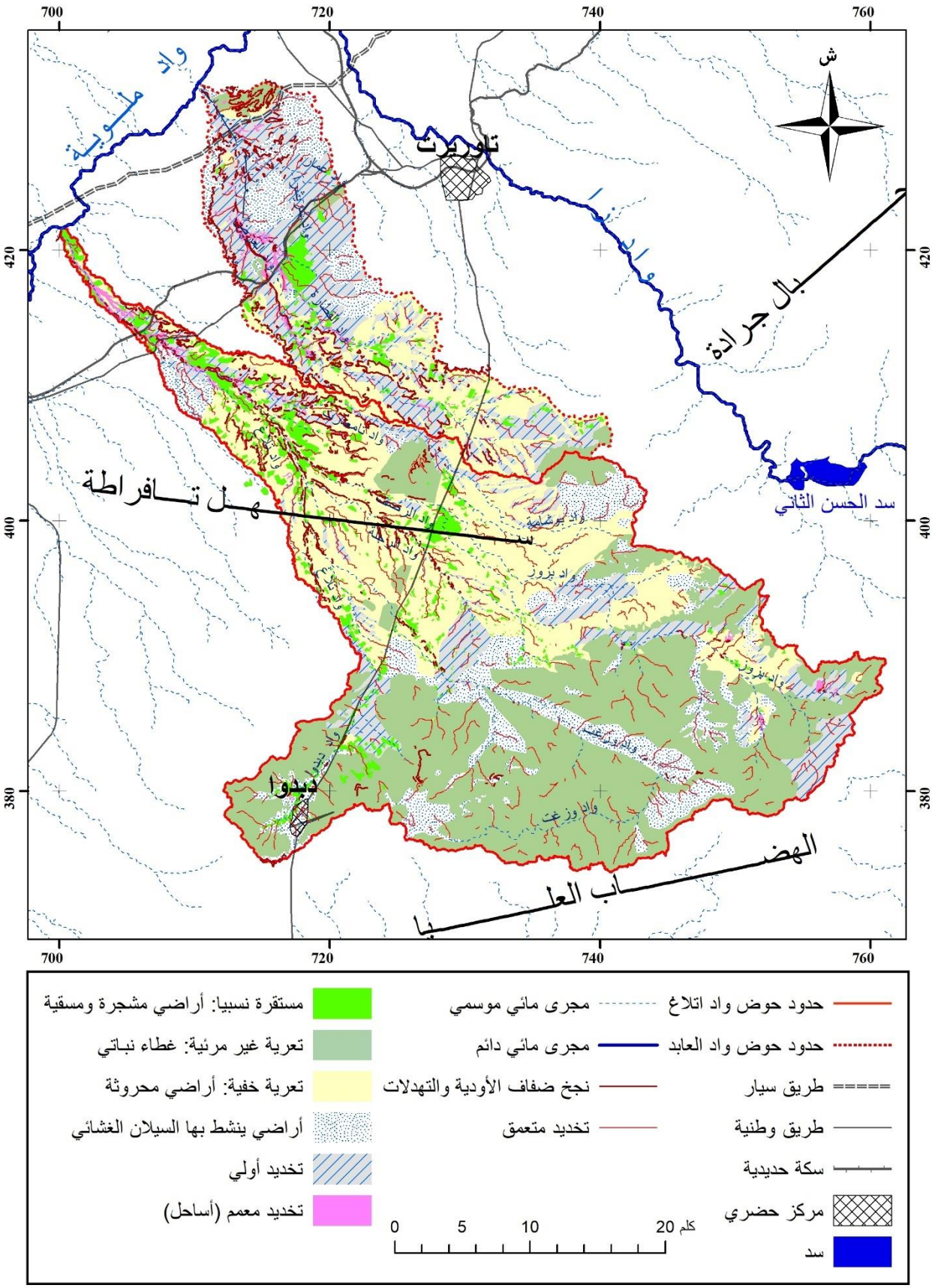
– التعرية بالسيلان المنتشر (التعرية الغشائية).

– التعرية بالسيلان المركز؛ التعرية بالخدوش (التخديد الأولي). التعرية بالتخديد، التخديد المعمم والأساحل.

– أصناف آخرى للتعرية مرتبطة بنجوخ ضفاف الأودية والحركات الكتلية.

تم جرد هذه المظاهر وتوزيعها المجالي بالحوضين ثم تمثيلها بالشكل رقم 2، وذلك من أجل محاولة فهم واستنباط ما يعكسه هذا التوزيع لهذه الأشكال، ثم تحديد مساحة ونسبة كل مظهر على حدة، ولهذه الغاية، تم الاعتماد على المرئيات الفضائية العالية الدقة، والزيارات المتكررة للميدان للوقوف والمعاينة، للتمكن من رسم مختلف أشكال التعرية الموزعة بالمجال.

إلا أن تمثيل هذه الأشكال تعترضها بعض الصعوبات من قبيل المقياس نظرا لتداخل مجموعة من الأشكال في مناطق ضيقة للغاية، لذلك تم في الكثير من الحالات اللجوء إلى التعميم والاختزال القريب من الواقع، بالاعتماد على الشكل التعروي الطاغي على هذه السفوح الضيقة.



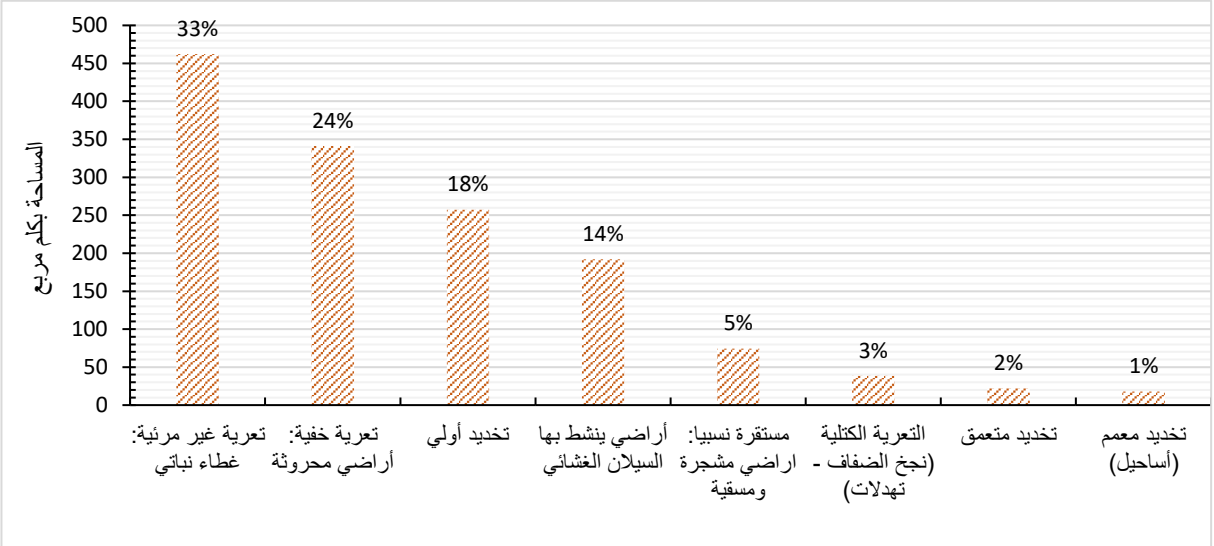
الشكل رقم 2: التوزيع المجالي لأشكال التعرية الحالية بحوضي العابد واتلاغ.

المصدر: صور فضائية لـGoogle Earth 2021، والمعاينة الميدانية.

تتنوع أشكال التعرية بحوضي العابد واتلاغ بفعل العوامل الطبيعية كالانحدارات والتكوينات الجيولوجية والغطاء النباتي الطبيعي (وجوده وغيابه التام)، والتساقطات المركزة في فترة معينة من السنة، ثم الاستغلال المكثف من طرف الإنسان المتمثل في الحرث وغرس الأشجار والرعي، ينتج عن هذه الدينامية ضياع وتدهور قوي وكبير للتربة، وبالتالي استفحال ظاهرة تدهور التربة بفعل التعرية، بهذه المجالات الهشة والعطوبة.

ساهمت هذه الوضعية في تنوع الأشكال التّعروية بالمجال (الشكل رقم 2)، وتم تحديدها في الأراضي التي ينشط بها السيلان الغشائي والأراضي المستقرة نسبيا والضعيفة التعرية بفعل التشجير أو كثافة الغطاء النباتي، ثم الأراضي المحروثة التي لا تظهر بها آثار للتعرية ولكن تعرف تعرية خفية وذلك بفعل إرخاء التربة وتعريضها للتعرية الغشائية بالرغم من كون عملية الحرث تساهم في الرفع من النفاذية (EL Harradji, 2019)، ثم الأراضي التي تنشط بها خدوش سطحية غير متعمقة على شكل خوامش نتيجة تركز السيلان أي التخديد الأولي، ثم أراض تعرف تخديدا متعمقا؛ في أغلب حالته يتجاوز التكوينات السطحية ليصل إلى الأساس الصخري (أبهرور، 2009)، وبدوره ينقسم إلى خدات نشيطة وآخرى مستقرة، ثم التخديد المعمم أو الأساحل، وهذا الشكل ناتج عن كثافة التخديد المركز وتدهور كبير للتربة، ثم الأشكال المرتبطة بنجوخ وتقويض ضفاف الأودية، والاجراف الترابية، ثم أشكال أخرى متربطة بالحركات الكتلية.

للتوضيح أكثر، تم التطرق إلى كل شكل على حدة في المحاور الموالية، وذلك لفهم آليات تشكيلها وامتدادها المجالي عبر تحديد مساحتها ونسبة كل هذه الأشكال داخل المجال ككل (الشكل رقم 3).

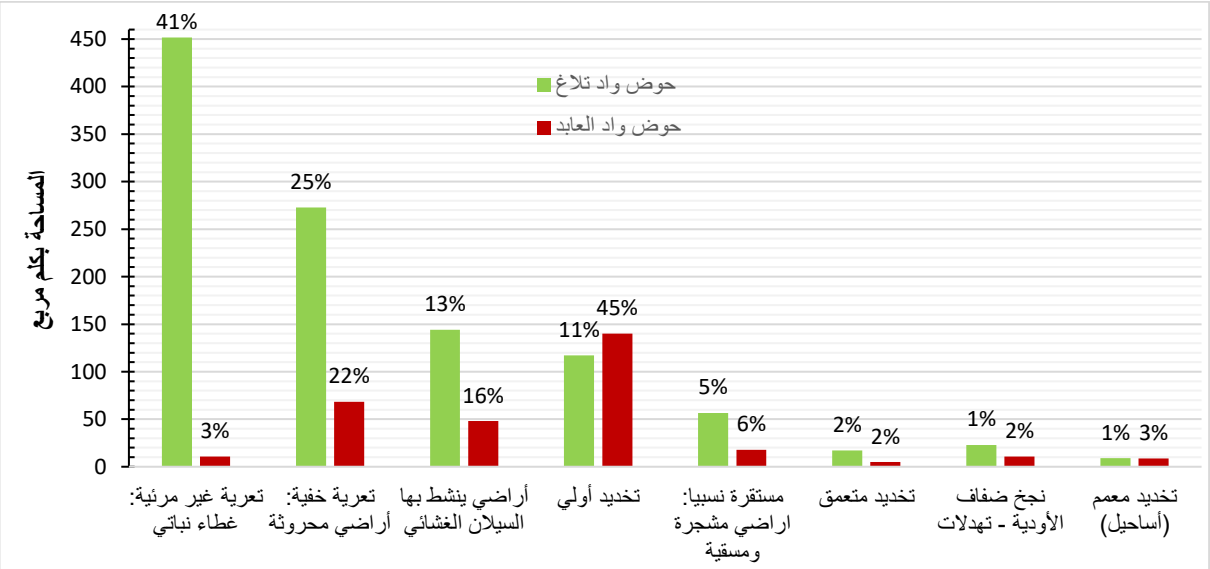


الشكل رقم 3: مساحة أشكال التعرية بمجال الدراسة.

يعرف الامتداد المجالي للتعرية الضعيفة ثلث مجموع مساحة الحوضين بـ 462 كلم^2، ثم الأراضي المحروثة تمثل 24% من المساحة، والأراضي التي تعرف تخديدا أوليا غير متعمق تشكل 18% من المساحة الإجمالية للحوضين، ثم الأراضي التي ينشط بها السيلان الغشائي تغطي 14% من المساحة

والتي تقدر بـ 192 كلم^2، أما باقي المساحة تتوزع على التخديد المعمم والمتعمق، ثم تقويض الضفاف والتعرية الكتلية.

كما أنه تم تحديد هذه النسب المساحية انطلاقا من خريطة الشكل رقم 2، لكل حوض على حدة (الشكل رقم 4)، وذلك بغية المقارنة والتوضيح أكثر للتوزيع المجالي لهذه الأشكال وامتدادها.



الشكل رقم 4: توزيع نسبة ومساحة أشكال التعرية بين حوضي العابد واتلاغ

يتبين من خلال الشكل رقم 4 التوزيع المساحي لأشكال التعرية بين حوضي اتلاغ والعابد، وهذا ما سيفيدنا في تسليط الضوء أكثر على ما يشهده الحوضان من ديناميات، وسيتم التطرق لكل مظهر على حدة انطلاقا من الشكل رقم 2 والشكل رقم 4، في المحاور الموالية، وذلك قصد فهم آليات تشكل هذه الأنواع، وامتدادها المجالي بالحوضين.

3_: السيلان الغشائي أو المنتشر (التعرية الغشائية)

يظهر السيلان المنتشر عندما تفوق كمية المياه المتساقطة قدرة الترب على النفاذية، ويظهر على شكل خيوط مائية ضعيفة ومتشابكة فيما بينها (Birot, 1981). كما ينتج على فائض الماء الذي يتجمع على سطح التربة (Hjulstrom, 1935)، ويظهر السيلان حسب (Horton, 1945) عندما تكون حدة التساقطات أكثر من قدرة النفاذية، أي بعد استقرارها. بالرغم كون من ينفي هذا الارتباط بين الحجم المائي السائل في الحوض وحدة التساقطات (Roose, 1994)، حيث أن السيلان يظهر عندما تتشبع مسامات التربة، وينطلق فوق السفح عندما تتجمع المياه المتساقطة في الحفر الصغيرة التي لا يخلو منها سطح طبيعي فتاتي مهما كان أملس أو مندكا (رحو، 1999)، ثم أن (Valentin, 1981) يربط السيلان بتكوين القشرة المطرية التي تعمل على إغلاق مسام التربة وبالتالي التعجيل بظهوره. يتطور السيلان المنتشر في بداية الخريف قبل مرحلة الإنبات، إلا أن عمليات الحرث تؤدي إلى إزالته مرحليا، غير أن مظاهره تبقى واضحة فوق الأراضي العارية والمستريحة والبوار (فالح، 2004).

بصفة عامة، تمثل التعرية الغشائية عملية الإزالة السطحية، وتعتبر تعرية انتقائية تعمل على إفقار الأراضي من العناصر الدقيقة والإبقاء على المواد الكبيرة، أي ما يعرف بعملية التحجير، وهي من بين أهم مؤشرات هذا النوع من التعرية، كما توضح الصورة رقم 1.

خلال التساقطات الخريفية الأولى يكون السطح عاريا ومجففا وهشا بفعل الحرارة، وعناصر تربته مفككة، وبالرغم من أن عملية إزالة التربة بالسيلان المنتشر تبدو باهتة وغير مرئية، فإنها تؤدي إلى إفقار المسكات العليا للتربة من عناصرها الدقيقة الطينية والمواد العضوية، وبالتالي إلى تغير في النسيج والبنية، وهذا ما يفسر ضعف تطور التربة على السفوح ذات انحدارات قوية ومتوسطة.

كما تعتبر التكوينات الطموية والطينية، خاصة في الأراضي العارية من غطائها النباتي والأراضي المستريحة المشكلة لسفوح سهل تافرطة، وكذلك المجالات المنبسطة المعرضة لاستغلال مفرط في إطار الزراعة البورية والرعي، مساهمة في التعرية الغشائية، (الصورة رقم 1).

الصورة رقم 1: مظاهر السيلان المنتشر بسهل تَفراطة، تحجير بسبب التعرية الغشائية المائية والريحية.

المصدر: عمل ميداني، 01 غشت 2017

يعرف الحوضان انتشارا لظاهرة التحجير؛ أي ظهور الأحجار مختلفة الأحجام على السطح، خاصة على الأراضي المحروثة، لأن الحرث يتسبب في إرخاء التربة؛ وبعد التساقطات، فإن العناصر الدقيقة تتم إزالتها وتحريكها حسب العنف المطري، وبالمقابل لا يمكن تحريك الحجارة بسبب ضعف كفاءة السيلان المنتشر.

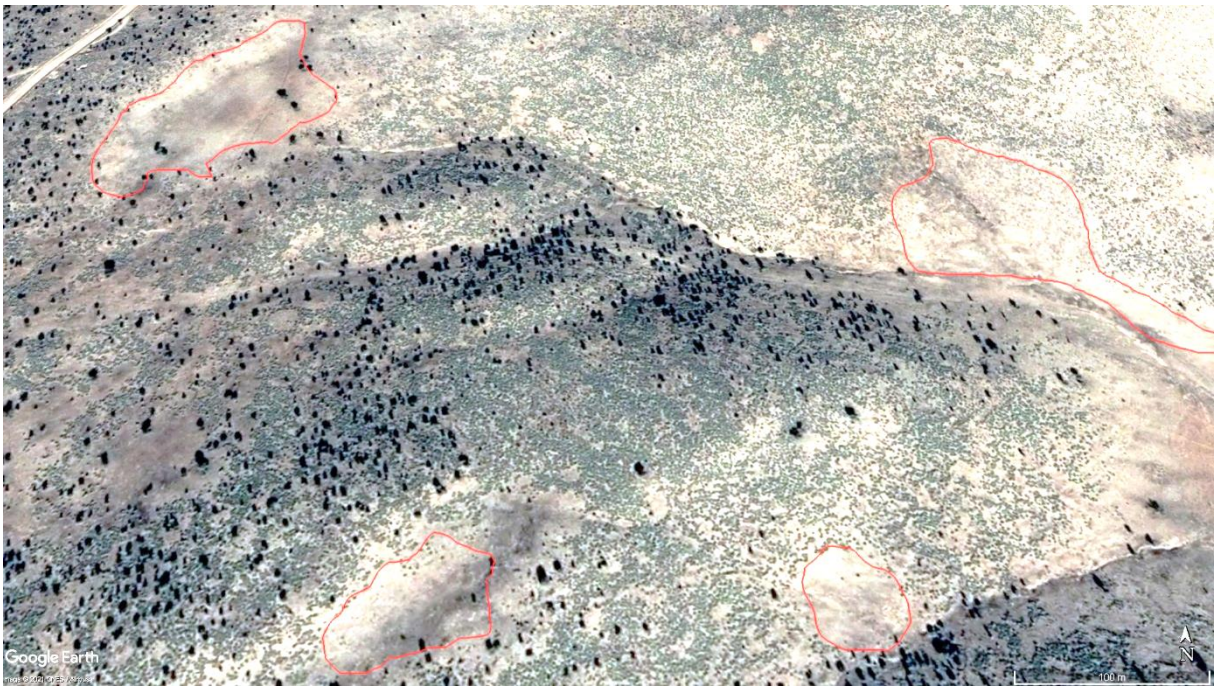
حدوث السيلان الغشائي مرتبط بتكون القشرات المطرية (الصورة رقم 2) نتيجة لمفعول ضربات قطرات المطر، والتي تعمل على غلق مسام التربة وتسريع انطلاق السيلان الغشائي (Valentin et Roose, 1981)، ويزداد السيلان كلما كانت القطرات كبيرة والحادث المطري قصيرا زمنيا، وكمية التساقطات كبيرة على شكل زخات (الكتيف، 2018).

الصورة رقم 2: حالة لمظهر القشرة المطرية التي ينشط بها السيلان الغشائي، بسافلة حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 12 غشت 2018

يؤدي سقوط الماء على سطح عار إلى تكون قشرة مطرية، (الإرسابية وليست البنيوية)، نظرا لأن القشرة البنيوية غير ناتجة عن المطر بل هي بفعل التحام المواد، حيث تخترق المواد الدقيقة المواد الخشنة وتملأ الفراغات، أما القشرة التي في الصورة رقم 2، فهي ناتجة عن ذوبان بعض المواد بفعل مياه الأمطار، مما يؤدي إلى إغلاق المسام والمساهمة في انضغاط التربة وتقويض نفاذيتها نتيجة للتبليط والتمليس اللذان يلحقانها، والشقوق التي تظهر في هذه القشرة هي بفعل اليبس (الراي، 2020). وهذا ما يؤكد فكرة أن تقليل النفاذية يعتبر من بين انعكاسات القشرة المطرية التي تحفز السيلان وبالتالي انطلاق التعرية المائية (Annabi, 2005)، مع العلم أن انطلاق السيلان لا يقع مكان تشكل القشرة المطرية، وإنما في مكان آخر من خلال مساهمة هذه القشرة في التراكم التدريجي للماء في ضايات وبرك. انتشار هذه القِشْر يعبر عن تدهور الأراضي بهذه المجالات، وذلك من خلال تراجع الغطاء النباتي الطبيعي الذي يشكل الحاجز الواقي.

يمتد وينشط السيلان الغشائي على سفوح دون غيرها، وأحيانا نجده ضمن نفس السفح في العالية سيلا غشائيا غير سافلته التي تعرف مظهرا آخر (الصورة رقم 3).



الصورة رقم 3: تباين الانتشار المجالي لمظهر التعرية الغشائية، بفعل السيلان الغشائي، سفوح العالية بالجنوب الشرقي لحوض اتلاغ.

المصدر: Google earth 2020

ينشط السيلان الغشائي في عالية الحوض، في حين تعرف السافلة استقرارا نسبيا أو تعرية ضعيفة بفعل الغطاء النباتي، ومظاهر تعروية آخرى كتركز السيلان (الصور رقم 3 و4). وهي حالات كثيرا ما نجدها بالمجال.

الصورة رقم 4: انتشار السيلان الغشائي بسفوح دبدو، عالية حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 21 نونبر 2018.

يمتد السيلان الغشائي مجاليا في سافلة حوض العابد على تلال شبكة الركنة، والزركة، وجزء من وسطه شرقا على كدية الكلب الحاير، ثم عالية حوض اتلاغ بالجنوب الغربي شرق سفوح دبدو، والوسط

على ضفاف واد وزغت، وفي جنوب سهل تَفراطة وهوامشه، ثم شرق حوض اتلاغ على سفوح جبل عبيدة(الشكل رقم 2). ويمثل هذا المظهر 192 كلم^2، من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة، أي 14% منها (الشكل رقم 3)، و144 كلم^2 من مساحة حوض اتلاغ بنسبة 13%، ثم 48 كلم^2 من مساحة حوض العابد بنسبة 16% (الشكل رقم 4).

يعتبر السيلان الغشائي من بين أشد وأخطر عوامل تدهور الترب بالمنطقة، وإن كان ذلك على المدى الطويل وبشكل متدرج، وتكمن هذه الخطورة في كون فعله يظل خفيا ولا يلاحظ، لأنه لا يترك أشكالا بارزة، ولا يمكن ضبطه إلا بالقياس الدقيق لطبوغرافية السطح خلال المعاينة الميدانية (نافع، 2002).

4_ السيلان المركز (التعرية الخطية المركزة)

تتدهور الأراضي بفعل السيلان المركز (التعرية الخطية المركزة)، نظرا لعدم نفاذية الصخور وتباين مقاومتها، وعنف التساقطات، مما يؤدي إلى ظهور أشكال مختلفة لمظاهر السيلان المركز، من حيث العمق والعرض والانتشار، كما تختلف حسب درجة الانحدار وشكل وتوجيه السفوح واختلاف نوعية الصخور والتكوينات السطحية. هذه العوامل تؤثر عن طريق تداخلها في نشاط وحدة التعرية بالسيلان المركز، وهذا ما أكده مجموعة من الباحثين، نذكر منهم رحو (1999)، وشاكر (1998)، وفالح (2004)، ووحمد (2004)، وأبهرور (2009)، وعثماني (2015)، والكتيف (2018).

4_1: التخديد الأولي / التعرية بالخدش

تظهر علامات السيلان الأولي الذي يتجه نحو التجميع والتركز، فتتشكل خوامش سرعان ما تتطور إلى خدات بفعل ارتفاع قدرة السيلان على الحفر (الراي، 2020). وتعد هذه عتبة ينتهي عندها السيلان الغشائي ودخول مرحلة التعرية بفعل السيلان المركز، وتختلف هذه العتبة من سفح لآخر تبعا للظروف المتحكمة في هذه الدينامية كالنفاذية والتسرب والعنف المطري... (الكتيف، 2018).

عندما تتجاوز سرعة السيلان السطحي 25 سنتمتر في الثانية، يبدأ السيلان في التركز حسب (Hjulstrom, 1935)، كما أن تركز السيلان يبقى رهينا بالقوة التي تكتسبها المياه بفعل السيلان، لتتجاوز قدرة الترب على مقاومته، ثم تتركز على شكل مسايل بالترب (López–Bermúdez, 1996)، كما يظهر التخديد الأولي على خوامش يتراوح عمقها بين 3 و30 سنتم، نشأتها مرتبطة بالتساقطات الأولى لفصل الخريف (فالح، 2004)، خاصة فوق الأراضي المحروثة حديثا (Kouri, 1993)، تتطور مع توالي التساقطات لتصبح أكثر عمقا لكنها تتلاشى مع الحرث المتعمق (أبهرور، 2009).

يمكن تصنيف هذا المظهر حسب الجدول رقم 1 إلى ثلاث فئات، وهي الخدوش، وهي أقل من 5 سنتم، والأثلام مابين 5 و10 سنتم، ثم الخوامش من 10 إلى 30 سنتم. أما أكثر من 30 سنتم يعتبر تخديدا.

الجدول رقم 1: أشكال التعرية الخطية المركزة حسب (Boiffin et al. 1986)

العمق بسنتم cm	العرض بسنتم cm	الطول والامتداد بالمتر m	أثر	الشكل
أقل من 5	أقل من 10	أقل من 1	متموج ومتعرج	خدوش
10 – 5	20 - 10	عدة أمتار	خطي ومستقيم	أثلام
30 – 10	70 - 5	عشرات الأمتار	متموج ومتعرج	خوامش
50 – 30	100 - 50	مئات الأمتار	قليل التموج	خدات
200 – 50	100 - 50	مئات الأمتار	قليل التموج ومتصل	خدات متعمقة ـ تخديدات

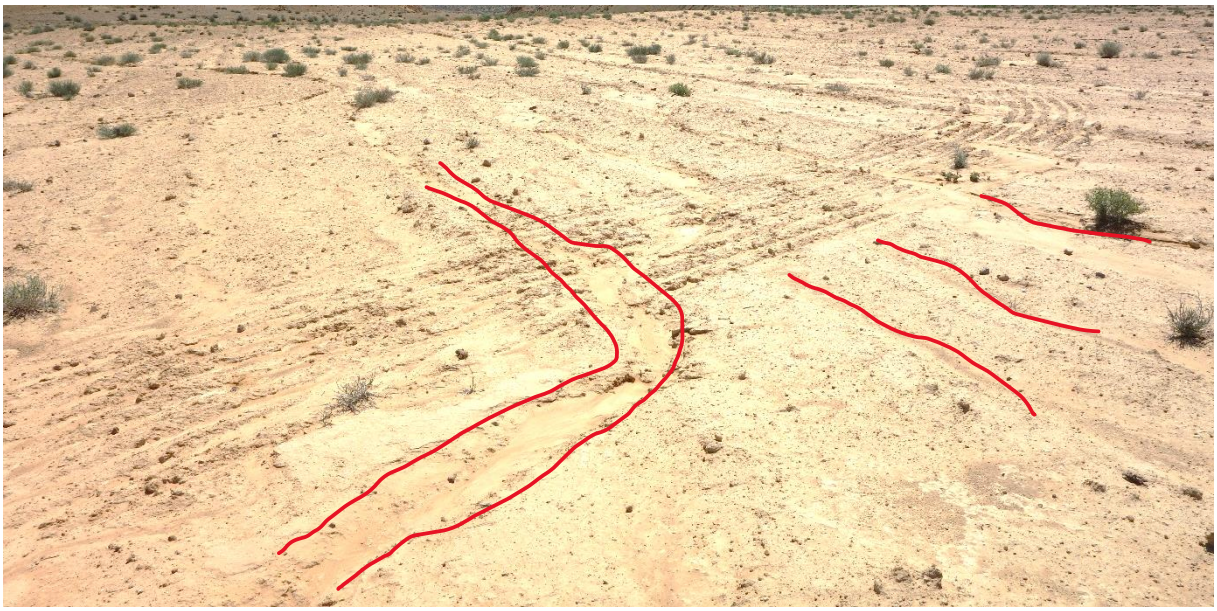
من خلال المعاينة الميدانية، تظهر بالمجال أشكال أولية للتعرية المائية نتيجة تركز السيلان الأولي (الصورة رقم 5) وذلك بفعل ارتفاع قدرة السيلان على الحفر.

الصورة رقم 5: تباين انتشار اختلاف الخدوش والخوامش بحوضي العابد واتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.

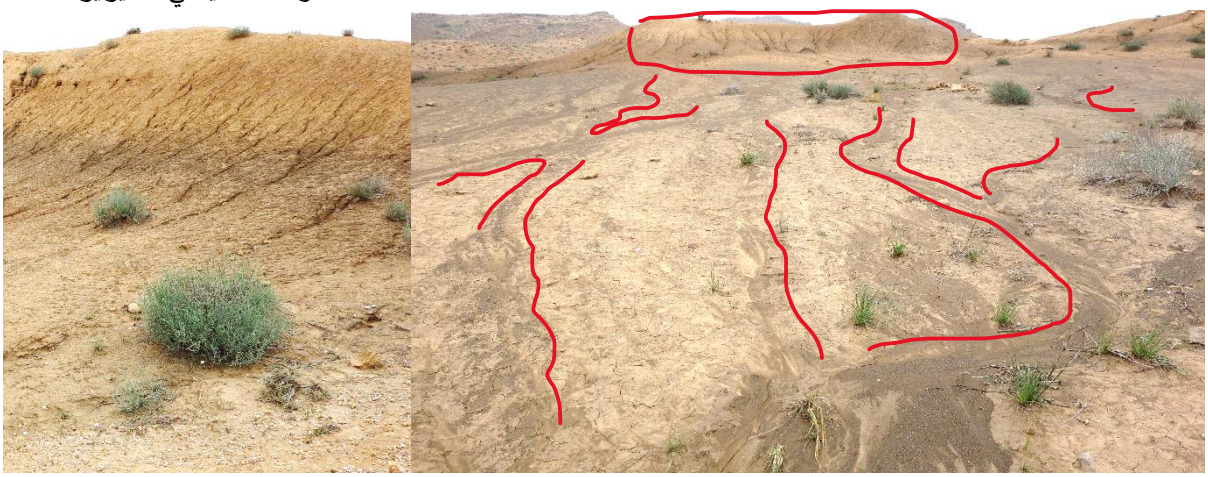
ترتفع قدرة السيلان على الحفر بسبب عنف التساقطات فوق مجالات عارية وشبه عارية من التغطية النباتية، وتربة متصلبة بسبب اليبس ثم تواجد قشرات مطرية التي تغلق مسامية التربة، مما يؤدي إلى ضعف النفاذية.

تلعب التدخلات البشرية دورا مهما في انطلاق التعرية وتطورها أيضا. بصفة عامة، بعض الأشكال الأولية يتم تعديلها بالحرث، خاصة أنها تظهر بالأراضي المستريحة (الصورة رقم 6)، وآخرى تظهر بالمنخفضات القريبة من الأراضي المحروثة والمحاذية للأودية (الصورة رقم 7).



الصورة رقم 6: ظهور خوامش بأرض مستريحة بفعل السيلان الأولي.

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.



الصورة رقم 7: اختلاف الخدوش والخوامش بضفاف الأودية.

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.

ينتشر التخديد الأولي (الشكل رقم 2) بعالية حوض اتلاغ بأقصى الجنوب الشرقي للحوض؛ بالأراضي المنبسطة القريبة من ضفاف الأودية، وبالجزء الجنوبي لسهل تَفراطة بداية سفوح دبدو، ثم سافلة الحوض بالاراضي المنبسطة السهلية. أما بحوض العابد، فهو الأكثر ظهورا، ويمتد تقريبا على نصف مساحة الحوض. يمثل هذا المظهر 18% من مساحة المجال المدروس، أي أكثر من 250 كلم^2 (الشكل رقم 3). وتتباين هذه المساحة بين الحوضين حيث أنها تشكل 45% من مساحة حوض العابد، أكثر من 140 كلم^2، و11% من مساحة حوض اتلاغ، أي ما يزيد عن 110 كلم^2.

تظهر هذه الخدوش في بعض السفوح عند منتصفها ثم تتطور إلى خدات عند السافلة، وآخرى تعرف نشاطا بسافلة هذه السفوح خاصة بالمنخفضات التي تعرف نوعا من الانبساط على ضفاف الأودية، والتي تعرف نشاطا للخدوش بعاليتها التي ترتبط بالسطوح الهضبية.

تؤدي الأشكال الأولية عند تجاوز عتبة معينة إلى تشكل خدات تنشط انطلاقا من السافلة، ويصعب مسح ومحو الخدات بواسطة التقنيات الزراعية العادية (Roose, 2010).

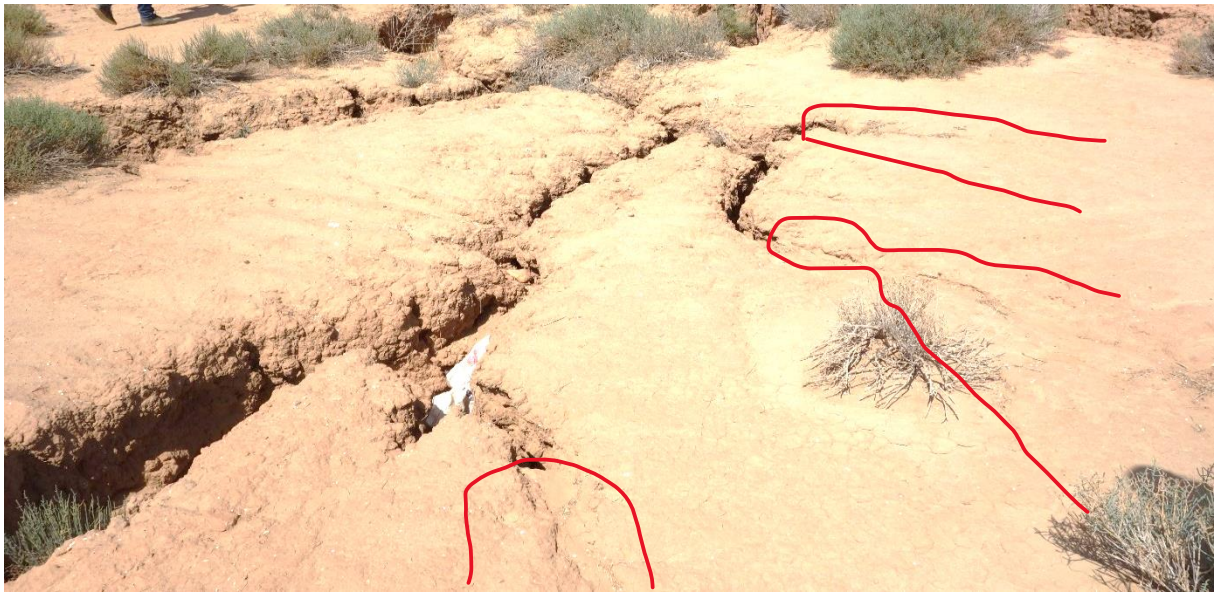
4_2: التعرية بالتخديد

من بين أهم المظاهر التي تهدد تربات المنطقة بالزوال والاقتلاع هي التعرية بالتخديد، حيث أنها تعيق استغلال السطوح نظرا لما تخلفه من خدات تختلف أشكالها وأحجامها ودرجة تعمقها (الكتيف، 2018)، وفي بعض الحالات تتعمق لتصل إلى الأساس الصخري (أبهرور، 2009)، كما أن تطور هذه الخدات يرجع إلى تضافر العوامل الطبيعية والبشرية، كالعنف المطري وهشاشة التكوينات الصخرية، ويلعب تدهور الأراضي بفعل الاستغلال المكثف الدور الكبير في تطور التخديد بمجالات واسعة لم تكن معرضة لهذا النوع من التعرية، وذلك بسبب القضاء على غطائها النباتي تدريجيا عن طريق الرعي الجائر والزراعة. فلا يقتصر نمو التخديد على الظروف الطبيعية الهشة ولكنه يرتبط أيضا باستعمالات الأراضي وخاصة الزراعة والرعي (Gauché, 2005). يمكن التمييز بين خدات نشيطة وأخرى مستقرة موروثة عن دينامية قديمة أونباتية.

4_2_1: الخدات النشيطة

تعرف الخدات النشيطة دينامية متواصلة من حيث تعمقها الرأسي والجانبي، كما أنها ذات حواف حادة. وقد ميز Roose (1994) بين ثلاثة أشكال رئيسة التي يتخذها التوسع الأفقي للخدات، وهي توسع التخديد فوق مواد غير متجانسة، ومواد متجانسة، وفوق مواد رخوة وتوسع الخدة عن طريق التعرية التراجعية.

يعبر التخديد عن التعرية التراجعية التي يتحكم فيها انخفاض مستوى القاعدة، والمسيلات الصغيرة المغذية لها في العالية، كما تساهم المسيلات رغم أنها غير واضحة المعالم في تطور هذه العملية (الصور رقم 8 و9).



الصورة رقم 8: مسيلات صغيرة غير واضحة تغذي التخديد في سافلة حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 3 يوليوز 2019.

الصورة رقم 9: تخديد تراجعي؛ بعمق إلى الداخل، تعرية رأسية وعميقة، بسافلة حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 3 يوليوز 2019.

تنتج هذه الظاهرة عن استمرار عملية الحفر بالخوامش التي تتطور إلى خدات، وتزيد المياه الجارية في تعميق الخدات واتساعها، ويعتبر العامل الصخري خاصة انتشار التكوينات الصخرية الهشة وعامل الانحدار والعنف المطري من أهم عوامل نشأة وتشكل الخدات على طول السفح. يعتبر التخديد عاملا مسؤولا عن تدهور الأراضي، فهو يحدث تغيرات مستمرة في شكلها، ويزيل كميات مهمة من الرواسب، خاصة الرصيد الترابي للمجالات الزراعية والرعوية (الصورة رقم 10)، التي تشكل موردا اقتصاديا هاما للسكان المحليين. كما يهدد هذا النوع من التعرية البنيات التحتية (الصورة رقم 11).

الصورة رقم 10: تعرية بالتخديد تعيق المجال الزراعي، بعالية حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 9 يونيو 2020.

الصورة رقم 11: طريق مهددة بسبب التعرية التراجعية، الطريق الرابطة بين حامة قطيطر والطريق الوطنية 6.

المصدر: عمل ميداني، 11 أبريل 2021.

يتطور التخديد فوق المسكات العليا للتربة السميكة والتوضعات الرباعية، خاصة الطموية، بسبب تجمع مياه السيلان على السفوح المشكلة للحوض، بالإضافة إلى تدهور وانفراج في الغطاء النباتي بسبب الرعي الجائر والاجتثاث. وقد ساهم التردد الكبير للمواشي على هذه المجالات في زيادة الممرات على السفوح، واندكاك السطح، مما أدى إلى انطلاق وتركز السيلان مع الانحدار (الصورة رقم 12).

الصورة رقم 12: تعرية بالتخديد المتعمق بالمجال الزراعي، بعالية حوض اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 9 يونيو 2020.

يظهر التخديد المتعمق بسهل تَفراطة محدثا تطورا رأسيا وجانبيا بشكل تدريجي أثناء الزخات العنيفة خلال نهاية فصل الصيف وبداية فصل الخريف.

4_2_1: الخدات المتوازنة

يتمثل هذا النوع من التعرية في الخدات الموروثة عن مراحل التشكيل السابقة والتي تعرف حاليا استقرارا نسبيا، ويتميز شكله بالسفوح المحدبة (الصورة رقم 13)، وانتشار الغطاء النباتي بهذه الخدات (الصورة رقم 14)، مما يحد من أي تطور رأسي أو أفقي، وأحيانا تهدد بعض الأنشطة البشرية وتحد من نشاط بعض الخدات بفضل تهيئة هذه الرقع الزراعية.

الصورة رقم 13: تخديد يتميز شكله بسفوح محدبة مما يدل على استقراره وكونه موروثا، بسافلة حوض العابد.

المصدر: عمل ميداني، 6 أكتوبر 2019.

الصورة رقم 14: خدات خامدة ومتوازنة بالغطاء النباتي في بطونها، عالية حوض اتلاغ (وادي دبدو).

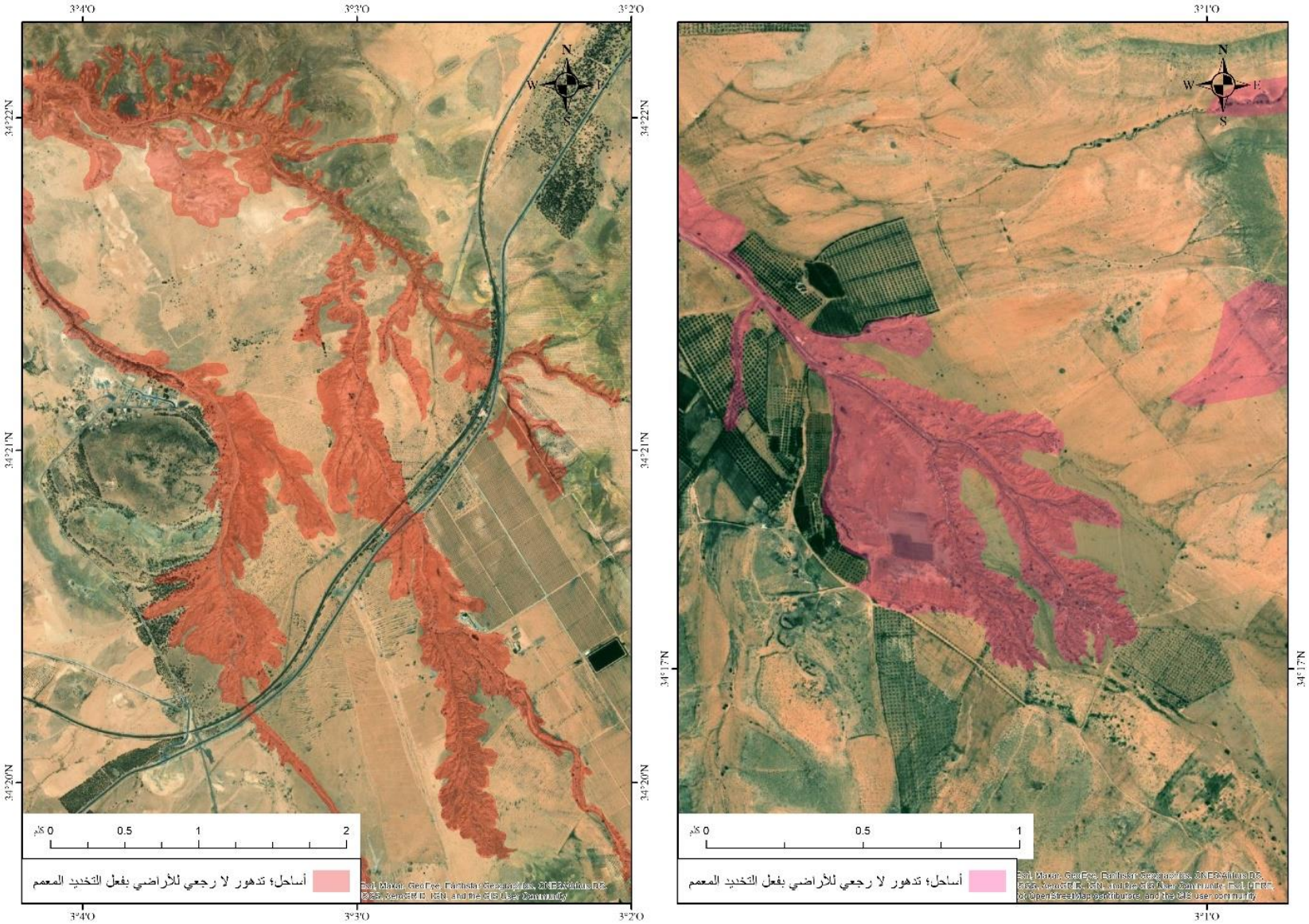
المصدر: عمل ميداني، 29 شتنبر 2019.

الخدات الموروثة مستقرة نسبيا، تعمل على تصريف المياه المطرية، ويصل عمقها إلى عدة سنتمترات، وتعرف أشكالا من التعرية على ضفافها، بواسطة المرور المتكرر للمواشي، مما يؤدي إلى تطور هذه الأشكال التي تتجلى في انسياخ التربة تجاه الشعاب والمجاري المائية، كما تنتشر خدات مستقرة بفعل الغطاء الغابوي في العالية، ثم ينضاف دور الصخارة إلى هذا الاستقرار.

تنتشر التعرية بالتخديد بصفة عامة على جميع مناطق المجال، إلا أن الخدات المستقرة تتركز في العالية لحوض اتلاغ (حوض دبدو وويزغت)، نظرا لتواجد غطاء نباتي بهذه المنطقة عكس الخدات النشيطة التي تنتشر على سهل تَفراطة وسافلة الحوضين نظرا للانبساط والتكوينات الهشة الحديثة (الشكل رقم 2)، وهذا المظهر من التعرية يشكل نسبة 2% من مساحة المجال المدروس (الشكل رقم 3)، ولكن بنسبة 5.2% من أشكال التعرية بالمجال، ويغطي 5 كلم^2 من حوض واد العابد، و17 كلم^2 من حوض واد اتلاغ بنسبة 2% من مساحة كل من الحوضين (الشكل رقم 4)، وتنقسم إلى 40% منها ما هو متسقر، والباقي نشيط.

4_3: التخديد المعمم (الأساحل)

الأساحل هي نتيجة كثافة وتركز التدهور اللارجعي للأراضي. ينتشر بالمجال المدروس فوق التكوينات الطموية الهشة بسهل تَفراطة السفلى (الشكل رقم 2)، أو فوق التكوينات الصلصالية الميوسينية بسافلة حوض واد العابد قرب حامة سيدي شافي (الشكل رقم 5)، وتظهر مع بروز أعراف حادة، مما يؤكد أنها حديثة النشأة والتشكيل (الصورة رقم 16)، وأنها تتطور بسرعة، وهذا ما سيتضح في الفصل الموالي المرتبط بتطور أشكال التعرية زمنيا. رغم أن هذه الأساحل لا تنتشر بكثرة بالمجال إلا أن خطورة التدهور تكمن في كمية اقتلاع وبتر التربة التي تصل أحيانا إلى عشرات المرات، بل مئات المرات مضاعفة مع المناطق الآخرى المجاورة لها، لأنها تنشط الانهيارات أيضا. وهذا ما سيتم تأكيده في القسم الثاني، في الفصل السادس الخاص بالقياسات الدقيقة المباشرة في الميدان.



الشكل رقم 5: باليمين، حالة من توزيع التعرية التراجعية على ضفاف واد العرض بتَفراطة السفلى، وسط حوض العابد. باليسار، تعرية تراجعية على ضفاف واد القطارة وواد العابد قرب حامة سيدي شافي، سافلة حوض العابد.

المصدر: خلفية صور فضائية لESRI سنة 2020.

ينتشر التخديد المعمم أو التعرية التراجعية بالمجال المدروس على امتداد 17 كلم^2 فقط، أي 1.25% من إجمالي المساحة، إلا أنها تشكل 3.36% من أشكال التعرية الآخرى (الشكل رقم 3)، وتتوزع على ضفاف الأودية التي تعرف هذا النوع من التدهور (الصورة رقم 15).

الصورة رقم 15: أشكال من التخديد المعمم بمجال الدراسة.

المصدر: عمل ميداني، 6 أكتوبر 2019، و17 أبريل و6 يونيو 2021 بتقنية الطائرة المسيرة.

الصورة رقم 16: تخديد معمم ومركز حديث، مع بروز "أعقاب"، قرب حامة سيدي شافي.

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.

تمثل الأساحل بحوض واد العابد 3% من مساحته حيث تمتد على 9 كلم^2، ونفس المساحة على حوض واد اتلاغ أي بنسبة 1% منه. ومن خلال الملاحظة، يتبين أن هذه الأساحل تنشط في سفوح دون غيرها على الرغم من أنها تتشابه من حيث الانحدار والتكوينات، وهذا التفاوت في التوزيع المجالي يطرح أسئلة حول أسبابه وعوامله، وهو ما ستتم معالجته في القسم الثاني؛ في الفصل المتعلق بالتتبع الدقيق لهذه الدينامية لبعض الأساحل.

5_ تقويض ونجوخ الضفاف وأساليب وأشكال آخرى مرتبطة بالحركات الكتلية

تنتشر الأشكال المرتبطة بتقويض الضفاف بنجوخ القاعدة على جوانب المجاري المائية وبعض الشعاب، خصوصا الضفاف التي تشرف على السفوح مباشرة بانحدارات قوية، مما يؤدي إلى انهيار مستمر للتربة وسط المجاري، وهذا يساهم بشكل كبير في نسبة توحل السدود في السافلة، وبالتالي لهذا المظهر آثار كبيرة على المنشآت البشرية أكثر من الأشكال الآخرى (أبهرور، 2009).

يعرف مجال الدراسة انهيارات مهمة، حيث أنّ عملية الحفر في أسفل التكوينات تعرض الجزء الأعلى لانهيار بسبب فقدان التوازن، لذلك نصادف في المجال انهيارات بأحجام مختلفة أو تكوينات متشققة على وشك الانهيار بسبب هشاشة التكوينات وفقدان التوازن (الصورة رقم 17).

الصورة رقم 17: انهيار كتل وسط المجرى وتشقق كبير على وشك الانهيار على ضفاف واد اتلاغ.

المصدر: عمل ميداني، 13 أكتوبر 2019.

ترتبط هذه الأشكال بالمنعطفات القوية للواد مما يؤدي إلى نجوخ القاعدة ثم الانهيار بفعل عمليات الحفر الجانبي الناتج عن قوة فعل المياه الجارية (الصورة رقم 18)، ثم يؤدي إلى الاتساع العرضي للمجاري على حساب الأراضي الفلاحية المجاورة.

الصورة رقم 18: انهيار كتل كبيرة ومهمة، تساهم في التوحل السريع للسدود.

المصدر: عمل ميداني، 13 أكتوبر 2019.

تبقى بعض الأجزاء جسورا معلقة شاهدة على تطور عملية التخديد التي تنتج عنها انهيارات مهمة (الصورة رقم 19)، ثم تعرية جوفية باطنية تساهم في إزالة حجم مهم من المواد بفعل هشاشة التكوينات.

الصورة رقم 19: انهيار كتل كبيرة ومهمة بفعل التعرية الباطنية الجوفية، وجسور معلقة شاهدة قريبة من الانهيار.

المصدر: عمل ميداني، 13 أكتوبر 2019.

هناك أصناف آخرى مرتبطة بالحركات الكتلية، وتتوزع على سفوح التلال والمناطق التي توافق الأجراف ذات الانحدارات القوية حيث تتأثر جبهاتها المتصدعة بالجاذبية، مما ينتج عنه انهيار وسقوط مفاجئ للكتل الصخرية من أحجام متفاوتة. كما توجد مهيلات مرتبطة بتكوين الصخور الصلبة حيث تنزلق أجزاء صخرية من العالية ومن وسط السفوح إلى السافلة (الصورة رقم 20).

الصورة رقم 20: انهيال أجزاء صخرية من العالية نحو الأسفل بتل لزرق، قرب حامة لقطيطر

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 17 شتنبر 2017.

بفعل الجاذبية ينشط معها حركية هذه المواد، التي تتدحرج وتتساقط بالسافلة تبعا للانحدار (الصورة رقم 21).

الصورة رقم 21: تدحرج الصخور تبعا للانحدار، قرب حامة لقطيطر.

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 6 أكتوبر 2019.

تظهر هذه الأشكال في وسط الحوضين بسهل تَفراطة تبعا للأجراف الترابية المرتبطة بتقويض ضفاف الأودية، (الشكل رقم 2). وفي عالية حوض اتلاغ، تظهر الأشكال المرتبطة بالحركات الكتلية، كما تظهر كذلك في سافة حوض واد العابد، وتتوزع على سفوح التلال وحواف الهضاب تبعا للانحدارات القوية. يشكل هذا النوع 3% من المساحة الإجمالية للحوضين، و7% من حجم أشكال التعرية، ويمتد على مساحة 38 كلم^2، حيث تتوزع هذه المساحة على حوض واد اتلاغ بـ 27 كلم^2، و11 كلم^2 بحوض واد العابد.

خلاصة

يتضح من خلال جرد مظاهر وأشكال التعرية المائية المختلفة، المنتشرة بحوضي العابد واتلاغ، أن المنطقة تعرف نشاطا مورفوديناميا قويا ومتنوع المظاهر والأشكال، والذي يصنف حسب نوعيته وحدته (سيلان منتشر، وسيلان مركز؛ تخديد، وحركات كتلية، وتآكل ضفاف الأودية).

من الآثار السلبية التي تنعكس على انتشار التخديد المتطور والسيلان المركز والحركات الكتلية بهذه المنطقة الجافة عموما، أنها تؤدي إلى فقدان التربة، وضياع الأراضي بشكل عام وصعوبة استغلالها، والتعرية الغشائية يزداد تأثيرها السلبي في عملية الإزالة النوعية والكمية للعناصر الدقيقة والمواد العضوية بكل التربات المستغلة فلاحيا بالحوضين (موماديلي وأخرون، 2019_ب).

يتطور السيلان المائي بالمنطقة، فوق جميع فئات الانحدار، ويرتبط ارتباطا وثيقا بطبيعة الاستغلال غير الملائم مع الوسط الطبيعي الهش. كما يعم السيلان المنتشر والمركز جميع الأراضي المستغلة فلاحيا والانحدارات التي تتعدى درجتها 3°، والمنخفضات، والسهول، وعند قدم الجبل، ويؤدي التعمق الرأسي للتخديد وتوسعه الجانبي، رغم امتداده المجالي المحدود إلى اقتطاع أجزاء مهمة من المجالات وإلى وصعوبة استغلال الأرض، وبالتالي التخلي عنها (موماديلي وأخرون، 2019_ا).

التعرية بالتخديد المتعمق بالمجال الزراعي الذي في الأصل هو رعوي، لكن هذه الأراضي تتحول إلى زراعية من حين لآخر بطريقة غير مدروسة وفي وسط غير ملائم. ومن النتائج السلبية لذلك أن هذه الأراضي لا هي زراعية بامتياز ولها مردودية جيدة. ولا هي حافضت على خصوصيتها في بيئتها الأصلية الخاصة، التي تتميز بالاراضي رعوية بامتياز.

أما الحركات الكتلية، فإن نشاط بعضها يرتبط أيضا، بالعوامل البشرية المحركة لانطلاقها، وتعمل التساقطات المطرية الاستثنائية العنيفة والمسترسلة، وكذا تراجع وتدهور الغطاء النباتي، بالإضافة إلى الاستغلال المفرط للأراضي بواسطة أنشطة الرعي والزراعة، على الزيادة في هشاشة وتسريع تطور هذه الحركة.

كما يتبين من خلال التتبع الميداني تداخل وتضافر العوامل المسؤولة على هذه الأشكال، مما يفسر تواجد أشكال تعروية متداخة فوق نفس السفح (Sbai et Mouadili, 2021)، وهذا التداخل يؤثر بشكل واضح في التوزيع المجالي لأشكال التعرية. وبهذا يطرح التساؤل حول ما سبب تباين توزيع مظاهر التعرية؟ وما هي مراحل تدهور الأراضي؟ سنحاول من خلال الفصل الموالي المتعلق بالدراسة التطورية لأشكال التعرية الإجابة عن هذه التساؤلات.

الفصل الثاني: دراسة تطورية لمظاهر تدهور الأراضي وتنظيق الاستقرار

مقدمة

إن تداخل العوامل الثابتة والمتغيرة كالانحدارات، وكثافة التصريف، والصخارة، والغطاء النباتي والتساقطات، أعطى دينامية خاصة فوق السفوح المشكلة لمجال الدراسة. تتمثل هذه الدينامية في ظهور أشكال متعددة من التعرية المائية تختلف من حيث الحدة والعمر، وبعضها يساهم في تغذية الأودية بالحمولة الصلبة وبالتالي يساهم في خطر توحل السدود في السافلة. وتدهور الأراضي في العالية.

في هذا الفصل، ستتم دراسة تطور هذه الأشكال من حيث الحدة والسرعة أو الوتيرة، ثم تحديد مدى استقرارها ونشاطها؛ لذلك ستتم دراسة الوضعية التي كانت تشهدها هذه المناطق بفعل تتبع مظاهرها وتدهور التربة من خلال مؤشرات التربة اعتمادا على المرئيات الفضائية لسنوات 1986 و2001 و2018، بهدف معرفة ما إذا كان هذا التدهور موروثا للفترات السالفة أو هو نتاج لتحولات وتغيرات عرفها المجال مؤخرا. ثم أخذ حالات لبعض المظاهر الأكثر حدة وسرعة تطورها، لدراستها باعتماد الصور الجوية لسنة 1986، والصور الفضائية العالية الدقة 2021.

1_: دراسة تطورية لمظاهر تدهور الأراضي من خلال مؤشرات دراسة التربة بمرئيات القمر الصناعي لاندسات

كثيرا ما استخدم الاستشعار عن بعد ومرئيات الأقمار الصناعية لرصد تغير الأراضي والتتبع البيئي بما في ذلك دراسة تدهور الأراضي بتعديل مؤشر التربات العارية (Nguyen et al. 2021). تتعدد وتتنوع الأقمار الصناعية من حيث الدقة التمييزية المساحية، والدقة الطيفية (عدد الأحزمة والقنوات)، والدقة الإشعاعية (التدرج في اللون الرمادي–مجال عدد المعطيات في الحزام الواحد)، والدقة الزمنية أي مدة تردد القمر على نفس المنطقة، ثم تباين هذه الأقمار من حيث الوصول إلى المعطيات مجانا وبدقة عالية مثل Sentinel المتاحة فقط منذ 2015. ولدراسة تطور مظاهر تدهور التربة بمجال الدراسة، حاولنا الاستفادة من معطيات القمر الصناعي Landsat بجيليه الرابع والخامس للخرائط الموضوعاتية، والجيل السابع للخرائط الموضوعاتية المحسن، والجيل الثامن المتعدد الأطياف، حيث أن هذه الأجيال استخدمت بشكل واسع في العديد من الدراسات حول العالم، وذلك لأن معطياتها متوفرة منذ 50 سنة (Wulder et al. 2019)، بدقة مساحية متوسطة (30 متر).

1_1: منهجية العمل

إن مراقبة الأراضي العارية والمكشوفة والتربة بالاستشعار عن بعد أمر بالغ الأهمية لتخطيط استخدامات الأراضي والممارسة الزراعية واتخاذ القرار، لذا اقترح عدة باحثين مجموعة من المؤشرات الطيفية المشتقة من لاندسات للتمييز بين الأراضي العارية والمتدهورة والأراضي الآخرى، ويتم حساب هذه المؤشرات انطلاقا من أحزمة لاندسات لاختلاف طول موجاتها، التي تمثل الطيف المرئي، والموجات تحت الحمراء القريبة Near Infrared (NIR)، والمتوسطة Short–Wave Infrared (SWIR)، والبعيدة أو الحرارية Thermal Infrared (TIR)، وبعض المؤشرات تدمج أربع نطاقات.

اقترح (Koroleva et al. 2017) نهجا لفصل التربة العارية باستخدام الطيف الأحمر والقريب من الأحمر Red–NIR، والذي يعد أساسًا رئيسيًا في تحديد نوع التربة (Koroleva et al. 2018). على الرغم من أن التربة العارية لها انعكاسية في هذا الطيف أقل من الغطاء النباتي (Koroleva et al. 2017)، مما يؤدي إلى صعوبة التمييز بين التربة العارية وأنواع الأرضي الآخرى بشكل عام (Lin et al. 2005)، فقد تم تطوير مؤشرات للكشف عن سمات التربة وقدرتها على التمايز، وهي كثيرة (Henrich et al. 2020).

تكون التربة عارية في بداية الخريف (رحو، 1999)، وبمنطقة دراستنا تكون أراضي البور والبوار عارية وخالية من بقايا النبات (الأنفوضة)، أو معدة للحرث والعملية التي تسبق الحرث مما يجعلها رخوة. وتنتمي إلى منطقة شبه قاحلة، بها غطاء نباتي متدهور، خاصة في هذه الفترة التي تغيب فيها النباتات الموسمية، وبالتالي تكون الأسطح عارية.

تمت الاستعانة بمجموعة من البرمجيات المعلوماتية لهذا الغرض، كمعالجة المرئيات وتصنيفها وإحصائها (eCongnition ; ENVI ; SNAP)، ثم للإحصاء برمجية SPSS وSTATISTICA نظرا للتكامل بين هذه البرمجيات. ولبلوغ هذا الهدف، تم اعتماد المراحل التالية:

أ: اختيار المؤشرات الملائمة لمجال الدراسة، وتوفر معطياتها في المكان والزمان، ثم استغلال جميع أطياف الأحزمة، خاصة أحزمة النطاق الحراري التي تكون فيه انعكاسية التربة عالية، وعلى هذا الأساس، تم اختيار خمس مؤشرات تهتم بالتربة، والتي تعتمد في حسابها على جميع النطاقات (الجدول رقم 2)، وهي مؤشر التربة العارية المعدل (MBI)، ومؤشر التربة المكشوفة (BSI)، ومؤشر التربة الجافة بالأراضي القاحلة (DBSI)، ومؤشر فرق التربة الطبيعي (NDSI2). بناء على الانعكاس العالي للتربة العارية في الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء، فإن هذا المؤشر قادر على اكتشاف مساحات التربة العارية الكبيرة والجافة، بينما غالبا ما يتم إهمال المساحة الصغيرة والمتفرقة، ولذلك تم استخدام الطول الموجي الحراري (TIR) لتسهيل اكتشاف التربة، وأخذ مؤشر دليل الفروق المقيسة للأرض المكشوفة (NBLI)، وذلك بعد التغلب عن عيب استخدام أحزمة الأشعة تحت الحمراء الحرارية بخفض دقته بعد نزول آخر تحديث، وتصحيح هذه المعطيات في شتنبر 2020 (Hartpence 2021)، و(Teixeira & Leigh. 2020)، وهي التي تم اعتمادها في هذه الدراسة.

الجدول رقم 2: مؤشرات التربة المشتقة من طيف لاندسات (Nguyen et al. 2021)

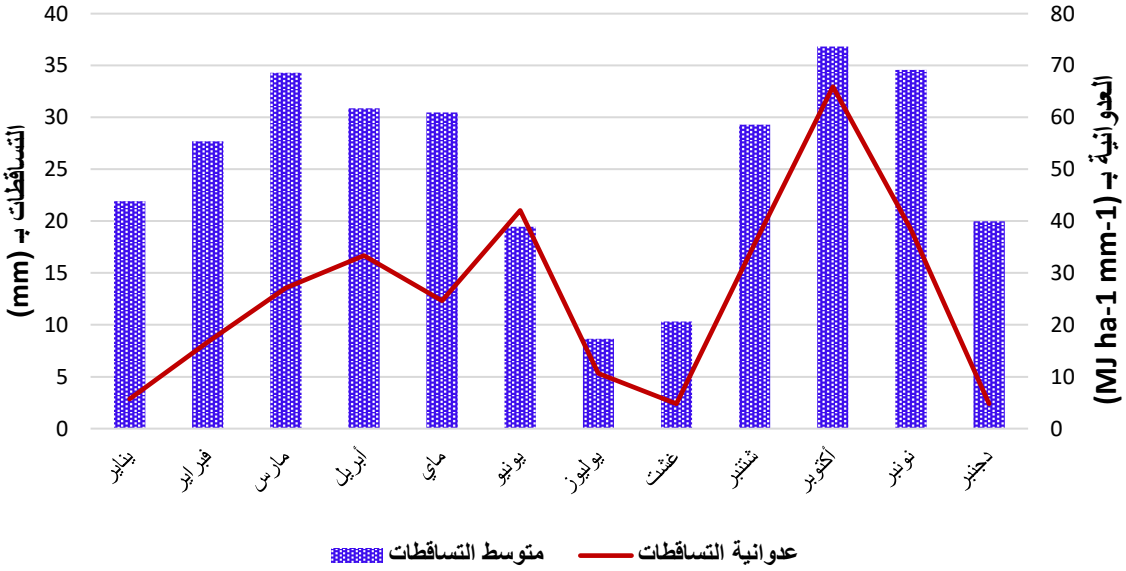
المؤشر	القاعدة	المرجع
مؤشر التربة العارية المعدل Modified Bare Soil Index	$MBI = \frac{SWIR1 - SWIR2 - NIR}{SWIR1 + SWIR2 + NIR} + f$	Nguyen et al. 2021
مؤشر التربة المكشوفة Bare soil index	$\mathrm{BSI} = \frac{(\mathrm{SWIR2}+\mathrm{R})-(\mathrm{NIR}+\mathrm{B})}{(\mathrm{SWIR2}+\mathrm{R})+(\mathrm{NIR}+\mathrm{B})}$	Diek et al. 2017
مؤشر التربة الجافة Dry bare-soil index	$\mathrm{DBSI} = \frac{\mathrm{SWIR1}-\mathrm{G}}{\mathrm{SWIR1}+\mathrm{G}} - \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{R}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{R}}$	Rasul et al. 2018
مؤشر الفرق الطبيعي للتربة Normalized difference soil index	$\mathrm{NDSI2} = \frac{\mathrm{SWIR2}-\mathrm{G}}{\mathrm{SWIR2}+\mathrm{G}}$	Deng et al. 2015
مؤشر دليل الأرض المكشوفة Normalized difference bare land index	$\mathrm{NBLI} = \frac{\mathrm{R}-\mathrm{TIR}}{\mathrm{R}+\mathrm{TIR}}$	Li et al. 2017

B = الحزام الأزرق، G = الحزام الأخضر، R = الحزام الأحمر، NIR = قناة الأشعة تحت الحمراء القريبة، SWIR1 وSWIR2 الأشعة الحمراء المتوسطة، TIR = القناة الحرارية. ثم f = 0.5.

ب: اختيار المرئيات الفضائية المناسبة لحساب هذه المؤشرات

لهذا الغرض، تم الاعتماد على دراسة الشهر الأكثر عنفاً مطري، والذي يؤثر على التربة وتحدث فيه التعرية، وبعض الدراسات التي تطرقت لهذا الموضوع أهمها (Petkovšek & Mikoš et al. 2004)،

جنوب سلوفينا؛ مناخ متوسطي و(Choukri et al. 2016)، على طنجة مناخ أطلنتي شبه متوسطي، وتوصلا إلى كون عنف شهر شتنبر وأكتوبر هي الأعلى ولها حدة كبيرة في تعرية التربة. وبمجال دراستنا، قمنا بحساب المتوسط الشهري لعنف التساقطات، انطلاقا من التساقطات اليومية لمجال الدراسة منذ سنة 1971 إلى حدود سنة 2014، التي يوفرها المركز الوطني للتنبؤ البيئي، وتم تأكيد ومعالجة وضبط هذه المعطيات من طرف الباحثين (Ahl et al. 2008) و (Fuka et al. 2013)، والتساقطات اليومية لمحطة تاوريرت إلى حدود 2020. ونظرا لغياب المعطيات اللحظية للتساقطات (كل 5 دقائق لحساب الشدة المطرية)، تم الاعتماد على اليومية بمعادلة (Richardson et al. 1983)، التي تحسب عدد تكرار أيام التساقطات التي تتجاوز 10 ملم حسب (Vantas et al. 2020)، وتم التوصل إلى الشكل رقم 6.



الشكل رقم 6: المتوسط الشهري للتساقطات والعنف المطري بمنطقة تاوريرت (مابين سنة 1971 و2014)

المصدر: معطيات المركز الوطني للتنبؤ البيئي ومحطة الأرصاد الجوية بتاوريرت.

يتبين من الشكل رقم 6 أن الشهر الذي يعرف أكثر عنف بمجال الدراسة هو أكتوبر، وعلى هذا الأساس، تم اختيار المرئيات الفضائية لشهر أكتوبر لسنوات الدراسة. رغم كون العدوانية ترتبط بالتساقطات اللحظية والتي يصعب تحديدها دون التوفر على معطيات دقيقة؛ لأن الرعود قد تحدث في جميع شهور السنة. إلا أن الحل الأمثل والواقعي والقريب من المنطق هو اعتماد الطريقة السابقة لتحديد الشهر الأكثر عدوانية، بناء على التساقطات اليومية التي تتجاوز 10 ملم.

توفر الأقمار الصناعية لاندسات معطياتها مجانا منذ سبعينيات القرن الماضي؛ الجيل الأول 1972. وابتداء من الجيل الرابع سنة 1982 والخامس سنة 1984 والذي يوفر نطاقات الأطياف الآخرى كالأشعة تحت الحمراء والحرارية، علاوة على النطاق المرئي، ثم الجيل السابع المحسن الذي أضيفت له القناة البانكروماتية، وتم إطلاقه سنة 1999، ثم الجيل الثامن سنة 2013 إلى اليوم، علما أن الجيل الرابع والخامس توقفا عن العمل سنة 1993 و2013 على التوالي، بالإضافة إلى التشويه الذي طرأ على الجيل

السابع سنة 2003. بمعنى آخر أن المعطيات المتوفرة التي تخدم إشكاليتنا تنحصر بين 1982 و 2020، ودقتها المساحية 30 متر حتى بالنطاق الحراري الذي كان من قبل يصل إلى 100 متر، وذلك بفضل التصحيحات التي يوفرها موقع المساحة الجيولوجية الأمريكي ابتداء من شتنبر 2020؛ ويوفر التصحيحات الهندسية (التصويب المستقيم بأخذ بعين الاعتبار التضاريس)، ثم التصحيحات الراديومترية أي الدقة الراديومترية العالية التي تصل إلى 32 بيت، على عكس ما كان فيما قبل: 8 بيت، أي 256 قيمة راديومترية، والتصحيحات المتعلقة بالغلاف الجوي. وتسمى هذه "المستوى الثاني من المجموعة الثانية للمنتجات العلمية لاندسات". لذلك تم اختيار كل أشهر أكتوبر لهذه الفترة شرط أن تكون ليس بها غيوم أو تقل عن 2%، ثم السنوات التي تقترب تساقطاتها المتسوط السنوي؛ بالإضافة إلى متوسط التساقطات لشهر أكتوبر، ومدة أكثر من عشر سنوات بين المرئيات كي لا نكثر من المقارنات. وبناء على هذا، تم التوصل إلى المرئيات المناسبة لهذا الغرض، وهي: المرئية الفضائية ليوم 29 أكتوبر 1986 للجيل الخامس، ثم 30 أكتوبر 2001 للجيل السابع، و5 أكتوبر 2018، للجيل الثامن. بالرغم من اختلاف هذه الأجيال، فإنها توفر نفس أطوال الموجات للأحزمة التي سنحسب بها مؤشرات التربة والتي تمثل كل نطاقاتها.

ج: حساب المؤشرات واستنباط مؤشر تركيبي لتدهور التربة

بعد تحديد المؤشرات الملائمة وتواريخ المرئيات الملائمة، تم تحميل هذه المرئيات ودمج أحزمتها ثم تقطيع مجال الدراسة وحساب المؤشرات حسب الجدول رقم 2، والبحث في علاقة المؤشرات فيما بينها ومعرفة مجال قيمها (الجدول رقم 3).

الجدول رقم 3: خصائص مجال قيم مؤشرات الأرض المشتقة من طيف لاندسات لسنة 2018.

المؤشر	القيمة الأدنى	القيمة العليا	المتوسط	الانحراف المعياري
DBSI	−0.37123	0.62969	0.28058	0.06606
NBLI	−0.65874	0.23208	−0.19241	0.05095
NDSI2	−0.27765	0.65197	0.35276	0.04672
BSI	−0.51885	0.50996	0.15711	0.05701
MBI	−0.00576	0.5164	0.26326	0.01896

يتبين من الجدول أن الانحراف المعياري للمؤشرات يقل عن 0.05، مما يعني أن تركز القيم بالنسبة لهذه المؤشرات فقط في 10% عند المحور (المتوسط) ما إذا اعتبرنا أن قيمها تتراوح بين 1 و1−.

بعد حساب المؤشرات الملائمة، تم دمجها في حزام واحد بخمس قنوات، ثم تصنيفها إلى ثمان فئات بطريقة التصنيف غير الموجه بخوارزمية K−means (Burrough, et al. 2000)، الذي يعتمد على التوزيع المساحي بالتساوي في المعطيات، ثم تجميع وحدات الخلية (pixel) بشكل متكرر في أقرب فئة، باستخدام تقنية الحد الأدنى للمسافة. ويعيد تكرار حساب متوسط الفئة، ويعيد تصنيف وحدات البكسل، ثم التصنيف إلى أقرب فئة تستمر، وتتكرر هذه العملية إلى أن يصل للحد الأقصى لعدد التكرارات. (Tou 1974)، وتم الحفاظ على نفس الإعدادات للمرئيات الآخرى لسنوات الدراسة. وهذه الأعداد، تم ضبطها

على الشكل التالي: عتبة الوصول إلى الحد الأقصى لعدد التكرارات 5%، عدد التكرارات القصوى 5 مرات. وبالتالي استخراج مؤشر تركيبي يلخص كل المؤشرات السابقة.

د: اختبار المؤشر التركيبي مع خريطة أشكال التعرية

لقد تم استخراج مؤشر تركيبي من المؤشرات السابقة، وتفييئه إلى ثمان فئات بنفس عدد أشكال التعرية بالمجال، بغية البحث في العلاقة بينهما؛ ولهذا الغرض، تم طرح التساؤل التالي: هل هناك ارتباط بين فئات أشكال التعرية، وفئات تصنيف المؤشر التركيبي للتربة؟ وبالنظر إلى طبيعة المتغيرين (نوعيين)، تم اللجوء إلى اختبار Test Khi-carré.

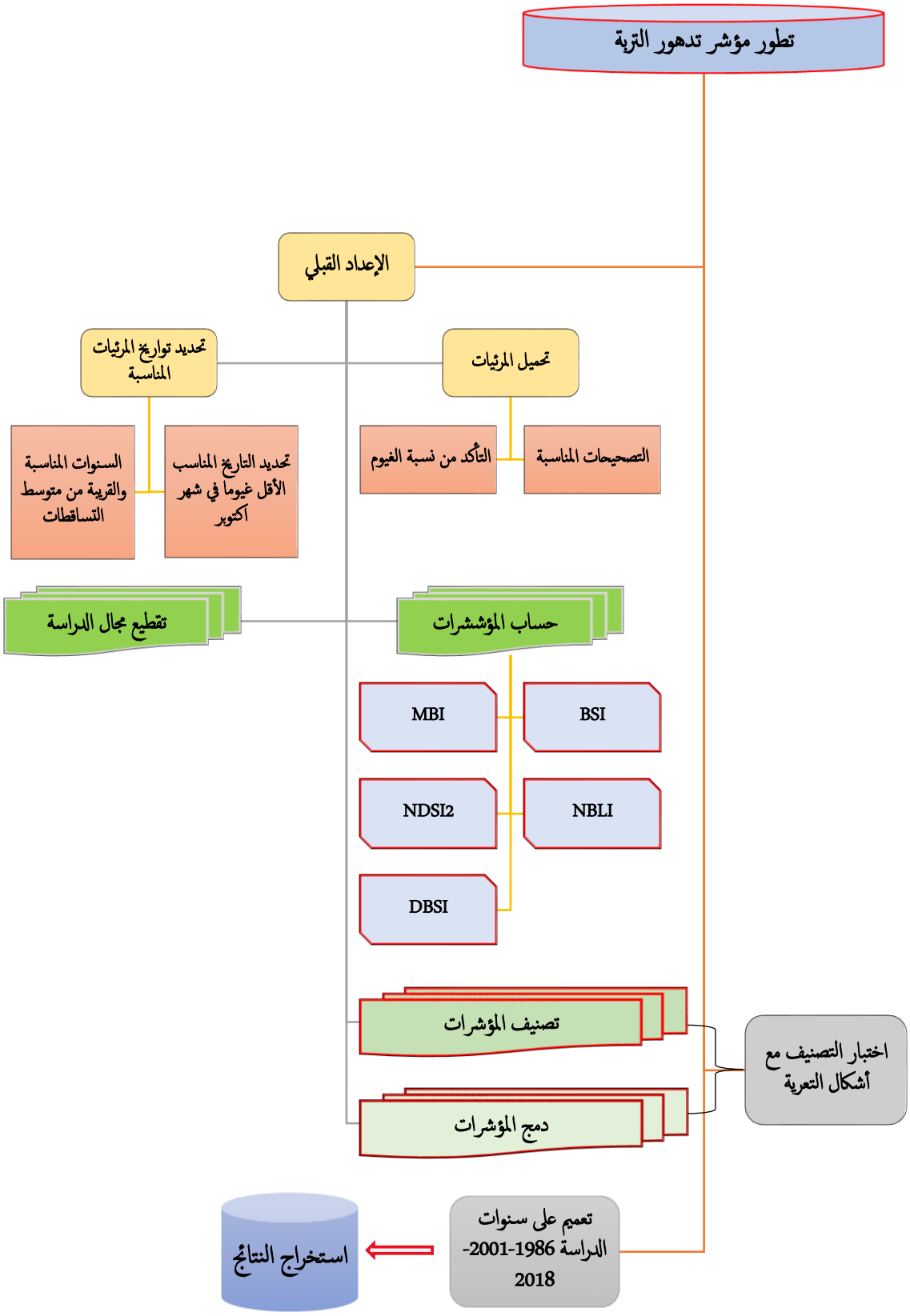
فرضيات هذا الاختبار:

- الفرضية الصفرية (H0): لا توجد أي علاقة بين المتغيرين.
- الفرضية البديلة (H1): توجد علاقة بين المتغيرين.

في حالة ما إذا كانت النتيجة هي الفرضية البديلة، سيتم تحليل أكثر دقة لهذا الارتباط بين أشكال التعرية والمؤشر التركيبي للأراضي، بالاعتماد على أسلوب الطريقة الإحصائية "التحليل المتناظر المتعدد" Analyse des Correspondances Multiples، الذي يشار إليه بالرمز (ACM). ونسبة اختزال المركبات لهذا الارتباط سوف تحدد ما إذا كانت هناك علاقة تفسر فئات المؤشر بأشكال التعرية.

هـ: الدراسة التطورية لتدهور الأراضي من خلال المؤشر التركيبي

بعد البحث في الارتباط والعلاقة بين المؤشر التركيبي وأشكال التعرية والتأكد من صحة هذه العلاقة، تم حساب المؤشرات واستخراج المؤشرات التركيبية للسنوات المحددة مسبقا للدراسة، وهي 1986-2001-2018، وذلك بغية دراسة تطور هذه الفئات على شكل مجموعات بينها ارتباط كبير، واستخراج الخرائط والمبيانات ثم تحليل النتائج. الشكل رقم 7 يلخص المنهجة المتبعة.



الشكل رقم 7: خطاطة المنهجية المتبعة لاستخراج المؤشر التركيبي لتدهور التربة

2_1: نتائج اختبار المؤشر التركيبي وعلاقته بخريطة أشكال التعرية

بعد دمج المؤشرات الخمسة في حزام واحد وتصنيفها إلى عشرين فئة، قمنا باختبار هذه الفئات بعلاقتها بخريطة أشكال التعرية، وذلك بمحاولة الإجابة على التساؤل التالي: هل هناك ارتباط (علاقة) بين فئات "أشكال التعرية" وفئات "المؤشر التركيبي لتدهور التربة"؟

- ✓ **المتغير الأول:** "أشكال التعرية" فهو يأخذ الرموز التالية (الجدول رقم 4):

الجدول رقم 4: رموز فئات أشكال التعرية

رمز الفئة	إسم الفئة
1	تعرية خفية – أراضي محروثة
2	تخديد متعمق
3	تعرية كتلية وتقويض الضفاف
4	أساحل؛ تخديد معمم
5	تخديد أولي / تعرية بالخدش
6	التعرية الغشائية
7	أراضي مستقرة نسبيا / أراضي تعرف زراعة مسقية وتشجير
8	تعرية ضعيفة / غطاء نباتي طبيعي

- ✓ **المتغير الثاني:** فئات "المؤشر التركيبي لتدهور التربة" تم تصنيفه إلى عشرين فئة؛ مرقمة من 1 إلى 20.

نظرا لكون المتغيرين "نوعيين" وليس كميين، فقد تم اللجوء إلى اختبار Test Khi-carré.

وفرضيات هذا الاختبار هي:

الفرضية الصفرية (H0): لا توجد أي علاقة بين المتغيرين.

الفرضية البديلة (H1): توجد علاقة بين المتغيرين.

ويعطي الجدول رقم 5 نظرة عامة عن الترددات المتقاطعة بين المتغيرين.

الجدول رقم 5: عدد تكرار التقاطع بين فئات المتغيرين (أشكال التعرية/المؤشر التركيبي لتدهور التربة)

		أشكال التعرية							
		1	2	3	4	5	6	7	8
تصنيفات المؤشر التركيبي لتدهور التربة	1	422	884	144	89	623	743	812	2789
	3	560	1787	247	148	1515	3563	1483	15397
	4	590	1720	196	133	1641	3539	1227	15689
	5	810	1779	205	154	1748	3575	1426	15366
	6	1000	1707	190	174	1896	3493	1513	14929
	7	1311	1602	194	155	2036	3727	1295	13972
	8	1848	1643	247	174	2272	3967	1776	13237
	9	2559	1784	353	244	2743	4443	2221	11778
	10	3199	1891	435	259	3191	4827	2362	10873
	11	3801	1964	345	247	3443	5403	1796	9410
	12	6051	2311	831	575	4906	5911	3303	7502
	13	6375	2491	484	340	4732	5809	1855	6454
	14	8075	2826	530	372	5399	5181	1863	4399
	15	9752	3010	904	704	6285	4627	2210	2767
	16	10508	3131	1533	1246	7124	3849	3178	1873
	17	9363	2900	1911	1434	8002	2863	3262	1469
	18	7359	2335	1813	1223	7001	1858	2617	927
	19	3957	1392	1228	754	4020	992	1508	516
	20	1332	470	333	216	1346	253	423	91

بعد استخلاص الترددات المتقاطعة بين المتغيرين، تم حساب اختبار Khi-carré والتوصل إلى النتائج بالجدول رقم 6.

الجدول رقم 6: نتائج اختبار Khi-carré

Test Khi-carré de Pearson		
		أشكال التعرية
المؤشر التركيبي لتدهور التربة	Khi-carré	144555.219
	Df درجة الحرية	126
	Sig. نسبة الدلالة	,000*

من خلال جدول نتائج اختبار Khi-carré بالنظر إلى أن هامش الخطأ المحدد مسبقا في 5% (0.05)، ونسبة الدلالة لهذا الاختبار هي 0%، أي أصغر من 5%، مما يعني رفض الفرضية الصفرية، وبالتالي قبول الفرضية البديلة، التي من خلالها يتأكد وجود علاقة بين "أشكال التعرية" وتصنيف "المؤشر التركيبي لتدهور التربة".

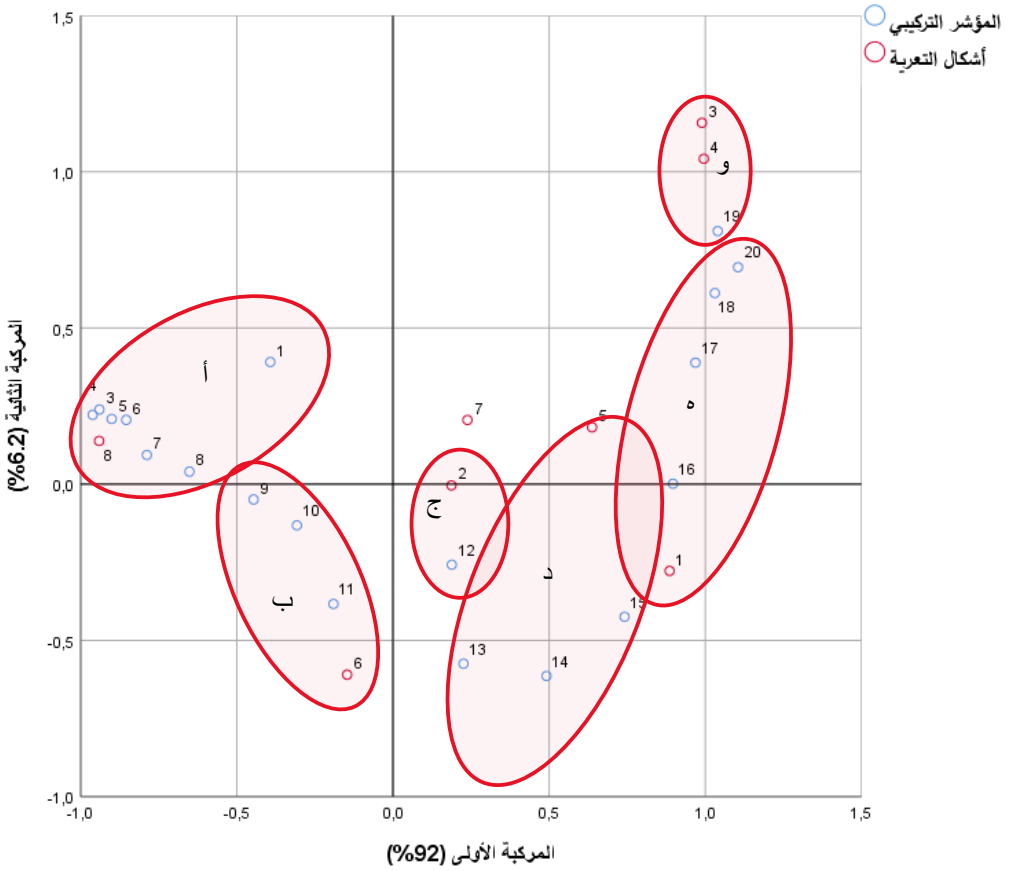
ولمزيد من التحليل الأكثر دقة حول طبيعة هذا الارتباط بين أشكال التعرية والمؤشر التركيبي للتربة، تم الاعتماد على أسلوب الطريقة الإحصائية "التحليل المتناظر المتعدد" Analyse des Correspondances Multiples، وتم التوصل إلى النتائج في الجدول رقم 7.

الجدول رقم 7: نتائج التحليل Analyse des Correspondances Multiples لأشكال التعرية وتصنيف 2018

Dimension	Valeur singulière	Inertie	Khi-deux	Sig.	Proportion d'inertie		Valeur singulière de confiance	
					Représentation	Cumulé	Ecart type	Corrélation2
1	0.537	0.288			0.920	0.920	0.001	0.102
2	0.138	0.019			0.061	0.982	0.002	
3	0.058	0.003			0.011	0.992		
4	0.038	0.001			0.005	0.997		
5	0.027	0.001			0.002	0.999		
6	0.013	0.000			0.001	1.000		
7	0.007	0.000			0.000	1.000		
Total		0.313	144555.219	,000a	1.000	1.000		
a. 133 degrés de liberté								

يتبن من خلال الجدول رقم 7 أن البعد الأول (dimension_1) يختزل 92% من المعطيات، في حين أن البعد الثاني (dimension_2) يختزل 6.1%، أي أن البعدين معا يختزلان أكثر من 98% من المعطيات.

تم تمثيل البعدين في معلم متعامد للبحث عن العلاقة بين المتغيرين: أشكال التعرية والمؤشر التركيبي لتدهور التربة في الشكل رقم 8.



الشكل رقم 8: مجموعات تبين العلاقة بين متغير "أشكال التعرية" و"المؤشر التركيبي لتدهور التربة 2018".

من خلال الشكل رقم 8، يتضح أن المجموعة الأولى "أ" تضم الفئات من 1 إلى 8 بالنسبة لتصنيف المؤشر التركيبي، وهي التي توافق الفئة 8 من أشكال التعرية، التي تمثل التعرية الضعيفة والمستقرة أو الأراضي التي تعرف تغطية نباتية طبيعية، بالإضافة إلى الأراضي المسقية. والمجموعة "ب" تضم الفئات من 9 إلى 11، من فئات المؤشر التركيبي للتربة، التي تقابل الفئة 6 من أشكال التعرية، أي التعرية بالسيلان الغشائي. ثم المجموعة "ج" الفئة 12 من المؤشر يقابلها الصنف 2 من أشكال التعرية المتمثل في التخديد المتعمق. ثم المجموعة الرابعة "د" التي تضم التعرية بالخدش بالنسبة لمتغير أشكال التعرية (الفئة 5)، ويقابلها 13 و14 و15 من أصناف متغير المؤشر التركيبي لتدهور التربة، مع أنه هناك تداخل بين هذه المجموعة والمجموعة "هـ"، وذلك نظرا لصعوبة التمييز بين تداخل هذه الأشكال (الحرث والخدش)، تندرج هذه المجموعة في التعرية الخفية أي الأراضي المحروثة (الفئة 1)، وتقابلها الفئات من 16 إلى 20 ماعدا الفئة 19 من تصنيف مؤشر تدهور التربة. ثم المجموعة الأخيرة "و"، وهي الفئة 19 من تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور التربة ويتقابلها الفئة 4 و3 من أشكال التعرية، وهي التعرية الكتلية ونجوخ وتقويض الضفاف، وكذلك التخديد المعمم أو الأساحل، علما أن هذا الاختبار أجري على مرئية سنة 2018، وذلك لأن خريطة التعرية الحالية أنجزت على فترات متعددة ابتداء من سنة 2018 ومرئيات 2020، ثم أحيانا مرئيات 2018 لـ لGoogle Earth.

بعد التوصل إلى هذه النتائج، تم تطبيق نفس الإعدادات للتصنيف غير الموجه والفئات (لسنة 2018)، كما تم ذكره سابقا على السنوات الآخرى (1986 و2001)، بالاعتماد على نفس الطريقة الإحصائية Analyse des Correspondances Multiples، لدارسة العلاقة بين هذه التصنيفات جملة واحدة؛ للبحث والتأكد على أن هناك تطورا في فئات تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور التربة لهذه السنوات؛ ومن ثم التوصل إلى الجدول رقم 8 والجدول رقم 9، والشكل رقم 9.

الجدول رقم 8: نتائج تحليل ACM لأشكال التعرية والتصنيفات الثلاثة 1986-2001-2018.

Dimension	Alpha de Cronbach	Variance représentée		
		Total (Valeur propre)	Inertie	% de la variance
1	,960	2,777	,926	92,567
2	,850	2,309	,770	76,966
Total		5,086	1,695	
Moyenne	,910a	2,543	,848	84,767
a. La moyenne alpha de Cronbach est basée sur la valeur propre moyenne.				

يتبين من الجدول رقم 8 لنتائج تحليل الأبعاد للعلاقة بين سنوات 1986 و2001 و2018 فيما بينها وعلاقتها بأشكال التعرية، أن البعد الأول وزنه أو ثقله 0.96، وأنه يختزل أو يفسر 92.6% من العلاقة بين هذه المتغيرات الأربعة، ثم البعد الثاني لوحده يمثل ثقله أو وزنه، 0.77 ويفسر تقريبا 77%

من هذه العلاقة، ومتوسط البعدين أو المركبتين الأولى والثانية يختزل 84.76% من المعطيات. هذا ما يؤكد أن نفس الفئات تتطور منذ سنة 1986 مرورا بسنة 2001، وهذا ما يترجمه الجدول رقم 9، لنسبة الارتباط بين هذه المتغيرات.

الجدول رقم 9: نسبة ارتباط المتغيرات فيما بينها

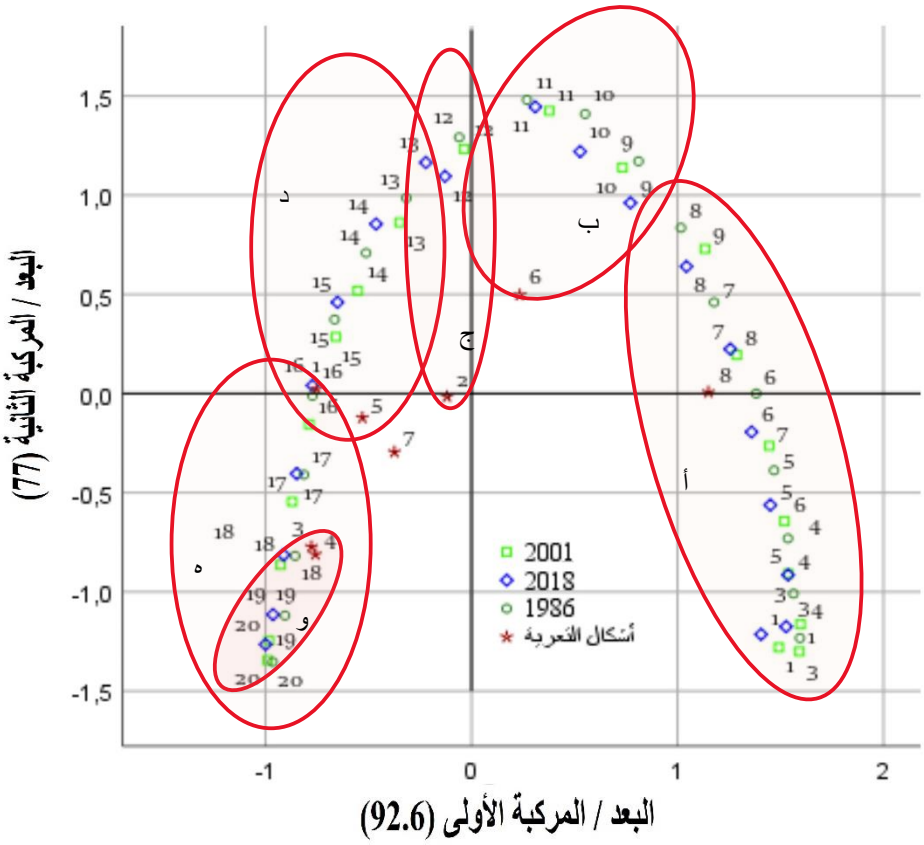
Variables transformées des corrélations				
Dimension: 1				
	1986	2001	2018	أشكال التعرية
1986	1,000	0,905	0,867	0,620
2001		1,000	0,893	0,596
2018			1,000	0,586
أشكال التعرية[a]				1,000
Dimension	1	2	3	
Valeur propre[b]	2,777	0,134	0,089	
a. Variable supplémentaire.				
b. Valeurs propres de la matrice de corrélation excluant les variables supplémentaires.				

يتبين من الجدول رقم 9 أن ارتباط سنة 1986 بـ 2001 يصل إلى أكثر من 90%، وارتباط هذه السنة بـ 2018 يصل إلى 86%، ثم ارتباط سنة 2001 بـ 2018 يفوق 89%، وارتباط هذه السنوات (أصناف المؤشر التركيبي لتدهور التربة) بأشكال التعرية حوالي 60%، وهذا الارتباط والعلاقة بين المتغيرات موضح أكثر بالنسبة للمركبة الأولى، كما هو مبين بالجدول رقم 10 لقياس التمييز بين المركبتين.

الجدول رقم 10: قياس التمييز بين المتغيرات في المركبتين الأولى والثانية.

Mesures de discrimination			
	Dimension		Moyenne
	1	2	
أشكال التعرية	0,583	0,069	0,326
1986	0,903	0,781	0,842
2001	0,900	0,734	0,817
2018	0,878	0,772	0,825
Total actif	3,265	2,356	2,810
% de la variance	81,618	58,897	70,258

يتبين من خلال الجدول رقم 10 لقياس التمييز بين المركبتين أن الأولى تختزل حوالي 90% من المعطيات بالنسبة لسنوات تطور مؤشر تدهور التربة التركيبي، وحوالي 60% من أشكال التعرية بمتوسط يفوق 80%، لذلك اعتمدنا في تحليلنا على البعد الأول فقط لأنه كافي لتفسير وتأكيد العلاقة بين المتغيرات. ولفهم وتبسيط هذه العلاقات، تم تمثيل البعدين أو المركبتين في معلم واحد متعامد (الشكل رقم 9) للتعبير بيانيا وبوضوح أكبر عن هذه العلاقات في إطار مجموعات.

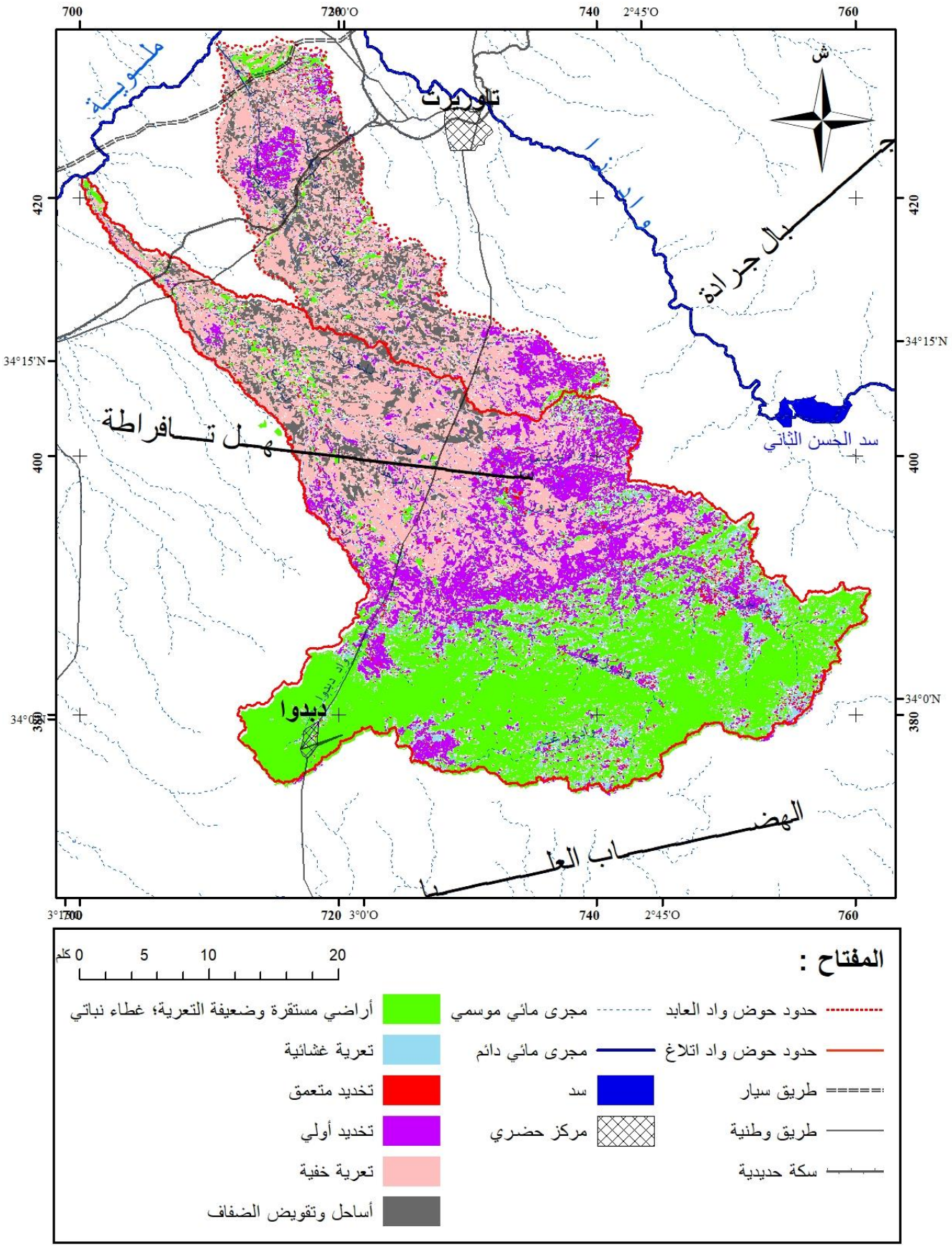


الشكل رقم 9: العلاقة بين متغير "المؤشر التركيبي لتدهور التربة" لسنوات 1986 و2001 و2018 "، ثم مجموعات تبين العلاقة بين أصناف هذه المتغيرات ومتغير "أشكال التعرية".

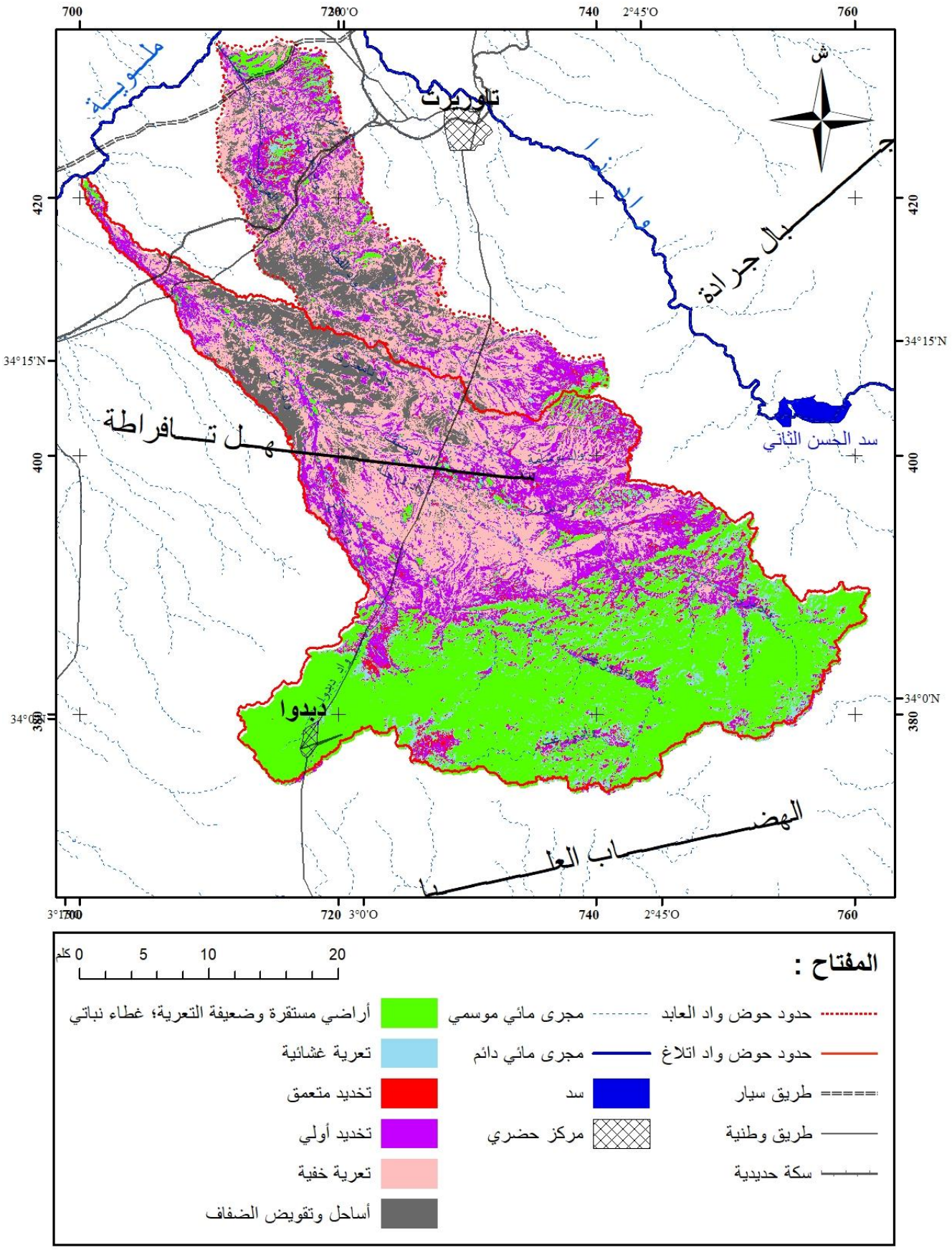
يتضح من خلال العلاقة بين متغيرات مؤشر تدهور التربة التركيبي لسنوات 1986 و2001 و2018، وبين متغير أشكال التعرية أنه هناك ارتباطا كبيرا بين الفئات يفوق 90% كما ذكرنا سابقا، وذلك من خلال ملاحظة أن الفئات متقاربة جدا فيما بينها بالنسبة لسنوات الدراسة، مثلا الفئة رقم 1 لتصنيف مؤشر تدهور التربة التركيبي يتكتل في نقطة واحدة لسنوات الدراسة. ثم تم تحديد مجموعات تبين هذه العلاقة بين المتغيرات الأربع كما تم تحديدها سابقا على متغيرتين فقط، وتم تمثيلها في الخرائط حسب السنوات المختارة، وبها ستتم دراسة تطور مؤشر تدهور التربة التركيبي.

1_3: دراسة تطورية لتدهور التربة من خلال المؤشر التركيبي لسنوات 1986 و2001 و2018.

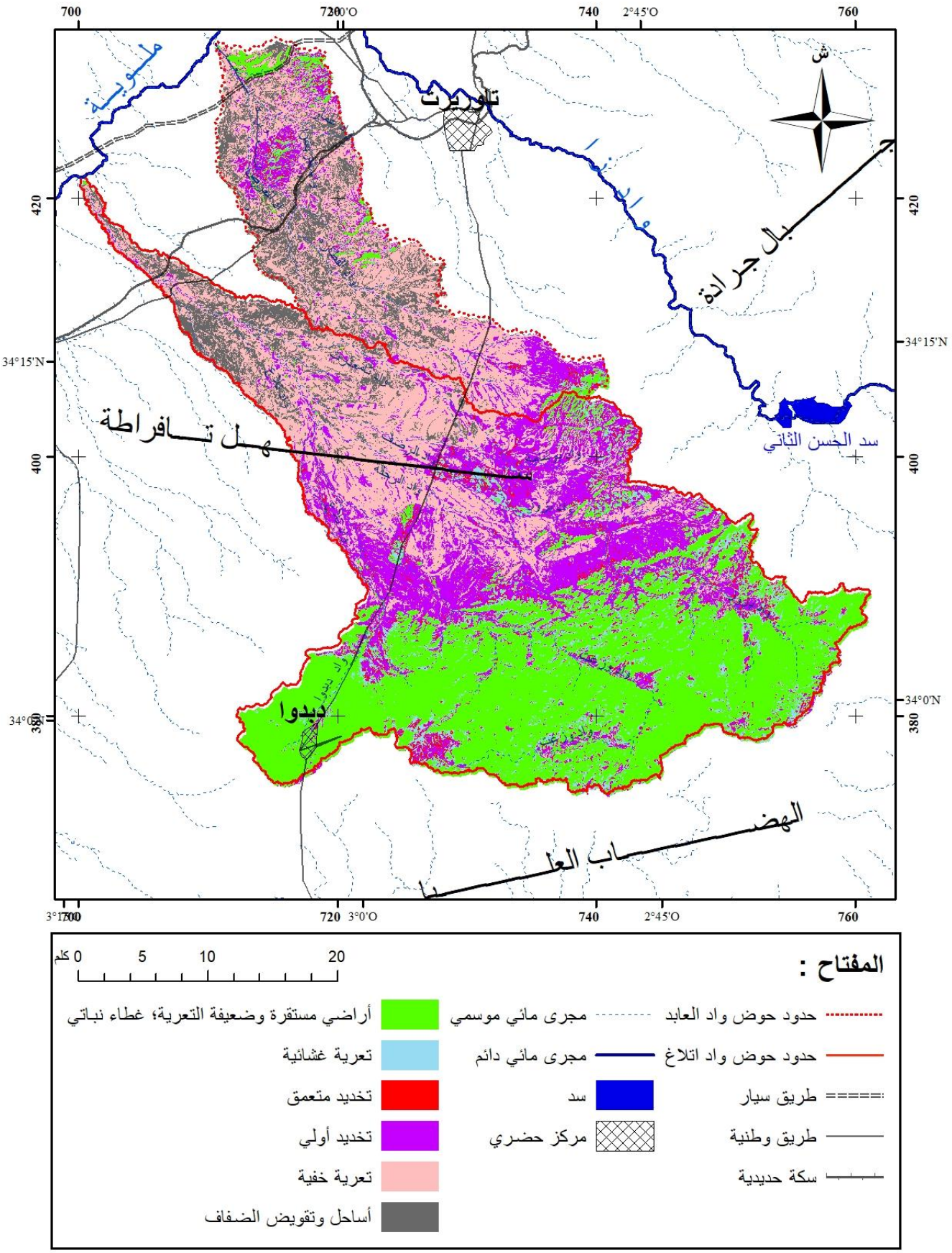
بعد حساب وضبط العلاقة بين متغير أشكال التعرية (خريطة أشكال التعرية الحالية، الشكل رقم 2)، والمؤشر التركيبي لتدهور التربة بناء على المرئية الفضائية بتاريخ 5 أكتوبر 2018، وبعد تصنيفه، تم تحديد العناصر المشتركة على شكل مجموعات (الشكل رقم 8) ودمجها في فئة واحدة حيث هذه الفئة تمثل قرينتها بأشكال التعرية، بنفس الطريقة طبقنا هذا على سنوات 1986 و2001. وبعد دراسة وإيجاد العلاقة من خلال المركبة المدروسة (الشكل رقم 9)، التي تفوق 90%، توصلنا إلى الشكل رقم 10 الذي يمثل أشكال التعرية حسب المؤشر التركيبي لتدهور التربة خلال سنة 2018.



الشكل رقم 10: تمثيل المجموعات المشتركة بين أشكال التعرية وتصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 5 أكتوبر 2018



الشكل رقم 11: أشكال التعرية من خلال تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 30 أكتوبر 2001.

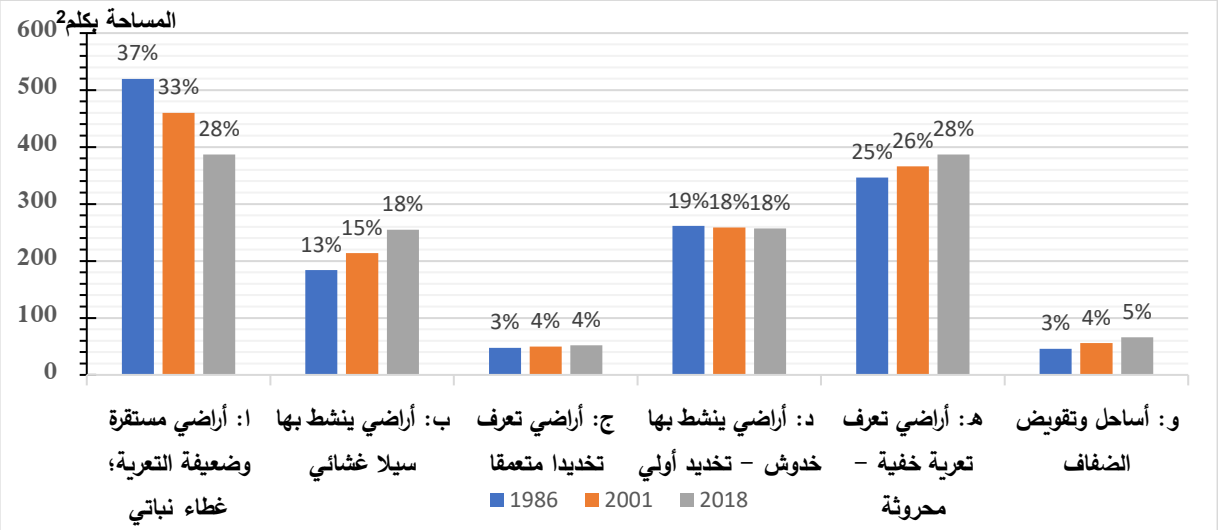


الشكل رقم 12: أشكال التعرية من خلال تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 29 أكتوبر 1986.

من خلال الملاحظة، يتبين أن هناك تقاربا كبيرا بين توزيع الأشكال التعروية وفئات المؤشر المدروس، في التوزيع المجالي حيث تتوزع التعرية الضعيفة والأراضي المستقرة في جنوب مجال الدراسة، عند عالية حوض اتلاغ، وبسهل تَفراطة، وهي التي تقابل الغطاء النباتي الطبيعي والمغروسات.

كما يعرف كذلك سهل تَفراطة تعرية خفية متمثلة في الأراضي المحروثة، وكذلك التخديد الأولي الذي يعم أقدام الجبال والهوامش الجنوبية لسهل تَفراطة، ثم توزيع التخديد المعمم وتقويض ونجوخ ضفاف الأودية في سافلة حوضي اتلاغ والعابد، في الجزء الشمالي لسهل تَفراطة، وباقي الأشكال الآخرى تتوزع بنسب متفاوتة بين الحوضين. وتم تعميم هذا على السنوات المختارة كما ذكرنا سابقا، (1986 و2001) وذلك من خلال الشكل رقم 11 و12.

يظهر من خلال الأشكال رقم 10 و11 و12 أن المجال يعرف دينامية تتمثل في تدهور الترب، وهذا ما نلمسه من خلال تطور هذه الأشكال التعروية وتطورها على حساب الأراضي التي تعرف استقراراً نسبيا، أو تعرية ضعيفة، وكذلك أكثر تعبيرا مع الانعكاسات السلبية لتصرف الإنسان تجاه الأراضي، ويتجلى واضحا من خلال نسب ومساحات هذا التطور (الشكل رقم 13).



الشكل رقم 13: تطور أشكال التعرية حسب المؤشر التركيبي لتدهور التربة ما بين 1986 و2018.

يتضح من خلال الشكل رقم 13 أن هناك تراجعا للأراضي المستقرة وذات التعرية الضعيفة بنسبة 9%، أكثر من 130 كلم^2، لمدة 32 سنة، مما يعني أن هذه المجالات وهذه المساحة عرفت مظاهر تدهور رغم كونها كانت مستقرة، وانتقلت هذه المظاهر عبر مراحل حيث أنها سجلت سنة 2001 انخفاضا بنسبة 4% وما بين 2001 و2018 انخفاضا بنسبة 5% من مجموع مساحة مجال الدراسة. تحولت هذه المساحة إلى أراض ينشط بها السيلان الغشائي، بنسبة 5%، 30 كلم^2 سنة 2001، و41 كلم^2 سنة 2018، بالإضافة إلى الأشكال الآخرى كالأراضي التي تعرف تعرية خفية، الأراضي المحروثة بإنتقالها من ربع مساحة المجال سنة 1986 إلى 28% سنة 2018، ثم فئات آخرى تعرف نوعا من الاستقرار أو الدينامية البطيئة غير الظاهرة في عقود قليلة، كالتخديد المتعمق خاصة الخدات المستقرة. والأراضي التي تنشط بها

الخدوش بحيث يصعب تمييزها عن الحرث، ثم توزيعها المجالي بسهل تَفراطة من الممكن أنها استغلت وتحولت إلى أراض مسقية مشجرة تثبت التعرية نسبيا. أما بالنسبة للأساحل وتقويض الضفاف، فقد انتقلت بدورها من 3% من مساحة المجال إلى 5%، وهذه الفئة هي من أخطر مظاهر تدهور التربة لأنها وصلت إلى تعرية لا رجعة فيها، ثم الكتل التي تنهار في الأودية وبالتالي يتم نقلها إلى السدود في السافلة، ثم من حيث كميتها المنقولة التي تشكل أضعافا مضاعفة عن أنواع التعرية الآخرى. وهذا ما سنتطرق إليه في المحور الموالي لبعض الحالات التي تعرف هذا النوع من التدهور، وسنفصل فيه من حيث التكميم والقياس انطلاقا من القياسات المباشرة في الميدان.

2_: دراسة تطورية للأساحل من خلال وصف مظاهرها، بالصورة الجوية سنة 1987، والمرئيات الفضائية عالية الدقة، مابين 2006 و2021

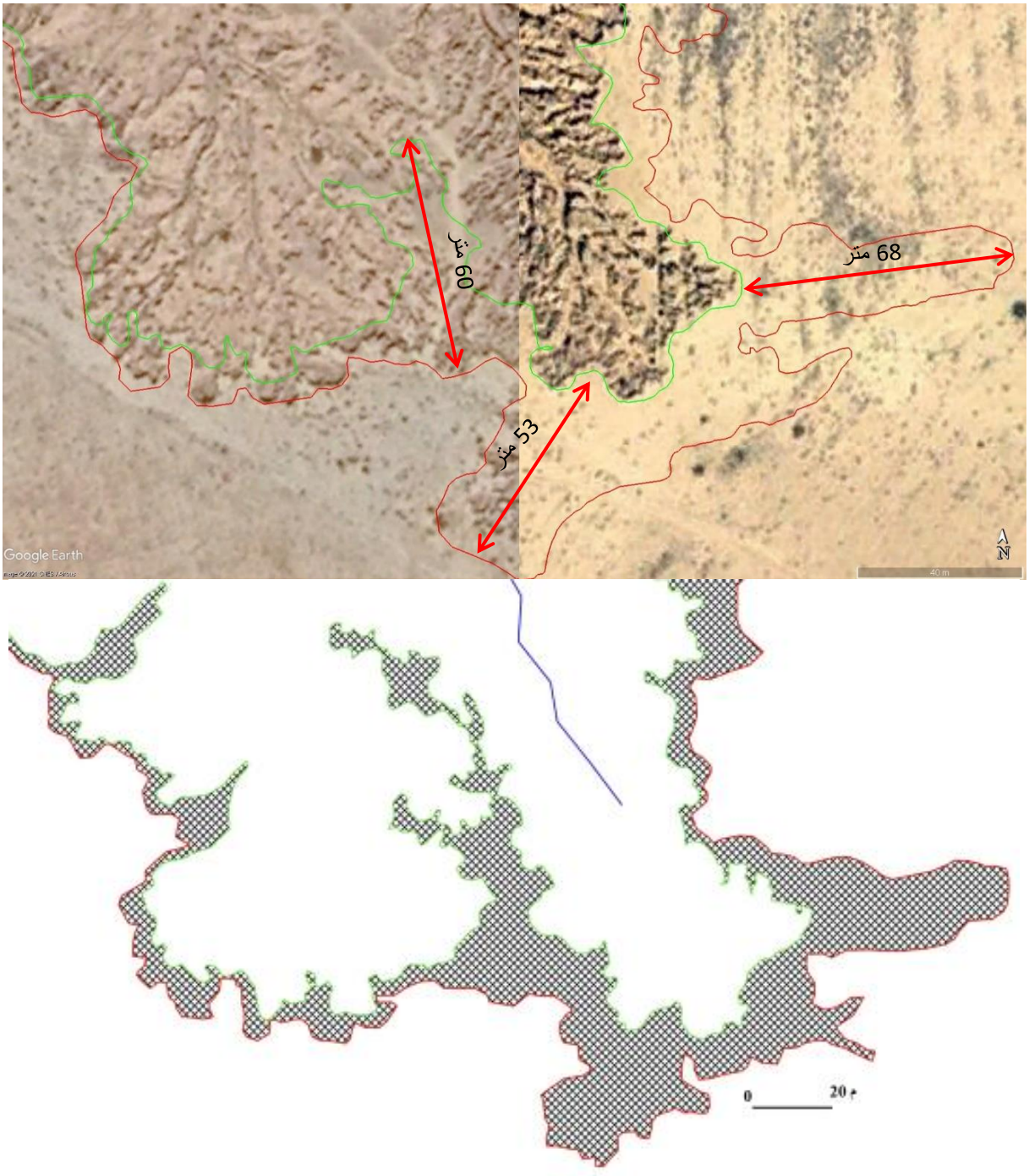
تعتبر الأساحل من بين الأشكال الاستثنائية مقارنة بالأشكال الآخرى داخل مجال الدراسة، وذلك لسرعة تطورها وانتشارها خاصة على التكوينات الهشة بالأخص التوضعات الرباعية، وكذلك التكوينات السطحية ومنها الترب، ذات الغطاء النباتي الضعيف أو المنعدم.

التخديد المعمم أو الأساحل بمنطقة الدراسة هو نتيجة للتعرية التراجعية أو الحت الرأسي، وهو بصفة عامة كل عملية إزالة تنطلق من السافلة نحو العالية. يتجه تطور الروافد نحو التعمق بهدف الالتحاق بمستوى القاعدة، كلما انخفض مستوى الوادي يبقى رافده معلقا ويتجه نحو التعمق للوصول إلى مستوى قاعدة الوادي. وبالتالي تعرية في عالية المجرى الفرعي، حيث تظهر كتل كبيرة هشة قريبة من الانهيار، وذلك واضح من خلال تشققها (الصورة رقم 22).

الصورة رقم 22: تشقق وانهيار كتل كبيرة بفعل التعرية التراجعية، رافد من واد القطارة.

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 6 يونيو 2021.

يظهر هذا الشكل بواد القطارة قرب تقاطعه بالطريق الوطنية رقم 6، والسكة الحديدية، محطة العقرب، قرب حامة سيدي شافي، حيث تظهر هذه الدينامية واضحة المعالم سريعة من حيث الامتداد والمدة الزمنية (الشكل رقم 14).

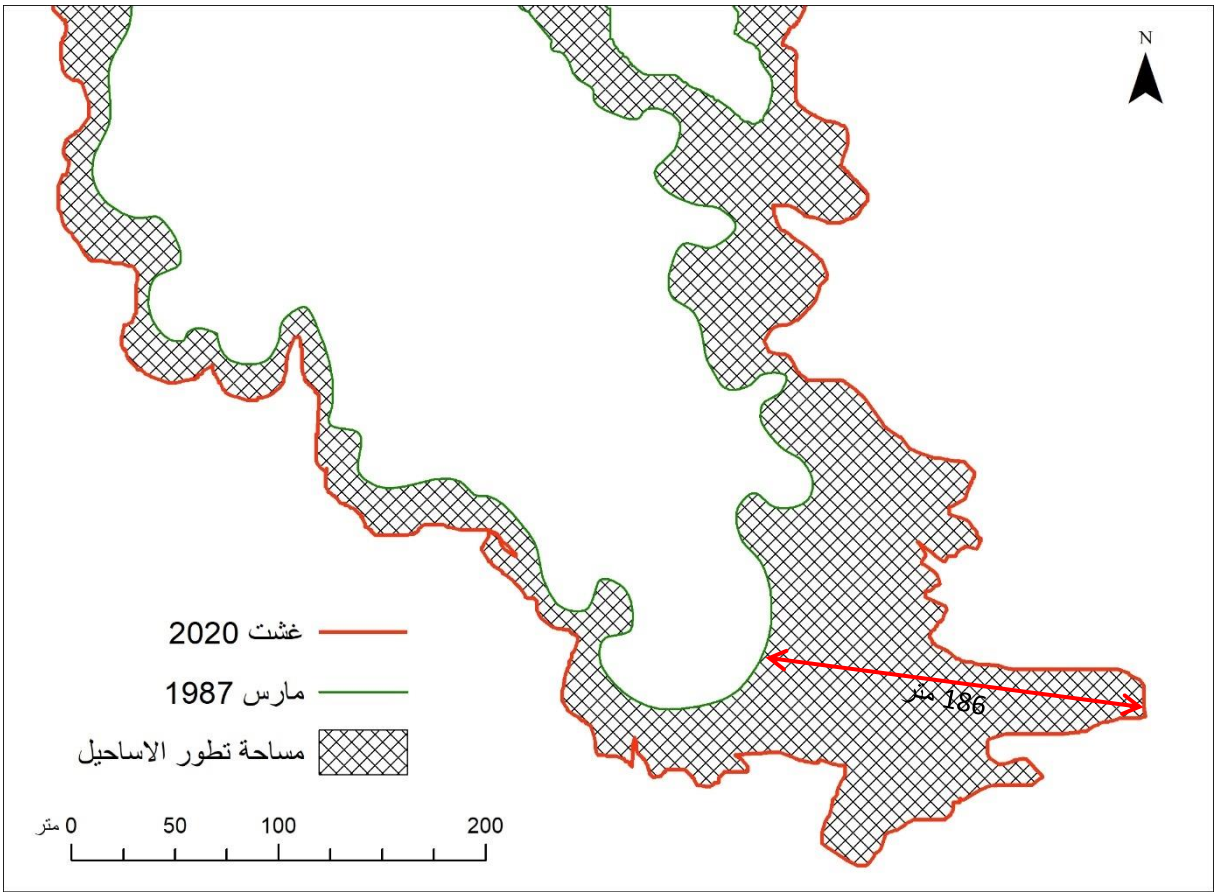


الشكل رقم 14: مرئيات فضائية تبين مدى تطور ظاهرة التسحل، شهر مارس 2006 بالأخضر ومارس 2021 بالأحمر

المصدر: صور فضائية لـ Google Earth لشهر مارس سنة 2006 و2021.

يبين الشكل رقم 14 مدى أهمية تطور هذا الشكل التعروي؛ وأهم مظاهر تدهور التربة وأخطرها، يتضح من خلال المرئيات الفضائية لـ Googel Earth لفترتين متباينتين، وهي مأخوذة لشهر مارس سنة 2006 على اليمين، وتم رسم حدود الظاهرة باللون الأخضر، ثم مارس سنة 2021 على اليسار، وتم

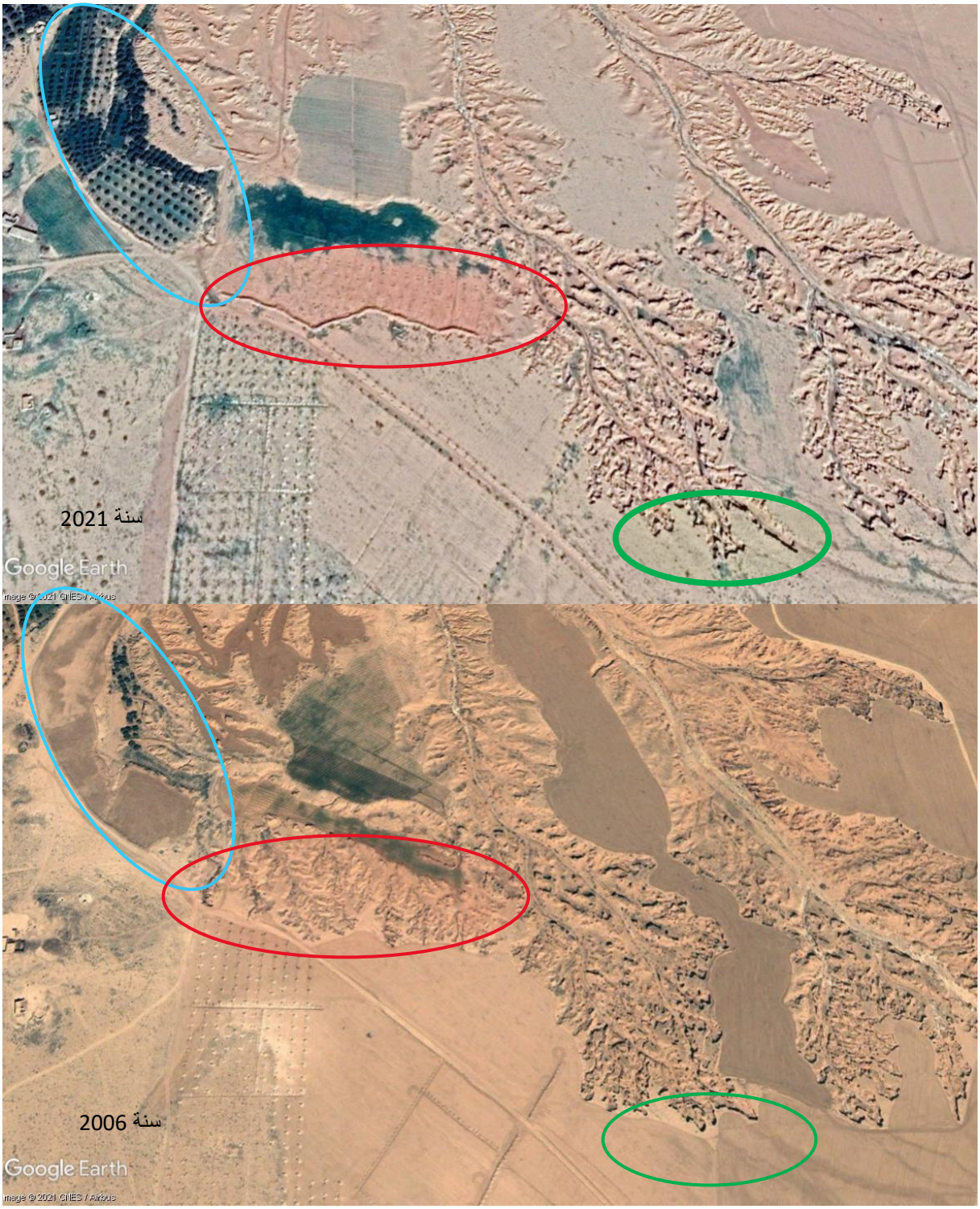
رسم تطور الظاهرة باللون الأحمر، وذلك بغية مقارنة انتشار الظاهرة لخمس عشرة سنة. على العموم، في هذه الحالة – واد القطارة– يتجه التخديد المعمم نحو الشرق والجنوب بمسافة ما بين 60 و70 متر خلال هذه الفترة، ونحو الجنوب الغربي بأزيد من 50 متر، بمتوسط أربعة أمتار ونصف أو أكثر أحيانا في السنة خلال الخمسة عشرة سنة الأخيرة، أي أكثر من 6000 متر مربع في هذا الموضع فقط، الذي هو جزء صغير من هذا المظهر. ولاستكشاف أكثر لهذه الظاهرة ومعرفة وتيرة تسارعها، تمت الاستعانة بالصور الجوية لبعثة 28 مارس 1987، وتمت مقارنتها مع مرئيات مارس 2021، أي لفترة تمتد لثلث قرن من الزمن (الشكل رقم 15).



الشكل رقم 15: تطور ظاهرة التعرية التراجعية لثلث قرن، الفترة ما بين مارس 1987 ومارس 2020.

المصدر: مرئيات فضائية لـ Google Earth لشهر مارس 2020، الصور الجوية، بعثة 28 مارس 1987.

يتكرر هذا المظهر في العديد من النقط، وهذا ما يثير الانتباه لتعميق دراسة هذه الحالات. يظهر التخديد المعمم في أماكن عديدة، على سبيل المثال، سهب الفيضة (الشكل رقم 16)، وسهب الغزال.



الشكل رقم 16: مرئيات فضائية تبين سرعة تطور مظهر التسحل وتدخل الإنسان لمقاومته

المصدر: صور فضائية لـ Google Earth لشهر مارس سنة 2006 و2021.

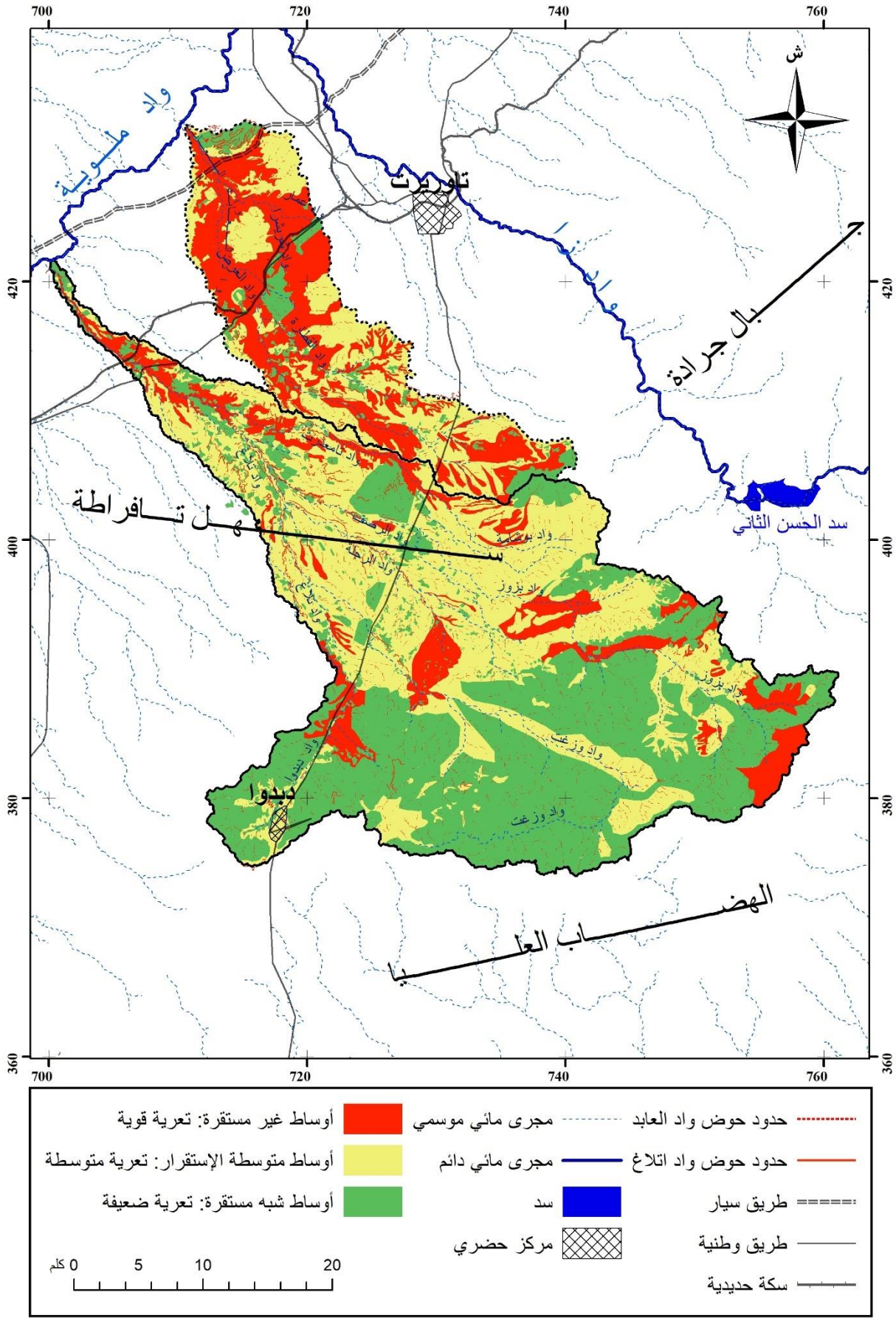
من خلال الملاحظة الميدانية، يتبين أن هناك فرقا كبيرا في تسارع ظاهرة التسحّل[9] حيث مناطق واد العابد وواد القطيطر وواد القطارة، وواد الشريشرة، ثم سهب الفيضة (وسط حوض العابد)، تتسارع بها هذه الدينامية؛ تقريبا 4 متر في السنة، عكس بعض النقط في حوض اتلاغ، كسهب الغزال قرب واد تمعدرت

[9] تعرية تراجعية فوق صخور رخوة.

من روافد واد اتلاغ، التي تعرف استقرارا نسبيا حيث لا تتعدى بعض السنتيمترات في السنة، علما أنها توجد على نفس التكوينات، ونفس الانحدارات إلا أنهما حوضان مختلفان، وهذا ما سنتطرق إليه أكثر تفصيلا في فصل القياس المباشر في الميدان، بالآليات والأدوات الحديثة والدقيقة القياس (نسبة الخطأ أحيانا أقل من 1 سنتمر) كالماسح الثلاثي الأبعاد للأعمال الطبوغرافية، Scanner 3D ودقته أقل من سم، والطائرة المسيرة Drone UAV لاستخراج النموذج الرقمي للارتفاعات تقل دقته على 5 سم، ثم محطة جهاز التموقع العالمي GPS Leica 1200، بطريقة نسق التصحيح اللحظي التي يقل فيها هامش الخطأ عن 5 سنتمر، بهدف القياس، وكذلك تصحيح نقط الطائرة المسيرة للمقارنة بين الفترات. وهذا بغية البحث عن مساهمة هذه التعرية الموضعية بكميتها الهائلة في اقتلاع التربة، التي لا يمكن رصدها بقياس تعميم التعرية الغشائية خاصة بالنمذجة. على سبيل المثال، مساحة صغيرة من الحت الرأسي تساهم بمرات عديدة جدا في التربة المفقودة، على عكس مساحات شاسعة، نذكر هذا لنبين أن هذا المحور للاستكشاف والوصف فقط لأهمية تطور الظاهرة وليس لقياسها وتكميم التربة المفقودة بهذا المظهر.

3_: تحديد نطاقات التعرية أو تنطيق استقرار حوضي اتلاغ والعابد (استقرار الأوساط)

إن ظهور أشكال متعددة من التعرية سمحت بتمييز المناطق الأكثر مساهمة في اقتلاع التربة وفقدانها، وحمولتها نحو المنخفضات وخاصة نحو حقينة السدود، مما يشكل خطرا على هذه المنشآت بالدرجة الأولى، ذلك أن البعض منها له أهمية في السقي، أو تزويد الساكنة بالماء الصالح للشرب. ثم تمييز مناطق آخرى باستقرار نسبي وأقل مساهمة في نشاط التعرية. تم تحديد وتجزيء هذه المظاهر بمجال الدراسة إلى ثلاثة أصناف (الشكل رقم 17)، بعد استنباط أشكال التعرية ودراسة تطورها، وهي أوساط غير مستقرة، تمثل حالة التعرية النشيطة؛ ثم الأوساط متوسطة الاستقرار؛ أي ذات حالة التعرية الأقل أهمية أو متوسطة النشاط؛ ثم الأوساط الضعيفة أو المستقرة نسبيا؛ وهي ذات تعرية بطيئة.



الشكل رقم 17: تصنيف نطاقات التعرية بحوضي اتلاغ والعابد

يتبين من خلال خريطة تصنيف نطاقات التعرية واستقرار الأوساط بحوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 17)، أن المجال ينقسم إلى ثلاثة نطاقات وهي:

أ: الأوساط غير المستقرة؛ حالة التعرية القوية

تتميز الأوساط غير المستقرة بتعرية نشيطة في المناطق الأكثر تضررا بمختلف أشكال التعرية المائية، وهي تنقسم إلى الأشكال المرتبطة بالتعرية الخطية، أي التخديد المتعمق، والتعرية الكتلية ثم تقويض الضفاف، وكذلك التخديد المعمم ثم التخديد الأولي أو التعرية بالخدش، وتمثل هذه الأوساط 22% من مساحة المجال المدروس، متباينة في توزيعها بين الحوضين، حيث حوض العابد يشمل 50% من مساحة هذه الأوساط، أي أنه هو الأكثر هشاشة وتضررا بهذه الأشكال التعروية، وتقدر مساحة هذه الأوساط به حوالي 156 كلم^2. من أصل 305 كلم^2، مساحة المجال المدروس، أي 14% من مساحة حوض اتلاغ، حوالي 149 كلم^2. وتعم جميع مناطق حوض العابد تقريبا، وسافلة حوض اتلاغ تبعا للمنخفضات وضفاف الأودية.

ب: الأوساط متوسطة الاستقرار؛ حالة التعرية المتوسطة

تخص الأراضي التي تشهد تعرية سطحية بفعل السيلان الغشائي، وكذلك الأراضي التي تعرف تعرية خفية كالمحروثة. هذه الأشكال متداخلة فيما بينها ومع التعرية بالخدش أو التخديد الأولي. تشكل هذه الأوساط حوالي 41% من مساحة المجال المدروس، موزعة على 40% من حوض العابد (123 كلم^2)، و41% من مساحة حوض اتلاغ (453 كلم^2)، وأغلبها بسهل تَفراطة، وبعض المناطق بسافلة الحوضين.

ج: الأوساط شبه المستقرة، حالة التعرية الضعيفة

هذه الأوساط تشهد تضررا ضعيفا مقارنة مع الأوساط السابقة، ولا يشملها خطر كبير، وهي الأراضي التي بها غطاء نباتي طبيعي أو مشجر أو مزروعات ومغروسات عبارة عن أشجار مثمرة، ويمثل المجال المدروس 37% من مساحة هذا الوسط، وأغلب هذه المساحة تتوزع على حوض اتلاغ بنسبة 45%، حوالي 493 كلم^2، ولا تشكل إلا 31 كلم^2 من مساحة حوض العابد، أي أقل من 10%، مما يؤكد أن حوض العابد هو الأكثر تضررا والأقل استقرارا مقارنة مع حوض اتلاغ، وجل مساحته أكثر نشاطا للتعرية. يتركز نطاق الأوساط الشبمستقرة وذات تعرية ضعيفة في عالية حوض اتلاغ ووسطه تبعا للمساحات الخضراء.

خلاصة

نستخلص من الدراسة التطورية لمظاهر أشكال التعرية خلال العقود الأخيرة، أن المنطقة شهدت تغيرا في عدد من الأراضي وتطورا كبيرا لبعض الأشكال التعروية خاصة آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز، وانتشارها بسفوح تعرف نوعا من الاستقرار في السنوات الأخيرة. ثم أن هذه الأشكال السريعة التطور كالأساحل في بعض مناطق الدراسة مثل الحالات قرب حامة سيدي شافي التي تعرف تدهورا كبيرا ناتجا عن عمليات الحفر الجانبي قد يصل إلى 4 أمتار سنويا، مما يعني أنها تغذي السافلة (السدود) بكميات مهمة من الحمولة الصلبة؛ الشيء الذي يتطلب تكميم هذه الظاهرة. والسؤال الذي يمكن طرحه هو: ماهي التغيرات المجالية من حيث أنماط الاستغلال وكيف ساهمت هذه التحولات في تطور الظاهرة وتسارعها؟

من خلال الدراسة التطورية لأشكال ومظاهر التعرية في مجال الدراسة، تم تقسيم الحوضين إلى ثلاث نطاقات للتعرية وهي المناطق غير المستقرة ذات التعرية القوية؛ التي يمكن لمس ديناميتها خلال عقود أو سنوات وأحيانا خلال نفس السنة أو فترة قصيرة جدا. لأنها تعرف دينامية سريعة جدا، مما يؤدي إلى عدم استقرار هذه المناطق. ويعرف الحوضان مناطق متوسطة الاستقرار أو خفية لأنها تعرف تداخلا بين أشكال ومظاهر التعرية من قبيل التخديد الأولي والسيلان الغشائي والأراضي المحروثة، ثم دور الحرث في إرخاء التربة وتهييئها للتعرية الغشائية. وتعرف النطاقات الآخرى نوعا من الاستقرار النسبي وهي ذات تعرية ضعيفة، ويرجع ذلك إلى وجود غطاء نباتي طبيعي أو تدخل الإنسان بالتشجير، مما يساعد على تثبيت التربة.

سنحاول خلال الفصل اللاحق القيام بدارسة مظاهر التدهور من خلال الغطاء النباتي (توزيعه، تطوره بالمجال المدروس).

الفصل الثالث: مظاهر تدهور الغطاء النباتي بحوضي اتلاغ والعابد

مقدمة

تقوم التشكيلات النباتية بأدوارا حاسمة في الاستقرار البيئي بالمنطقة، بالرغم من كثافتها الضعيفة والتفاوت المساحي من نوع لآخر، فهي تحد من التعرية المائية والريحية، وتوفر المادة العضوية للأراضي. إلا أن البعض منها اجتثت بشكل مفرط لصالح الزراعة الموسمية، وأصبح السطح في أغلب سفوحه عاريا، بل زاد تركز الضغط البشري إلى حد التدهور، وبالتالي الإخلال بتوازنها البيئي.

تتميز المجموعات الغابوية وشبه الغابوية بالجهة الشرقية بضعف التنوع النسبي مقارنة مع المجموعات الغابوية بالجهات الآخرى من المغرب، ويرجع هذا التباين إلى تأثير العوامل المناخية والبشرية على الغطاء النباتي بالمنطقة، حيث أن الجهة تمثل حوالي ربع المساحة الوطنية، ويغطي نبات الحلفاء 20% من هذه المساحة، أي 1.8 مليون هكتار (المندوبية السامية للتخطيط، 2020).

في هذا الفصل سنحاول معرفة وتشخيص حالة التشكيلات النباتية وتنوعها، وتوزيعها وامتدادها المجالي، ودراسة تطور نسبة تغطيتها لمعرفة وتيرة التراجع والتدهور بمجال الدراسة.

1_: توزيع وتنوع الغطاء النباتي بحوضي العابد واتلاغ

تعرف منطقة الدراسة تنوعا مهما من حيث الأصناف الموروثة لكنها ضعيفة وقليلة من حيث توزيعها المجالي، حيث أنه يتركز في أقدام الجبال والمرتفعات الجبيلة بعالية حوض اتلاغ، وذلك لما يتميز به من خصائص طبيعية كالتضاريس والصخارة ونوع التربة بالإضافة إلى المناخ، ولهذا سوف نميز بين وسطين بيومناخين مختلفين: تشكيلات سهوبية بالمنخفضات السهلية وأقدام الجبال (سهل تَفراطة)، ثم تشكيلات غابوية وشبه غابوية بالمرتفعات الجبلية (سفوح دبدو – جبال سيدي علي بلقاسم).

1_1: التشكيلات السهبية عند أقدام الجبال والمنخفضات الشمالية لسهل تَفراطة

تظهر أغلب السفوح الشمالية ووسط حوض اتلاغ وسهل تَفراطة، عارية من الغطاء النباتي الطبيعي (الشكل رقم 18) باستثناء بعض الشجيرات المتناثرة وبعض الجذور والجذوع الشاهدة على الضغط البشري. في حين تتمثل أهم التشكيلات النباتية في هذه السفوح في الحلفاء والشيح المتدهور بفعل الجفاف. هذه التشكيلات تتكيف مع الظروف الحالية، كما تتوزع بعض مناطق التشجير ولو أنها فاشلة، خاصة الأوكلبتوس "Eucalyptus" على الطريق الوطنية رقم 6، وتشجير الصمغيات على الطريق الوطنية رقم 19، في وسط الحوض.

بصفة عامة، يمكن تقسيم الأصناف النباتية بسهل تَفراطة إلى عنصرين كبيرين:

- تشكيلات حرجية نجيلية يغلب عليها الحلفاء (*Stepa Tenacissima*).
- تشكيلات نباتية قزمية يتقدمها الشيح (*Artemisia herba alba*).

هذه التشكيلات تتفرع إلى عدة أنواع، لكنها تشترك في ميزة واحدة ألا وهي خاصية التدهور بسبب حدة الجفاف، حيث تراجع مساحة الغطاء النباتي بصفة عامة في الزمان والمكان إما من خلال اختفاء وانقراض بعض الأصناف النباتية، وإما في ظهور تشكيلات جديدة أصبحت تتأقلم مع الظروف الحالية التي تولدت بفعل الجفاف مثل "الشنان" (توسايت) "Anabasis Aphyllum" و "البروق (Asphodele_berweg) ثم الحرمل (Peganum Harmala).

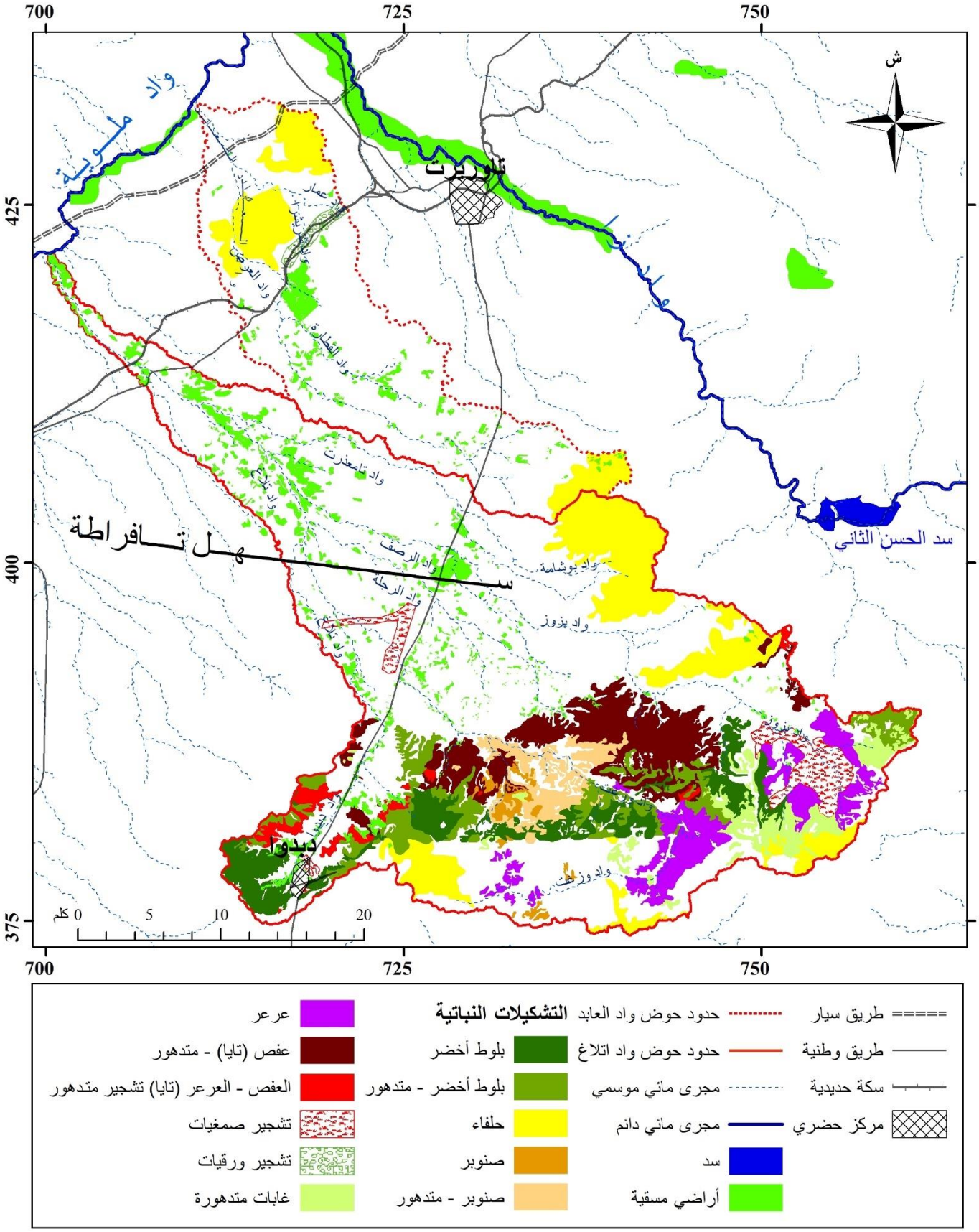
بأقدام الجبال تظهر بقايا تشكيلات نباتية للزيتون البري (Olea Europaea)، والعرعر (Thuya)؛ (الشجر العفصي). تراجعت هذه الأصناف كليا، ولم يبق منها إلا بعض التشكيلات المتواجدة على جوانب الأودية (الصورة رقم 23)، وأقدام الجبال (الصورة رقم 24).

الصورة رقم 23: تشكيلات قزمية على ضفاف واد الفيضة، مع خوامش تم محوها بفعل الحرث.

المصدر: عمل ميداني، صورة بالطائرة المسيرة، 17 أبريل 2021.

الصورة رقم 24: بقايا تشكيلات نباتية بأقدام جبال سيدي علي بلقاسم

المصدر: عمل ميداني، 9 يونيو 2020.



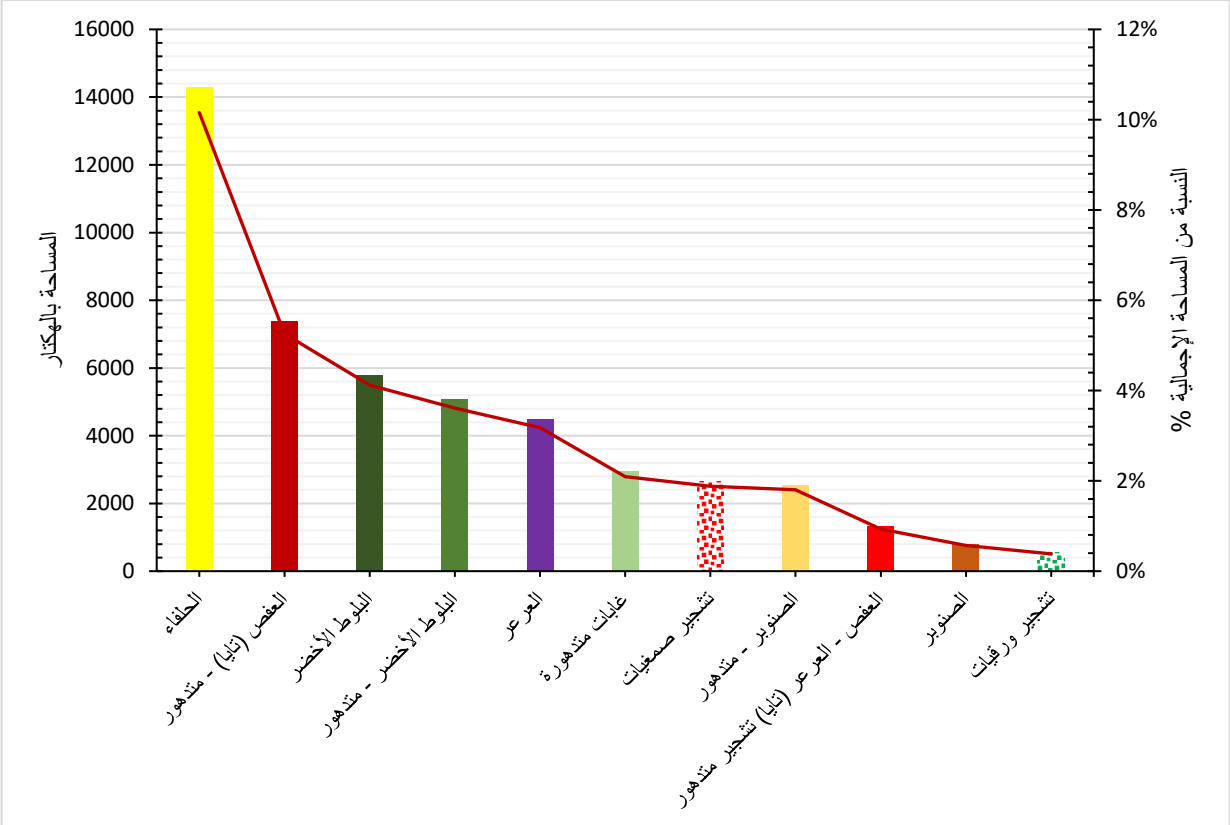
الشكل رقم 18: تنوع أصناف النبات لحوضي العابد واتلاغ.

المصدر: خريطة المياه والغابات 2014، وخرائط المركز الملكي للاستشعار الفضائي 1:100000، والمرئيات الفضائية Sentinel 2020.

يتبين من الشكل رقم 18 أن مساحات مهمة من سهل تَفراطة عارية من الغطاء النباتي الطبيعي ماعدا بعض سهوب الحلفاء التي تمتد على مساحة 15 ألف هكتار تقريبا، وتمثل 30% من مساحة التشكيلات النباتية الطبيعية، و10% من المساحة الإجمالية للحوضين (الشكل رقم 19)، كما أنها تتوزع في سافلة حوض العابد والجزء الجنوبي الأقصى منه، وشرق وسط حوض اتلاغ، والمناطق التي تشرف على منخفضات سهل تَفراطة، والعرعار المتدهور وبعض التشكيلات الآخرى في أقدام الجبال في جنوب السهل. ويعرف السهل كذلك زراعات ومغروسات قد تسهم في تثبيت التربة والتقليل من التعرية.

2_1: التشكيلات الغابوية بالمرتفعات الجبلية

تتميز التشكيلات الغابوية في المرتفعات الجبلية بتفاوت في أصنافها وكثافتها، وذلك تبعا لتوجيه السفوح والارتفاع، ويتم الانتقال تدريجيا من مشاهد تافرطة القاحلة إلى مناظر شبه غابوية منفرجة على السفوح الجبلية، وشبه غابوية ابتداء من ارتفاع 1000م، وغابوية ابتداء من 1200م، وذلك تبعا للتعريض والارتفاع والانحدار ونوع التربة. وهذه العوامل لها دور أساسي في توزيع هذه المجموعات النباتية، المتمثلة في البلوط الأخضر والصنوبر والعرعر والحلفاء والماطورال أو الغابات المتدهورة. وتتوزع في المجال بمساحة متفاوتة (الشكل رقم 19).



الشكل رقم 19: التوزيع المساحي للأصناف النباتية بحوضي العابد واتلاغ.

المصدر: خريطة المياه والغابات 2014، وخرائط المركز الملكي للاستشعار الفضائي 1:100000.

يتبين من خلال شكل التوزيع المساحي للتشكيلات النباتية الغابوية المتربطة بالمرتفعات أن العرعر الطبيعي المتدهور يتوزع على مساحة 7400 هكتار بنسبة 5.25% من مجموع مساحة مجال الدراسة

و15% من مساحة الغطاء النباتي الطبيعي، ثم يأتي بعده البلوط الأخضر الذي يشكل 4.12% من مساحة الحوضين، و12% من الغطاء النباتي الطبيعي، بمساحة تقدر بـ 5790 هكتار، ثم البلوط الأخضر المتدهور بمساحة 5078 هكتار، أي بنسبة 11% من مجال الغطاء النباتي، و3.61% من المساحة المدروسة؛ ثم العرعر بمساحة 4470 هكتار بنسبة 9% من مساحة الغطاء النباتي، و3.18% من مساحة المجال المدروس، كما تشكل الغابات المتدهورة حوالي 3000 هكتار أي 6% من مساحة الغطاء النباتي الطبيعي و1.88% من مساحة الحوضين، ثم يليه مساحيا تشجير الصمغيات بـ 2535 هكتار، بنسبة 5% من الغطاء النباتي الإجمالي، وتبقى 5% الآخرى متفرقة بين تشجير العفصية والورقيات ثم الصنور.

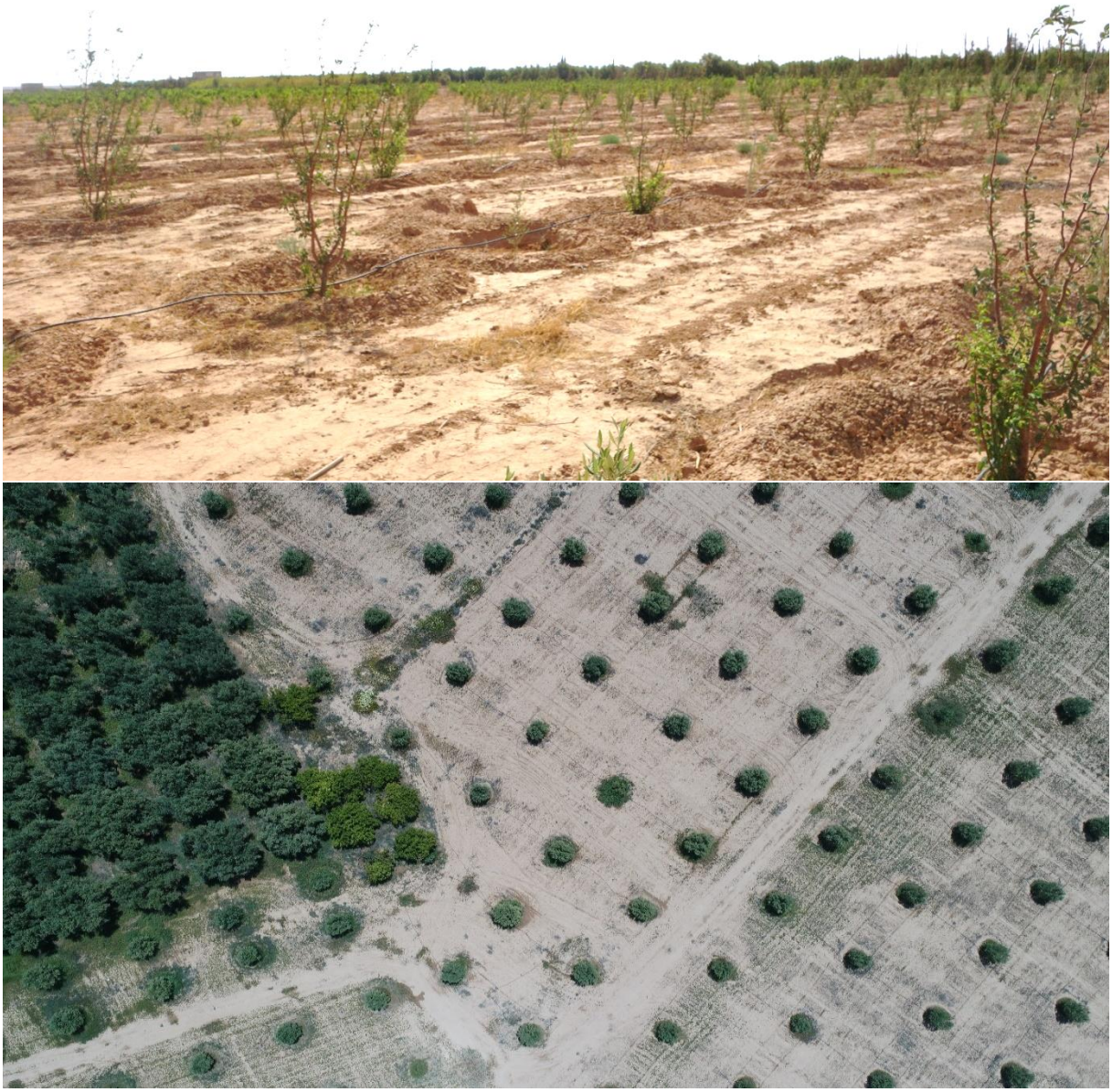
يمثل إجمالي مساحة الغطاء النباتي الطبيعي 477 كلم^2 من المساحة الكلية للحوضين أي بنسبة 34% تقريبا، وهذه الفئة تتناسب مع مجال أشكال التعرية الضعيفة.

1_3: الزراعة والمغروسات

تمتد أغلب الأراضي المسقية على ضفاف واد زا وواد ملوية (الشكل رقم 18)، وبعض المناطق من سهل تَفراطة خاصة ضفاف واد اتلاغ وقرب حامة سيدي شافي، التي تمتاز بجودة تربتها مما يجعل الفلاحين يستغلونها بشكل مكثف ومستمر طوال السنة، الشيء الذي يقلص من مردوديتها ويساهم في تراجع خصوبتها وجودتها.

تستغل هذه الأراضي بالخصوص في زراعة الحبوب والقطاني وبعض الخضر، إضافة إلى الكلأ والأعلاف للمواشي. ونجد على ضفاف واد زا وواد ملوية الأشجار المثمرة لا سيما الزيتون واللوز والمشمش؛ خاصة في سهل تَفراطة (الصورة رقم 25)؛ في حين يقتصر استغلال الأراضي البورية على زراعة الشعير والقمح الطري إلا أن مردوديتها تبقى ضئيلة وغير منتظمة، وذلك حسب المواسم الممطرة (المديرية الجهوية للاستثمار الفلاحي، 2020).

كما ذكرنا سابقا، ما يهمنا في عملية تدخل الإنسان في الأراضي المسقية هو عملية التشجير أو المغروسات الشجرية التي تم تمثيلها بالشكل رقم 18، وتتوزع بسهل تافرطة وضفاف بعض الأودية كواد دبدو واتلاغ ثم قرب حامة سيد شافي، وهي تسقى بالآبار والأثقاب، وأغلبها ظهر في السنوات الأخيرة بفعل التحولات التي مست المجال. مثل اقتلاع واجتثاث النبات الطبيعي واستبدالها بالمغروسات الشجرية، هو نتيجة تحول وتغير نمط الاستغلال التقليدي، بل يمكن القول هو بداية تملك الأرض ولو بطريقة غير مباشرة وغير شرعية لأراضي الجموع، ثم توزيعها وتوريثها والمغامرة بلاستثمار في وسط صعب. ثم يعتبر جني على الموارد بصفة عامة مقابل استغلال غير مضمون وله انعاسا على التدهور. ولو أنها تساهم بشكل أو بآخر في تثبيت التربة وعدم اقتلاعها، وهذا الصنف من الغطاء النباتي غير الطبيعي يمكن تصنيفه في أشكال التعرية المستقرة نسبيا، نظرا لتهيئة هذه الرقع على مساحات منبسطة أولا، وتحويض على الشجر ثانيا، لتحافظ على الترب والماء (الصورة رقم 25) بالرغم من اقتلاع الحجارة الذي يساهم أحيانا في الرفع من التعرية.



الصورة رقم 25: تهيئة الرقع بالمغروسات الشجرية، بسهب الغزال سهل تَفراطة.

المصدر: عمل ميداني، 3 يوليوز 2019 وصورة بالطائرة المسيرة، 17 أبريل 2021.

يتوزع هذا الصنف من الغطاء النباتي غير الطبيعي، على 7064 هكتارا سنة 2020، أي 5% من مساحة المجال المدروس، وإذا أضفنا 34% من التشكيلات الغابوية وشبه الغابوية، يتبين أن 60% من تربة المجال عارية أو شبه عارية (حلفاء متدهورة ونباتات قزمية)؛ تتوزع بين الأراضي المحروثة التي تعرف زراعة بورية وأراضي بوار، وهذه نسبة مهمة جدا، تمثل كل الأشكال التعروية إلا الضعيفة والمستقرة منها، لذلك سنتطرق في المحور الموالي لنسبة التغطية النباتية من خلال بعض مؤشرات النبات.

2_: التغطية النباتية بين سفوح حوضي اتلاغ والعابد

إضافة إلى ما يعرفه المجال من تباين في أصناف الغطاء النباتي، يلاحظ أن هناك اختلافا في نسبة التغطية. ولتحديد هذه النسب أو جودة الغطاء النباتي، تم الاعتماد على مؤشرات عدة (الجدول رقم

11)، التي تعتمد على نطاق الأشعة تحت الحمراء، لأن السلوك الطيفي عند النبات له انعكاسية كبيرة في مجال الطيف المرئي عند اللون الأخضر والأحمر، ثم نطاق الأشعة تحت الحمراء خاصة القريبة منها. وعلى هذا الأساس، تم اختيار هذه المؤشرات، وتم تطبيق ذلك على مرئية أكتوبر 2020 لأن شهر أكتوبر هو الأكثر عدوانية للتساقطات، وبالتالي للنبات دور مهم لتنشيط التعرية في هذا الشهر، ثم سنة 2020 لأنها تمثل الواقع الحالي، ومنه نستنبط مدى جودة الغطاء النباتي المتبقي.

الجدول رقم 11: مؤشرات الغطاء النباتي المستخدمة في نسبة التغطية وتطورها

المؤشر	القاعدة	المرجع
مؤشر الغطاء النباتي للاختلاف الطبيعي للأخضر Green Normalized Difference Vegetation Index	$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$	Gitelson et al. 1998
مؤشر الغطاء النباتي لنسبة اللون الأخضر Green Ratio Vegetation Index	$GRVI = \frac{NIR}{Green}$	Sripada et al.2006
مؤشر الغطاء النباتي لنسبة الأشعة تحت الحمراء Infrared Percentage Vegetation Index	$IPVI = \frac{NIR}{NIR + Red}$	Crippen, 1990
مؤشر النسبة البسيطة المعدل Modified Simple Ratio	$MSR = \frac{\left(\frac{NIR}{Red}\right) - 1}{\left(\sqrt{\frac{NIR}{Red}}\right) + 1}$	Chen, 1996
مؤشر النبات المنضبط Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	Rouse et al. 1974
مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة المحسن Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$OSAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.16)}$	Rondeaux et al. 1996
مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.5)}$	Huete 1988

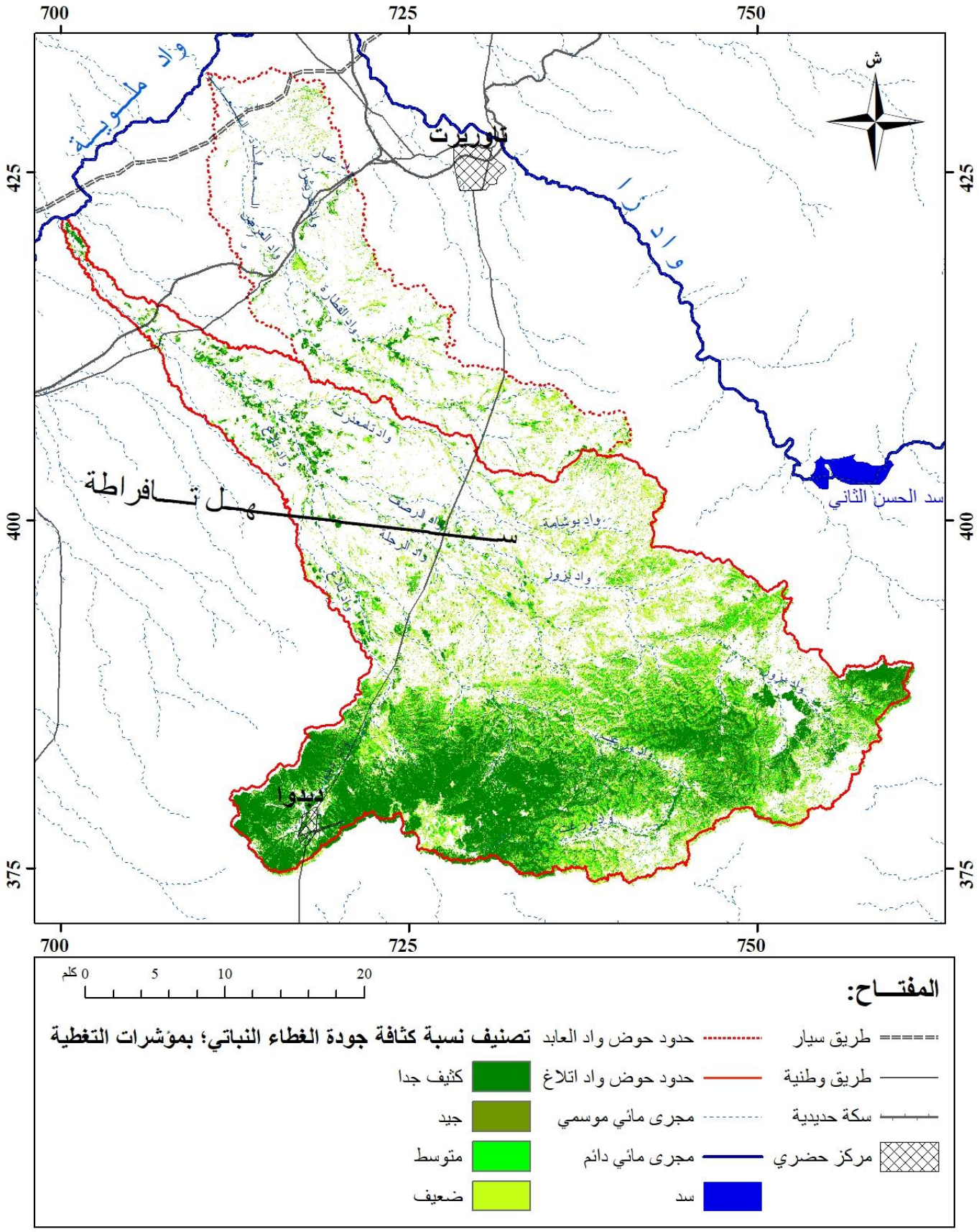
G = الحزام الأخضر، R = الحزام الأحمر، NIR = قناة الاشعة تحت الحمراء القريبة.

بعد حساب المؤشرات، تم التوصل إلى بعض خصائصها (الجدول رقم 12)، لإعطاء فكرة ونظرة عن مجال امتداد قيم هذه المؤشرات.

الجدول رقم 12: مؤشرات الغطاء النباتي المستخدمة في نسبة التغطية وتطورها

المؤشر	القيمة العليا	القيمة الدنيا	المتوسط	الانحراف المعياري
GNDVI	0.7651786	-0.4173992	0.3211601	0.0591633
GRVI	7.5171102	0.4110351	1.972066	0.3018112
IPVI	0.9112889	0.3626131	0.5786844	0.0419221
MSR	2.7617721	-0.3441706	0.2512046	0.1605096
NDVI	0.8225777	-0.2747738	0.1573687	0.0838442
OSAVI	0.7542652	-0.235557	0.0559732	0.0810912
SAVI	0.6871537	-0.1959396	0.0494669	0.0693272

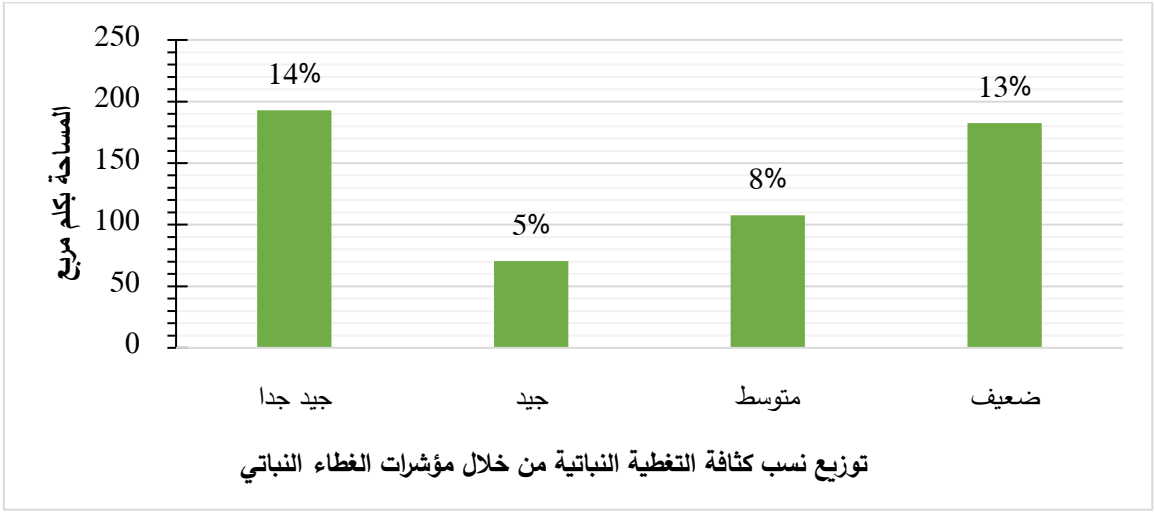
تم دمج هذه المؤشرات في حزام واحد بسبع قنوات (عدد المؤشرات)، وتصنيفها بنفس الطريقة السابقة لفصل تطور تدهور التربة، بطريقة التصنيف غير الموجه بخوارزمية K-means، (Burrough et al. 2000)، وبالتالي الوصول إلى الشكل رقم 20 نتيجة تصنيف فئات الغطاء النباتي حسب جودتها وكثافتها.



الشكل رقم 20: جودة التغطية النباتية بما فيها الأراضي المسقية من خلال تصنيف المؤشرات لسنة 2020.

المصدر: مؤشرات التغطية النباتية على مرئية فضائية سنتينال لشهر شتنبر 2020.

بعد حساب المؤشرات السبعة وتصنيفها إلى عدة فئات بالطريقة المذكورة سابقا، تم ترتيبها من أعلى قيمة التي تقابل الفئة الجيدة جدا، أي غطاء نباتي كثيف، إلى الفئة التي ينعدم بها الغطاء النباتي. ثم بعد ذلك، تم عزل الفئات الأقل قيمة بترتيب تصاعدي حتى وصول نسبة 60% من المساحة الإجمالية التي ينعدم أو يضعف فيها الغطاء النباتي، ثم ترك 40% المتبقية التي تمثل الغطاء النباتي الطبيعي والمسقي بالمجال، ثم تفييء هذه النسبة الأخيرة إلى أربعة عناصر، وهي الفئة الجيدة جدا، والفئة الجيدة وهي تمثل الأراضي المسقية والغطاء الغابوي الكثيف نسبيا، (أكثر من 50%) من التغطية النباتية ثم الفئة المتوسطة، وهي تمثل الماطورال، ثم الفئة الضعيفة التي تمثل الحلفاء المتدهورة، وتقل نسبة تغطيتها عن 25%. يمثل الشكل رقم 21، هذه الفئات بمساحاتها التي تمثلها داخل المجال المدروس.



الشكل رقم 21: مساحة ونسبة كثافة التغطية النباتية بما فيها الأراضي المسقية.

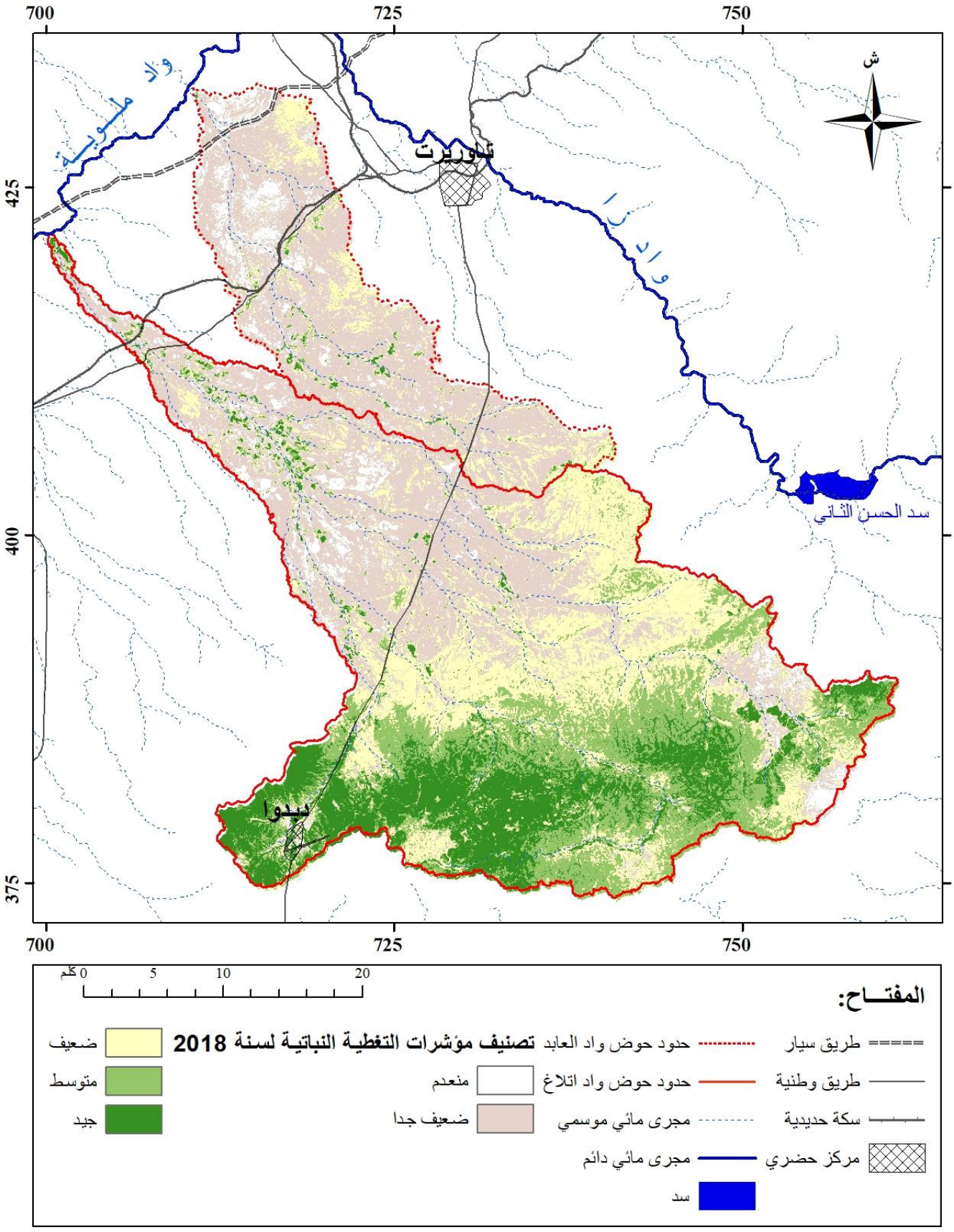
بالرغم من وجود 40% من مساحة المجال المدروسة تغطيها أصناف من النباتات والغابات والتشجير إلا أنها تعرف بدورها تباينا من حيث كثافتها وتدهورها، حيث يتضح من خلال الشكل رقم 21 أن الغطاء النباتي الطبيعي والمجالات المسقية تمثل النسبة الجيدة جدا، يعني الكثيفة، وتمثل فقط ثلث هذه المساحة، 192 كلم^2، و14% من مساحة المجال المدروس؛ والفئة ذات الكثافة الجيدة تمثل 5 % من المجال المدروس، أي حوالي 70 كلم^2؛ والكثافة المتوسطة 8%، أي حوالي 100 كلم^2؛ ثم تليها الكثافة الضعيفة التي تمثل 13% من مجمل مساحة الحوضين وكذلك تقريبا ثلث مجموع مساحة الغطاء النباتي والمسقي.

نفس الطريقة المتبعة في تحديد فئات كثافة وجودة الغطاء النباتي تم تطبيقها على سنوات 1986 و2001 و2018، وتم اختيار هذه السنوات استنادا إلى المنهجية المتبعة في دراسة تدهور التربة في الفصل السابق.

3_: تطور كثافة التغطية النباتية بين سنوات 1986 و2001 و2018 باستخدام مؤشرات الغطاء النباتي والمرئيات الفضائية لاندسات

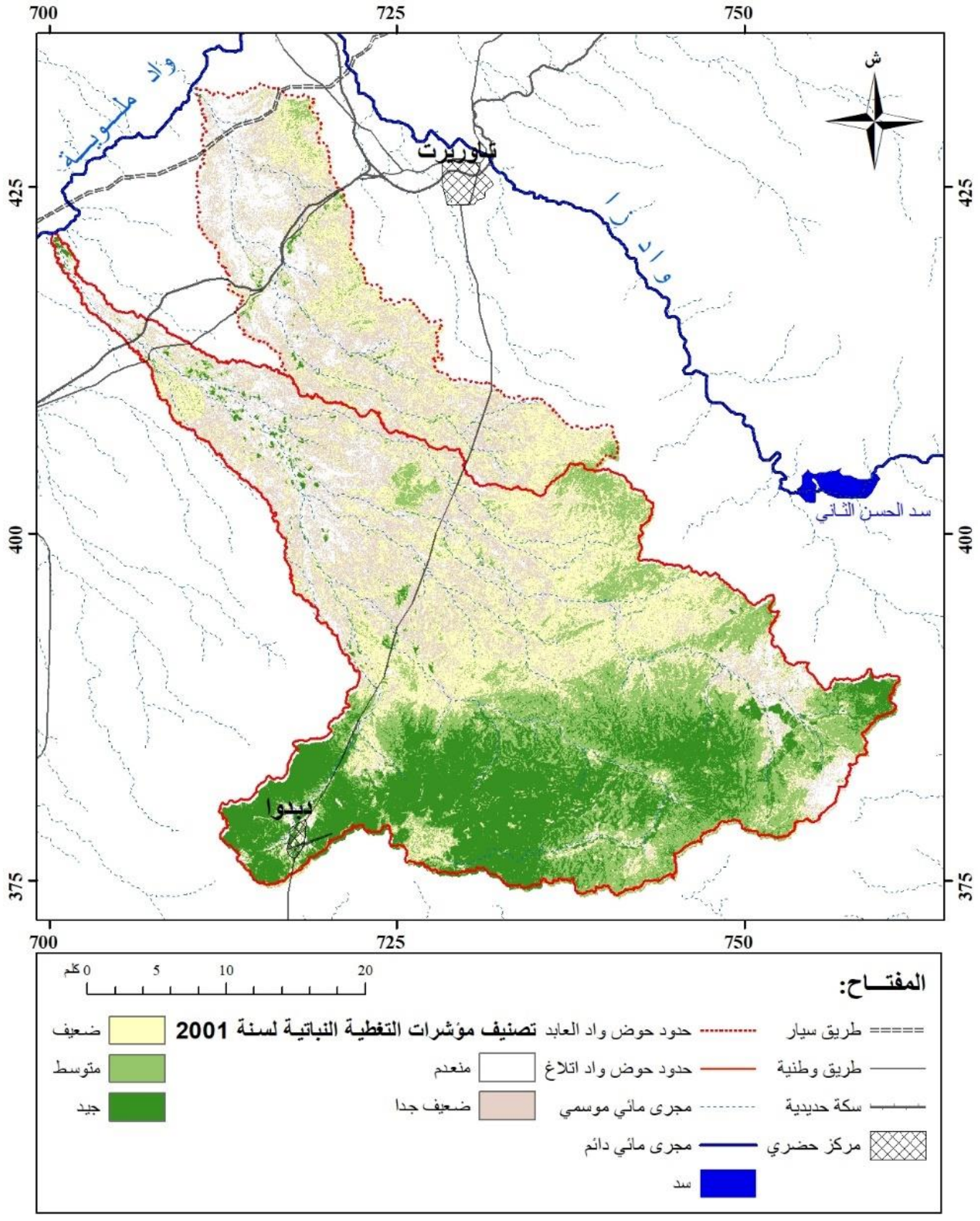
لتحديد طبيعة التغيرات التي عرفها الغطاء النباتي خلال العقود الماضية إلى حدود ثمانينات القرن الماضي، تم الاعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندسات، الجيل الخامس والسابع والثامن، وتم تحديد التواريخ بنفس طريقة دراسة تدهور التربة، وذلك بالاعتماد على تحديد الشهر الأكثر عدوانية، واختيار فترة تفوق 10 سنوات، ثم اختيار سنة تقترب من المتوسط السنوي للتساقطات، واختيار يوم في أكتوبر تقل فيه نسبة السحب عن 2%، ولهذا تم التوصل إلى ثلاثة تواريخ، وهي 29 أكتوبر 1986، 30 أكتوبر 2001، ثم 5 أكتوبر 2018، وهي التواريخ المأخوذة في دراسة مؤشرات تدهور التربة نفسها.

بعد حساب المؤشرات ودمجها ثم تصنيفها، تم تقييئها إلى خمس فئات بتحديد عتبات بناء على خريطة التشكيلات النباتية لتحديد المساحة والكثافة (الشكل رقم 21)، وتبين أن هذه الفئات هي الفئة الجيدة التي تمثل الغطاء النباتي الجيد الذي تفوق كثافته 50%، ثم الفئة المتوسطة لهذه المؤشرات تم تحديدها في الكثافة المتوسطة والضعيفة، أي أقل من 50%، والفئة الضعيفة تمثل فقط التشيكلات القزمية المعشوشبة كالشيح والحرمل والشنان (تاوساية بالاسم المحلي)، ثم الضعيفة جدا والمنعدمة؛ تم تمثيلها في الأشكال 22 و23 و24.



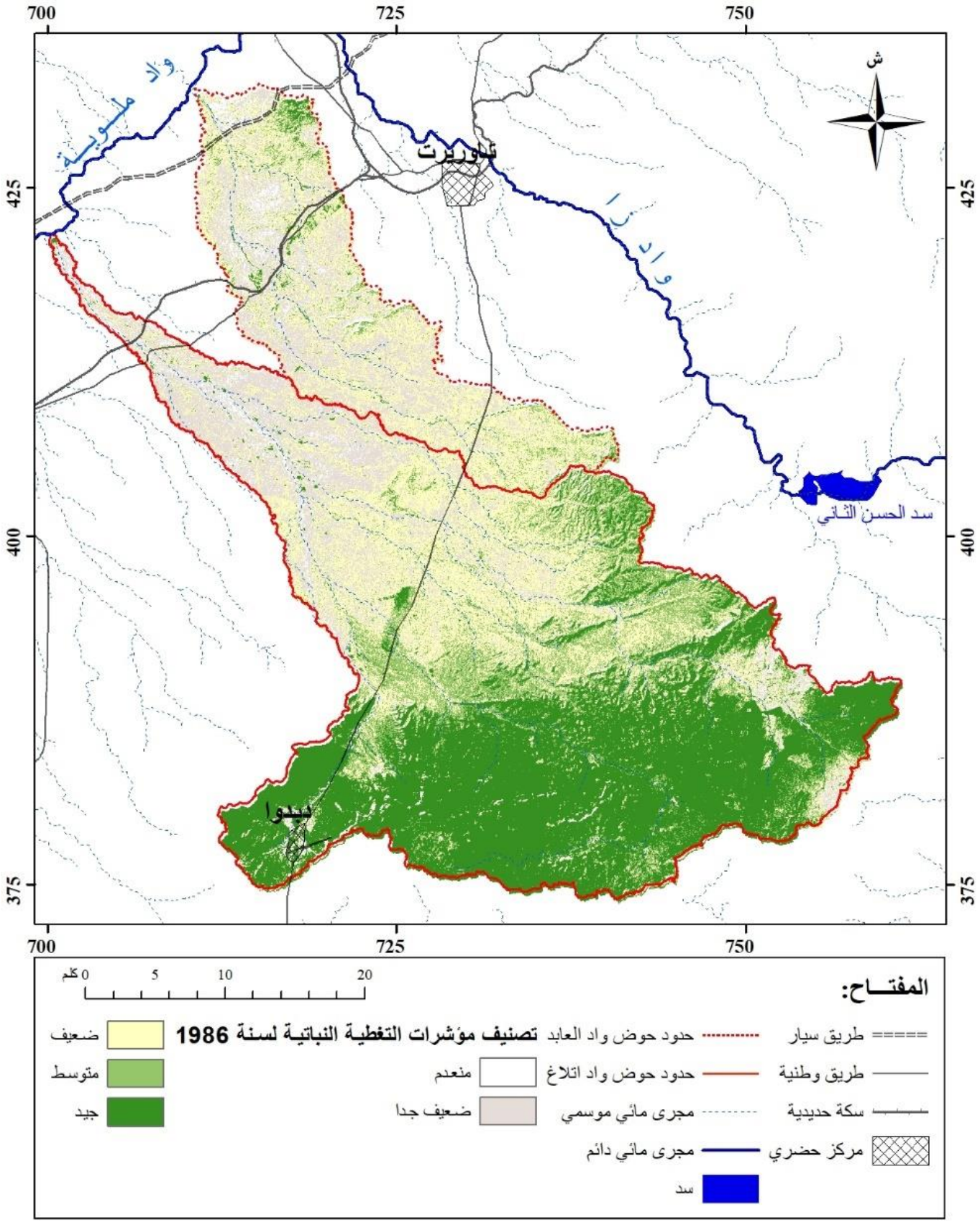
الشكل رقم 22: جودة التغطية النباتية ليوم 5 أكتوبر 2018، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات.

المصدر: مؤشرات التغطية النباتية على مرئية فضائية لاندسات الجيل الثامن يوم 5 أكتوبر 2018.



الشكل رقم 23 : جودة التغطية النباتية ليوم 30 أكتوبر 2001، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات.

المصدر: مؤشرات التغطية النباتية على مرئية فضائية لاندسات الجيل السابع يوم 30 أكتوبر 2001.



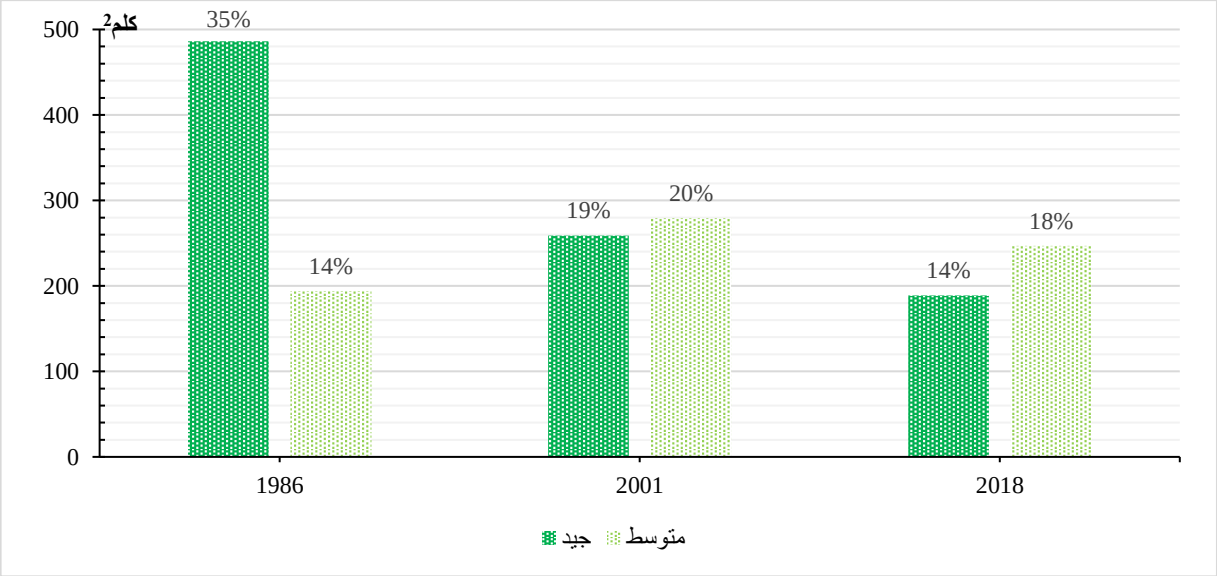
الشكل رقم 24: جودة التغطية النباتية ليوم 29 أكتوبر1986، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات.

المصدر: مؤشرات التغطية النباتية على مرئية فضائية لاندسات، الجيل الخامس يوم 29 أكتوبر 1986.

يتبين من خلال الشكل رقم 24 لمؤشرات الغطاء النباتي للمرئية الفضائية ليوم 29 أكتوبر 1986 أن الفئة الجيدة تتركز في جنوب المجال، بأقدام الجبال وفي المرتفعات، حيث أنها الفئة الأكثر كثافة والتي تمثل الغطاء النباتي الطبيعي الجيد والكثيف، تبدو واضحة المعالم ومهيمنة على الجنوب، ثم الفئة المتوسطة والتي غالبا ما تكون محاذية ومحاطة للفئة الجيدة ومقترنة بها، وهذه الفئة تمثل الغابات المتدهورة.

يظهر من خلال الشكل رقم 23 لمرئية 30 أكتوبر 2001 أنه بعد 15 سنة تراجعت الفئة الجيدة والمتوسطة بشكل واضح، مع ظهور بعض الرقع في سهل تَفراطة التي تمثل الضيعات الفلاحية المسقية. أما الشكل رقم 22 ليوم 5 أكتوبر 2018 أي بعد 17 سنة، يبين زيادة هذا التراجع لهذه الفئات وانتشارها بشكل أكثر بسهل تَفراطة، أي ارتفاع استغلال المجال وتحوله لأنشطة زراعية.

وهذا ما يتضح من خلال الشكل رقم 25 والشكل رقم 26 بالنسبة لتطور مساحة الفئات التي تمثل الغطاء النباتي ونسبتها خلال السنوات المدروسة.



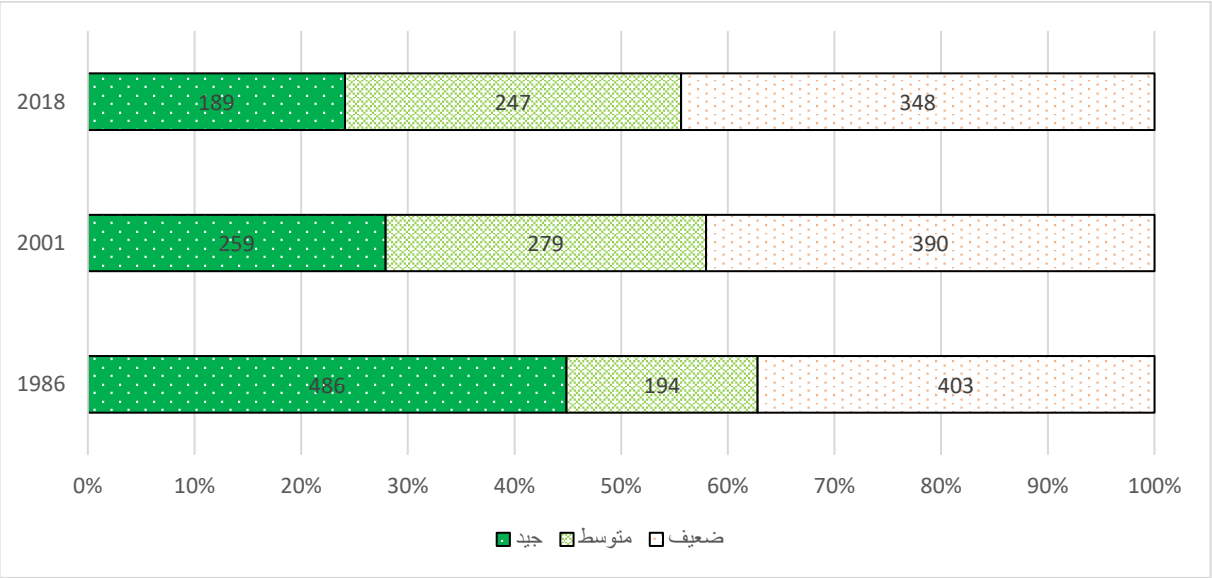
الشكل رقم 25: تطور مساحة الفئة الجيدة والمتوسط لمؤشرات الغطاء النباتي.

من خلال الشكل رقم 25 الذي يمثل الغطاء النباتي الطبيعي والمسقي، الجيد منه والمتدهور، يلاحظ أنه في سنة 1986 كانت المنطقة ذات تغطية نباتية تقدر بحوالي 680 كلم^2، أي حوالي نصف مجال الدراسة، ومنها ثلث مساحة المجال جيد غير متدهور وبكثافة عالية. عكس الواقع الحالي للغطاء النباتي حيث أن ثلث المجال يعرف تدهورا وتراجعا في كل الأصناف والفئات حتى المتدهور منها والمسقي.

تراجعت مساحة الغطاء النباتي سنة 2001 إلى 538 كلم^2، بنسبة 10% من مساحة المجال (الشكل رقم 26)، أي حوالي 142 كلم^2، لكن بانخفاض الفئة الجيدة تقريبا بنصف المساحة، هذه الفئة كانت تمثل سنة 1986 حوالي 227 كلم^2، ويلاحظ ازدياد الفئة المتوسطة أي المتدهورة، من 194 إلى 279، بمعنى آخر أنه خلال 18 سنة، انخفضت أصناف النبات الجيدة بـ 47%، من مساحتها، وازدادت مساحة الأصناف المتدهورة بـ 43%، ومجموع هذه المساحة قل بعشر مساحته الأصلية.

في سنة 2018، تراجعت المساحة الجيدة بـ70 كلم^2، عن سنة 2001، ولكن يجب أن نأخذ بعين الاعتبار المجالات التي تم تشجيرها لهذه المساحة، ثم تقلص الفئة المتوسطة أي المتدهورة بحوالي 22 كلم^2، كما انخفض مجموع مساحة الغطاء النباتي منذ 14 سنة بـ 7% أي حوالي 102 كلم^2.

هذا التراجع حسب الفئات يبدو بشكل واضح في الشكل رقم 26.



الشكل رقم 26: تطور نسبة فئات جودة التغطية مابين 1986 و2018.

يتضح من الشكل رقم 26 تراجع واضح للغطاء النباتي، حيث أن المجال المدروس فقد خلال ثلث قرن حوالي ثلثي مساحة الفئة الجيدة، تقريبا ربع مساحة المجال الدروس، (297 كلم^2)، أي أن هذه الفئة تتراجع بحوالي 930 هكتار في السنة، لينضاف جزء منها إلى الفئة المتدهورة بـ 165 هكتار سنويا، والباقي يتراجع ويتدهور بدون تجديد، ويقدر بـ 24400 هكتار خلال 32 سنة، أي 762 هكتار يفقدها المجال كل سنة، مما يعني أن المجال فقد خلال هذه الفترة 35% من الغطاء النباتي، أي أكثر من 1% كل سنة، يعني 17% من مساحة المجال خلال 32 سنة.

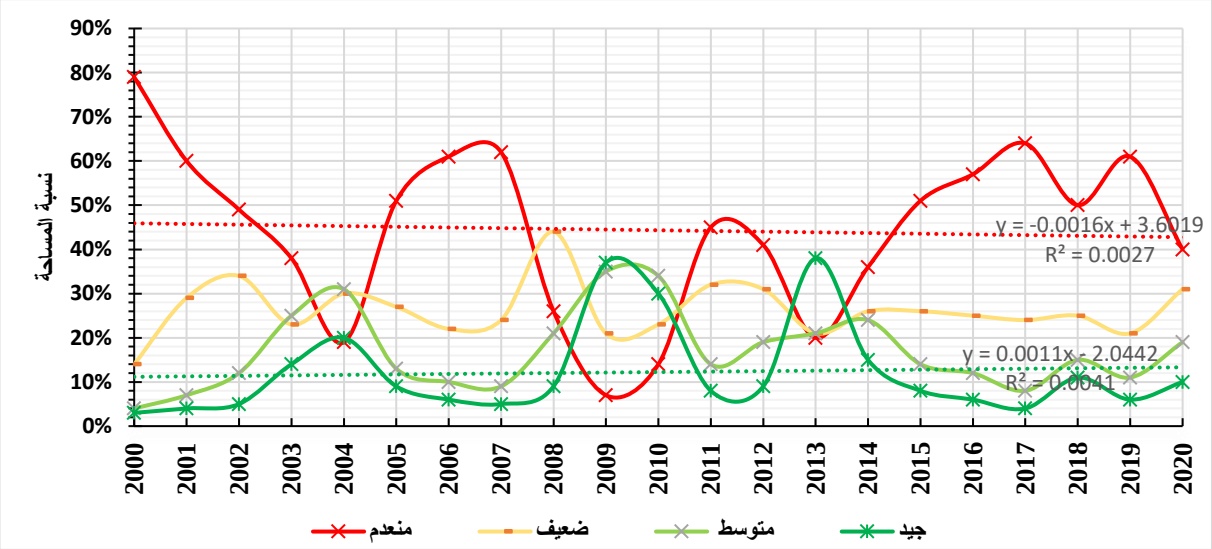
4_: التتبع السنوي لتقييم جودة الغطاء النباتي من خلال مؤشر التغطية النباتية (NDVI) للفترة مابين 2000-2020

تم الاعتماد في تقييم حالة الغطاء النباتي حساب مؤشر التغطية النباتية (NDVI)، الذي تتغير قيمته من (1-) إلى (1) حيث أنه كلما اقتربت القيمة من 1 كان الغطاء النباتي كثيفا، وكلما اتجهت نحو (1-) فإن كثافة الغطاء النباتي تكون ضعيفة إلى منعدمة. ويعتبر مؤشر التغطية النباتية (NDVI) Indice de Végétation Normalisé من أهم المؤشرات المعروفة في علم الاستشعار عن بعد (Burgan, 1996) و(Bonn, 1996) و(Pettorelli, 2013) و(Yengoh et al. 2015)، يتم اعتماده لدراسة الغطاء النباتي من أجل معرفة توزيع الغطاء النباتي حسب درجة اخضراره؛ ويتم حسابه بطريقة رياضية

بسيطة اعتمادا على قيم الخلايا المساحية لكل من القناة الحمراء والقناة دون الحمراء القريبة، كما هو موضح في الجدول رقم 11 حسب الطريقة التالية (Rouse et al. 1974):

NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red)

تم تتبع مؤشر التغطية النباتية خلال 21 سنة (2000–2020) لشهر أكتوبر نظرا لاختلاف السلوك والخصائص الطيفية، ودراسة اختلاف وتباين التغطية النباتية في المجال المدروس، وتتبع تطورها من حيث تزايد أو تراجع المساحة (الشكل رقم 27).



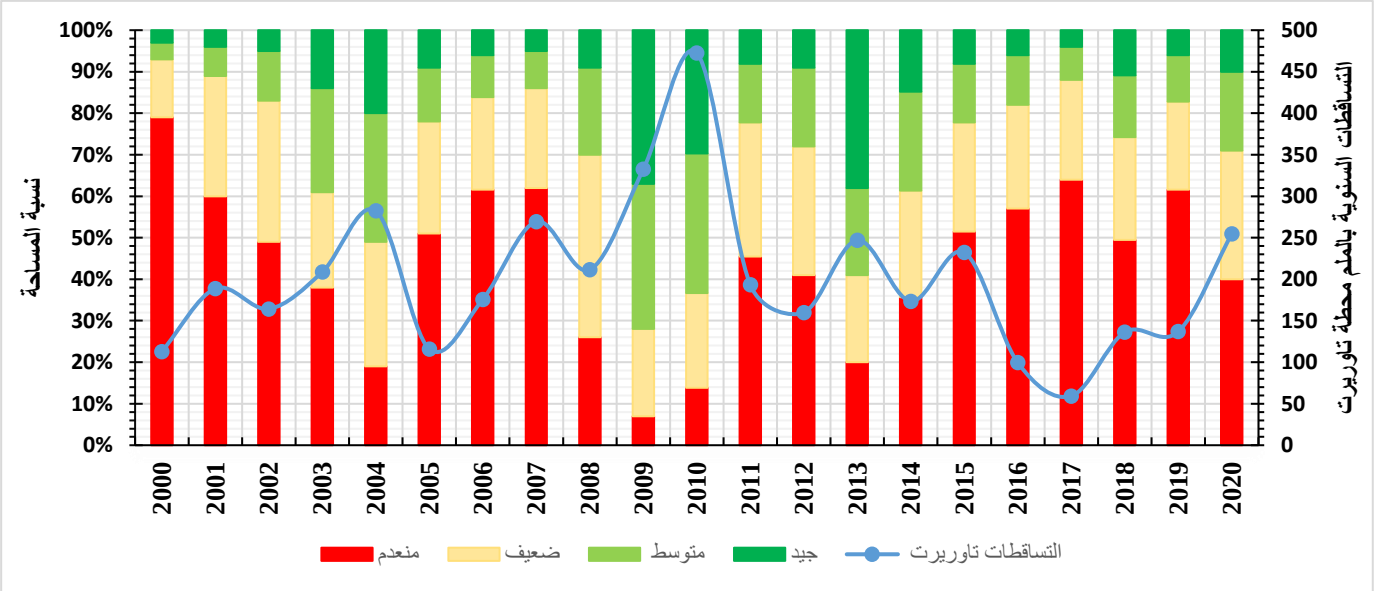
الشكل رقم 27: تطور مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2000–2020)

المصدر: مؤشر التغطية النباتية (MODIS)

تبين من خلال الشكل رقم 27، مدى تغير حالة الغطاء النباتي من سنة لآخرى خلال المدة المدروسة، حيث كان شهر أكتوبر لسنوات 2000 و2007 و2017 أكثر السنوات تراجعا، وتغطي الفئة الضعيفة إلى المنعدمة نسبة تصل أحيانا ما بين 65% و 80% من تراب المجال المدروس، خاصة سنة 2000 حيث شكلت 80% من الفئة المنعدمة، وفقط 3% من الفئة الجيدة، في حين عرفت المناطق المتواجدة بجنوب منطقة الدراسة (دبدو) وضفاف المجاري المائية الدائمة (واد زا وواد ملوية)، غطاء نباتيا متوسطا إلى جيد (غطاء نباتي غابوي + مسقي)، أما باقي المرئيات الفضائية لسنوات 2002، 2003، 2005، 2008، 2011، 2012، 2015، 2016، 2018، فلم تعرف تراجعا بنفس الحدة التي عرفها المجال في السنوات الآخرى. وشكلت سنتا 2009 و2013 حالة استثنائية باعتبارها سنتين جيدتين من حيث التغطية النباتية، قاربت فيها الفئة الجيدة من حيث المساحة 40%، والفئة المتوسطة أكثر من 35% بالنسبة لسنة 2004 و2009 و2010 ثم حوالي 20% لسنوات 2008، 2012، 2013، 2014.

ما يميز هذا التباين في مؤشر التغطية النباتية (الشكل رقم 27 والشكل رقم 28) هو أن المساحة من الفئة المنعدمة هي التي تطغى عن المجال في أغلب السنوات بل جلها ما عدا سنوات 2004 و2009 و2010، حيث تقل هذه النسبة عن 20%، مما يبين أن المجال متدهور من حيث التغطية النباتية، وأن

الفئة الجيدة والمتوسطة تتركز في الجنوب أي المناطق الجبلية، والمسقية، وتمثل أقل من خمس المساحة في أغلب السنوات (الشكل رقم 28).

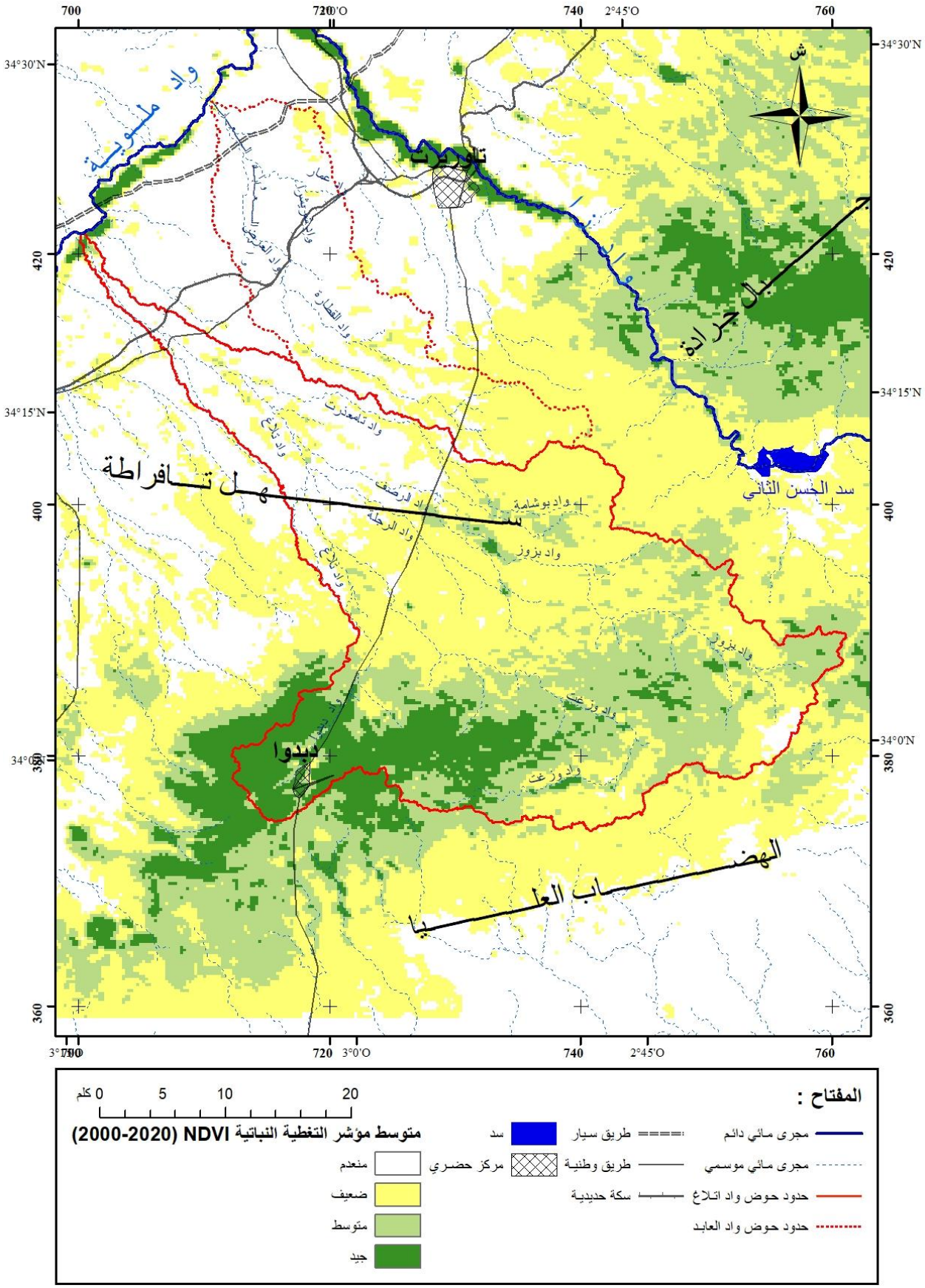


الشكل رقم 28: تطور نسبة مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2000–2020)

المصدر: مؤشر التغطية النباتية (MODIS)

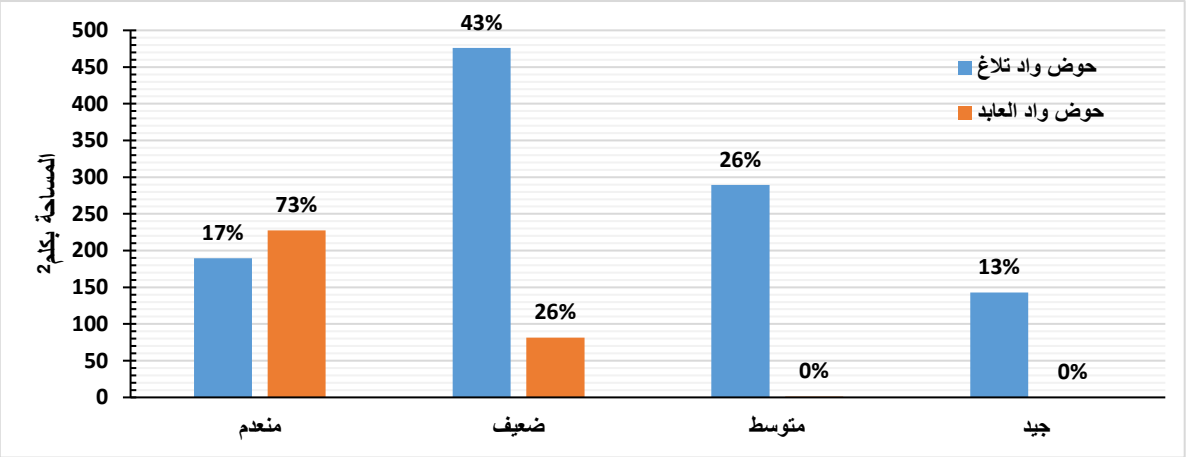
إن دراسة حالة الغطاء النباتي وتتبع تطوره في سيرورة زمنية من حيث الكم والنوع، والأشكال المدرجة، تبين تطور مؤشر التغطية النباتية NDVI لشهر أكتوبر بين سنوات 2000 و2020؛ ويتضح أن المنطقة تشهد تغطية ضعيفة بحكم ارتباط تواجد غطاء نباتي بظروف طبيعية كالمناخ والتربة، لكنه يعرف تدهورا بفعل الاستغلال البشري كالاجتثاث والرعي (مواديلي وأخرون، 2018).

بناء على نتائج قيم مؤشر التغطية النباتية لـ21 سنة، تم حساب متوسط مؤشر الغطاء النباتي، وهذا المتوسط قيمة مجالية نظرية لحالة الغطاء النباتي (الشكل رقم 29 والشكل رقم 30) يمكن أن توجد عليها المنطقة في الحالة العادية، وهو أكثر تعبيرا عندما يجمع بين سنوات متعددة لفترة زمنية كبيرة، ويعطي نظرة عامة، لكنها أكثر دلالة من النظرة الظرفية لسنة معينة (حواس وأخرون، 2019).



الشكل رقم 29: متوسط مؤشر الغطاء النباتي

المصدر: مؤشر التغطية النباتية (MODIS) من سنة 2000 إلى 2020



الشكل رقم 30: نسبة مساحة متوسط مؤشر الغطاء النباتي

حسب متوسط التغطية النباتية لـ 21 سنة (2000–2020)، يتضح أن الفئة المنعدمة تشكل ثلاثة أرباع مساحة حوض واد العابد، مقابل خمس مساحة حوض واد اتلاغ، وهي كلها بسهل تَفراطة عند سافلة الأحواض المدروسة؛ والفئة الضعيفة تمثل ربع مساحة حوض العابد وتمتد في عاليته، و 43% من مساحة حوض اتلاغ، وتمتد في وسطه؛ ثم الفئة المتوسطة تمثل ربع مساحة حوض واد اتلاغ، وتتوزع على أقدام السفوح الجنوبية للحوض، وشبه غيابها في حوض واد العابد، إلا أنها تشكل فقط 1كلم²، أقل من 1% من مساحة الحوض؛ والفئة الجيدة تمثل 13% من مساحة حوض واد اتلاغ، وهي تتركز في الجنوب الغربي للحوض (غابة دبدو)، إلا أنها تنعدم في حوض واد العابد.

خلاصة

من خلال جرد أصناف وتشكيلات النبات لحوضي اتلاغ والعابد، وتتبعها زمنيا، يتبين أن هذه المجالات تعرف تراجعا مستمرا لمساحة الغطاء النباتي وتراجعا حادا في الكثافة النباتية، وهذا يرجع بالأساس إلى التحولات السوسيومجالية التي يشهدها المجال والتي تفاقم الوضع من حيث الاستغلال غير المعقلن لهذا المورد إضافة إلى تردد كبير لحالات الجفاف (اسباعي وأخرون، 2019)، هذه التشكيلات النباتية لها دور مهم ورئيس في تثبيت التربة والحد من تعريتها وتدهورها، وذلك أن تدهور الغطاء النباتي يؤدي إلى ارتفاع حدة التعرية وانجراف التربة، الناتج عن ارتفاع حدة السيلان وانخفاض النفاذية.

ساهم التدخل البشري في هذا المجال الجغرافي في تدهور التشكيلات النباتية، وذلك عن طريق الرعي الجائر وقطع الأشجار وإقامة المفاحم، وأيضا من خلال إقامة مشاريع ذات بعد اجتماعي لتوفير دخل للساكنة المحلية عبر استغلال نبتة إكليل الجبل التي تستغل في إنتاج مواد عطرية بالمناطق المرتفعة كجماعة أهل واد زا.

عكست الخرائط المنجزة وأشكال تتبع حالة الغطاء النباتي، اختلافا في درجة التدهور تبعا لاختلاف السنوات. إلا أن الميزة العامة التي تطبع الغطاء النباتي على قلته هي كونه يعرف تدهورا وتراجعا ملحوظا، مما يسهم في الزيادة من حجم التربة المفقودة.

بعد تطبيق هذه العملية على مجال الدراسة لمعرفة دينامية الغطاء النباتي على مدى 21 سنة، يبين أن كثافة الغطاء النباتي بالمجال المدروس حسب متوسط قيمة مؤشر التغطية النباتية، يقودنا للوصول إلى مجموعة من الاستنتاجات الآتية:

- اختلاف على مستوى التغطية النباتية بين جهات المجال المدروس،
- مجاليا لمسنا أن هناك تباينا للتغطية النباتية بين مناطق الحوضان، ويرجع هذا التباين إلى طبيعة التشكيلات النباتية، التي تتوزع بين غطاء نباتي شبه غابوي وتشكيلات عشبية هزيلة، تبعا للتضاريس التي تتحكم في التساقطات.
- تدهور الغطاء النباتي حيث إن نسبة الفئة الجيدة تبقى ضعيفة جدا مقارنة مع المساحة الإجمالية، في حين يعرف باقي المجال غيابا كبيرا يتدرج من ضعيف إلى منعدم، وهذا راجع بالأساس إلى توالي سنوات الجفاف، وعدم انتظام التساقطات.
- الغطاء النباتي عرف هو الآخر تراجعا سواء من حيث مساحته، أو نوعيته، أو كثافته.

إذا استمر الوضع على ما هو عليه وبنفس الوتيرة سوف تجتث الغابة وتنقرض خلال السنوات القادمة، لأن ما خلصنا إليه هو أن ثلثي المساحة الجيدة والكثيفة فقدت خلال ثلث قرن؛ أي أن المجال يفقد تقريبا ألف هكتار سنويا. وهذا يدق ناقوس الخطر لأنه بهذه الوتيرة، يمكن أن تصبح المنطقة عبارة عن أراض خالية من الغطاء النباتي الطبيعي، وقد ينتج عن ذلك اختلال إيكولوجي، وفقدان التربة، سيما وأن أجوءها تتميز بانحدارات.

خاتمة القسم

يعرف حوضا اتلاغ والعابد نشاطا مورفوديناميا قويا ومتنوع المظاهر والأشكال، يظهر هذا من خلال جرد أشكال التعرية المائية المختلفة المنتشرة بالمجال، كما يصنف حسب نوعيته وحدته (سيلان منتشر، وسيلان مركز؛ وتخديد، وحركات كتلية، وتآكل ضفاف الأودية).

يتطور السيلان المائي بالمنطقة فوق جميع فئات الانحدار، ويرتبط ارتباطا وثيقا بطبيعة الاستغلال غير الملائم مع الوسط الطبيعي الهش، كما يعم السيلان المنتشر والمركز جميع الأراضي المستغلة فلاحيا والانحدارات التي تتعدى درجتها 3°، والمنخفضات، والسهول، وعند قدم الجبل. ويؤدي التعمق الرأسي للتخديد وتوسعه الجانبي، رغم امتداده المجالي المحدود إلى اقتطاع أجزاء مهمة من المجالات وإلى صعوبة استغلال الأرض. أما الحركات الكتلية، فإن نشاط بعضها يرتبط أيضا، بالعوامل البشرية المحركة لانطلاقها، وتعمل التساقطات المطرية الاستثنائية العنيفة والمسترسلة على الزيادة في هشاشة وتسريع تطور هذه الحركة.

تتواجد أشكال تعروية مختلفة في نفس السفح، وهذا التداخل يؤثر بشكل واضح في التوزيع المجالي لهذه الأشكال، مما دفع إلى دراسة تطورها. ويتبين من خلالها أن المنطقة تشهد تغيرا في عدد من الأراضي وتطورا كبيرا لبعض الأشكال التعروية خاصة آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز، وانتشارها بسفوح تعرف نوعا من الاستقرار في السنوات الأخيرة، ثم أن بعض هذه الأشكال كالأساحل سريعة التطور مما يعني أنها تغذي السافلة بالأوحال (السدود).

كما أبانت الدراسة التطورية أن حوضي اتلاغ والعابد يمكن تقسيمهما إلى ثلاثة نطاقات تعروية، وهي: المناطق غير المستقرة ذات التعرية القوية التي تعرف دينامية سريعة جدا يمكن لمسها خلال عقود أو سنوات وأحيانا خلال نفس السنة؛ ومناطق متوسطة الاستقرار أو خفية لأنها تعرف تداخلا بين أشكال ومظاهر التعرية من قبيل التخديد الأولي والسيلان الغشائي والأراضي المحروثة؛ ومناطق أخرى تعرف نوعا من الاستقرار النسبي، وهي ذات تعرية ضعيفة، وتتميز بوجود غطاء، مما يساعد على تثبيت التربة.

من خلال جرد أصناف وتشكيلات النبات لحوضي اتلاغ والعابد، وتتبعها زمنيا، يتبين أن هذه المجالات تعرف تراجعا مستمرا لمساحة الغطاء النباتي وتراجعا حادا في الكثافة النباتية. هذه التشكيلات النباتية لها دور مهم ورئيس في تثبيت التربة والحد من تعريتها وتدهورها، ذلك أن تدهور الغطاء النباتي يؤدي إلى ارتفاع حدة التعرية وانجراف التربة.

عكست الخرائط المنجزة اختلافا في درجة التدهور تبعا لاختلاف السنوات، إلا أن الميزة العامة التي تطبع الغطاء النباتي على قلته هي كونه يعرف تدهورا وتراجعا ملحوظا، مما يسهم في الزيادة من حجم التربة المفقودة. ويتبين من خلال تتبع الغطاء النباتي على مدى 21 سنة، أن كثافته، حسب متوسط قيمة مؤشر التغطية النباتية، تختلف على مستوى التغطية النباتية بين مناطق حوضي اتلاغ والعابد، وهناك تباين من حيث طبيعة التشكيلات النباتية، التي تتوزع بين غطاء نباتي شبه غابوي وتشكيلات عشبية هزيلة. نسبة

الفئة الجيدة تبقى ضعيفة جدا مقارنة مع المساحة الإجمالية، في حين يعرف باقي المجال غيابا كبيرا يتدرج من ضعيف إلى منعدم، كما يعرف تراجعا من حيث مساحته، أو نوعيته، أو كثافته.

وصف وتشخيص هذه المظاهر مجاليا، وتتبع تطورها في علاقتها بالغطاء النابتي، يتطلب تقييم هذه الظاهرة كميا ونوعيا أو يدفع إلى تقديم المظاهر الكمية لهذه التعرية، وهذا ما سيتم التطرق إليه في القسم الثاني الخاص بتقييم التعرية المائية بالنمذجة والقياسات المباشرة في الميدان.

القسم الثاني: تقييم التعرية المائية بالنمذجة والقياسات المباشرة في الميدان

من خلال ما تم التطرق إليه في القسم الأول للتوزيع المجالي لمظاهر التدهور، والتطور الذي عرفته هذه المظاهر، بالإضافة إلى ما شهده المجال من تراجع في التغطية النباتية، سيتم في هذا القسم معالجة التعرية المائية الغشائية بتقييمها وتحديد مدى قابلية تربات هذه الأحواض للتعرية، وكيف تتباين هذه القابلية بين أراضي حوضي اتلاغ والعابد، لأن مشكل التعرية المائية يعتبر من بين أهم المشاكل البيئية المعقدة التي تشترك في تنشيطها مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية. لذلك سيتم التطرق، في هذا القسم، لتقييم التعرية المائية بالنمذجة ومقارنتها بالقياسات المباشرة في الميدان بتقنية المقلد المطري والآلات الحديثة للمسح الطبوغرافي.

تم الاعتماد في الفصل الرابع على المعادلة العامة لتكميم التربة المفقودة التي طبقها Wischmeier عام 1965 بالولايات المتحدة الأمريكية، والتي تطورت في صورتها العامة لتشمل العوامل الرئيسية المتعلقة بالتعرية المائية، ونموذج PAP/CAR للتقييم النوعي للتعرية الذي يعتبر من بين أهم النماذج المعتمدة لدراسة التعرية المائية بالمجالات المتوسطية.

في الفصل الخامس، سيتم التطرق إلى البحث في دينامية هذا الوسط، خاصة ظاهرة التدهور الناتج عن التعرية المائية، ومحاولة الإجابة عن أسباب هذه الظاهرة، وميكانيزماتها، وظروف نشأتها، والمشاكل الناجمة عنها. وهذا يتطلب فهما جيدا للسلوك الهيدرولوجي للتربة، من خلال تحديد كمية المياه المتسربة في التربة، وتلك التي تضيع بفعل السيلان، وتؤدي إلى إزالة العناصر الدقيقة والمواد العضوية. إلا أن تتبع أساليب هذه الدينامية تحت الأمطار الطبيعية صعب جدا، ويتطلب سنوات طويلة من الدراسة والانتظار. ولتجاوز هذه الصعوبات، تم الاقتصار على تقنية التقليد المطري في قياس التعرية على مستوى المشارات التجريبية الصغيرة بمساحة 0.5م².

تم اعتماد سبعة وثلاثين مشارة تجريبية بمجال الدراسة، وهي تتميز بخصائص طبيعية مختلفة (طبيعة التربة، ودرجة الانحدار، والتوجيه ...)، وبأنماط استغلال مختلفة كذلك (مستريحة، وبوار، ومزروعة، وغطاء نباتي).

يتبين من خلال الدراسة الوصفية والتطورية لمظاهر تدهور التربة في القسم الأول، أن مجال الدراسة يعرف مواقع مهمة تنشط بها التعرية التراجعية، التي تفقد كميات مهمة من الترب. إلا أن المعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن للتعبير عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لابد من دراسة حالات التعرية الموضعية التي يمكن أن تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف، مقارنة مع تكميم التعرية الغشائية. ولعدم إغفال دور التعرية الموضعية

(تقويض الضفاف والأساحل أي التعرية المركزة)، سيتم في الفصل السادس التركيز على ثلاث حالات تعرف دينامية مهمة، من خلال الزيارات المتكررة لهذه المواقع وقياسها مباشرة في الميدان، بآليات حديثة ودقيقة للمسح الطبوغرافي، كالماسح الثلاثي الأبعاد للأعمال الطبوغرافية، Scanner 3D، والطائرة المسيرة Drone UAV، ثم محطة جهاز التموقع العالمي GPS Leica 1200، للتمكن من استيعاب كمية المواد المفقودة الناتجة عن هذه التعرية بمختلف أحجامها والتي تترسب في النهاية مباشرة في السد، لأنه لا يمكن تعميم ظاهرة موضعية محددة على مساحات غير معنية بها، بل قياسها لوحدها.

الفصل الرابع: التقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية

(التقييم الكمي من خلال المعادلة العالمية للتربة RUSLE، والتقييم النوعي من خلال نموذج PAP/CAR)

مقدمة

تعتبر مشكلة تدهور الموارد الطبيعية بصفة عامة والتعرية المائية بصفة خاصة، من بين أهم المشاكل البيئية المعقدة التي تشترك في صنعها مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية.

تعرف التربة بمجال الدراسة تدهورا مستمرا بسبب الظروف الطبيعية التي يطبعها تردد حالات الجفاف، وطبيعة التكوين الصخري، وتدهور الغطاء النباتي (اسباعي وأخرون، 2018)، وبسبب أنظمة الاستغلال البشري غير الملائمة حيث إن تربة المنطقة هشة وسريعة التدهور (موديلي واسباعي، 2020)، كما أن التعرية تنشط بشكل كثيف، وبمختلف أنواعها الميكانيكية، خاصة التعرية المائية والريحية، ونسعى في هذا الفصل إلى تكميم التعرية المائية بالنمذجة ومقارنتها بالقياسات المباشرة في الميدان بتقنية المقلد المطري والآلات الحديثة للمسح الطبوغرافي.

تم الاعتماد في هذا الفصل على المعادلة العامة لتكميم التربة المفقودة التي طبقها Wischmeier عام 1965 بالولايات المتحدة الأمريكية، والتي تطورت في صورتها العامة لتشمل العوامل الرئيسية المتعلقة بالتعرية المائية، ونموذج PAP/CAR للتقييم النوعي للتعرية الذي يعتبر من بين أهم النماذج المعتمدة لدراسة التعرية المائية بالمجالات المتوسطية.

المحور الأول: تقييم كمي للتعرية المائية باستخدام المعادلة العالمية لانجراف التربة (USLE)

1_: التعريف بالمعادلة العالمية للتعرية المائية

تم تطبيق المعادلة العالمية لفقدان التربة (USLE) بالولايات المتحدة الأمريكية بالمركز الوطني للسيلان وحساب فقدان التربة (National Runoff and Soil Loss Center) سنة 1954، طورها كل من Wischmeier و Smith ابتداء من سنة 1958 اعتمادا على أزيد من 10000 مشارة تجريبية وأحواض صغيرة موزعة على مختلف أنحاء السهل الكبير الأمريكي بين 1960 و1978.

تشمل المعادلة العامة لفقدان التربة ستة عوامل رئيسة، وهي على الشكل التالي:

$$A = \mathrm{R} \times \mathrm{K} \times \mathrm{LS} \times \mathrm{C} \times \mathrm{P}$$

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

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

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

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

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

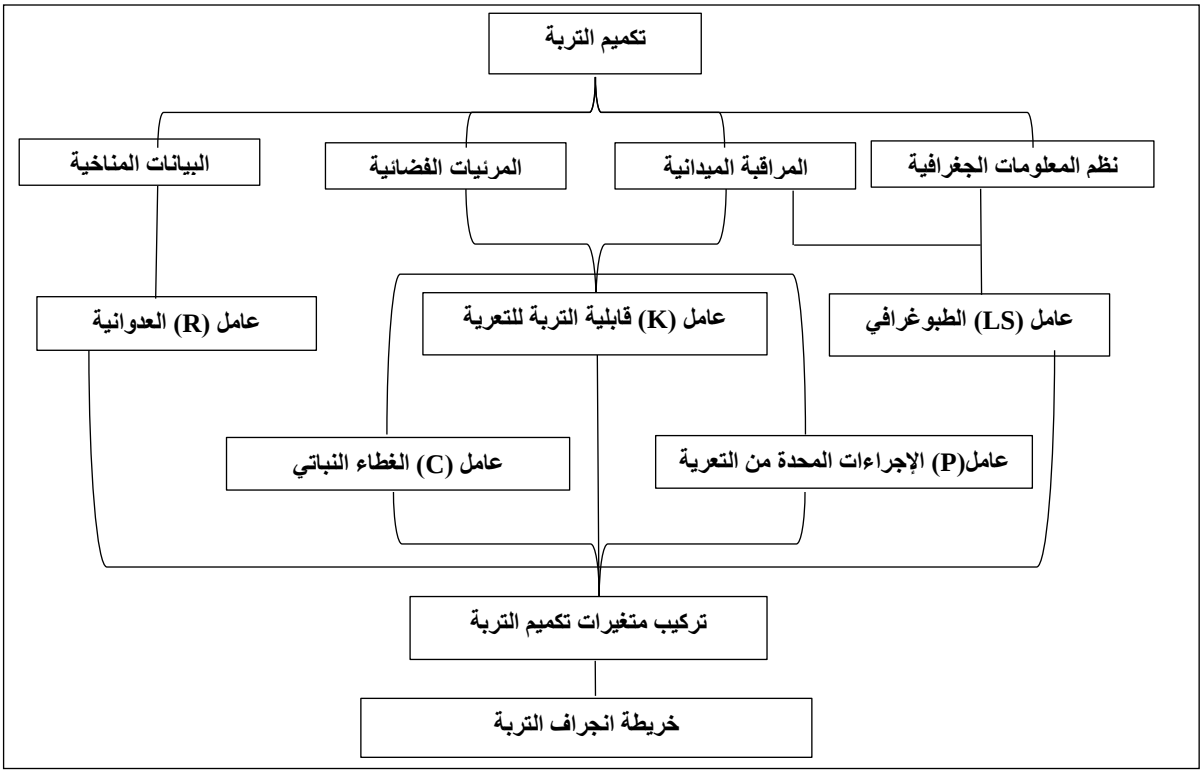
C: عامل التغطية النباتية والذي تم تعريفه من قبل Wischmeier على أنه يمثل العلاقة بين فقدان التربة بالنسبة لمشارة زراعية في شروط معينة وفقدان التربة متطابق مع مشارة زراعية بأرض مستريحة عارية متتابعة.

P: عامل الإجراءات والتدابير المتخذة للحد من انجراف التربة.

تعرف هذه المعادلة أو النموذج بعض المشاكل المنهجية لخصها (Roose, 1994) في اقتصار النموذج على تقييم التعرية الغشائية، والتي لا تأخذ بعين الاعتبار السيلان المركز والتخديد، ثم صعوبة تطبيق المعادلة في المناطق المتضرسة، والتي تتميز بانحدارات قوية، ثم إن العلاقات بين الطاقة الحركية وحدة التساقطات المستعملة في هذه المعادلة حددت في السهول الأمريكية، ولا يمكن أن تكون صالحة بالنسبة للنطاقات الجبلية التي تتميز بأصناف تساقطات مختلفة. بالإضافة إلى صعوبة التمييز بين دور كل عامل داخل النموذج، لأنه لا يأخذ بعين الاعتبار بعض العلاقات التي تربط بينها.

ولتلائم هذه المعادلة مع خصوصيات مجالات مختلفة عن المناطق التي طبقت بها في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا، عرفت هذه المعادلة عدة تنقيحات شملت مؤشري خصوصية التربة والغطاء النباتي.

تبين خطاطة الشكل رقم 31 العلاقة بين المتغيرات المستخدمة وكيفية الوصول إلى المعدل السنوي لتقدير انجراف التربة.



الشكل رقم 31: تصميم العلاقة بين المتغيرات ونتيجة تقدير التربة المفقودة

2_: المنهجية المتبعة

تم الاعتماد في المنهجية على استغلال مجموعة من المعطيات لتحديد التوزيع المجالي لعوامل التعرية، والتحليل والنمذجة المجالية للتعرية بتوظيف المعطيات المناخية والنموذج الرقمي العالمي للتساقطات والحرارة "WorldClim"[10] بدقة تمييزية 900م بهدف حساب عامل العدوانية، ثم توظيف الخريطة الجيولوجية لوجدة 1/500000 والخرائط الجيولوجية المتاحة للمنطقة 1/100000 (خريطة تاوريرت ودبدو وحسيان الدياب)، وخريطة التربة للمغرب 1/1500000، ودراسة قامت بها مديرية المياه والغابات لتهيئة حوض واد زا المنجزة سنة 2007، ودراسة قام بها المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لملوية المنجزة لسهل تَفراطة في شقها المتعلق بدراسة التربة؛ ثم التحاليل المخبرية التي تم إنجازها بمختبر الجيومورفولوجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية ما بين 2017 و2020، والمعهد الوطني للبحث الزراعي؛ بهدف تحديد مؤشر مقاومة التربة للتعرية. ولدراسة العامل الطبوغرافي، تم توظيف النموذج الرقمي للارتفاعات[11] بدقة تمييزية 12.5 و30 متر. لدراسة عامل التغطية النباتية، تم الاعتماد على الخريطة التي أنجزتها مديرية المياه والغابات 1/132000، ومؤشر النبات المنضبط بناء على صور القمر الصناعي Modis[12] بدقة تمييزية 250م للفترة الممتدة ما بين سنة 2000 و2020، وخريطة استغلال التربة؛ كما تم كذلك توظيف مرئيات الأقمار

10 https://worldclim.org
11 http://glcf.umd.edu
12 https://modis.gsfc.nasa.gov

الاصطناعية Landsat[13] بجميع أجياله المتوفرة بالمجان، في فترات مختلفة من سنة 1976 إلى 2020 ودقتها التمييزية المختلفة والتي تتراوح بين 60 م خلال فترة السبعينيات و30 م منذ سنة 2000، وقد تصل إلى 15م عند دمجها بالقناة البانكروماتية المخصصة لهذا الغرض، وكذلك صور القمر الاصطناعيSentinel[14] الذي يتيح مرئيات فضائية منذ غشت 2015 بدقة تمييزية 10م لأحزمة الألوان الحقيقية وحزام الأشعة القريبة من الحمراء، المفيدة في دراسة الغطاء النباتي. أما باقي الأحزمة، فتتراوح دقتها ما بين 20م إلى 100م. تم اختيار هذه الأقمار الاصطناعية لكون هذه الصور والمرئيات الفضائية مجانية وبشكل منتظم في الزمان، ولخصائصها (الدقة التمييزية مجاليا، والاشعاعية والطيفية والزمنية) كما هي موضحة في الجداول الخاصة بها بالملحق رقم 3.

لدراسة عامل التدخل البشري، تم توظيف النموذج الرقمي للارتفاعات لاستنباط درجة الانحدار وتفييئها حسب المطلوب الذي له دقة تمييزية تصل إلى 12.5 متر.

بعد ذلك، تم إنجاز جميع الخرائط للعوامل المسؤولة عن التعرية، وتم استخراج الأشكال البيانية بهدف تحليلها وتأويلها والنمذجة المجالية للتعرية بهدف تقدير كمية التربة المفقودة خلال السنة (خريطة فقدان التربة).

3_: حساب العوامل المعتمدة في المعادلة بحوض واد اتلاغ وواد العابد

لتقدير كمية التربة التي يفقدها المجال المدروس، تم حساب كل عنصر على حدة. ولهذا الغرض، تم الوقوف عند بعض الخصائص الطبيعية كمناخ المنطقة والغطاء النباتي والتربة.

3_1: مؤشر العنف المطري (R)

تعتبر حدة التساقطات المطرية المحرك الرئيس للتعرية المائية الغشائية والعامل الأساس المتحكم في بتر التربة. وقد أشار (Roose, 1996) إلى أن التعرية الغشائية مرتبطة بحدة التساقطات، وأن ارتفاع حجم تفتيت عناصر التربة متناسب مع حدة التساقطات المطرية وليس مع كمية التساقطات المتهاطلة.

3_1_1: مؤشر العنف المطري حسب "Wischmeier et Smith"

أبرز كل من (Wischmeier et Smith, 1978)، انطلاقا من التحليل الإحصائي لنتائج التعرية الغشائية في مجالات تتميز بنفس الظروف من حيث قابلية التربة للتعرية والوضع الطبوغرافي والغطاء النباتي، أن التعرية متناسبة مع مؤشر عدوانية التساقطات، وأن قيمة R مرتبطة بعاملين أساسيين هما:

- الطاقة الحركية لقطرات المطر المسؤولة عن تفتيت عناصر التربة.
- الحدة القصوى للتساقطات المطرية خلال 30 دقيقة التي تفسر تأثير السيلان.

تمثل هذه المعادلة عامل عدوانية التساقطات، وهي:

$$E_C\, I_{30}.R = K$$

13 http://landsat.gsfc.nasa.gov
14 https://earth.esa.int

حيث إن:

K : معامل متعلق بنظام وحدة القياس.

E_C : الطاقة الحركية.

I_{30} : متوسط شدة قطرات المطر المتساقطة خلال 30 دقيقة.

يعتمد في حساب مؤشر عدوانية التساقطات لكل زخة مطرية على جهاز قياس التساقطات اللحظية Pluviographe لإعطاء فكرة عن حقيقة التساقطات عبر الزمن.

لقياس الطاقة الحركية، يتم تقسيم الزخة المطرية إلى فئات متجانسة الحدة، تُطبق المعادلة التالية:

$$EU = 210.3 + 89 \log I$$

EU: الطاقة الحركية (الطن المتري*م/هـ/السنتم من التساقطات)

I : حدة التساقطات بالملم/الساعة.

وانطلاقا من هذه المعادلة، يُحصل على معامل عدوانية التساقطات المطرية، بجمع قيم الحدة القصوى خلال 30 دقيقة على طول السنة بالنسبة لكل الزخات التي تتجاوز 12ملم، والتي تفصل بينها 6 ساعات. وبعد ذلك ينجز متوسط عدوانية التساقطات (R) لسلسلة معطيات التساقطات على امتداد عدة سنوات.

3_1_2: إشكالية تحديد العنف المطري (R) بالمغرب

لتحديد معامل التساقطات المطرية حسب معادلة "Wischmeier et Smith" بالمغرب، تواجه الباحث مجموعة من الإكراهات المتمثلة في عدم توفر كل محطات الرصد الجوية المغربية على جهاز قياس التساقطات اللحظية، الذي يسمح بحساب حدة التساقطات المطرية، فالمعطيات المتوفرة في أغلب المحطات عبارة عن معدلات سنوية أو شهرية أو يومية في أحسن الأحوال (أبهرور، 2009).

أمام هذه الصعوبات، لجأ عدد من الباحثين إلى تطوير معادلات بديلة تتلاءم مع المعطيات المتوفرة في محطات الرصد الجوي المغربي، ومن بينها على سبيل المثال لا الحصر نجد:

معادلة (Fournier, 1960) التي تعتمد على معدل الشهر الأكثر رطوبة والتساقطات السنوية، وهي على الشكل التالي:

$$C = \frac{P_i^2}{P}$$

C: عدوانية التساقطات المطرية

Pi: متوسط التساقطات للشهر الأكثر رطوبة

P: التساقطات المطرية السنوية

ثم معادلة (Kalman, 1967) التي تعتمد على معدل التساقطات السنوية ومعدل التساقطات خلال 24 ساعة للفترة المدروسة، وهي كالتالي:

$$R = 143.\log\left(P.p_{24}^2.10^{-6}\right) + 89.7$$

R: مؤشر عدوانية التساقطات المطرية

P: معدل التساقطات السنوية بـ(ملم/السنة)

P: معدل التساقطات لـ 24 ساعة خلال الفترة المدروسة بـ (ملم/الساعة)

معادلة (Arnoldus, 1977) التي تعتمد بدورها على التساقطات الشهرية والسنوية.

$$R = 1.735.\left[1.50.\log\sum_{i=1}^{12}({}^{P_i^2}/_{P}) - 0.8188\right]$$

R: عدوانية التساقطات المطرية

Pi: التساقطات الشهرية بالملم

P: التساقطات السنوية بالملم

ثم معادلة (Rango et Arnoldus, 1987) باعتبارها معادلة حساب مؤشر عدوانية التساقطات التي اعتمد عليها جل الباحثين الذين طبقوا المعادلة العالمية لتكميم التعرية الغشائية بالمغرب، بصيغتها الأولى 1980 أو 1987 حيث تنطبق على المعطيات المتاحة من قبل: متوسط التساقطات الشهري ومتوسط المجموع السنوي، أو النموذج الرقمي العالمي للتساقطات، ويتم حسابها كالتالي:

$$LogR = 1,74 * log\sum({}^{Pi^2}/_{P}) + 1,29$$

R: عدوانية التساقطات

Pi: متوسط التساقطات الشهري بملم

P: متوسط مجموع التساقطات السنوي بملم

3_1_3: حساب مؤشر العنف المطري (R) بحوض واد العابد وواد اتلاغ

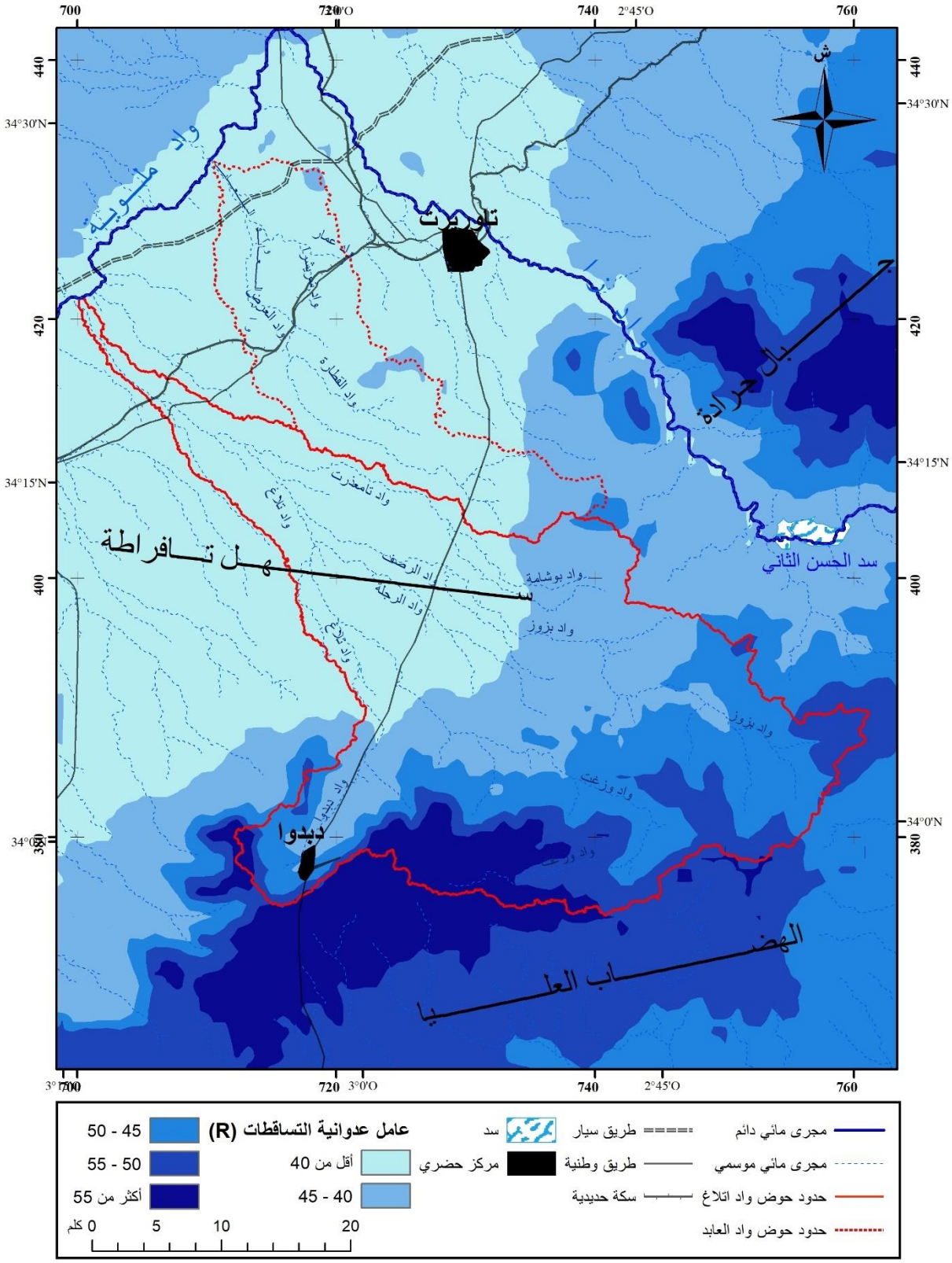
لحساب مؤشر عدوانية التساقطات بالمجال المدروس، تم الاعتماد على التساقطات المسجلة بالمحطات المدروسة والنموذج الرقمي للتساقطات. بعد حساب مجموع المتوسطات الشهرية ومتوسط التساقطات السنوي، تم تطبيق المعادلة (Rango et Arnoldus, 1987)، فتم التوصل إلى النتائج في الجدول رقم 13.

الجدول رقم 13: قيم مؤشر عدوانية التساقطات (R).

المحطة	غشت	يوليوز	يونيو	ماي	أبريل	مارس	فبراير	يناير	دجنبر	نونبر	أكتوبر	شتنبر	معامل عدوانية التساقطات (R)
تاوريرت	5.1	1.7	5.5	17.8	21.7	24.3	17.6	21.9	17.8	25.0	22.2	12.4	34.7
ملقى الويدان	3.8	2.8	9.0	16.3	25.0	23.5	17.6	14.1	11.7	16.2	20.3	8.0	31.4
سد الغراس	5.7	1.7	8.0	21.5	20.0	30.3	23.6	21.3	22.1	33.1	24.6	13.2	39.3
جرسيف	3.0	1.3	6.9	18.0	26.7	21.2	14.6	14.3	16.1	15.3	19.4	8.1	31.7

تتراوح قيمة المؤشر بين 31.4 و39.3 حسب توزيع المحطات واختلاف خصائصها.

بعد حساب مجموع المتوسطات الشهرية والسنوية بالنسبة للنموذج الرقمي للتساقطات، تم التوصل إلى نتيجة معامل عدوانية التساقطات المتمثلة في الشكل رقم 32.

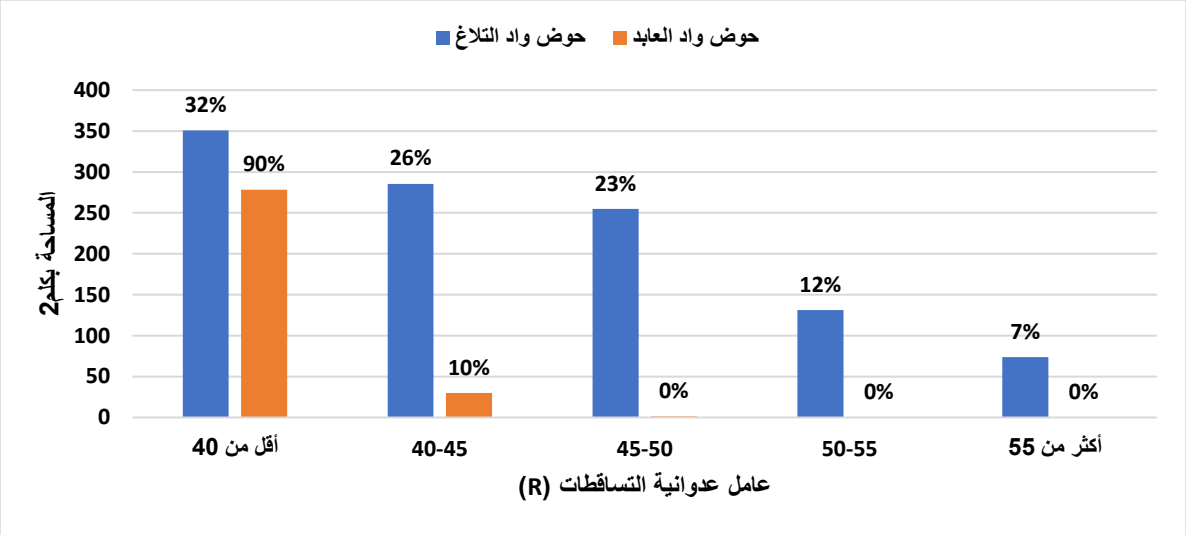


الشكل رقم 32: توزيع فئات معامل عدوانية التساقطات بميجا جول.ملم/هكتار.الساعة. السنة، (MJ.mm/ha.h.an)[15]

المصدر: النموذج العالمي الرقمي للمناخات من 1950 إلى 2000

[15] MJ.mm/ha.h.an (mégajoules de millimètres par hectare par heure et par an)

تتراوح قيمة (R) بين أقل من 40 في سهل تَفراطة، وهي السائدة بالمجال، وأكثر من 55 في سفوح عالية حوض اتلاغ، وتتركز في الجنوب الغربي، شرق دبدو، كما تتوزع قيمة المؤشر المتراوحة بين 40 و55 تبعا لتدرج الارتفاع من السافلة نحو العالية (الشكل رقم 32 والشكل رقم 33).



الشكل رقم 33: توزيع نسبة مساحة فئات عامل عدوانية التساقطات

يتضح من خلال الشكل رقم 33 أن أكثر من 90% من المساحة الإجمالية لحوض واد العابد، أكثر من 270 كلم^2، تتلقى عنف مطري ضعيف لا يتعدى (40MJ.mm/ha.h.an)، مقابل 32% من مساحة حوض اتلاغ أي حوالي 350 كلم^2، وذلك راجع إلى العامل الطبوغرافي حيث هذه المساحة تنتمي إلى منخفض جرسيف (سهل تَفراطة)، تتلقى تساقطات ضعيفة مقابل المناطق الجبلية المرتفعة، كما تتلقى 10% من مساحة حوض واد العابد و49 % من مساحة واد اتلاغ أي أكثر من 500 كلم^2 عدوانية متوسطة، وتتوزع أغلبها في السفوح الجنوبية للحوض المعرضة للشمال، بينما المناطق المتضرسة والجبلية المرتفعة تعرف عدوانية مطرية مهمة تمثل 19% من مساحة حوض واد اتلاغ وغيابها في حوض واد العابد، وهذا يرجع إلى تضاريس المجال المتمثلة في مرتفعات الجبال.

2_3: عامل قابلية التربة للتعرية (K)

يحسب مؤشر حساسية التربة للتعرية (K) وفق معادلة (Wischmeier et Smith, 1978) بالصيغة الرياضية:

$$K = \frac{\left[2.1 \times 10^{-4} \times (10 - OM) \times M^{1.14} + 3.25 \times (S - 2) + 0.25 \times (P - 3)\right]}{100}$$

حيث إن:

K: معامل قابلية التربة للتعرية بالنظام المتري (طن/النيوتون/الهكتار)

MO: نسبة المادة العضوية

M: النسيج (نسبة الطمي + الرمال الدقيقة) × (نسبة الطين – 100)

S: رمز البنية

P: رمز النفاذية

بعد تطبيق معادلة حساب مؤشر (K) من طرف (Wischmeier et Smith, 1978) على 55 نوع من التربات وأكثر من 10000 مشارة تجريبية بالولايات المتحدة الأمريكية، تراوحت القيم بين 0.03 و0.69، مع تردد كبير لهذه القيم بين 0.10 بالنسبة للتربات المقاومة و0.50 بالنسبة للتربات الضعيفة المقاومة.

وفي شمال إفريقيا، قام كل من (Cromary et Masson, 1964) و(Masson, 1972)، بقياسات حول قابلية التربة للتعرية في تونس، فكانت القيم الدنيا 0.05 بالنسبة للتربات الكلسمغنيزية الشرساء، والقيم القصوى سجلت 0.60 فوق التربة الكلسمغنيزية البنية.

وتم تصنيف هذه القيم من طرف (Dangler et al. 1976) إلى 12 فئة، كما لخصها (Manrique, 1988) إلى 6 فئات، حيث كلما انخفضت قيمة المؤشر وإلا كانت التربة أكثر مقاومة، أي انخفاض قابليتها للتعرية، الجدول رقم 14.

الجدول رقم 14: فئات قابلية التربة للتعرية لـ (Manrique, 1988)

قيمة K	خطر قابلية التربة للتعرية
K < 0.1	ضعيف جدا
0.1 < K < 0.2	ضعيف
30.2 < K < 0.	متوسط
0.3 < K < 0.4	متوسط - قوي
0.4 < K < 0.5	قوي
K > 0.5	قوي جدا

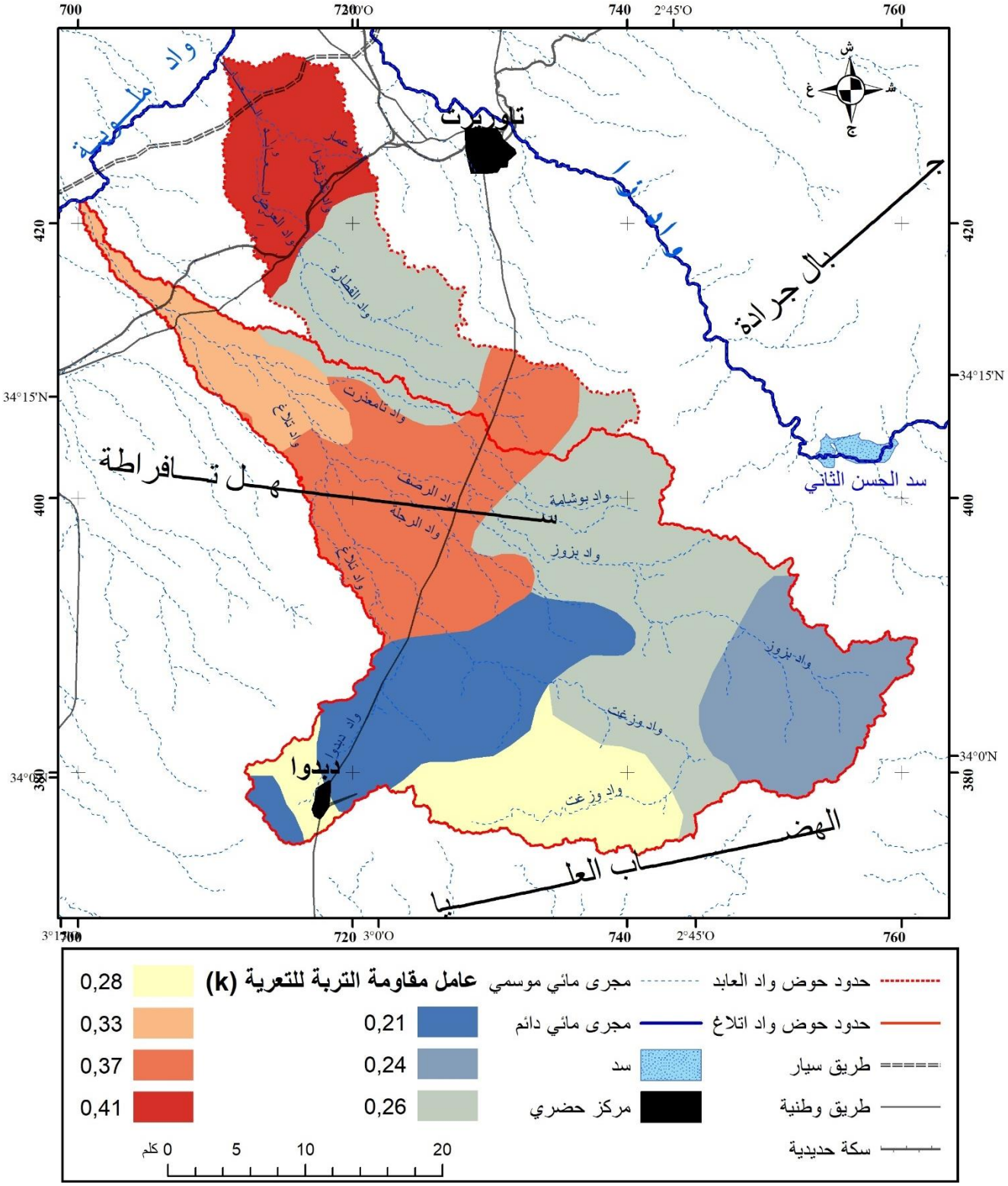
لحساب عامل قابلية التربة للتعرية بالحوضين، تم الاعتماد على التحاليل المخبرية بكلية الآداب والعلوم الإنسانية، والمعهد الوطني للبحث الزراعي بوجدة؛ وهذه التحاليل أنجزت على 37 عينة موزعة على مجال الدراسة بهدف استخراج التركيب الحبيبي والمادة العضوية، بالإضافة إلى خريطة التربة للمغرب لسنة 1950، وتقرير حول دراسة التربة للمكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لملوية، لمشروع تهيئة دائرة سقوية جديدة بمساحة 1000 هكتار بسهل تَفراطة، (ORMVAM, 2011).

بعد توفر المعطيات، تم توظيف الجدول رقم 15 الاستدلالي لـ (Roose, 1996)، المعتمد من المنظمة العالمية للتغذية؛ ومن خلاله يمكن تقدير قابلية التربة للتعرية بناءً على نسيج التربة ونسبة المادة العضوية.

الجدول رقم 15: قيمة مؤشر (K) حسب نسبة المادة العضوية ونسيج التربة لـ (Roose, 1996)

فئات النسيج	قيمة مؤشر (K) حسب نسبة المادة العضوية			تكوين التربة		
	≥ 2 %	< 2%	غير معروف	نسبة الطين	نسبة الطمي	نسبة الرمل
طين	0.21	0.24	0.22	40-100	0-40	0-45
طين رملي	0.2	0.2	0.2	35-55	0-20	45-65
الطين الغريني	0.26	0.27	0.26	40-60	40-60	0-20
رمل	0.01	0.08	0.02	0-10	0-14	86-100
طفل رملي	0.12	0.14	0.13	0-20	0-50	50-70
طفل طيني	0.28	0.33	0.3	27-40	15-52	20-45
طفل	0.26	0.34	0.3	7-27	28-50	23-52
رمل طفلي	0.04	0.05	0.04	0-15	0-30	70-86
طفل طيني رملي	0.2	0.2	0.2	20-35	0-28	45-80
طفل طيني طموي	0.3	0.35	0.32	27-40	40-73	0-20
طمي	0.37	0.41	0.38	0-12	88-100	0-20
طفل طموي	0.37	0.41	0.38	0-27	74-88	20-50

بعد توظيف نتائج التحاليل الجدول رقم 15 والمعطيات الآخرى السابقة الذكر، وتحويل قيم مؤشر مقاومة التربة للتعرية، وتصنيفها حسب الجدول رقم 14، تم التوصل إلى خريطة توزيع قيم المؤشر (الشكل رقم 34).

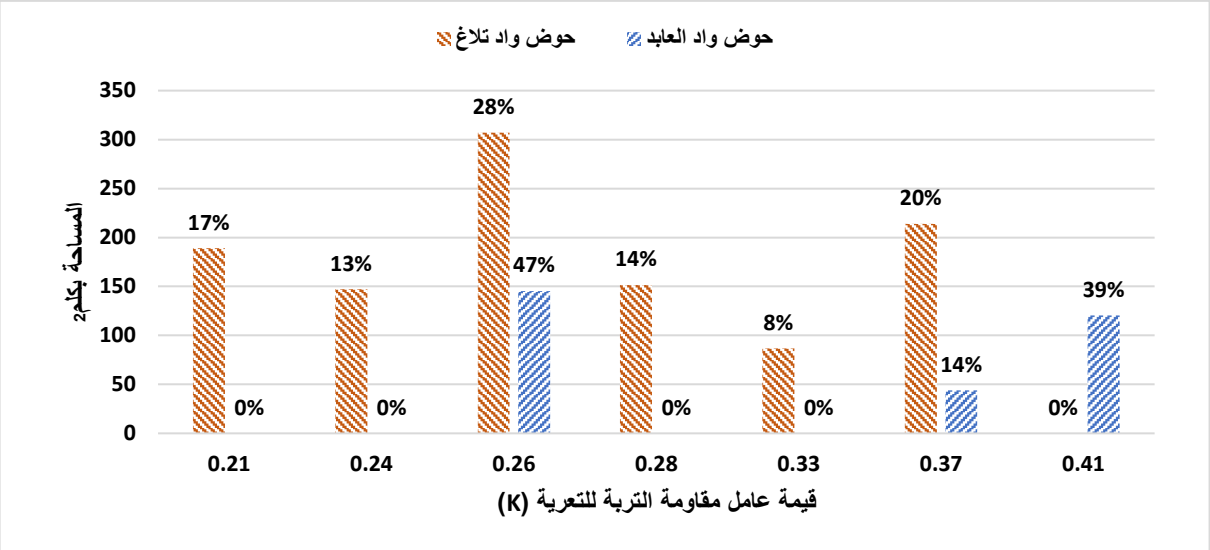


الشكل رقم 34: عامل مقاومة التربة للتعرية.

المصدر: التحاليل المخبرية بكلية الآداب والعلوم الإنسانية، والمعهد الوطني للبحث الزراعي بوجدة؛ لاستخراج التركيب الحبيبي والمادة العضوية، موزعة على 37 عينة. وتقرير دراسة التربة للمكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لملوية، (ORMVAM, 2011). والجدول الاستدلالي لـ (Roose, 1996). وخلفية خريطة التربة للمغربة، سنة 1950، بمقياس 1/1500000، لـ CAVALLAR Mladimir.[16]

[16] تم تمثيل النتائج على خلفية خريطة عامة للتربة، من مرجع متجاوز، وذات مقياس صغير جدا. ومعممة وإلى حد ما صعبة لمطابقة الواقع، إلا أن غياب معطيات التربة، دفع إلى اعتمادها.

ويتضح من خلال الشكل رقم 34 أن تربة المجال المدروس تتوزع حسب قدرتها على مقاومة التعرية، وتتراوح بين 0.21 و0.41 كما تتباين من حيث التوزيع المساحي، كما هو موضح بالشكل رقم 35.



الشكل رقم 35: توزيع مساحة فئات عامل مقاومة التربة للتعرية(K)

يتضح من خلال الشكل رقم 35 أن التربة الأكثر هشاشة وغير المقاومة للتعرية حيث قيمة العامل تتجاوز 0.4، تنحصر فقط في سافلة حوض واد العابد، وتمثل 39% من مساحته، أي 120 كلم^2، وتتوزع على المنخفضات المنبسطة وعلى جنبات الأودية وفي بطونها، وهذا راجع إلى أنها تكوينات حديثة النشأة تنتمي إلى الزمن الرابع الحديث، باستثناء بعض التكوينات الأكثر هشاشة، وهي صلصالية تنتمي إلى الميوسين (حامة سيدي شافي). أما التربة الهشة بين الأقل والمتوسطة المقاومة (قيمة المعامل محصورة بين 0.3 و0.4)، تشكل 28% من مساحة حوض واد اتلاغ، وتظهر في وسط الحوض سهل تَفراطة وسافلته عند أولاد اسليمان بمساحة تقدر بحوالي 300 كلم^2، أي تقريبا ثلث مساحة حوض اتلاغ، وهي أغلبها تكوينات رباعية تتخللها بعض التلال الجوراسية المتقطعة، كما تظهر في عالية حوض واد اتلاغ بنسبة 14% من المساحة أي حوالي 44 كلم^2. أما عامل مقاومة التربة للتعرية المحصورة بين 0.3 و0.2، وهي المتوسطة المقاومة حسب(Manrique, 1988) ، فتمثل 72% من مساحة حوض واد اتلاغ، حوالي 800 كلم^2، وهي موزعة على شكل طبقات تظهر في سفوح عالية حوض اتلاغ، عبارة عن أطيان متعددة الألوان، تنتمي إلى الترياس تبعا للجزء الغابوي والجبلي منه، ثم تتوضع في وسط وعالية الحوض تبعا للتكوينات الرباعية القديمة، والجوراسية بالسفوح والتلال المتقطعة. بالنسبة لحوض واد العابد، تشكل هذه الفئة 47% من مساحته، أي حوالي 145 كلم^2، تتوضع في وسط الحوض تكوينات رباعية لسهل تَفراطة والجزء الجبلي من عالية الحوض.

3_3: عامل الطبوغرافيا طول السفح ودرجة الانحدار (LS)

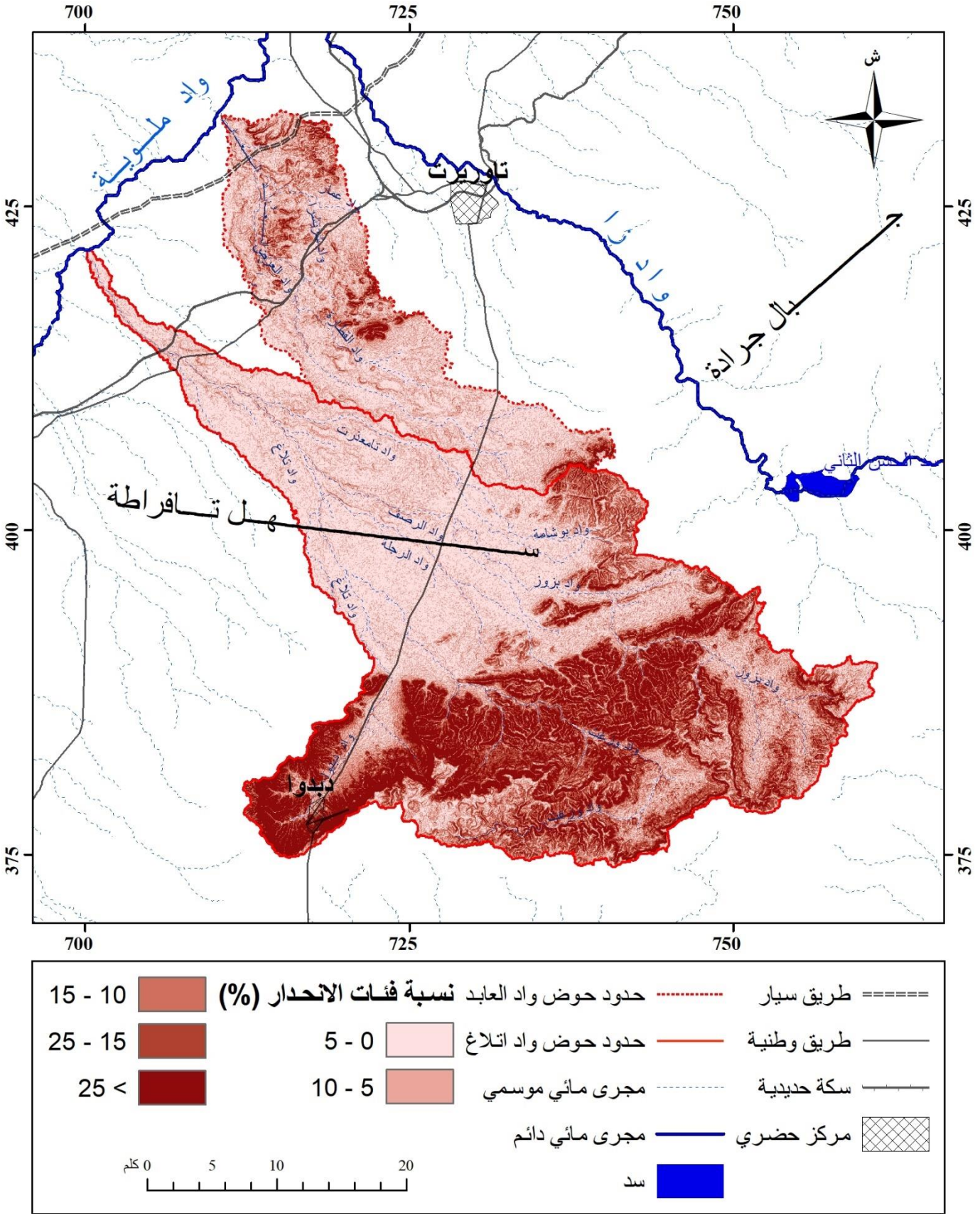
يعتبر العامل الطبوغرافي من العوامل الأساسية في تقييم التعرية، نظرا لأهميته في دينامية التعرية السيلية، فعامل طول ودرجة الانحدار يؤثران بشكل واضح على كل أشكال التعرية فوق السفوح، يتمثل دور

الانحدار في دينامية التعرية المائية، وفي الطاقة الحركية التي يكتسبها الجريان في قوّته على الاقتلاع والنقل فوق السفوح. فحسب (Roose, 1994)، يتزايد حجم النقل نحو السافلة مع زيادة قوة الانحدار، لأن الطاقة الحركية للسيلان تتزايد على حساب الطاقة الحركية للتساقطات المطرية عندما تتجاوز درجة الانحدار 15%، كما أكد أن سرعة الجريان المائي تتزايد بموازاة قوة الانحدار الطبوغرافي.

كما يسمى عامل الانحدار والتدرج أو العامل الطبوغرافي الذي يأخذ بعين الاعتبار كلا من طول المنحدر (L) وقيمته (S). يتم تركيب العاملين معا للحصول على العامل الطبوغرافي الذي يسمح بتقييم التأثير الشامل للانحدار في سرعة التعرية.

كما خلص (Masson, 1972) انطلاقا من مجموعة من تجارب التقليد المطري، إلى أن عامل الانحدار هو العنصر الوحيد المتغير خلال كل التجارب التي أنجزها، حيث يتزايد حجم الاقتلاع مع ارتفاع درجة الانحدار.

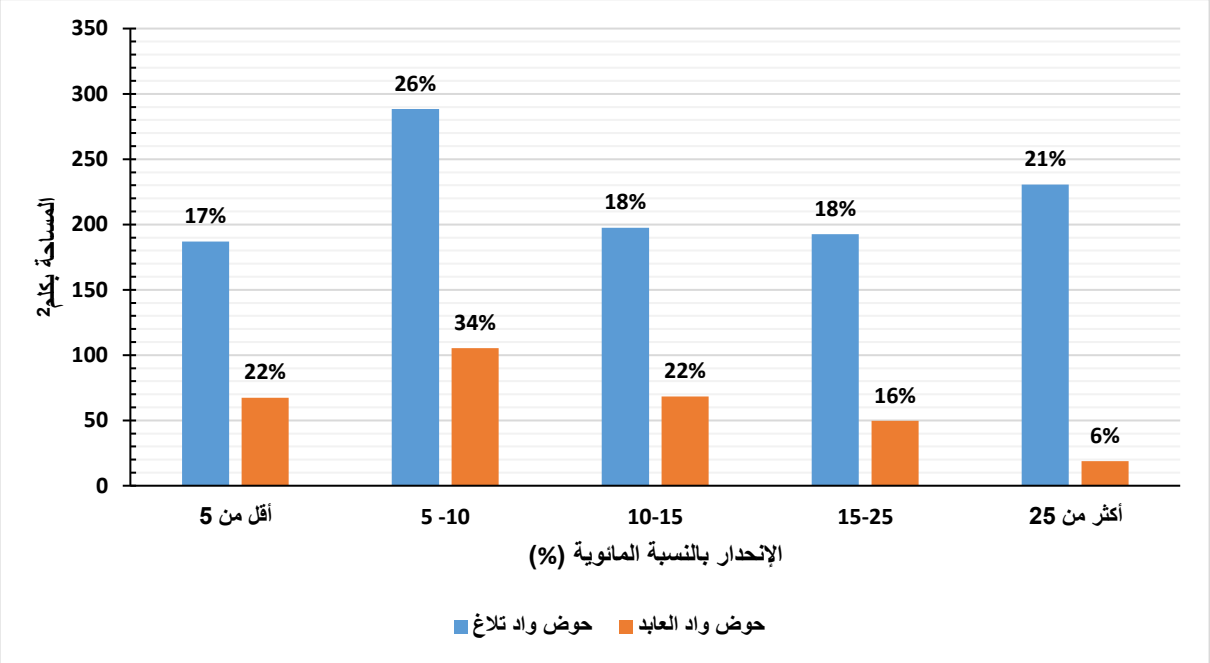
تتوزع درجة الانحدار بالمجال المدروس حسب نسبها بدرجات متفاوتة، كما هو موضح بالشكل رقم 36.



الشكل رقم 36: توزيع فئات نسبة الانحدار بحوضي اتلاغ والعابد.

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

انطلاقا من خريطة الانحدارات (الشكل رقم 36) ومساحات فئات الانحدار (الشكل رقم 37)، يتضح أن تقريبا خمس المساحة يعرف انبساطا، أي درجة انحدار أقل من 5%، والانحدارات ما بين 5% و10% تمثل ربع المساحة بالنسبة لحوض اتلاغ أي حوالي 300 كلم²، وثلثي مساحة حوض واد العابد (100كلم²). أما فئة 10-15، فتمثل تقريبا خمس المساحة بالنسبة للحوضين، والانحدارات القوية (25% - 15%) تتوزع بنسبة 16% من مساحة حوض واد العابد أي 49 كلم²، مقابل 18% من مساحة حوض واد اتلاغ أي 198كلم²، والانحدارات القوية جدا تمتد على سفوح عالية الحوض وأقدام الجبال ثم السفوح الوسطى للحوض على التلال، وكذلك في شمال حوض واد العابد بالرغم من قلتها مقارنة مع حوض واد اتلاغ حيث أن الفئة أكثر من 25% تمثل فقط 6%، مقابل 21% بالنسبة لحوض اتلاغ أي مساحيا 18كلم²، مقابل 230 كلم²، وتمتد على أغلب السفوح الجنوبية للحوض.



الشكل رقم 37: توزيع مساحات فئات الانحدار

كما أن شكل الانحدار يؤثر في دينامية التعرية المائية، فالأشكال المحدبة تعرف تعرية قوية مقارنة مع المقعرة، في حين أن الانحدارات المنتظمة تظهر فوقها تعرية متوسطة مقارنة مع الانحدارات المحدبة والمقعرة (Al Karkouri, 2003). بينما الانحدارات المركبة فبالرغم من أنها تقلل من سرعة الجريان، لكنها تساعد على الحفر أفقيا، وازدياد حجم المنقولات أثناء التساقطات العنيفة خاصة فوق التكوينات الهشة.

يمثل طول السفح حسب (Wischmeier et Smith, 1978) المسافة الفاصلة بين القمة ونقطة انقطاع الانحدار أو السليل. فانطلاقا من التجارب التي قام بها Wischmeier et Smith بالولايات المتحدة الأمريكية، يتبين أن العلاقة بين طول السفح وفقدان التربة ضعيفة، وأكد (Roose, 1994) من خلال الدراسات التي قام بها في إفريقيا الغربية أن تأثير طول الانحدار في دينامية التعرية يبقى أقل وضوحا من تأثير درجة الانحدار.

كما أن عامل طول الانحدار يتغير دوره حسب طول السفح، فانطلاقا من الدراسة التي قام بها (Meyer et al. 1976) يلاحظ أنه كلما كان طول السفح أصغر كلما كانت التعرية الغشائية أكبر، في حين إذا كبر طول السفح، فالتعرية الغشائية تتراجع ويحل مكانها السيلان المركز والتخديد.

تستخدم الكثير من الصيغ والجداول والرسوم البيانية لتحديد قيم عامل الطبوغرافيا، حيث حدده (Wischmeier et Smith, 1978) بالمعادلة التالية:

$$LS = (L/22.13)^{m} . (0.065 + 0.045\ S + 0.0065\ S^2)$$

ثم m(Moore et Burch, 1986a et b)، بالمعادلة التالية:

$$LS = \left(\frac{L}{22.13}\right)^{0.6} * \left(\frac{\sin S * 0.01745}{0.09}\right)^{1.3} * 1.6$$

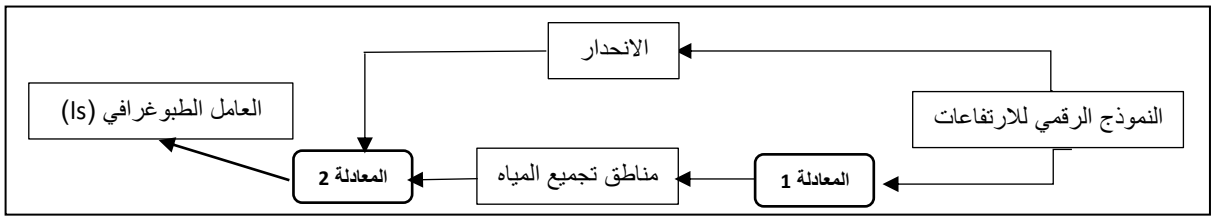
S: درجة الانحدار بـ (°)

L: طول المنحدر بالمتر(m) يستنبط من النموذج الرقمي للارتفاعات بعد تحديد اتجاه الجريان، حيث يساوي مناطق تجميع المياه ضرب حجم خلية النموذج الرقمي على الشكل التالي: L= FlowAccumulation×CellSize

تم تأكيدها[17] بناء على التعديلات التي أجراها (Mitasova et al. 1999) حسب (Benzer, 2010)، المعادلة التالية:

$$LS = \left(\frac{\text{التمييزية الدقة} * \text{المياه تجميع}}{22.1}\right)^{0.6} * \left(\frac{\sin\left(\text{بالدرجة الانحدار}\right) * 0.01745}{0.09}\right)^{1.3}$$

يبين الشكل رقم 38 خطاطة استنباط العامل الطبوغرافي من النموذج الرقمي للارتفاعات بالمرور من المعادلتين.



الشكل رقم 38: خطاطة استنباط العامل الطبوغرافي من النموذج الرقمي للارتفاعات.

أخيرا بسط الباحث (David, 1987) علاقة هذا العامل، وتوصل إلى المعادلة التالية[18]:

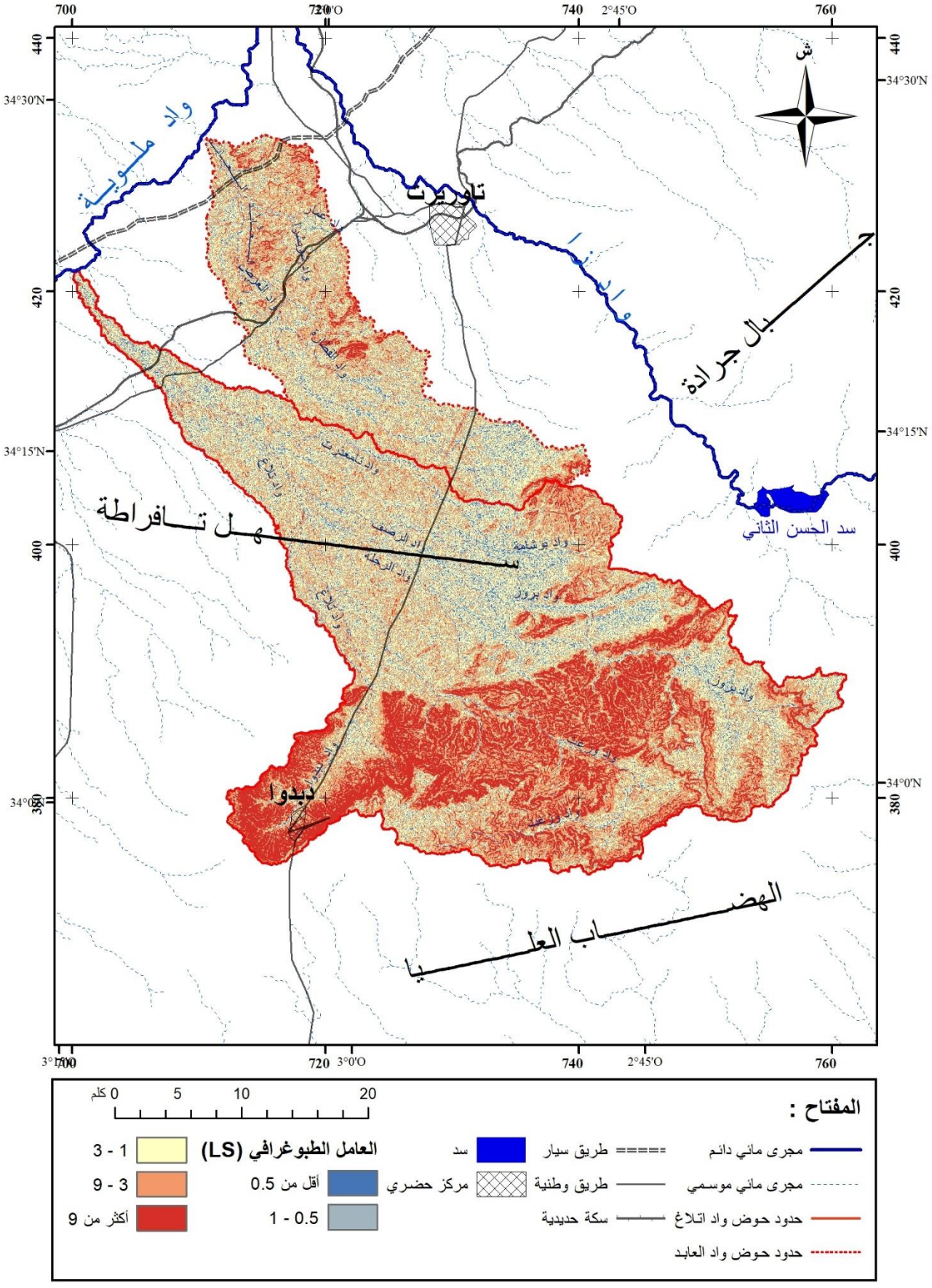
$$LS = 0.10 + (0.12 \times S^{(\frac{4}{3})})$$

S: نسبة الانحدار بـ (%)

L: طول المنحدر بالمتر(m)

انطلاقا من النموذج الرقمي للارتفاعات (MNT) بدقة تمييزية 30م، تم استنباط درجة الانحدار بالنسبة المائوية، ثم تطبيق المعادلة للحصول على العامل الطبوغرافي (الشكل رقم 39).

[17] http://www.iwr.msu.edu/rusle/lstable.htm
[18] https://dirp4.pids.gov.ph/ris/pjd/pidsjpd88-1conserve.pdf p56 pp47-88

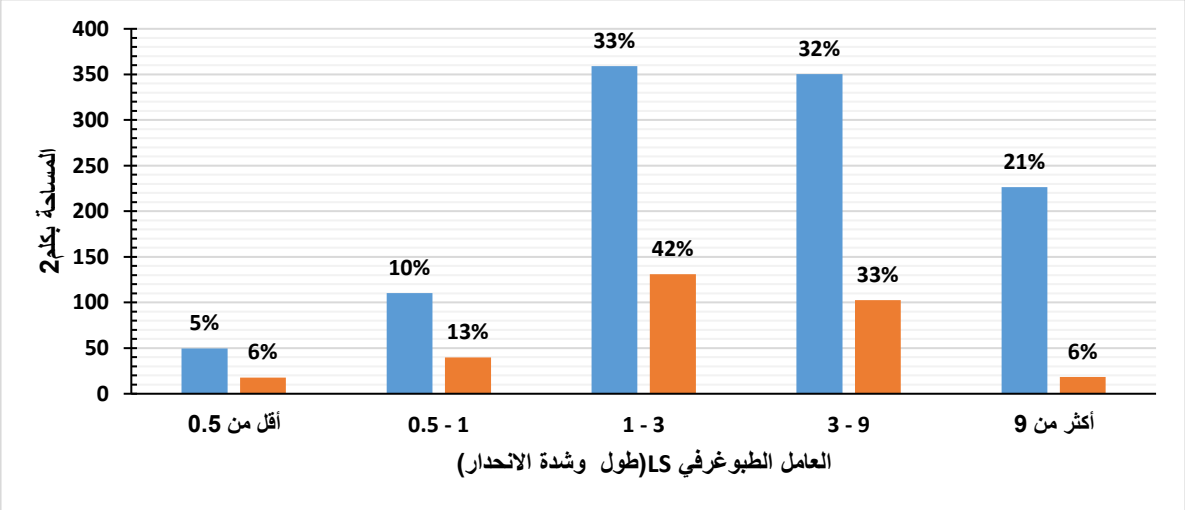


الشكل رقم 39: العامل الطبوغرافي (LS) (طول السفح وشدة الإنحدار)

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

يتضح من خلال الشكل رقم 39 أن قيم العامل الطبوغرافي للفئة الأكثر من 9، تتوزع تبعا للانحدارات القوية في الجنوب الشرقي ووسط حوض واد العابد ثم في الجنوب الغربي وسفوح جنوب حوض واد اتلاغ نظرا للتباين التضاريسي في المنطقة. والفئة الأقل من 3 من قيمة المعامل تسود في سهل تَفراطة وكل المناطق المنبسطة.

ويبين الشكل رقم 40 تباين مساحة فئات العامل الطبغرافي المختلفة حيث تختلف هذه القيم حسب المساحة داخل الحوضين.



الشكل رقم 40: تمثيل نسب المساحة للعامل الطبوغرافي بحوض واد اتلاغ وواد العابد

يبرز الشكل رقم 40 أن منطقة الدراسة يغلب عليها طابع تباين وتدرج تضاريسي. ومن خلال فئات عامل الطبوغرافيا، يتضح أن حوالي 5% من المساحة الإجمالية عاملها الطبوغرافي أقل من0.5، وهذا راجع إلى الانحدارات الضعيفة جدا والانبساط التام تقريبا. في حين أن 10% من مساحة حوض واد اتلاغ (110 كلم²)، و13% من مساحة حوض واد العابد (49 كلم²) تمثل ما بين 0.5 و1 لقيمة العامل الطبوغرافي. وثلث مساحة حوض اتلاغ (360 كلم²) و42% من مساحة حوض واد العابد (130 كلم²) تتراوح قيمة العامل بين 1 و 3 وهي متوسطة الانحدارات. أما الفئة ما بين 3 و 9 تشكل ثلث منطقة الدارسة، حوالي 33% من المساحة ذات الانحدارت المتوسطة والقوية، والمناطق ذات قيمة العامل الأكثر من 9 تشكل 21% من مساحة حوض واد اتلاغ، وفقط 6% من مساحة حوض واد العابد أي 226 كلم² و18 كلم² على التوالي، وتشمل المناطق المتضرسة ذات الانحدار القوي المتمثلة في المرتفعات.

3_4: عامل جودة الغطاء الناتي (C)

تم تعريف عامل التغطية النباتية من قبل "Wischmeier" على أنه يمثل العلاقة بين فقدان التربة بالنسبة لمشارة زراعية في شروط معينة وفقدان التربة متطابق مع مشارة زراعية بأرض مستريحة عارية. هذا هو مقياس الفعالية النسبية لنظم إدارة التربة والزراعات الأمريكي في إطار الوقاية أو التقليل من فقدان التربة. فهذا العامل يختلف من 1 للتربة العارية إلى 1/1000 تحت الغابات و1/100 للأراضي العشبية والتغطية النباتية للسطح.

ولدراسة هذا العنصر، لا بد من الوقوف عند أنواع الغطاء النباتي وتشخيص مظاهر تدهوره (الفصل الثالث في القسم الأول)، وكذلك استعمالات الأرض بالحوض. ولبلوغ هذا، تم الاعتماد على خرائط تتبع جودة الغطاء النباتي (الملحق رقم 2، والشكل رقم 29 "خريطة متوسط مؤشر التغطية النباتية في الفصل الثالث")، والمرئيات الفضائية.

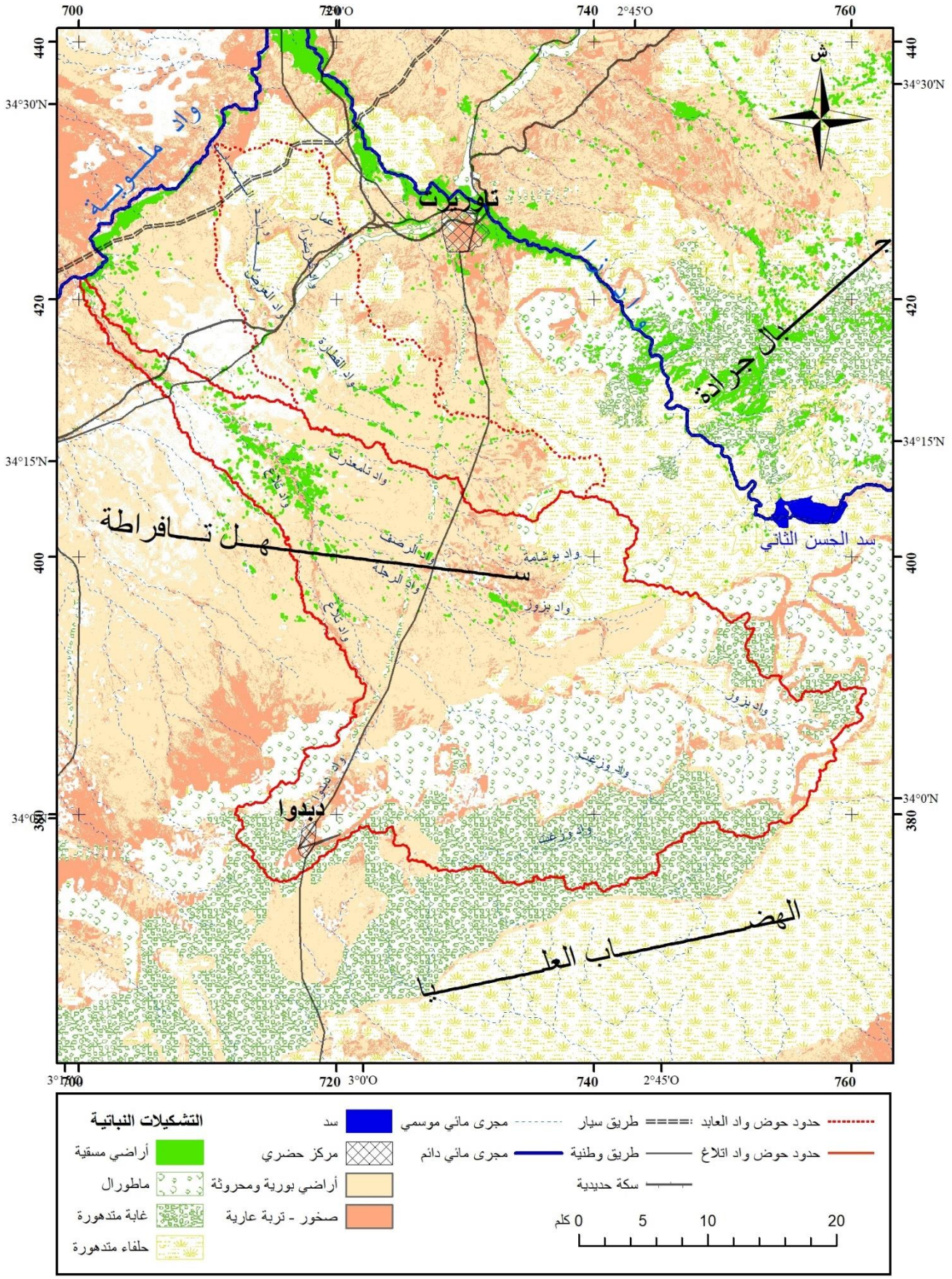
تم الاعتماد في حساب هذا العامل على خريطة التشكيلات النباتية (الشكل رقم 42)، وخريطة متوسط مؤشر الغطاء النباتي (الشكل رقم 29)، وخريطة استغلال الأراضي (الشكل رقم 41)، انطلاقا من التصنيف الموجه والمراقب للمرئية الفضائية "Sentinel-2" بدقة تمييزية 10 م. بعد تصنيف العناصر بطريقة أقرب جار (Classification Supervisée Plus Proche Voisin)، تم إدراج قيم كل فئة على حدة (أي نمذجة نتيجة التصنيف الموجه)، بالاعتماد على الجدول رقم 16 لقيم معامل الغطاء النباتي حسب منظمة التغذية العالمية FAO.

الجدول رقم 16: مقتطف من الجدول العالمي لتصنيف قيم معامل الغطاء النباتي

نوع استغلال التربة	معامل التغطية النباتية (C)
تربة عارية	1
غابة متدهورة	7.0
أراض مسقية	5.0
سكن	2.0
مناطق مشجرة	18.0
غابة	001.0
مسطحات مائية	0

المصدر: (Sadiki, 2004)

انطلاقا من معطيات الشكل رقم 18 (تنوع أصناف النبات لحوضي العابد واتلاغ بالفصل الثالث)، والشكل رقم 41 (خريطة استغلال الأراضي، التصنيف الموجه)، والشكل رقم 29 (متوسط مؤشر الغطاء النباتي، بالفصل الثالث)، والجدول رقم 16 (تصنيف قيم معامل الغطاء النباتي)، تم إدخال قيم الجدول رقم 16، ودمجها بمتوسط مؤشر التغطية النباتية، بهدف تحديد قيم معادلة حساب معامل التغطية النباتية بدلالة مؤشر الغطاء النباتي (الشكل رقم 42).



الشكل رقم 41: خريطة استغلال الأراضي؛ نتيجة التصنيف الموجه.

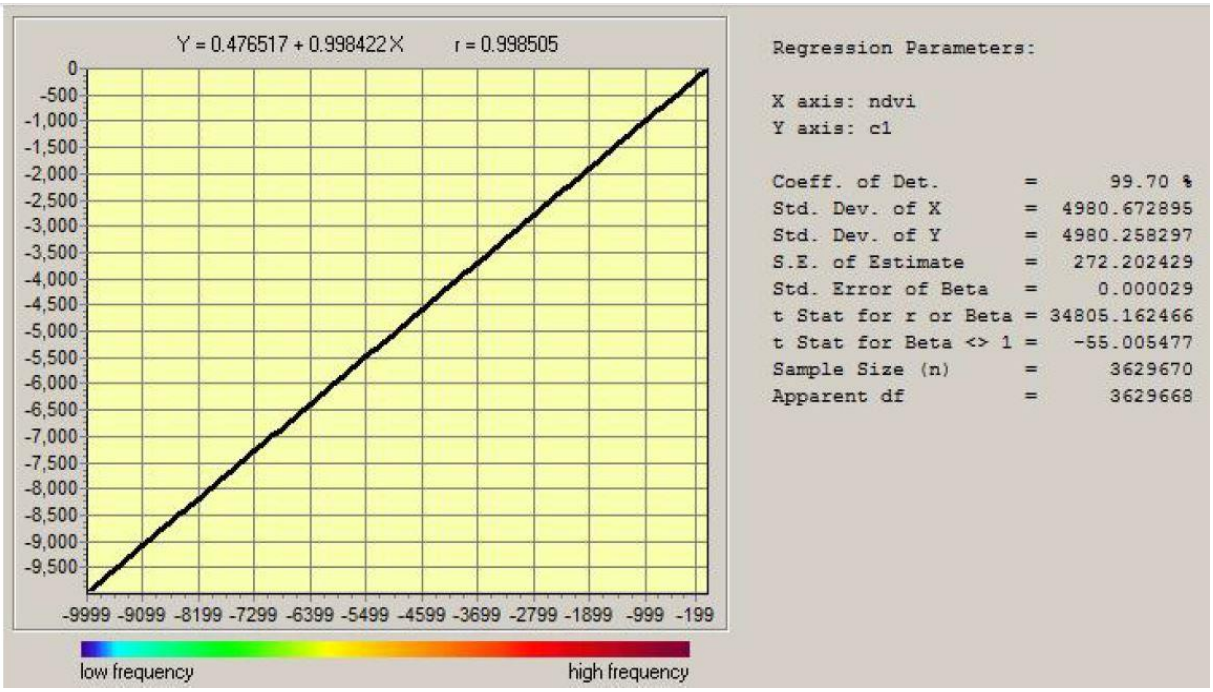
المصدر: خرائط المياه والغابات 1/100000، وتصنيف المرئية الفضائية Sentinel 2021.

بما أن عامل الغطاء النباتي (*C*) يتغير من 1 (أرض عارية) إلى 0 (غطاء نباتي كثيف)، وقيم مؤشر النبات المنضبط (NDVI) يتغير من 1− (أرض عارية) إلى 1 (غطاء نباتي كثيف)، يمكن استعمال علاقة تقيم مخاطر تعرية التربة في ظروف مختلفة بتغير النموذج الشبكي للمعادلة العالمية لتقدير انجراف التربة (Gitas et al. 2009).

وقد حدد الباحث (Gitas et al. 2009) مؤشر التغطية النباتية واستعمالات الأرض (C) بالمعادلة التالية:

$$C = Exp\left[\frac{-\alpha \times \mathrm{NDVI}}{\beta - \mathrm{NDVI}}\right]$$

حيث α و β تم تحديدها باستعمال برمجية إدريسي (*IDRISI*) بأداة النكوص أو الارتداد "*Regress*" انطلاقا من الدالة الخطية *Y= a.X +b* لعامل التغطية النباتية (C) بدلالة مؤشر النبات المنضبط *NDVI* كما يمثل (الشكل رقم 42).

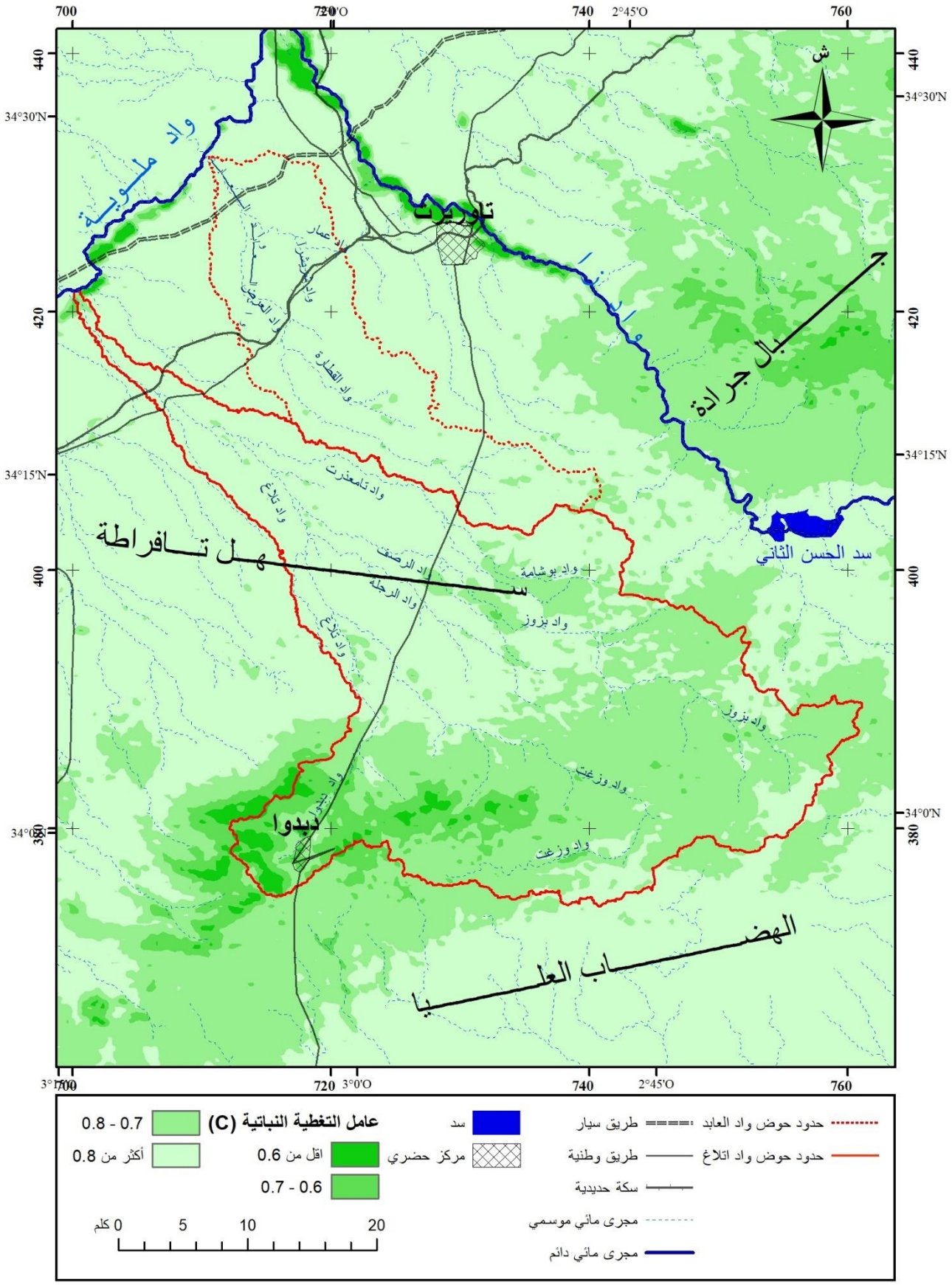


الشكل رقم 42: نتيجة ارتداد الدالة لعامل الغطاء النباتي (C) بدلالة مؤشر النبات المنضبط (NDVI)

انطلاقا من الشكل رقم 42، حددت قيمة α في 0.47 و β في 0.99 (موداديلي واسباعي، 2020) لتصبح المعادلة كالتالي:

$$C = Exp\left[\frac{-0.47 \times \mathrm{NDVI}}{0.99 - \mathrm{NDVI}}\right]$$

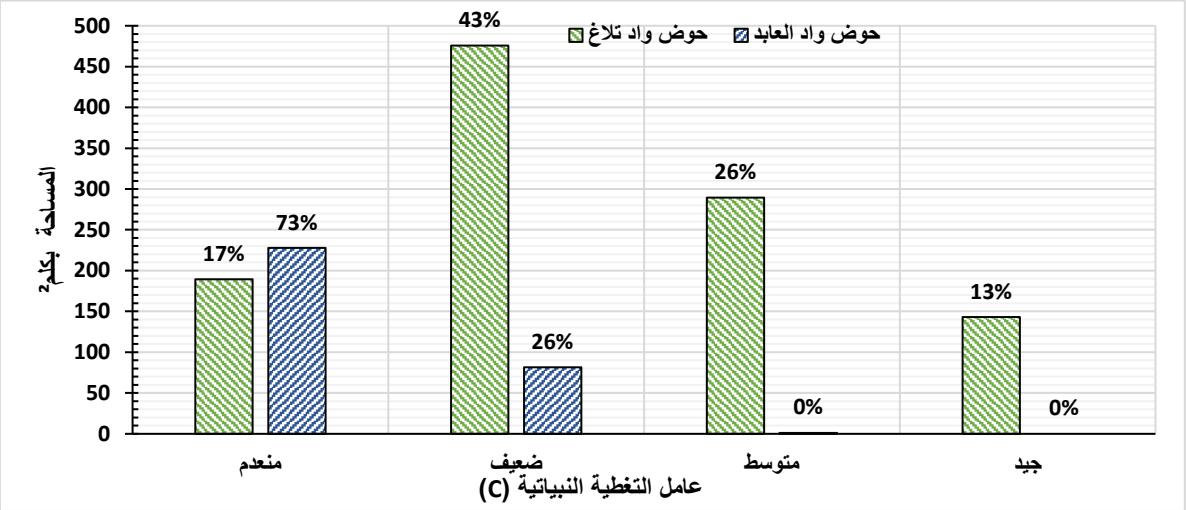
انطلاقا من المعادلة ومتوسط قيمة مؤشر الغطاء النباتي، تم إنجاز خريطة عامل التغطية النباتية (الشكل رقم 43).



الشكل رقم 43: فئات معامل الغطاء النباتي (C)

المصدر: متوسط مؤشر التغطية النباتية لـMODIS، الفترة مابين سنة 2000 و2020.

يوضح الشكل رقم 43 والشكل رقم 44 أن القيمة أكبر من 0.8 تطغى على المجال وتمتد على سهل تَفراطة، وتمثل 98% من مساحة حوض واد العابد أي 304 كلم² من أصل 310 كلم^2، و48% من مساحة حوض واد اتلاغ، أي 522 كلم² من المساحة الإجمالية للحوض، هذا ما يعني أنه يتميز بقلة الغطاء النباتي حيث أن قيمة المعامل كلما اقتربت من القيمة 1، إلا وكان الغطاء النباتي ضعيفا أو منعدما، وهذا موضح من خلال مبيان توزيع مساحة قيمة معامل التغطية النباتية (الشكل رقم 44).



الشكل رقم 44: توزيع نسب المساحة لفئات عامل التغطية النباتية بحوضي اتلاغ والعابد

يتميز مجال الدراسة بانتشار غطاء نباتي متدهور و 9% من المساحة الإجمالية لحوض واد اتلاغ هي التي تحتوي على غطاء نباتي مقاوم للتعرية، وتمتد في الجنوب الغربي للحوض غابة دبدو، بينما مجمل المساحة تتمثل في الفئة الأكثر تدهورا وغير مقاومة للتعرية بالنسبة لحوض واد العابد، ونصف مساحة حوض واد اتلاغ، حيث إن قيمتها أكثر من 0.8 وتمثل أزيد من 82000 هكتار. أما الفئة المتوسطة، فإنها لا تمثل سوى 2% من مساحة حوض واد العابد، أي 472 هكتار من أصل 31000 هكتار، و44% من مساحة حوض واد اتلاغ، أي 47749 هكتار، وتمتد على السفوح الجنوبية عند عالية الحوض.

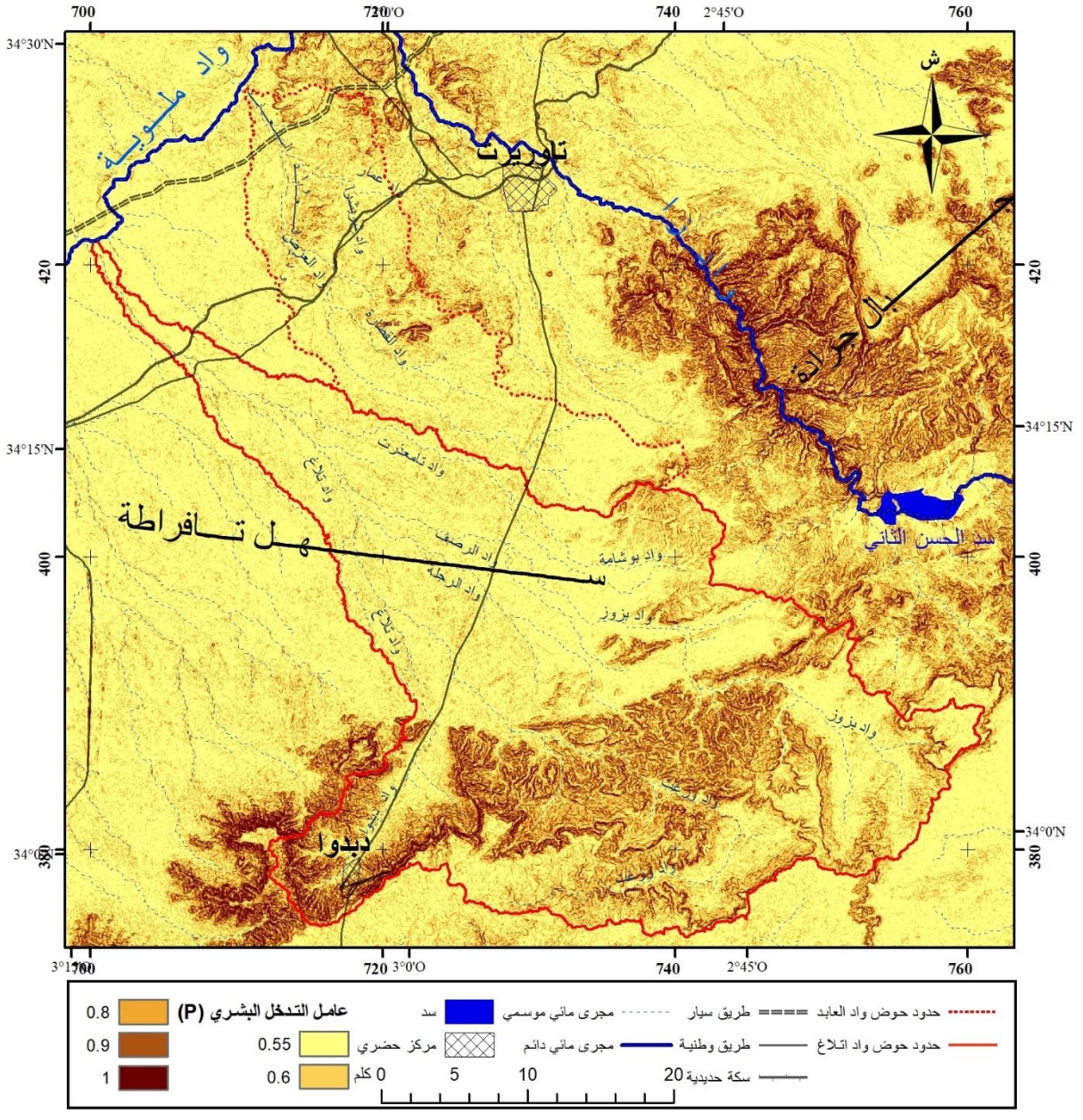
3_5: عامل التدخل البشري للحد من انجراف التربة (P)

قيمة هذا العامل ثابتة وتساوي 1 باعتبار أن المنطقة عرفت مجموعة من التدخلات لكنها لم تعط النتائج المتوخاة من ذلك، لكن (Shin, 1999) قام بتصنيف هذا المؤشر حسب درجة الانحدار ونمط استغلال المجال (الجدول رقم 15)، وبتحديد قيم عامل الإجراءات والتدابير المتخذة للحد من انجراف التربة، حسب نمط الاستغلال (مدرجات، محاصيل زراعية) كالآتي.

الجدول رقم 17: تصنيف معامل (P) حسب (Shin, 1999)

درجة الانحدار (°)	المدرجات	المحاصيل الزراعية	بور
0 – 7	0.1	0.27	0.55
7 - 11.3	0.12	0.3	0.6
11.3 - 17.6	0.16	0.4	0.8
17.6 - 26.8	0.18	0.45	0.9
>26.8	0.2	0.5	1

بعد تحويل قيم نسبة الانحدار إلى قيم المعامل (P)، تم التوصل إلى خريطة توزيع عامل الإجراءات والتدابير المتخذة للحد من التعرية المائية (الشكل رقم 45).

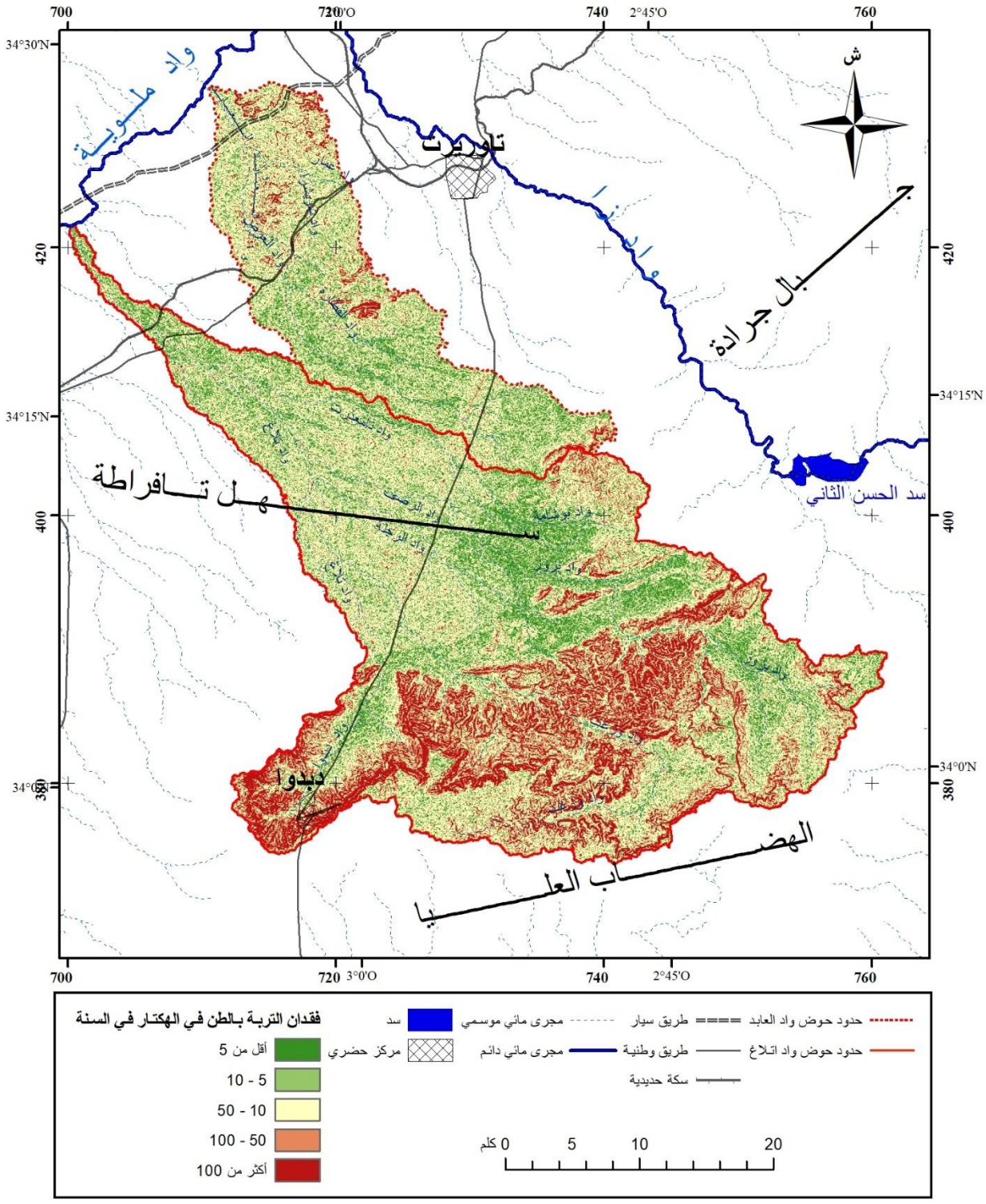


الشكل رقم 45: توزيع معامل التدخل البشري للحد من التعرية (P)

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

4_: خريطة فقدان التربة

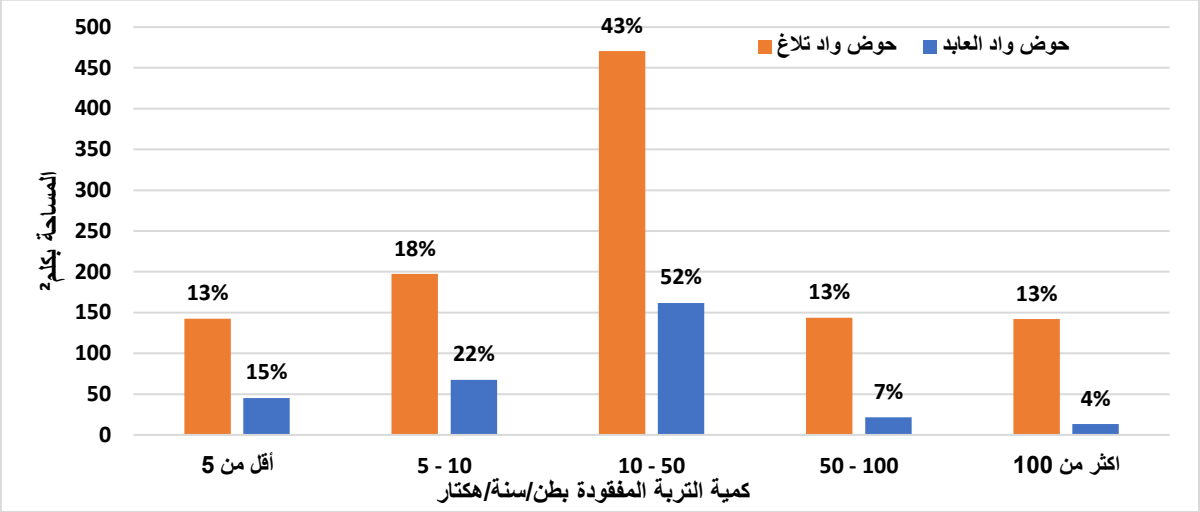
بعد حساب نتائج المعادلة (USLE) والمزج بين المعايير الخمسة، تم التوصل إلى خريطة انجراف التربة (الشكل رقم 46)، تم تحويل جميع الطبقات من الشكل الشبكي (Raster) إلى الخطي (Vector) للتمكن من حساب الخلية (بيكسل) بناءً على القدرة التمييزية لمختلف الطبقات (Sbai et Mouadili, 2021). وعليه قتم تقدير متوسط معدل الانجراف السنوي للتربة بـ38.71 طن/هكتار/سنة، وتم تصنيف النتيجة النهائية لخريطة فقدان التربة إلى خمس فئات (الشكل رقم 46).



الشكل رقم 46: خريطة انجراف التربة (A)

يعكس الشكل رقم 46 توزيع مدى حساسية التربة للانجراف بالمجال قيد الدراسة. وانطلاقا من تصنيف هذه الحساسية، يتبين أن الانجراف القوي والقوي جدا يسود في مرتفعات السفوح ذات الانحدارات القوية، ويتركز في جنوب حوض واد اتلاغ في عاليته بسفوح دبدو، وبتلال وسط حوض واد العابد، والفئة المتوسطة تنتشر في مقدمة السفوح تبعا لنسبة الانحدار المتوسطة، وتنتشر كذلك في جزء من سهل تَفراطة. أما الفئة الضعيفة والضعيفة جدا، فهي تسود في كل المنخفضات والانبساط التام خاصة في سهل تافرطة ومقدمة

الهضاب العليا، هذا من حيث التوزيع المجالي لهذه الفئات، كما أنها تتباين من حيث المساحة كما هو موضح في الشكل رقم 47. وهذه الاستنتاجات تبقى نظرية نظرا للانتقادات الموجهة للمعادلة العامة لتكميم التربة، نظرا لكون بعض العوامل التي يمكن أن تغيير كل هذه النتائج كفعل الحرث والرياح مثلا.



الشكل رقم 47: توزيع مساحة فئات كمية التربة المفقودة في السنة

يبين الشكل رقم 47 اختلاف المساحات بين فئات فقدان التربة، وهذه الفئات بدورها تتباين من حيث الكمية المفقودة في كل فئة، وبناء على الأشكال رقم 36 و37، تم استخلاص كمية التربة المفقودة، وذلك بتقسيمها إلى خمس فئات حسب طبيعة البنية التضاريسية للمجال، ومن ثم، تم التوصل إلى جداول كمية فئات فقدان التربة (الجدول رقم 18 والجدول رقم 19).

الجدول رقم 18: كمية ومساحة ونسبة فئات فقدان التربة لحوض واد العابد

الفئة	قيمة الفئة	الكمية بألف طن	النسبة	المساحة بكلم²	النسبة
ضعيفة جدا	أقل من 5	14	2%	45	15%
ضعيفة	5-10	50	6%	67	22%
متوسطة	10-50	355	45%	162	52%
قوية	50-100	155	20%	22	7%
قوية جدا	أكثر من 100	215	27%	13	4%
المجموع	--	**790**	**100%**	**310**	**100%**

الجدول رقم 19: كمية ومساحة ونسبة فئات فقدان التربة لحوض واد اتلاغ

الفئة	قيمة الفئة	الكمية بألف طن	النسبة	المساحة بكلم²	النسبة
ضعيفة جدا	أقل من 5	44	1%	142	13%
ضعيفة	5 – 10	147	3%	197	18%
متوسطة	10 – 50	1033	22%	471	43%
قوية	50 – 100	1025	22%	144	13%
قوية جدا	أكثر من 100	2402	52%	142	13%
المجموع	--	**4650**	**100%**	**1096**	**100%**

يتبين من خلال الشكل رقم 46 أن الفئة الأقل من 5 طن/سنة/هكتار لكمية التربة المفقودة، وهي الضعيفة جدا مقارنة مع الفئات الآخرى، تشكل 13% من مساحة حوض واد اتلاغ أي 142 كلم² بكمية تقدر بـ 44 ألف طن في السنة، وبنسبة 1% من مجموع التربة المفقودة بالحوض، (الجدول رقم 19). في حين تمثل هذه الفئة من حوض واد العابد 15 % من مساحته ب 45 كلم²، وبكمية أقل من 14 ألف طن في السنة بنسبة 2% من مجموع التربة المفقودة بالحوض (الجدول رقم 18). تمثل الفئة الضعيفة (ما بين 5 و 10 ط/ه/سنة) 18% من مساحة حوض واد اتلاغ و 22% من مساحة حوض واد العابد، أي بمساحة 67 و197 كلم²، و 50 و147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل آخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تنحصر كيمة التربة المفقودة ما بين 10 و50 طن/ه/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و52% من مساحة حوض العابد، توافق أزيد من 630 كلم² (471 و162 كلم^2) وبكمية تقدر بأزيد من 1.4 مليون طن في السنة، ويعزى هذا إلى طبيعة التربة ونظام استغلال الأراضي. أما الفئة القوية والقوية جدا من 50 إلى 100 طن/ه/سنة والفئة الأكثر من 100 طن/ه/سنة، فهي تشمل تقريبا ربع مساحة حوض واد اتلاغ، و11% من مساحة حوض واد العابد، ويرجع هذا بالأساس إلى شدة الانحدار وندرة الغطاء النباتي، كما ترتفع قيم الانجراف نسبيا في جنوب حوض واد العابد (الشمال الغربي لسلسلة جبال جرادة)، وبعض التلال المتقطعة في الوسط، وجنوب حوض واد اتلاغ بالأخص في الجنوب الغربي.

تنحصر كمية التربة المفقودة ما بين 50 و100 طن/ه/سنة وهي الفئة القوية، وتشمل 13% من المساحة الإجمالية لحوض واد اتلاغ، وتقدر بأكثر من مليون طن سنويا، أي خمس الكمية المفقودة، على مساحة 144 كلم²، وبالنسبة لحوض واد العابد 155 ألف طن (خمس الكمية المفقودة) على مساحة 22 كلم² (7% من المساحة). في حين ترتفع كمية التربة المفقودة لتتجاوز 100 طن/ه/سنة، وتقدر هذه المساحة بـ 142 كلم^2، أي 13% من مساحة حوض واد اتلاغ، وهو ما يقدر بأكثر من 2.4 مليون طن في السنة بنسبة 52% من التربة المفقودة. وفي حوض واد العابد تمثل 4% من مساحته أي 13كلم^2؛ 27% من الكمية المفقودة بالحوض أي 215 ألف طن سنويا.

نلاحظ من خلال جداول كمية ومساحة التربة المفقودة أن ربع مساحة المجال فقط تفقد ثلاثة أرباع من إجمالي التربة المفقودة خلال السنة، أي أكثر من 5 ملم في المتوسط من حجم التربة المقتلعة، حيث الفئة القوية جدا، أي أكثر من 50 طن/ه/سنة تتعدى 74% من كمية التربة المفقودة خلال سنة، أي حوالي 3.6 مليون طن، وفقط 26% من مساحة حوض اتلاغ التي تقدر بـ 28.6 ألف هكتار. ثم أن 47% من التربة المفقودة من إجمالي فقدان التربة لحوض واد العابد التي تقدر بـ370 ألف طن خلال السنة، تتوزع على فقط 11% من مساحة الحوض التي تقدر بـ 3500 هكتار.

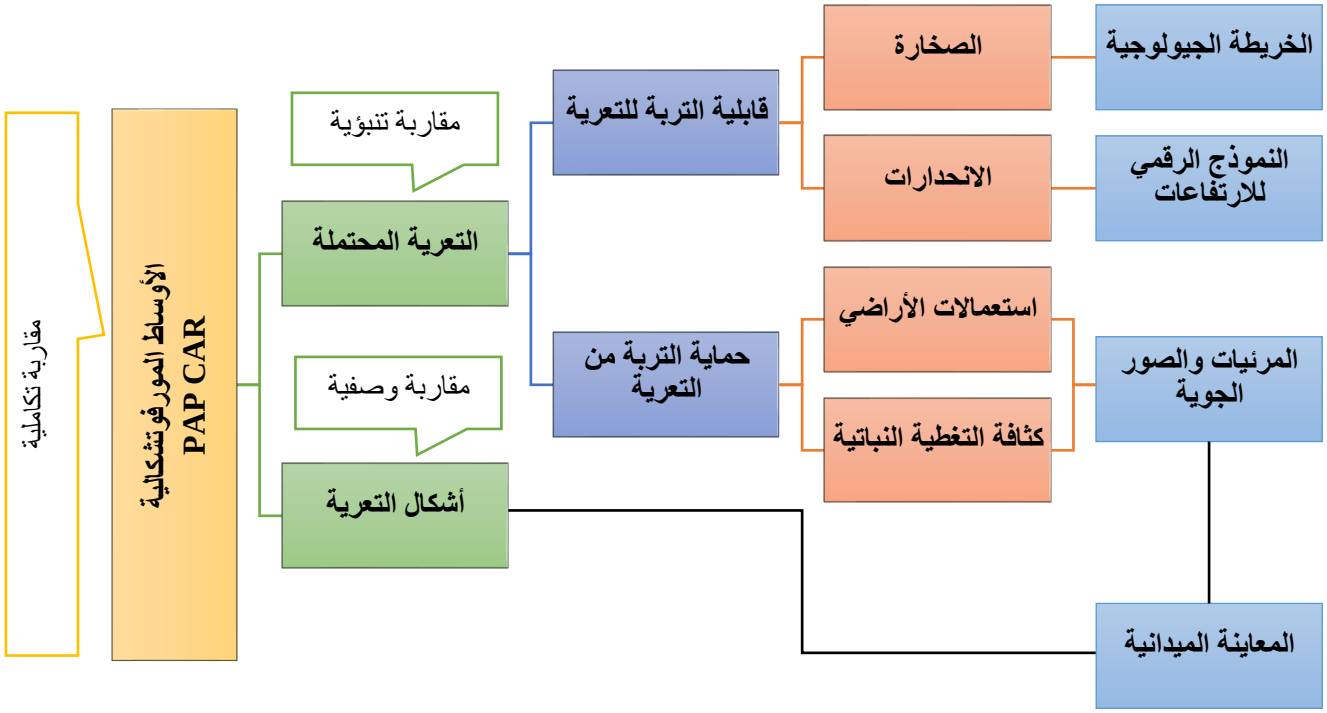
المحور الثاني: التقييم النوعي للتعرية من خلال نموذج PAP/CAR

نموذج PAP/CAR[19] له أهمية كبيرة لاعتماده في دراسة التعرية المائية بالمجالات المتوسطية، وتمت صياغته من أجل السيطرة والتقليل من التعرية وفقدان التربة بالحوض المتوسطي، وذلك على أساس النتائج المستخلصة من إطار التعاون بين مخطط أنشطة المجال المتوسطي والمنظمة العالمية للتغذية للزراعة والفلاحة، والمديرية العامة للحفاظ على البيئة، في برنامج "تمثيل وحماية التربة بالمناطق الساحلية بالحوض المتوسطي". وتكمن أهمية هذا النموذج في دوره لتشخيص ما تعرفه هذه الأوساط من آليات للتشكيل، ومظاهر التدهور، وتحديد الأوساط المورفوديناميةوالمجالات الأكثر عرضة لخطر التعرية، ثم أنه يقدم نتائج أكثر واقعية حيث يركز على تحديد مدى تأثير مختلف العوامل الطبيعية للوسط في نشاط التعرية، وبالتالي تحديد المناطق التي لها هشاشة وحساسية للتعرية.

كانت بداية العمل بهذا النموذج سنة 1984 بعدد من دول البحر الأبيض المتوسط، وتم اعتماده لعدد من الأحواض بالمغرب (Mesrar, 2009)، و(شعوان، 2015)، و(الكتيف، 2018)...

1_: منهجية العمل

تتبنى المراحل الكرطوغرافية للتقييم النوعي للتعرية المائية على استعمال نموذج PAP/CAR وفق ثلاث مقاربات، كما هو موضح في الشكل رقم 48، مقاربة وصفية، وآخرى تنبؤية، وثالثة تكاملية تدمج فيها جميع النتائج المستخلصة في المقاربة الوصفية والتنبؤية.



الشكل رقم 48: خطاطة المقاربة الخرائطية لنموذج PAP/CAR

[19] https://www.rac-spa.org

2_: المقاربة الوصفية

تنبني هذه المقاربة على وصف وتمثيل مختلف الدينامية الحالية التي تنشط بالمجال، وذلك بالاعتماد على المرئيات والصور الفضائية والمعاينة الميدانية لمظاهر التعرية، ثم تمثيلها خرائطيا لتوزيعها المجالي، وهذا ما تم التطرق إليه في الفصل الأول المتعلق بمظاهر التعرية وتوزيعها المجالي بحوضي اتلاغ والعابد.

3_: المقاربة التنبؤية

بعد إنتاج خرائط موضوعاتية لكل من الانحدارات، والصخارة، واستعمالات الأراضي، وكثافة التغطية النباتية، وفق فئات وعتبات يحددها نموذج PAP/CAR، بهدف استخلاص خريطتي قابلية التربة للتعرية، وحماية التربة من التعرية، تم بعد ذلك دمج هاتين الخريطتين للحصول على التوزيع المجالي للأوساط المهددة أكثر بالتعرية المائية، كما هو مبين بالشكل رقم 48.

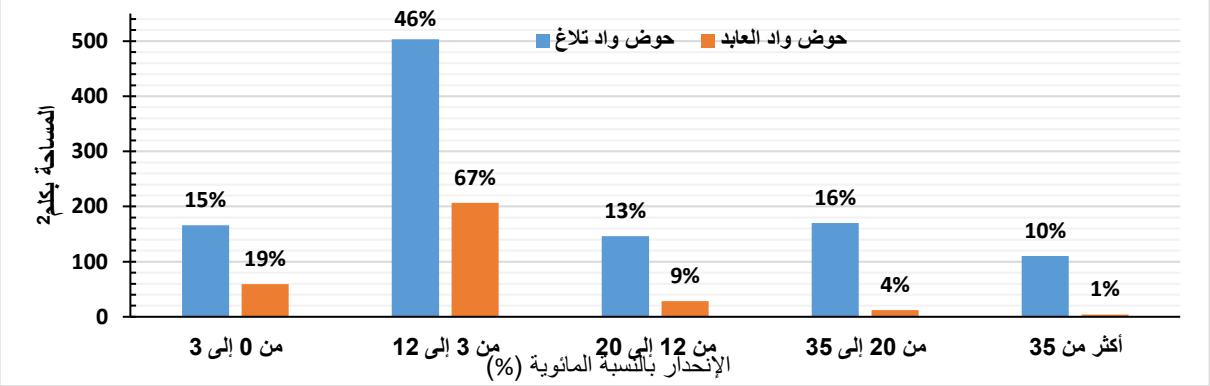
3_1: عامل الانحدارات

يتم تفييئ الانحدارات في نموذج PAP/CAR وفق الجدول رقم 20، حيث تعطى لكل فئة انحدار قيمة معامل تتصاعد تبعا لشدة الانحدار.

الجدول رقم 20: تفييئ الانحدارات حسب نموذج PAP/CAR

درجة الانحدار بـ %	نوع الانحدار	المعامل
من 0 إلى 3	ضعيف جدا	1
من 3 إلى 12	ضعيف	2
من 12 إلى 20	متوسط	3
من 20 إلى 35	قوي	4
أكثر من 35	قوي جدا	5

انطلاقا من الشكل رقم 36: توزيع فئات نسبة الانحدار بحوضي اتلاغ والعابد. وتبعا لهذا التفييئ، تم استخلاص مساحة هذه الفئات وتوزيعها بالحوضين، كما هو مبين بالشكل رقم 49.



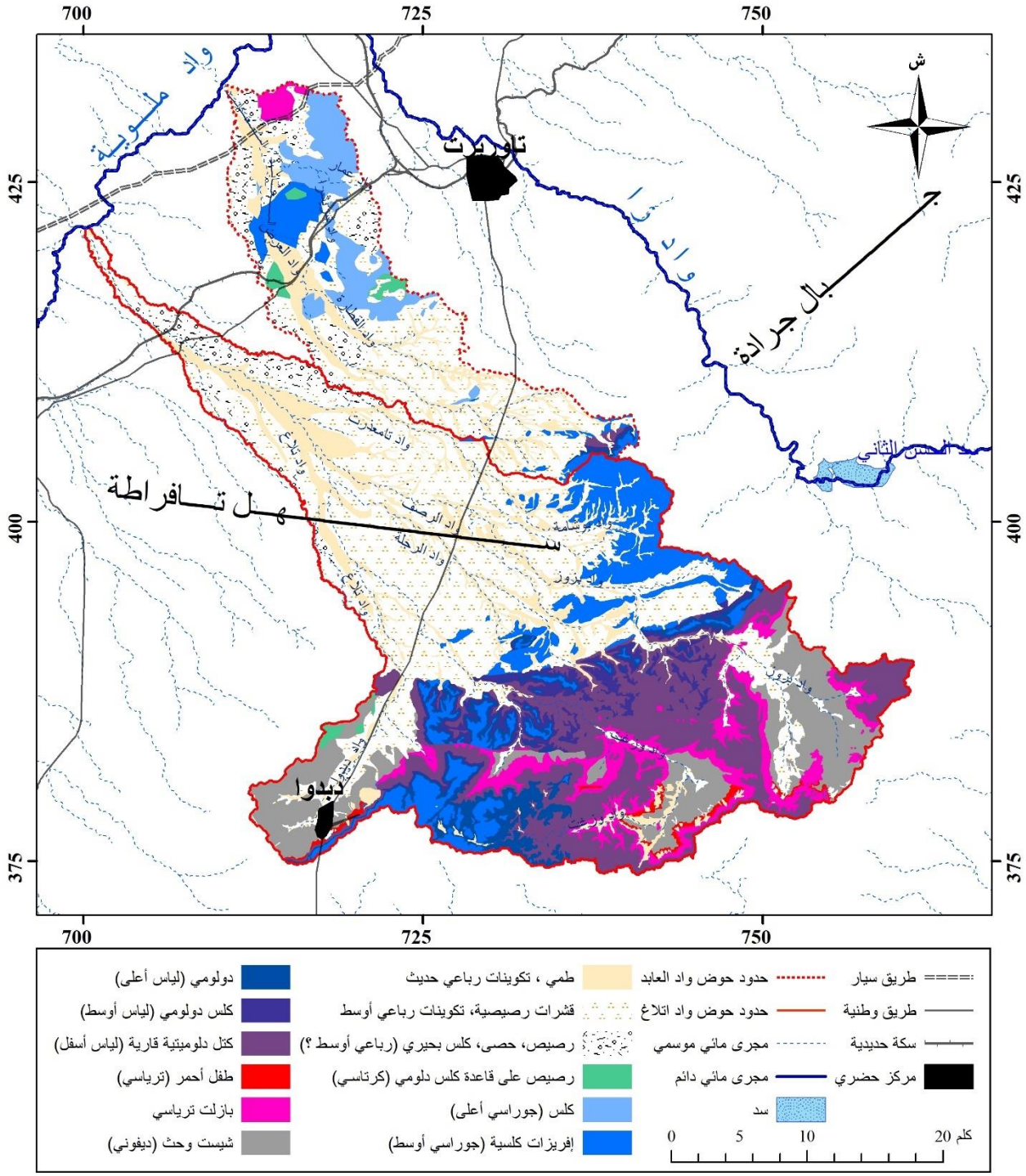
الشكل رقم 49: الانحدارات بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR

يتبين من الشكل رقم 49 أن 51% من مساحة حوض اتلاغ و86% من مساحة حوض العابد تندرج ضمن الفئة الضعيفة والضعيفة جدا، وذلك نظرا للمناطق السهلية المنبسطة بالمجال، وتمثل الفئة المتوسطة

الانحدار بحوض اتلاغ 13% وبحوض واد العابد 9%، إلا أن الانحدارات القوية والقوية جدا لا تمثل إلا 5% من مساحة حوض العابد و26% من مساحة حوض اتلاغ.

3_2: عامل الصخارة والتربة

تم استخلاص خريطة التكوينات الصخارية من الخريطة الجيولوجية لتاوريرت ودبدو وحسيان الدياب، 1/100000، ثم خريطة وجدة 1/500000، وتم التوصل إلى الشكل رقم 50.



الشكل رقم 50: التكوينات الصخرية لحوضي اتلاغ والعابد.

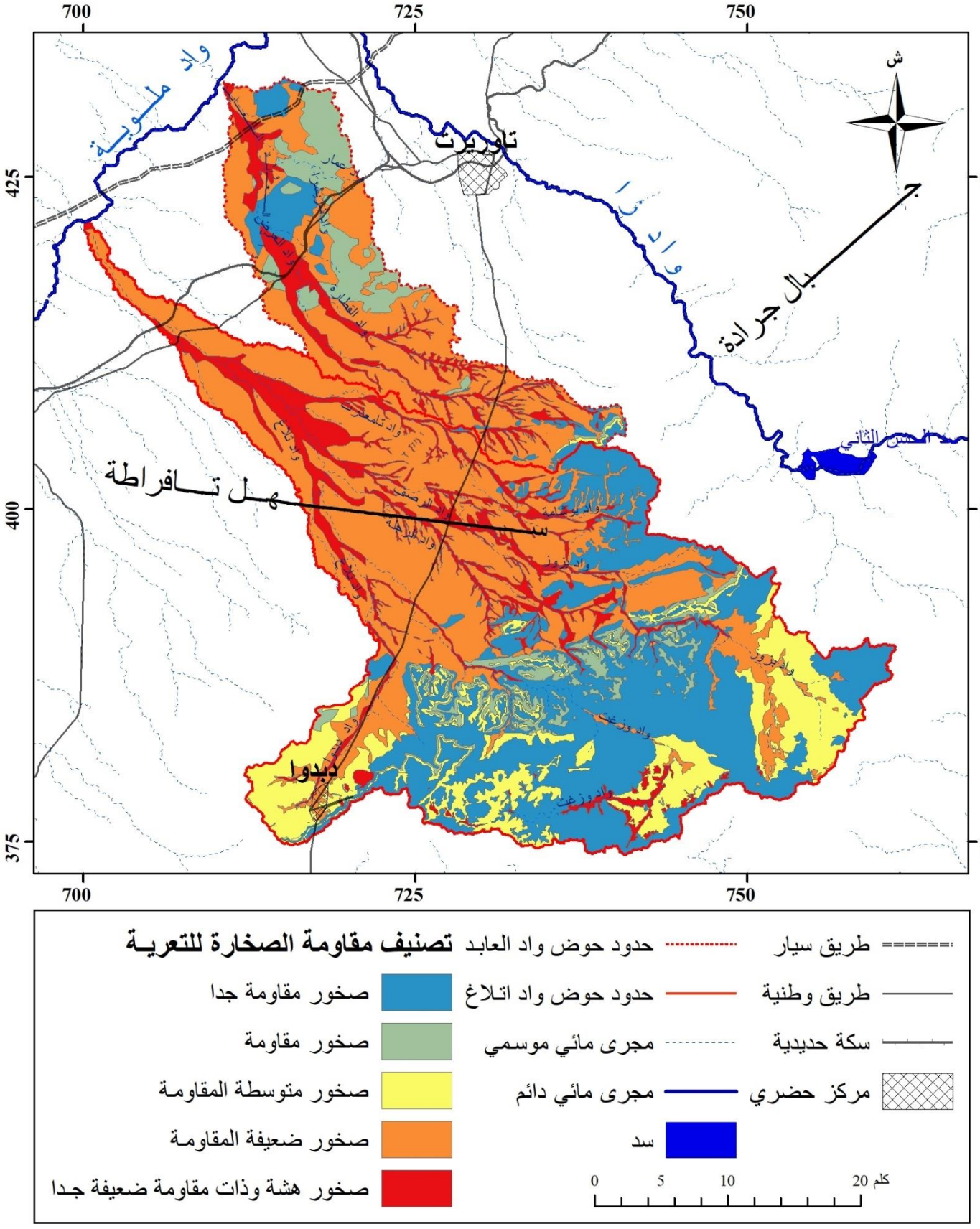
المصدر: الخريطة الجيولوجية دبدو وتاوريرت وحسيان الدياب 1/100000 ووجدة 1/500000

يتبين من الشكل رقم 50 أن سهل تَفراطة تسود به التكوينات الرباعية الحديثة، وهي ضعيفة المقاومة للتعرية، ماعدا بعض التكوينات الجوراسية في سافلة حوض واد العابد، وفي عالية حوض اتلاغ توجد صخور متماسكة كالكلس والدلومي والصخور النارية، وبعض العروق، وبالتالي هي الأكثر مقاومة للتعرية، ثم بعض المناطق في العالية تتميز بصخور وترب متوسطة المقاومة، وهي ضعيفة التماسك مثل شيست الزمن الأول. ولاستخلاص خريطة الصخارة لنموذج PAP/CAR يعتمد على تصنيف التكوينات الصخرية تبعا لدرجة صلابة الصخور ومقاومتها للتعرية المائية كما هو موضح بالجدول رقم 21.

الجدول رقم 21: تصنيف مقاومة التربة والصخارة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR

التربة والصخارة	المعامل
صخور صلبة شديدة المقاومة	1
صخور ذات مقاومة متوسطة	2
صخور ضعيفة المقاومة (شيست ...)	3
ركام حطامي ورواسب خشنة وترب طفلية	4
صخور هشة ورواسب وترب رخوة	5

بعد توظيف الجدول رقم 21، والشكل رقم 50، تم التوصل إلى عامل الصخارة والتربة (الشكل رقم 51).



الشكل رقم 51: مقاومة الصخور للتعرية حسب نموذج PAP/CAR

المصدر: الخرائط الجيولوجية 1/100000 لتاوريرت ودبدو وحسيان الدياب، والخريطة الجيولوجية لوجدة 1/500000.

يتبين من الشكل رقم 51 أن 747 كلم^2 من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة صخور هشة وضعيفة المقاومة. الصخور المتوسطة المقاومة لا تشكل إلا 171 كلم^2، ثم الفئة المقاومة والشديدة المقاومة تشكل حوالي 487 كلم^2 من مساحة المجال.

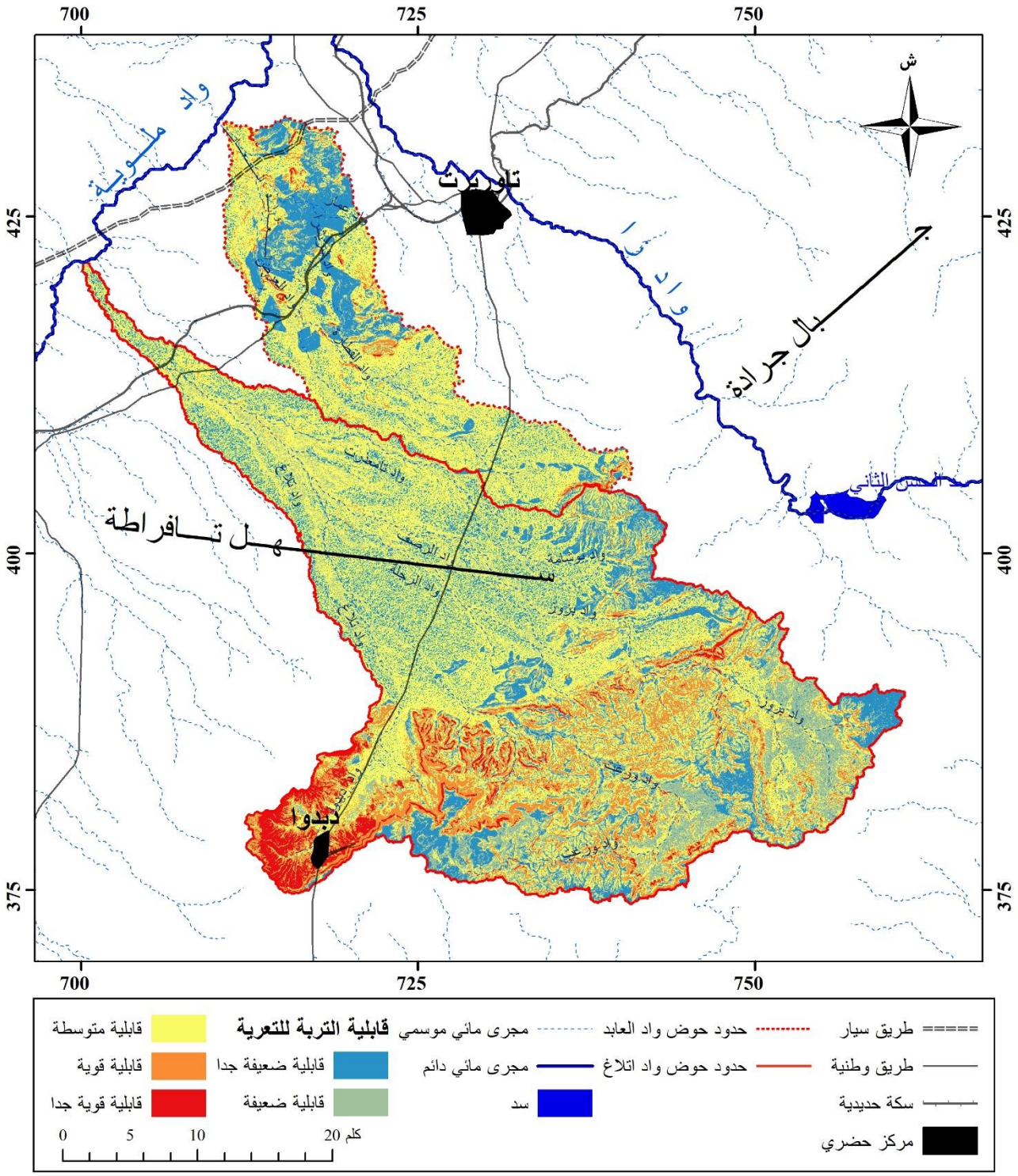
3_3: قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR.

يتم إنجاز شكل قابلية التربة للتعرية انطلاقا من دمج خريطة الانحدارات وخريطة مقاومة الصخور للتعرية، وينبني هذا على مزج وتركيب معاملات كل من الخريطتين السابقتين كما يتبين من خلال الجدول رقم 22.

الجدول رقم 22: قيم معامل قابلية الأراضي للتعرية حسب فئات الانحدار ونوع التربة والصخارة

		أنواع التربة والصخارة				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
الانحدارات	**1**	1	1	1	1	2
	2	1	1	2	3	3
	3	2	2	3	4	4
	4	3	3	4	5	5
	5	4	4	5	5	5

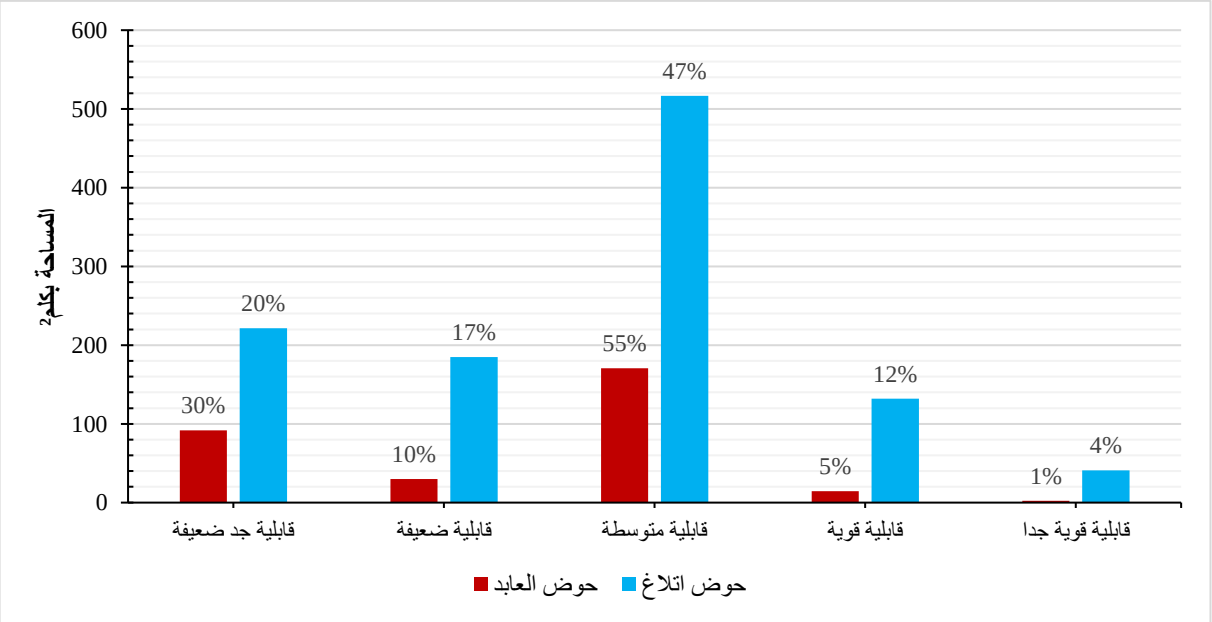
تبعا لهذه الطريقة، تم استخلاص خريطة قابلية التربة للتعرية بحوضي اتلاغ والعابد، وذلك وفقا لنموج PAP/CAR، وتم التوصل إلى الشكل رقم 52.



الشكل رقم 52: تصنيف قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR

يتبين من الشكل رقم 52 أن قابلية التعرية القوية جدا تتمركز بالجنوب الغربي لحوض اتلاغ، ناحية دبدو، وهذا يرجع إلى طبيعة الصخور الشيستية المتوسطة المقاومة وقوة الانحدارات بهذه السفوح، ثم تظهر هذه الفئة تبعا للسفوح الوعرة ذات الانحدارات القوية، وبعض منها في سافلة حوض العابد تبعا للمناطق ذات التعرية التراجعية والتخديد المركز والمتعمق فوق التكوينات الطفلية. وتعرف باقي مناطق مجال الدراسة تباينا من حيث قابلية التربة للتعرية حسب التكوينات الصخرية للمنطقة. ويتبين أن المناطق المنبسطة تعرف

قابلية متوسطة، وهذا تتحكم فيه طبيعة التكوينات الهشة بسهل تَفراطة. ومن حيث مساحات توزيع قابلية التربة للتعرية بحوضي اتلاغ والعابد، تم التوصل إلى الشكل رقم 53.



الشكل رقم 53: مساحات فئات قابلية التربة لحوضي العابد واتلاغ، حسب نموذج PAP/CAR.

تعرف أراضي مجال الدراسة قابلية ضعيفة وضعيفة جدا بنسبة 37% من مساحة حوض اتلاغ، و40% من مساحة حوض العابد، أي حوالي 527 كلم^2 من المساحة الإجمالية، وقابلية التربة للتعرية المتوسطة تتعدى 500 كلم^2 بحوض اتلاغ بنسبة 47%، وأكثر من نصف مساحة حوض العابد حيث وصلت إلى 55% من مساحته أي 170 كلم^2، ثم القابلية للتعرية القوية والقوية جدا مثلت فقط 16% من مساحة حوض اتلاغ، و6% من حوض العابد، ويعزى هذا إلى طبيعة الانحدارات القوية والتكوينات الصخرية الهشة بهذه الفئة.

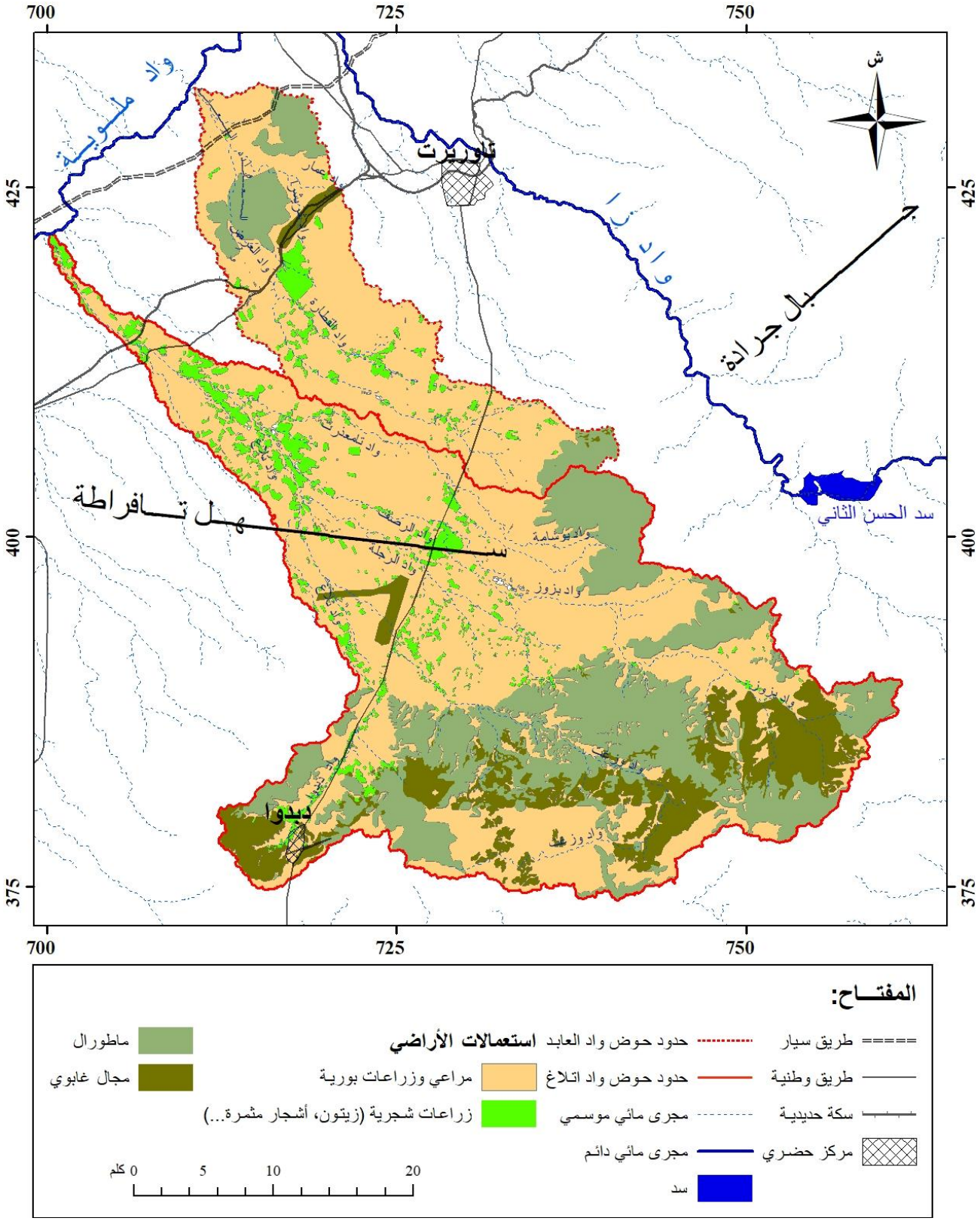
3_4: استعمالات الأراضي

حسب نموذج PAP/CAR، يتم تصنيف خريطة استعمال الأراضي حسب كل نمط استغلال بمعامل متغير تبعا للأثر الذي قد يخلفه هذا النمط من الاستعمال على دينامية السطح أو السفح، وتأثيره في التعرية، ويظهر من خلال الجدول رقم 23 المتعلق بمعامل استعمالات الأراضي حسب النموذج.

الجدول رقم 23: معامل استعمال الأراضي تبعا لنموذج PAP/CAR

المعامل	نوع الاستعمال
1	مزارع وزراعات بورية
2	زراعات شجرية منتظمة (الزيتون، أشجار مثمرة ...)
3	زراعات مسقية
4	ماطورال
5	مجال غابوي

انطلاقا من معامل استعملات الأراضي لنموذج PAP/CAR والمرئيات الفضائية، والخرائط المتوصل إليها سابقا (الشكل رقم 41: خريطة التصنيف والشكل رقم 18: خريطة الغطاء النباتي)، تم التوصل إلى خريطة استعمالات الأراضي وتصنيفها حسب نموذج PAP/CAR.



الشكل رقم 54: استعمالات الأراضي حسب تصنيف نموذج PAP/CAR.

يسود المجال الأراضي البورية المتعلقة بالحرث لزراعات موسمية، والمراعي حيث يشكل هذا الصنف أقل بقليل من ثلثي مساحة المجال المدروس، ثم تتخلل وسط سهل تَفراطة زراعات شجرية منتظمة أغلبها ظهر في العقد الأخير، وهي تشكل 5% من مساحة المجال المدروس، وتندمج معها أحيانا الزراعات المسقية المتعلقة بالكلأ أو الخضروات، ونادرا ما تكون معزوله عنها حيث أنها لا تشكل نسبة تقل عن 1%، ثم الغابة المتدهورة (الماطورال) والحلفاء المتدهورة، والنباتات القزمية تشكل ربع المساحة تقريبا، وتقابل المعامل 4 من النموذج، وتتوزع على سفوح وأقدام الجبال جنوب حوض اتلاغ، ثم شرق الحوضين، وكذا سافلة حوض اتلاغ، أما باقي المساحة فهي غابات وتتركز في عالية حوض اتلاغ، ومعاملها هو الأكبر بالنسبة لنموذج PAP/CAR، حيث مساحتها تقل عن 10%.

3_5: كثافة التغطية النباتية

بعد دراسة واستخلاص التغطية النباتية من المرئيات الفضائية (الفصل الثالث؛ الشكل رقم 54 المتعلق بمتوسط التغطية النباتية خلال 20 سنة)، تم تفييئ هذه التغطية حسب نموذج PAP/CAR إلى أربع فئات، كما هو موضح بالجدول رقم 24.

الجدول رقم 24: توزيع عامل كثافة التغطية النباتية حسب نموذج PAP/CAR

المعامل	كثافة التغطية النباتي بـ %
1	أقل من 25
2	من 25 إلى 50
3	50 إلى 75
4	أكثر من 75

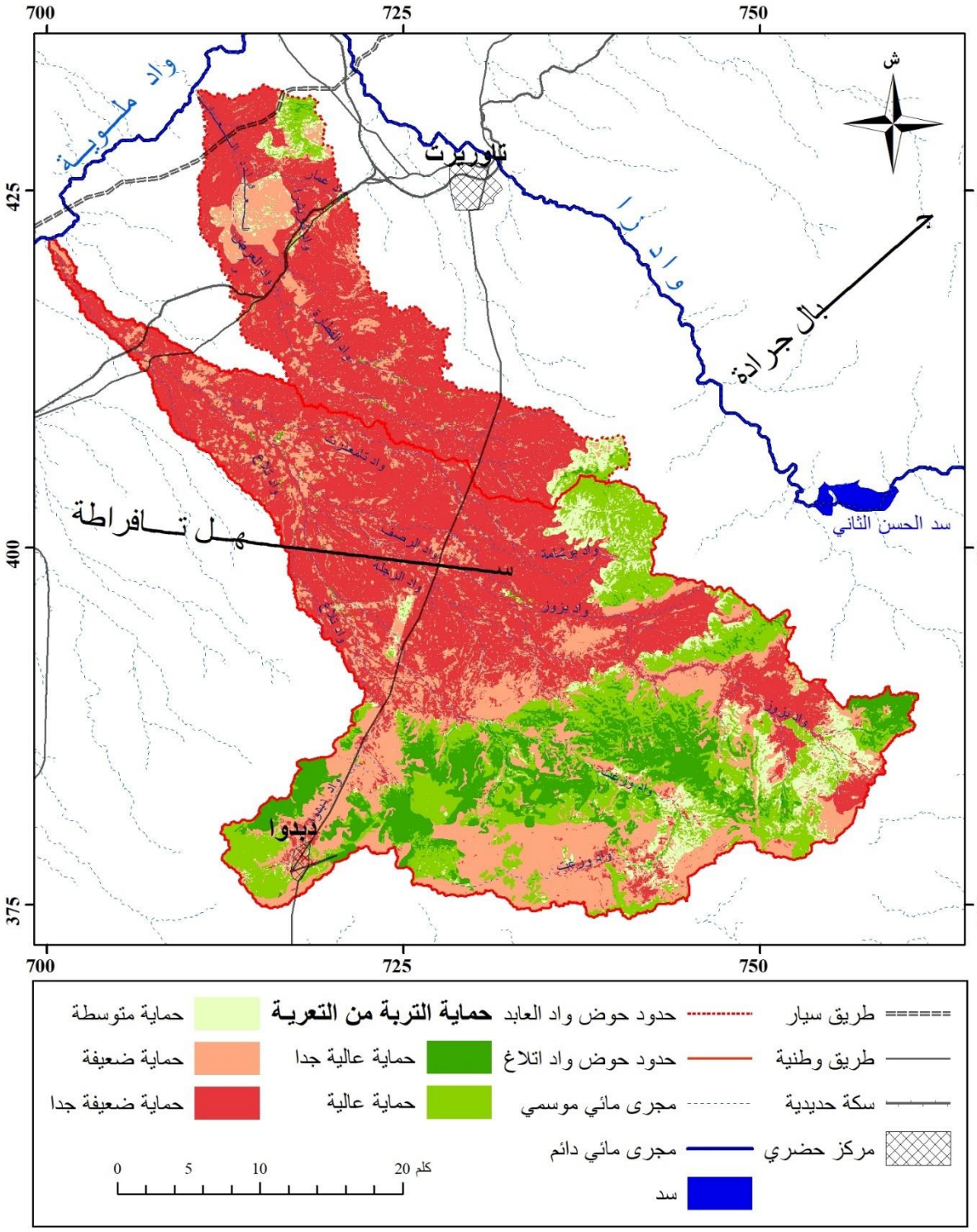
3_6: حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR.

يتم تحديد درجة حماية التربة من خلال نموذج PAP/CAR انطلاقا من حماية التربة التي يوفرها لها الغطاء النباتي من خطر التعرية، حيث يتم دمج خريطة كثافة التغطية النباتية وخريطة استعمال الأراضي ويتم دمجهما وفق الجدول رقم 25.

الجدول رقم 25: طريقة استنباط خريطة حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR.

		كثافة التغطية النباتية			
		1	2	3	4
استعمالات الأراضي	1	5	5	4	4
	2	5	5	4	4
	3	3	2	1	1
	4	4	3	2	1
	5	5	4	3	2

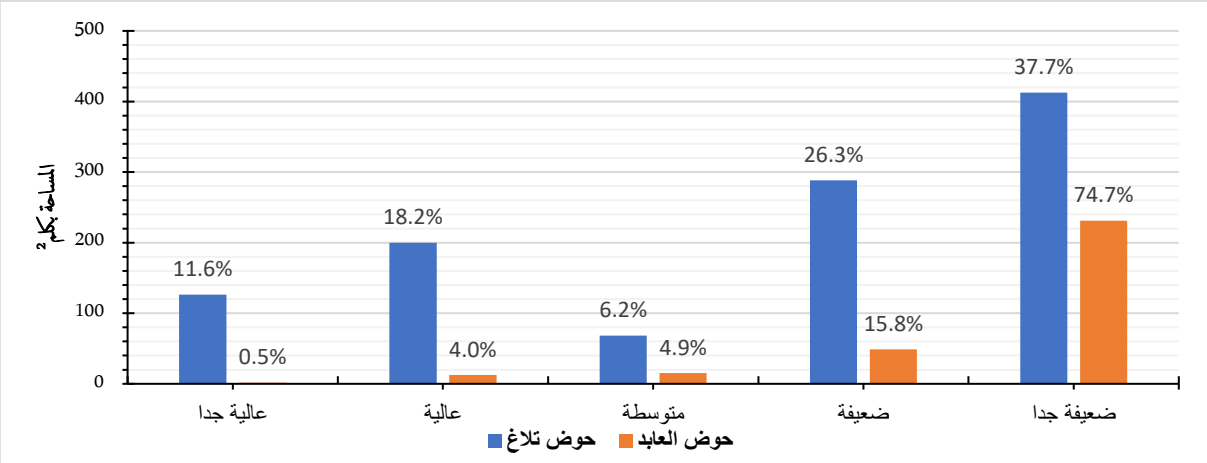
انطلاقا من كثافة التغطية النباتية واستعمالات الأراضي، وبعد دمجهما حسب الطريقة بالجدول رقم 25، تم التوصل إلى النتيجة الممثلة في الشكل رقم 55.



الشكل رقم 55: حماية التربة من التعرية.

يتبين من الشكل رقم 55 أن معظم أراضي المجال تعرف تربتها حماية ضعيفة جدا وضعيفة من التعرية، خاصة سهل تَفراطة وسافلة الحوضين، ثم أقصى جنوب حوض اتلاغ تبعا للمناطق العارية من الغطاء النباتي، على عكس المناطق المشجرة أو التي تعرف غطاء نباتيا طبيعيا، فهي تتميز بحماية

متوسطة وعالية. ويظهر توزيع مساحة حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR بالنسبة لحوضي اتلاغ والعابد في الشكل رقم 56.



الشكل رقم 56: مساحة حوضي اتلاغ والعابد لفئات حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR.

يتبين من الشكل رقم 56 أن أزيد من 90% من مساحة حوض العابد، و64% من مساحة حوض اتلاغ تعرف حماية تربة ضعيفة للتعرية، وتقدر هذه المساحة بحوالي 980 كلم^2 من مساحة المجال، وهذا يعزى إلى نمط استغلال الأراضي حيث تقابل هذه الفئة المساحات المحروثة والمراعي والتربات العارية، مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية. الفئة المتوسطة الحماية لا تشكل إلا 83 كلم^2، موزعة بنسب متقاربة بين الحوضين، حيث تمثل 5% من مساحة حوض العابد و6% من حوض اتلاغ. أما الحماية العالية للتربة، فتكاد تنعدم بحوض العابد إلا أنها تمثل نسبة مهمة من حوض اتلاغ تبعا للتغطية النباتية كما تمت الإشارة إلى ذلك سالفا، وتمثل 30% من المساحة، أي حوالي 325 كلم^2، وأغلبها بجنوب الحوض بالمناطق الجبلية.

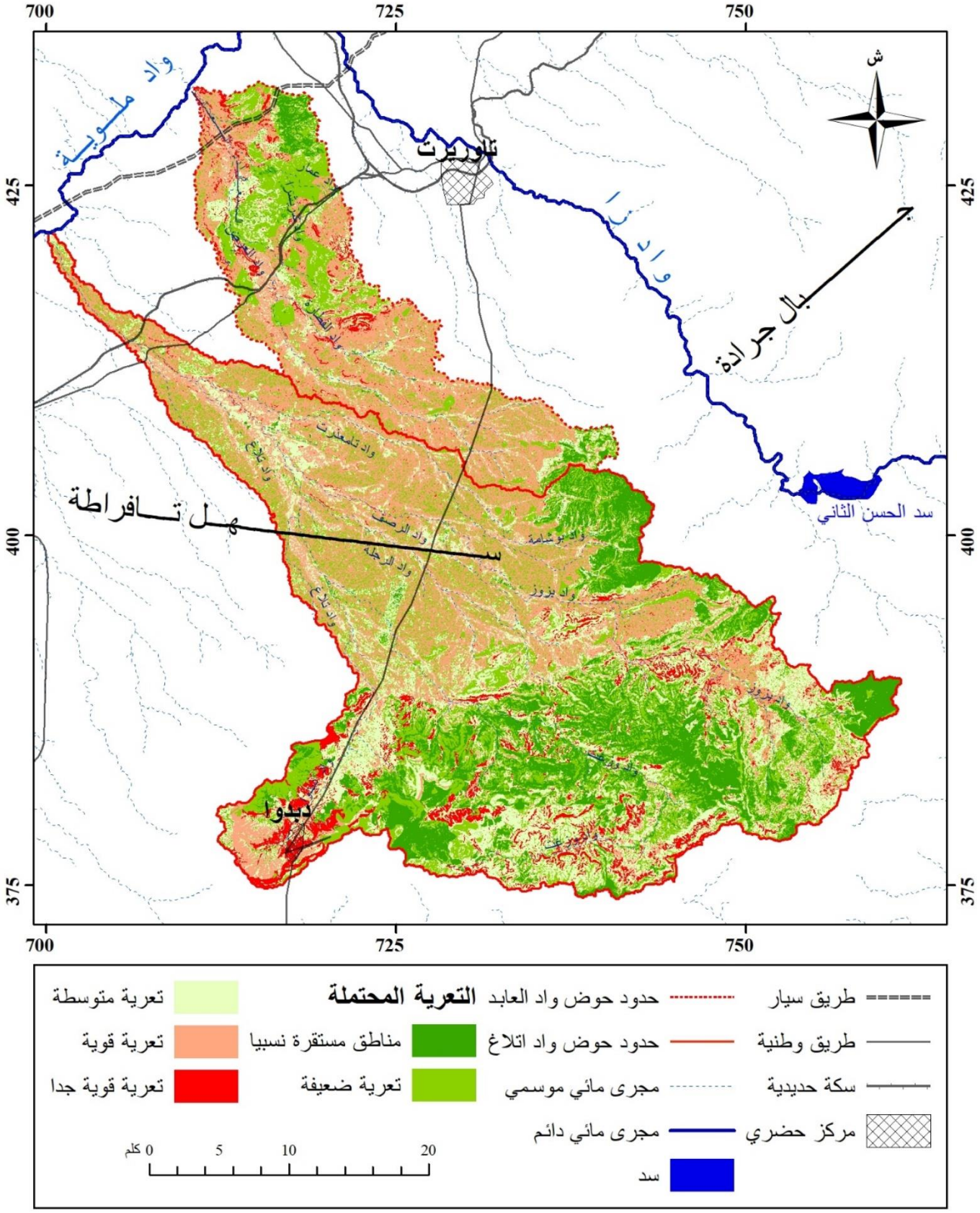
3_7: التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR.

تعتبر خريطة التعرية المحتملة آخر مرحلة من المقاربة التنبؤية باعتماد نموذج PAP/CAR، لأنها تمثل ما قد تعرفه هذه الأوساط من تعرية محتملة، بناء على النتائج التي تم التوصل إليها سابقا بهذه المقاربة، خاصة قابلية التربة للتعرية (الشكل رقم 52) وحماية التربة من التعرية (الشكل رقم 55)، تدمج هاتان النتيجتان مع بعضهما في خريطة واحدة للتمكن من تحديد وتشخيص المجالات والأوساط التي تعرف تعرية محتملة، وفق الطريقة بالجدول رقم 26.

الجدول رقم 26: طريقة استخلاص خريطة التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR.

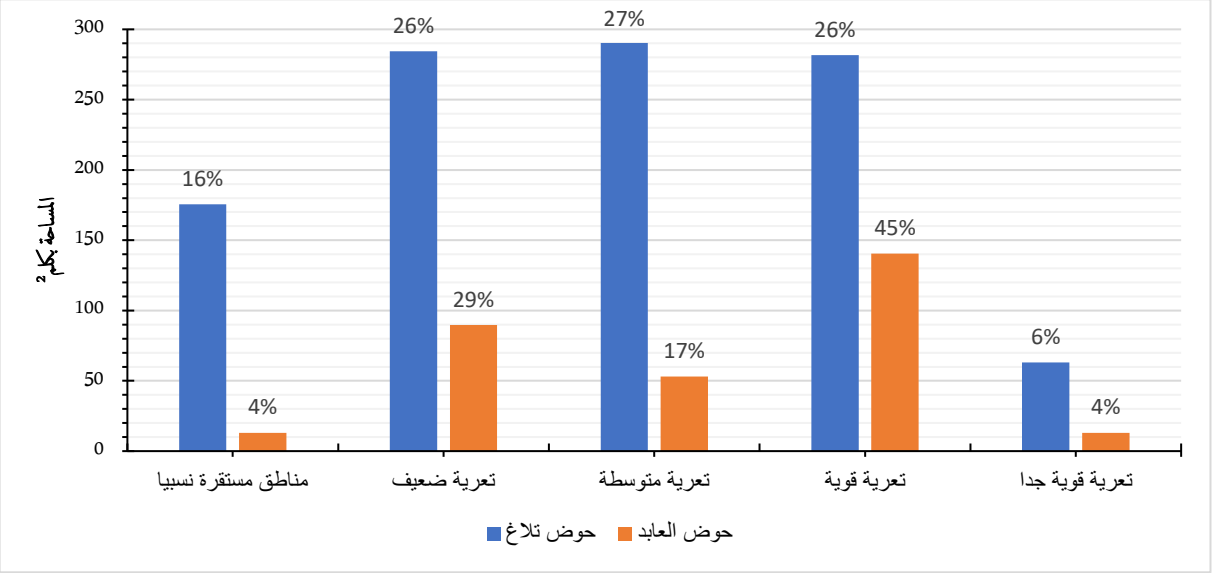
		قابلية التربة للتعرية				
		1	2	3	4	5
حماية التربة من التعرية	1	1	1	1	2	2
	2	1	1	2	3	4
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	3	5	5
	5	2	3	4	5	5

بناء على الجدول رقم 26، تم دمج خريطة حماية التربة من التعرية وقابلية التربة للتعرية، وتم التوصل إلى خريطة التعرية المحتملة المتمثلة في الشكل رقم 57.



الشكل رقم 57: خريطة التعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد.

يتضح من الشكل رقم 57 أن التعرية المحتملة القوية جدا تتموضع تبعا للانحدارات القوية جدا في عالية الحوض وتتمركز بسافلة حوض العابد تبعا للتكوينات الصخرية الطفلية الهشة. وتسود التعرية القوية في سهل تَفراطة، ويعزى ذلك لنمط استغلال المناطق المحروثة والرعوية، ثم التكوينات الرباعية الحديثة الهشة. وجزء آخر من سهل تَفراطة تنتشر به التعرية المحتملة المتوسطة خاصة المناطق التي تعرف استغلاليات شجرية مثل الزيتون والأشجار المثمرة. المناطق التي تعرف استقرارا نسبيا وتعرية ضعيفة أغلبها تتوزع في عالية حوض اتلاغ تبعا للغطاء النباتي الطبيعي الكثيف، وكذلك في سافلة حوض العابد وجنوب وسط حوض اتلاغ، كما أنه تتباين التعرية المحتملة بالحوضين من حيث المساحة ويتضح هذا من الشكل رقم 58.

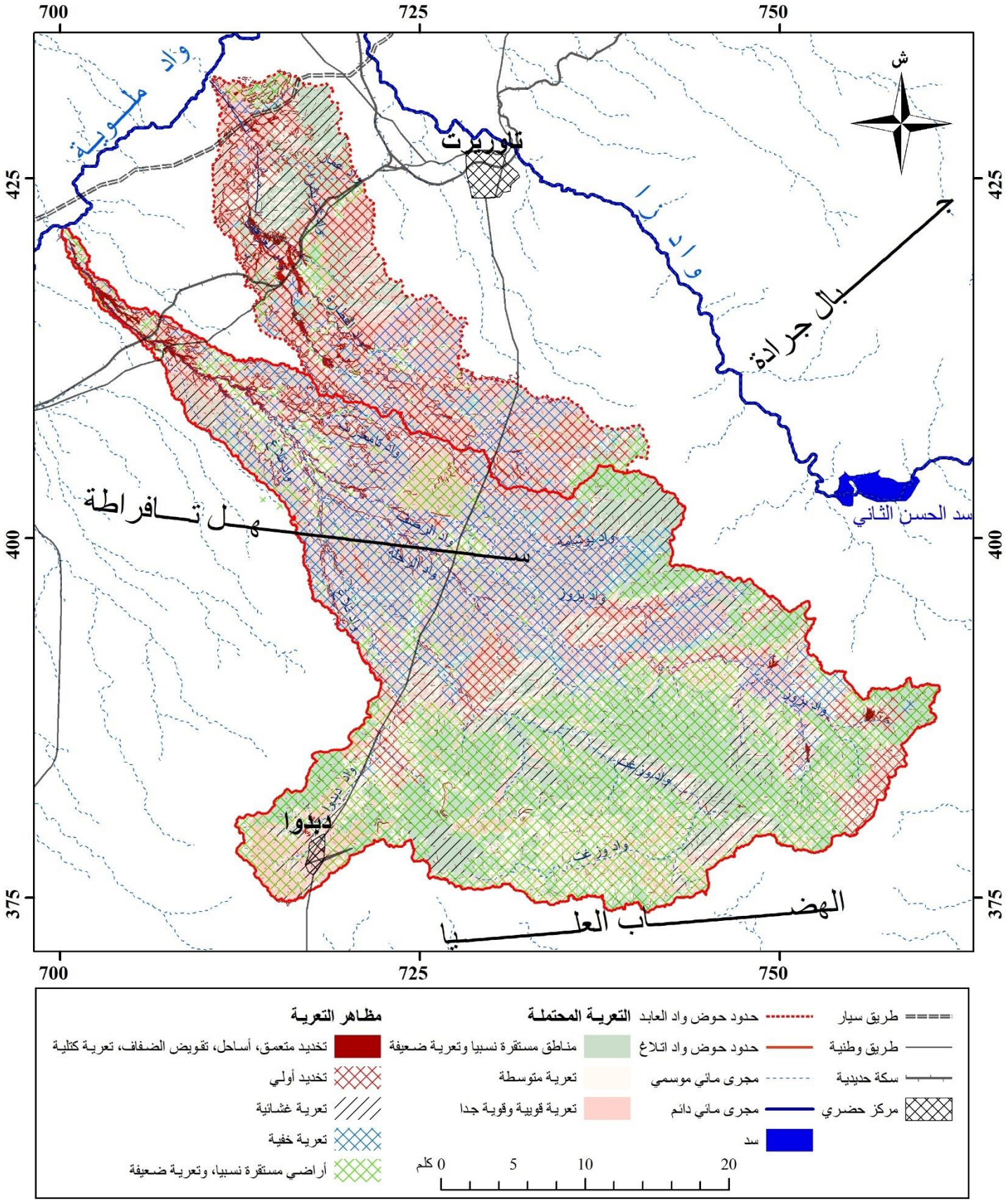


الشكل رقم 58: مساحة التعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR.

تتوزع مساحات التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR انطلاقا من الشكل رقم 58 على الشكل التالي: 4% من مساحة حوض العابد؛ حوالي 13 كلم^2، و6% من مساحة حوض اتلاغ، أي 63 كلم^2 تعرف احتمال تعرية قوية جدا، وحوالي 420 كلم^2 من مساحة المجال تعرف تعرية قوية أي 30% من مساحة المجال موزعة كما هو موضح بالشكل رقم 58. وتشكل التعرية المتوسطة تقريبا ربع المساحة، 325 كلم^2 من مساحة المجال؛ وتشكل التعرية الضعيفة 373 كلم^2، أي 27% من مجموع المساحة المدروسة. المناطق المستقرة لا تهم إلا 13% من المساحة أي ما يعادل 188 كلم^2، موزعة على 4% فقط من حوض العابد و16% من حوض اتلاغ تبعا للمناطق الأكثر حماية بالغطاء النباتي والعوامل الآخرى كما تمت الإشارة إلى ذلك سابقا.

4_: المقاربة التكاملية (الأوساط المورفوتشكالية)

هذه المقاربة هي الأخيرة في نموذج PAP/CAR حيث تتم فيها مراكبة خريطة مظاهر التعرية، مع خريطة التعرية المحتملة، ومنه يتم التوصل إلى الشكل رقم 59.



الشكل رقم 59: الأوساط المورفوتشكالية بحوضي اتلاغ والعابد

من خلال هذه المراكبة بين الخريطتين، يتبين أن هناك تطابقا كبيرا بين المجالات التي تعرف احتمالا قويا وقويا جدا حسب نموذج PAP/CAR مع المجالات التي تعرف آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز من حيث التخديد المتعمق والمعمم أي الأساحل، واحتمالية التعرية المتوسطة مع التخديد الأولي والتعرية الخفية. ثم الأراضي التي تعرف غطاء نباتيا تقابلها تعرية ضعيفة، وهذا ما تم التعبير عنه من حيث المساحة في الجدول رقم 27 بالحوضين باعتماد عامل ترابط التحليل العاملي المتناظر (AFC: Analyse factorielle des correspondances).

الجدول رقم 27: ترابط مظاهر التعرية والتعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد حسب المساحة.

		مظاهر التعرية								المجموع
		غطاء نباتي طبيعي	أراضي مشجرة مسقية	تعرية غشائية	تخديد معمم؛ أساحل	تخديد أولي	تعرية كتلية وتقويض الضفاف	تخديد متعمق	تعرية خفية	
التعرية المحتملة	مناطق مستقرة نسبيا	8.88%	0.03%	3.01%	0.59%	0.02%	0.02%	0.33%	0.69%	**13.57%**
	تعرية ضعيفة	9.33%	1.16%	3.71%	4.37%	0.23%	0.18%	0.52%	7.42%	**26.93%**
	تعرية متوسطة	8.78%	2.59%	3.58%	4.48%	0.24%	0.30%	0.42%	4.23%	**24.63%**
	تعرية قوية	2.44%	1.11%	1.98%	7.20%	0.57%	0.88%	0.39%	14.89%	**29.46%**
	تعرية قوية جدا	2.83%	0.10%	1.08%	0.85%	0.05%	0.15%	0.01%	0.33%	**5.41%**
	المجموع	**32.26%**	**5.00%**	**13.36%**	**17.50%**	**1.10%**	**1.53%**	**1.68%**	**27.57%**	**100.00%**

من بين أهم ما ورد بالجدول رقم 27 أن هناك علاقة كبيرة بين التعرية الخفية أي الأراضي المحروثة، واحتمال تعرية قوية حيث يصل هذا الترابط من المساحة إلى 15% من مساحة الحوض، وهو الأعلى بهذه القيم، ويشكل حوالي 50% من مساحة التعرية الخفية ومساحة التعرية القوية، ثم يأتي بعده الغطاء النباتي، أي التعرية الضعيفة التي تقابل الأراضي المستقرة نسبيا، ثم التعرية الغشائية حيث أغلب مساحتها تقابل احتمال تعرية ضعيفة ومتوسطة؛ وأخيرا، التخديد المعمم الذي تقابل أغلب مساحته التعرية المحتملة القوية.

خلاصة

بعد حساب جميع العوامل المعتمدة في المعادلة العالمية لتكميم التربة وتطبيقها على مجال الدراسة، تم التوصل إلى أن حوالي 5.5 مليون طن من التربة تفقد سنويا من الحوضين، وأن مساحة الأراضي التي تعرف تعرية قوية وشديدة تبلغ حوالي 321 كلم^2 من مجموع 1406 كلم^2 والتي تقدر بأكثر من 3.8 مليون طن سنويا (حوالي 70% من مجموع التربة المفقودة بالمجال)، أي 118 طن في الهكتار/السنة؛ في حين تخضع باقي مساحة المجال إلى بقية متغيرات المعادلة. إلى جانب ذلك، أبرزت المعادلة الدور الرئيسي للأمطار والانحدارات مقارنة مع العوامل الآخرى، ثم تبين أن المجال يفقد في المتوسط 3.86 ملم من سمك التربة خلال السنة، ثم أن متوسط التربة المفقودة هي 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض العابد.

كما أن الفئة الأقل من 5 طن/سنة/هكتار لكمية التربة المفقودة، وهي الضعيفة جدا مقارنة مع الفئات الآخرى، تشكل 13% من مساحة حوض واد اتلاغ أي 142 كلم² بكمية تقدر بـ 44 ألف طن في السنة، وبنسبة 1% من مجموع التربة المفقودة بالحوض. في حين تمثل هذه الفئة من حوض واد العابد 15 % من مساحته ب 45 كلم²، وبكمية أقل من 14 ألف طن في السنة بنسبة 2% من مجموع التربة المفقودة بالحوض. تمثل الفئة الضعيفة (ما بين 5 و 10 ط/هـ/سنة) 18% من مساحة حوض واد اتلاغ و 22% من مساحة حوض واد العابد، أي بمساحة 67 و197 كلم²، و 50 و147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل آخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تنحصر كيمة التربة المفقودة ما بين 10 و50 طن/هـ/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و52% من مساحة حوض العابد، توافق أزيد من 630 كلم² (471 و162 كلم^2) وبكمية تقدر بأزيد من 1.4 مليون طن في السنة، ويعزى هذا إلى طبيعة التربة ونظام استغلال الأراضي. أما الفئة القوية والقوية جدا من 50 إلى 100 طن/هـ/سنة والفئة الأكثر من 100 طن/هـ/سنة، فهي تشمل تقريبا ربع مساحة حوض واد اتلاغ، و11% من مساحة حوض واد العابد، ويرجع هذا بالأساس إلى شدة الانحدار وندرة الغطاء النباتي، كما ترتفع قيم الانجراف نسبيا في جنوب حوض واد العابد (الشمال الغربي لسلسلة جبال جرادة)، وبعض التلال المتقطعة في الوسط، وجنوب حوض واد اتلاغ بالأخص في الجنوب الغربي.

تنحصر كمية التربة المفقودة ما بين 50 و100 طن/هـ/سنة وهي الفئة القوية، وتشمل 13% من المساحة الإجمالية لحوض واد اتلاغ، وتقدر بأكثر من مليون طن سنويا، أي خمس الكمية المفقودة، على مساحة 144 كلم²، وبالنسبة لحوض واد العابد 155 ألف طن (خُمس الكمية المفقودة) على مساحة 22 كلم² (7% من المساحة). في حين ترتفع كمية التربة المفقودة لتتجاوز 100 طن/هـ/سنة، وتقدر هذه المساحة بـ 142 كلم^2، أي 13% من مساحة حوض واد اتلاغ، وهو ما يقدر بأكثر من 2.4 مليون طن

في السنة بنسبة 52% من التربة المفقودة. وفي حوض واد العابد تمثل 4% من مساحته أي 13كلم^2؛ 27% من الكمية المفقودة بالحوض أي 215 ألف طن سنويا.

نلاحظ من خلال جداول كمية ومساحة التربة المفقودة أن ربع مساحة المجال فقط تفقد ثلاثة أرباع من إجمالي التربة المفقودة خلال السنة، أي أكثر من 5 ملم في المتوسط من حجم التربة المقتلعة، حيث الفئة القوية جدا، أي أكثر من 50 طن/هـ/سنة تتعدى 74% من كمية التربة المفقودة خلال سنة، أي حوالي 3.6 مليون طن، وفقط 26% من مساحة حوض اتلاغ التي تقدر بـ 28.6 ألف هكتار. ثم أن 47% من التربة المفقودة من إجمالي فقدان التربة لحوض واد العابد التي تقدر بـ370 ألف طن خلال السنة، تتوزع على فقط 11% من مساحة الحوض التي تقدر بـ 3500 هكتار.

بالرغم من التوصل إلى هذه النتائج إلا أنها تبقى نسبية نظرا للانتقاد الرئيس الموجه لهذه المعادلة، على اعتبار أنها تتجاهل التفاعلات القائمة بين كل العوامل، هذا بالإضافة إلى اختلاف طبيعة المجال المدروس؛ أي أنها تستعمل في مجالات دون آخرى ولا سيما في المناطق التي يغلب عليها طابع الارتفاع. ينضاف إلى ذلك غياب المعطيات والخرائط الدقيقة التي تساعد على مقاربتها بشكل صحيح. ولكن لا نغفل أهميتها في إعطاء فكرة على التعرية السطحية والغشائية. ولتعزيز ذلك، تمت دراسة التقييم النوعي للتعرية بهذه الأوساط باعتماد نموذج PAP/CAR. ولعدم إغفال دور التعرية الموضعية (تقويض الضفاف والأساحل أي التعرية المركزة)؛ تمت دراستها في فصل خاص بها بالزيارات المتكررة لهذه المواقع وقياسها مباشرة في الميدان، بآليات حديثة ودقيقة جدا للمسح الطبوغرافي، للتمكن من الاستيعاب النسبي لكمية المواد المفقودة الناتجة عن هذه التعرية بمختلف أحجامها والتي تترسب في النهاية مباشرة في السد، وذلك لأنه لا يمكن تعميم ظاهرة موضعية محددة على مساحات غير معنية بها، بل قياسها لوحدها. وبالتالي فإن المعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن للتعبير عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لابد من دراسة حالات التعرية الموضعية التي يمكن أن تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف المرات، مقارنة مع تكميم التعرية الغشائية.

تبين أن 747 كلم^2 من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة (1405 كلم^2)، تتميز صخوره بالهشاشة والضعيفة المقاومة. أما الصخور المتوسطة المقاومة لا تشكل إلا 171 كلم^2، ثم الفئة المقاومة والشديدة المقاومة تشكل حوالي 487 كلم^2 من مساحة المجال. كما تبين أن قابلية التعرية القوية جدا تتمركز بالجنوب الغربي لحوض تلاغ، ناحية دبدو، وهذا يرجع إلى طبيعة الصخور الشيستية المتوسطة المقاومة وقوة الانحدارات بهذه السفوح، ثم تظهر هذه الفئة تبعا للسفوح الوعرة ذات الانحدارات القوية، وبعض منها في سافلة حوض العابد تبعا للمناطق ذات التعرية التراجعية والتخديد المركز والمتعمق فوق التكوينات الطفلية. وتعرف باقي مناطق مجال الدراسة تباينا من حيث قابلية التربة للتعرية حسب التكوينات الصخرية للمنطقة. يسود المجال الأراضي البورية المتعلقة بالحرث لزراعات موسمية، والمراعي حيث يشكل هذا الصنف أقل بقليل من ثلثي مساحة المجال المدروس، ثم تتخلل وسط سهل تَفراطة زراعات شجرية منتظمة

أغلبها ظهر في العقد الأخير، وهي تشكل 5% من مساحة المجال المدروس، وتندمج معها أحيانا الزراعات المسقية المتعلقة بالكلأ أو الخضروات، ونادرا ما تكون معزوله عنها حيث أنها لا تشكل نسبة تقل عن 1%، ثم الغابة المتدهورة (الماطورال) والحلفاء المتدهورة، والنباتات القزمية تشكل ربع المساحة تقريبا، وتقابل المعامل 4 من النموذج، وتتوزع على سفوح وأقدام الجبال جنوب حوض تلاغ، ثم شرق الحوضين، وكذا سافلة حوض تلاغ، أما باقي المساحة فهي غابات وتتركز في عالية حوض تلاغ، ومعاملها هو الأكبر بالنسبة لنموذج PAP/CAR، حيث مساحتها تقل عن 10%. كما تبين أن أزيد من 90% من مساحة حوض العابد، و64% من مساحة حوض تلاغ تعرف حماية تربة ضعيفة للتعرية، وهذا يعزى إلى نمط استغلال الأراضي حيث تقابل هذه الفئة المساحات المحروثة والمراعي والتربات العارية، مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية.

تتوزع مساحات التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR بـ 4% من مساحة حوض العابد، و6% من مساحة حوض اتلاغ، تعرف احتمال تعرية قوية جدا، وحوالي 30% من مساحة المجال تعرف تعرية قوية. وتشكل التعرية المتوسطة تقريبا ربع المساحة.

من خلال مراكبة خريطة مظاهر التعرية والتعرية المحتملة، يتبين أن هناك تطابقا كبيرا بين المجالات التي تعرف احتمالا قويا وقويا جدا حسب نموذج PAP/CAR مع المجالات التي تعرف آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز من حيث التخديد المتعمق والمعمم أي الأساحل، واحتمالية التعرية المتوسطة مع التخديد الأولي والتعرية الخفية. ثم الأراضي التي تعرف غطاء نباتيا تقابلها تعرية ضعيفة. ثم أن هناك علاقة كبيرة بين التعرية الخفية أي الأراضي المحروثة، واحتمال تعرية قوية حيث يصل هذا الترابط من المساحة إلى 15% من مساحة الحوض، وهو الأعلى بهذه القيم، ويشكل حوالي 50% من مساحة التعرية الخفية ومساحة التعرية القوية. والتخديد المعمم الذي تقابل أغلب مساحته التعرية المحتملة القوية.

كما نستخلص من نموذج PAP/CAR أن مساحات مهمة من الحوضين مهددة بخطر التعرية المائية حيث سجلت نسبا مهمة للتعرية المحتملة القوية والقوية جدا، التي تقابل مظاهر تعرية خفية غير مرئية، تتجلى في استعمالات الأراضي المتعلقة بالزراعات الموسمية، وهي الأراضي المحروثة، المنتشرة بجل سهل تَفراطة، ثم مظاهر آخرى كالتخديد المعمم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبه بالتعرية القوية. رغم ذلك، يتبين أن هناك مناطق مهمة ترتبط بالتعرية الضعيفة والاستقرار النسبي، وهي مرتبطة بالغطاء النباتي سواء الغابوي المتدهور أو الكثيف؛ وهذا ما يدفع للتفكير في المحافظة عليه أو على الأقل التقليل من تدهوره.

الفصل الخامس: القياس المباشر في الميدان من خلال المقلد المطري

(تقييم التعرية المائية السطحية باستعمال المقلد المطري RAMP)

مقدمة

يتطلب البحث في دينامية وسط ما خاصة ظاهرة التدهور الناتج عن التعرية المائية، التساؤل عن أسباب هذه الظاهرة، وميكانيزماتها، وظروف نشأتها، والمشاكل الناجمة عنها، كما يتطلب فهما جيدا للسلوك الهيدرولوجي بالتربة. وذلك من خلال تحديد كمية المياه المتسربة، وتلك التي تضيع بفعل السيلان، وتؤدي إلى إزالة العناصر الدقيقة والمواد العضوية. إلا أن تتبع أساليب هذه الدينامية تحت الأمطار الطبيعية، يتطلب سنوات طويلة من الدراسة والانتظار، بالإضافة إلى توفر تجهيزات ضخمة. ولتجاوز هذه الصعوبات، تم الاقتصار على تقنية التقليد المطري في قياس التعرية على مستوى المشارات التجريبية الصغيرة بمساحة 0.5م²، والتي تمثل جزءا صغيرا من السفح فقط. فرغم كونها لا تمثل حقيقة نتائج التعرية على مستوى السفح بأكمله، فهي تسمح إلى حد ما بتتبع عمليات تسرب الماء داخل التربة، وضبط مراحل وعتبات انطلاق السيلان، ومدة التبليل (موادیلي وأخرون، 2019_ا). كما تمكننا في مقارنة حالات السطح من حيث أنواع التربات، أو حسب أنماط الاستغلال تحت نفس الظروف الطبيعية.

وفي هذا الإطار، تم الاعتماد على تقنية (Roose, 1996) باستعمال المقلد المطري اليدوي في عملية القياس، التي تتلخص أهم مزاياه الإيجابية في سهولة تطبيقه فوق انحدارات قوية، كما أنه لا يتطلب كمية كبيرة من الماء، علما أنه لا يخلو من سلبيات أهمها: غياب دراسة الطاقة الحركية للقطرات المائية المتساقطة، وشدة التساقطات، وإمكانية رش القطرات خارج المشارة بفعل الرياح.

وزعت القياسات على سبعة وثلاثين مشارة تجريبية بمجال الدراسة، تتميز بخصائص طبيعية مختلفة (طبيعة التربة، ودرجة الانحدار، والتوجيه ...)، وبأنماط استغلال مختلفة كذلك (مستريحة، وبوار، ومزروعة، وغطاء نباتي).

1_: المفاهيم وطريقة العمل

التسرب: استعمل مصطلح التسرب أو الرشح لأول مرة بالولايات المتحدة الأمريكية خلال القرن التاسع عشر من طرف (Marsh, 1864)، وأجمع الباحثون على أن مفهوم التسرب هو عملية دخول الماء في التربة بحركة نازلة عابرة لجزء منه أو كله، كما أن (Hillel, 1974) يعرّف التسرب بكونه الإسم الذي يطلق على طرق وأساليب دخول الماء في التربة بصفة عامة، لكن ليس مهما أن يعبر سطح التربة عموديا نحو الأسفل، وهذه الطرق لها أهمية كبرى في التطبيق لأن نظامها يحدد الجريان الذي يظهر على سطح التربة.

من خلال هذا التعريف، تبدو أهمية دراسة التسرب باعتبارها عاملا محددا للجريان والذي يلعب دورا مهما في تحديد معالم سطح الأرض ومعالم استغلالها واستقرار السكان وغيرها من الظواهر المرتبطة بالإنسان.

تطرح كذلك دراسة **النفاذية**، إشكالية العوامل المؤثرة فيها من غطاء نباتي، وأساس صخري، ومناخ، وطبيعة الاستغلال الفلاحي، بالإضافة إلى العوامل المرتبطة بالطبوغرافيا كتوجيه السفوح والانحدار، وإشكالية علاقة هذه العوامل بالتعرية أو فقدان التربة.

تقتضي دراسة هذه الإشكاليات، جردا دقيقا للعوامل المؤثرة في النفاذية، وتحديد تأثير كل عامل في النفاذية على حدة، سواء تعلق الأمر بالأراضي المهجورة، والمستريحة، أو الأراضي المزروعة، وذلك في محاولة لإبراز العلاقة بين اختلال النفاذية وفقدان التربة، وبالتالي تحديد طبيعة المواد المنقولة بواسطة السيلان، وخصائصها الرسابية.

وهكذا سنحاول قياس التعرية في علاقتها بدراسة حالة السطح، وذلك باعتماد تجربة التقليد المطري اليدوي.

1_1: تقديم جهاز القياس "المقلد المطري"

إن قياس الجريان والنفاذية تحت الأمطار الطبيعية، يتطلب تقنيات وسنوات عدة من انتظار سقوط الأمطار، لذلك، تم الاقتصار على القياس بالمقلد المطري.

يمكن استعمال هذه التقنية من حيث التحكم في حجم القطرات المطرية، ومن ثم وضع تصور لمسلسل النفاذية والجريان، وذلك تحت زخات مطرية اصطناعية. تكون المشارات القياسية ذات مساحة صغيرة، وبالتالي لا تعطي فكرة واضحة عن الجريان الحقيقي على السفوح، لكنها تسمح بتتبع عملية التسرب داخل التربة وضبط عملية تشبعها وتحديد عتباتها في علاقتها بأنواع العنف المطري وغيرها من العوامل المؤثرة في النفاذية، مثل أنماط الاستغلال للأرض.

يهدف القياس على مستوى المشارات التجريبية إلى مقارنة تأثير سلوك الماء في التربة حسب أنماط الاستغلال (حرث، بوار، نبات طبيعي...) ، وتحت ظروف طبيعية مختلفة.

وقد ظهرت مجموعة من المقلدات بأشكال وأحجام مختلفة، سعيا وراء تطوير الجهاز، حتى يسمح بدراسة الظواهر بشكل جيد وعملي.

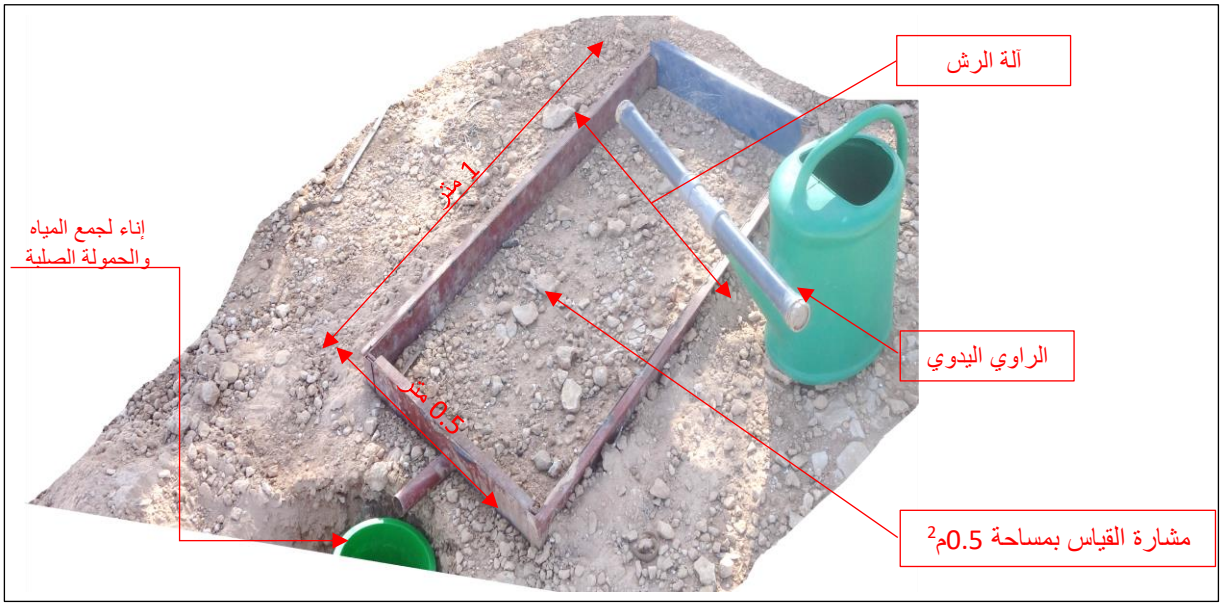
ومن هذه المقلدات هناك:

- المقلد المطري من نوع "SWANSON" لـ (Collinet & Valentin, 1984) و(Roose & Asseline, 1978).

المقلد المطري "ORSTOM" لـ (Asseline & Valentin, 1978).

إلا أن أهمها في الاستعمال المناسب بالمجال المدروس، المقلد المطري من نوع "RAMPE" لـ (Roose, 1996)، وذلك لسهولة نقله وتطبيقه حتى بالمجالات ذات الانحدار القوي، واستهلاكه لكميات أقل من الماء.

يمثل هذا الأخير الدفعة الأكثر تبسيطا للمقلدات المطرية، ويسمح برش قطرات نسبيا ضعيفة الطاقة على سطح مساحته 0.5م²، ويحتاج في ذلك إلى مسقاة من سعة 10 – 30 لتر، يثبت في نهايتها مرش طوله 50 سم، وتوجد به ثقوب تبعد الواحدة عن الآخرى بـ 5 سم. الإطار هو إطار معدني يمنع التسرب الجانبي للماء، طوله 1 متر وعرضه 0.5 متر، ينتهي بقناة لتجميع المياه التي تجري على السطح (الشكل رقم 60).



الشكل رقم 60: جهاز المقلد المطري اليدوي ومشارة القياس

تتمثل إيجابيات هذا الجهاز في كونه:

- عملي أكثر، خصوصا على المنحدرات القوية.
- لا يحتاج من الماء إلا كميات قليلة.
- تكون القياسات بهذا الجهاز أكثر حساسية لأنواع التربة ورطوبتها الأولية وحالة سطحها وغيرها من العوامل المؤثرة في النفاذية.

تتلخص سلبيات هذا الجهاز في النقط التالية، التي تعطي نتائج غير ثابتة:

- طريقة الرش قد تكون متقطعة وغير منتظمة.
- حدوث بعض التأرجح الخفيف للراوي اليدوي أثناء الرش عن المستوى الطبيعي المحدد له بجميع المشارات، وذلك بسبب العياء.
- عدم دقة طاقة القطرات (القوة / السرعة).
- جزء من السفح لا تمثله كله، قد لا يصل إلى المصب، ولا إلى المجرى.
- هبوب الرياح أثناء التجربة...

لكن رغم التحكم في العنف المطري، وما لهذا المقياس من سلبيات مذكورة، فقد شكل بديلا اعتمدناه أساسا لقياس وتكميم التعرية بمجال الدراسة.

2_1: طريقة القياس حسب أنماط الاستغلال والمراحل المتبعة

تهدف الدراسة إلى تتبع تغيرات التسرب في علاقتها بأنواع التربة وباستعمال الأرض ونمط الاستغلال، التجارب تمت فوق أراض محروثة، وآخرى مستريحة، وأراض مهجورة أو المستريحة لمدة طويلة، وأراض بوار، إضافة إلى أراض بها غطاء نباتي، وتربة مختلفة ودرجة انحدار مختلفة.

وكانت كل تجربة تتم في ثلاث مراحل أساسية:

- تتم المرحلة الأولى بدراسة حالة السطح،
- المرحلة الثانية ببداية الرش التجريبي إلى ظهور أول جريان سطحي،
- المرحلة الثالثة فتبدأ بظهور الجريان وتنتهي نظريا عندما يصبح حجم الماء الجاري ثابتا.

فقد توقفنا من الناحية التجريبية على رش 1ل/الدقيقة لمدة 10 دقائق بعد ظهور أول قطرة جريان سطحي، أي 10 لتر/10 دقائق، مما يحاكي 60 لتر في الساعة في 0.5 م^2، أي عنف مطري يقدر بـ120 ل/م^2/س.

المرحلة الأولى في القياس

يتم في المرحلة الأولى تحديد موقع المشارة حسب نوعها (نوع التربة، التوجيه، نمط الاستغلال، تموضعها ...)، وتحديد إحداثياتها بجهاز تحديد المواقع اليدوي أو الهاتف الذكي، ثم قياس درجة الانحدار وتحديد اتجاه وتوجيه المشارة (الصورة رقم 26)، وخشونة السطح (الصورة رقم 27)، وقياس النفاذية (الصورة رقم 28) ثم أخذ عينة من التربة (الصورة رقم 34)، وقياس تماسك التربة بمقياس الاختراق أو مقياس الضغط لتحديد مقاومة اختراق التربة (الصورة رقم 29)، ثم تحديد ووصف حالة السطح (الصورة رقم 30).

الصورة رقم 26: تحديد اتجاه المشارة، وقياس الإنحدار

الصورة رقم 27: قياس خشونة السطح

الصورة رقم 28: قياس النفاذية

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 14 أكتوبر 2018

الصورة رقم 29: قياس تماسك التربة Pénétromètre 1kg/1cm² type

المصدر: موقع الشركة الموزعة www.agroressources.com تاريخ الزيارة 8 يونيو 2021.

لوصف حالة سطح التربة على مشارة مساحتها 0.5م²، تم تحديد وترين بواسطة متر صلب على ارتفاع 5 سم من سطح التربة، وبواسطة قلم نسقط على المتر الصلب، بطريقة منتظمة كل 10 سمات مع ترك 10 سمات على الجوانب (الصورة رقم 30).

الصورة رقم 30: تحديد ووصف حالة السطح

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 6 أكتوبر 2019.

وتظهر حالة السطح على الشكل الآتي:

السطوح المغلقة: وهي سطوح مغلقة بواسطة: قشور التضارب، وسمكها؛ قشور الترسب، وسمكها؛ درجة الاندكاك حسب ضغط حوافر الحيوانات، وسمكه، وسطح من الحصى الظاهر.

السطوح المفتوحة: يتم هنا فتح السطح بواسطة: الشقوق المرتبطة بالتيبس أو الحرث؛ الجحور التي تحفرها الحيوانات المجهرية.

تحسب النسبة المائوية التي تمثلها كل من السطوح المغلقة والسطوح المفتوحة، وهذه النسب المائوية تعطي فكرة عن النفاذية. فكلما كانت نسبة السطوح المفتوحة مرتفعة، كلما ارتفعت النفاذية، والعكس صحيح.

السطوح المغطاة: توافق الإسقاطات حيث تكون النقط مغطاة ب: بقايا النباتات، والجذور العارية، والنباتات، والحصى غير المدمج داخل كتلة التربة.

السطوح العارية: توافق الإسقاطات حيث النقط غير مغطاة بالعناصر السالفة الذكر.

هذه السطوح تعطي فكرة عن الطاقة الحركية التي تسلطها القطرات على سطح التربة؛ فكلما كانت نسبة السطوح المغطاة مرتفعة، كلما ضعفت الطاقة الحركية للقطرات، وكلما كانت هذه النسبة منخفضة، لن تتأثر الطاقة الحركية للقطرات.

نسبة الأحجار السطحية: يتم حسابها عن طريق تقسيم مشارة القياس إلى وحدات مساحية صغيرة ومتساوية، ويتم تحديد عدد وحدات المساحة التي بها أحجار سطحية، وعدد وحدات المساحة التي ليس بها أحجار سطحية.

نسبة الغطاء النباتي أو بقايا الغطاء النباتي: بنفس الطريقة التي تم بواسطتها تحديد نسبة الأحجار السطحية، يتم تحديد هذه النسبة.

المرحلة الثانية في القياس

تبدأ المرحلة الثانية ببداية الرش التجريبي (الصورة رقم 31) إلى ظهور أول سيلان سطحي، وكلما كانت فترة التبليل طويلة كان التسرب كبيرا والنفاذية عالية.

الصورة رقم 31: الرش التجريبي للمشارة

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 29 شتنبر 2019.

المرحلة الثالثة في القياس

أما المرحلة الثالثة فتبدأ بظهور أول قطرة سيلان (الصورة رقم 32)، حيث تبدأ هذه المرحلة عند الزمن (t_1)، وتنتهي عند الزمن (t_n)، الذي يصبح خلاله حجم الماء السائل شبه ثابت، حيث يتم التوقف من الناحية التجريبية عند تقليد 10 ملم/10د من الأمطار بحكم خصائص المجال المدروس وظروف التجربة. ويتم العمل خلال هذه المرحلة على تسجيل الوقت الكافي لتقليد 10 ملم/10د؛ بمعنى آخر، تسجيل الوقت لرش 10 لتر خلال 10 دقائق من انطلاق أول سيلان أو بعد التبليل، وذلك بطريقة منتظمة ومتتالية حتى الزمن (t_n).

الصورة رقم 32: ظهور القطرات الأولى من السيلان

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 6 أكتوبر 2019.

وخلال كل تجربة، يتم جمع الماء الجاري (الصورة رقم 33) بهدف معرفة حجم الماء المتسرب، وأيضا قصد تحديد وقياس حجم الحمولة من المواد الصلبة بالمختبر بواسطة المعادلة التالية:

كتلة المواد الصلبة بعد التجفيف/حجم الماء السائل=حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل).

الصورة رقم 33: جمع الماء الجاري (الحمولة الصلبة)

المصدر: عمل ميداني 14 أكتوبر 2018.

وعند نهاية كل تجربة، يتم أخذ عينة خام للتربة قريبة من مشارة القياس (الصورة رقم 34)، ثم قياس عمق التسرب (الصورة رقم 35)، ثم المواد التي تخرج مع السيلان من المشارة واختبارها قصد تحديد نسبة الأطيان، والطمي، والرمال، وإن اقتضى الأمر تحديد نسبة المادة العضوية بها. ونظرا لظروف وصعوبة تتبع هذا العمل في ظل غياب التقنيات والوسائل الآخرى المتبعة لمعالجة كل الإشكاليات المرتبطة بقياس التعرية في نفس المشارات المحددة أثناء ممارسة تجربة التقليد المطري، نشير إلى أن عملية القياس كان يرافقها تسجيل المعطيات في ورقة كشف خاصة، أعدت مسبقا.

الصورة رقم 34: أخذ عينة من التربة

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 29 شتنبر 2019.

الصورة رقم 35: قياس عمق التسرب

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 29 شتنبر 2019.

ولتبسيط وقراءة المعطيات بسهولة وتحديد كل المتغيرات التي تسمح بمقارنة النفاذية في علاقتها باستعمالات التربة والعوامل المؤثرة فيها، تم الاعتماد على إعداد أشكال القدرة على النفاذية والسيلان في علاقتهما بالزمن بالنسبة لكل مشارة تجريبية؛ علما أن معظم الأبحاث التي تدرس النفاذية أو التسرب (شاكر (1998)، وفالح، (2004)، وأبهرور (2009)، وعثماني (2015)، والكتيف (2019)، وآخرون... تحاول التعريف بطرق وأساليب دخول الماء في التربة بصفة عامة، إلا أن هذه النفاذية تتأثر بعوامل طبيعية وبشرية متفاوتة، تتمثل العوامل الطبيعية في خصائص التربة من حيث النسيج والبنية، وتوجيه السفوح، ونوع القاعدة الصخرية والغطاء النباتي ودوره في إنتاج المادة العضوية، وعنف التساقطات المطرية...؛ أما العوامل البشرية فتتجلى في أنماط الاستغلال التي تتحكم أساسا في السلوك الهيدرولوجي للتربة.

وقد تم الاعتماد لقياس حدة النفاذية والسيلان بالمشارات التجريبية التي تم اختيارها في ظروف طبيعية مختلفة، وبأنماط استغلال مختلفة أيضا، على المقلد المطري من نوع "Rampe" لـ "Roose"، الذي يسهل تطبيقه ولا يتطلب من الماء إلا كميات قليلة بين 15 و30 لتر في كل تجربة، بالمقابل يعطي هذا الجهاز نتائج تقريبية، نتيجة حدوث بعض التأرجح أحيانا في الإيقاع المستمر لعملية الرش بالماء على مدى 10 دقائق.

وانطلاقا من النتائج المحصل عليها تجريبيا، ونتائج التحليل المخبري بمختبر الجيومورفولجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية بوجدة، تم رسم منحنيات حدة النفاذية والسيلان، التي تسمح بمقارنة النتائج، بهدف

إبراز دور العوامل المؤثرة في النفاذية، وتحديد نسبة المواد العالقة التي تعطي فكرة عن فقدان التربة. وهذا ما سيتم التطرق إليه في المحور الموالي، بعد إنجاز كل تجارب القياس وبعض العمليات المخبرية المرافقة على العينات المستخلصة من المشارات، حيث تم تقديم حصيلة نتائج القياس حول نفاذية التربة حسب استعمالاتها وعلاقتها بفقدان التربة بمجال الدراسة.

2_: دراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة حسب استعمالها وعلاقتها بالإزالة السطحية

تتطلب منهجية تكميم التعرية السيلية ضرورة الفهم العميق والتتبع الجيد للسلوك الهيدروديناميي للتربة من خلال دراسة قدرة الماء على التسرب وحدة السيلان لمختلف أنواع الأراضي المستعملة (حرث، بوار، نبات...). والهدف من قياس التعرية هو مقارنة سلوك المشارات التي لها حالات سطح مختلفة، ولهذا تمت دارسة العناصر التالية:

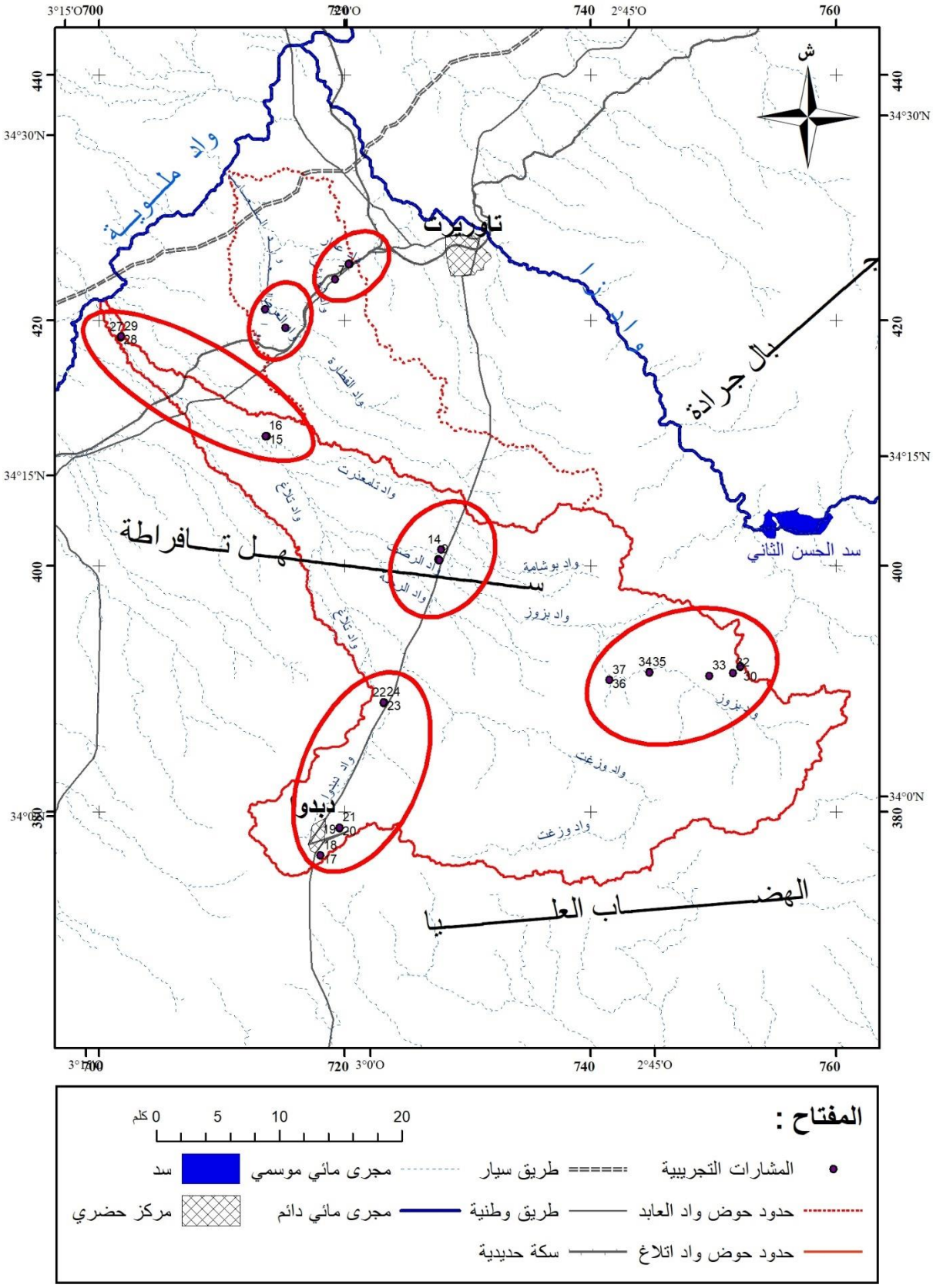
- تحديد مدة وكمية المياه المتساقطة اللازمة للتبليل، بالإضافة إلى عتبات انطلاق السيلان.
- إبراز دور حالة السطح في التأثير على كمية التسرب والسيلان والحمولة الصلبة.
- معرفة تأثير الخصائص الأساسية للتربة على سلوك التسرب والسيلان والحمولة الصلبة.
- المقارنة بين درجة انحدار السطح، ونتائجه على سلوك التسرب والسيلان.
- تحديد دور الغطاء النباتي.

يمكن من خلال دراسة هذه العناصر، ضبط العلاقات واستخراج العوامل الفاعلة والمنشطة للتعرية، (موداديلي، 2017) والتي تتعلق أساسا بطبيعة الممارسات البشرية على الأراضي، والتي تختلف حدتها من مشارة إلى آخرى.

2_1: تحديد المشارات وخصائصها الطبيعية والأهداف المنتظرة

تبعا لأهداف الدراسة في شقها المتعلق بتكميم التعرية المائية بالقياسات المباشرة في الميدان، تم الاعتماد على المشارات التجريبية، التي تتميز باختلاف الظروف الطبيعية، وأنماط استغلالها؛ ومنها أراضي مستريحة ومحروثة، وأراضي بها غطاء نباتي وآخرى عارية، وذلك من أجل مقارنة التأثيرات المختلفة لطبيعة السطوح، للتمكن من استنباط العلاقات المتفاعلة بينها. شملت الدراسة 37 مشارة تجريبية (الجداول رقم 28 و29) ووزعت بالمجال المدروس كالتالي؛ إذ توجد 20 منها فوق انحدارات ضعيفة (5°) أو أقل مثل المشارة رقم 29 و33، و12 منها فوق انحدارات قوية 10°–20°، وخمس مشارات ذات انحدارت قوية جدا، أكثر من 20°، منها ما يصل إلى 35° كالمشارة رقم 21 و25. هذا الاختلاف يهدف إلى تحديد ومقارنة دور تأثير الانحدار. وتم أخذ مشارات بأراض محروثة مع اختلاف نمط الاستغلال بالتوازي مع منحنيات التسوية أو عكسها، وآخرى بأراض عارية بوار تختلف من حيث نسبة الحصى وخشونة السطح؛ ثم أراض ذات غطاء نباتي متدهور يتكيف مع الجفاف، متمثل في الإسم المحلي "توساية" الإسم العلمي " *Anabasis Aphyllum*" والشيح " *Artemisia herba-alba* "، ونباتات شوكية، والزيتون البري،

والضرو، وبقايا أوراق الصنوبر، ثم أراض آخرى مستريحة. ويوضح الشكل رقم 61 والجداول رقم 28 و29 خصائص وتوطين المشارات التي تم قياسها.



الشكل رقم 61: توطين المشارات التجريبية

الجدول رقم 28: مواقع المشارات التجريبية وبعض خصائصها

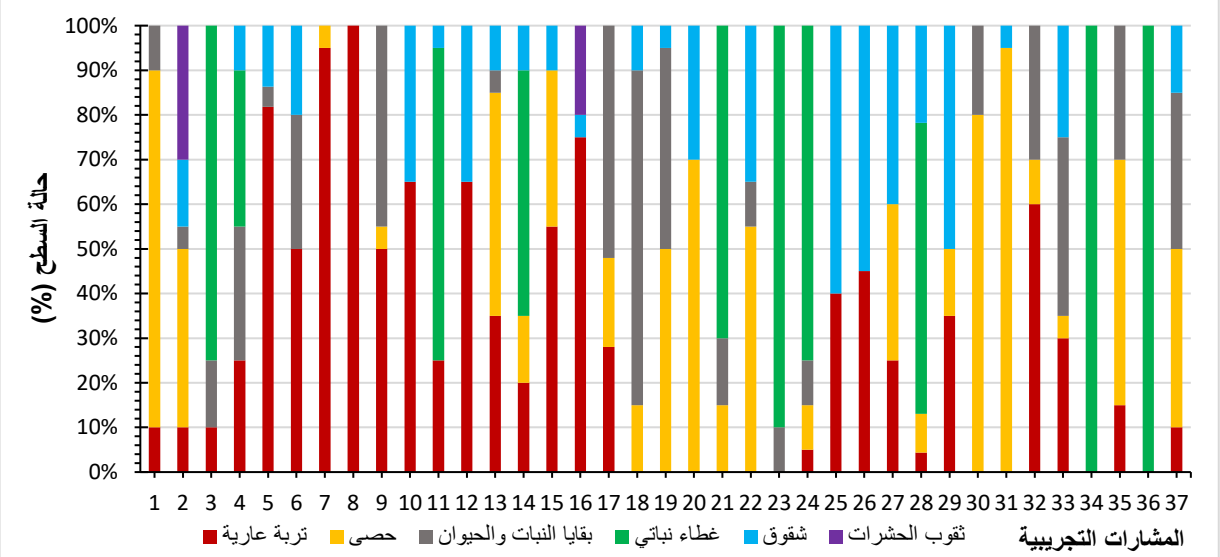
رقم المشارة	الإحداثيات		الارتفاع	الإنحدار (°)	نوع المشارة	حالة السطح	الأساس الصخري	نوع التربة	التعريض	الوضعية المورفولوجية
	Y	X	Z							
1	424632	720336	378	5	عارية – حصوية	حصوية	تكوينات رباعية	طمي	الشمال الشرقي	سهل
2	424638	720339	388	5	عارية	عارية	تكوينات رباعية	طمي	الشمال الشرقي	سهل
3	424600	720384	384	5	نباتية	نبات	تكوينات رباعية	طمي	الغرب	سهل
4	424615	720339	386	5	نباتية	نبات	تكوينات رباعية	طمي	الغرب	سهل
5	424614	720314	389	5	محروثة عكس اتجاه الانحدار	حرث	تكوينات رباعية	طمي	الشمال	انبساط
6	424604	720303	389	5	محروثة مع اتجاه الانحدار	حرث	تكوينات رباعية	طمي	الشرق	انبساط
7	423367	719199	393	5	مستريحة	بور	تكوينات رباعية	طمي	الشرق	انبساط
8	419400	715147	414	20	مستريحة	بور	تكوينات رباعية	طفل	الشمال	سفح
9	400541	727610	639	5	محروثة عكس اتجاه الانحدار	حرث	تكوينات رباعية	شبيه الطفل	شمال	سهل
10	400566	727607	635	5	محروثة مع اتجاه الانحدار	حرث	تكوينات رباعية	شبيه الطفل	غرب	سهل
11	400489	727678	638	5	بوار	غطاء نباتي	تكوينات رباعية	طمي	الجنوب	سهل
12	400489	727680	640	5	بوار– مستريحة	تربة عارية	تكوينات رباعية	طمي	الجنوب الغربي	سهل
13	401338	727822	642	10	بوار	حصاء	تكوينات رباعية	طمي	جنوب	حادور
14	401338	727822	642	10	بوار	حصوية + غطاء نباتي	تكوينات رباعية	طمي	شرق	حادور
15	410565	713620	474	5	بوار – مستريحة	بوار	تكوينات رباعية	طمي	شرق	انبساط
16	410584	713555	475	5	بوار	بوار	تكوينات رباعية	طمي	شرق شمال	انبساط
17	376422	718019	1454	13	بوار	بوار	كلس	تربة السفوح– سفحيات	شمال غربي	وسط السفح
18	376429	718024	1454	25	بوار	بوار	كلس	تربة السفوح– سفحيات	شمال غربي	وسط السفح
19	378655	719568	1243	18	تربة عارية	عارية	شيست	شيست	شمال غربي	وسط السفح
20	378695	719565	1239	8	عارية	عارية	شيست	شيست	شمال غربي	وسط السفح

21	378701	719577	1219	35	غطاء نباتي	نبات	شيست ورقي	شيست	شرق	سفح
22	388867	723170	749	12	بوار عارية	عارية	تكوينات رباعية	طمي	شمال	حادور
23	388900	723195	725	15	غطاء نباتي	نبات	تكوينات رباعية	طمي	شمال	حادور– قدم جبل
24	388899	723155	756	5	غطاء نباتي	نبات	تكوينات رباعية	طمي	شمال شرقي	انبساط
25	420927	713494	380	35	عارية	مفتوح	صلصال	صلصال	جنوب شرقي	وسط السفح
26	420908	713500	384	27	عارية	مفتوح	صلصال	صلصال	جنوب غربي	وسط السفح
27	418639	701748	351	5	مستريحة	بوار	تكوينات رباعية	طمي	شمال غربي	سهل – انبساط
28	418641	701745	353	10	غطاء نباتي	بوار	تكوينات رباعية	طمي	غرب	سهل – انبساط
29	418708	701774	349	2	محروثة	حرث	تكوينات رباعية	طمي	جنوب غربي	انبساط
30	391811	752178	1081	10	بوار	بوار	شيست	حصوية	جنوب غربي	عالية السفح
31	391820	752178	1079	10	بوار	بوار	شيست	حصوية	غرب	عالية السفح
32	391300	751590	1026	5	محروثة مع اتجاه الانحدار	محروثة	تكوينات رباعية	حصوية	جنوب غربي	انبساط
33	391068	749689	997	2	محروثة عكس اتجاه الانحدار	محروثة	تكوينات رباعية	حصوية	شرق	انبساط
34	391357	744791	923	30	حلفاء	نبات	تكوينات رباعية	طمي	شمال	قدم الجبل
35	391339	744861	912	15	بوار	بوار	كلس	تربة السفوح– سفحيات	شمال غربي	قدم الجبل
36	390724	741528	881	5	ازير	نبات	تكوينات رباعية	حصوية	شرق	حادور
37	390721	741528	871	5	بوار	بوار	تكوينات رباعية	حصوية	شمال شرقي	حادور

الجدول رقم 29: حالة وخشونة سطح المشارات التجريبية

رقم المشارة	حالة السطح (نسبة التغطية %)						خشونة السطح %
	تربة عارية	حصى	بقايا النبات والحيوان	غطاء نباتي	شقوق	ثقوب الحشررات	
1	10	80	10	0	0	0	10
2	10	40	5	0	15	30	4
3	10	0	15	75	0	0	44
4	25	0	30	35	10	0	26
5	90	0	5	0	5	0	17
6	50	0	30	0	20	0	17
7	95	5	0	0	0	0	0
8	100	0	0	0	0	0	0
9	50	5	45	0	0	0	6
10	65	0	0	0	35	0	10.5
11	25	0	0	70	5	0	61.5
12	65	0	0	0	35	0	0
13	35	50	5	0	10	0	5
14	20	15	0	55	10	0	120.5
15	55	35	0	0	10	0	7
16	75	0	0	0	5	20	0
17	10	25	65	0	0	0	4.5
18	0	15	75	0	10	0	3.5
19	0	50	45	0	5	0	4
20	0	70	0	0	30	0	7.5
21	0	15	15	70	0	0	52
22	0	55	10	0	35	0	5.5
23	0	0	10	90	0	0	93
24	5	10	10	75	0	0	62.5
25	40	0	0	0	60	0	5
26	45	0	0	0	55	0	5.5
27	25	35	0	0	40	0	6
28	5	10	0	75	25	0	33.5
29	35	15	0	0	50	0	6
30	0	80	20	0	0	0	5.5
31	0	95	0	0	5	0	0
32	60	10	30	0	0	0	13.5
33	30	5	40	0	25	0	5.5
34	0	0	0	100	0	0	152.5
35	15	55	30		0	0	9.5
36	0	0	0	100	0	0	132.5
37	10	40	35		15	0	0

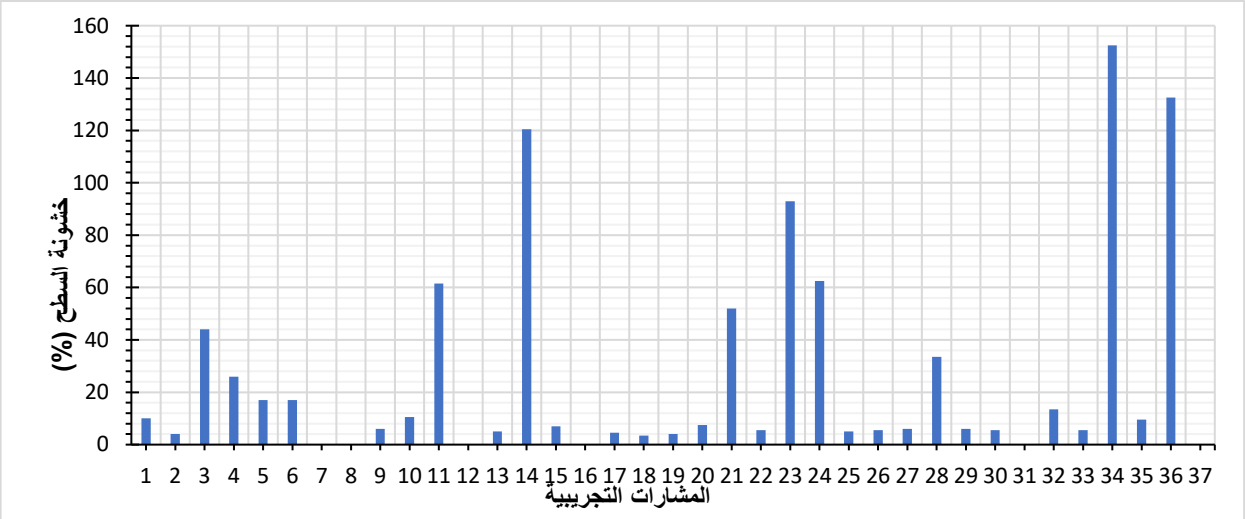
تم تقسيم المشارات إلى مجموعات حسب الموضع، من السافلة إلى العالية لمجال الدراسة ثم من حيث اختلاف الارتفاعات والانحدارات، ثم نوع المشارة حسب طبيعتها أو نمط الاستغلال (عارية – حصوية – نباتية – محروثة بشكل موازي مع الانحدار أو العكس – مستريحة – بور – بوار ...)، وحالة السطح هل هي مغطاة بالنبات أو الحصى أو تربة عارية ...، ويتم تحديد حالة السطح ونسبة غطائه على الشكل التالي: نسبة التربة العارية – حصى – بقايا النبات والحيوان – غطاء نباتي – شقوق – ثقوب وحفر الحشرات أو الحيوانات الصغيرة. وهذه النسب تتفاوت من مشارة إلى آخرى حسب حالة سطحها كما هو موضح في الجدول رقم 29 والشكل رقم 62 لتمثل في المجموع نسبة 100% من مساحة السطح.



الشكل رقم 62: نسبة حالة السطح للمشارات التجريبية

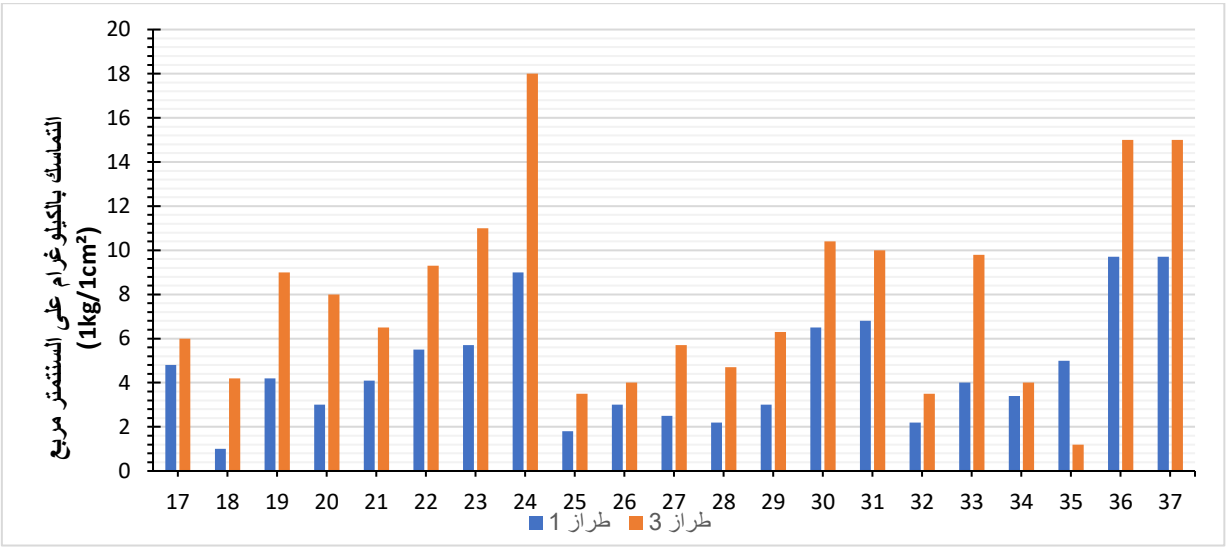
بالنسبة لخشونة السطح (الشكل رقم 63)، كلما كان السطح منبسطا، تقترب النسبة من 0%، وكلما كان السطح خشنا إلا وزادت هذه النسبة، مثال على ذلك، الصورة رقم 36 لسطح خشن وسطح منبسط تماما.

الصورة رقم 36: سطح غير خشن على اليمين، تربة عارية، وعلى اليسار سطح خشن بفعل النبات.



الشكل رقم 63: نسبة خشونة السطح للمشارات التجريبية

خصائص تماسك التربة تم قياسها ميدانيا في كل مشارة تجريبية كما هو مبين في الشكل رقم 64. وتم الاقتصار على عشرين مشارة (من رقم 17 إلى 37)، نظرا لعدم توفر جهاز القياس قبل سنة 2019، مما أدى إلى غياب قياس المشارات الآخرى من 1 إلى 16.



الشكل رقم 64: تماسك التربة للمشارات التجريبية [20]

كما تمت دراسة الأساس الصخري (تكوينات حديثة، كلس، شست، صلصال...)، ونوع التربة (طمي، طفل، رمل)، ثم التعريض أو التوجيه نحو الشمال أو الشرق إلخ...، وكذلك الوضعية المورفولوجية (سهل، حادور، قدم جبل، سفح، انبساط...).

كل هذه الخصائص المختلفة المذكورة مسؤولة كعوامل متباينة من مشارة إلى آخرى لتحكمها في السلوك الهيدرولوجي، ونسبة النقل والإزالة، والنفاذية... وتوضح الصور رقم 37 و38 و39 و40 سطوح المشارات التجريبية المختلفة. تم الاقتصار على هذه الأشكال لصور المشارات لأنها تعمم تقريبا كل أصناف المشارات واختلاف سطوحها، أما باقي صور المشارات، فهي موجودة بالملحق رقم 4.

20 الطراز 1: (1kg/1cm²)، والطراز 3 (1kg/3cm²).

الصورة رقم 37: باليمين، المشارتان 25–26– صلصالية بانحدار <30°، وباليسار، المشارة رقم 20 شيست – عارية

الصورة رقم 38: المشارة 34 و36 ذات غطاء نباتي طبيعي؛ حلفاء وإكليل الجبل

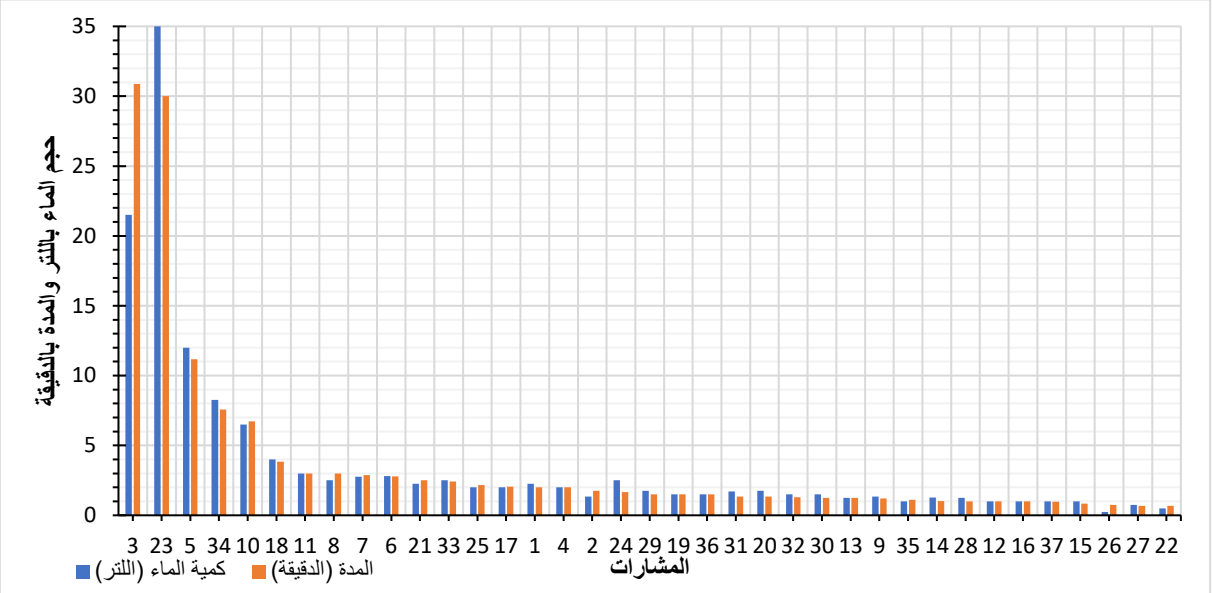
الصورة رقم 39: المشارة 18 ذات بقايا النبات؛ أوراق الصنوبر. والمشارة 1، حصوية فوق قشرة كلسية

الصورة رقم 40: المشارتان 5 و6؛ حرث متقاطع أو موازي مع الانحدارات

يبقى الهدف الأساسي من اختيار مشارات التجارب لقياس التعرية هو مقارنة نتائجها، والتي توجد داخل ظروف طبيعية مختلفة، مع اختلاف في حالة سطوحها ونوع الأنشطة البشرية المستغلة لها.

2_2: تشبع وانطلاق السيلان وتطوره

عند بدء عملية رش المشارة، وينطلق السيلان (حسب السطح، وجود قشرات مطرية تمنع النفاذية، أو تشبع التربة، أو يمكن أي يحدث سيلان قبل تشبع التربة)، أي تظهر القطرة الأولى، وتتباين مدة الرش بين المشارات المختلفة الاستعمال حسب طبيعة السطح، حيث سجلت قيم متفاوتة كما يوضح الشكل رقم 65، علما أن كمية الماء بإناء الرش المفروغ على المشارة يساوي 120 ملم/ساعة، أي 2 ملم/دقيقة، عند ظهور أول قطرة أي ما يعادل 100% من التسرب خلال مدة الرش.



الشكل رقم 65: حجم التسرب خلال مدة الرش وظهور القطرة الأولى – بداية السيلان بمشارة مساحتها 0.5م^2.

يتضح من نتائج الشكل رقم 65، تباين مدة الرش لظهور القطرة الأولى أي بداية السيلان بالمشارات حيث تعرف الأراضي ذات الغطاء النباتي المتمثلة في المشارة رقم 23 (90% من المساحة غطاء نباتي والزيتون البري، و10% بقايا النبات)، مدة تبليل طويلة تجاوزت نصف الساعة وكمية من الماء تجاوزت 35 لتر، ثم تليها المشارة رقم 3 التي تعرف ثلاثة أرباع من مساحة غطاء نباتي يتمثل في الشنان (Anabasis Aphyllum) بمدة تبليل طويلة تجاوزت نصف ساعة وكمية الماء فاقت 20 لتر، تليها في الترتيب حسب مدة التبليل في المرتبة الثالثة الأراضي المحروثة (سطح مفتوح بفعل الحرث) بتوازي مع خطوط التسوية أي عكس الانحدار، والغطاء النباتي (الحلفاء) المتمثلة في المشارة رقم 5 و34 و10، بمدة تبليل طويلة نسبيا (11 دقيقة و7 و6 دقائق)، لأن الأراضي المحروثة تساهم بصفة عامة في النفاذية من خلال الرفع من مسامية الترب، وكذلك عملية الحرث تسهم في تفتيت القشور السطحية مما يؤخر السيلان (Tribak et al. 2005). تم تصنيف هذه المشارات إلى مجموعات تبين العلاقة بين مدة وكمية الرش وظهور أول قطرة انطلاق السيلان، كما هو موضح في الجدول رقم 30.

الجدول رقم 30: مجموعات المشارات للمدة قبل ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان

	المدة بالدقيقة	الكمية باللتر	المشارات
المجموعة الأولى	أقل من دقيقة	أقل من 1 لتر	12-15-16-22-26-27-28-37
المجموعة الثانية	1 – 2 دقيقة	1 – 2 لتر	1-2-4-9-13-14-19-20-24-29-30-31-32-35-36
المجموعة الثالثة	2 – 3 دقيقة	2 – 3 لتر	6-7-8-11-17-21-25-33
المجموعة الرابعة	أكثر من 3 دقائق	أكثر من 3 لتر	3-5-10-18-23-34

يلاحظ أن أغلب المشارات تتعدى بضع دقائق (3 دقائق)، إلا أن المشارة رقم 18 تجاوزتها بقليل، وهي ذات ثلاثة أرباع من بقايا النبات و15% من الشقوق، ثم الباقي حصى مما يعرقل عملية السيلان بالتالي تطول مدة التبليل نسبيا مقارنة مع المشارات الآخرى حيث يمكن تقسيمها إلى أربعة مجموعات؛ **الأولى** تقل فيها مدة التبيل عن دقيقة واحدة ولتر واحد (متوسط لتر لكل دقيقة)، وهي ثمان مشارات (22- 28-12-16-37-15-26-27)، والقاسم المشترك بين مشارات هذه المجموعة هو كونها كلها ذات تربة عارية أكثر من نصف مساحة سطحها وثلث المساحة حصى صغير، وأغلبها أراضي بوار ومستريحة، ثم أن خشونة سطحها لا تتجاوز 5%، مما يسهل عملية الجريان السطحي، والمجموعة **الثانية** هي مابين دقيقة ودقيقتين لمدة التبليل، وهي خمسة عشر مشارة (1، 4، 2، 24، 29، 19، 36، 31، 20، 32، 30، 13، 9، 35، 14). هذه المشارات أغلبها حصوية وخشونة سطحها تتجاوز 5% مما يعرقل نسبيا الجريان، ثم المجموعة **الثالثة**، وهي ثمان مشارات (11، 8، 7، 6، 21، 33، 25، 17)، ومدة تبليلها ما بين 2 دقيقة و 3 دقائق، أغلب سطوحها خشنة تتجاوز 10%، ثم ان الانحدارات مرتفعة في أغلبها مقارنة مع المشارات الآخرى، إلا أن حالة سطحها أغلبها مفتوحة مقارنة مع مشارات المجموعات الآخرى. والمجموعة **الأخيرة** وهي الأكثر من ثلاثة دقائق لظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان، وهذه المجموعة مكونة من ستة مشارات (3-5-10-18-23-34)، تتميز هذه المشارات بسطوحها الخشنة، سواء كانت غطاء نباتي أو حصى أو بقايا الحيوان والنبات.

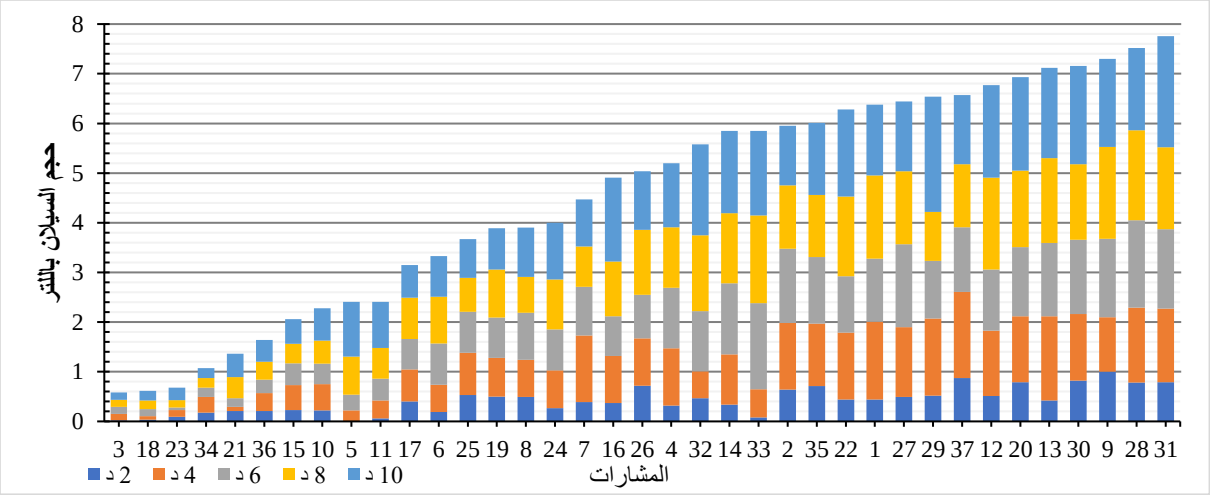
نستنتج أن 84% من المشارت المدروسة تقل مدة تبليلها عن 3 دقائق، وهي موزعة كالتالي: أقل من دقيقة 8 مشارات، و15 مشارة من 1 إلى 2 دقيقة، و8 مشارات من 2 إلى 3 دقائق، واستغرقت مجموع نصف الزمن الإجمالي والكمية المفرغة؛ أي حوالي 50 دقيقة و50 لتر من الماء، بمتوسط 1.54 لتر لكل مشارة، أما 16% المتبقية من المشارات المتمثلة في ست مشارات، فقد استغرقت النصف المتبقي من مجموع الوقت والماء، بمتوسط 15 لتر لكل مشارة، حوالي 90 دقيقة و90 لتر من الماء. أي أن تقريبا خمس المشارات المدروسة هي الاستثناء نظرا لاستهلاكها نصف مجموع الماء والمدة والقاسم المشترك بينها هو الغطاء النباتي.

ويعزى هذا الاختلاف إلى تفاوت درجة حالات السطح من حيث نسبة التغطية النباتية، وخشونة السطح، والسطوح الرخوة بفعل الحرث. فالسطوح المغطاة بالنبات، تساهم في انتظام عملية التسرب بشكل

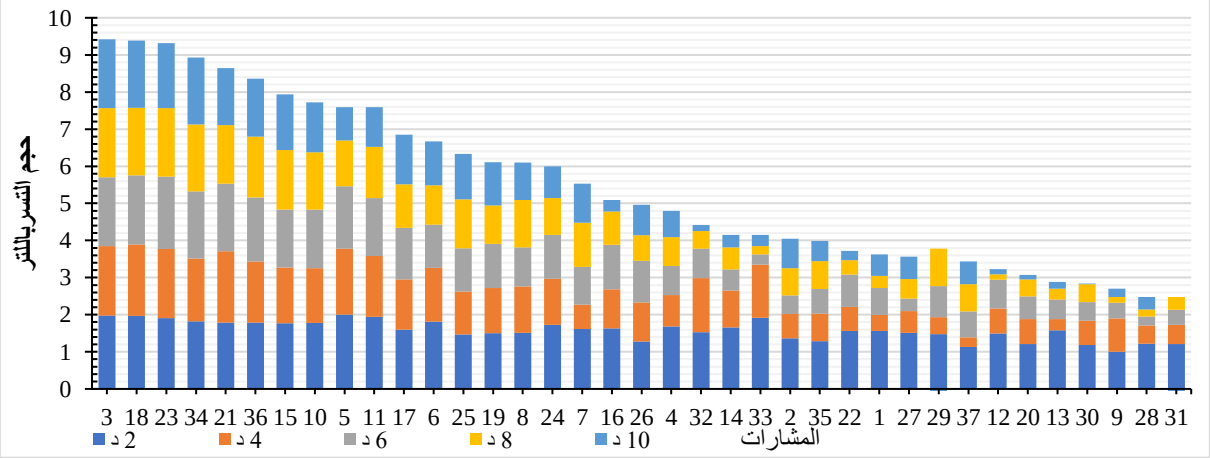
بطيء، وبالتالي تآخر انطلاق السيلان، على خلاف السطوح العارية ذات الخشونة الضعيفة التي يتجه فيها الماء نحو السيلان بسرعة أكبر، انطلاقا من الفترات الأولى من بداية عملية الرش، إلى أقل من 40 ثانية في بعض الأحيان.

يتبين من خلال تتبع السلوك الهيدرولوجي داخل المشارات أن انطلاق السيلان، يظهر قبل الدقائق الثلاثة الأولى في كل مشارات القياس ما عدا المشارات رقم 3، 23، 5، 34، 10، 18، حيث يظهر السيلان في نصف ساعة بالنسبة للمشارة 3 و 23، و11 دقيقة بالنسبة للمشارة رقم 5، وسبع دقائق للمشارة 34 و10، وتقريبا أربع دقائق للمشارة رقم 18، كما يتضح أن انطلاق السيلان يختلف من مشارة إلى آخرى حسب خصائصها واستعمال الأرض، حيث من خلال تتبع السلوك في فترة 10 دقائق مقسمة على خمس مراحل أي كل دقيقتين، يتبين أن كل المشارات تعرف سيلانا ضعيفا إلى منعدم في بداية القياس (الدقيقة 2)، ثم يرتفع تدريجيا إلى نهاية القياس (الدقيقة 10).

وقد تم تقسيم المشارات إلى ثلاث فئات أو مجموعات حسب مجموع حجم السيلان (المجموعة الأولى 0–3 لتر، الثانية 3–6 لتر، الثالثة أكثر من 6 لتر)، بعد ترتيبها من الأقل سيلانا والأكثر تسربا إلى الأكثر سيلانا والأقل تسربا (الشكل رقم 66 والشكل رقم 67).

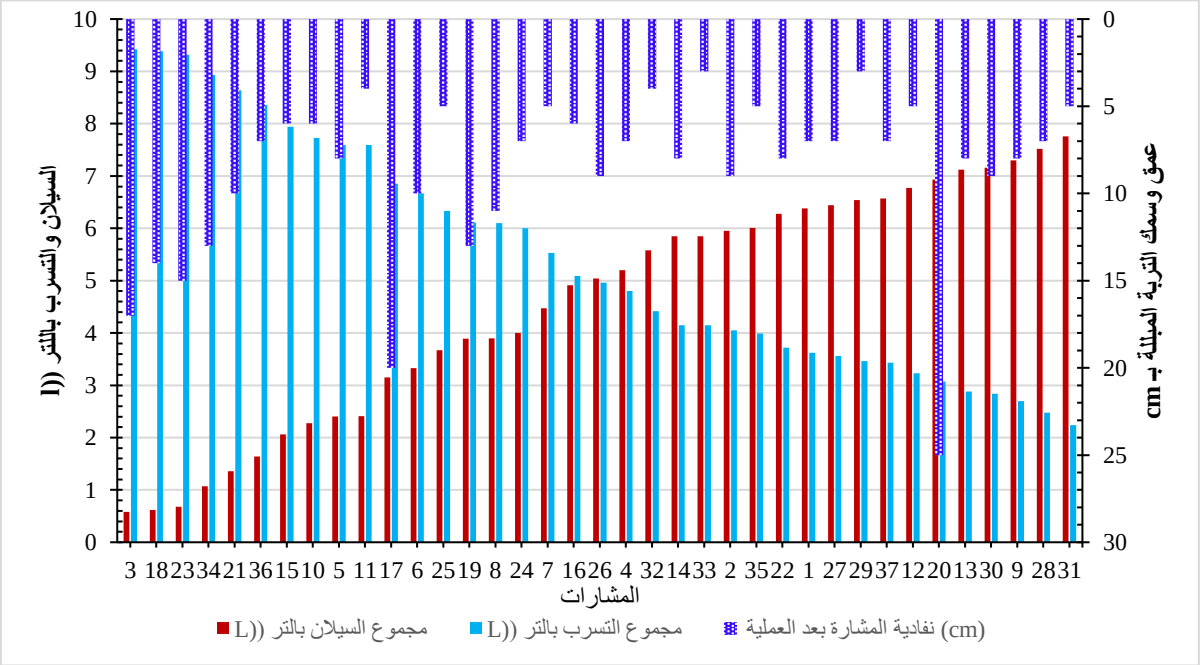


الشكل رقم 66: حجم السيلان خلال مدة التبليل



الشكل رقم 67: حجم التسرب خلال مدة التبليل

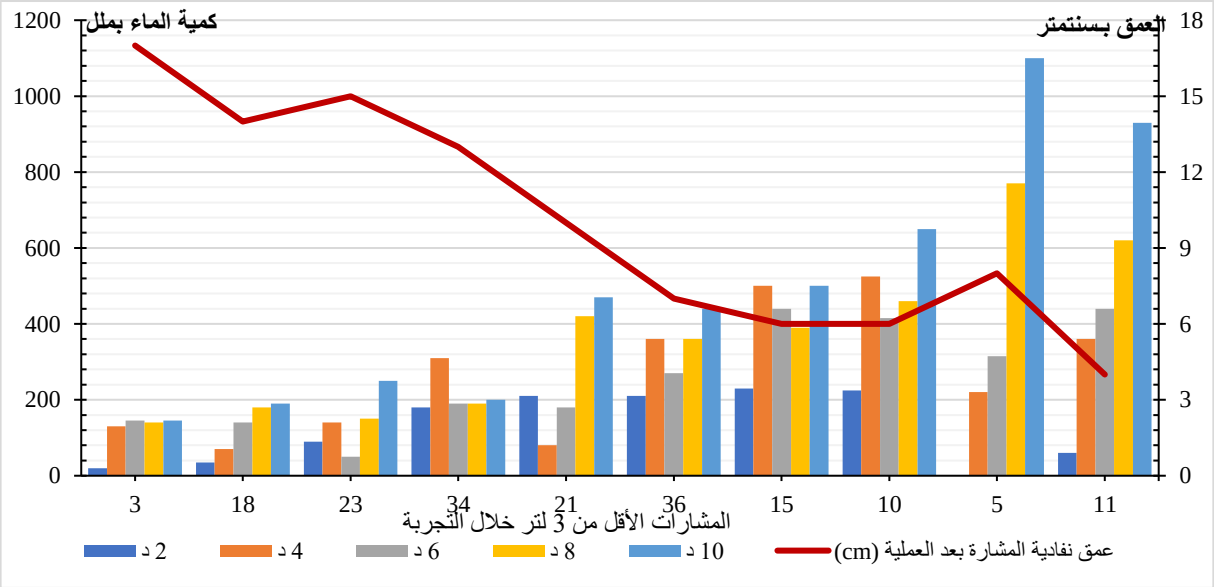
يتبين من الشكل رقم 66 والشكل رقم 67 أن هناك علاقة طردية بين التسرب والسيلان وأن المشارات الأقل سيلانا هي الأكثر تسربا ونفاذية. هذه المشارات أغلبها ذات سطوح بها غطاء نباتي أو حصى أو سطوح خشنة، تعرقل عملية السيلان وتساعد على النفاذية، ولكنها ليست هذه عوامل وحدها هي التي تتحكم في النفاذية، بل توجد عوامل آخرى ومنها حالة السطح المفتوح كالجحور والثقوب ثم نوع التربة وتماسكها أي النسيج وكذلك عامل الانحدار ونمط الاستغلال. ويمكن إضافة متغير عمق النفاذية والتبليل بعد انتهاء التجربة أي سمك التسرب (الصورة رقم 35: قياس عمق التسرب) والبحث في علاقته بالتسرب والسيلان (الشكل رقم 68).



الشكل رقم 68: عمق النفاذية بعد التجربة ومقارنته بالسيلان والتسرب

يبين الشكل رقم 68 العلاقة بين التسرب والسيلان، وعمق النفاذية أي سمك التربة المبللة بعد انتهاء التجربة (حجم التسرب ومدة انطلاق السيلان بعد تشبع التربة بتميهها، ثم السيلان في العشر دقائق للتجربة)، وهذا ما يفيد في تحليل وفهم السلوك الهيدرولوجي للمشارات.

بعد تصنيف المشارات حسب مجموعات حجم السيلان حيث الفئة الأولى الأقل من 3 لتر خلال مدة التجربة، تبين أن المشارة رقم 3، 18، 23، 34، 21، 36، 15، 10، 5، 11 تتميز بسيلان ضعيف، من خلال تتبع تطور سلوكه تدريجيا (الشكل رقم 69)، ليصل إلى أقل من 3 لتر في عشر دقائق، ويتجاوز اللترين كالمشارة 11 و5 و10 و15، وأقل من نصف لتر مثل المشارة رقم 3.



الشكل رقم 69: تراكم تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية الأقل من 3 لتر

يتضح من خلال الشكل رقم 69 أن هذه الفئة من المشارات تعرف سيلانا عموما ضعيفا، وهذا راجع بالأساس إلى التغطية النباتية، وهذا ما يميز المشارات رقم 3، 18، 23، 34، 21، 36، 11، أو إلى نمط الاستغلال كالمشارة رقم 10 و5 و15 لأنها محروثة عكس الانحدار، وتتميز سطوحها بشقوق، أي أنها مفتوحة، مما يسهل عملية التسرب، إلا أن القاسم المشترك بين هذه الفئة هو أن سطوحها تتميز بخشونة عالية، مما يضعف عملية السيلان وبالتالي التسرب.

كما أن سلوك السيلان والنفاذية لهذه الفئة (الشكل رقم 69 والجدول رقم 31) يتميز بضعف السيلان إلى انعدامه في بداية التجربة، ثم استقرار في المدة المتبقية ماعدا المشارات رقم 5 و11 التي عرفت تطورا تدريجيا في قدر المياه المتسربة والسائلة.

الجدول رقم 31: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات الأقل من 3 لتر من حجم السيلان.

رقم المشارة	عمق (cm)	تطور التسرب باللتر						تطور السيلان باللتر					
		المجموع	10 د	8 د	6 د	4 د	2 د	المجموع	10 د	8 د	6 د	4 د	2 د
3	17	9.42	1.86	1.86	1.86	1.87	1.98	0.58	0.15	0.14	0.15	0.13	0.02
18	14	9.39	1.81	1.82	1.86	1.93	1.97	0.62	0.19	0.18	0.14	0.07	0.04
23	15	9.32	1.75	1.85	1.95	1.86	1.91	0.68	0.25	0.15	0.05	0.14	0.09
34	13	8.93	1.80	1.81	1.81	1.69	1.82	1.07	0.20	0.19	0.19	0.31	0.18
21	10	8.64	1.53	1.58	1.82	1.92	1.79	1.36	0.47	0.42	0.18	0.08	0.21
36	7	8.36	1.56	1.64	1.73	1.64	1.79	1.64	0.44	0.36	0.27	0.36	0.21
15	6	7.94	1.50	1.61	1.56	1.50	1.77	2.06	0.50	0.39	0.44	0.50	0.23
10	6	7.73	1.35	1.54	1.59	1.48	1.78	2.28	0.65	0.46	0.42	0.53	0.23
5	8	7.60	0.90	1.23	1.69	1.78	2.00	2.41	1.10	0.77	0.32	0.22	0.00
11	4	7.59	1.07	1.38	1.56	1.64	1.94	2.41	0.93	0.62	0.44	0.36	0.06

يتبين من خلال الجدول رقم 31 والشكل رقم 69 أن العلاقة بين حجم التسرب وعمق أو سمك التربة المبللة والمشبعة بالمياه هي علاقة تنازلية وشبه مرتبة، حيث كلما كان العمق أكبر كلما كان التسرب أكثر. مثال المشارة رقم 3 حيث عمق التسرب 17 سم، ونصف لتر من السيلان من أصل 10 لتر، تعرف سيلانا

ضعيفا جدا في حدود 5% من كمية الماء المفرغة، وتختلف عن المشارات الآخرى خاصة ذات الغطاء النباتي، ويعزى هذا الاختلاف إلى تفاوت درجة حالات السطح من حيث نسبة التغطية النباتية، وخشونة السطح، وشقوق وثقوب جحور الحشرات، مما يجعل المشارة تعمل على تسرب المياه، كما يرجع الاختلاف كذلك إلى طبيعة الغطاء النباتي (الشنان)، حيث الجذور المتعمقة تعمل على امتصاص الماء.

ثم تأتي بعدها المشارة رقم 18 التي تعرف 6% من مجموع السيلان، أي 0.62 لتر في عشر دقائق، وينحصر بين 0.04 لتر و0.19 لتر، ويستقر ابتداء من الدقيقة 6. تتميز هذه المشارة بإنحدارها القوي: °25 درجة، وبقايا النبات تشكل 75% من سطحها، والحصى 15%، والشقوق 10%، مما يؤدي إلى تسرب المياه رغم كونها على سفح شديد الانحدار، يصل عمق تبلل النفاذية بهذه المشارة إلى 14 سم.

ثم تليها المشارة رقم 23 بـ 15 سم و0.68 لتر من السيلان، ويتراوح ما بين 0.09 و0.15 لتر في الدقيقة العاشرة، ويتشكل سطحها من 90% من الغطاء النباتي (الزيتون البري)، وبقايا النبات 10%، وخشونة سطح قوية: 93%، وانحدارها يساوي 15°، بقدم جبل على تكوينات رباعية من الطمي.

ثم تتبعها المشارة رقم 34 بـ 13 سم في عمق النفاذية، وأكثر من لتر واحد من السيلان، بنسبة 10.7% من مجموع الماء المفرغ. يتراوح حجم السيلان ما بين 0.18 في بداية التجربة (د 2)، و0.31 عند الدقيقة الرابعة، ثم يعرف السلوك استقرارا ابتداء من الدقيقة 6 بـ 0.2 لتر. وتتميز هذه المشارة بغطائها النباتي المكون من 100% من الحلفاء، وخشونة سطحها أعلى قيمة مقارنة مع المشارات الآخرى حيث يفوق 150%، مما يبطء عملية السيلان، بالرغم من كونها فوق انحدار 30°.

تأتي بعدها المشارة رقم 21 حيث نسبة السيلان من مجموع الماء المفرغ خلال 10 دقائق تشكل 13.6% من مجموع الماء، أي 1.36 لتر، ويتراوح ما بين 0.08 و0.47 لتر خلال فترة الرش، أي عند كل دقيقتين، حيث أقل قيمة سجلها في الدقيقة الرابعة، وأكثر قيمة سيلان سجلها في الدقيقة العاشرة، ويتميز سلوك السيلان بعدم الانتظام في الزمن حيث ينطلق بـ 0.21 لتر في الدقيقة الثانية، ثم ينزل إلى 0.18 لتر في الدقيقة 4، ويصعد تدريجيا في الدقيقة 6 بـ 0.18 ثم 0.42 الدقيقة 8، وأخيرا 0.47 دقيقة 10. كما تتميز هذه المشارة بكونها استثناء بالنسبة للانحدار حيث يصل إلى 35° درجة، وهي على قاعدة شيستية على سفح شديد الانحدار، وحالة سطحها عبارة عن نبات الضرو الذي يمثل 70% من مساحتها، و15% من بقايا النبات، و15% من الحصى، وخشونة السطح تصل إلى 52%؛ مما يبرز أهمية السطح على الانحدار.

ثم تتبعها المشارة رقم 36 بـ 7سم لعمق النفاذية و16.4% من مجموع المياه المفرغة، ويتراوح حجم السيلان ما بين 0.21 لتر في بداية التجربة (د2)، وسجل أعلى كمية في الدقيقة 10 بـ 0.44. ثم عرف استقرارا نسبيا من د4 إلى د8، (0.36 لتر من أصل 2 لتر). حالة سطحها مشارة نباتية مغطاة بإكليل الجبل متدهور، وخشونة سطحها أكثر من 130%، تقع في حادور بدرجة انحدار 5°. هذه العوامل تسهم في التسرب، وكبح السيلان وتقليله.

ثم تليها المشارة رقم 15 بـ 20.6% من مجموع المياه المفرغة، مابين 0.23 لتر و0.5 لتر، واستقرار ابتداء من الدقيقة الثانية، وهي مشارة بوار أرض مستريحة على انبساط 5° درجة من الانحدار، وتصل حالة سطحها إلى 55% من التربة العارية و35% من الحصى و10% من الشقوق؛ عمق التبلل يصل إلى 6 سنتمرات فقط.

نجد كذلك المشارة رقم 10 حيث حجم السيلان وصل إلى 2.28 لتر، وينحصر ما بين 0.23 و0.65 لتر مع شبه استقرار ابتداء من الدقيقة الثانية، وخصائصها مشابهة للمشارة السابقة (15)، إلا أنها تختلف في كونها محروثة عكس الانحدار وسطحها يتشكل من 65% تربة عارية، و35% شقوق الحرث، ثم أن تربتها تشبه الطفل؛ مما يجعلها مفتوحة السطح لتستقبل مياه أكثر وتسربا أكثر، وذلك راجع إلى دور الجرار في فتح السطوح وتهيئ التربة للنفاذية.

تأتي بعدها في الترتيب المشارة رقم 5 التي ينعدم فيها الجريان في بداية التجربة ليتطور ويرتفع بشكل متسارع إلى 1.10 لتر في آخر التجربة. مجموع حجم السيلان خلال مدة التجربة هو 2.41 لتر، وهي مشارة محروثة عكس الانحدار أي مع خطوط التسوية، على سطح شبه منبسط لا يتعدى 5° درجة، وحالته تفوق 90% من تربة عارية، و5% شقوق، و5% بقايا الحيوان والنبات، وخشونة سطح هذه المشارة 17%، هذه كلها عوامل ساهمت في وصول عمق التبلل إلى 8 سم.

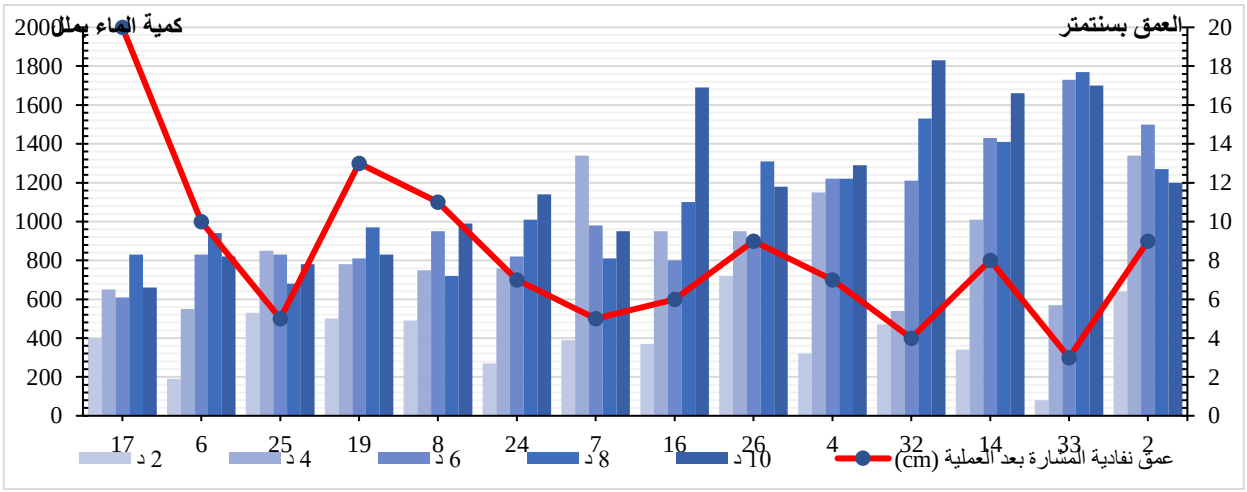
ثم في الأخير المشارة رقم 11 بـ 4 سم فقط في عمق النفاذية أو سمك التربة المبللة، مع 2.41 لتر من السيلان، نفس الحجم مع المشارة السابقة إلا أنها تستقر ابتداء من الدقيقة 4 إلى الدقيقة 8، وتعرف ارتفاعا في الدقيقة 10. ونوعها بوار مع غطاء نباتي يشكل 70% من سطحها، و25% من التربة العارية، و5% شقوق، وخشونة سطحها مرتفعة نسبيا تصل إلى 62%، ثم عمق التسرب بها لا يتجاوز 4 سمات، وهو الأقل في هذه المجموعة.

أهم استنتاجات هذه الفئة الضعيفة السيلان والقوية التسرب؛

أولا: أهمية السطح على الانحدار، رغم قوة وشدة الانحدار يبقى لحالة السطح دورها المهم، مثال 70% من الغطاء النباتي بجدور متعمقة يمتص 87% من مجموع حجم المياه خلال خروج أول قطرة إلى آخر مدة التجربة (عشر دقائق)، ولو على انحدار قوي 35°، وهو الأعلى مقارنة مع باقي المشارات الست والثلاثين.

ثانيا: أن هذه الفئة تضم كل المشارات التي استنفذت نصف الوقت والماء لانطلاق السيلان، أي 16% من المشارات التي هيمنت على 50% من مدة وحجم الماء لانطلاق السيلان؛ ظهور أول قطرة.

الفئة الثانية مابين 3–6 لتر من السيلان من أصل 10 لتر، تعرف تدرجا حيث أنه في الفترات الأولى من التجربة عرفت سيلانا تقريبا ضعيفا ينحصر بين 0.1 و0.7 لتر، ويتطور إلى السيلان المتوسط في نهاية التجربة مابين 0.7 إلى 1.7 لتر (الشكل رقم 70).



الشكل رقم 70: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية ما بين 3 و6 لتر

تعرف المشارات ذات الحجم الإجمالي للسيلان ما بين 3 و6 لتر تطورا تدريجيا في سلوك السيلان، وهي 14 مشارة مرتبة على الشكل التالي 17، 6، 25، 19، 8، 24، 7، 16، 26، 4، 32، 14، 33، 2، من الأقل حجما للسيلان إلى الأكثر، حيث تعرف جل المشارات استقرارا ابتداء من الدقيقة 4، ويتراوح حجم الماء السائل في كل دقيقتين ما بين 0.6 لتر و1.3 لتر، ماعدا المشارة رقم 16 ورقم 14 حيث يتغير السلوك ابتداء من الدقيقة 8 ليتجاوز 1.6 لتر في الدقيقة 10، وهناك استثناء المشارة رقم 7 حيث يتغير السلوك من الدقيقة 4 لينخفض المنحنى بالتدريج إلى أقل من 1 لتر في الدقيقة 10.

إن اختلاف مقادير السيلان والنفاذية بين هذه المجموعة يمكن ربطه بعمق التبلل كما هو موضح بالشكل رقم 70 وفي الجدول رقم 32.

الجدول رقم 32: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات ما بين 3-6 لتر من حجم السيلان.

رقم المشارة	عمق ن. (cm)	تطور التسرب باللتر						تطور السيلان باللتر					
		المجموع	د 10	د 8	د 6	د 4	د 2	المجموع	د 10	د 8	د 6	د 4	د 2
17	20	6.85	1.34	1.17	1.39	1.35	1.60	3.15	0.66	0.83	0.61	0.65	0.40
6	10	6.67	1.18	1.06	1.17	1.45	1.81	3.33	0.82	0.94	0.83	0.55	0.19
25	5	6.33	1.22	1.32	1.17	1.15	1.47	3.67	0.78	0.68	0.83	0.85	0.53
19	13	6.11	1.17	1.03	1.19	1.22	1.50	3.89	0.83	0.97	0.81	0.78	0.50
8	11	6.10	1.01	1.28	1.05	1.25	1.51	3.90	0.99	0.72	0.95	0.75	0.49
24	7	6.00	0.86	0.99	1.18	1.24	1.73	4.00	1.14	1.01	0.82	0.76	0.27
7	5	5.53	1.05	1.19	1.02	0.66	1.61	4.47	0.95	0.81	0.98	1.34	0.39
16	6	5.09	0.31	0.90	1.20	1.05	1.63	4.91	1.69	1.10	0.80	0.95	0.37
26	9	4.96	0.82	0.69	1.12	1.05	1.28	5.04	1.18	1.31	0.88	0.95	0.72
4	7	4.80	0.71	0.78	0.78	0.85	1.68	5.20	1.29	1.22	1.22	1.15	0.32
32	4	4.42	0.17	0.47	0.79	1.46	1.53	5.58	1.83	1.53	1.21	0.54	0.47
14	8	4.15	0.34	0.59	0.57	0.99	1.66	5.85	1.66	1.41	1.43	1.01	0.34
33	3	4.15	0.30	0.23	0.27	1.43	1.92	5.85	1.70	1.77	1.73	0.57	0.08
2	9	4.05	0.80	0.73	0.50	0.66	1.36	5.95	1.20	1.27	1.50	1.34	0.64

يتضح من الجدول رقم 32 والشكل رقم 70 أن المشارة رقم 17 هي الأعلى قيمة من حيث تبلل سمك التربة وصل إلى 20 سم، وحجم التسرب خلال 10 دقائق هو 6.85 لتر، وهي الأقل سيلان في

هذه المجموعة بـ 3.15 لتر، وحجم الماء السائل يتراوح مابين 0.4 و0.83 لتر خلال مدة التجربة، والأساس الصخري لهذه المشارة هو الكلس في عالية حوض واد اتلاغ على ارتفاع 1454م، وانحدارها يساوي 13 درجة، وحالة سطحها بوار يتكون من 10% من التربة العارية، و25% من الحصى، و65% من بقايا النبات (أوراق الصنور على شكل إبر).

تتبعها المشارة رقم 6 بعمق 10 سم، وسلوك تطور السيلان مابين 0.19 لتر إلى 0.94 لتر، يعرف تصاعدا من الدقيقة 4 بـ 0.55 لتر واستقرارا من الدقيقة 6 يفوق 0.8 لتر، بمجموع 3.33 لتر خلال 10 دقائق، وهي مشارة تتميز بنمط استغلال مختلف، أي أنها محروثة مع الانحدار، وهي ذات تكوينات طمويّة تنتمي للزمن الرابع الحديث، وتتميز بالانبساط (سهلية) لا يتعدى انحدارها 5° درجة، وحالة سطحها تتميز ب 50% من التربة العارية و30% من بقايا النبات (بقايا القمح)، و20% عبارة عن شقوق بعد تيبس التربة المحروثة.

تليها المشارة رقم 25 بـ 5 سم في عمق التربة المبللة، ويعزى هذا إلى انحدارها الشديد حيث يصل إلى 35° درجة، وتكوينها الصخري على الصلصال، وحالة سطحها تتميز بعدم خشونتها، وتتشكل من 40% من التربة العارية، و60% من الشقوق، أي مكونة من قشور مطرية، أي أن التبلل أو تساقط المطر يؤدي إلى غلق الشقوق والمنافذ مما يعجل ويسرع من عملية السيلان.

المشارة رقم 19 بـ 3.89 لتر من مجموع السيلان وبعمق 13 سم من سمك التربة المبللة، وهي على انحدار 18 درجة، وقاعدتها الصخرية شيستية، وخشونة سطحها تقل عن 4%، ونسبة الحصى تمثل 50% وبقايا النبات تمثل 45%، مما يعرقل نسبيا السيلان.

تليها المشارة رقم 8 حيث تعرف سيلانا بنسبة 39% من المياه المفرغة وعمق النفاذية 11 سم، وهي مشارة مستريحة بانحدار 20°، وتربتها عارية 100%، وأساسها الصخري يتكون من الطفل. خشونة السطح منعدمة، وحالته عارية، ودرجة الانحدار بالنسبة لهذا النوع من السطوح يعمل على إزالة المواد السطحية بقوة ومضاعفة الحمولة الصلبة بأكثر بكثير، ولكن دوره في التسرب والسيلان يبقى ضعيفا.

ثم المشارة رقم 24 بـ 4 لتر من مجموع حجم السيلان، ويتراوح ما بين 0.27 لتر و1.14 لتر، كما يعرف استقرارا في سلوكه ابتداء من الدقيقة 4 التي يفوق بها 0.76 لتر، وسطح هذه المشارة هو كذلك مكون من غطاء نباتي حيث يفوق 75% (شوكي)، و10% من بقايا الحيوان والنبات، و10% حصى، و5% تربة عارية. وخشونة سطحها 62.5% على انحدار 5° درجة، تربتها طموية. وعمق النفاذية بهذه المشارة سجل 7 سم.

المشارة رقم 7 قدر مجموع سيلانها بـ 4.47 لتر، أي بنسبة 44.7%، يتراوح بين 0.39 في بداية التجربة و1.34 في الدقيقة 4 وبداية انخفاض ليصل إلى 0.81 في الدقيقة 6 ثم إلى 0.95 في الدقيقة 10. هذه المشارة مستريحة (بور)، تربتها عارية أكثر من 95%، و5% من الحصى، وخشونة سطحها منعدمة، ودرجة انحدارها 5°. مما يسهم في تسريع السيلان، وبالتالي عمق تبلل ضعيف (5 سنتمرات).

تتبعها المشارة رقم 16 بنصف حجم المياه المفرغة وبدء بـ 0.37 لتر في الدقيقة الثانية ليصل إلى 1.69 في الأخير. ومن خصائص هذه المشارة أن 75% من مساحة سطحها عبارة عن تربة عارية، و20% ثقوب الحشرات، ثم 5% من الشقوق، وخشونة سطحها منعدمة؛ مما يساهم في توازن سرعة جريان سطحها مع التسرب والنفاذية، حيث وصل عمق وسمك التربة المبللة إلى 5 سم.

المشارة رقم 26 بنصف حجم المياه المفرغة كذلك، إلا أنها تبدأ بـ 0.72 لتر وتصل إلى 1.18 لتر في آخر التجربة، وتعرف استقرارا في الجريان والسيلان خلال المدة المدروسة، وتتشابه خصائصها مع المشارة رقم 25، بانحدار أقل منها (27°)، وكذلك تماسك تربتها أعلى من المشارة رقم 25 حيث سجلت 3 كيلوغرام/سم^2، مقابل 1.8 كيلوغرام/سم^2؛ مما يوضح أن تماسك التربة وبعض الفرق من الانحدار مع المشارتين 25 و26 رفع قيمة عمق سمك التربة المبللة إلى 9 سم مقابل 5 سم.

تعرف المشارة رقم 4 سيلانا متوسطا، يصل إلى 52.4% من مجموع حجم السيلان، ويتراوح ما بين 0.34 لتر في بداية التجربة ليرتفع إلى أكثر من 1 لتر في باقي المدة، حيث سجل 1.66 لتر في الدقيقة 10 مع استقرار ابتداء من الدقيقة 4. تتميز هذه المشارة بتوازن وتنوع حالة سطحها حيث يشكل الغطاء النباتي (الشيح) 35% من مساحة سطحها، بالإضافة إلى 25% من التربة العارية و30% من بقايا النبات والحيوان، و10% من الشقوق، ثم خشونة سطحها تمثل 26%، وانحدارها 5%. تفاوت حالة سطحها هذه من حيث التغطية النباتية وخشونة السطح جعل منها مشارة تعمل على توازن تسرب المياه، وذلك لأن جذور نبات الشيح لا تمتص الماء على خلاف المشارات الآخرى ذات غطاء نباتي بجذور متعمقة، وبالتالي يصل سمك التربة المتبللة إلى 7 سم مقابل 20 سم بالمشارة رقم 17 و17 سم بالمشارة رقم 3.

تليها المشارة رقم 32 بعمق 4 سم من التربة المبللة، و5.58 لتر من حجم الماء المفرغ، ويتراوح ما بين 0.47 في بداية التجربة ليصل إلى 1.83 لتر في آخر التجربة، يتصاعد بشكل تدريجي ومنتظم. خشونة سطح هذه المشارة متوسطة نسبيا لأنها محروثة مع خطوط التسوية، ومعالم المحراث واضحة بها، وتعرف بقايا النبات من السنة الفلاحية السابقة، بنسبة 10%، و30% حصوية، و60% من تربتها عارية.

تليها المشارة رقم 14 بـ 5.84 لتر من حجم الماء المفرغ من بداية ظهور أول قطرة، وسلوك سيلانها يبدأ ضعيفا في الدقيقة الثانية بـ 0.34 لتر ليرتفع إلى أكثر من لتر ابتداء من الدقيقة الرابعة وصولا إلى 1.66 لتر في آخر التجربة. خشونة سطح هذه المشارة مرتفعة جدا حيث تصل إلى 120%، ثم حالة سطحها تتميز ب 20% من التربة العارية و15% من الحصى و55% من الغطاء النباتي (الشنان والحرمل)، و10% من الشقوق، وهي تقع على حادور بـ 10° درجة؛ وعمق تبلل التربة بها بلغ 8 سم.

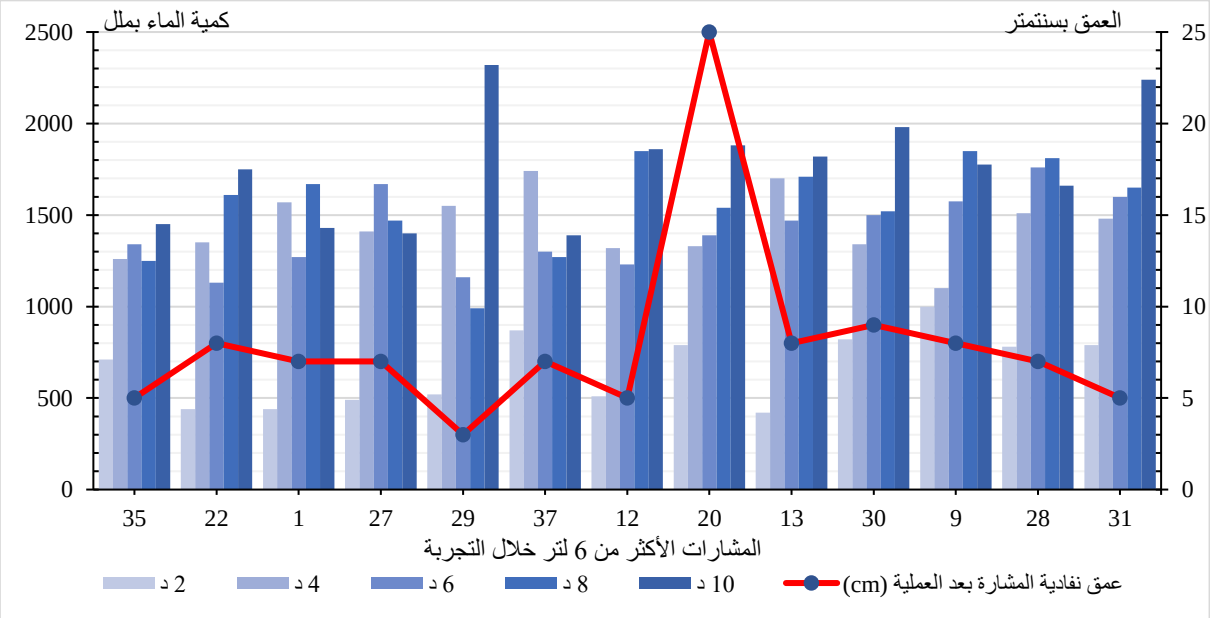
ثم تتبعها المشارة رقم 33، وهي ما قبل الأخيرة في هذه المجموعة بـ 5.85 لتر، من حجم السيلان، يبدأ ضعيفا جدا بـ 0.08 لتر، ثم يرتفع إلى أكثر من نصف لتر في الدقيقة 4، ويسجل قيما عليا ابتداء من الدقيقة 6، وهذه المشارة لها نفس خصائص المشارة رقم 32 إلا أنها محروثة مع خطوط التسوية، مما جعلها تعرف هذا السلوك بعد الدقيقة 6، أي بعد تشبع التربة بالماء وملء أثلام الحرث، ليسيل بنفس

الصبيب، هذا ما يفسر سمك التربة المبللة الضعيف، 3 سم فقط، أي التربة غير نفيذة بالرغم من هشاشتها بالحرث. ويرجع سبب ذلك إلى نسيج هذه التربة.

آخر مشارة من حيث حجم السيلان في هذه المجموعة أو الفئة هي المشارة رقم 2، حيث وصلت نسبة الحمولة الصلبة حوالي 60%، وهي بدورها تعرف انخفاضا في بداية التجربة ثم استقرارا في باقي المدة، وسمك التربة المبللة 9 سم، كما ساهم في هذه الخاصية، حالة سطحها حيث يعرف ثلثها ثقوب الحشرات، ثم الحصى بـ 40%، والباقي موزع على التربة العارية بـ 10%، وبقايا النبات والحيوان ب 5%، والشقوق ب 15%. خشونة سطحها منخفضة: 4% فقط، ودرجة انحدارها ضعيفة تقل عن 5°؛ مما يسرع الجريان.

أهم استنتاجات هذه الفئة المتوسطة السيلان والتسرب هو أن الانحدار ليس هو المسؤول الأول عن حجم الحمولة الصلبة، إلا أن تماسك التربة يؤدي إلى مضاعفة قيم السيلان أحيانا، كما هو الحال بالمشارة 25 و26 حيث نفس الخصائص مع المشارات الآخرى؛ ماعدا تماسك التربة وبعض من درجات الانحدار، لكن كمية الحمولة الصلبة كبيرة.

الفئة الثالثة والأخيرة من تصنيف حجم السيلان هي التي تتعدى 6 لتر، أي تقريبا الثلثان من حجم الماء المفرغ خلال مدة التجربة (10 دقائق) بعد ظهور أول قطرة. تتمثل هذه المجموعة في 13 مشارة، وهي على الشكل التالي بترتيبها من الأقل سيلانا (أكثر من 6 لتر) إلى الأكثر سيلانا حوالي 8 لتر؛ 35، 22، 1، 27، 29، 37، 12، 20، 13، 30، 9، 28، 31. سلوك السيلان لهذه الفئة خلال مدة التجربة يكون دائما ضعيفا في البداية حيث لا يقل على 0.4 لتر ولتر واحد في البداية، ولكن عموما يستقر في بداية الدقيقة 4 إلى آخر مرحلة في التجربة ليصل إلى ما بين 1.4 لتر و1.8 لتر باستثناء المشارة رقم 29 و31؛ كما هو موضح في الشكل رقم 71.



الشكل رقم 71: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية الأكثر من 6 لتر.

انطلاقا من الشكل رقم 71، يتضح أنه في بداية التجربة جل المشارات يتراوح حجم سيلانها ما بين 0.4 لتر و0.7 لتر، باستثناء ثلاث مشارات، وهي رقم 9 بحوالي 1 لتر ورقم 37 و30 أكثر من 0.8 لتر.

ثم في الدقيقة 4، يتراوح حجم السيلان ما بين 1.3 لتر و1.7 لتر، ماعدا المشارة رقم 9، ثم يتشتت في المنحنيات بالنسبة للدقيقة 6، ولكن يبقى مستقر السلوك حيث يتراوح ما بين 1.4 لتر و1.8 لتر ماعدا المشارة رقم 29. نستنتج من هذا أن فارق سلوك حجم السيلان في هذه المجموعة هو مابين 0.4 لتر و0.6 لتر، أي حوالي نصف لتر. مما يبين تجانس الفئة من حيث سلوكها نحو السيلان والتسرب، بهذه المشارات، (الجدول رقم 33).

الجدول رقم 33: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات أكثر من 6 لتر من حجم السيلان.

رقم المشارة	عمق ت. (cm)	تطور التسرب باللتر						تطور السيلان باللتر					
		المجموع	10 د	8 د	6 د	4 د	2 د	المجموع	10 د	8 د	6 د	4 د	2 د
35	5	3.99	0.55	0.75	0.66	0.74	1.29	6.01	1.45	1.25	1.34	1.26	0.71
22	8	3.72	0.25	0.39	0.87	0.65	1.56	6.28	1.75	1.61	1.13	1.35	0.44
1	7	3.62	0.57	0.33	0.73	0.43	1.56	6.38	1.43	1.67	1.27	1.57	0.44
27	7	3.56	0.60	0.53	0.33	0.59	1.51	6.44	1.40	1.47	1.67	1.41	0.49
29	3	3.46	0.00	1.01	0.84	0.45	1.48	6.54	2.32	0.99	1.16	1.55	0.52
37	7	3.43	0.61	0.73	0.70	0.26	1.13	6.57	1.39	1.27	1.30	1.74	0.87
12	5	3.23	0.14	0.15	0.77	0.68	1.49	6.77	1.86	1.85	1.23	1.32	0.51
20	25	3.07	0.12	0.46	0.61	0.67	1.21	6.93	1.88	1.54	1.39	1.33	0.79
13	8	2.88	0.18	0.29	0.53	0.30	1.58	7.12	1.82	1.71	1.47	1.70	0.42
30	9	2.84	0.02	0.48	0.50	0.66	1.18	7.16	1.98	1.52	1.50	1.34	0.82
9	8	2.70	0.23	0.15	0.43	0.90	1.00	7.30	1.78	1.85	1.58	1.10	1.00
28	7	2.48	0.34	0.19	0.24	0.49	1.22	7.52	1.66	1.81	1.76	1.51	0.78
31	5	2.24	0.00	0.35	0.40	0.52	1.21	7.76	2.24	1.65	1.60	1.48	0.79

يتبين من الجدول رقم 33 أن المشارات ذات السيلان المرتفع مقارنة مع غيرها، والذي يفوق 6 لتر إلى 7 لتر من حجم الحمولة الصلبة تتميز بسمك ضعيف للتربة المبللة بعد التجربة حيث لا يتعدى 8 سم، ماعدا المشارة رقم 20 لأنها عبارة عن صخر الشست الورقي، مما جعلها تصل إلى 25 سم. وهذه المشارات تم تصنيفها كالآتي حسب ترتيبها التزايدي.

- المشارة رقم 35 بـ 5 سم في عمق تبلل التربة، وبـ 6 لتر من مجموع المياه المفرغة، تعرف انطلاق سيلان متوسط 0.7 لتر في د2، ثم ارتفاعا واضحا ابتداء من الدقيقة 4، وتذبذبا على مستوى باقي مدة التجربة حيث سجلت في آخر التجربة 1.45 لتر. تتميز هذه المشارة بكونها حصوية في قدم الجبل، وتعرف بقايا أوراق النبات الإبري كالحلفاء وإكليل الجبل، وانحدار 15°، مما يسرع الجريان.
- المشارة رقم 22 سجلت 6.28 لتر خلال مدة التجربة من حجم السيلان، ويتميز هذا السلوك في ضعف السيلان في البداية واستقراره ابتداء من الدقيقة 4. وهذا قاسم مشترك بين كل هذه المشارات. كما تتميز هذه المشارة بكونها بوار على حادور بـ 12° درجة، وخشونة سطحها 6% نظرا لوجود بعض الحصى،

حيث يشكل 55% من حالة سطحها، وتشكل الشقوق 35%، وبقايا النبات والحيوان 10%. رغم السطح المفتوح، يبقى عمق التربة المبللة ضعيفا حيث لا يتجاوز 8 سم.

- المشارة رقم 1 عرفت 63.8% من الحمولة الصلبة خلال عشر دقائق، وكذلك سلوك السيلان يعرف استقرارا مشابها للمشارة السابقة (رقم 22)، وهي مشارة حصوية وسطحها تفوق فيه نسبة الحصى 80%، والباقي بين التربة العارية وبقايا النبات، ثم خشونة السطح ضعيفة: 10%، على انحدار ضعيف بـ 5° درجة، رغم أنها حصوية بمعنى تعرقل السيلان إلا أن سطحها غير نفيذ حيث سجلت فقط 7 سم في سمك التربة المبللة.
- المشارة رقم 27 سجلت 64.4% من حجم السيلان، وتعرف هي الآخرى استقرارا في سلوكه كالمشارات الآخرى، وهي بوار مستريحة على درجة انحدار 5°. خشونة السطح ضعيفة جدا (5%) وربع مساحة سطحها تربة عارية و35% حصى، و40% شقوق. رغم كونها مشارة مفتوحة، سطحها يعرف شقوقا كثيرة إلا أنها تعرف سيلانا مهما، لأن الشقوق سرعان ما تغلق ويحدث السيلان، ويتضح هذا من خلال سمك التربة المبللة الذي لا يتجاوز 7 سم.
- ثم تليها المشارة رقم 29 بـ 65.4% من حجم السيلان، بنفس الخصائص، وهي محروثة مع الانحدار بالرغم من كونه ضعيفا جدا، وخشونة سطحها ضعيفة كذلك حيث يتكون أغلبه من تربة عارية وشقوق الحرث، إلا أنها تعرف سيلانا مرتفعا، وسمك التربة المبللة هو الأضعف في كل المشارات، يشكل فقط 3 سم.
- المشارة رقم 37 سجلت 6.57 لتر، أي 65.7% من مجموع المياه المفرغة، تعرف بداية سيلان متوسط لا يتجاوز اللتر، ثم ارتفاعا في الدقيقة الرابعة، وبعدها انخفاضا ثم استقرارا في السلوك ابتداء من الدقيقة 6. هذه المشارة بوار، سطحها يتخلله بعض الحصى، والخشونة ضعيفة جدا، مما يسهل ويسرع عملية السيلان، وهي تقع على انحدار منبسط (5°).
- ثم المشارة رقم 12 بـ 6.77 لتر وعمق تبلل 5 سم، ويعزى هذا إلى حالة سطحها المكون من 65% من التربة العارية و35% من الشقوق، وانعدام خشونته؛ أي تشابهها مع المشارات السابقة من حيث الجريان السطحي.
- المشارة رقم 20 سجلت 6.93 لتر من أصل 10 لتر خلال مدة التجربة بعد ظهور أول قطرة، لكنها تشكل الاستثناء، لأنها بالنسبة لسمك التبليل سجلت أعلى قيمة مقارنة مع كل المشارات (29)، وصل إلى 25 سنتمر، وهي ذات خصائص مشابهة لبعض المشارات الآخرى، حيث تقع على انحدار 8° درجة، وخشونة سطحها 8%، سطحها مكون من 70% من الحصى و30% من الشقوق، إلا أنها توجد على سفح يتكون من قاعدة صخرية شيستية، عبارة عن صفائح رقيقة متصلة لكنها مفتتة عند السطح بفعل ميكانيزمات التعرية؛ مما جعل التبلل عميقا والسمك كبيرا حيث تنفذ المياه بين الفتات الصخري. درجة تماسكها العالي 3 كيلوغرام/سم مربع ساهم في سرعة الجريان السطحي وعدم السماح

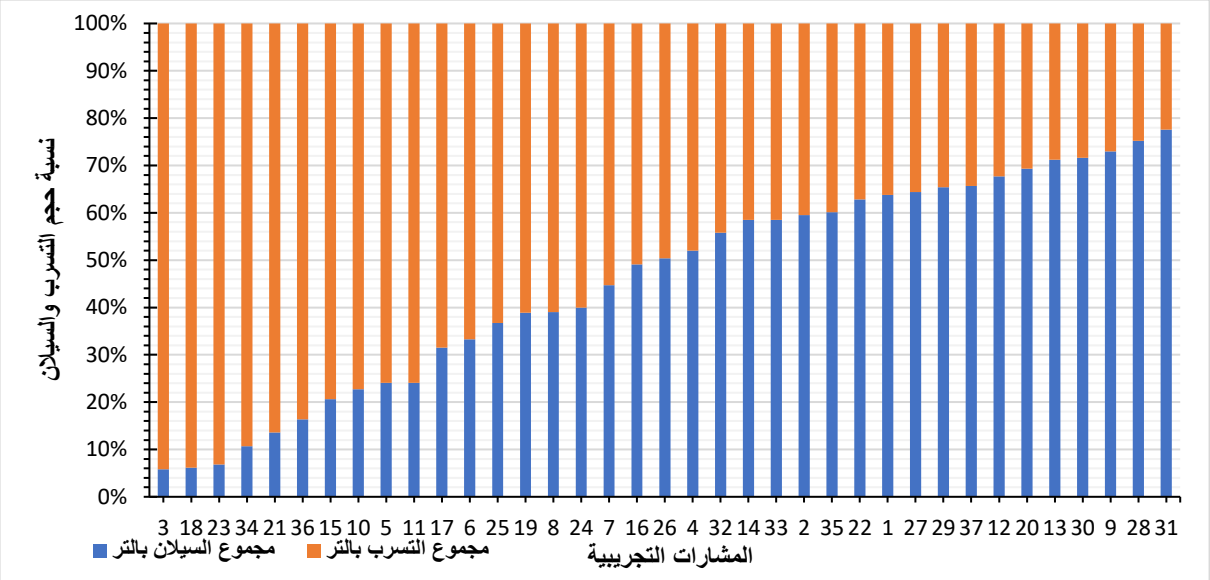
بالنفاذية، وبالتالي تصنيفها من أعلى المشارات من حيث السيلان حيث الحمولة الصلبة بها شكلت أزيد من الثلثين من المياه المفرغة.

- ثم تليها المشارة رقم 13 بـ 7.12 لتر من حجم السيلان، و8 سم بسمك التبليل، وهي مشارة بوار شبه حصوية، ودرجة انحدارها 10°، خشونة سطحها ضعيفة 5%، و35% من سطحها تربة عارية، و5% بقايا النبات، و10% شقوق.
- المشارة رقم 30 بـ 71.6% من حجم المياه المفرغة، تبدأ بسيلان متوسط في د2، ثم يرتفع إلى 1.3 لتر ابتداء من الدقيقة 4 بشكل تصاعدي ومتدرج، ليصل إلى حوالي 2 لتر في نهاية التجربة. هذا السيلان المرتفع يرجع إلى العوامل الطبيعية لهذه المشارة حيث أنها تتواجد على انحدار أكثر من 10°، بعالية الحوض وعلى قاعدة شيستية، وسطحها حصوي حيث يتجاوز 80%، وبقايا النبات تمثل 20%، وتعرف خشونة سطح شبه منعدمة، بالرغم من كونها حصوية، فقط هذه الأخيرة تزيد من سمك التربة المبللة وعمقها الذي وصل إلى 9 سم، ولكنها في المقابل تعرف سيلانا مرتفعا جدا.
- المشارة رقم 9، بـ 7.3 لتر من أصل 10 لتر، وسمك تبلل 8 سم، وانحدار 5°، وخشونة سطح 6%، و50% من سطحها تربة عارية، 5% حصى، 45% بقايا النبات والحيوان.
- المشارة رقم 28، وهي ما قبل الأخير في ترتيب المشارات الأكثر سيلانا، سجلت 7.52 لتر من حجم الحمولة الصلبة. ويعزى هذا إلى نوع تربتها بالرغم من كونها مشارة بوار نباتية، وعمق التبلل كالمشارات السابقة 9 و13، حيث وصل إلى 7 سم. وما يميز هذه المشارة عن سابقتها هي أن سطحها يتكون من 65% من الغطاء النباتي (الشنان)، و10% من الحصى، و20% من الشقوق، مما يجعل خشونة سطحها تصل إلى 33%، ثم أن درجة انحدارها شبيه بالمشارة 13 وهو 10°.
- وفي الأخير المشارة رقم 31، بـ 7.76 لتر من أصل 10 لتر المفرغة للتجربة، وتبدأ بسيلان قوي منذ الدقيقة 2، ويصعد تدريجا إلى حدود الدقيقة 8، ولكن يسجل أعلى قيمة والوحيدة التي تجاوزت لترين، في الدقيقة 10. من خصائص هذه المشارة أنها بوار وعلى انحدار 5°. خشونة سطحها منعدمة، مما يسهل عميلة الجريان السطحي، ويتميز سطحها بالتنوع وبنسب متفاوتة، به 15% من الشقوق، وهي نسبة ضعيفة مما يؤثر على عمق تبلل التربة (5 سم فقط)، و35% من بقايا الحيوان والنبات، و40% من الحصى، ثم 10% ذات سطح عاري. هذه عوامل جعلتها تسجل أعلى قيمة سيلان مقارنة مع باقي المشارات الأخرى والأقل تسربا.

القاسم المشترك بين المشارات الخمسة الأخيرة، هو أن سمك تبلل التربة ضعيف، أي النفاذية أقل، والانحدار المرتفع نسبيا أدى إلى تصنيفها الأعلى من حيث السيلان حيث سجلت أكثر من 7 لتر.

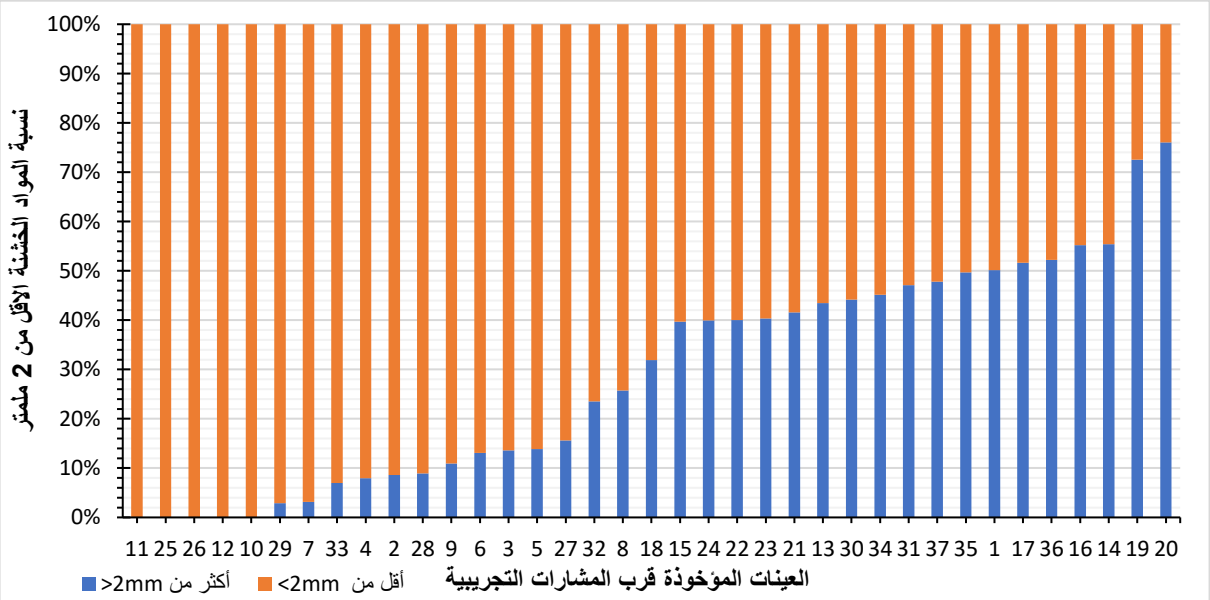
نستخلص، انطلاقا من سلوك السيلان والتسرب كما هو موضح في الشكل رقم 72، أن المشارات رقم 3 و 18 و23 تعمل على تسرب 95% من المياه المفرغة، أي سيلان ضعيف جدا ونفاذية عالية، كما تراوحت نسب هذه الفئة من 5% إلى أقل من 25% من السيلان وهي الأضعف، أي نسب تسرب عالية

نسبيا. والقيم المتوسطة للسيلان في الفئة الثانية تراوحت مابين 30% و60%، وقد عرفت توازنا بين التسرب والسيلان؛ أما القيم العالية للسيلان فقد سجلت بأغلب المشارات العارية، أو المحروثة عكس خطوط التسوية أي في اتجاه الانحدار، أو بوار بانحدار مرتفع نسبيا، وخشونة سطح منعدمة أو ضعيفة. هذه الفئة شكلت أكثر من 60% من السيلان.



الشكل رقم 72: عامل الجريان للمشارات التجريبية

إن اختلاف نتائج السيلان والنفاذية، يعود إلى العامل الطبيعي المتمثل في الغطاء النباتي، وحالة السطح وخشونته ودرجة الانحدار، وتماسك التربة، وكذلك العامل البشري من حيث نمط وحدة استغلال الأراضي، كما تختلف مدة التبلل ومعامل السيلان بين المشارات، مما يفسر هذا التفاوت في النسب باختلاف حالة سطوحها من حيث نسبة التغطية، ودرجة الخشونة، وبعض العوامل الآخرى الفاعلة (الجدول رقم 28 والجدول رقم 29).



الشكل رقم 73: نسبة المواد الخشنة في العينات

يوضح الشكل رقم 73 نسبة العناصر الأكبر من 2 ملم، حيث تختلف هذه النسبة من مشارة إلى آخرى، وتتباين بين متوسطة كالمشارات رقم (15،18، 21، 22، 23، 24، 30، 31، 34، 37، 35، 13، 1)، وقوية حيث تتعدى 50% بالمشارات 17، 36، 16، 14، وتفوق 70% بالمشارة رقم 19 ورقم 20، ثم ضعيفة إلى منعدمة بباقي المشارات. ودور هذه العناصر الأكثر من 2 ملم هو منع تشكل الصفيحة المائية، وبالتالي تقليل الطاقة الحركية للماء، والتقليل من السيلان، على عكس العناصر الأقل من 2 ملم التي تسهل وتسرع السيلان، وهذا ما نلمسه في المشارة رقم 20 حيث أن عمق التربة المبللة وصل إلى 25 سم، وهي أعلى قيمة سجلت بجميع المشارات، أي أن هناك علاقة واضحة بين عمق تبلل التربة والمواد الخشنة الأكثر من 2 ملم.

يلعب نسيج التربة دورا أساسيا في تفسير هذا السلوك الهيدرولوجي، فالتربة ضعيفة التطور ذات نسيج طموي، وبنية متكدسة ومنصهرة في فصل الربيع، وجافة في فصل الصيف، تزداد تكدسا أثناء حرثها بالآلات الثقيلة (الجرار)، مما يؤدي إلى ظاهرة الرص، خاصة بعد الأيام الأولى من تساقط الأمطار، كما تظهر قشرة الاندكاك عند عمق الحرث.

تؤدي هذه القشرة الوشاحية الليفية، إلى تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة، خاصة انغلاق المسام والإخلال بميكانيزمات النفاذية. لكن في المقابل تتعرض في الفصل الجاف إلى تكسير قشرتها العليا بواسطة الرعي المفرط، مما يتسبب في تذريتها الريحية النشيطة بقوة (عثماني، 2015).

يتبين من نتائج القياسات المباشرة لتجارب التقليد المطري على مستوى مشارات مجال الدراسة، أن هناك اختلافا واضحا بين سلوك النفاذية والسيلان، وذلك حسب طبيعة استعمال الأرض. فالأراضي ذات الغطاء النباتي، تعرف تسربا كبيرا وسيلانا قليلا من الماء، مقارنة مع المشارات المحروثة عكس اتجاه الانحدار، ثم بعدها الأراضي المستريحة والبوار، وأخيرا المشارات العارية والمحروثة في اتجاه الانحدار، التي تعرف سيلانا مرتفعا وتسربا ضعيفا للماء.

سجلت متوسطات تساقطات التبلل بكل المشارات التجريبية مدة زمنية تتراوح بين دقيقة وثلاث دقائق، باستثناء المشارة رقم 23 ورقم 3 (الغطاء النباتي) التي سجلت 30 دقيقة، والمشارة رقم 5 و34 ورقم 10 (حرث بتواز مع خطوط التسوية، والحلفاء) التي سجلت على التوالي 11 د، و8 د و6 د، ثم المشارة رقم 18 ذات بقايا النبات (أوراق الصنوبر) سجلت تقريبا أربع دقائق.

يتضح من خلال نتائج تجارب عملية التقليد المطري، أن سلوك النفاذية والسيلان لا تتحكم فيه كمية المياه السائلة، بقدر ما تتحكم فيه نوعية استعمال الأراضي، ووضعية سطح التربة. فسلوك التسرب والسيلان، تتحكم فيه عناصر أساسية أهمها:

- استعمالات الأرض المرتبطة بالحرث.
- درجة اندكاك التربة، والمرتبط أيضا، باستراحة الأراضي والحرث بالجرار.
- حالة سطح التربة ودرجة خشونتها.

- نسيج التربة.
- حالة سطح التربة المرتبطة بنسبة التغطية النباتية التي تحمي السطح...

لكن ارتفاع معامل السيلان بالمشارات المختلفة الاستعمال، لا يعبر بالضرورة عن ارتفاع فقدان التربة؛ فقد تسجل الأراضي المستريحة على سبيل المثال، نسبا ضعيفة في معامل السيلان (المشارات رقم 8، ورقم 25 و26 – صلصال)، مقابل نسب مرتفعة في حجم الإزالة، والعكس صحيح بالنسبة للأراضي العارية.

3_: النتائج الإجمالية للتعرية داخل المشارات

تختلف نتائج القياس على مستوى المشارات التجريبية التي تمثل جزءا من مساحة السفح، ولا تمثل حقيقة التعرية على السفح بكامله، لكن رغم ذلك، وبالنظر إلى مقادير التعرية التي تحدث على مستوى المشارة، يمكننا استخلاص نتائج أساسية تسمح بالمقارنة بين مختلف الأوساط وحالات السطح، وكذلك العلاقات المتحكمة في نظم التعرية، فضلا عن ضبط معامل الجريان وعتبات انطلاقه واشتداد عنفه.

سنحاول تقديم مقادير الإزالة انطلاقا من مياه السيلان وتركيزها بالمواد المحمولة، ومدى تفاوتها بين مختلف المشارات التجريبية.

3_1: تعكر مياه الجريان بالمشارات التجريبية

يقصد بالتوحل تعكر المياه، وتغير في اللون زيادة على حمل كميات من المواد الذائبة والصلبة المحمولة بفعل السيلان إلى أسفل المشارات، حيث يتم قياسها، وتحدد بذلك نسبة توحل المياه بتحديد حجم المنقولات والمياه المسؤولة عن تحريكها.

تمت عمليات قياس حجم الماء الجاري بكل فترة قياس على حدة، ثم كمية المواد الصلبة بعد تجفيف التربة من الماء.

تصبح التربات مهددة بالانجراف بعد تبليل القطاع الترابي بالماء خلال عمليات الرش. لذا، أصبح من الضروري معرفة ومراقبة توحل المياه، بالاعتماد على حالة سطح المشارات في ذلك التوحل، وإبراز حالات التوحل التي حدثت بمختلف المشارات.

أ: تغير مقادير التعكر حسب المشارات التجريبية

تختلف مقادير التوحل بمياه السيلان من 0.01 إلى 29.05 طن/هـ، بمتوسط 3 طن/هـ، وهي أرقام تجريبية تعبر فقط عن تساقطات اصطناعية بعنف 2 ملم/دقيقة أو 120 ملم/ساعة، لمدة 10 دقائق. يبين الجدول رقم 34 بوضوح هشاشة الأراضي المحروثة والمستريحة والعارية والمغطاة بالنبات.

الجدول رقم 34: تغيرات مقادير التوحل حسب المشارات التجريبية

رقم المشارة	نوع المشارة	حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل)	كتلة المواد الصلبة بعد التجفيف (غ)	معامل الجريان (%)	حمولة الماء من المواد الصلبة خلال مدة التجربة (غ/ل)		
					القصوى	الدنيا	المتوسط
1	عارية - حصوية	1.94	12.4	63.8%	3.86	1.50	2.19
2	عارية	2.10	12.5	59.5%	3.44	1.33	2.26
3	نباتية - تاوساية	11.90	6.9	5.8%	40.00	5.71	16.66
4	نباتية - الشيح	3.06	15.9	52.0%	8.44	1.32	3.88
5	محروثة عكس الانحدار	8.65	20.8	24.1%	28.18	0.00	10.76
6	محروثة مع الانحدار	9.82	32.7	33.3%	17.37	7.13	11.16
7	مستريحة	3.24	14.5	44.7%	6.41	2.00	3.52
8	مستريحة	372.46	1452.6	39.0%	399.49	291.02	364.23
9	محروثة عكس الانحدار	26.40	192.7	73.0%	57.10	12.36	27.90
10	محروثة مع الانحدار	32.92	74.9	22.8%	75.11	11.30	37.05
11	بوار	3.73	9	24.1%	21.67	1.94	7.48
12	بوار- مستريحة	8.04	54.4	67.7%	11.57	6.67	8.46
13	بوار	2.13	15.2	71.2%	11.19	1.35	3.49
14	بوار	3.15	18.4	58.5%	4.41	1.99	3.40
15	بوار - مستريحة	7.62	15.7	20.6%	26.52	3.00	9.42
16	بوار	1.59	7.8	49.1%	7.30	0.50	2.31
17	بوار	1.46	4.6	31.5%	2.15	0.82	1.44
18	بوار	5.69	3.5	6.2%	12.63	1.43	4.62
19	تربة عارية	3.55	13.8	38.9%	5.40	2.35	3.66
20	عارية	3.20	22.2	69.3%	5.32	2.21	3.42
21	غطاء نباتي	1.62	2.2	13.6%	4.76	0.43	2.11
22	بوار عارية	7.98	50.1	62.8%	14.09	6.19	8.76
23	غطاء نباتي	1.47	1	6.8%	2.86	0.67	1.57
24	غطاء نباتي	0.80	3.2	40.0%	4.81	0.09	1.42
25	عارية	310.76	1140.5	36.7%	403.96	260.38	316.21
26	عارية	182.84	921.5	50.4%	196.87	152.16	181.71
27	مستريحة	11.74	75.6	64.4%	48.16	4.90	16.55
28	غطاء نباتي	4.65	35	75.2%	13.21	2.47	5.59
29	محروثة	14.42	94.3	65.4%	35.00	9.66	16.88
30	بوار	1.13	8.1	71.6%	1.83	0.92	1.19
31	بوار	13.70	106.3	77.6%	16.56	10.48	13.46
32	محروثة مع الانحدار	5.66	31.6	55.8%	11.70	3.59	7.14
33	محروثة عكس الانحدار	4.68	27.4	58.5%	12.50	2.53	6.65
34	حلفاء	1.03	1.1	10.7%	2.22	0.53	1.09
35	بوار	1.75	10.5	60.1%	2.96	0.69	1.87
36	ازير	0.30	0.5	16.4%	0.48	0.23	0.33
37	بوار	3.26	21.4	65.7%	6.78	2.23	3.50

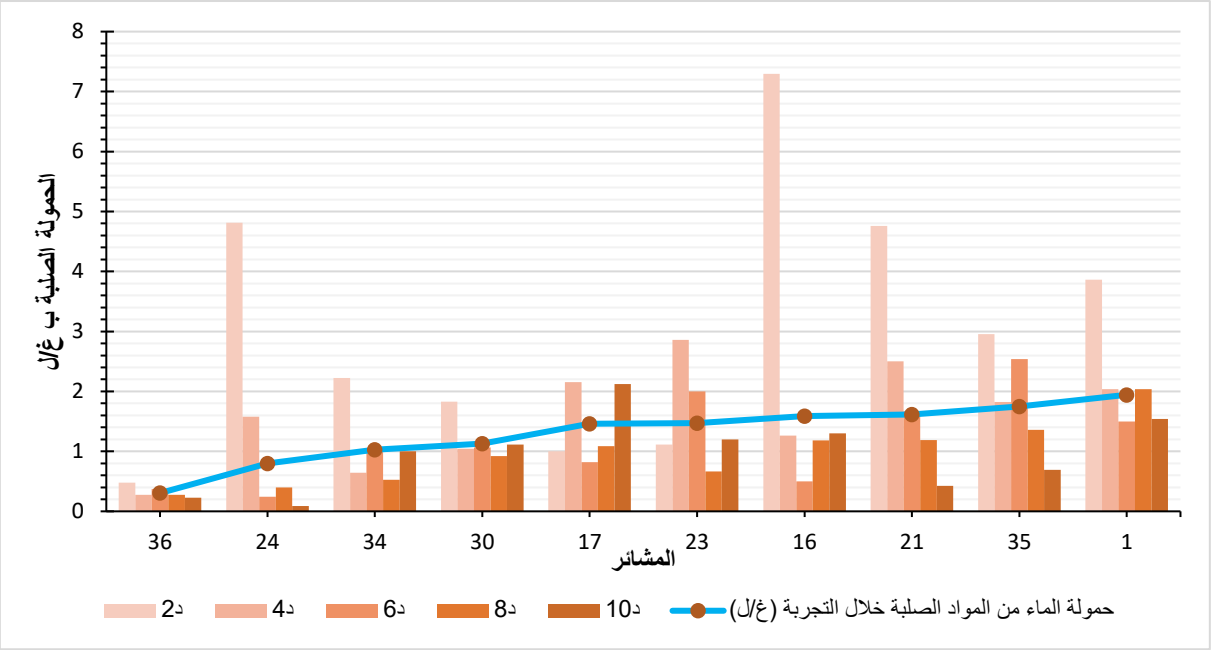
يتضح من خلال الجدول رقم 34 الاختلاف والتباين بين المشارات من حيث الحمولة الصلبة، والقيمة القصوى والمتوسطة والدنيا من حمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة (غ/ل). وقد سجلت المشارة رقم 8 أعلى حمولة خلال مدة التجربة لتصل إلى أزيد من 370 غرام/لتر، ثم أدنى قيمة سجلتها المشارتان رقم 36 و24، حيث تقل حمولة الماء من المواد الصلبة عن 1 غرام/لتر. كما سجلت المشارتان رقم 36 و23 أدنى قيمة بالنسبة لكتلة المواد الصلبة بعد التجفيف حيث لم تتجاوز 1 غرام، وأعلى قيمة سجلتها المشارة رقم 8 وهي 1452 غرام. بالنسبة لمجموع حجم الماء الجاري، القيمة الأعلى سجلتها المشارة رقم 31 بـ 7.76 لتر، أي معامل جريان 77.6%. وأدنى قيمة سجلتها المشارة رقم 3 بـ 0.58 لتر أي 5.8%. بالنسبة للقيمة القصوى لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة، فإن أعلى قيمة سجلتها المشارة رقم 25 تجاوزت 400غ/ل، وأدنى قيمة سجلتها المشارة رقم 36 بـ 0.48 غ/ل. وبالنسبة للقيمة الدنيا لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة، فإن أعلى قيمة هي 290 غ/ل سجلتها المشارة رقم 8، ثم أدنى قيمة كانت للمشارة رقم 5 وهي 0 غ/ل.

من خلال قيم الجدول رقم 23، تم ترتيب المشارات حسب الحمولة الصلبة من القيم الدنيا إلى القيم العليا، ثم تصنيفها إلى أربع فئات لتيسير وتسهيل دراسة تغيرات سلوك ومقادير التوحل حسب استعمالات الأرض، وهذه الفئات هي:

- الفئة الأولى: هي الأقل من 2 غرام/لتر من حمولة الماء من المواد الصلبة، وهي 10 مشارات: 36، 1، 35، 21، 16، 23، 17، 30، 34، 24، مرتبة حسب الحمولة.
- الفئة الثانية: هي أكثر من 2 غرام/لتر وأقل من 5 غرام/اللتر من حمولة الماء من المواد الصلبة، وهي 11 مشارة: 2، 13، 4، 14، 20، 7، 37، 19، 11، 33،28.
- الفئة الثالثة: هي ذات الحمولة الصلبة الأكثر من 5 غرام/لتر وأقل من 33 غرام/لتر، وهي 13 مشارة: 10، 9، 29، 31، 3، 27، 6، 5، 12، 22، 15، 18، 32.
- والفئة الرابعة تنحصر في ثلاث مشارات لكنها استثنائية حيث سجلت أعلى القيم المشارة رقم 26 بـ 182غ/ل، والمشارة رقم 25 بـ 310غ/ل، والمشارة رقم 8 بـ 372غ/ل.

ب: تغيرات مقادير التعكر حسب نوع استعمال التربة

تتباين مقادير التعكر من مشارة إلى آخرى، وتبدو كذلك مختلفة بداخل نفس المشارة الواحدة، وذلك تبعا لتباين واختلاف أنماط الاستغلال. غير أن المياه الجارية في بداية السيلان، تكون محملة بالمواد حسب حالات السطح، خاصة المواد الدقيقة (الطين والطمي)، وبالتالي يكون التوحل مرتفعا؛ لكن أثناء استمرار عملية الرش، ابتداء من الدقيقة 4، تتقلص مقادير الحمولة وتستقر، وذلك في علاقتها مع تغيرات حالة السطح وانسداد المسام بتشتيت بنية التربة، باستثناء بعض المشارات حيث يلاحظ ارتفاع غير عادي لمقادير الحمولة. يوضح الشكل رقم 74 سلوك تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة للفئة الأولى من المشارات، وهي الأقل من 3غرام في اللتر.



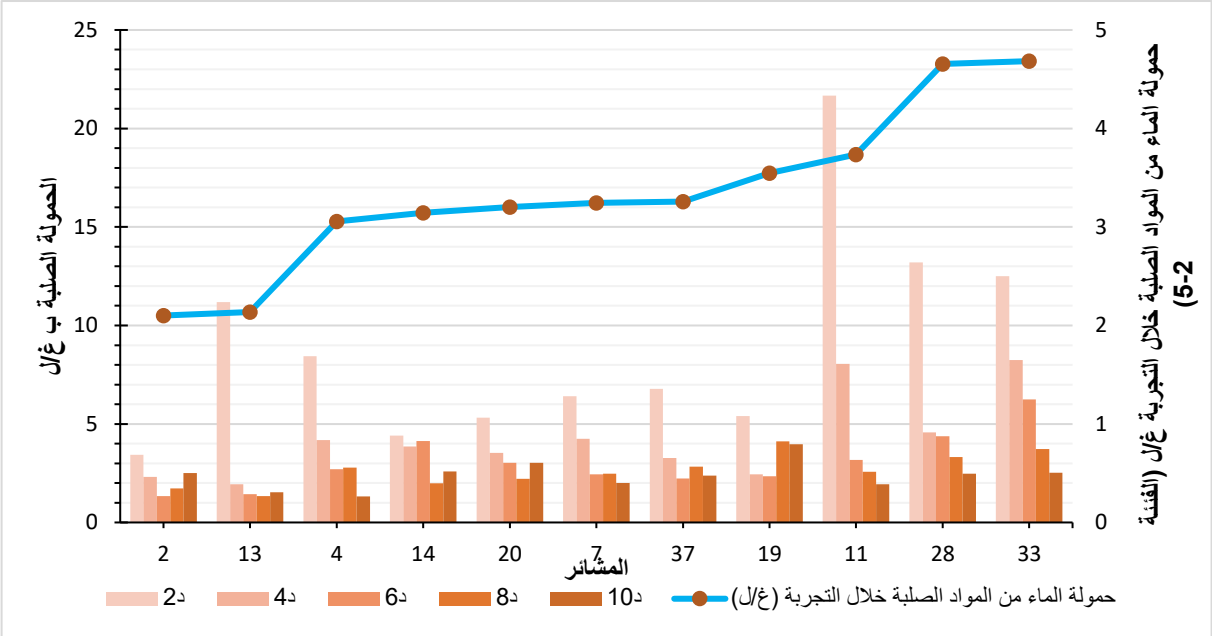
الشكل رقم 74: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الأولى

يتضح من خلال الشكل رقم 74 أن كل المشارات تسجل ارتفاعا في مقادير الإزالة في بداية التجربة، حيث تصل الحمولة إلى أكثر من 7غ/ل كالمشارة رقم 16، وحوالي 5غ/ل بالنسبة للمشارة رقم 21 و24، أما باقي المشارات فتسجل حوالي 2غ/ل، باستثناء المشارتين 1 و31 حيث يقدر بهما التوحل ب 3 و4غ/ل في بداية التجربة.

تسجل هذه المقادير انخفاضا ابتداء من الدقيقة 4 حيث أنها لا تتجاوز 1غ/ل، باستثناء 1 و31 و21 و23، لتستقر عند أقل من 2غ/ل أثناء باقي مدة التجربة، ماعدا المشارة رقم 31 حيث واصلت بـ 2.5غ/ل، والمشارة رقم 17 التي سجلت صعودا غير عادي ابتداء من الدقيقة 6.

أما بالنسبة لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال التجربة كاملة، أي مجموع كتلة المواد بعد التجفيف مقسوم على مجموع المياه السائلة؛ والذي على أساسها تم تصنيف هذه الفئة الأقل من 2غ/ل، فيظهر أن المشارتين 31 و24 سجلت أقل من 1غ/ل، وباقي المشارات ما بين 1 و2 غ/ل.

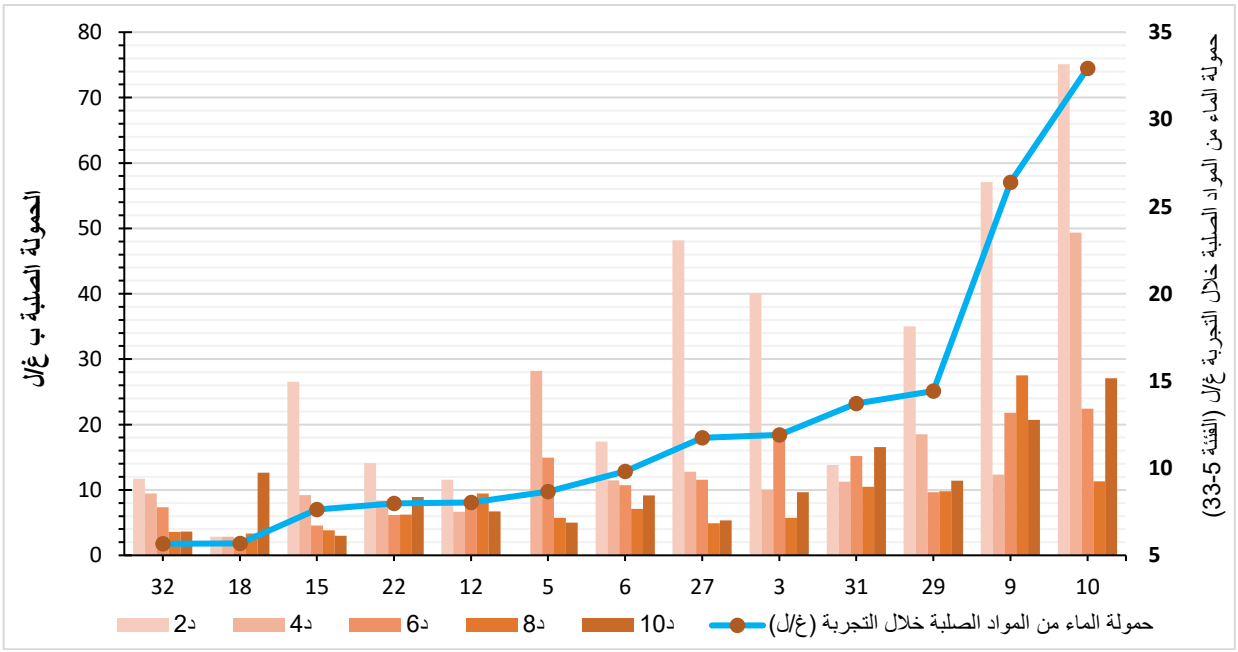
يوضح الشكل رقم 75 سلوك تغيرات مقادير التوحل بالنسبة للفئة الثانية وهي أكثر من 2 غرام/لتر وأقل من 5 غرام/اللتر من حمولة الماء من المواد الصلبة.



الشكل رقم 75: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثانية.

يتضح من خلال الشكل رقم 75 أن كل المشارات تسجل ارتفاعا في مقادير الإزالة في بداية التجربة، وتتراوح هذه المقادير في بداية التجربة مابين 3غ/ل وأقل من 22غ/ل، وجل المشارات تعرف استقرارا بالنسبة لسلوك تغيرات مقادير التوحل خلال باقي مدة التجربة، وهو لا يتجاوز 5غ/ل ماعدا المشارة رقم 31 و11 التي تجاوزت 8غ/ل بالدقيقة 4، ثم تعرف انخفاضا تدرجيا إلى نهاية التجربة.

الفئة الثالثة تنحصر بها مقادير التوحل ما بين 5 و75 غ/ل (الشكل رقم 76).

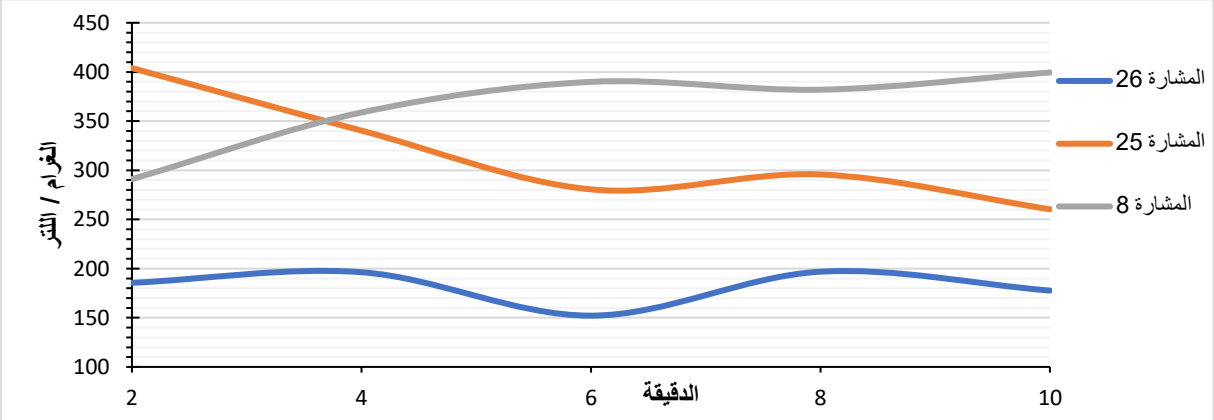


الشكل رقم 76: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة.

يتضح من خلال الشكل رقم 76 أن كل المشارات تسجل ارتفاعا في مقادير الإزالة في بداية التجربة كما ذكرنا سابقا، وتتراوح هذه المقادير في بداية التجربة مابين 5غ/ل وأقل من 60غ/ل، باستثناء المشارة

رقم 5 حيث لم تسجل أي حمولة، والمشارة رقم 10 التي تجاوزت 75غ/ل؛ وجل المشارات تعرف استقرارا بالنسبة لسلوك تغيرات مقادير التوحل خلال باقي مدة التجربة، وهو لا يتجاوز 15غ/ل ماعدا المشارة رقم 5 التي عرفت ارتفاعا في الدقيقة 4 ليقترب من 30غ/ل ثم انخفاضا تدرجيا إلى نهاية التجربة؛ ثم المشارة رقم 9 حيث عرفت هي الآخرى ارتفاعا في حجم التوحل بعد الدقيقة 4 إلى نهاية التجربة، مع انخفاض في الدقيقة 10، ويتراوح بين 10غ/ل و30غ/ل، ثم المشارة رقم 10 حيث عرفت في الدقيقة 4 حوالي 50غ/ل ثم الدقيقة 6 و10 سجلت أكثر من 20غ/ل.

الفئة الأخيرة وهي استثناء حيث سجلت قيما عالية جدا في مقدار التوحل، وهي المشارات رقم 8 و25 و26. يوضح الشكل رقم 77 سلوك تغير مقادير التوحل خلال مدة التجربة لهذه المشارات الثلاث.



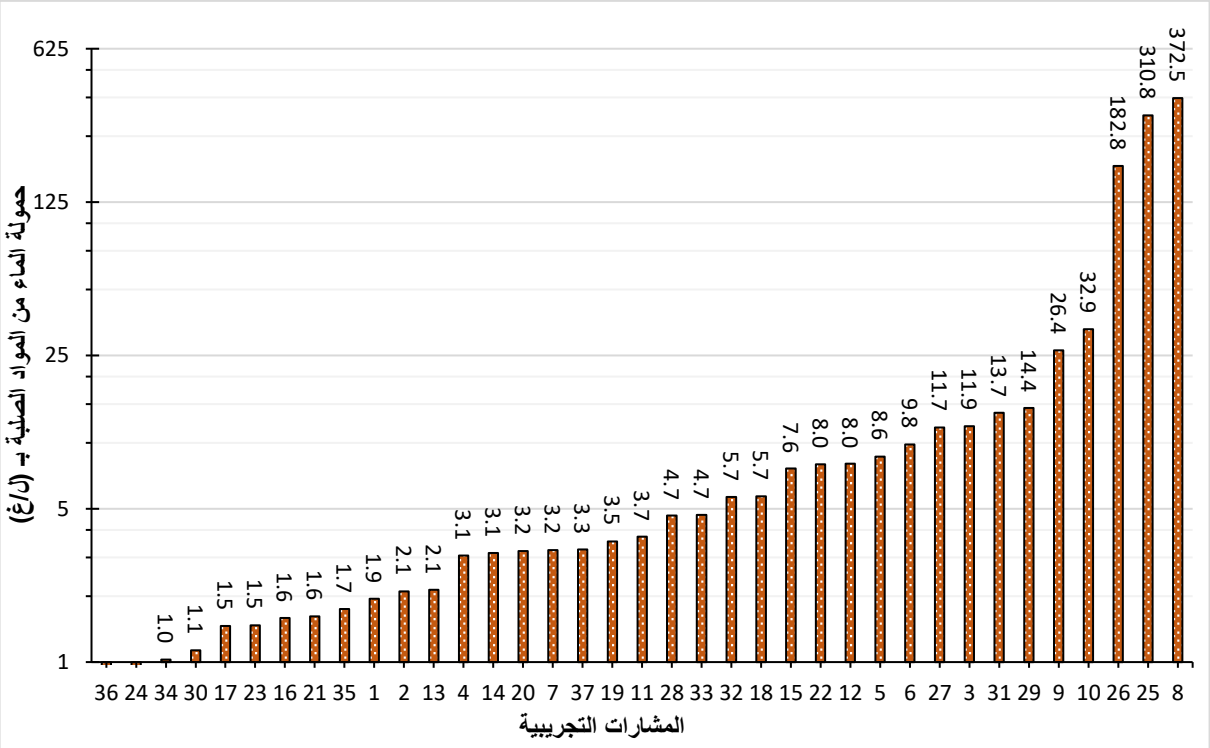
الشكل رقم 77: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة.

تراوحت مقادير التوحل بالنسبة للمشارة رقم 26 ما بين 150غ/ل و200غ/ل خلال مدة التجربة، والمشارة رقم 25 عرفت ارتفاعا في مقادير التوحل في بداية التجربة كباقي المشارات، ولكن بكمية مرتفعة جدا، وهي الأعلى حيث سجلت في الدقيقة الثانية أكثر من 400غ/ل، لتنخفض إلى أكثر من 270غ/ل في الدقيقة 6 وتستقر خلال باقي مدة التجربة مابين 250غ/ل و300غ/ل. أما المشارة رقم 26، فقد سجلت في بداية التجربة أقل من 300غ/ل لترتفع تدريجيا حتى تصل إلى 400 في آخر التجربة.

القاسم المشترك بين هذه المشارات الثلاث هو ارتفاع انحدارها الذي يصل إلى 35° درجة بالنسبة للمشارة رقم 25، و27° و20° للمشاراتين 25 و8، ثم أن تربتها طفلية، حيث المشارات رقم 25 و26 على أساس صخري صلصالي، والمشارة رقم 8 سطحها صلصال هش.

يتضح أن مقادير الإزالة قليلة بالمشارات المستريحة والعارية ذات السطوح الحصوية والقليلة الانبساط، وذات الغطاء النباتي، لأن المياه التي تحملها، غالبا ما تخرج صافية تقريبا بعد بضع دقائق من انطلاق عملية الرش، ويدل ذلك على إزالة كل الجزيئات الدقيقة السطحية الهشة والمقتلعة، فيما يبقى الجزء الأغلب منها متصلبا، ويتم بعد ذلك تحريك فقط المواد الخشنة السطحية الضعيفة التماسك، خاصة المواد الرملية الملتصقة بالتربة الطينية والطموية، حيث تسجل ضعف مقادير الحمولة بهذه الفئتين الأولى والثانية، بالمقارنة مع المشارات المحروثة، والبوار وضعيفة النبات، الفئة الثالثة. أما الفئة الرابعة، فمتوسط حجم حمولتها

وصل ما بين 180غ/ل و 364 غ/ل بهذه المشارات الثلاث، في حين أن كل المشارات لم يتجاوز بها المتوسط 8غ/ل، مما يوضح قوة عامل الانحدار ونوع التربة في الإزالة (الشكل رقم 78).



الشكل رقم 78: مقياس لوغاريتمي لمتوسط التوحل، حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل)

إذا حاولنا توزيع نسب التوحل المرتفعة حسب هاته المشارات، سنجد أن التوحل الإجمالي لمياه السيلان بمشارات الفئة الثالثة –26–25–8)؛ تمثل 81% من التربة المفقودة للمجموع الإجمالي للمشارات التجريبية، حيث المشارة رقم 8 فقط حمولتها الصلبة تساوي 372غ/ل، واقتلع منها حوالي 3 كيلوغرام من التربة المفقودة في المتر المربع الواحد، فيما تبقى مقادير التوحل، متباينة بمختلف مشارات الأوساط الآخرى، تبعا لاختلاف الظروف الطبيعية لكل وسط وطبيعة وحدة الاستغلال.

هذا التوحل في مياه السيلان بالمشارات، ما هو إلا تعبير عن التدهور النوعي للأراضي من خلال الإزالة المستمرة لموادها بفعل السيلان، نتيجة أنماط الاستغلال المتبعة وغير الملائمة مع الوسط الهش.

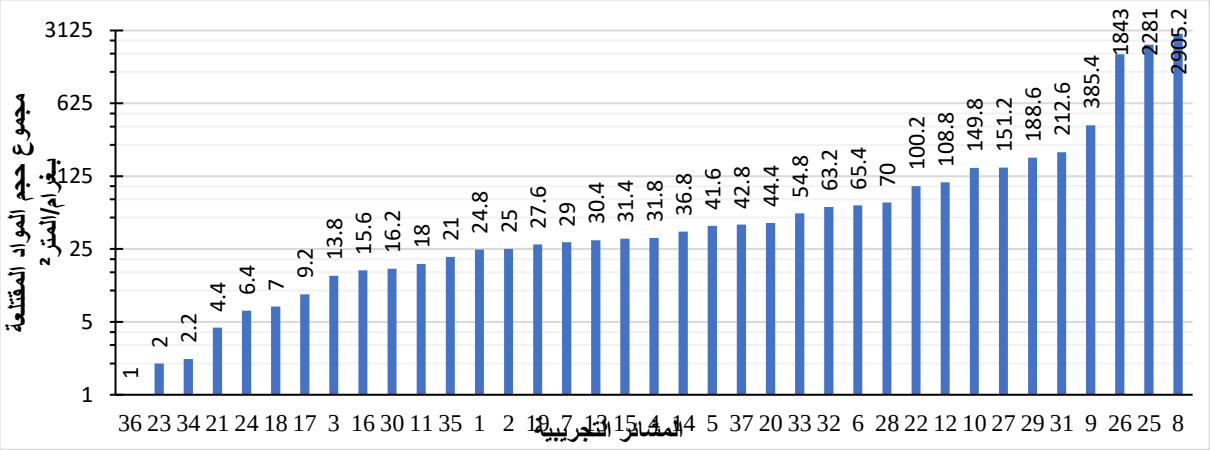
3_2: التدهور النوعي للأراضي من خلال كميات التربة المفقودة بالمشارات التجريبية

تعرف الأراضي بمجال الدراسة إزالة قوية لترباتها، وذلك حسب طبيعة استعمالها، فالمشارات العارية تعرف إزالة قوية للمواد، تليها الأراضي المحروثة عكس اتجاه خطوط التسوية، ثم أراضي البوار والأراضي المحروثة عكس الانحدار، ثم السطوح الحصوية، في حين تعتبر الإزالة ضعيفة بالمشارات المغطاة بالنبات. ويبين الجدول رقم 35 تباين كمية فقدان مواد الإزالة وعلاقتها بعامل الجريان (التسرب والسيلان)، بالمشارات المختلفة الاستغلال والخصائص الطبيعية، إلا المشارات الثلاث الأخيرة ذات الانحدار القوي، وتكوين تربتها الطفلية.

الجدول رقم 35: فقدان التربة بالمشارات التجريبية (غ.م^2)

رقم المشارة	نوع المشارة	التربة المفقودة خلال 10 د، بعنف 120 ملم/س/م^2. (غ.م^2)	عامل الجريان	
			التسرب	السيلان
36	نباتية - اكليل الجبل	1	84%	16%
23	غطاء نباتي	2	93%	7%
34	نباتية - حلفاء	2.2	89%	11%
21	غطاء نباتي	4.4	86%	14%
24	غطاء نباتي	6.4	60%	40%
18	بوار	7	94%	6%
17	بوار	9.2	69%	32%
3	نباتية - الشنان	13.8	94%	6%
16	بوار	15.6	51%	49%
30	بوار	16.2	28%	72%
11	بوار	18	76%	24%
35	بوار	21	40%	60%
1	عارية - حصوية	24.8	36%	64%
2	عارية	25	41%	60%
19	تربة عارية	27.6	61%	39%
7	مستريحة	29	55%	45%
13	بوار	30.4	29%	71%
15	بوار - مستريحة	31.4	79%	21%
4	نباتية - الشيح	31.8	48%	52%
14	بوار	36.8	42%	59%
5	محروثة عكس اتجاه الانحدار	41.6	76%	24%
37	بوار	42.8	34%	66%
20	عارية	44.4	31%	69%
33	محروثة عكس اتجاه الانحدار	54.8	42%	59%
32	محروثة مع اتجاه الانحدار	63.2	44%	56%
6	محروثة مع اتجاه الانحدار	65.4	67%	33%
28	غطاء نباتي	70	25%	75%
22	بوار عارية	100.2	37%	63%
12	بوار- مستريحة	108.8	32%	68%
10	محروثة مع الانحدار	149.8	77%	23%
27	مستريحة	151.2	36%	64%
29	محروثة	188.6	35%	65%
31	بوار	212.6	22%	78%
9	محروثة عكس اتجاه الانحدار	385.4	27%	73%
26	عارية	1843	50%	50%
25	عارية	2281	63%	37%
8	مستريحة	2905.2	61%	39%

يتبين من خلال الجدول رقم 35 والشكل رقم 79، أن المشارة رقم 8 المستريحة ذات انحدار 20° درجة تشكل 2905 غ/م^2 بنسبة 33.6%، والمشارة رقم 25 ذات تربة طفلية عارية وانحدار 35° تشكل 2281 غ/م^2 بنسبة 26.4%، والمشارة رقم 26، وهي كذلك تربة عارية طفلية بانحدار 27° تشكل 1843 غ/م^2 بنسبة 21.3% من التوحل الإجمالي للمشارات، وتمثل 81% من التربة المفقودة. كما يلاحظ من خلال الجدور رقم 35 أن المعطيات المتعلقة بتدخل الإنسان (الحرث، والبور، والأراضي المستريحة) ساهمت بشكل واضح في تهييج التعرية بالمقارنة مع العوامل الطبيعية.



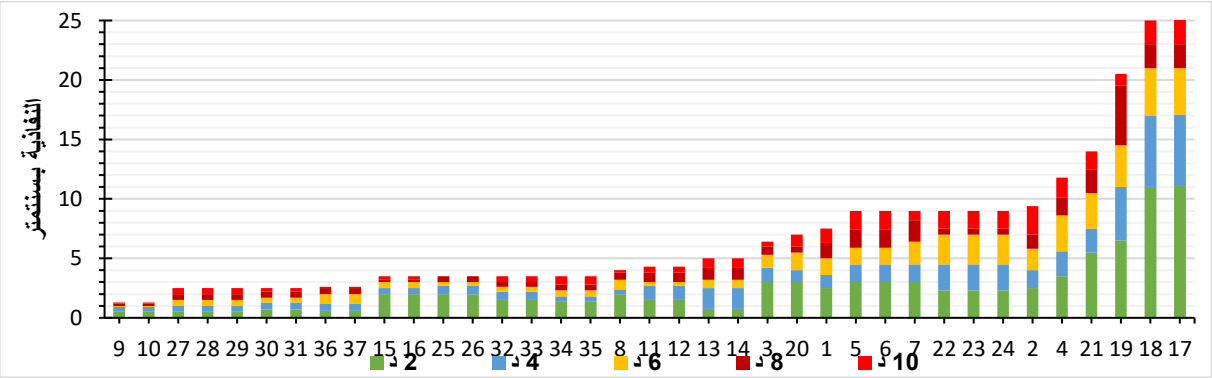
الشكل رقم 79: مقياس لوغاريتمي لحجم التربة المفقودة خلال 10 دقائق، بغرام/متر² بعنف 120 ملم/س/م²

تفقد المشارة رقم 9، 385 غ/م² بنسبة 4.5%، وهي محروثة في اتجاه الانحدار، ثم تليها المشارة رقم 31 بـ 212 غ/م^2، والمشارات 22، 12، 10، 27، 29 تتراوح بها الإزالة مابين 100 و190 غ/م².

وهذه المجموعة تشكل 8% من مجموع التربة المفقودة، والباقي أي 27 مشارة، لا تمثل سوى 6.5% من إجمالي التربة المفقودة، وأقل من 70 غ/م²، وأقل من 1% في المشارة الواحدة.

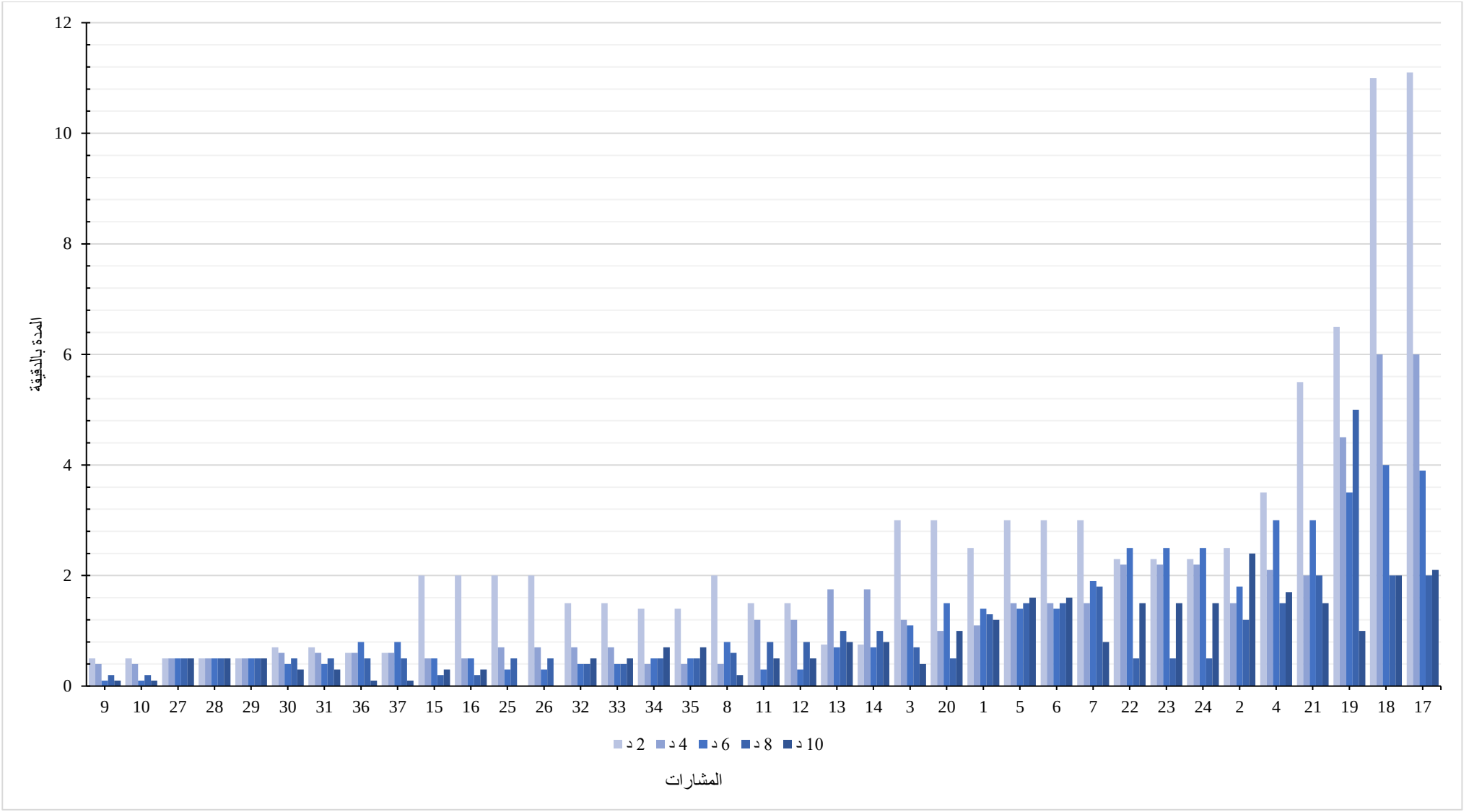
3_3: تفاوت حجم نفاذية الماء (سرعة النفاذية)

تم إجراء اختبار لمدى تجانس سرعة النفاذية داخل المشارات بالموازاة مع عملية التقليد المطري، وذلك بصب الماء في إناء أسطواني (الصورة رقم 28)، ثم قياس سرعة التسرب كل دقيقتين لمدة 10 دقائق، فكانت سرعة النفاذية متفاوتة، كما يوضحها الشكل رقم 80 والشكل رقم 81.



الشكل رقم 80: سرعة النفاذية بالمشارات التجريبية

يتراوح حجم نفاذية الماء ما بين 2 و25 سم خلال 10 دقائق، كما هو مبين في الشكل رقم 80.



الشكل رقم 81: تطور النفاذية بالمشارات التجريبية

يعبر تفاوت نفاذية الماء داخل المشارات خلال فترات زمنية قصيرة إلى حدود 10 دقائق كما هو مبين بالشكل رقم 80 و81، عن اختلاف سرعة النفاذية بين هاته المشارات، ويفسر عدم التجانس في سرعة النفاذية، اختلاف خصائص التربة والحالة السطحية للمكان الذي أجري به القياس.

أما بالمشارة رقم 17 و18 و19 و21، فإن حجم الماء النفيذ سجل قيما مرتفعة، عكس المشارتين رقم 10 و9 التي سجلت نفاذية منخفضة، وسجلت باقي المشارات نفاذية متوسطة نسبيا. ويفسر هذا التفاوت في سرعة النفاذية بين المشارات، بأهمية سمك التربة وقابلية نسيجها لتسرب الماء، وحسب درجة الانحدار أيضا. ثم أن القاسم المشترك بين سلوك النفاذية بالنسبة للمشرات فهو أنها تكون في بداية التجربة مرتفعة فتضعف عند تشبع التربة وتمييهها، وبالتالي يساهم ضعف تطور سمك التربة وسيادة النسيج الطموي والطيني الذي يتعرض للتصلب، ثم قوة الانحدار، في التقليص من التسرب وارتفاع حدة السيلان.

4_: مقاربة إحصائية للنتائج الإجمالية للمشارات التجريبية

تم الاعتامد في مرحلة أولى من المقاربة الإحصائية لنتائج المشارات التجريبية على اختبار الإرتباط (Test de corrélation) بين التربة المفقودة (متغيرات الحمولة الصلبة بالغرام واللتر) وباقي المتغيرات. أما في مرحلة ثانية، فقد تم تصنيف المشارات التجريبية على شكل مجموعات متجانسة حسب المتغيرات المميزة لكل مجموعة باستخدام التصنيف الهرمي التصاعدي (Classification Hiérarchique Ascendante) المبني على نتائج تحليل المركبة الرئيسية (Analyse en Composantes Principales).

4_1: اختبار الارتباط للعوامل الرئيسة المتحكمة في فقدان التربة

تتعدد أنواع معامل الارتباط وطرق حسابها حسب أنواع البيانات أو المتغيرات التي يتم البحث وتحليل الارتباط فيما بينها، وقد يكون الارتباط بين متغيرات كل منها إسميا أو رتبيا أو فئويا أو حتى خليطا من هذه الأنواع، وبالتالي يختلف المعامل الذي يمكن استخدامه حسب نوع وطبيعة المعطيات والمتغيرات. والحالة المدروسة تتوفر على متغيرات كمية ومتباينة من حيث الوحدة بالإضافة إلى عددها الكبير نسبيا: 20 متغيرة: خصائص المشارات (الجدول رقم 36).

وللبحث عن قوة العلاقة بين المتغيرات نتيجة التجارب، وهي التربة المفقودة وحجم الحمولة الصلبة، ومدة ظهور أول قطرة وانطلاق السيلان، وسمك وعمق التربة المبللة بعد التجربتين، ثم نسبة حجم المواد الأقل من ملمتريين، مع باقي المتغيرات الآخرى باعتبارها السبب، ودلالة الإشارة على اتجاهها، أي ما إذا كانت علاقة طردية (القيم الموجبة) أو علاقة عكسية (القيم السالبة)، تم الاعتماد على اختبار الإرتباط (Test de corrélation) بحساب معامل الارتباطِ (Coefficient de corrélation) واختبار "t– Test de Student" للكشف عن دلالة الفروق الإحصائية بين متوسطات العينات، وذلك لمعرفة الأهمية الإحصائية؛ أي البحث عن نسبة الدلالة للعلاقة بين المتغيرات.

الجدول رقم 36: النتائج الكاملة للمشارات التجريبية (20 متغيرة).

رقم المشارة	النسيج بـ %				حالة السطح بـ%					الانحدار بـ %	المقاومة	الموقع			الحمولة الصلبة		النفاذية (ممكن اظافة النسيج للنفاذية)			
	الطفل	الطمي	الرمل	الأقل من 2 ملمتر	شقوق	غطاء نباتي	حصى	عارية	الخشونة	الانحدار	التماسك kg/cm	Z	X	Y	الوزن بالغرام	الحجم باللتر	النفاذية بسم	حجم الماء المتسرب	مدة النقطة الأولى بالدقيقة	عمق النفاذية بعد التجربة بسنتمر
1	29	26	45	50	1	11	81	11	5	11	4.8	378	720336	424632	12.4	6.38	7.5	2.25	2	7
2	28	28	44	91	45	5	41	11	2	11	3	388	720339	424638	12.5	5.95	9.4	1.35	1.75	9
3	27	28	45	86	1	91	1	11	22	11	4.2	384	720384	424600	6.9	0.58	6.4	21.51	30.87	17
4	28	26	46	92	11	65	1	25	13	11	3	386	720339	424615	15.9	5.2	11.8	2	2	7
5	34	33	33	86	5	5	1	91	9	11	2	389	720314	424614	20.8	2.405	9	12	11.17	8
6	34	33	33	87	21	31	1	51	9	11	3	389	720303	424604	32.7	3.33	9	2.8	2.78	10
7	30	17	53	97	1	1	5	95	1	11	5.7	393	719199	423367	14.5	4.47	9	2.75	2.87	5
8	12	81	7	74	1	1	1	111	1	44	5	414	715147	419400	1452.6	3.9	4	2.5	3	11
9	6	82	12	89	1	45	5	51	3	11	1.8	639	727610	400541	192.7	7.3	1.3	1.33	1.2	8
10	20	60	20	100	35	1	1	65	5	11	3	635	727607	400566	74.9	2.275	1.3	6.5	6.72	6
11	21	61	18	100	5	71	1	25	31	11	2.5	638	727678	400489	9	2.41	4.3	3	3	4
12	22	60	18	100	35	1	1	65	1	11	2.2	640	727680	400489	54.4	6.77	4.3	1	1	5
13	23	61	16	57	11	5	51	35	3	22	3	642	727822	401338	15.2	7.12	5	1.25	1.25	8
14	24	59	17	45	11	55	15	21	61	22	6.5	642	727822	401338	18.4	5.85	5	1.26	1.02	8
15	32	38	30	60	11	1	35	55	4	11	6.8	474	713620	410565	15.7	2.06	3.5	1	0.83	6
16	34	40	26	45	25	1	1	75	1	11	4	475	713555	410584	7.8	4.91	3.5	1	1	6
17	24	58	18	48	1	65	25	11	2	29	4.8	1454	718019	376422	4.6	3.15	25	2	2.05	20

18	25	57	18	68	11	75	15	1	2	56	2	1454	718024	376429	3.5	0.615	25	4	3.83	14
19	12	38	50	27	5	45	51	1	2	40	4.2	1243	719568	378655	13.8	3.89	20.5	1.5	1.5	13
20	11	37	52	24	31	1	71	1	4	18	3	1239	719565	378695	22.2	6.93	7	1.75	1.33	25
21	10	39	51	58	1	85	15	1	26	78	4.1	1219	719577	378701	2.2	1.36	14	2.25	2.5	10
22	21	51	28	60	35	11	55	1	3	27	5.5	749	723170	388867	50.1	6.28	9	0.5	0.67	8
23	20	52	28	60	1	111	1	1	47	33	5.7	725	723195	388900	1	0.68	9	35	30	15
24	19	52	29	60	1	85	11	5	31	11	9	756	723155	388899	3.2	4	9	2.5	1.67	7
25	42	55	3	100	61	1	1	41	3	78	1.8	380	713494	420927	1140.5	3.67	3.5	2	2.17	5
26	44	54	2	100	55	1	1	45	3	60	3	384	713500	420908	921.5	5.04	3.5	0.25	0.75	9
27	30	40	30	84	41	1	35	25	3	11	2.5	351	701748	418639	75.6	6.44	2.5	0.75	0.67	7
28	35	41	24	91	25	75	11	5	17	22	2.2	353	701745	418641	35	7.52	2.5	1.25	1	7
29	2	90	8	97	51	1	15	35	3	4	3	349	701774	418708	94.3	6.54	2.5	1.75	1.5	3
30	16	36	48	56	1	21	81	1	3	22	6.5	1081	752178	391811	8.1	7.16	2.5	1.5	1.25	9
31	15	35	50	53	5	1	95	1	1	22	6.8	1079	752178	391820	106.3	7.76	2.5	1.7	1.33	5
32	17	34	49	76	1	31	11	61	7	11	2.2	1026	751590	391300	31.6	5.58	3.5	1.5	1.28	3.5
33	10	80	10	93	25	41	5	31	3	4	4	997	749689	391068	27.4	5.85	3.5	2.5	2.41	3
34	33	53	14	55	1	111	1	1	76	67	3.4	923	744791	391357	1.1	1.07	3.5	8.25	7.58	13
35	33	52	15	50	1	31	55	15	5	33	5	912	744861	391339	10.5	6.01	3.5	1	1.11	5
36	28	52	20	48	1	111	1	1	66	11	9.7	881	741528	390724	0.5	1.64	2.6	1.5	1.5	7
37	29	51	20	52	15	35	41	11	1	11	9.7	871	741528	390721	21.4	6.57	2.6	1	0.96	6.5

للقيام باختبار الارتباط، تم الاعتماد على برمجية R المفتوح المصدر، باستخدام حزمتي "Factoshiny" و"FactoMiner" (Husson, 2016)، نظرا لكونه يدرس معامل الارتباط بين أكثر من متغيرين، وحساب نسبة دلالة p.value لإختبار Student في نفس الوقت، ثم نظرا لمرونته في تصنيف النتائج والتحكم فيها عكس البرمجيات الآخرى ولو أنها مدفوعة الثمن ولا توفر هذه الشروط.

بعد جمع وضم جميع المعطيات المتوفرة عن المشارات الجدول رقم 36، (درجة الانحدار والموقع والحمولة الصلبة والنفاذية ثم حالة السطح ونسيج التربة)، تم تحليلها بالطريقة المذكورة سالفا. وبعد ذلك، تم تحديد نسبة الدلالة (p.value) أقل من 0.05، وسوف يتم التركيز على النتائج المهمة وعلاقتها بالمتغيرات المتحكم فيها، وتم التوصل إلى مايلي:

حجم التربة المفقودة تتحكم فيه نسبة الانحدار والتربة العارية ونسبة الطمي عكس نسبة الرمل، ثم موقع المشارة من الشمال نحو الجنوب بنسب مختلفة، كما هو موضح بالجدول رقم 37.

الجدول رقم 37: التربة المفقودة (الحمولة الصلبة بعد التجفيف بالغرام)

Variables	Corrélation	p.value
Pente	48.63%	0,00227585
Etat_sol_nu	42.26%	0,00916392
Struct_tx_LIM	34.19%	0.038353303
Etat_fissure	33.24%	0,04445487
Position_Y	32.46%	0,04994594
Struct_tx_SABLE	-46.34%	0,00387078

يتبين من خلال الجدول رقم 37 أن حجم التربة المفقودة له علاقة بقوة الانحدار وهي مسؤولة 49% على هذا الحجم، ونسبة دلالة تقل عن 1%، وحالة السطح العارية تساهم هي الآخرى بنسب مهمة، ثم بنسبة الطمي بالتربة، والشقوق، مما يعني أنها بعد انغلاقها تساهم في التربة المقتلعة وموقع المشارة بالمجال، وهذا يفسر بطبيعة التكوينات حيث في شمال المجال نجد تكوينات رباعية هشة، وكلما اتجهنا نحو الجنوب إلا وتغيرت هذه التكوينات إلى صخارة أكثر مقاومة للتعرية، وبالتالي تتحكم في حجم التربة المفقودة. إلا أن هذه العوامل الثلاثة نسبة دقتها تبقى كبيرة مع العوامل الآخرى، ثم يتبين أن هناك علاقة طردية بين نسبة الرمل في التربة وحجم التربة المفقودة، أي كلما كانت التربة رملية إلا وانخفضت الكمية المقتلعة.

ويتبين كذلك أن حجم الحمولة الصلبة تتحكم فيه حالة السطح الحصوية، ومتغيرات آخرى بعلاقة عكسية، كما يوضح الجدول رقم 38.

الجدول رقم 38: المتغيرات ذات علاقة ارتباط كبيرة بالحمولة الصلبة (باللتر).

Variables	Corrélation	p.value
etat_cailloux	52.47%	0,00085651
pente	-35.69%	0,03014876
infiltration_cm	-38.41%	0,01893246
rugosité	-46.49%	0,00374177
V_infiltre_l	-54.89%	0,0004348
etat_cov_veg	-55.15%	0,00040279
Temp_1G	-56.23%	0,00029266

يتبين من الجدول رقم 38 أن حجم الحمولة الصلبة تتحكم فيه حالة السطح الحصوية وهي الأكثر علاقة به، وتشكل أكثر من 52%، وتقترب فيها نسبة الدلالة من الصفر، والمتغيرات الآخرى تتحكم في حجم الماء السائل بعلاقة عكسية تصل إلى أكثر من 56% كخروج القطرة الأولى، أي كلما كانت المشارة تعرف تسربا كبيرا، إلا وكان حجم السيلان ضعيفا أو منعدما أحيانا. ثم الغطاء النباتي، كلما كان السطح مغطى بالنبات، إلا وقل التسرب، ثم النفاذية وخشونة السطح والماء المتسرب قبل خروج القطرة الأولى كلها لها علاقة عكسية، ومرتبطة بحجم السيلان.

بعد تحديد المتغيرات الرئيسية المتحكمة في فقدان التربية، تم إجراء نفس الاختبار على ثلاث متغيرات: ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان، وسمك التربة المبللة ونسبة التربة الأقل من 2 ملم. بالنسبة لمدة ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان، تم التوصل إلى النتائج المتمثلة بالجدول رقم 39.

الجدول رقم 39: ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان (المدة بالدقيقة)، وعلاقة ارتباطه بالمتغيرات الآخرى

Variables	correlation	p.value
V_infiltre_l	96.45%	0,00000
etat_cov_veg	43.16%	0,00764
infiltration_appr_cm	38.56%	0,01842
Volume_l	-56.23%	0,00029

يتضح من الجدول رقم 39 أن مدة التبليل، أي قبل انطلاق السيلان وظهور أول قطرة خلال التجربة، لها علاقة كبيرة بالماء المفرغ، وهذا طبيعي لأن كلما طالت المدة إلا وازدادت كمية الماء المفرغ، ثم أن الرشاش تقريبا يصب حوالي لتر في الدقيقة، أي أن هناك ارتباط وثيق وطبيعي، ويصل إلى أكثر من 96%، ونسبة الدلالة صفر، ثم أن حالة السطح المتعلقة بالنبات ترتبط وتتحكم في ظهور القطرة الأولى، أي بداية السيلان، بنسبة 43%، أي كلما زادت التغطية النباتية زاد التسرب وكبح السيلان، ثم سمك وعمق التربة المبللة بعد الانتهاء من التجربة، يرتبط هو الآخر بمدة بداية السيلان، حيث كلما زاد عمق وسمك التربة إلا وكانت المدة أطول قبل ظهور القطرة الأولى، ثم أن هناك علاقة عكسية تفوق 56% ونسبة الخطأ تقترب من الصفر، بين مدة ظهور أول قطرة وانطلاق السيلان وحجم الماء المتسرب، أو الحمولة الصلبة، حيث كلما كانت المدة طويلة إلا وكان حجم الماء المتسرب أقل خلال مدة التجربة.

أما بالنسبة لعمق وسمك تبليل التربة بعد التجربة كما توضحه (الصورة رقم 35: قياس عمق التسرب)، وبعد تحليل النتائج، تم التوصل إلى أن هناك ارتباطا مهما بين سمك التربة المبلل بعد نهاية التجربة والنفاذية، ثم الارتفاعات وظهور القطرة الأولى، وعلاقة ارتباط عكسية بين عوامل آخرى كنسبة حجم المواد الأكثر من 2 ملمتر في التربة، وحالة السطوح العارية ثم تموضع المشارة من جنوب إلى شمال مجال الدراسة. وهذه النسب تختلف كما يوضحه الجدول رقم 40.

الجدول رقم 40: سمك التربة المبللة (بالسم) بعد العملية ومعامل ارتباطها بالمتغيرات الآخرى

Variables	correlation	p.value
infiltration_cm	52.72%	0,00080062
Z	42.05%	0,00956102
Temp_1G	38.56%	0,01841526
V_infiltre_l	36.11%	0,02809816
Y	-33.54%	0,04239623
etat_sol_nu	-34.14%	0,03861302
taille_m2mm	-45.98%	0,00419786

يتبين من الجدول رقم 40 أن النفاذية ترتبط بشكل وثيق وتتحكم في سمك التربة المبللة حيث يتجاوز 52%، ثم كلما اتجهنا نحو الشمال إلا وانخفض سمك التربة المبللة، أي قلت النفاذية وكذلك الارتفاع، وهذا يرجع إلى نسيج التربة حيث في سافلة الحوض توجد تكوينات طفلية تعود للزمن الثالث (الميوسين)، ثم في وسط الحوض توجد بعض المواد الهشة، وهي تكوينات رباعية متوسطة النفاذية، ثم في العالية توجد تكوينات سفحية على قواعد صخرية قديمة كالشيست، ولكنها مفتتة بما يسمح بالنفاذية، وبالتالي ازدياد سمك الطبقة المبللة وارتفاع التسرب.

أما نسبة المواد الأكثر من 2 ملم في التربة، فإنها تعمل على تشتيت الماء وبالتالي زيادة التسرب، أي كلما كانت التربة بها نسبة عالية من المواد أقل من 2 ملم، إلا وكان السيلان مرتفعا، وبالتالي يكون فقدان التربة كبيرا. بعد تحليل علاقة نسبة هذه المواد بالمتغيرات الآخرى، تم التوصل إلى الجدول رقم 41.

الجدول رقم 41: نسبة التربة الأقل من 2 ملمتر ونسبة ارتباطها بالعوامل الآخرى

Variables	correlation	p.value
Y	61.29%	0,00005519
etat_sol_nu	46.75%	0,003526046
etat_fissure	44.02%	0,006396232
infiltration_appr_cm	-45.98%	0,004197864
Consistance	-51.12%	0,001223117
etat_cailloux	-56.89%	0,000238516
Z	-59.33%	0,00010887

من خلال الجدول رقم 41، يتبين أن نسبة المواد الأقل من 2 ملمتر تزداد باتجاه الشمال، وذلك تبعا للتكوينات الصخرية كما ذكرنا سابقا، ويفوق هذا الارتباط 60% بنسبة دلالة صفر تقريبا. نستنتج أنه كلما

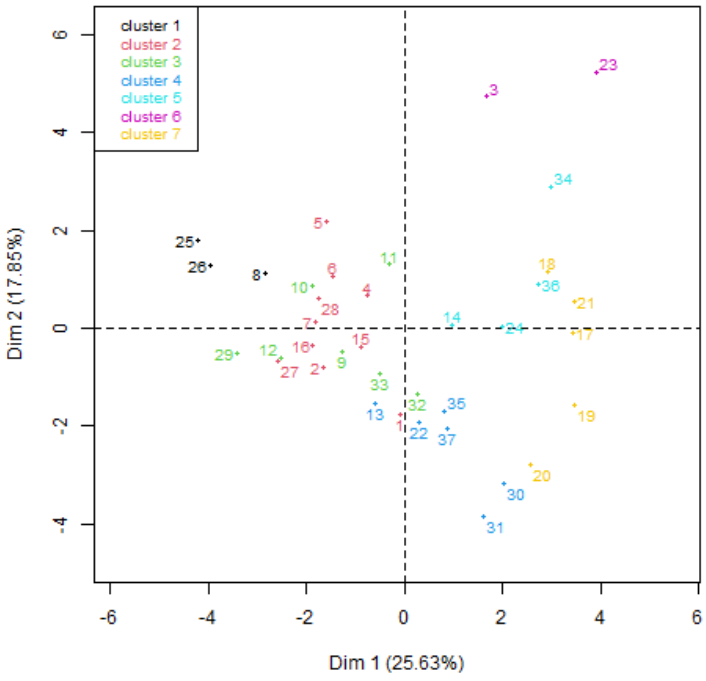
اتجهنا إلى السافلة (الشمال)، إلا وازدادت المواد الدقيقة، يعني المحمولة بفعل المياه. وكلما كانت السطوح مفتوحة إلا وكانت نسبة المواد كبيرة، ثم السطوح تعرف شقوقا، كالقشرات المطرية، وهذا ما يؤكد ما تم التوصل إليه سابقا بأن السطوح ذات القشرات المطرية هي سريعة السيلان، وبالتالي حجم الحمولة الصلبة كبير والتربة مفقودة أكثر. يتبين كذلك أن هناك علاقة طردية بين سمك التربة المبللة ونسبة هذه المواد. كلما كانت التربة تتميز بمواد كبيرة الحجم، أكثر من 2 ملم، بمعنى حصوية، إلا وزاد معها سمك التربة المبللة والعكس. وهذا ما يؤكد ما أشرنا إليه سابقا حيث يصل العمق أحيانا إلى 25 سم بفعل هذه المواد الأكثر من 2 ملم. وكذلك هذا ما تؤكده السطوح الحصوية حيث أنها تعرف نسبة ارتباط تقترب من 57%، بنسبة دلالة صفر تقريبا، وكذلك تبعا للارتفاعات كما ذكرنا سابقا.

يمكن دراسة كل المتغيرات الكمية للمشارات التجريبية ولكن تم الاقتصار فقط على ذات الأهمية الكبيرة والتي تشكل نتيجة، وليس سببا، لتجنب تكرار العلاقة بين المتغيرات.

4_2: تصنيف المشارات التجريبية

تم الإعتماد في تصنيف المشارات التجريبية على خاصية التصنيف المتوفرة بحزمتي Factoshiny/FacoMiner، حيث تقوم البرمجية بإجراء تحليل المركبة الرئيسية (Analyse en composantes parincipales) لكي تكون نتائجها هي أساس عملية التصنيف الهرمي التصاعدي[21] classification hiérarchique ascendante (Joe H, 1963).

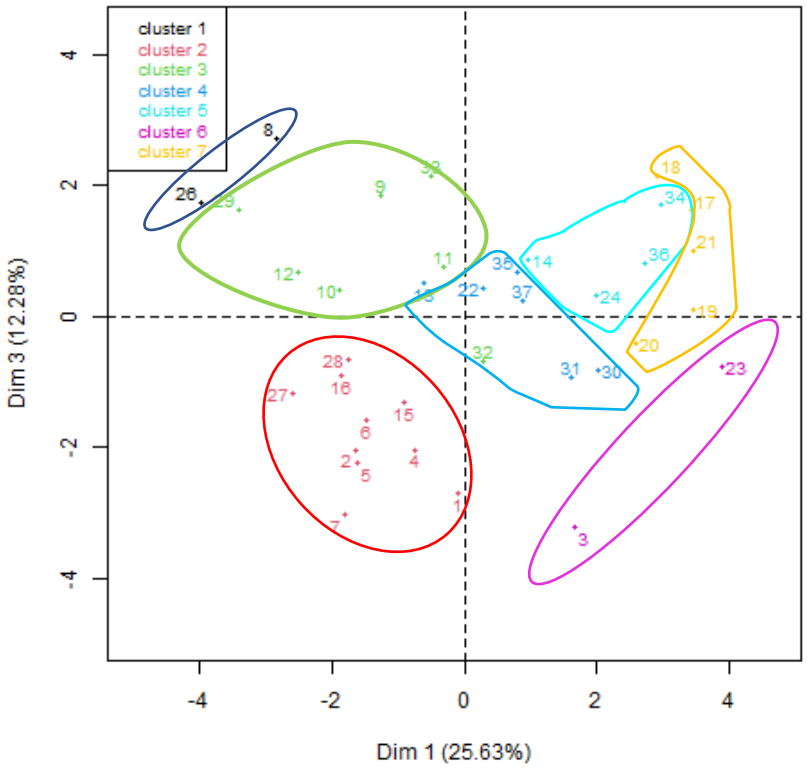
تم تصنيف المشارات التجريبية إلى سبع مجوعات متجانسة كما هو موضح في الأشكال الثلاث الموالية.



الشكل رقم 82: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثانية

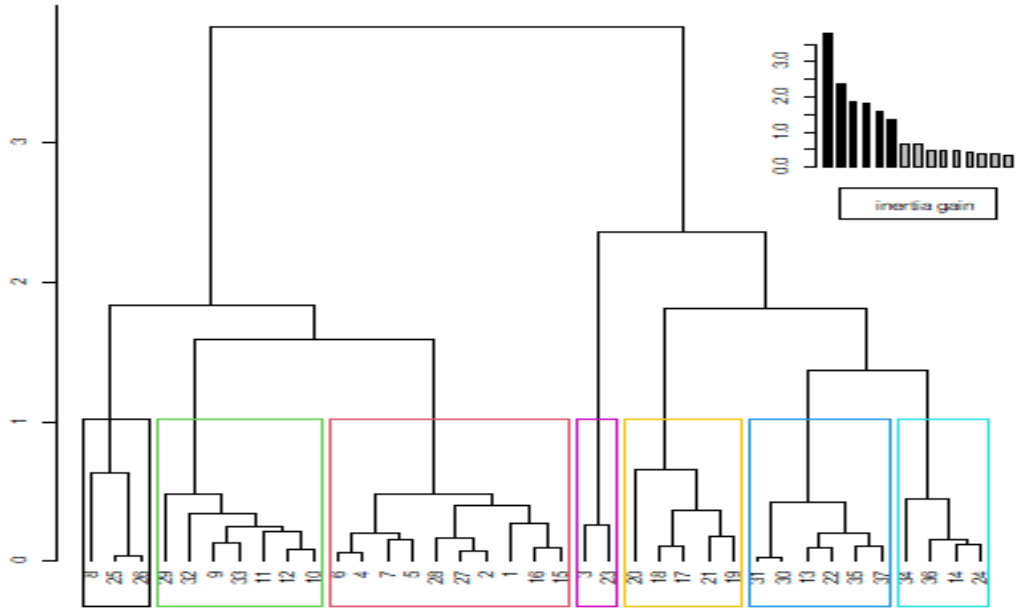
المصدر: مخرجات برمجية R

[21] تم هذا التصنيف بطريقة Ward بحساب المسافة الإقليدية.



الشكل رقم 83: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثالثة

المصدر: مخرجات برمجية R

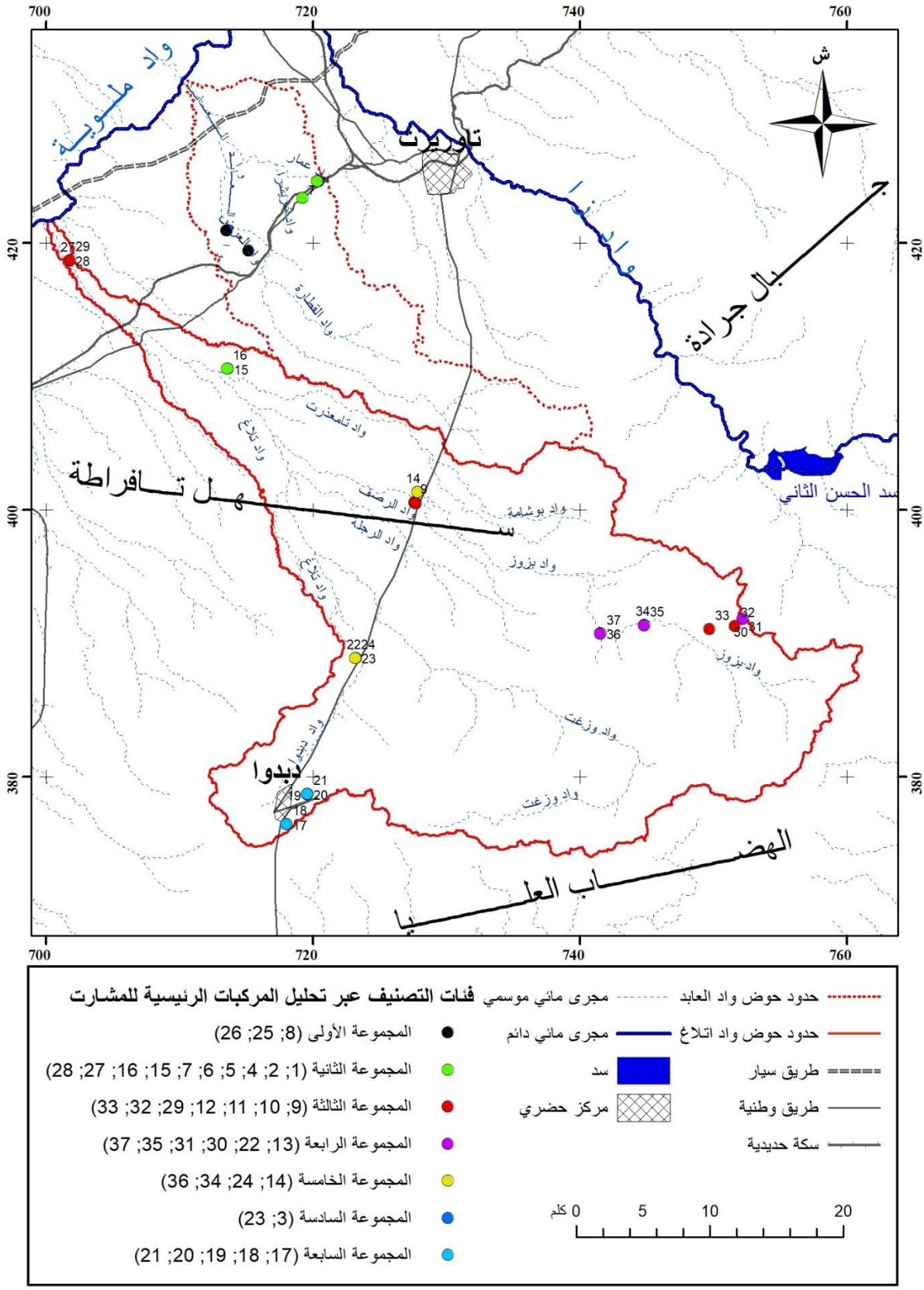


الشكل رقم 84: مخطط شجرة التصنيف الهرمي الصاعد

المصدر: مخرجات برمجية R

بعد تصنيف المشارات انطلاقا من معطيات نتائج الجدول رقم 36، والبحث في العلاقات بين المتغيرات المدخلة (20 متغيرة)، وبالتحليل عبر المركبات الرئيسة، يتضح أن المركبة الأولى تفسر تقريبا 26% من معطيات المتغيرات، ثم المركبة الثانية تفسر 18%، أي مجموع المركبتين يفسران 44% من المعطيات. والمركبة الثالثة تفسر تقريبا 13%، أي مجموع المركبات الثلاثة يصل إلى 57% من تفسير

معطيات هذه المتغيرات. وبعد ذلك، تم تمثيل هذا التصنيف على المجال لقراءة العلاقات بين هذه المشارات وتجانسها، من خلال مجموعات أو فئات (الشكل رقم 85).



الشكل رقم 85: فئات التصنيف عبر تحليل المركبات الرئيسية للمشارات التجريبية

عند مستوى الدلالة P.Value=0.05، يمكن ترتيب المتغيرات حسب مساهمتها في هذا التصنيف إلى مساهمة قوية (أكثر من 0.8)، وأكثر من متوسطة (محصورة بين 0.6 و0.8)، ومتوسطة (محصورة بين 0.5 و0.6)، وإلى أقل من المتوسط (أقل من 0.5). فمن خلال الجدول رقم 42، يتبين أن متغيرات حجم التربة المفقودة، والموقع، والنفاذية، ومدة خروج القطرة الأولى وانطلاق السيلان، وحالة خشونة السطح، تساهم بشكل كبير في التمييز بين المجموعات، أما باقي المتغيرات، فقد ساهمت بنسب متوسطة أو أقل ومتفاوتة في هذا التصنيف.

الجدول رقم 42: مساهمة المتغيرات في التمييز بين المجموعات

	Variables	Eta2	P-value
قوية	Charge_Poids_g	0.953	1.35e-18
	Permeabilite_Temp_1G	0.911	1.92e-14
	Position_Z	0.836	1.59e-10
	Permeabilite_V_infiltre_l	0.836	1.68e-10
	Position_Y	0.834	1.87e-10
	Etat_rugosite	0.796	4.02e-9
أكثر من متوسطة	Permeabilite_infiltra_appr_cm	0.696	0.00000122
	Permeabilite_infiltra_cm	0.671	0.00000371
	Struct_taille_m2mm	0.655	0.00000732
	Pente	0.619	0.0000287
	Etat_cov_veg	0.615	0.0000332
متوسطة	Etat_cailloux	0.587	0.0000889
	Struct_tx_LIM	0.571	0.00015
	Position_X	0.516	0.000756
	Struct_tx_ARG	0.513	0.000833
	Etat_sol_nu	0.511	0.000884
أقل من المتوسط	Consistance	0.48	0.00196
	Charge_Volume_l	0.462	0.00309
	Struct_tx_SABLE	0.443	0.00486

أما فيما يتعلق بالخصائص المميزة لكل مجموعة، فالجدول رقم 43 يوضح المتغيرات المشكلة لكل مجموعة حسب قيمة الإختبار V.test ونسبة الدلالة (p.value). وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الإختبار V.test تعتبر مؤشرا يسمح بترتيب المتغيرات المميزة لفئة أو مجموعة ما باعتبار كل متغير على حده[22] (Alain, 1984).

[22] كلما كانت القيمة المطلقة لقيمة الإختبار V.test أكبر من 2 إلا وكانت للمتغير أهمية في تحديد الفئة أو المجموعة، بالإضافة إلى أن إشارة هذا المؤشر تشير إلى اتجاه مساهمة المتغير في تحديد الفئة.

الجدول رقم 43: الخصائص المميزة لكل مجموعة حسب التصنيف الهرمي.

المجموعات وأرقام المشارات التجريبية	Variables المتغيرات	قيمة الإختبار v.test	نسبة الدلالة p,value
المجموعة الأولى (8,26,25)	Charge_Poids_g	5,84	0,000000
	Pente	3,29	0,000985
	Etat_fissure	2,33	0,020018
	Etat_sol_nu	2,13	0,032851
	Struct_tx_SABLE	-2,77	0,005647
المجموعة الثانية (1,2,4,5,6,15,16,27,28)	Position_Y	3,97	0,000071
	Struct_tx_ARG	2,87	0,004137
	Struct_tx_SABLE	2,04	0,041684
	Pente	-2,13	0,033014
	Position_X	-2,66	0,007915
	Position_Z	-3,45	0,000565
	Struct_tx_LIM	-3,52	0,000430
المجموعة الثالثة (9,10,11,12,29,32,33)	Struct_tx_LIM	3,17	0,00154
	Struct_taille_m2mm	3,00	0,00273
	Pente	-2,14	0,03218
	Consistance	-2,20	0,02747
	Permeabilite_infiltra_appr_cm	-2,49	0,01281
	Struct_tx_ARG	-2,92	0,00346
المجموعة الرابعة (13,22,30,31,35,37)	Etat_cailloux	3,93	0,00009
	Position_X	2,98	0,00284
	Charge_Volume_l	2,70	0,007022
	Consistance	2,23	0,025484
المجموعة الخامسة (14,24,34,36)	Etat_rugosite	4,92	0,00000
	Etat_cov_veg	3,09	0,00199
	Consistance	2,82	0,00484
المجموعة السادسة (3,23)	Permeabilite_Temp_1G	5,71	0,00000
	Permeabilite_V_infiltre_l	5,45	0,00000
	Etat_cov_veg	2,53	0,01138
	Permeabilite_infiltra_appr_cm	2,26	0,02379
	Charge_Volume_l	-2,55	0,01083
المجموعة السابعة (17,18,19,20,21)	Permeabilite_infiltra_cm	4,66	0,00000
	Position_Z	4,35	0,00001
	Permeabilite_infiltra_appr_cm	3,94	0,00008
	Pente	2,43	0,01516
	Etat_sol_nu	-2,09	0,03696
	Struct_taille_m2mm	-2,77	0,00553
	Position_Y	-3,61	0,00030

يتضح أن هناك ارتباطا وثيقا في مجموعات التصنيف، فالمجموعة 1 تمثل المشارات ذات ذات أساس صخري صلصالي، والتي فقدت كميات كبيرة من التربة، حيث تشكل هذه المجموعة بمفردها 81% من التربة المفقودة، وهي تقع في سافلة حوض واد العابد، قرب حامة سيدي شافي.

المجموعة 2، جلها بوار وعارية ورعوية، أو مستريحة، وتربتها عبارة عن طمي، وبعض سطوحها حصوية، وهي تتوزع على شكل شريط تبعا لوسط الحوض من الشرق نحو الغرب.

المجموعة 3، أغلبها محروثة وفوق انحدار لا يتعدى 5 درجة، والقاسم المشترك بين هذه المجموعة أنها تعرف فقدانا أقل من المجموعة الأولى والثانية، وتتوزع على الأراضي المنبسطة المحروثة على شكل شريط من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي لحوض اتلاغ.

المجموعة 4 تتوزع على أقدام الجبال بجنوب الحوض، والقاسم المشترك بهذه المجموعة هو أنها تتميز بالتكوينات السفحية لأقدام الجبال، وهي ذات تماسك مرتفع للتربة، ومنها ما هو حصوي نسبيا، ثم بعضها يعرف غطاء نباتيا كالحلفاء أو إكليل الجبل، وهي تمتد على شكل خطي من الشرق نحو الغرب.

المجموعة 5 تمثل مشارات ذات غطاء نباتي، أي أن خشونة سطحها كبيرة وتربتها متماسكة.

وتأتي المجموعة 6 بمشارتين فقط، وهي ذات غطاء نباتي، ولكن بخشونة سطح كبيرة، أي نبات مرتفع نسبيا مقارنة مع المشارات الآخرى، ثم حمولة صلبة تقل عن 10غ/ل.

المجموعة 7 والأخيرة تتركز في عالية حوض اتلاغ، ناحية دبدو، وهي توجد فوق أساس صخري مقاومة ومتوسطة المقاومة للتعرية، كالكلس الدلومي، والشيست.

يتضح من خلال شكل تصنيف المشارات وتوزيعها المجالي أن هناك منطقا يحكم هذا التصنيف، وهو تكوينات المشارات التجريبية، وهذا ما يؤكد اختيار توزيع مواقع المشارات من العالية نحو السافلة منذ بداية التجارب، ثم تأكيد فرضية اختلاف التكوينات الصخرية للمشارت التجريبية هو المتحكم في التربة المقتلعة.

خلاصة

إتضح من خلال جرد مختلف آليات وأشكال التعرية المائية أن خطورة التعرية بهذه المجالات، أصبحت قوية من خلال تطورها السريع. وتتجلى في هيمنة أشكال التخديد والسيلان المركز الناتج عن تطور دينامية التعرية الغشائية. لذلك، تم القيام بقياسات مباشرة للسيلان والإزالة على مستوى المشارات التجريبية، باستعمال المقلد المطري ("RAMPE" Simulateur de pluie) تبعا لتجربة (Roose, 1996)، للتمكن من إبراز حجم الدينامية الحالية للتعرية التي تكون في معظمها متسترة وخفية بهذه الأوساط القاحلة، وهي كذلك ذات حمولات صلبة قوية يجرفها السيل عند حدوث تساقطات مطرية قوية مركزة أو أمطار مسترسلة.

كانت نتائج القياس على مستوى المشارات التجريبية المختارة متباينة من حيث تصنيفها، مشارات عارية ومغطاة ثم محروثة ومستريحة، وفئات متجانسة من طبيعتها كنوع التربة والتوجيه ثم الانحدار. كان الهدف من تجربة القياس، هو المقارنة أساسا بين نتائج المشارات في ظروف طبيعية مختلفة، وذات سطوح وأنماط استغلال مختلفة كذلك.

كشفت هذه التجارب عموما، عن ضعف معامل الجريان بالمشارات ذات سطوح بها غطاء نباتي، خاصة الحلفاء وإكليل الجبل التي سجلت أدنى قيم للسيلان، والمحروثة بالتوازي مع خطوط التسوية، مقارنة مع المشارات ذات السطوح العارية والمشارات ذات الانحدار القوي، كما يتضح تباين تساقطات التبليل، وذلك بسبب طبيعة السطوح المغطاة، حيث تساهم نسبة التغطية النباتية في الرفع من حجم مياه التسرب والتقليل من حجم الحمولة الصلبة، لكن قد يتدخل عامل الانحدار القوي وطبيعة التربة في الرفع من حجم السيلان. ثم يتبين كذلك أن المواد الأكثر خشونة في التربة، أي الأكثر من 2 مم، تساهم في تعمق التسرب وسمك النفاذية، وبالتالي التقليل من الجريان السطحي. فرغم اختلاف طبيعة استغلال المشارات، فإن نسب الإزالة، تبقى متفاوتة بين المشارات في هذا الوسط الهش طبيعيا والمجتث من غطائه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندكاك التربة ورصها، وتكوين قشرة ناتجة عن التصلب على شكل صفائح تعمل على تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة، وتؤدي إلى التقليل من المسامية والنفاذية، وبالتالي ارتفاع الجريان.

وتبين المقاربة الإحصائية بالتحليل عبر المركبات الرئيسية PCA والتصنيف الهرمي التصاعدي، واعتماد أسلوب معامل الارتباط أن هناك علاقة مهمة بين هذه المتغيرات، وهي التي تتحكم في تباين التربة المفقودة خلال التجربة، وتؤكد بالأرقام، ما تم التوصل إليه خلال دراسة السلوك الهيدرولوجي، والنتائج الإجمالية داخل المشارات التجريبية، من حيث توحل مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحل، ثم التدهور النوعي للأراضي من خلال هذه التجربة، وكذا تفاوت حجم النفاذية والسيلان بهذه المجالات؛ حسب أنماط الاستغلال والتكوينات الصخرية، وتوزيع المشارات داخل مجال الدراسة.

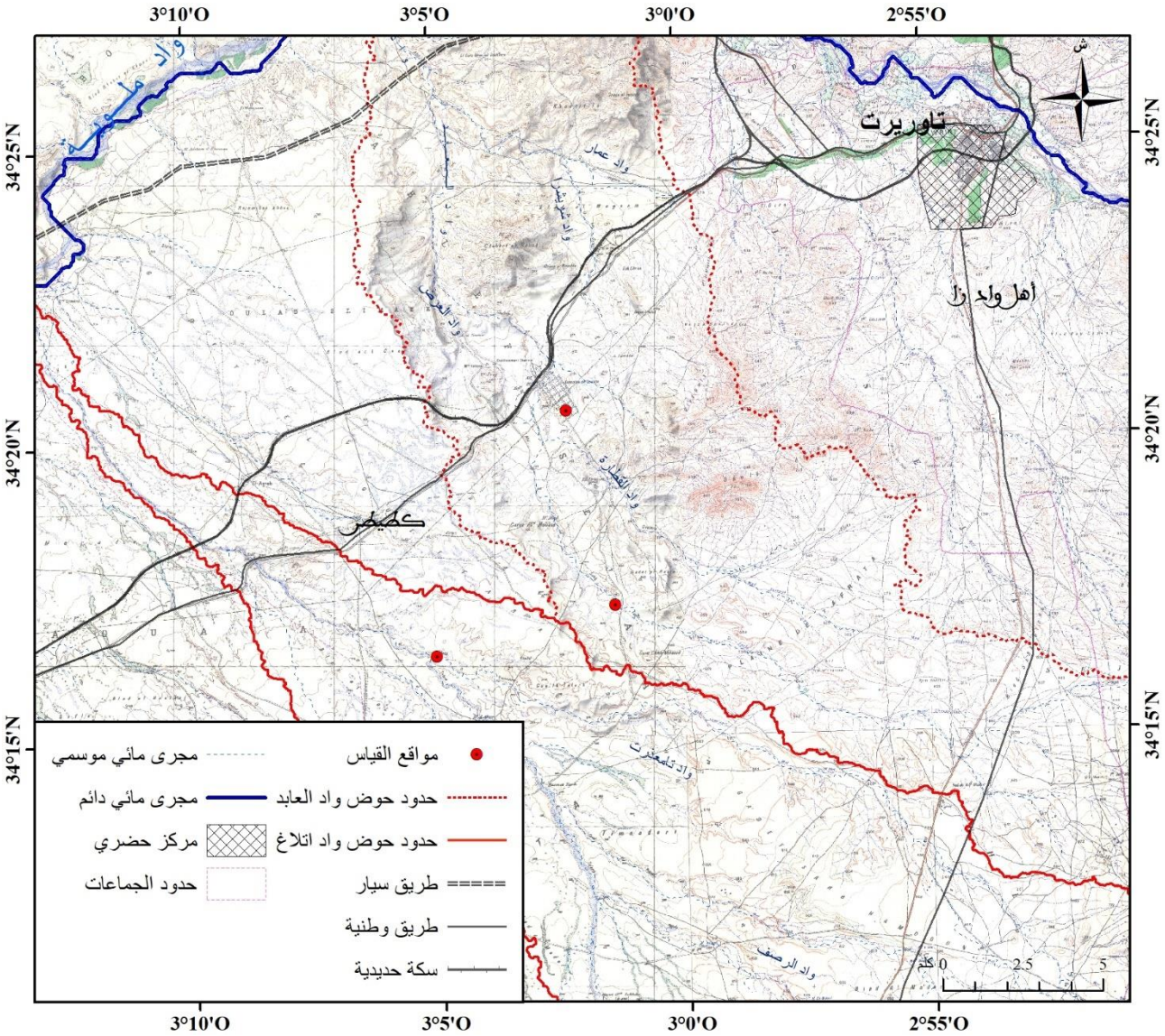
الفصل السادس: تتبع وقياس التعرية الموضعية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي

(جهاز التموضع العالمي، وتقنية المسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة)

مقدمة

تبين من خلال دراسة تطور مظاهر تدهور التربة، ومن خلال تكميم التعرية بالمعادلة العامة، والتقييم النوعي للتعرية، أن مجال الدراسة يعرف مواقع مهمة تنشط بها التعرية التراجعية، التي تفقد كميات مهمة من الترب. إلا أن المعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن للتعبير عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لابد من دراسة حالات التعرية الموضعية التي يمكن أن تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف المرات، مقارنة مع تكميم التعرية الغشائية. ولعدم إغفال دور التعرية الموضعية (تقويض الضفاف والأساحل أي التعرية المركزة)؛ تمت في هذا الفصل دراسة ثلاث حالات تعرف دينامية مهمة (الشكل رقم 87)، وذلك خلال الزيارات المتكررة لهذه المواقع وقياسها مباشرة في الميدان، بآليات حديثة ودقيقة للمسح الطبوغرافي، للتمكن من استيعاب كمية المواد المفقودة الناتجة عن هذه التعرية بمختلف أحجامها والتي تترسب بعضها في السد، لأنه لا يمكن تعميم ظاهرة موضعية محددة على مساحات غير معنية بها، بل قياسها لوحدها.

يتبين من خلال تتبع مظاهر تدهور التربة أن بعض الأشكال سريعة التطور كالأساحل في بعض مناطق الدراسة مثل حالات قرب حامة سيدي شافي التي تعرف تدهورا كبيرا ناتجا عن عمليات الحفر الجانبي قد يصل إلى 4 أمتار سنويا. ويتضح كذلك أن هناك فرقا كبيرا في تسارع هذه الظاهرة حيث مناطق واد العابد وواد القطيطر وواد القطارة، وواد الشريشرة، ثم سهب الفيضة (وسط حوض العابد)، تتسارع بها هذه الدينامية، عكس بعض النقط في حوض اتلاغ، كسهب الغزال قرب واد تمعدرت من روافد واد اتلاغ، التي تعرف استقرارا نسبيا حيث لا تتعدى بعض السنتيمترات في السنة، علما أنها توجد على نفس التكوينات، ونفس الانحدارات إلا أنها أحواض مختلفة. لهذا السبب تم اختيار موقع سهب الفيضة، ومساحة قرب واد القطارة لها دينامية سريعة، وسهب الغزال مستقر نسبيا (الشكل رقم 86).



الشكل رقم 86: مواقع قياس التعرية التراجعية (الأساحل)، بأجهزة المسح الطبوغرافي داخل حوضي اتلاغ والعابد

المصدر: الخرائط الطبوغرافية 1/50000، تاوريرت والعقرب.

تم التطرق إلى هذه القياسات باعتماد آليات وأدوات حديثة ودقيقة القياس (نسبة الخطأ أحيانا تقل عن 1 سم) كالماسح الثلاثي الأبعاد للأعمال الطبوغرافية، Scanner 3D، ودقته أقل من 1 سم، والطائرة المسيرة Drone UAV لاستخراج النموذج الرقمي للارتفاعات تقل دقته على 5 سم، ثم محطة جهاز التموقع العالمي GPS Leica 1200، بطريقة نسق التصحيح اللحظي التي يقل فيها هامش الخطأ عن 5 سم، بهدف القياس والمقارنة بين هذه الطرائق من جهة، وكذلك وضع نقط مرجعية للرجوع إليها مرة أخرى، وتصحيح نقط الطائرة المسيرة للمقارنة بين الفترات.

الهدف من هذا القياس هو مسح هذه المواقع قصد حساب حجم التربة المفقودة. وبعد مقارنة هذه النماذج فيما بينها كالنموذج الرقمي للارتفاعات بنظام التموقع العالمي، مع السحابة النقطية المستخلصة من الماسح الثلاثي الأبعاد، والنموذج الرقمي للارتفعات والسحابة النقطية بالطائرة المسيرة، تم تحديد الطريقة الأفضل لاعتمادها في استنباط واستخراج كمية التربة المفقودة، ومساحة تطور الأساحل بين فترتين، لأن

الهدف كان في البداية هو تتبع هذه المواقع فصليا أو على الأقل سنويا، ولكن تبين أنه من الصعب تتبعها في فترات قصيرة وذلك لإكراهات متعددة. تم الاكتفاء بفترة واحدة فقط انطلاقا من الصور الفضائية العالية الدقة التي يوفرها Google Earth منذ سنة 2006، وقياس سنة 2021.

المحور الأول: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بجهاز التموضع العالمي GPS

تجدد جهات علم المساحة ورسم الخرائط باستمرار ما تحتاجه لمهامها من أدوات أحدث لزيادة الإنتاجية والحصول على معطيات على مستوى عال من الدقة، وذلك مع ارتقاء التكنولوجيا وانتشارها. يتم استخدام معايير الدقة التي يوفرها نظام التموقع العالمي مع تعزيزات أرضية، تمكن من الحصول على نتائج سريعة لعمليات القياس، مما يقلل بقدر كبير من حجم وعدد المعدات وساعات العمل التي عادة ما تتطلبها الطرق التقليدية الأخرى للقياس. وفي الوقت الراهن، أصبح في مقدور مساح أو باحث بمفرده أن يحقق في يوم واحد من العمل، ما كان يحققه فريق كامل خلال عدة أسابيع.

ومن بين هذه الأدوات الحديثة، ظهر نظام التموضع العالميGlobal Position System: GPS، بدأ من قبل مع وزارة الدفاع الأمريكي سنة 1974. وكان مقتصرا على الاستخدامات العسكرية إلى حدود سنة 1983 عندما سمح باستخدامه لأغراض مدنية. وذلك بعد وضع خطأ متعمد يصل إلى 100 م في الأغراض المدنية، أما العسكرية فكانت أكثر دقة. لكن حاليا ومع التطور الذي قامت به الشركات المنتجة لأجهزة تحديد الإحداثيات تقلص هامش الخطأ ليصل إلى نتائج دقيقة لا تتعدى سمترات.

يعمل نظام التموضع العالمي باستقبال الجهاز (GPS) الإشارات الفضائية من ثلاثة أقمار صناعية على الأقل في آن واحد لكي يستطيع تحديد الإحداثيات والتوقيت العالمي، أو أربعة أقمار أو أكثر لتحديد الإحداثيات والتوقيت العالمي والإرتفاع عن سطح البحر. والأقمار الصناعية تقوم ببث إشارة فضائية لكل نقطة على سطح الأرض. وعندما يستقبل جهاز (GPS) الإشارة يعرض المعلومات بعد تحليلها، وتتفاوت أجهزة تحديد الإحداثيات في عدد الأقمار التي يمكن استقبال الإشارة، حيث يصل بعضها إلى إمكانية إستقبال عشرة أقمار في آن، وتحتوي ذاكرة الجهاز على سجل كامل لمواقع الأقمار في أي وقت.

من مزايا نظام التموضع العالمي أنه يوفر صورا ومعلومات مجسمة ودقيقة للغاية لمعالم السطح الطبيعية والبشرية التي يمكن عرضها على تصاميم ونماذج تبين أي شيء على السطح بدقة عالية، وتستخدم معلومات النظام المتعلقة بهذه الظواهر والمواد كعنصر أساسي لتغذية نظم المعلومات الجغرافية، وهي النظم التي تقوم بتجميع وتخزين وعرض ومعالجة معلومات ذات إسناد جغرافي. بخلاف الطرق التقليدية، لا يتأثر نظام التموقع العالمي بمعوقات مثل مدى وضوح خط الرؤية بين محطات الإسناد (المحطات المرجعية)، علاوة على إمكانية زيادة المسافة بين هذه المحطات، التي تصل إلى 5 كلم بطريقة (الرصد المتحرك اللحظي) وإلى ما بين 15 إلى 20 كلم بطريقة الرصد الثابت، ومع وصل النظام بموجات الراديو، يمكن تحقيق مستوى من الإنتاجية يستحيل تقريبا بلوغه باستخدام وسائل المسح البصرية، مع الحصول على

معلومات في الوقت الفعلي وتحقيق مستوى من الدقة إلى حد السمتر الواحد، في كلتا حالتي التوقيع والرفع، كما تزيد مرونة النظام بالسماح بإنشاء محطات المسح الطبوغرافي في المواقع التي يسهل الوصول إليها بدلا من اللجوء إلى قمم التلال كما كان معمولا به من قبل.

ينفرد نظام تحديد التموضع العالمي بعدد من المزايا أدت إلى انتشار استخدامه على نطاق واسع على مستوى العالم وفي مختلف التطبيقات، ونذكر من بين هذه المزايا ما يلي:

- لا يحتاج إلى وجود رؤية متبادلة بين النقط المرصودة في الأعمال المساحية.
- يوفر أرصادا على مدار أربع وعشرين ساعة في اليوم، وفي أي مكان على سطح الكرة الأرضية
- لا يتأثر بالعوامل الجوية (غيوم، أمطار، غبار، ثلوج). وله إنتاجية عالية.
- لا يتطلب تشغيله سوى عدد قليل من العاملين.
- يقدم مستوى عال من الدقة، وإمكانية تحديد التوقيت بدقة عالية.
- تتوفر أجهزته بأسعار متفاوتة حسب دقتها، مما يجعلها في المتناول.

من العوامل المؤثرة في نظام التموضع العالمي ولحساب دقة الموقع يجب الأخذ بعين الاعتبار عامل تأثير الغلاف الجوي على الإشارات المرسلة، وعامل تأثير مجال الجاذبية الأرضية على الإشارات المستقبلة حيث أن الجاذبية تعمل على ازدياد ترددها كلما اقتربت من الأرض.

ومن أهم مصادر الخطأ في إشارة هذا النظام يمكن ذكر :

- أخطأ ناتجة عن بطء الإشارة من القمر الاصطناعي، لأن الإشارة تقل حركتها عندما تجتاز الغلاف الجوي في طريقها إلى الجهاز، وعادة ما تكون أجهزة الاستقبال مزودة بنظام يقوم بحساب معدل التأخر من أجل تصحيح هذا الخطأ.
- أخطأ ناتجة عن انعكاس أو ارتداد الإشارة نتيجة لاصطدامها بعوائق مثل البنايات الطويلة أو الصخور والجبال... وهذا من شأنه أن يزيد من سرعة انتقال الإشارة وبالتالي يسبب أخطاء.
- أخطأ ناتجة عن الساعة الداخلية للجهاز، لأن هذه الساعة ليست بالدقة التي تكون عليها الساعة الذرية الموجودة في القمر الاصطناعي، وبالتالي قد تحصل أخطاء بسبب التوقيت.
- عدد الأقمار الاصطناعية التي يستطيع الجهاز رصدها، فكلما زاد عدد الأقمار، كلما زادت الدقة، والعكس صحيح، فالمباني والمجالات الكهربائية والمغناطيسية تسبب عدم رصد الجهاز للأقمار وتسبب قطع الإشارة ثم الأخطأ في التحديد أو حتى إحتمال عدم قدرة الجهاز على تحديد الموقع نهائيا.

أما فيما يخص علاقة نظام التموقع العالمي بالجيويد[23]، فمن خلال أنظمة الملاحة العالمية عبر الأقمار الصناعية GNSS اختصارا لـ(Global Navigation Satellite Systems)، يقدم النظام العالمي للتموضع الإحداثيات ثلاثية الأبعاد: خط الطول ودائرة العرض والإرتفاع، لكن المرجع الذي تنسب

[23] حسب تعريف الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية والمسح العقاري والخرائطية، الجيويد هو سطح تساوي الجهد لحقل الجاذبية الأرضية الذي ينطبق مع متوسط سطح البحر، مرجع قياس الارتفاعات. يتم تحديد الجيويد أساسا انطلاقا من قياسات الجاذبية، موازاة مع مشروع حساب الجيويد الوطني، تم تحديد جيويد أولي مسمى الجيويد الهجين للمغرب 2016 (GHM16).https://www.ancfcc.gov.ma/GeoideAr /

له ارتفاعات نظام التموضع العالمي هو الإلبسويد[24] WGS84 (النظام العالمي الموحد)، أي أن القيم تدل على ارتفاع النقطة من سطح هذا الإلبسويد، ولذلك تسمى الارتفاعات الإليبسويدية أو الجيوديزية. نوع الارتفاعات المطلوبة في معظم التطبيقات الهندسية هو الارتفاع المقاس من متوسط منسوب البحر اختصارا لـ (Mean Sea Level) MSL، وهو الارتفاع الذي يأخذ اسم منسوب في مصطلحات المساحة؛ هذا فيما يخص النظام العالمي الموحد. أما إسقاط المغرب فنرمز له ب NGM (Nivellement Général du MAROC)، ويعرف هذا النوع من الارتفاعات باسم الارتفاع الأرثومتري، والمرجع لهذه الارتفاعات هو الجيويد: أي سطح متساوي الجهد يقترب بنسبة كبيرة جدا من متوسط منسوب البحر(داود، 2010) ويعد هو الشكل الحقيقي للأرض، لكنه وللأسف الشديد سطح متعرج غير منتظم ليست له معادلات حسابية لوصفه، وبالتالي لا يمكن استخدامه في حساب الإحداثيات وإسقاط الخرائط، نتيجة لعدة عوامل أهمها عدم تجانس كثافة طبقات الأرض لكي يتم تحويل ارتفاع نظام التموضع العالمي (ارتفاع جيوديزي) إلى الارتفاع الأرثومتري (المنسوب)، فإننا نحتاج لنموذج دقيق من الجيويد، أي معرفة قيمة كل نقطة نريد تحويل ارتفاعها إلى منسوب، وهنا تأتي الصعوبة لأن تطوير نموذج دقيق للجيويد يعتبر عملية صعبة جدا.

1_: طرق الرصد

1_1: الرصد الثابت Statique

هي أقدم طرق الرصد – المساحية بصفة عامة – المعروفة في استخدام نظام التموقع العالمي، وهي أن يحتل جهاز (أو أكثر) نقطة (أو أكثر) من الثوابت الأرضية (النقط المرجعية أو الأنصاب أو BM بلغة المساحة) معلومة الإحداثيات على أن يحتل الجهاز الآخر النقطة المجهولة (المطلوب تحديد إحداثياتها) لمدة لا تقل عن 30 دقيقة من الرصد المتزامن (Observations simultanées)، وبذلك يتم تكوين خط قاعدة، ويتم رصد الخط (فرق X، فرق Y، فرق Z) بين كلا النقطتين، وطالما أن النقطة الأولى معلومة الإحداثيات، فيمكن حساب إحداثيات النقطة الثانية من خط القاعدة هذا. وتكون فترة الرصد أو ما يطلق عليها "دورة" لا تقل عن نصف ساعة (رصد مشترك بين النقطتين في نفس الوقت) للوصول إلى دقة جيدة في حساب خط القاعدة، ومن ثم حساب إحداثيات النقطة المجهولة. وفي الأعمال عالية الدقة (الشبكات) يفضل أن تفوق الدورة ساعة وأحيانا ساعتين، لأن القاعدة الأساسية هي: "كلما زاد وقت الرصد، كلما زادت كمية الرصد فتزيد الدقة في الحسابات".

1_2: رصد الشبكات

تقريبا هي نفس طريقة الرصد الثابت لكن مع استخدام عدد من الأجهزة (وليس 2 فقط) تحتل مجموعة من النقط في نفس الوقت. وغالبا ما تكون هناك نقطتان (من نقط الشبكة المرصودة) ذات إحداثيات معلومة،

[24] الإلبسويد أو الإهليليج أو مجسم القطع الناقص أو الشكل البيضاوي أو الاسفرويد (كلهم مرادفات) بصفة عامة هو نموذج لتمثيل حجم و شكل كوكب الأرض. وهو شكل نظري معلوم المعادلات الرياضية يمثل شكل وحجم كوكب الأرض، ويستخدم في تنفيذ معادلات حساب الإحداثيات وإسقاط الخرائط

بينما تحتل باقي الأجهزة نقطا مجهولة. وهنا يزيد وقت الرصد "دورة" بما لا يقل عن ساعة (لكنه يعتمد على أطوال خطوط هذه الشبكة) حتى يمكن الوصول لدقة مناسبة.

1_3: الرصد المتحرك

في هذه الطريقة، يكون الجهاز مستمرا في الحركة طوال الرصد. مثال: جهاز نظام التموقع العالمي مثبت في طائرة أو باخرة... لذلك لا تُستخدم هذه الطريقة في الهندسة المساحية لأن دقتها تساوي دقة الأجهزة الملاحية أو المحمولة يدويا، أي في المتوسط 4–8 م.

1_4: الرصد شبه المتحرك أو الرصد المتحرك الزائف

هي فئة تضم داخلها مجموعة من طرق رصد نظام التموقع العالمي وليس طريقة واحدة، لكن فكرتها الأساسية أن هناك جهاز نظام التموقع العالمي يكون ثابتا على نقطة معلومة الإحداثيات بينما هناك جهاز آخر (أو مجموعة من الأجهزة) تتحرك لرصد نقطة –أو نقط –مجهولة. المبدأ الذي تعتمد عليه هذه الطرق هو أن الجهاز الثابت يحتل نقطة ذات إحداثيات معلومة، يقوم بحساب الإحداثيات كما هي من رصد أقمار نظام التموقع العالمي ويقارنها بقيم الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة، ومن هنا يمكن حساب قيمة الخطأ في رصد كل قمر من أقمار نظام التموقع العالمي في كل لحظة من وقت الرصد (بطرح الإحداثيتين)، وبالتأكيد ستكون قيمة هذا الخطأ هي نفسها في رصد نفس القمر الصناعي في نفس لحظة الرصد عند الجهاز الآخر المتحرك، وبالتالي فإذا تمكنا من إضافة قيمة هذا الخطأ (المحسوب عند النقطة الثابتة) إلى رصد نظام التموقع العالمي عند النقطة المجهولة فيمكننا زيادة دقة إحداثيات النقطة المجهولة والوصول بالدقة إلى مستوى السنتيمترات.

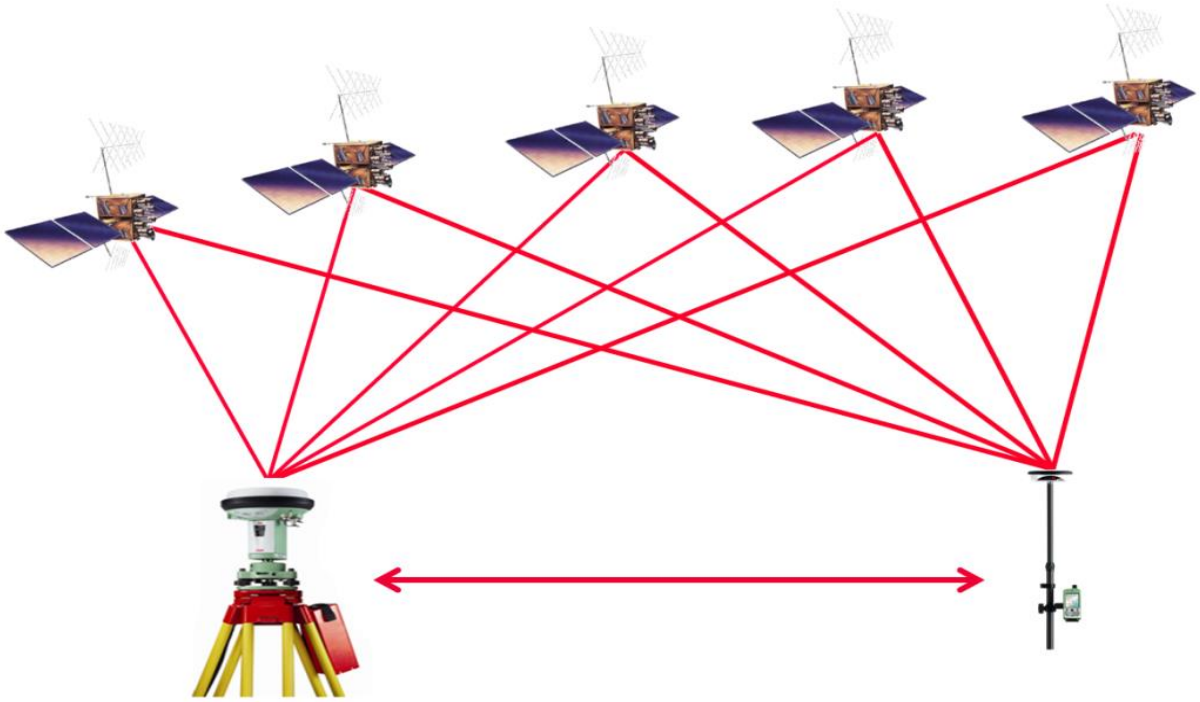
أما كيف تتم هذه العملية الحسابية، فهناك عدد من الطرق لكن أهمها هي:

أ: طريقة الرصد المتحرك بالحساب المكتبي Post–traitement cinématique

تتم الأعمال الحقلية كلها – سواء للجهاز الثابت أو المتحرك ثم يتم تحميل جميع الأرصاد على الحاسوب بعد العودة للمكتب في نهاية اليوم، وتقوم برمجية الحسابات بعمليات التصحيح وحساب إحداثيات النقط المجهولة اعتمادا على إحداثيات النقطة – أو النقط – المعلومة.

ب: طريقة الرصد المتحرك اللحظي (Temps réel cinématique) أو اختصارا لـ RTK (Real Time Kinematic)

في هذه الطريقة يجب أن يكون جهازي الراديو اللاسلكي مركبين على كل من الجهاز الثابت (Statique) والجهاز المتحرك (Mobile)، بحيث يقوم الجهاز الثابت بحساب الخطأ في رصد نظام التموقع العالمي في كل لحظة من فترة الرصد وإرسال هذه التصحيحات – عن طريق جهاز الراديو اللاسلكي – إلى الجهاز المتحرك والذي بدوره يقوم بتصحيح رصده وحساب إحداثيات النقطة المجهولة – بدقة عالية – في نفس اللحظة. كما هو موضح في الشكل رقم 87، وبالتالي فلا تحتاج هذه الطريقة لعملية الحساب المكتبي، وإنما تتم كلها في الميدان مباشرة.



الشكل رقم 87: طريقة اشتغال الرصد المتحرك اللحظي RTK

بالتأكيد، فإن كل طريقة من الطرق السابقة لها مميزاتها وعيوبها وأيضا استخداماتها. هذه الطريقة الأخيرة هي التي نعتمدها نظرا لتوافقها مع الأجهزة (المتطورة) مثل فصيلة Lieca GPS 1200 وهي المتوفرة بمختبر الجيومرفولوجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية بوجدة، مما يسهل عملية القياس ويساعد بشكل كبير في مرحلة معالجة المعطيات.

2_: أنواع أجهزة نظام التموقع العالمي

بصفة عامة، يمكن تقسيم أجهزة نظام التموقع العالمي إلى ثلاث مجموعات أساسية:

- الأجهزة الجيوديزية (المسح الطبوغرافي).
- أجهزة نظم المعلومات الجغرافية (SIG).
- الأجهزة الملاحية المحمولة يدويا (كذلك الهواتف الذكية).

الدقة تختلف من نوع لآخر، فالمجموعة الأولى هي الأدق (سمترات وأحيانا مليمترات) ثم المجموعة الثانية (من 10 سم إلى 3 متر)، ثم المجموعة الأخيرة (4–8 متر).

ومن بين أهم الشركات العالمية المنتجة لأجهزة نظام التموقع والمتوفر أجهزتها في معظم الدول العربية هي شركات: Trimble الأمريكية، وشركة Lieca السويسرية وشركتي Sokkia وTopcon اليابانيتين.

ومن بين أهم أجهزة Lieca المشهورة والحديثة، جهاز المسح الطبوغرافي GPS Lieca 1200.

3_: طريقة اشتغال الجهاز (العمل الميداني)

3_1: طريقة اشتغال الجهاز الثابت

يشتغل الجهاز على أساس أنه نقطة مرجعية، بعد تجميع مكوناته وتثبته على نقطة معلومة سواء كانت موجودة في الميدان بإحداثيات معروفة أو يقوم الجهاز بحسابها تلقائيا انطلاقا من رصد تموقعه، بحيث يقوم الجهاز بحساب الخطأ في رصد نظام التموقع العالمي في كل لحظة من فترة الرصد وإرسال هذه التصحيحات (عن طريق جهاز الراديو اللاسلكي) إلى الجهاز المتحرك.

3_2: طريقة اشتغال الجهاز المتحرك

يستقبل الجهاز المتحرك التصحيحات من الجهاز الثابت، وبدوره يقوم بتصحيح رصده وحساب إحداثيات النقطة المجهولة (بدقة عالية، بالنسبة لطريقة الرصد المتحرك اللحظي "RTK") في نفس اللحظة (مع الجهاز الثابت).

3_3: القياس أو الرفع المساحي

تقوم هذه العملية بالجهاز المتحرك حيث يتم رصد وحساب كل نقطة، التي يتموقع عليها الجهاز ويسجلها بشكل خام أو مصححة الإحداثيات (حسب طريقة الرصد ونوع العمل).

3_4: التوقيع المساحي

قديما، كان من المعروف أن دقة نظام التموضع العالمي اللحظية ليست عالية، ومن هنا فنحن نحتاج لمعالجة الإرصاد في المكتب من خلال برمجيات متخصصة، تعتمد على وجود أرصاد عند محطة معلومة الإحداثيات (محطة القاعدة أو الثابت) تجعل البرمجية تقارن بين إحداثياتها الحقيقية وإحداثياتها المحسوبة ثم تحدد البرمجية قيمة خطأ الرصد – عند كل لحظة، وبذلك تستطيع تطبيق هذه القيمة لباقي المحطات المرصودة (المتحرك) لتحسين دقة إحداثياتها المحسوبة. بعد ذلك، جاءت فكرة استخدام أجهزة اللاسلكي "راديو" بحيث أصبحت (طريقة الرصد المتحرك اللحظي RTK) هي المستخدمة في التوقيع باستخدام أجهزة التموضع العالمي.

يتم تخزين إحداثيات النقط المراد توقيعها داخل الجهاز (المتحرك)، ثم يبدأ العمل عند كلا جهازي الثابت والمتحرك، وتستطيع برمجية الحساب الموجودة في الجهاز المتحرك أن تعرف إحداثيات موقعه اللحظي وتقارنها بالإحداثيات المراد توقيعها ليظهر على الشاشة الإتجاه والمسافة المطلوبين حتي الوصول إلى موقع النقطة المراد توقيعها بالضبط.

3_5: استخراج المعطيات وحفظها

عند قياس ظاهرة ما أو رفع مجموعة من النقط الممثلة لهذه الظاهرة، يقوم الجهاز بتخزين القياسات في الذاكرة الداخلية، ولاستخراجها إلى الذاكرة الخارجية يقوم بتحويلها من نقط خام إلى ملف، ويسجلها في الذاكرة الخارجية (Carte mémoire)، حسب الامتداد المطلوب مثلا (.txt)، ونوع الإسقاط المطلوب أو المحدد مسبقا، وهذا لمعالجة المعطيات.

4_: معالجة المعطيات (العمل المكتبي)

الهدف الأساسي من هذه العملية هو التصحيح الهندسي وإزالة النقط الشاذة وتحويل ما هو مسجل في الميدان إلى خرائط أو تصاميم أو مقاطع. هذه العملية بدورها تمر بعدة مراحل وهي:

4_1: تحصيل المعطيات

تحصيل أو تفريغ المعطيات من جهاز التموقع العالمي إلى الحاسوب بواسطة برمجية LGO (LEICA Geo Office)، نظرا لكون الجهاز ينتمي إلى شركة Leica، هناك العديد من البرمجيات التي تقوم بهذه العملية حسب أنواع الأجهزة، وذلك لتحويل القياسات إلى إحداثيات أي نقط حسب نظام الإسقاط المطلوب، وترتيبها حسب الإسم أو رموز مظاهر السطح، بمساعدة الرسم التبسيطي المأخوذ من الميدان، ثم بواسطة البرمجية المكتبية لإزالة النقط الزائدة، وتقسيمها حسب الرموز وترتيبها. لكن قبل هذه العملية، يجب الإشارة إلى أن هناك نوعين من التفريغ – الأول: لا يحتاج إلى المعالجة، لكونه يسجل على شكل مستندات محسوبة ذات إحداثيات صحيحة في الذاكرة، مسبقة تحديد نظام الإسقاط، وهذا النوع غالبا ما يقاس بطريقة الرصد اللحظي المتحرك RTK، أما النوع الثاني، فيسجل على شكل مستندات خام تحتاج إلى المعالجة القبلية عند التفريغ بواسطة برمجية معالجة المعطيات، بطريقة خطوط القاعدة وعلاقتها بتوقيت الرصد بين الجهاز الثابت والمتحرك. وكل طرق الرصد تحتاج إلى هذه المعالجة، إلا الطريقة المذكورة في نوع التفريغ الأول.

4_2: تحويل القياسات إلى رسوم وخرائط

بعد مرحلة التفريغ يتم تحويل القياسات إلى رسوم، وتتعدد برمجيات التصميم وتحليل القياسات وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية. في حالتنا، تم الإكتفاء بحزمة Covadis الذي يعمل داخل بيئة AutoCAD، باعتباره يعطي كافة المتغيرات الأساسية التي يعتمد عليها تحليل القياسات، وكذلك بكونه الأكثر استخداما في مكاتب الدراسات خاصة الطبوغرافية منها. ولهذا الغرض، يتم تحميل النقط إلى البرمجية. وكما هو معلوم، فإن كل رسم خرائطي أو تصميم يتكون من نقط وخطوط ومضلعات. في هذه المرحلة، يتم ربط النقط بالخطوط للحصول على أشكال التعرية المقاسة قيد الدراسة، ثم استنباط المقاطع الطولية أو العرضية، أو المساحة، أو حجم التربة المقتلعة. بصفة عامة، يتم استغلال المعطيات ومعالجتها حسب الغرض المطلوب، والهدف من الدراسة.

5_: قياس التعرية بنظام التموقع العالمي لحوضي اتلاغ والعابد

تم اعتماد نسق الرصد المتحرك اللحظي نظرا لدقة نتائجه وكذلك لفعالية وسهولة هذه الطريقة للحصول على معطيات جاهزة، لأنها لا تحتاج إلى المعالجة المكتبية للنقط.

وذلك بعد ضم وجمع أجزاء الجهاز ليصبح جاهزا للعمل (الصورة رقم 41)، وتثبته على النقطة المرجعية (الصورة رقم 42).

الصورة رقم 41: جمع أجزاء الجهاز الثابت والمتحرك، وتهيئته لعملية القياس

المصدر: عمل ميداني 13 أكتوبر 2019

الصورة رقم 42: تثبت الجهاز على نقطة مرجعية موجودة بالميدان، أو تم إنشائها

المصدر: عمل ميداني 13 أكتوبر 2019.

يثبت الجهاز على نقطة مرجعية، سواء يتم إنشائها في الميدان أو يتم اختيارها، واضحة المعالم لتمكن الرجوع إليها عند الحاجة (الصورة رقم 42)، ثم بعد ذلك، يتم اختيار نقطة أخرى مرجعية وقياسها، بهدف التحقق وفحص النقطة الأولى الأصلية عند الرجوع مرة أخرى.

بعد تجميع وتثبيت الجهاز على نقطة مرجعية، غالبا ما يتم تحديد إحداثيتها بالجهاز من تلقاء نفسه، في المرة الأولى، ولكن عند الرجوع إليها مرة أخرى، تكون نقطة معلومة الإحداثيات فقط، يتم فحصها والتحقق من نسبة خطأها.

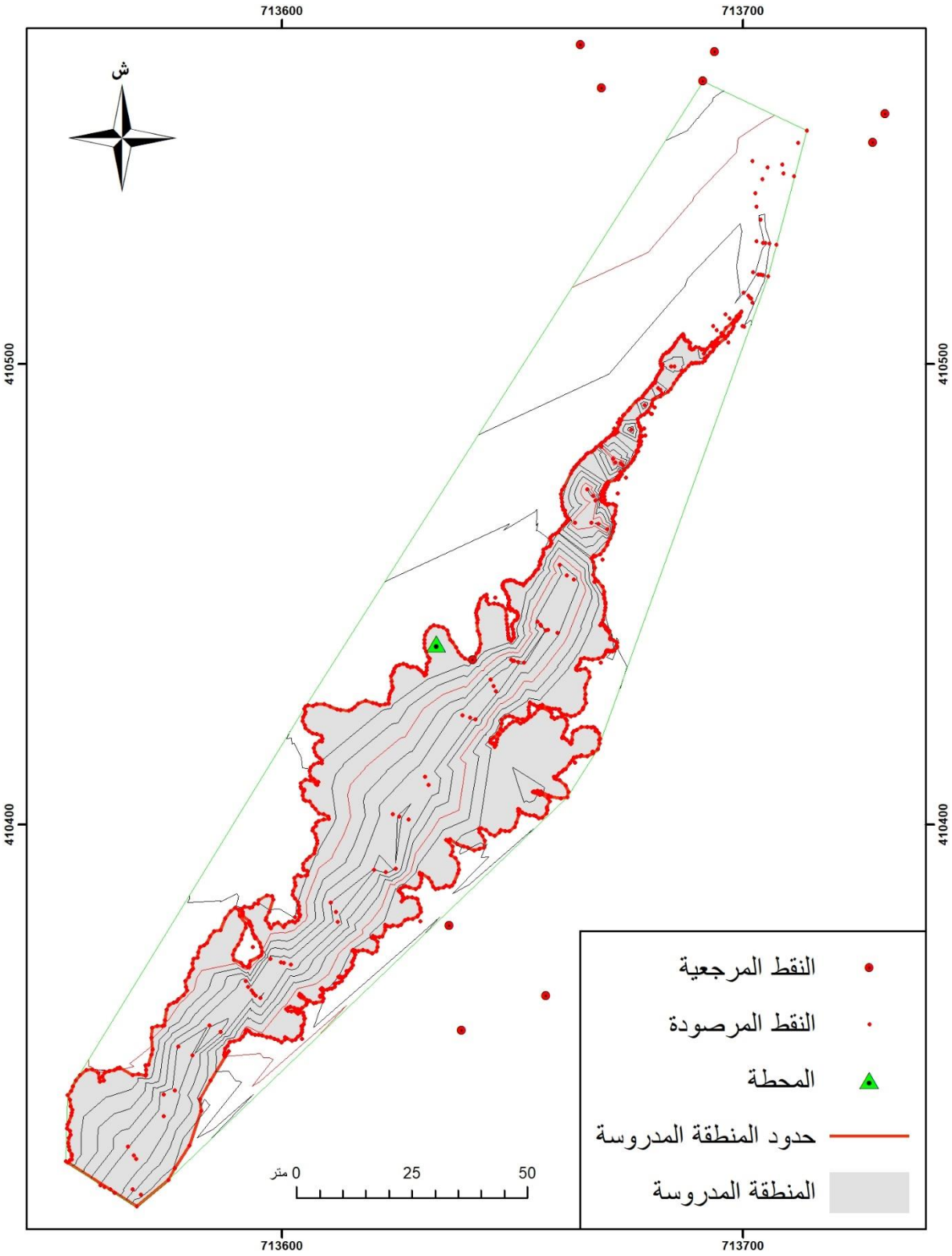
تم استعمال تقنية نظم التموقع العالمي بحوضي اتلاغ والعابد، لهدفين أساسيين:

أولا القياس الميداني يوم 13 أكتوبر 2019 بسهب الغزال قرب واد تمعدرت بسافلة حوض اتلاغ، وسهب الفيضة، حوض العابد، ثم يوم 22 غشت 2020، بواد القطارة قرب حامة سيدي شافي (الشكل رقم 86). الهدف من هذا القياس هو مسح هذه المواقع للوصول إلى نموذج رقمي للارتفاعات لحساب حجم التربة المفقودة، ومقارنة هذا النموذج مع السحابة النقطية المستخلصة من الماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة، وتحديد الطريقة الأفضل لاعتمادها في استنباط واستخراج كمية التربة المفقودة، ومساحة تطور الأساحل خلال فترة معينة.

كما تم الذكر سابقا، كان الهدف في البداية تتبع هذه المواقع فصليا أو على الأقل سنويا، ولكن تبين أنه من الصعب تتبعها في فترات قصيرة وذلك لإكراهات متعددة. تم الاكتفاء بفترة واحدة فقط انطلاقا من الصور الفضائية العالية الدقة التي يوفرها Google Earth منذ سنة 2006، وسنة 2021 تاريخ القياس.

ثانيا قياس النقط المرجعية يوم 2 يناير 2021، قصد الاعتماد عليها في الإسناد الجغرافي، للماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة.

بعد تفريغ المعطيات المحصل عليها من الميدان للمواقع الثلاثة المدروسة، تمت معالجتها لبناء نموذج رقمي للارتفعات بطريقة التثليث بين النقط التي يتم حسابها بحزمة "Covadis"، التي تشتغل داخل بيئة برمجية "AutoCad". كما تم رسم مساحة إحدى الحالات المدروسة للتوضيح فقط، والتوصل إلى الشكل رقم 88 والجدول رقم 44 لحالة سهب الغزال قرب واد تمعدرت بحوض اتلاغ، كمثال عن نتائج المسح بجهاز التموضع العالمي، وذلك قصد مقارنة هذه النتائج بالسحابة النقطية للماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة.



الشكل رقم 88: نتائج المسح الطبوغرافي بجهاز التموضع العالمي، حالة سهب الغزال بحوض اتلاغ

المصدر: عمل ميداني 13 أكتوبر 2019، قياس بتقنية GPS.

تم مسح شكل التعرية التراجعية (أساحل) بمنطة سهب الغزال، وذلك لبناء نموذج رقمي لهذا الشكل، مع وضع نقط مرجعية للرجوع إليها، عند الحاجة سواء للإسناد الجغرافي بعد المسح بالطائرة المسيرة، والماسح الثلاثي الأبعاد، أولتتبع تطور هذا الشكل مستقبلا، كما تم التوصل إلى الجدول رقم 44.

الجدول رقم 44: نتائج تحليل النقط المرصودة بنظام التموضع العالمي، لحالة سهب الغزال

OBJET MNT			
Données	Valeurs		
- Limites géométriques minimales	X = 713553.239	Y = 410317.144	Z = 460.010
- Limites géométriques maximales	X = 713713.896	Y = 410561.350	Z = 471.402
- Nombre total de points dans le modèle	1271		
- Nombre de triangles utiles (après réduction)	2527		
- Surface 2D des triangles utiles	11822.79		
- Surface 3D des triangles utiles	12568.80		

يتبين من الجدول أن عدد النقط المرصودة هي 1271 نقطة التي تم الربط بينها واستخلاص الشكل رقم 88، ثم حدود هذه المساحة، وكذلك عدد التثليث لشبكة الشكل بعد المعالجة وهي 2527 مثلث؛ وهي قليلة مقارنة مع تقنيات المسح الأخرى. ثم المساحة المستوية وهي 1.18 هكتار، والمساحة بالابعاد الثلاث أي الشكل الحقيقي وهي 1.25 هكتار، مما يفسر الأجراف الترابية بهذه الأساحل.

المحور الثاني: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بتقنية المسح الثلاثي الأبعاد Scanner 3D

تطورت تقنيات المسح الطبوغرافي مع التطور العلمي والتكنولوجي المتسارع، خاصة تقنيات المساحة التصويرية والماسح الليزري للحصول على معطيات رقمية ثلاثية الأبعاد دقيقة، وصور واقعية (عقيلي، 2013)، بالإضافة إلى محطة جهاز التموضع العالمي، تم استخدام هذه التقنيات لما تقدمه من سهولة في العمل ودقة واختصار في الجهد والوقت إذا ما تمت مقارنتها مع الطرق التقليدية.

وظفت تقنية المسح الليزري في السنوات الأخيرة بصورة واسعة من أجل تكوين مجسمات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة. ويعتبر الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد أداة تقوم بتحليل عناصر بنائية أو عمرانية، وذلك بجمع معطيات عن شكلها وأحياناً مظهرها الخارجي، مثل لونها (لبتر، 2020).

وتستخدم هذه البيانات لإنشاء مجسمات رقمية ثلاثية الأبعاد في العديد من التطبيقات. المسح ثلاثي الأبعاد طريقة حديثة تستخدم ضوء الليزر لمسح الجسم بشكل مباشر دون تماس معه، وينتج عن ذلك غمامة أو سحابة نقطية ثلاثية الأبعاد للجسم الممسوح، بمعالجة هذه الغمامة النقطية، ينتج نموذج ثلاثي الأبعاد للجسم.

1_: المنهجية وطريقة العمل

1_1: أنواع أجهزة الماسح الثلاثي الأبعاد وتطبيقاته

هناك ثلاث أنواع للماسح ثلاثي الأبعاد: الماسح الليزري الأرضي الثابت، الماسح الليزري الأرضي المحمول على عربة، والماسح الليزري الجوي. وفي حالة قياس التعرية، تم استعمال الماسح الأرضي من نوع LEICA SCAN STATION P40، (الصورة رقم 43)، تصل دقته إلى 1.2 ملم، ومسافة الليزر تصل إلى 270 م، بسرعة مليون نقطة في الثانية، ودقة الصور تصل إلى 700_Mpx. ويتكون الماسح بصفة عامة من قسم خاص بإصدار الأشعة الليزرية واستقبال الأشعة المنعكسة عن الجسم، ثم مرآة سريعة الدوران، ومحركات الدوران الأفقي والعمودي، وثلاثة أرجل للتثبيت في نقطة محددة.

الصورة رقم 43: الماسح الأرضي الليزري من نوع Leica Scan P40، ومكوناته

المصدر: عمل ميداني 17 يناير 2019.

للماسح الليزري ثلاثي الأبعاد تطبيقات في مجالات شتى منها: الآثار، الهندسة المدنية، الطرق...

1_2: مميزات الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد

من بين أهم مميزات الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد:

- الدقة في المعطيات؛
- حجم كبير من المعطيات للمنطقة الممسوحة؛
- سرعة كبيرة في إلتقاط المعطيات، أي المسح؛
- الحصول على معطيات الجسم الممسوح دون تماس معه، وهذه خاصية مهمة في حال صعوبة الوصول للجسم.

ويمكن الماسح الليزري من معرفة خصائص الجسم المدروس، وإمكانية مراقبة وتتبع التغيرات التي تطرأ على الأجسام والأشكال مع مرور الوقت بفعل العوامل المتحكمة فيها، وهذا مهم بالنسبة لتتبع التعرية، ثم العمل ضمن مقاييس مختلفة، تحديد أجسام صغيرة جدا، وكذلك الكبيرة منها كمعرفة تضاريس أو مرفولوجية الأرض لمنطقة مغطاة بالأشجار.

1_3: طريقة العمل باستخدام الماسح الليزري الأرضي الثابت

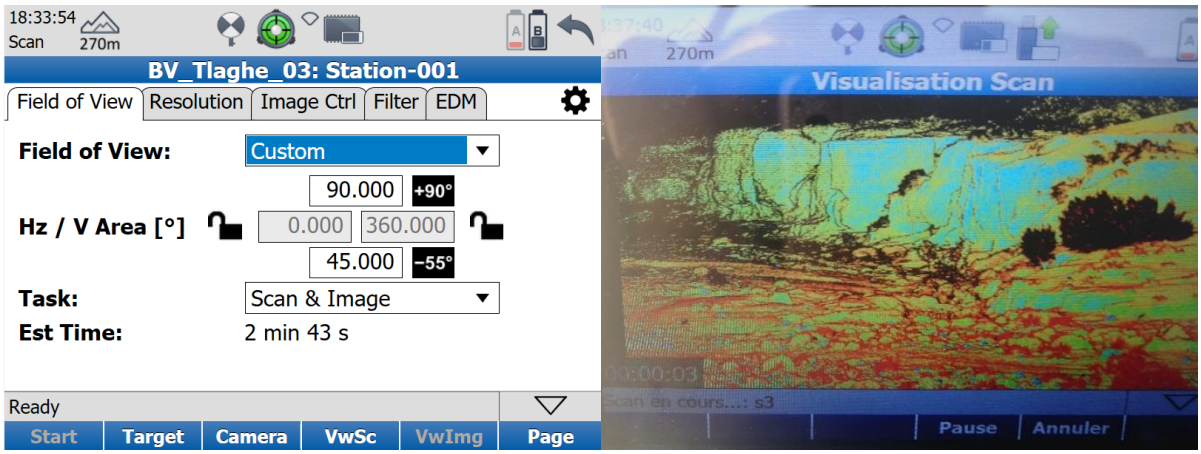
تمر خطوات العمل بشكل عام بثلاث مراحل، وهي:

- ✓ المرحلة التحضيرية: وهي التعرف على الجهاز وكيفية العمل، التحقق من وسائط العدسة، وضع تصور أولي على مكان المسح، ونقط القاعدة للرصد.
- ✓ العمل الميداني: وهو بدوره يمر بعدة مراحل وهي:

أولا: إنشاء شبكة إحداثيات حول المبنى أو الجسم المراد مسحه، وذلك باستخدام جهاز محطة الرصد المتكاملة، أو جهاز محطة التموضع العالمي، كما هو الحال بالنسبة لهذه الدراسة. وبذلك يتم الحصول على الإحداثيات لمحطات التمركز أو القاعدة التي سوف تفيد لاحقاً لحساب إحداثيات الأهداف. كما يجب التنويه أنه في حال عدم وجود شبكة إحداثيات معلومة، يمكن أن يتم تركيز جهاز الماسح ثلاثي الأبعاد على محطات حرة. وهذه الطريقة هي المستخدمة في حال رصد تمثال أو عمود أثري يُراد إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد له.

ثانياً: يتم أختيار نوعية الأهداف المناسبة لعملية الرصد، حيث أنه لكل طبيعة عمل أهداف خاصة، سواء علامات بالأسود والأبيض، أو استخدام الأهداف الكروية كنقط مرجعية. ويتم القيام برصد الأهداف التي تم لصقها على جدران المبنى أو تم توزيعها حول الجسم المراد مسحه، وذلك لحساب إحداثياتها استناداً إلى إحداثيات نقاط الشبكة القاعدة.

ثالثاً: يتم مسح الجسم بواسطة الماسح ثلاثي الأبعاد، مع توخي الدقة في التمركز، وأيضاً تحديد الهدف بشكل جيد. كما ينبغي على الراصد أن يختار نقط تمركزه حول الجسم الممسوح بحيث تؤمن عملية المسح مناطق متداخلة مع بعضها البعض وتغطي كافة الجسم، وذلك كله بهدف الوصول إلى إنشاء نموذج كامل وزيادة الدقة، وتفادي وجود مناطق غير مغطاة بشكل جيد خلال عملية المسح، الأمر الذي يصعب عملية النمذجة لاحقاً. قبل القيام بعملية المسح، لا بد من تجهيز الماسح لهذه العملية بالإعدادات القبلية المناسبة لهذا الغرض (كما هو الحال بالنسبة لمشروع أو مهمة المحطة المتكاملة أو جهاز التموضع)، وذلك مثلا بإنشاء قاعدة البيانات، وإسم ورقم المهمة، ومجال الرؤية، وتحديد الدقة، ثم كثافة مسح الصورة. (الصورة رقم 44)



الصورة رقم 44: واجهة شاشة الماسح الليزري P40، (الإعدادت والمسح).

المصدر: عمل ميداني 17 يناير 2019.

رابعاً: يتم حفظ المشروع في ملف خاص، ومن ثم تحميله على الحاسوب للاشتغال عليه.

- ✓ العمل المكتبي: تبدأ عملية النمذجة، ولهذا الغرض لابد من توفر جهاز له خصائص عالية (محطة عمل – Workstation). وللإشارة تمت معالجة هذه المعطيات ببرمجية Cyclon من الشركة المصنعة للجهاز Leica، نلخص مراحل العمل المكتبي في مايلي:

أولا: نسب جميع محطات الرصد إلى واحدة مركزية، وتسمى هذه العملية بالتسجيل (Registration).

ثانيا: إزالة الأجسام غير المرغوب فيها، والتي لا يمكن تفادي رصدها خلال عملية المسح، كالأشجار مثلا، أو البنيات المجاورة، أو السيارات وغيرها من الأشياء التي لا تهم الدراسة.

ثالثا: عملية التجزيء (Segmentation)، وهي عملية تجزئة الغمامة النقطية إلى وحدات متعددة وفق ما يلي:

- الأبعاد: مثلا تمييز النوافذ والأبواب والجدران والسقف، كل على حدة، بأبعاده.
- الموضع: مثلا الأرضية تقع أسفل البناء، والسقف فوق الجدران، وهكذا.
- الطوبولوجيا: مثلا السقف يتقاطع مع الجدران، والجدران تتقاطع مع الأرض.

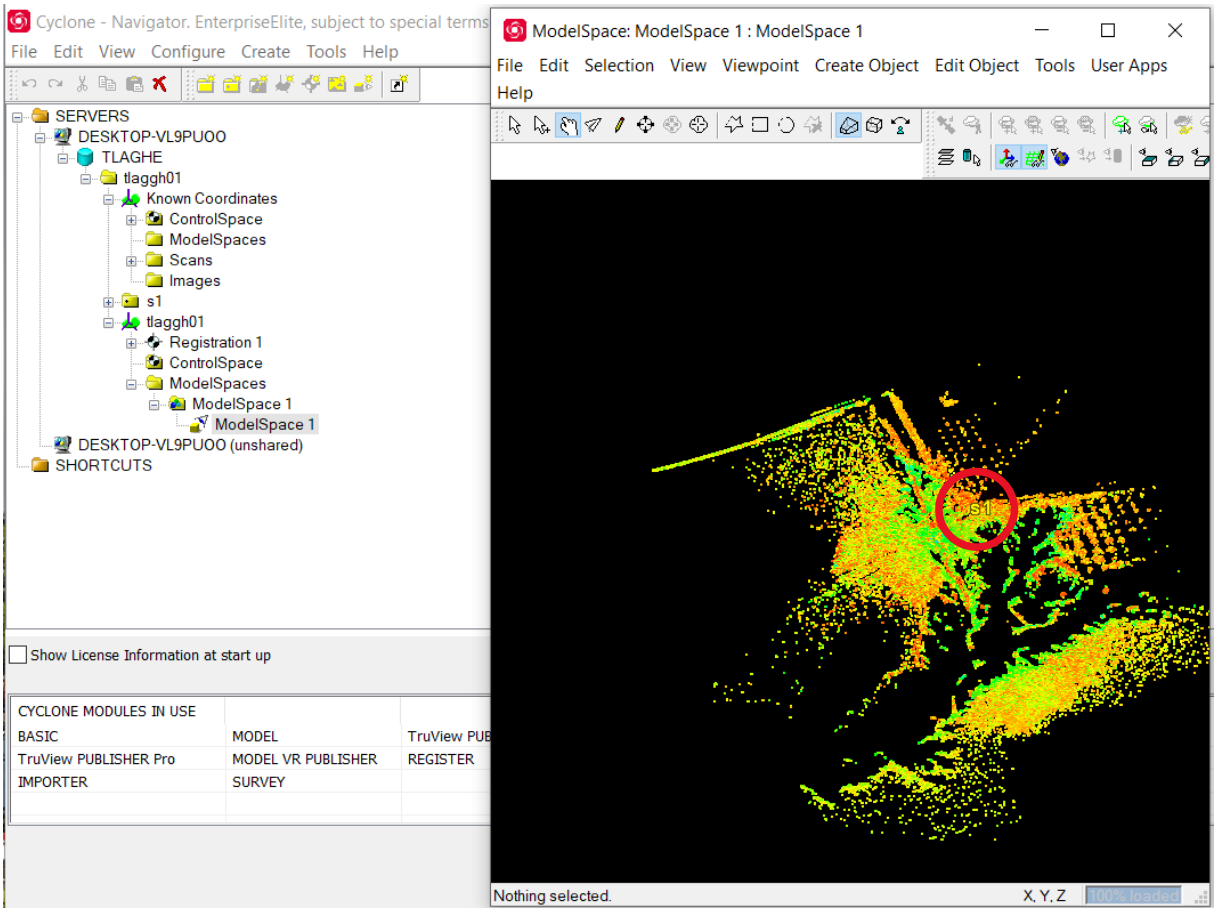
ثم بعد ذلك تتم نمذجة الشكل الهندسي، بحيث يتم أختيار الأدوات الأكثر ملائمة لكل شكل جزء من الغمامة النقطية. وفي حالة أن جزءا من الغمامة النقطية كان قليل الكثافة، يعتمد في نمذجتها على التصور العام للشكل الممسوح.

2_: قياس التعرية بالماسح الأرضي الثلاثي الأبعاد بحوضي اتلاغ والعابد

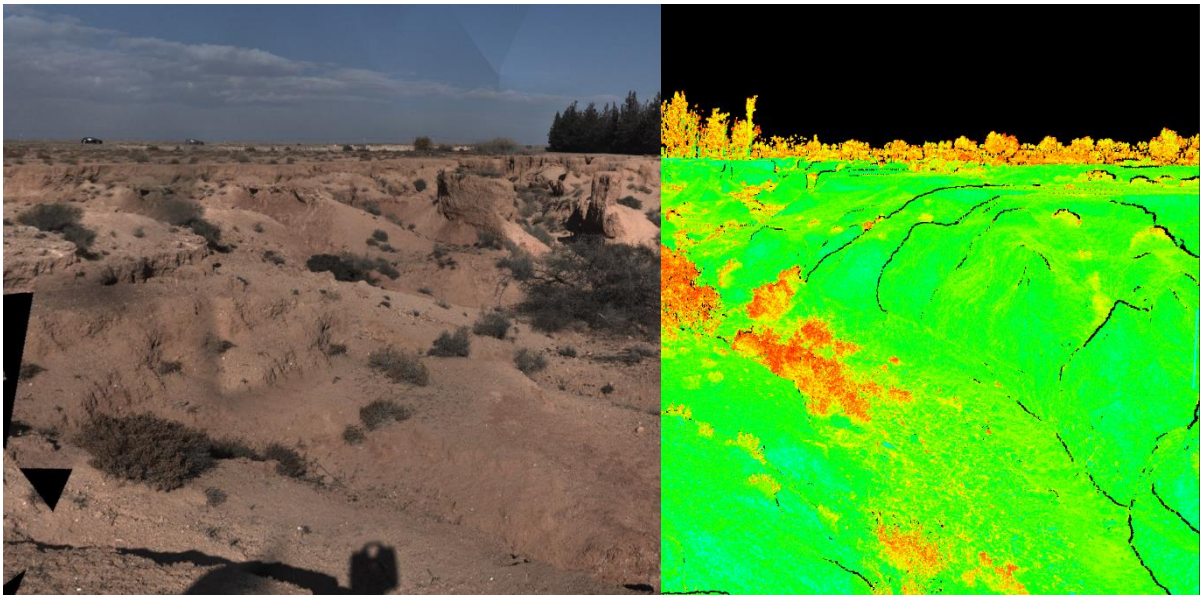
لقد تم قياس التعرية بالماسح الثلاثي الأبعاد بموقع سهب الغزال يوم 17 يناير 2019، وذلك بجهاز Leica Scan P40، وذلك بعد وضع نقط القاعدة أو نقط مرجعية حرة تم إنشائها ميدانيا، حول شكل التعرية التراجعية لتغطيته كاملا، بمجال رؤية متكامل (متداخل). وتم مسح الهدف بإعدادات متعددة في بداية العملية (المحطة الأولى)، وذلك للتجربة ثم أخذ فكرة عن طريقة الاشتغال والوقت المستغرق في المهمة ومساحة تخزين المعطيات. وتبين أن دقة 20 سم مع أخذ صور متتالية لبناء النموذج الثلاثي الأبعاد كافية ومناسبة من حيث مساحة التخزين ومدة الرصد في الميدان.

واجهتنا عدة مشاكل لهذة الطريقة للمسح، من أهمها غياب (محطة عمل – Workstation)، لمعالجة الكم الهائل من النقط السحابية، حيث تصل إلى ملايين النقط في محطة واحدة (الشكل رقم 89)، خاصة إذا كانت الدقة جيدة، ثم غياب برمجية المعالجة الخاصة بقراءة امتداد هذا النوع من الماسح الثلاثي الأبعاد، لأن هناك برمجيات أخرى سواء حرة ومفتوحة المصدر أو مدفوعة الثمن، لكنها لا توافق امتداد هذا الجهاز، مما جعلنا ننتظر تقريبا سنتين لمعالجة هذه المعطيات، ثم مشاكل أخرى، متعلقة بكون الجهاز غير متاح دائما، وأخرى متعلقة باللوجيستيك. لهذه الأسباب، تم الإكتفاء بمنطقة سهب الغزال فقط.

بعد توفر البرمجية (الشكل رقم 89)، تمت معالجة هذه المعطيات (الشكل رقم 90) ودمج المحطات لمحاولة نمذجة الشكل الهندسي لمقارنته بنتائج نظام التموقع العالمي، نتائج الطائرة المسيرة من جهة وحساب التربة المفقودة من جهة أخرى.



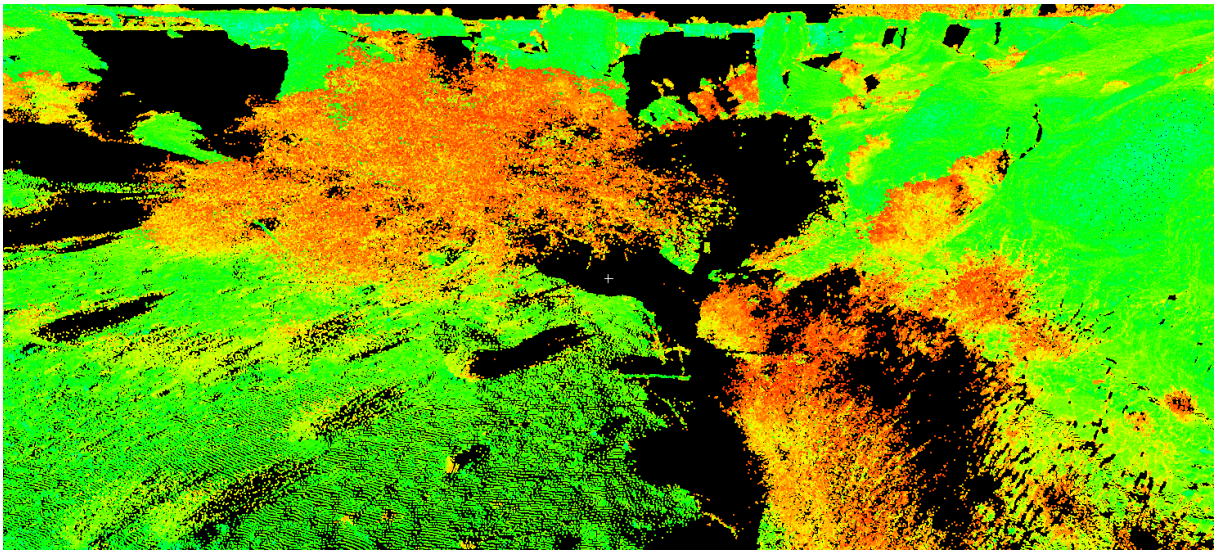
الشكل رقم 89: واجهة من برمجية Cyclone لمعالجة سحابة نقطية لمحطة واحدة (s1) تم رصدها بسهب الغزال



الشكل رقم 90: المزج بين السحابة النقطية والصور المتتالية، المرصودة بالماسح الثلاثي الأبعاد، بسهب الغزال

المصدر: مخرجات برمجية Cyclone للقياس بالماسح الثلاثي الأبعاد.

بعد بناء النموذج الهندسي وجمع المحطات التي تم بها المسح، تمت الاستعانة ببرمجية "CloudCompare"[25]، للتخفيف من السحابة النقطية، وذلك قصد تمثيلها على الخريطة (الشكل رقم 92)، لأن السحابة الأصلية لا يمكن تمثيلها نظرا للعدد الكبير للنقط (الشكل رقم 91) حيث تشتغل تحت بيئة البرمجيات التي تتعامل مع السحابة النقطية كبرمجية Cyclon التابع للشركة المصنعة للجهاز، أو ReCap Pro التابع لشركة Autodesk، وغيرها من البرمجيات الخاصة بمعالجة هذا النوع من المعطيات.

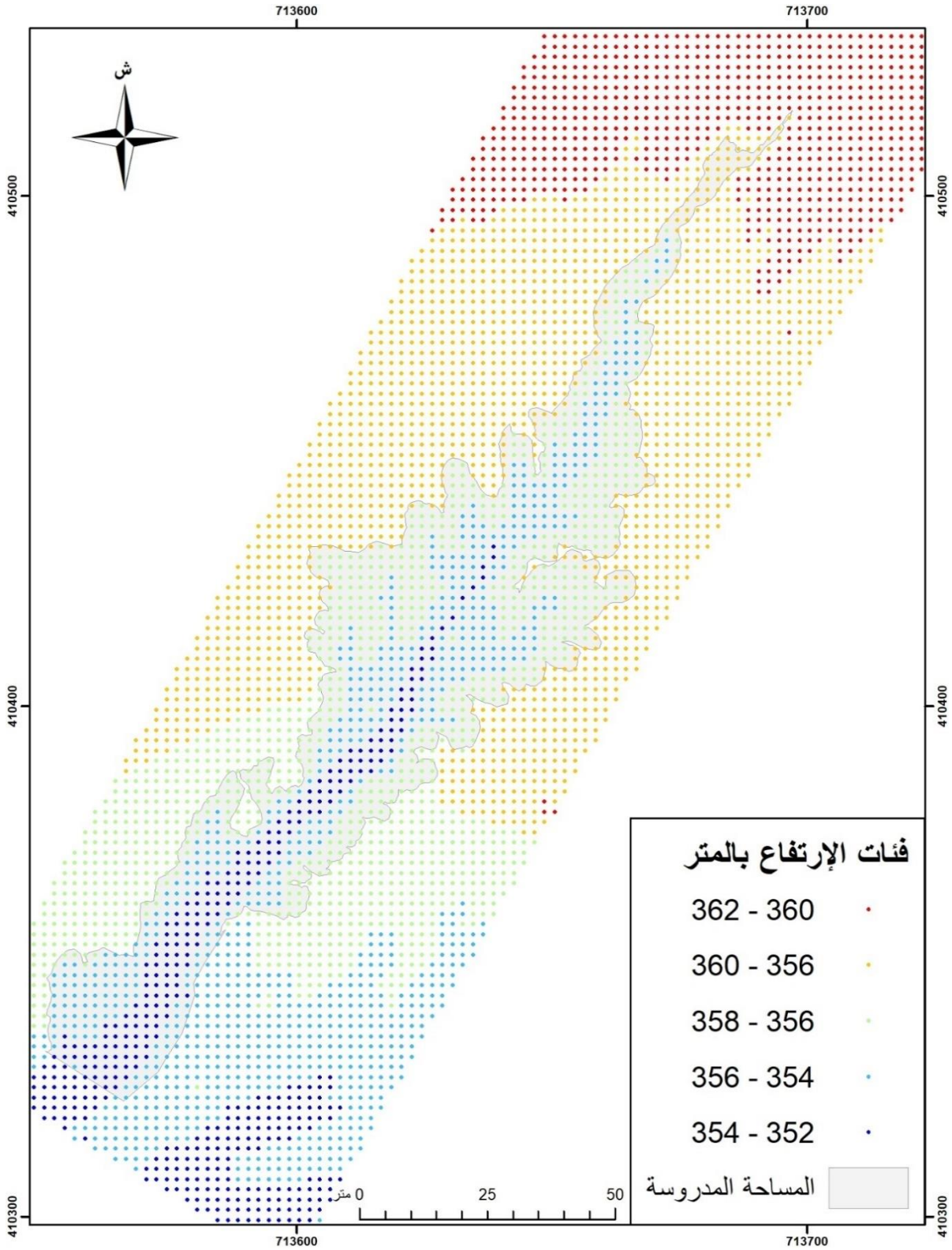


الشكل رقم 91: سحابة نقطية تبين شكل التعرية

المصدر: القياس بالماسح الثلاثي الأبعاد.

بعد استخلاص النقط والتخفيف من شدتها لتمكن برمجيات نظم المعلومات التعامل معها، تم تمثيلها (الشكل رقم 92) على شبكة نقط ارتفاع، وذلك بهدف مقارنتها مع نتائج النظام العالمي للتموضع، والطائرة المسيرة.

[25] https://www.cloudcompare.org/



الشكل رقم 92: تمثيل نقط الارتفاع بعد استنباطها من السحابة النقطية، وتخفيف كثافتها. حالة سهب الغزال

المصدر: عمل ميداني 17 يناير 2019، قياس بتقنية الماسح الثلاثي الأبعاد.

يبين الشكل رقم 92 شبكة من نقط الارتفاع على شكل نموذج رقمي للارتفاعات، مستخلصة من السحابة النقطية نتيجة المسح الثلاثي الأبعاد بعد معالجتها وتخفيف كثافتها، وهي تبين الشكل العام التضاريسي للمساحة المدروسة، وذلك بهدف مقارنتها مع النتائج الأخرى وحساب حجم وكمية التربة المفقودة.

المحور الثالث: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بتقنية الطائرة المسيرة (الطائرة بدون طيار) UAV

أسهم التطور في تنوع الطائرات بدون طيار وتنوع تصنيفاتها، واستخداماتها، المدنية أو العسكرية، وتسمى كذلك المركبات المسيرة، أو المركبات غير المأهولة ذات التحكم عن بعد.

أصبحت الطائرات بدون طيار ذات أهمية كبيرة، نظرا لتزايد الطلب على استعمالاتها في جميع المجالات، خاصة المجال العسكري مثل الاستطلاع والرقابة، ولأغراض مدنية كتوزيع وتسليم السلع، والتصوير الجوي الإعلامي والسينمائي، والهندسة المساحية، والفلاحة ...

1_: الطائرة بدون طيار

1_1: تعريف الطائرة بدون طيار

اختلفت المصطلحات المتعلقة بالطائرات بدون طيار، ويتم التفريق بينها من خلال التعاريف.

- ✓ الدرون (Drone): من الناحية التقنية، يشمل كل الآلات والمركبات التي يتم التحكم فيها عن بعد (Melzer, 2013).
- ✓ الطائرات ذات التحكم عن بعد RPA[26]: طائرة لا تحمل بشرا ولكن يتم التحكم فيها عن بعد من خلال طيار (Tomasello, & Haddon, 2011).
- ✓ نظام الطائرات ذات التحكم عن بعد RPAS[27]: هو مجموع العناصر المطلوبة لتحقيق القدرة على الطيران بدون طيار، ويشمل الطائرة، والطيار على المحطة الأرضية، ومحطة المراقبة الأرضية، ومستخدم أجهزة الإستشعار (EUC, 7th Report, 2014).
- ✓ المركبات الجوية غير المأهولة UAV[28]: هي مركبات جوية بدون طيار، يتم التحكم فيها عن بعد من طرف شخص، عن طريق جهاز تكون طريقة الإقلاع والهبوط بواسطة نظام آلي. وهي أنظمة جوية يمكن التحكم فيها عن بعد، من مسافة قصيرة أو بعيدة المدى، تكون مزودة بكاميرا، وتستخدم لأغراض عسكرية ومدنية (Southworth, 2012).
- ✓ نظام الطائرات بدون طيار UAS[29]: هو نظام يتكون من الطائرات بدون طيار وجميع المعدات وشبكة للاتصالات والأفراد المؤهلين للسيطرة على الطائرة بدون طيار (Louisa, 2015).

يتبين من خلال التعاريف السابقة الذكر أن هناك اختلافا في التسميات، ولكن لا ينعكس على المعنى الإجمالي للطائرات بدون طيار. وهذا الاختلاف عائد إلى تنوع البحوث والدراسات، كما أن البعض يستخدم مصطلح "درون" ليشمل كل المركبات ذات التحكم عن بعد، وشاع هذا المصطلح في الجانب المدني، بينما

[26] **Remotely piloted Aircraft**
[27] **Remotely piloted Aircraft System**
[28] **Unmanned aerial vehicles**
[29] **Unmanned Aircraft System**

يرى البعض الآخر أن مصطلح الطائرة بدون طيار يلغي قيمة العنصر البشري المتحكم في الطائرة من المحطة الأرضية، ويفضلون تسميته نظام الطائرات ذات التحكم عن بعد، باعتباره أوسع وأشمل، ويضم كل مستلزمات الطيران عن بعد من معدات وتقنيات بما فيها الطائرة بدون طيار (Abid, 2014).

1_2: تاريخ الطائرات بدون طيار، نشأتها وتطورها

كانت فكرة الطائرات بدون طيار وليدة الحروب والنزاعات. في سنة 1849، اطلقت النمسا 200 بالون بدون طيار، وفي سنة 1916، كانت أول تجربة طائرة بدون طيار قامت بها أمريكا واستطاعت التحليق لأكثر من 48 كلم (Friedrich). وقبل ذلك، قام الجيش الأمريكي بأول تجربة للاستطلاع الجوي بالتصوير من خلال تركيب كاميرا على طائرة ورقية (Ronconi et al. 2014). في سنة 1918، قام Charles kettering بصنع نموذج لطائرة بدون طيار معروف باسم (Kettering bug) تم شراؤه من قبل الجيش الأمريكي، وله إمكانية طيران أكثر من 80 كلم (Darnell, 2011). لم يتم الاستفادة بشكل كبير في فترة الحرب العالمية الأولى من الطائرات بدون طيار لكن كانت في طورها التجريبي (Joseph et al. 2014)، وكانت أول طائرة بدون طيار نجحت من خلال التحكم عن بعد بواسطة الراديو سنة 1924، حلقت لمدة 12 دقيقة (Villasenor, 2013)، ثم تطورت بعدها كتجربة الطائرة الموجهة تلقائيا التي تحمل اسم (Hewitsperry) في المجال السينمائي، وتطورت في أواخر 1940 حيث أصبحت تحمل منصات الاستشعار (Hanscom, & Bedford, 2013). في سنة 1952، أول طائرة تعمل بالطاقة وبدون طيار كانت تابعة لسلاح الجو الأمريكي (بن تومي وآخرون، 2016)، ثم تطورت خلال حرب الفيتنام (1959–1975) حيث أصبحت الطائرات بدون طيار أكثر فعالية للمهمات الاستطلاعية (بن تومي وآخرون، 2015). ومنذ الثمانينات إلى اليوم، تميزت بنقل تكنولوجيا الطائرات بدون طيار إلى البحث العلمي والاستفادة منه حيث ركزت الأبحاث العلمية المعتمدة في تلك الفترة على تمكين الطائرات على البقاء جوا لفترات أكبر وفوق ارتفاعات مهمة (Carr, 2013)، لتنتقل في السنوات الأخيرة إلى العديد من المجالات المدنية كالإعلام والتصوير والأبحاث، والمساحة التصويرية، وإيصال السلع والبريد، ...

1_3: أنواع الطائرات بدون طيار وخصائصها

من الصعب وضع نظام تصنيف واحد يشمل جميع الطائرات بدون طيار نظرا لتنوع الاستخدمات العسكرية والمدنية (عبد الله كمال، 2020). وهناك من يصنفها بالوزن، وأنظمة التحكم بها وقيادتها عن بعد من المحطة الأرضية، ويمكن أن تشمل الهواتف الذكية، أو عبر الأقمار الصناعية (Marzocchi, 2015). ومن هذا المنطلق، يمكن تصنيف أنواع الطائرات بدون طيار كالتالي:

- ✓ **التصنيف حسب الوزن:**

الطائرات بدون طيار ثقيلة الوزن فائقة الجودة ووزنها أكثر من 2 طن، وطائرات ثقيلة الوزن تزن مابين 200 و2000 كلغ، ثم طائرات متوسطة الوزن، مابين 50 و200 كلغ، وأخيرا الطائرات بدون طيار خفيفة الوزن، يتراوح وزنها ما بين 5 و50 كلغ، ثم الصغيرة التي تقل عن 5 كلغ.

✓ **التصنيف حسب المسافة والقدرة على التحمل**

وهي العالية القدرة على التحمل من 1500 إلى 2200 كلم وأكثر من 24 ساعة، ومتوسطة مابين 5 إلى 24 ساعة، ومن 100 إلى 400 كلم، والضعيفة التحمل التي تقل عن 5 ساعات وأقل من 100 كلم.

✓ **التصنيف حسب أقصى ارتفاع**

الطائرات بدون طيار المنخفضة الارتفاع أقل من 1000م، وهي طائرات صغيرة الحجم، ثم الطائرات المتوسطة الارتفاع مابين 1 و10 كلم، ثم الطائرات بدون طيار العالية الارتفاع أكثر من 10 كلم.

✓ **التصنيف حسب الوظيفة**

تنقسم إلى طائرات بدون طيار الخاصة بالهواة، وتشمل كل طائرة مسيرة متاحة للشراء من قبل أي مهتم، حيث لا تتطلب بنية تحتية رسمية أو تدريب على طريقة العمل بها، وتكلفتها لا تتعدى بضعة آلاف الدولارات. ثم الطائرات المسيرة متوسطة الاستخدام العسكري والمدني، وهي عادة لا تتوفر عند الأفراد نظرا لتكلفتها الباهضة والبنية التحتية، بل يمتلكها الجيش أو الجهات المعنية بها (Sayler, 2015)، تركز على الإستطلاع مع كاميرات عالية الدقة، وقد تكون مجهزة برادار وذات تقنية عالية للعمل في جميع الأحوال الجوية، ورسم خرائط التضاريس. ثم الطائرات بدون طيار الكبيرة الحجم للاستخدام العسكري، وتكون مسلحة ولها بنية تحتية عسكرية للعمل، وقد يصل ارتفاع طيرانها إلى أزيد من 15 كلم، ثم تصل المدة إلى أكثر من 45 ساعة، وهناك أخرى مقاتلة خفية ذات تكنولوجية متطورة، مما يجعل إمكانية ملاحظتها قليلة (Sayler, 2015).

✓ **التصنيف حسب الخصائص التكنولوجية**

الطائرات الصغيرة والمصغرة، حيث الأخيرة وزنها أقل من 100 غ، في حين الصغيرة أقل من 30 كلغ، وتطير على ارتفاع ما بين 150 و300م، وتم التركيز في تصميم هذه الفئة للعمل في الأخاديد وداخل المباني والمناطق الحضرية، ويمكن أن تحمل أجهزة الاستماع والتسجيل والإرسال وكاميرات مصغرة. ويستخدم هذا النوع في التطبيقات المدنية والتجارية (Cavoukian, 2012). ثم الطائرات بدون طيار الإستراتيجية، وهي منصات أثقل من السابقة، وتستعمل في المجال العسكري، وغير العسكري لمراقبة الأرض ورصد الغلاف الجوي، وتديرها وكالة ناسا (NASA)، (Cavoukian, 2012). ثم المناطيد أو البالونات على الرغم من أنها لا تعتبر من بين الطائرات بدون طيار لكنها صنفت كذلك على اعتبار أنها تستطيع الصمود في مكان واحد للمراقبة لفترة طويلة مثل مراقبة الحدود (Joseph et al. 2014).

1_4: عمل الطائرات بدون طيار كبديل للمسح الأرضي

يمكن للطائرات بدون طيار أن تعوض طرق المسح الأرضي، وذلك لما تقدمه من مزيا لرسم الخرائط التصويرية، وتستخدم خرائط الأجهزة الجوية القياس التصويري لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة في عالم حقيقي من الصور ثنائية الأبعاد (أبو صالح، 2011)، من خلال الجمع بين العديد من الصور الجوية ذات

مرجع وإسناد جغرافي ومعالجتها، كما تُستخدم تقنيات القياس التصويري لتوليد مخرجات مثل السحب النقطية ثلاثية الأبعاد ونماذج الارتفاع الرقمية النقطية (داود، 2015). وبهذا فهي تتيح لمساح الأراضي ربح الوقت، والتكلفة. كما أن استخدامها يلغي الحاجة إلى إرسال طاقم المسح إلى المناطق الخطيرة مثل أسطح المنازل والحواف والطرق والتربة غير المستقرة والسفوح شديدة الانحدار...(فتحي، 1983). بالرغم من كون الطائرات بدون طيار تبلغ دقتها أقل من إمكاناتها النظرية، لقد أثبتت نفسها كبديل جديد وجيد لأساليب المسح التقليدية خاصة منها الأرضية (Resop et al. 2019). ويرى بعض الباحثين أنه مع أجهزة الطائرات المسيرة، فإن رسم الخرائط بالطائرة بدون طيار دقيق بما يكفي لتكملة أو استبدال طرق المسح الأرضي. لدعم فرضيتهم، قام الباحثون (Przybilla et al. 2020) بتثليث موقع بيت سبع مرات باستخدام طائرة بدون طيار DJI Inspire 2 مزودة بنظام (PPK GNSS) عالي الدقة وكاميرا (Zenmuse X4S)، حيث احتوى الموقع على أسطح ملساء ومواقف السيارات والحقول وأسطح المنازل، بالإضافة إلى الميزات التي لا يُتوقع أن تكون نموذجًا جيدًا باستخدام القياس التصويري الجوي (الجدران والأسلاك العلوية والأرض تحت الغطاء النباتي)، استخدم الباحثون بيانات من أزواج صور مجسمة لملء الميزات المفقودة أو المشوهة. وعلى الرغم من أن نظام تحديد المواقع المتطور للطائرات بدون طيار يعني أن الدقة تعتمد قليلاً على التحكم الأرضي فقد جمع الفريق 23 نقطة تحكم موزعة جيدًا لحساب التحول من أجل التكرار ولتوفير معطيات كافية لإحصاءات.

2_: قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد

يتم المسح بالطائرة بدون طيار عبر مرحلتين:

الأولى هي العمل الميداني بما فيها طلب رخصة الطيران حسب قرار الوزير 386.15 الصادر في الجريدة الرسيمة 6337 بتاريخ 23 فبراير 2015، والذي يحث على أنه لاستيراد أو لحيازة طائرة بدون طيار، لا بد من ترخيص من السلطات المختصة (الوزارة المنتدبة المكلفة بالتجارة الخارجية، بتنسيق مع وزارة الداخلية، والوكالة الوطنية لتقنين المواصلات) لأن استعمال هذه الطائرات يمكن أن يتضمن تهديد الأمن العام والترابي، أو الحرية الفردية للأشخاص. وللحصول على رخصة الاستعمال، لابد من صفة إطار العمل (الإعلام، مكاتب الدراسات، شركات، البحث العلمي). ثم أنه لكل مهمة استعمال الدرون، لابد من طلب لدى السلطة المحلية (الملحق رقم 5)، مرفقة بتصاميم المواقع المراد مسحها، وكذلك خصائص الطائرة المسيرة ورخصتها من الوكالة الوطنية لتقنين المواصلات، ثم أسماء الأشخاص بالمهمة، وكذلك طلب صاحب المهمة والغرض منها. وهذه العملية يمكن أن تأخذ أسبوعين أو ثلاثة للحصول على الموافقة. ثم تأتي عملية المسح والقياس في الميدان، وهي بدورها لها سيرورتها عبر مراحل. ولقياس التعرية الموضعية بحوضي اتلاغ والعابد تم اعتماد الطائرة المسيرة من نوع DJI Phantom 4 Pro (الصورة رقم 45). وهي تتميز بمكاميرا مزودة بمصراع ميكانيكي بدقة 20 ميجابكسل. قادرة على التقاط فيديو بدقة 4K، ويمكن

للطائرة التقاط صور متتابعة بمعدل 14 مرة (إطارا) في الثانية. ثم أن سرعتها يمكن أن تصل إلى 72 km/h. إظافة إلى أنها تقوام سرعة الرياح إلى حدود 10m/s. وذات بطارية لها قدرة على التحليق تصل إلى أكثر من 30 دقيقة. ووزنها حوالي 1375 غرام. إظافة إلى مرونة تحويل المعطات بالذاكرة الخارجية...

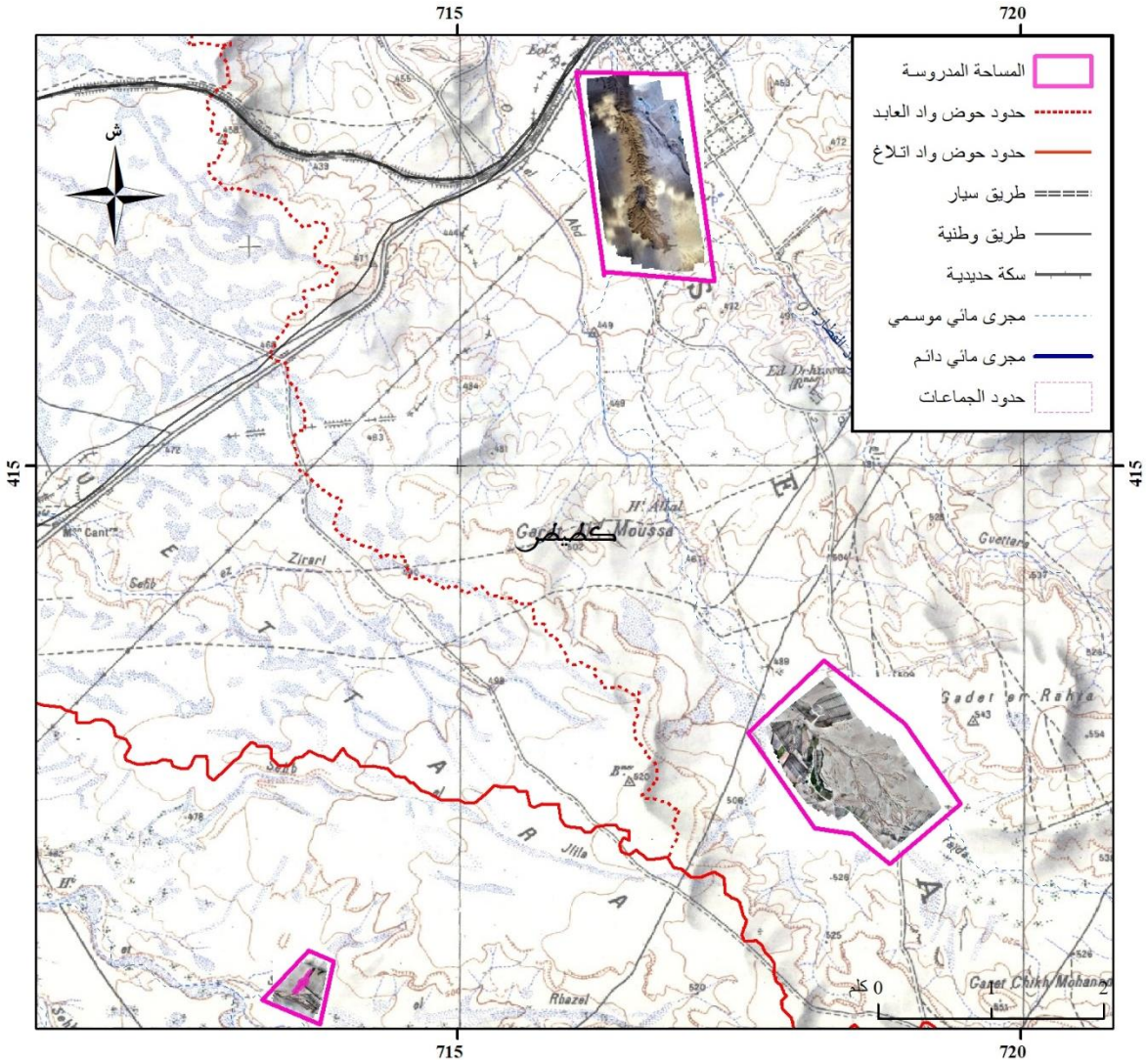
الصورة رقم 45: إعداد جهاز DJI Phantom 4 Pro لطيران.

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

المرحلة الثانية وهي العمل المكتبي، أي النمذجة وتحليل المعطيات بعد تفريغها من الجهاز، وتمت هذه العملية باعتماد برمجية Pix4Dmapper و Agisoft Photoscan.

2_1: طريقة قياس التعرية التراجعية الموضعية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد

بعد الحصول على رخصة التصوير بالطائرة المسيرة من السلطات المحلية، المؤرخة من 7 إلى 10 دجنبر 2020، ومن 13 إلى 18 أبريل 2021، تم اختيار ثلاثة مواقع (الشكل رقم 93)، قد تم تحديدها سابقا (الشكل رقم 86). وقد تم اختيار هذه المواقع حسب ما تم التطرق إليه بالنسبة لمظاهر التعرية بالفصل الأول فيما يتعلق بالتخديد المعمم (الشكل رقم 5 والصور رقم 15 و16).



الشكل رقم 93: مواقع قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: الخرائط الطبوغرافية لتاوريرت والعقرب 1/50000، وقياس 17 أبريل 2021 بالطائرة المسيرة.

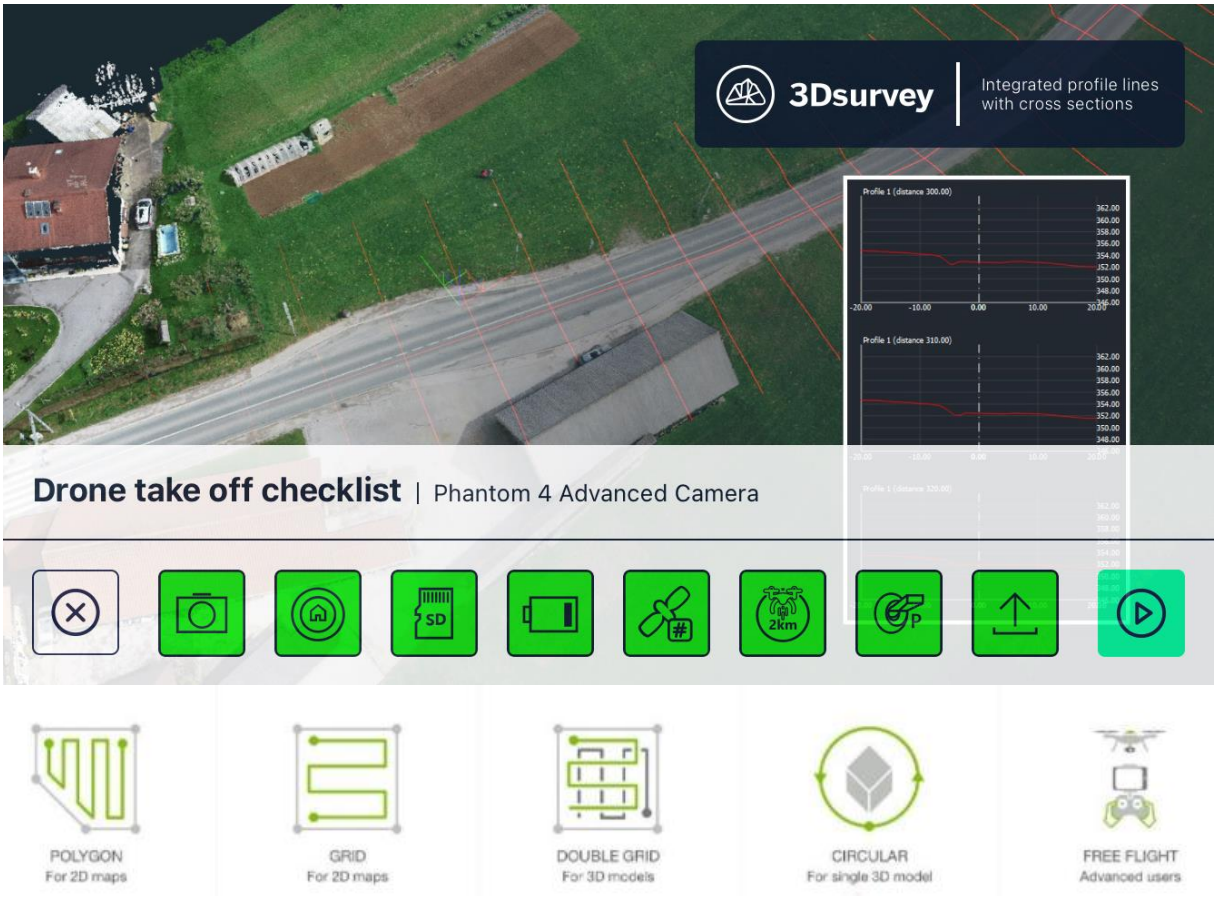
بعد تحديد المواقع ولبلوغ هدف قياس التعرية بالطائرة بدون طيار، تم المرور من المراحل التالية:

أولا: تحديد علامات ونقط مرجعية على الأرض ليتم رصدها بالطائرة المسيرة، (الصورة رقم 46) وقياسيها بجهاز التموضع العالمي بنسق (RTK)، لاعتمادها في الاستناد الجغرافي كنقط مرجعية.

الصورة رقم 46: نقط مرجعية لرصدها بالطائرة بدون طيار بحوضي اتلاغ والعابد.

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

ثانيا: خيارات المهمة الأساسية والطيران: بعد تجهيز الطائرة وتركيب الأجنحة والتأكد من بطارية الطائرة، يتم من خلال واجهة برمجية جهاز التحكم (هاتف ذكي، أو لوحة إلكترونية) تحديد طراز الطائرة، ثم خيار التشغيل، والإعدادات الأساسية (الصورة رقم 47).

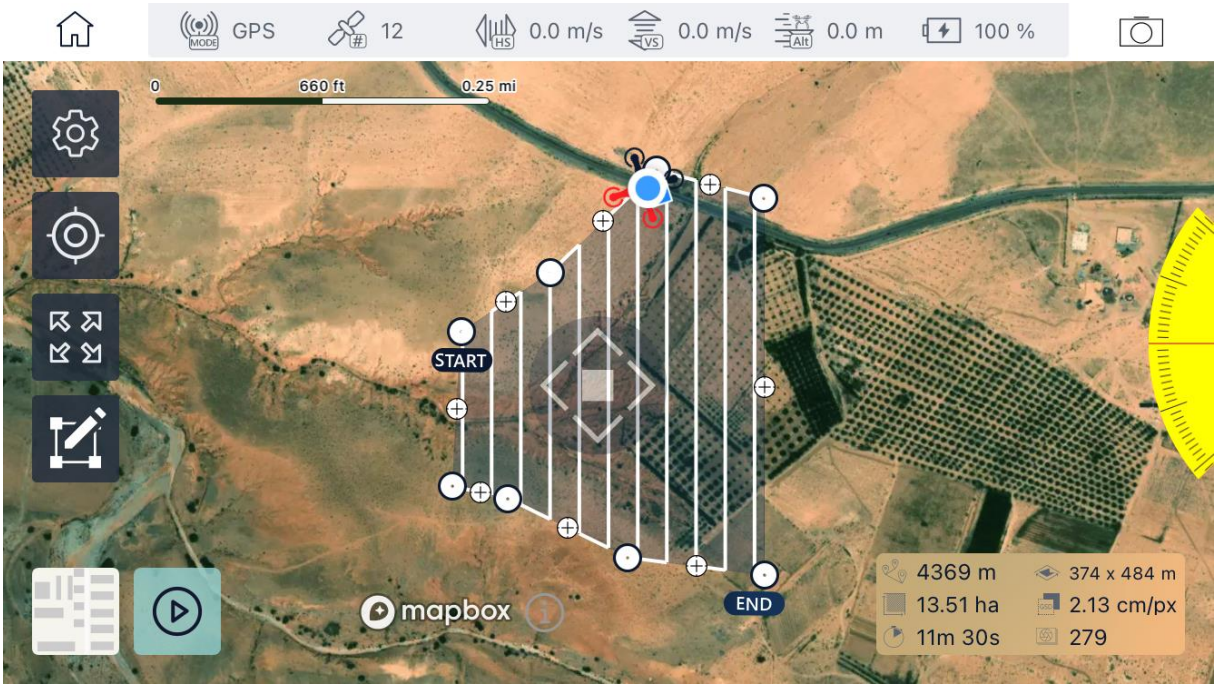


الصورة رقم 47: واجهة برمجية التحكم عن بعد، وخيارات الطيران

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

بالنسبة لخيارات الطيران، هناك خمس وضعيات، وهي عبارة عن شبكة ثنائية الأبعاد، وخريطة ثنائية الأبعاد، وثنائية الأبعاد متعددة الأضلاع، ثم نموذج ثلاثي الأبعاد، والأخير عبارة عن طيران حر، للتحكم فيه يدويا.

ثالثا: خطة الطريق، بشكل عام، وهي رسم المسار حيث يجب أن يتجاوز المجال المراد مسحه، ويجب أن يتجاوز الارتفاع جميع عوائق الطيران لتجنب الاصطدام، لكن في الحدود المسموح بها (الصورة رقم 48).



الصورة رقم 48: واجهة برمجية التحكم عن بعد، إعداد خطة الطيران

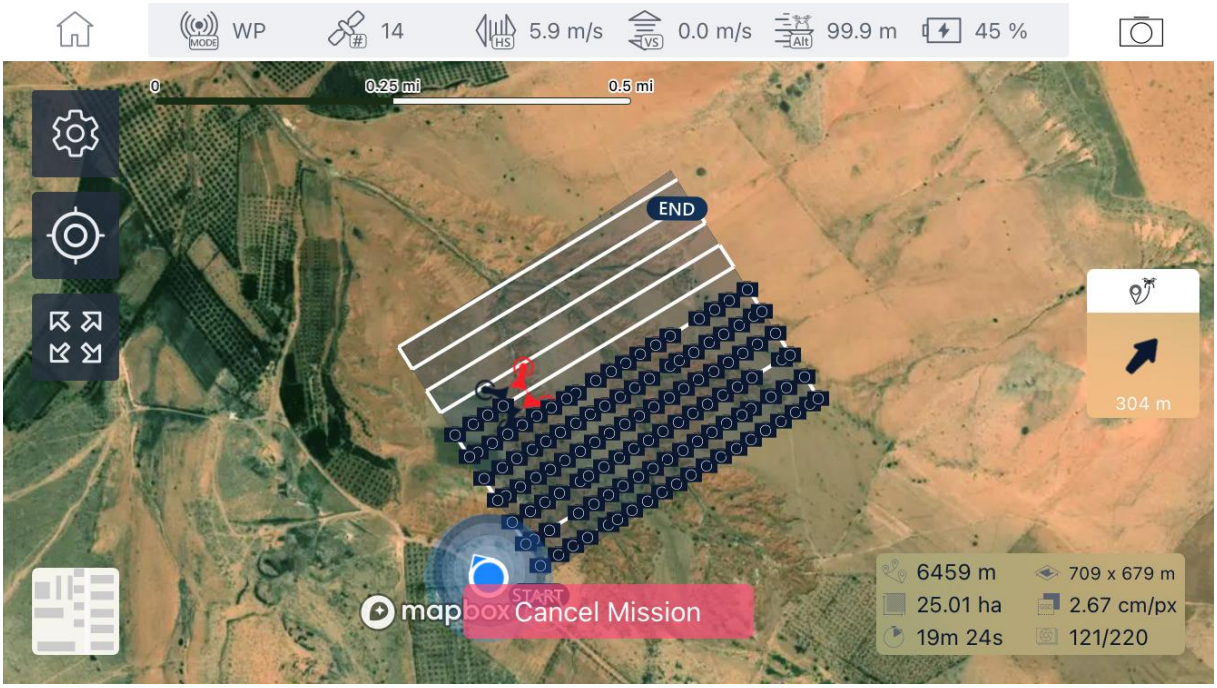
المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

رابعا: الاحتياطات، يجب مراعاة وقت الرحلة المقدرة وإنذار البطارية (إذا كان منخفضا أقل من 30% يجب تفعيل وظيفة العودة التلقائية)، ثم من الأفضل أن تكون نقطة الإقلاع في وسط منطقة المسح.

خامسا: إعدادات الرحلة: وهي زاوية الكاميرا، ويتم ضبط التداخل الأمامي والتداخل الجانبي (يفضل ألا يقل عن 70%)، ويمكن تعديل النمذجة عالية الدقة إلى 90%، ولكن يزداد وقت الرحلة)، ثم يتم تحديد سرعة الطيران عمومًا على أنها الحد الأقصى، ولن تطير بالسرعة التي قمنا بقياسها.

تم وضع تشغيل الكاميرا على الوضع الآمن أو الوضع السريع. بشكل عام، يتم اختيار الوضع الآمن. في الوضع الآمن، ستحوم الطائرة عند التقاط صورة، وعند فقدان نقل الصورة، تستمر في أداء صور المهمة. أما في الوضع السريع، تلتقط الطائرة صورًا أثناء الطيران لكن عند فقدان نقل الصورة، ستتوقف مهمة التصوير.

يمكن تعديل توازن اللون الأبيض وفقًا للطقس المحلي، وكذلك يمكن إيقاف تجاهل نقطة الاتصال الافتراضية على الرغم من أن البرمجية توفر إعدادات لتجاهل فحص الأمان في نقطة الإقلاع، ولكن لا يمكن للطائرة الإقلاع إذا كانت تبعد أكثر من 150 ما عن مركز منطقة القياس (الصورة رقم 49).



الصورة رقم 49: بدء عملية التصوير الجوي بمنطقة سهب الفيضة

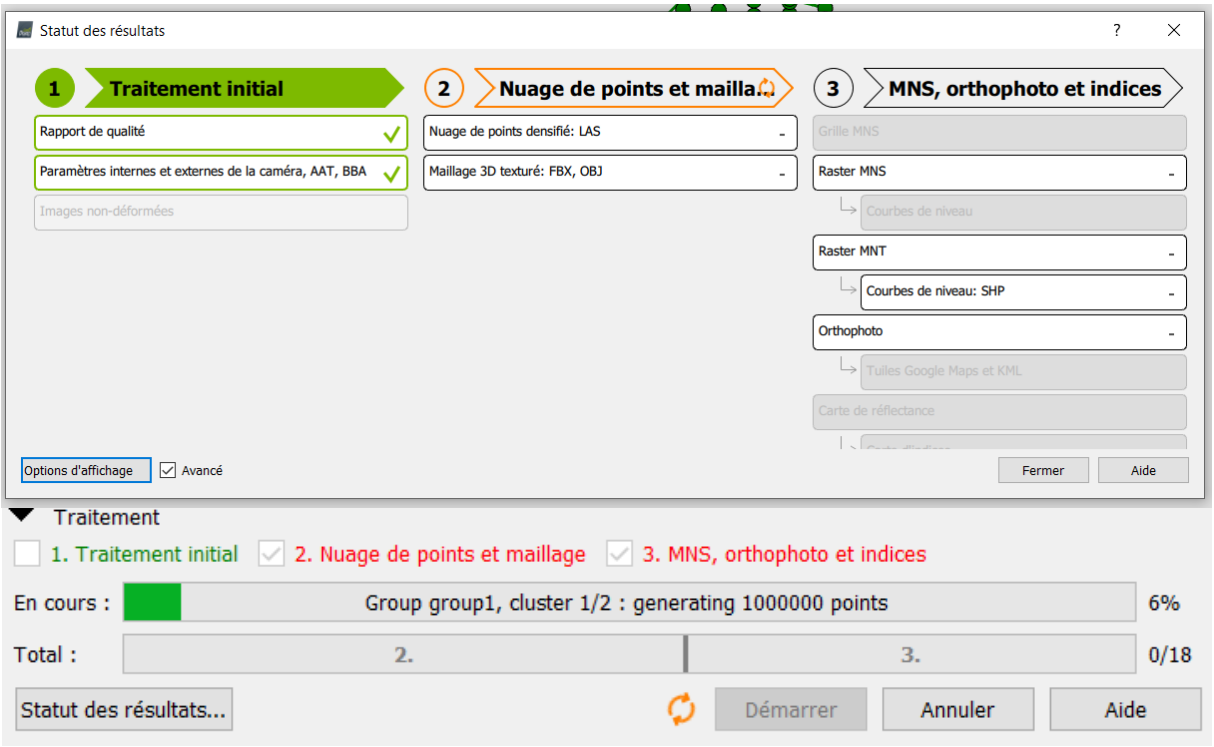
المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

بعد اجتياز الطائرة عملية الفحص، يمكن بدء الطيران (الصورة رقم 49) ويتبين من الصورة أن مساحة المهمة 25 هكتار، والدقة التمييزية أقل من 3 سمتر، ثم وقت المهمة حوالي 20 دقيقة، وكذلك العدد المتبقي للصور حيث أخذت في هذه اللحظة 121 صورة من أصل 220، ثم أن الطائرة تبعد عن جهاز التحكم بـ 304 متر، في إتجاه الشمال الشرقي، ثم الارتفاع 100 متر، والسرعة 6 متر/ثانية.

بعد الإنتهاء من الرحلة، يتم تفريغ الصور لمعالجتها في المكتب.

2_2: نمذجة وتحليل معطيات نتائج قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد

بعد الإنتهاء من العمل الميداني، يتم تفريغ الصور وجمعها في ملف واحد بهدف تحليلها واستخراج النموذج الرقمي للارتفاعات، أو تحويلها إلى غيمة نقطية، بالإضافة إلى صورة واحدة بدقة عالية تم تحديدها مسبقا. ولهذا الغرض، تم توظيف برمجيات Pix4Dmapper و Agisoft Photoscan مرورا بثلاث مراحل (الشكل رقم 94). سوف نتعامل في هذا المثال مع حالة سهب الغزال لأن نفس المراحل تتكرر بالحالات الأخرى. وهذا ليس للاستفاضة في شرح كيفية استعمال البرمجية أكثر من الوصول إلى نتائج والتعمق في تحليلها، والبتالي الوصول إلى الاقتراحات المناسبة لمعاجة الإشكالية المطروحة.



الشكل رقم 94: مراحل معالجة المعطيات ببرمجية Pix4Dmapper

المصدر: العمل المكتبي، 13 أكتوبر 2021.

تتم خطوات معالجة الصور عبر المرحلة القبلية حيث يتم فيها تجميع الصور حسب الإعدادت المدخلة، وتحديد نظام الإسقاط المطلوب، ثم إدخال النقط المرجعية بإحداثياتها الصحيحة، أي الإسناد الجغرافي، ثم تأتي مرحلة استباط واستخراج السحابة النقطية، ثم أخيرا استخراج النموذج الرقمي، وهو مسند جغرافيا، حسب النقط المرجعية. ويكون هذا مرفقا بتقرير مفصل عن هذه المراحل (الملحق رقم 6). تجدر الإشارة إلى أن هذه المراحل تأخذ وقتا قد يصل إلى أكثر من 24 ساعة لمعالجة مهمة واحدة إذا ما توفر جهاز متوسط الكفاءة. كما أنه يأخذ مساحة كبيرة من القرص نظرا للحجم الكبير للمعطيات.

بعد إنتهاء البرمجية من معالجة المعطيات، أصبح النموذج الرقمي جاهزا حسب الدقة المدخلة بالاعدادت (أقل من 5 سمتر)، ثم صورة جوية مسندة بدقة تقل عن 3 سم. وتم التوصل إلى تقرير مفصل عن هذه المخرجات. وسنقتصر عن حالة سهب الغزال، نظرا لطول التقرير، مع أخذ ما هو مهم فقط، وكذلك لأن نفس التقارير تتكرر بلقطيطير وسهب الفيضة. ما يهمنا في الأخير هو المعطيات المخرجة (النموذج الرقمي والسحابة النقطية).

أولا عنوان ومعلومات عامة عن المشروع كما هو وارد في الجدول رقم 45.

الجدول رقم 45: بطاقة معلومات عن المهمة والمشروع

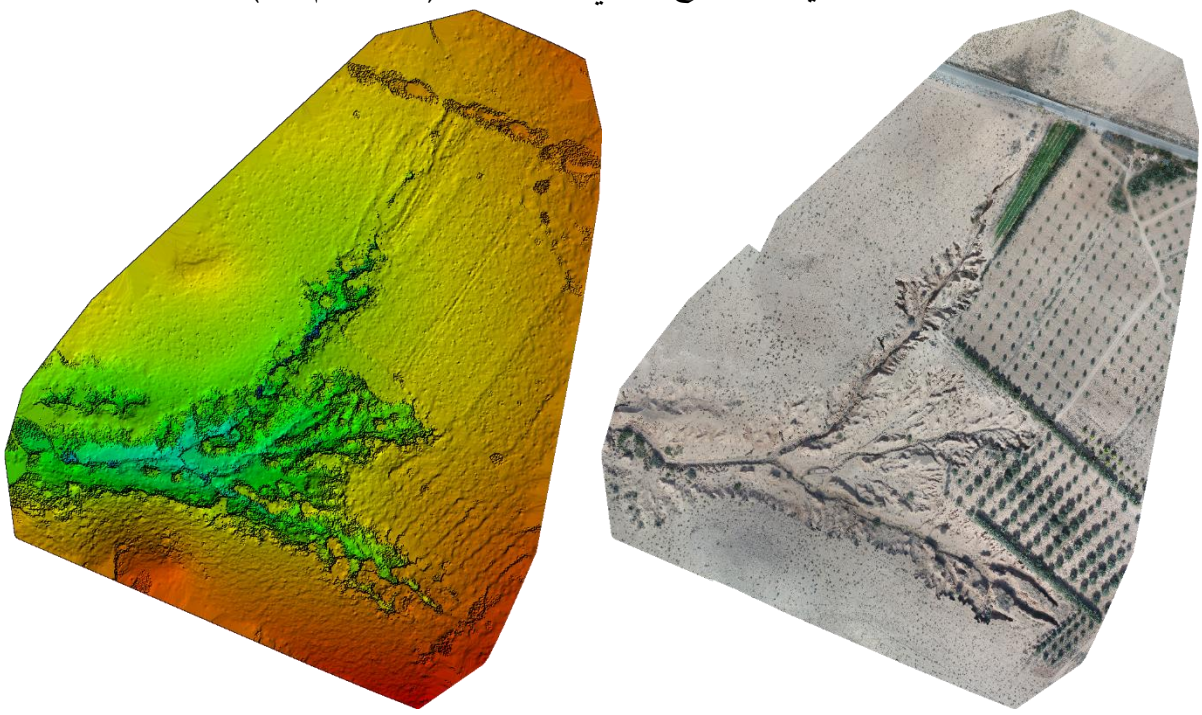
Project	saheb el ghazel 9 Dec 2020
Processed	2021-04-20 21:46:49
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.71 cm / 1.07 in
Area Covered	0.151 km^2 / 15.0973 ha / 0.06 sq. mi. / 37.3256 acres

يضم الجدول رقم 45 إسم المشروع ووقت المشروع ثم نوع الكاميرا المستعملة في المشروع، وكذلك دقة التصوير ثم المساحة المغطاة للمشروع. كما يأتي كذلك بتقرير فحص الجودة (الجدول رقم 46).

الجدول رقم 46: فحص الجودة للمهة، حالة سهب الغزال

Images	median of 61127 keypoints per image	✓
Dataset	265 out of 265 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	4.28% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 38238.7 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 5 GCPs (5 3D), mean RMS error = 0.025 m	✓

يتبين من خلال جدول فحص الجودة الذي يضمه التقرير، أنه يتطرق إلى عدد الصور المجمعة، ثم متوسط النقط المستخرجة من الصورة الواحدة، ويمكن حساب كل النقط، مثلا في حالة سهب الغزال أكثر من 16 مليون نقطة، ثم الفرق النسبي للكاميرا يقل عن 5%، ثم الخلايا المتطابقة لمعاينة الصور بمتوسط 38 ألف خلية، وأخيرا جودة الإسناد الجغرافي بهامش خطأ يقل عن 3 سم. كما يضم التقرير كذلك معاينة للوثائق المخرجة من الصورة الجوية، والنموذج الرقمي للارتفاعات (الشكل رقم 95).

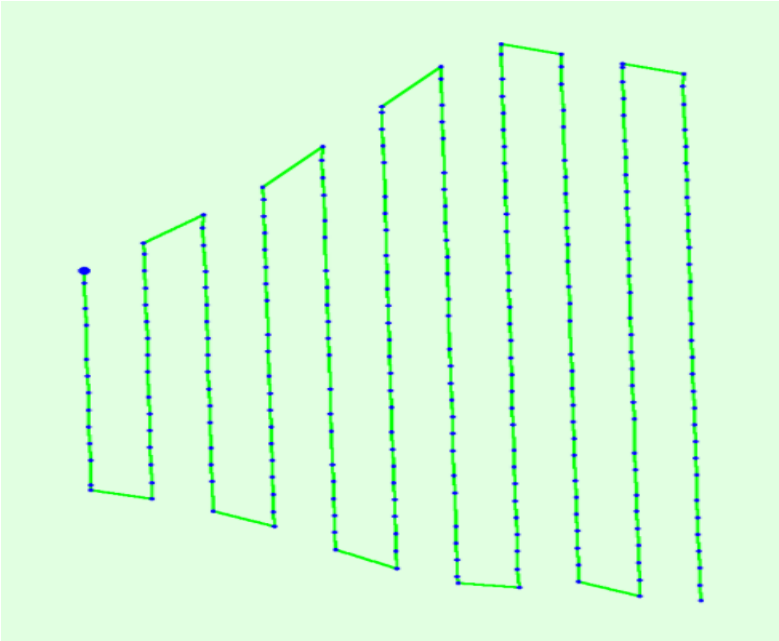


الشكل رقم 95: الصورة الجوية المجمعة والنموذج الرقمي للسطح الخام (MNE)[30] لسهب الغزال

المصدر: تقرير مخرجات برمجية Pix4Dmapper

ثم يتم عرض خطة الطيران (الشكل رقم 96).

[30] Modèle Numérique d'Elevation



الشكل رقم 96: خطة الطيران المستعملة في دراسة حالة سهب الغزال

المصدر: تقرير مخرجات برمجية Pix4Dmapper

يتبين من شكل خطة الطيران، أي المسار الذي اعتمد في مهمة مسح سهب الغزال، والنقط بالأزرق تعني الصورة الملتقطة حسب نسبة التداخل الأمامية والجانبية. وللإشارة يجب أن تتعدى نسبة التداخل 70% بالنسبة للصور الجوية المساحية الرقمية، أو المساحة التصويرية الرقمية حسب (Kasser, & Egels, 2002).

بعد جمع وضم الصور (الفسيفساء)، يتم إسنادها لنقط مرجعية تم تحديدها في الميدان، وقياسها بنظام التموضع العالمي بنسق (RTK)، للتحكم في دقتها. هذه العملية يراد بها التصحيح الجغرافي خاصة إذا كان الهدف هو تتبع هذه الأشكال. ومن خلال حالة سهب الغزال، تم اعتماد 5 نقط مرجعية.

الجدول رقم 47: هامش خطأ تصحيح الصور باستخدام نقط التحكم الأرضية

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
p.6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.053	-0.001	-0.046	1.202	10 / 10
st.3ref.1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	0.005	-0.029	0.477	15 / 15
st.4ref.1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.008	-0.003	0.034	0.470	15 / 15
p.4 (3D)	0.020/ 0.020	0.017	-0.016	-0.004	0.807	19 / 19
p.7 (3D)	0.020/ 0.020	0.040	0.020	0.037	0.477	8 / 8
Mean [m]		-0.001107	0.000850	-0.001573		
Sigma [m]		0.030815	0.011649	0.032986		
RMS Error [m]		0.030835	0.011680	0.033023		

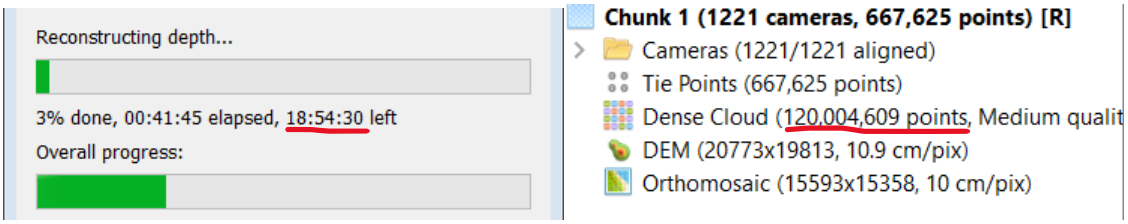
يتبين من جدول هامش خطأ النقط المسندة أن هامش الخطأ في محور الأراتيب لا يتعدى 4 سم، ومحور الأفاصيل يقل عن 2 سم، كما يقل على 3 سم في الارتفاع. ويصل تكرار نفس النقطة المرجعية للتحقق من الصورة أحيانا إلى 19 مرة، وهذا ما يعطي دقة عالية في الإسناد. وهذا يتبين في قيمة الجذر

التربيعي لمتوسط الخطأ، أو ما يعرف بالمعيار الكمي (Root Mean Square Error)، أنه لا يتعدى 3 سم في حالة سهب الغزال. ثم يتم بعد ذلك استخلاص وحساب السحابة النقطية كما هو مبين بالجدول رقم 48، الخاص بسهب الغزال.

الجدول رقم 48: تفاصيل السحابة النقطية لمهمة سهب الغزال

Image Scale	1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	01h:20m:00s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	13m:54s
Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	**26978437**
Average Density (per m^3)	326.55

يتبين من الجدول رقم 48 أنه يمكن استنباط أكثر من 26 مليون نقطة، وذلك حسب الدقة المطلوبة، وأكثر من 300 نقطة في المتر مربع، كما أنه استغرق في هذه العملية حوالي ساعة ونصف فقط، مقارنة مع حالات أخرى بمساحة كبيرة قد يصل إلى عشرين ساعة، كما هو الحال بسهب الفيضة (الشكل رقم 97). وتم استنباط سحابة نقطية تتعدى 120 مليون نقطة.



الشكل رقم 97: المدة والعدد لاستنباط السحابة النقطية. حالة سهب الفيضة

المصدر: برمجية Agisoft Photoscan.

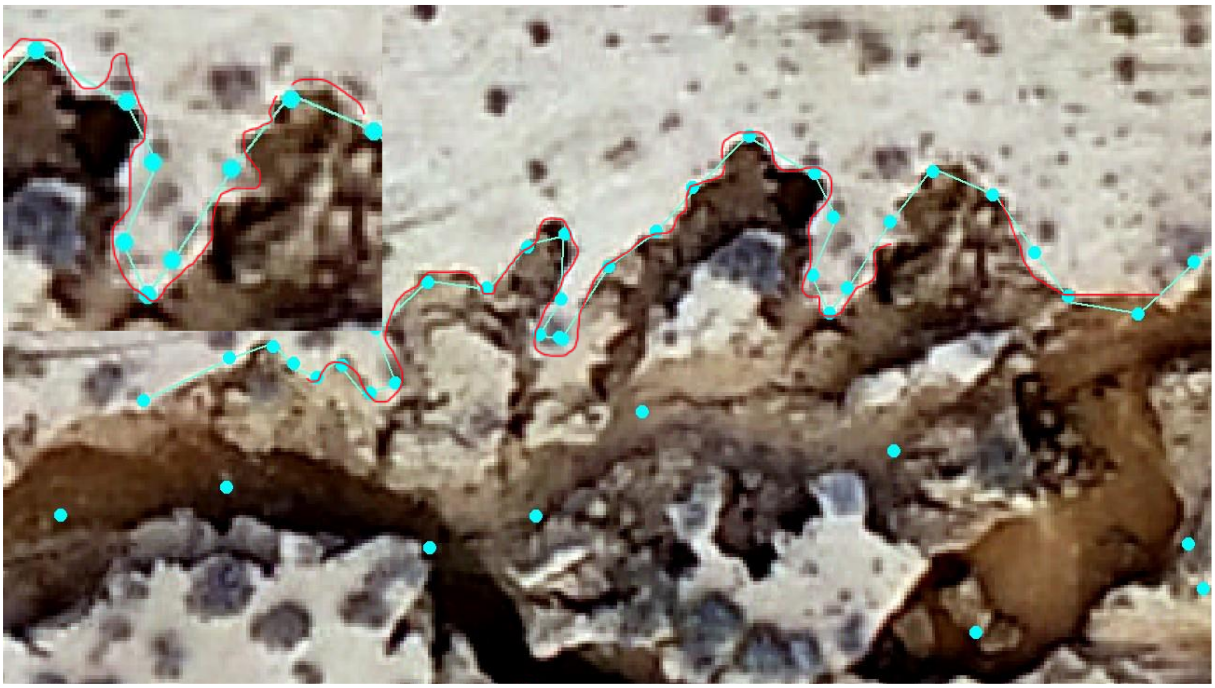
بعد الانتهاء من عملية المعالجة، يتم استخراج النتائج على شكل صورة مسندة ذات دقة عالية حسب الإعدادات المطلوبة كما هو موضح في هذا المثال. لقد تم اختيار دقة متوسطة، وهي 10 سم، ونموذج رقمي للسطح، وذلك بهدف مقارنة هذه النتائج بمعطيات نظام التموقع العالمي، والماسح الثلاثي الأبعاد الأرضي، من أجل حساب كمية التربة المفقودة بهذه المواقع.

المحور الرابع: استخلاص نتائج قياس التعرية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي

تم اعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي (نظام التموضع العالمي (GPS) من نوع Lieca 1200، والماسح الليزري الأرضي الثلاثي الأبعاد (Scanner 3D) من نوع Leica ScanStation P40، والطائرة المسيرة أو بدون طيار (Drone–UAV)، من نوع Phantom 4 Pro – DJI، وذلك لدراسة وتكميم التعرية بحوضي اتلاغ والعابد، وحساب حجم التربة المفقودة للتعرية التراجعية (الأساحل) التي تعرفها مناطق دون غيرها، والتي تساهم بشكل كبير في اقتلاع التربة وتأثيرها على السافلة (السدود).

يتم فقدان ترب مهمة من مجال الدراسة بفعل أنواع التعرية السائدة خاصة التعرية الغشائية، ولكن هذه المساحات التي تعرف هذا النوع من التعرية (التخديد المعمم – الأساحل) بفعل التعرية التراجعية تفقد كميات مضاعفة بهذه المواقع بالرغم من محدوديتها مجاليا.

قبل حساب كمية التربة المفقودة، لا بد من مقارنة بين هذه الطرق في القياس باعتماد أجهزة قياس المساحة المختلفة، وذلك بهدف تحديد الطريقة الأنسب والأفضل لهذا النوع من الدراسة. ويبين (الشكل رقم 98) الفرق بين قياس نظام التموقع العالمي، والماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة.

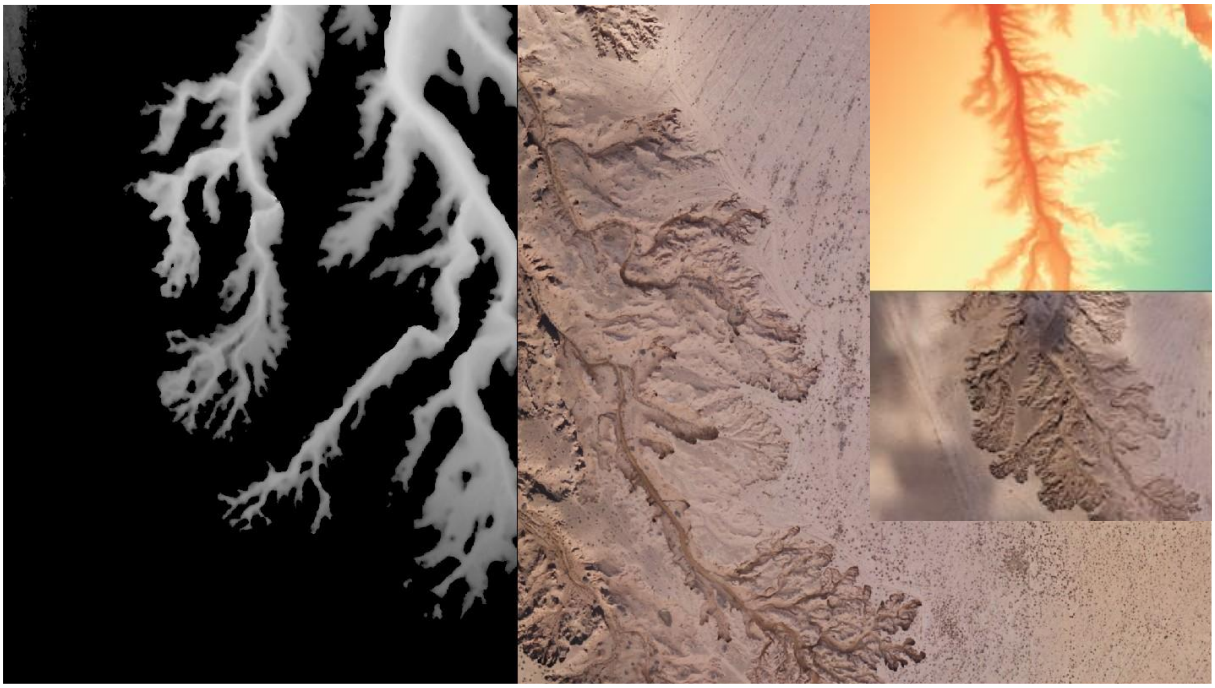


الشكل رقم 98: الفرق بين الرصد بنظام التموضع العالمي، والطائرة المسيرة، بالقطارة

المصدر: عمل ميداني 22 غشت 2020، قياس بتقنية GPS، و9 دجنبر 2020، بتقنية Drone UAV.

تمثل النقط الزرقاء والخط الأزرق بالشكل رقم 98 نقط مرصودة بنظام GPS، والخط الأحمر هو المرصود بالطائرة المسيرة، ويبين الخطان الفرق بين الطريقتين والجهازين. يظهر بوضوح المساحة بين الخطين التي من الصعب ضبطها ورصدها بجهاز GPS، وبالتالي فإن طريقة الطائرة هي الأفضل من

حيث الدقة في الشكل، والصورة الملتقطة بهذه الأخيرة لها نموذجها الرقمي للسطح (الشكل رقم 99) بدقة متحكم فيها من قبل. في هذا المثال، تم اختيار 10 سم.

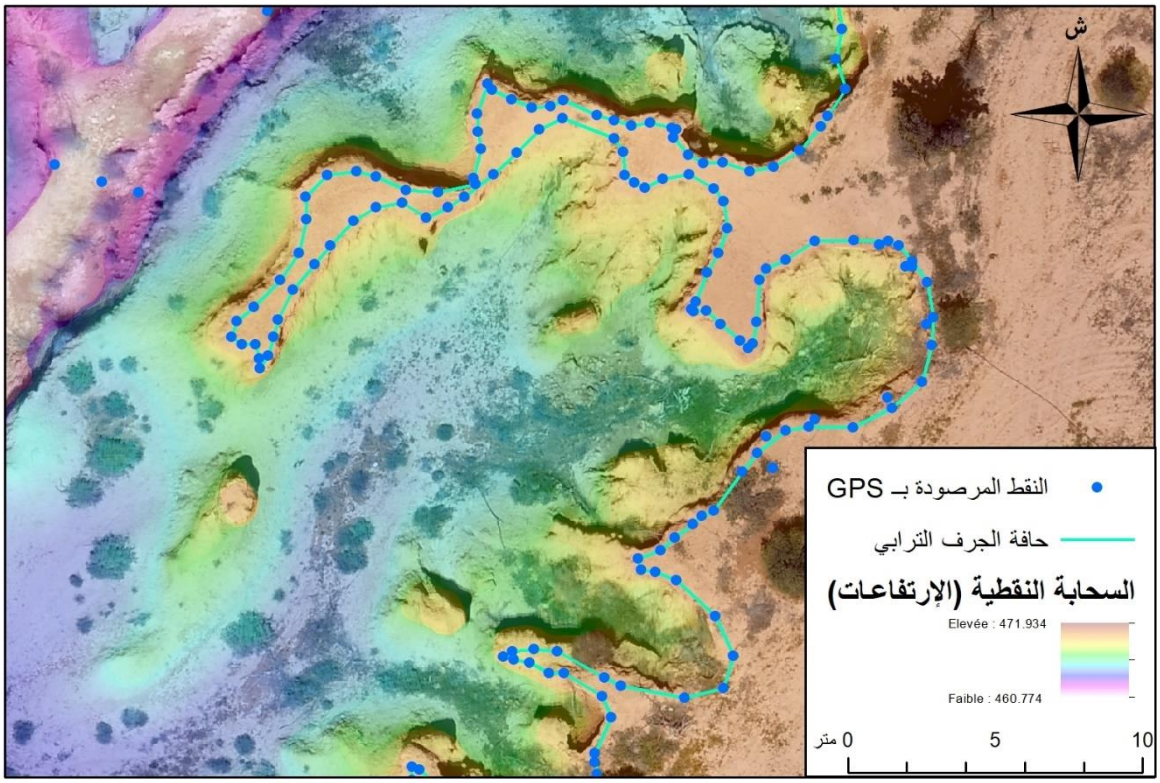


الشكل رقم 99: صور الطائرة بعد تجميعها ومعالجتها واستخراج النموذج الرقمي للسطوح DMS، حالة واد القطارة

المصدر: قياس Drone UAV بتاريخ 9 دجنبر 2020.

يبين الشكل رقم 99 الصورة الإجمالية بعد تجميع الصور الملتقطة بالطائرة المسيرة (الفسيفساء)، وبعد معالجتها، تم استخلاص النموذج الرقمي للأسطح (DSM)[31]. كما يتبين أن هذا النموذج المستخلص من المسح بالطائرة المسيرة، يشبه بكثير السحابة النقطية المستنبطة بالماسح الثلاثي الأبعاد (الشكل رقم 100)، بسهب الغزال، حيث يتجلى بوضوح خاصة حافة الجرف الترابي.

[31] Digital Surface Model / Modèle Numérique de Surface



الشكل رقم 100: مثال عن النقط المرصودة بـ GPS وDrone و3D Scanner، حالة سهب الغزال

المصدر: عمل ميداني بقياس GPS وDrone UAV و3D Scanner.

يبين الشكل رقم 100 بوضوح الفرق بين النقط المرصودة بالطرق والآليات المختلفة للمسح الطبوغرافي، خاصة عند حافة الجرف. وذلك من خلال النقط باللون الأزرق المتعلقة بالرصد بنظام التموقع العالمي، والسحابة النقطية المتدرجة في الألوان حسب الإرتفاعات المستنبطة من الماسح الثلاثي الأبعاد أو الطائرة المسيرة، حيث هذه الأخيرة تظهر في الخلفية الصور المأخوذة بها. ومن خلالها يمكن أستنباط السحابة النقطية للإرتفاعات.

لكل طريقة قياس مزاياها وعيوبها، ويتبين أن GPS بالرغم من دقته التي تقل عن 5 سم، فإنه لا يمكن تغطية المساحة المدروسة كاملة، كما يتبين أن طريقة القياس بـ GPS تختزل مساحة مهمة، مقارنة مع الطرق الأخرى. ولو تمت تغطية المجال بأكبر عدد ممكن من النقط لتغطية الهدف، فإن هذه العملية تأخذ وقتا وجهدا كبيرين. لذلك فإن المعمول به والمعروف أن طريقة القياسات بجهاز GPS تتم على أهم تغيرات شكل الهدف وليس تفاصيله الدقيقة. ويفضل أخذ أكبر عدد من النقط المرصودة الممكنة خاصة إذا تعلق الأمر بشبكة تثليث لإنتاج النموذج الرقمي للارتفاعات، لقياس حجم الهدف. كما أنه يقيس فقط النقط السفلى عند قدم الجرف، والنقط العليا عند حافته، ويتم الربط بين هاتين النقطتين دون الأخذ بعين الإعتبار ما هو موجود بينهما.

في حالة دراسة هذه الأجراف الترابية، تتم المخاطرة بالأشخاص خاصة عند الإقتراب كثيرا من حافة الأجراف المترهلة والهشة، التي تعرف تساقطا بين الفينة والأخرى. وهناك كذلك مشكل على مستوى الإشارة التي تنخفض، ويمكن أن تنقطع عند قياس قدم الجرف.

لكن يبقى هذا الجهاز وهذا النمط هو الأكثر عمليا في القياس من حيث خفة وزنه، ومن حيث طول مدة البطارية، ثم طول مسافة التنقل به والقياس، التي تصل إلى عدة كيلومترات حسب نوع اللاسلكي بالجهاز.

بالنسبة للماسح الثلاثي الأبعاد، من الناحية العملية صعب نظرا لطريقة اشتغاله بشبكة نقط القاعدة التي يجب أن تغطي الهدف من جميع الزوايا، خاصة إذا كانت المساحة كبيرة. يأخد جهدا ووقتا كبيرين، وبالتالي تكلفة أكثر، ثم في حالة دراسة هذه المواقع وتتبعها، لم يكن من السهل توفره في فترات متعددة، (توفر يوم عمل واحد فقط، الذي تم التطرق فيه لدراسة حالة سهب الغزال).

من أهم مزايا جهاز الماسح الثلاثي الأبعاد أنه يوفر بسهولة سحابة نقطية بدقة عالية، ومتحكم فيها حسب نوع العمل وظروفه. كما أنه يحل مشكل GPS الذي يقيس أعلى وأسفل الجرف فقط، وذلك بوضع الماسح أمام الجرف ليتم مسحه دون ملامسته، أي التخلص من مشكل الاقتراب من حافة الجرف. ثم أنه يأخد آلاف النقط في وقت وجيز، أي سحابة نقطية توفر الاشتغال بالمقياس الكبير يمكن أن يصل إلى 1/1، مثلا نوع LEICA SCANSTATION P40، (الصورة رقم 43) تصل دقته إلى 1.2 ملم، بسرعة مليون نقطة في الثانية، ودقة الصور تصل إلى 700_Mpx، ومسافة الليزر تصل إلى 270 م، عكس GPS الذي يصل مداه إلى كيلومترات. نخلص أن الماسح الثلاثي الأبعاد يدرس الأهداف عن بعد بدقة عالية ولكنه مكلف من حيث زمن القياس لتحويله من محطة إلى أخرى لتغطية الهدف، إضافة إلى مساحة التخزين والمعالجة.

بالنسبة لدرون من أهم مزياه تغطية مساحة متوسطة بدقة عالية تصل إلى 1 سم، كما أنه يمكن أن يدرس الأهداف بمقياس كبير (1/1)، وهو الرائد في المساحة التصويرية الرقمية، وتكلفته مناسبة، ثم أنه سهل الاستخدام وخفيف الوزن، ويدرس الظاهرة عن بعد دون ملامستها، وبدون مشاكل في معالجة المعطيات، إلا مدتها.

من أهم عيوبه، قوانين امتلاكه واستعماله ومدة الحصول على الرخصة من السلطات المحلية. لاستعماله، لا بد من إخبار السلطات المعنية وطلب رخصة التصوير، والإدلاء بتصميم لكل مساحة قبل رصدها، ثم انتظار الموافقة الذي يصل أحيانا إلى عدة أسابع. أما من حيث الجانب التقني فهو عملي رغم بعض العيوب المترتبة عن البطارية التي لا تتجاوز 45 دقيقة، خاصة في حالة سهب الفيضة الذي يغطي مساحة كبيرة، مما أدى إلى تقسيم هذه المساحة إلى ثلاث مهمات طيران، يعني ثلاث بطاريات في موقع واحد، ومراعاة حالة الطقس: قوة الرياح، والشمس لإضاءة الهدف.

كما أن الطائرة تغطي المساحة من الفوق فقط على عكس الماسح الثلاثي الأبعاد، الذي يمكن أن يغطي الهدف بشكل أفقي.

باختصار، يتبين أن الطائرة المسيرة طريقتها في المسح عملية، وغير مكلفة وسهلة الاستخدام، وبالتالي فهي الأنسب لدراسة هذه المواقع للتعرية التراجعية.

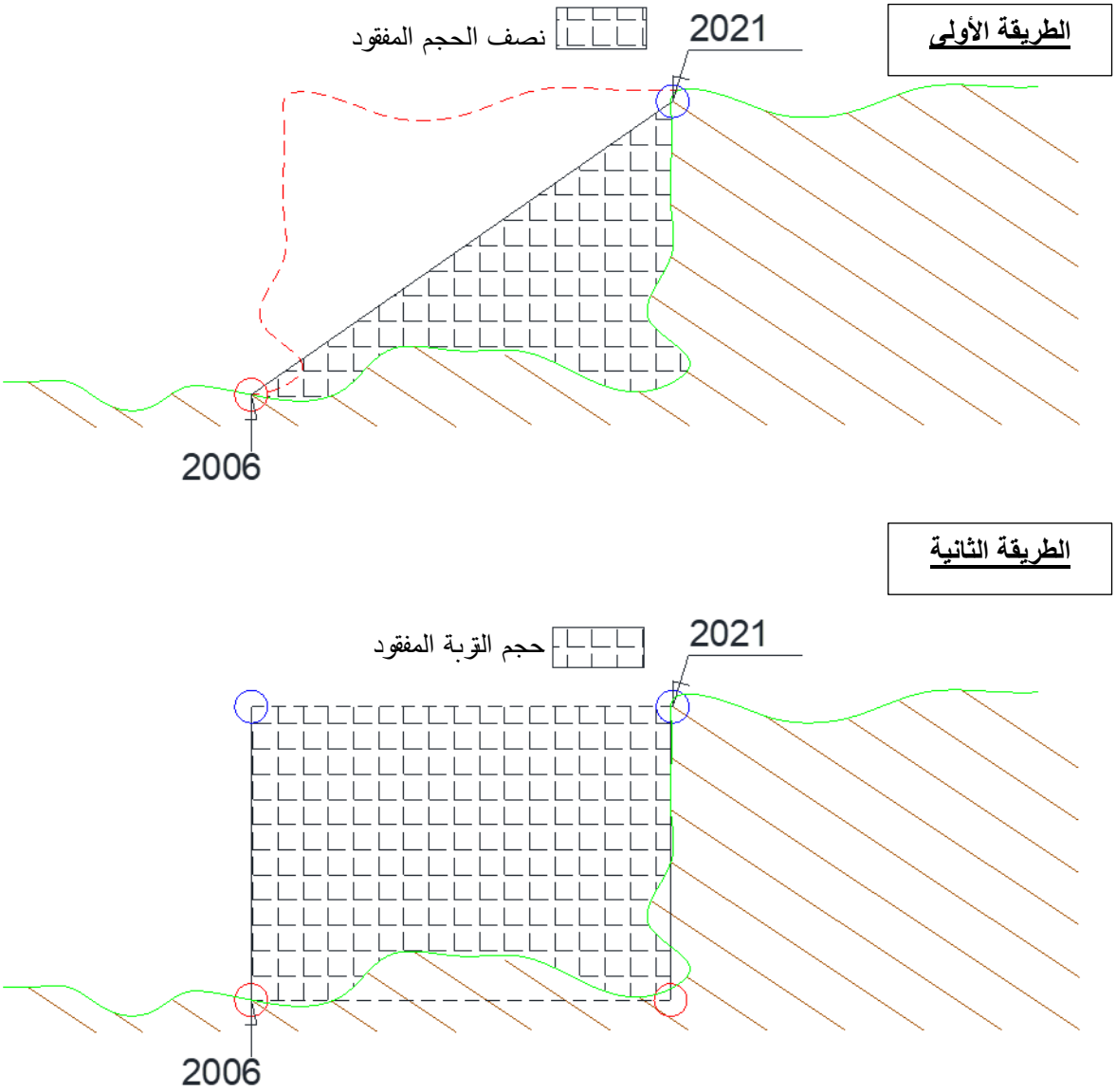
نستخلص من استعمال أجهزة المسح الطبوغرافي المستخدمة بمجال الدراسة، أن كل طريقة وجهاز له مميزاته وعيوبه. ويتبين أنها تكمل بعضها البعض، مثلا GPS ضروري لأخذ النقط المرجعية بدقة، للإسناد الجغرافي الذي لا بد منه بعد استخدام الطائرة بدون طيار، خاصة إذا كان الأمر يتعلق بالتتبع. هناك بعض الأنواع من الدرونات مرتبطة بنسق RTK، لكن في حالة دراسة هذه المواقع بحوضي اتلاغ والعابد تم استعمال Phantom 4 Pro – DJI لا تتوفر عل هذه الخاصية، لذلك تم استخدام نظام التموقع العالمي لرصد النقط المرجعية. كما يتبين أن الماسح الثلاثي الأبعاد ضروري لدراسة الأجراف الترابية خاصة الضيقة، أي زاوية الرؤية من أمام الجرف (أفقية) وليست من فوق (عمودية)، كالطائرة المسيرة، وهذه الأخيرة ضرورية للمسح السريع ودقة عالية وبشكل متجانس، والذي من خلاله يمكن الإستغناء عن الماسح الثلاثي الأبعاد في حالة دراسة التعرية، لكن للدراسات الأخرى كالغابات والمآثر التاريخية، لابد من Scanner 3D في الأرض بين الأشجار والجدران، والطائرة المسيرة للرصد من الأعلى وGPS لرصد نقط القاعدة والنقط المرجعية لربطها بالظام الوطني.

من خلال اعتماد نظام التموقع العالمي والطائرة المسيرة والماسح الثلاثي الأبعاد لدراسة التعرية بحوضي اتلاغ والعابد، اتضح أن نظام التموقع العالمي مع الطائرة المسيرة يفيان بالغرض، وتم اعتمادهما لدراسة ومسح الحالة الراهنة لهذه الأساحل ومقارنتها بالوضعية في سنة 2006، بإعتبارها هي السنة الأقدم المتوفرة بالمجان، وتتميز بدقتها التمييزية العالية، أي تقل عن 5 متر (مياس، 2013). الصور الفضائية[32] لـ Google Earth المعتمدة في هذه الدراسة تقل دقتها عن 50 سم عند تحميلها.

لقد تم قياس وحساب كمية التربة المفقودة، ثم المساحات الضائعة بفعل التخديد المعمم (التسحل)، للفترة الممتدة بين 2006 و 2021 عبر مراحل أولها رسم حدود سنة 2006 بتوظيف برمجية Google Earth Pro، مع رسم بعض المعالم الأرضية، كمرجع للإسناد الجغرافي (بنايات، أحواض، منشآت...). ثانيا، رسم حدود وحواف الأجراف الحالية على الصورة (الفسيفساء) المستخرجة من التصوير الجوي وإسناد الحدود السابقة لها، وبالتالي الحصول على المساحة التي نشطت فيها التعرية التراجعية بفعل الأساحل وتطورها، ثم من هذه المساحة، تم استنباط طول واتجاه التطور وسرعته، وطول الحواف التي تعرف هذه الدينامية النشيطة.

[32] الصورة الفضائية هي ذات تركيبة لونية حقيقية من ثلاث أحزمة فقط، الأحمر والأخضر والأزرق، وتقابل مجال الطيف المرئي (كما يرى الإنسان بالعين المجردة). أما المرئية الفضائية فتحمل عدة أحزمة، وتراكيبها اللونية كثيرة، ودقتها غالبا ما تكون متوسطة ومنخفضة خاصة بالأقمار الصناعية المجانية.

بالنسبة لحجم التربة المفقودة، تم تحويل نموذج السطوح الرقمي المحصل بالطائرة المسيرة، إلى نقط أو سحابة نقطية، وحساب كمية التربة المفقودة، بالمساحة المتطورة بخط القاعدة وارتفاعات حدود 2006، ثم المساحة المتطورة بارتفاعات خط حدود 2021، أي الحصول على نموذجين رقميين مختلفين للارتفعات؛ الأول يمثل قاعدة التربة المفقودة، والثاني يمثل سطح التربة المفقودة. وبالتالي يمكن حساب الحجم بينهما بطرقتين مختلفتين (الشكل رقم 101)، ثم تحويل هذا الحجم بالمتر المكعب إلى الوزن بالطن، حسب العينات المأخوذة من أماكن القياس.

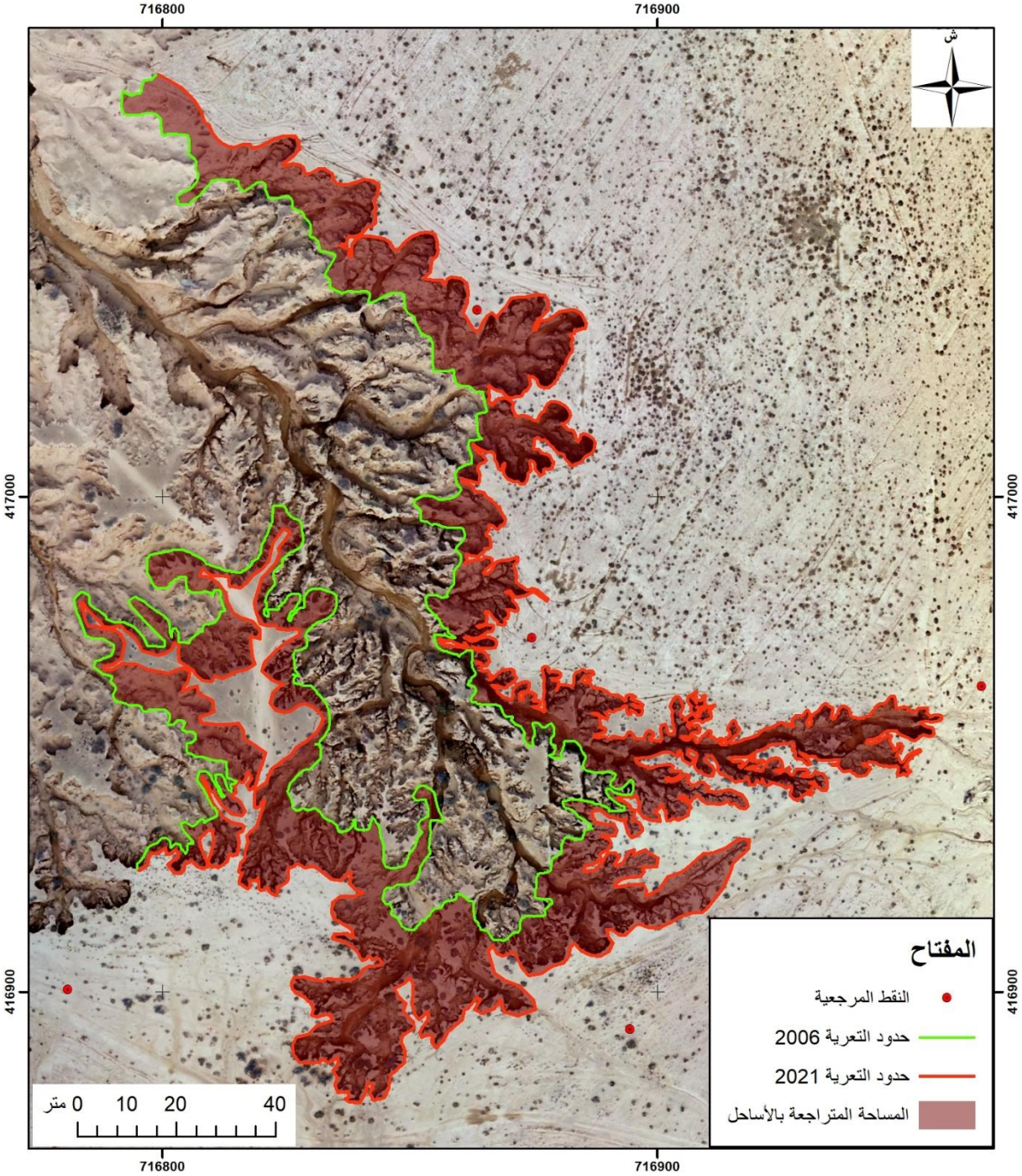


الشكل رقم 101: طريقة حساب حجم التربة المفقودة بين 2006 و2021.

لحساب حجم التربة، يتم اعتماد طريقتين: الأولى تعتمد على ارتفاعات سطح حدود 2021، وارتفاعات قاعدة حدود 2006، على شكل مثلث كما هو موضح بالشكل رقم 101، واستخراج نصف حجم مضاعفته. والثانية تعتمد على ارتفاعات سطح حدود 2021 و2006، وارتفاعات قاعدة حدود 2006 و2021 على

شكل مربع (الشكل رقم 101)، ثم استخلاص حجم التربة المفقودة دون الحاجة إلى مضاعفته. وهذه الأخيرة هي التي تم اعتمادها لحساب حجم التربة المفقودة لحوضي اتلاغ والعابد.

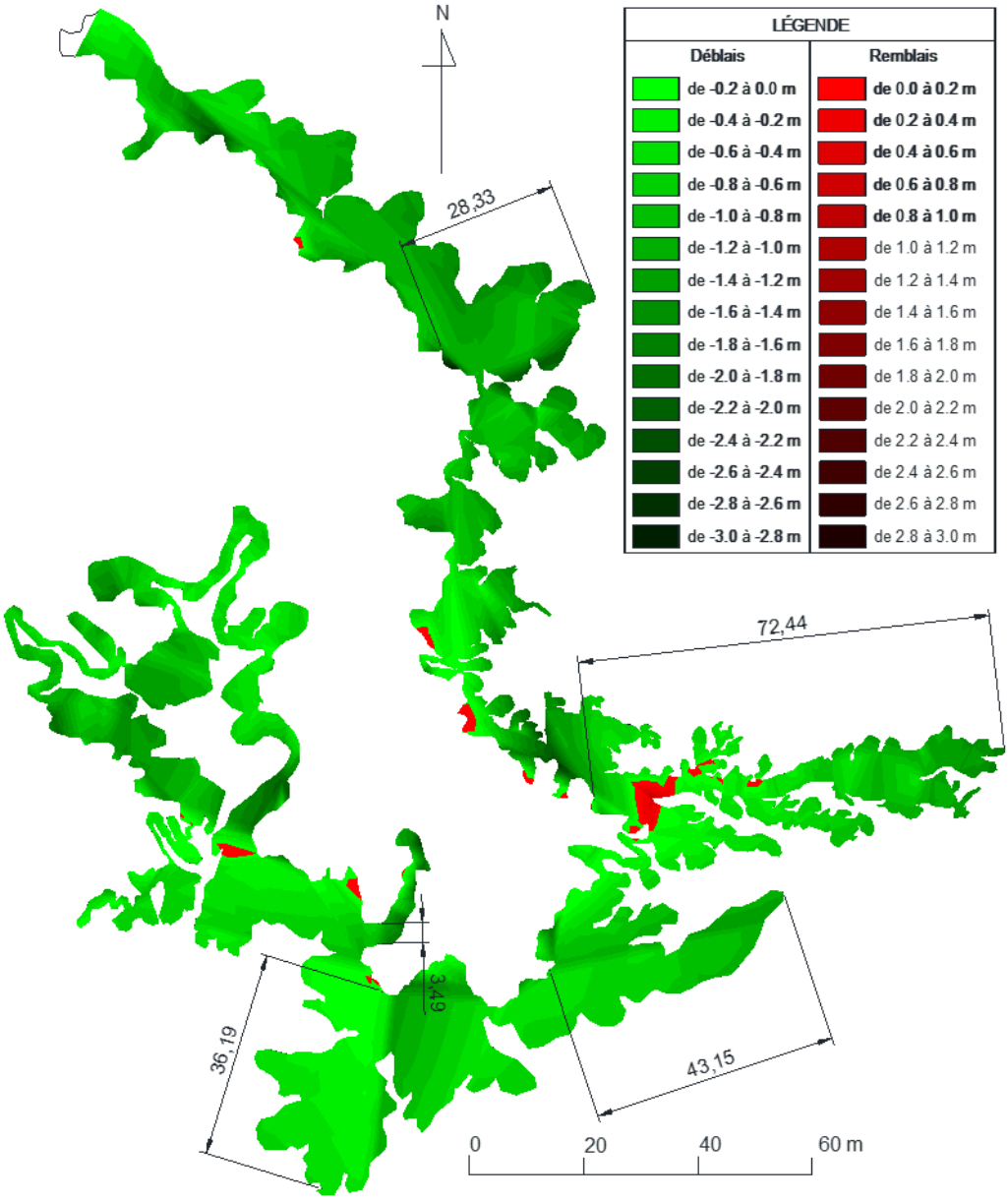
تبين بعد حساب وتحديد المساحة التي تدهورت منذ سنة 2006 أن حجم التربة المفقودة بموقع واد القطارة يعرف تطورا مهما من حيث المساحة (الشكل رقم 102)، ومن حيث الكمية (الشكل رقم 103)، وكذلك زيادة مهمة في حافة هذه الأساحل.



الشكل رقم 102: تطور مساحة التعرية بين سنة 2006 و2021 قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي

المصدر:عمل ميداني، يوم 17 أبريل 2021 بتقنية Drone UAV. وGPS 2 يناير 2021. وصورة فضائية لـ Google Earth مارس 2006.

يتبين من تطور مساحة التعرية بموقع واد القطارة أن 6206 م^2 ضاعت منذ 2006، ثم أن حافة الأساحل النشيطة أي الأجراف ذات الزوايا الحادة وليس المحدبة، انتقلت بهذا الموقع من 935 متر سنة 2006 إلى 1945 متر سنة 2021. كما أن هذه المساحة فقدت تربات مهمة بأحجام مختلفة (الشكل رقم 103)، وباتجاهات مختلفة.



الشكل رقم 103: حجم التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 17 أبريل 2021.

يتبين من خلال شكل كمية حجم التربة المفقودة بواد القطارة أنه خلال المدة المدروسة فقد المجال حوالي 5189 م^3 بمساحة 6206 م^2، أي بحجم 8361 م^3 للهكتار الواحد، ويتبين بالمختبر أن كثافة التربة الخام بهذا الموقع تمثل 1.157 طن في كل م^3، مما يعني أن التربة المفقودة تقدر بـ 9678 طن في 15

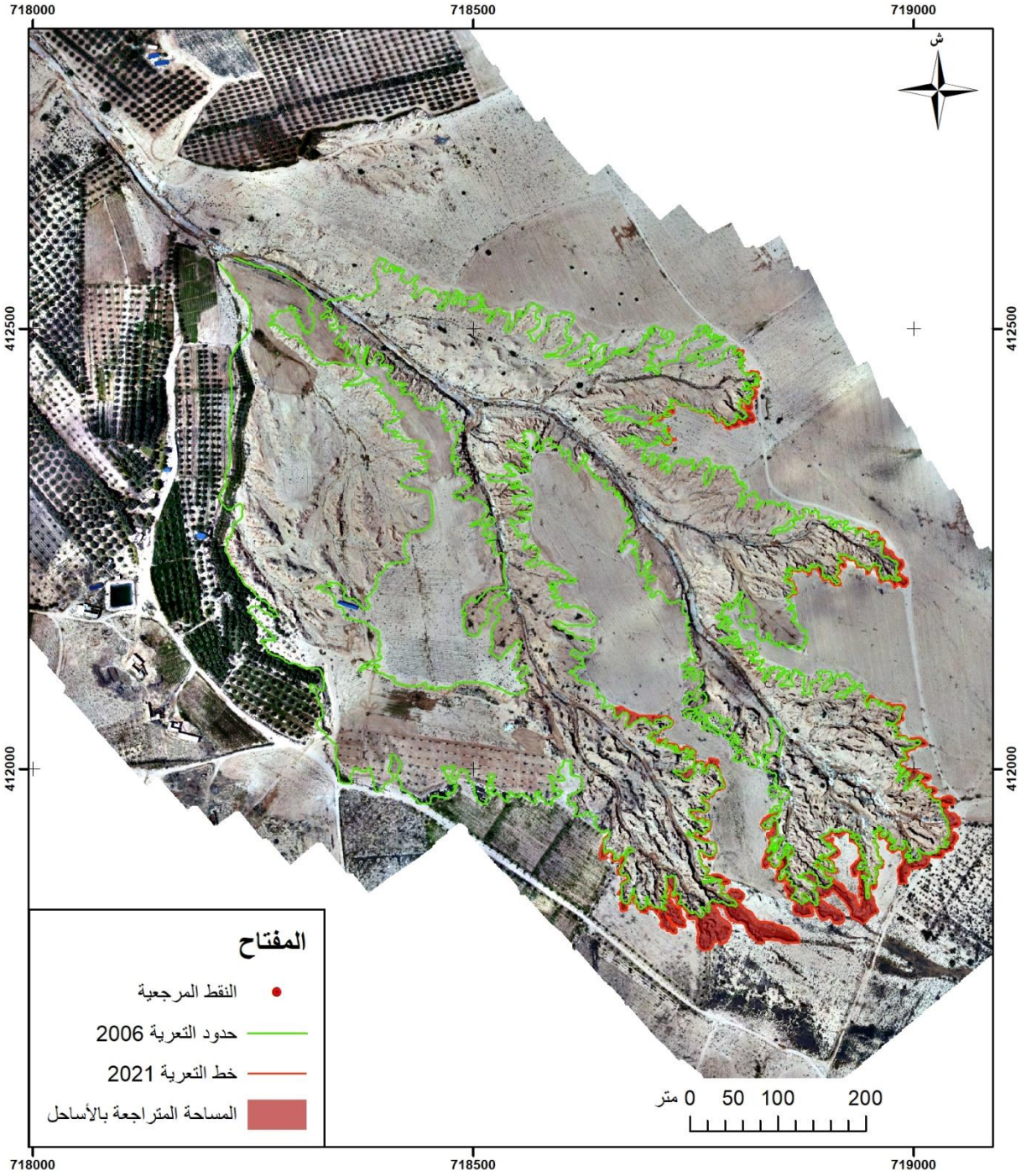
سنة. نستنتج أن هذا الموقع يفقد 645 طن/هـ/سنة. كما أن هذه الأساحل تتطور بسرعات مختلفة حيث أنها تصل في بعض الأماكن إلى 72.44 م خلال 15 سنة، أي 4.83 م/سنة، وبأعماق مختلفة قد تصل إلى 3 م (الصورة رقم 50).

الصورة رقم 50: عمق الأجراف الترابية بالأساحل قد يصل إلى 3م، رافد واد القطارة

المصدر: عمل ميداني 22 غشت 2020.

تبين الصورة عمق الأجراف الترابية التي تنشط بها التعرية التراجعية، كما يتضح من الشكل رقم 103: حجم التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي أن هذا العمق يتراوح بين 0.2 و 3 م، وتتراجع التعرية في اتجاهات مختلفة أغلبها من الشرق نحو الغرب، أو من الجنوب نحو الشمال حسب السليل، أو اتجاه الجرايان، بعشرات الأمتار خلال المدة المدروسة، وبأمتار خلال السنة، مما يوضح أهمية هذه الدينامية السريعة.

بموقع سهب الفيضة يتبين أن مساحة كبيرة ضاعت وفقدت بفعل التعرية التراجعية منذ سنة 2006، إلا أنها تنشط بمواقع دون غيرها بهذه الأساحل، أي أن المساحة التي تعرف دينامية سريعة تنحصر في بعض الاتجاهات وبعض الحواف (الشكل رقم 104).

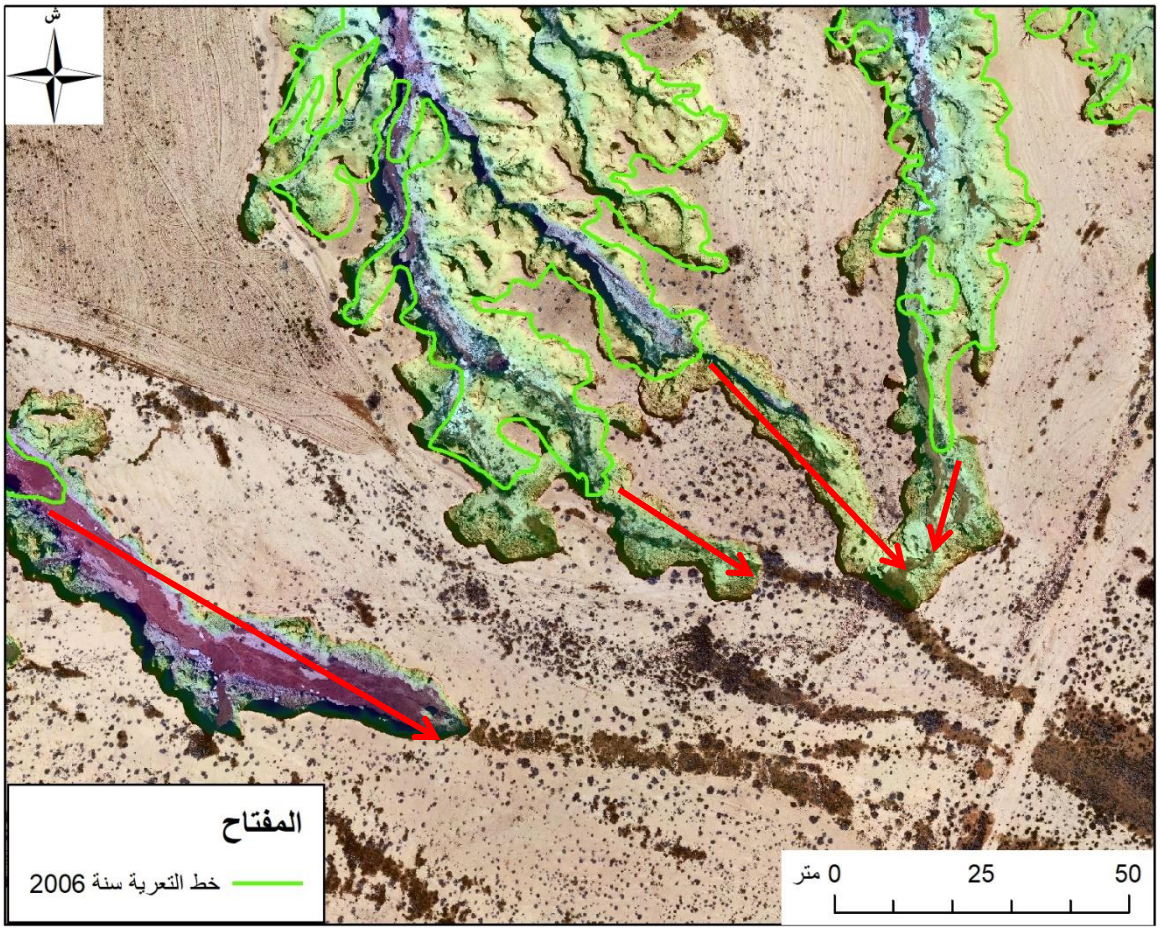


الشكل رقم 104: تطور خط ومساحة تطور التعرية بين سنة 2006 و2021، بسهب الفيضة

المصدر: Drone UAV بتاريخ 17 أبريل 2021.

يعرف سهب الفيضة ضياع مساحة تقدر بـ 14568 م^2، منذ سنة 2006، وإضافتها إلى الأساحل التي تقدر بأكثر من 40 هكتار بهذا الموقع.

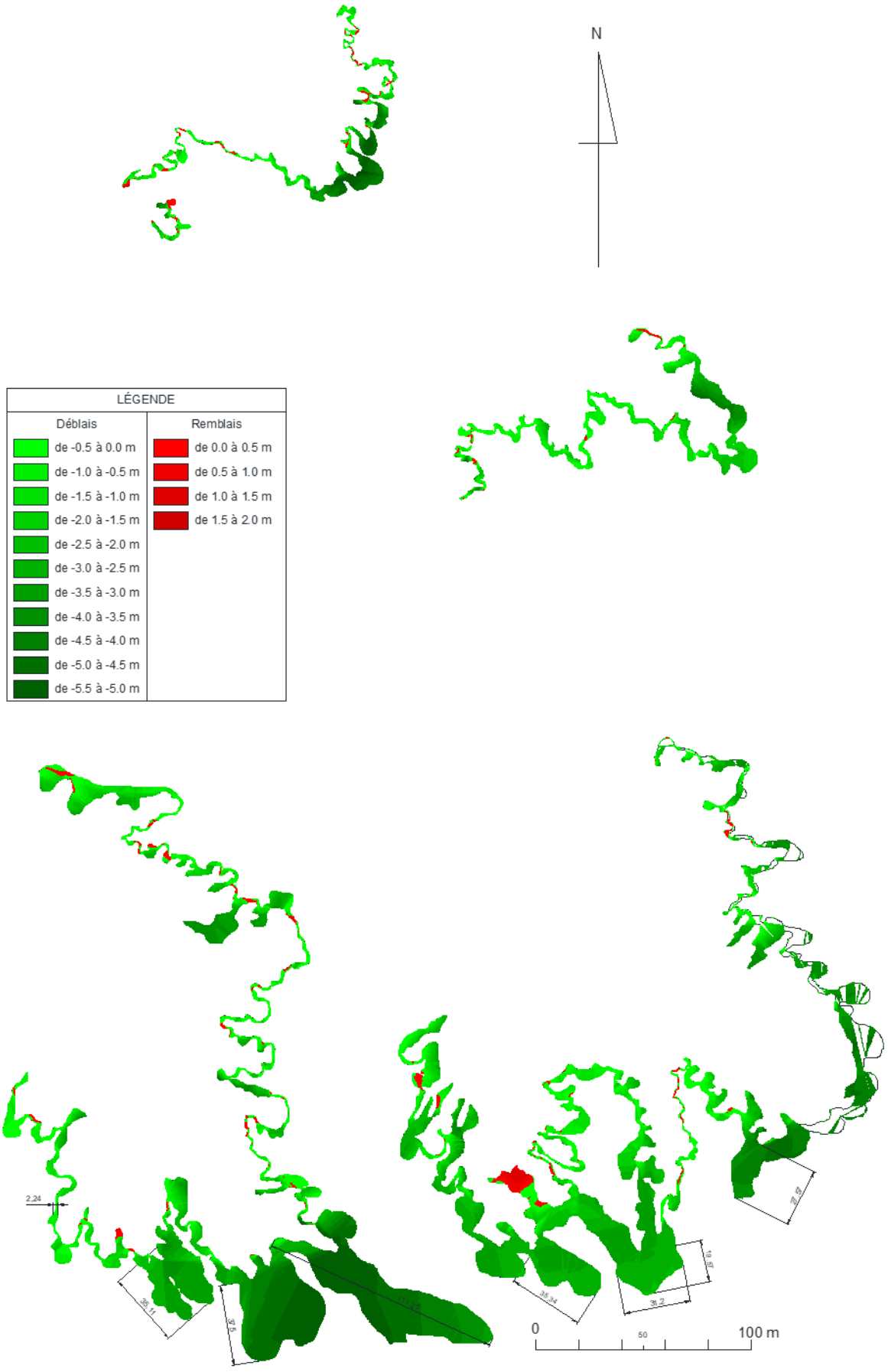
يمتد طول خط التعرية التي تعرف نشاطا سريعا بسهب الفيضة على 4058 م سنة 2021 مقارنة مع سنة 2006 حيث لم يتجاوز 4 آلاف إلا بقليل، ويعزى هذا إلى إلتقاء بعض الأخاديد كما هو موضح بالشكل رقم 105، حيث يتجه تطور التخديد نحو نقطة إلتقاء مما يبين أن المساحة خلف هذه النقطة تصبح معزولة، ثم تتطور إلى أساحل، ثم زيادة أو نقصان خط التعرية بهذه المساحة.



الشكل رقم 105: تطور التخديد وإلتقاءه ببعضه، مابين سنة 2006 و2021، حالة سهب الفيضة

المصدر: Drone UAV بتاريخ 17 أبريل 2021.

ساهمت مساحة تطور التخديد في فقدان أحجام كبيرة من التربة وباتجاهات مختلفة (الشكل رقم 106). رغم كون الظروف المناخية لهذه الفترة معروفة، حيث تتميز بالجفاف وقلة التساقطات وعدم انتظامها، وأحيانا عنيفة على سطح هش. لكن ماذا لو كانت الظروف المناخية والتساقطات أكبر من المعدل الحالي للفترة المدروسة. مما يعني أن كميات كبيرة من ضياع التربة تقدر بآلاف الأطنان فقدتها المنطقة أو سوف تفقدها، وذلك يرجع إلى هشاشة المجال وخصائصه الطبيعية التي لا تتحمل الضغط سواء بشري أو طبيعي.



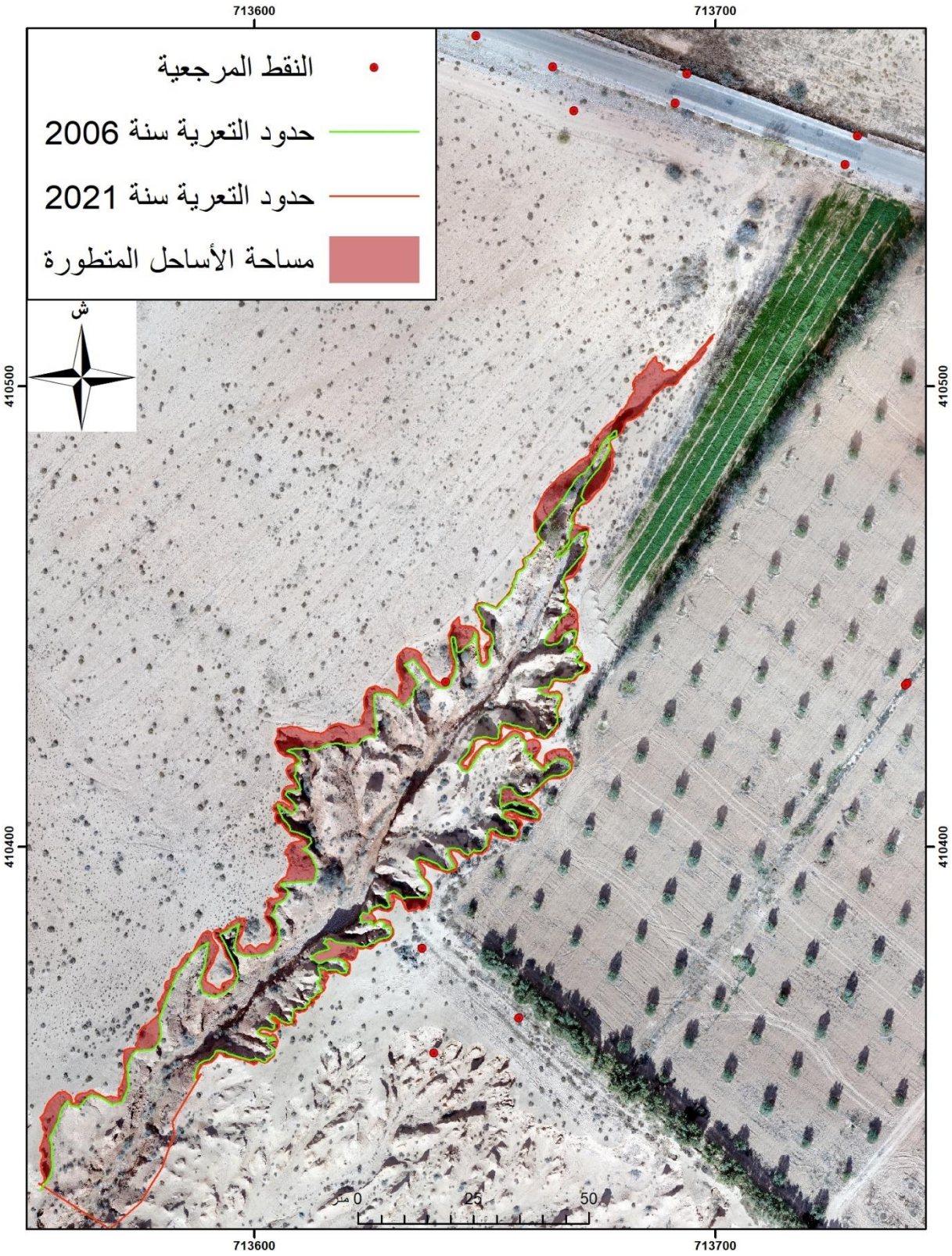
الشكل رقم 106: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الفيضة

فقد سهب الفيضة منذ سنة 2006 حوالي 38596 م^3 بمساحة 14568 م^2، أي بحجم 26493 م^3 بالهكتار. إضافة إلى أن كثافة التربة الخام بسهب الفيضة تقدر بـ 1.156 طن بكل م^3، أي أنه فقد 30625 طن من التربة خلال 15 سنة، ونستنتج أن سهب الفيضة يفقد 2041 طن/هـ/سنة.

يتوسع التخديد بسهب الفيضة باتجاه الجنوب الشرقي تبعا لاتجاه الجريان، وذلك ببضعة أمتار إلى عشرات الأمتار، بمتوسط ثلاثين متر خلال المدة المدروسة في كثير من المناطق، أي مترين في السنة، وكل متر بألف طن من التربة، باستثناء الخدة في وسط أقصى الجنوب حيث وصل التوسع إلى 111.25م خلال 15 سنة. أي بسرعة 7.42 م/سنة، أي حوالي 300 طن لكل متر خلال سنة. وعمق هذا التخديد يتعدى في كثير من الأحيان 5 م، هذا ما يفسر الحجم الهائل من التربة التي يفقدها هذا الموقع، ويغذي بها السافلة (سد محمد الخامس ومشرع حمادي).

يتبين من خلال القياس أن سهب الغزال (الموقع الثالث) بدوره يعرف تطورا في مساحة التخديد المعمم، بفعل التعرية، خلال الفترة المدروسة (2006–2021)، كما هو موضح بالشكل رقم 107، وبأحجام مختلفة (الشكل رقم 108).

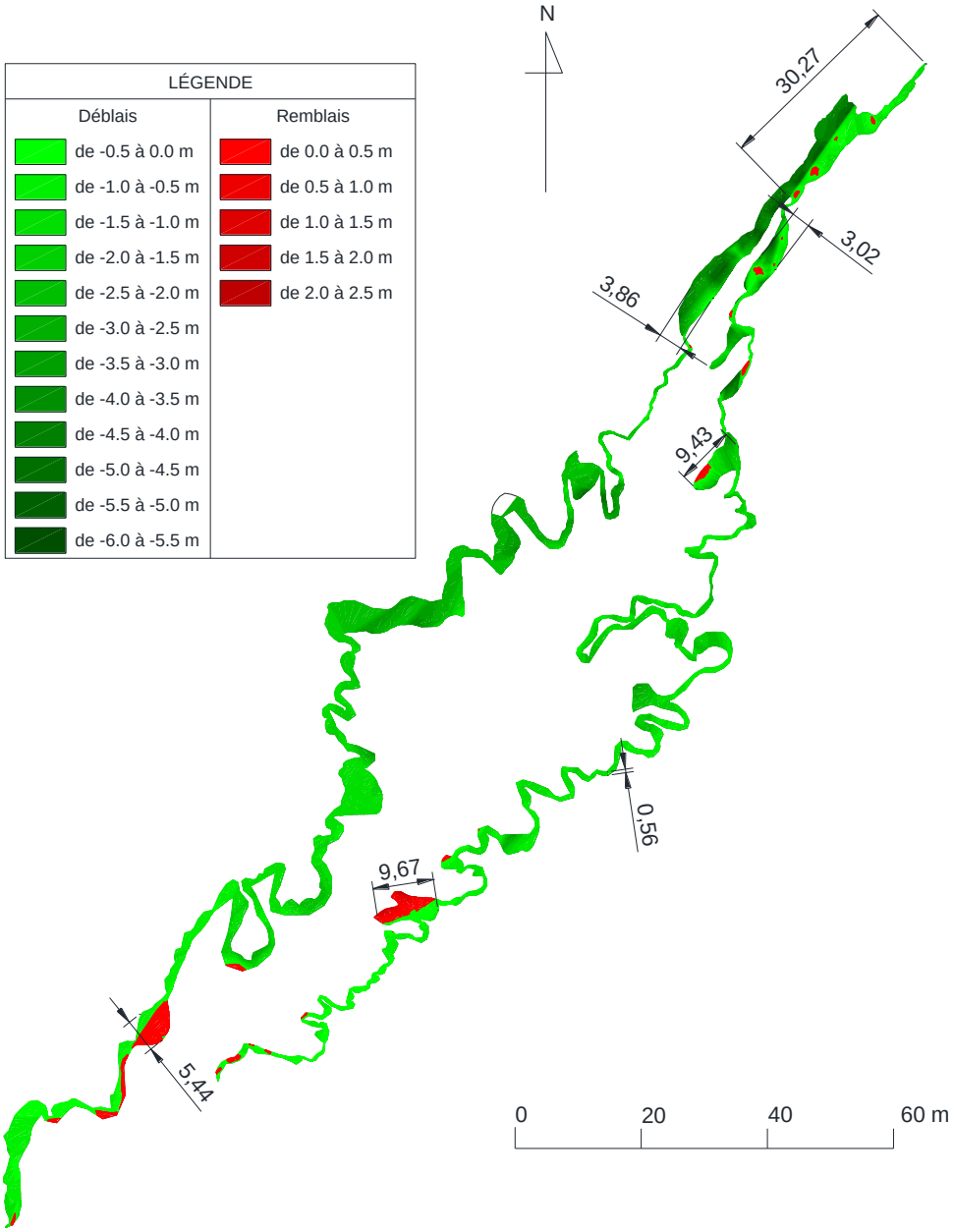
منذ سنة 2006، انضافت إلى التخديد المعمم بسهب الغزال حوالي 1016 م^2، كما انتقل طول خط التعرية من 769م سنة 2006 إلى 855 م سنة 2021.



الشكل رقم 107: تطور خط التعرية ومساحتها بين سنة 2006 و2021، بسهب الغزال، قرب واد تمعدرت.

المصدر:عمل ميداني، يوم 17 أبريل 2021 بتقنية Drone UAV. وGPS. وصورة Google Earth سنة 2006.

يتبين من الشكل رقم 107 أن سهب الغزال عرف زيادة في مساحة الأراضي الضائعة (التخديد) تقدر بـ1016 م^2، منذ سنة 2006، وتضاف هذه إلى المساحة المدروسة التي تقدر بأربعة آلاف م^2، آنذاك. كما أن هذه المساحة تعرف إقتلاعا مهما للتربات بأحجام وأعماق مختلفة.



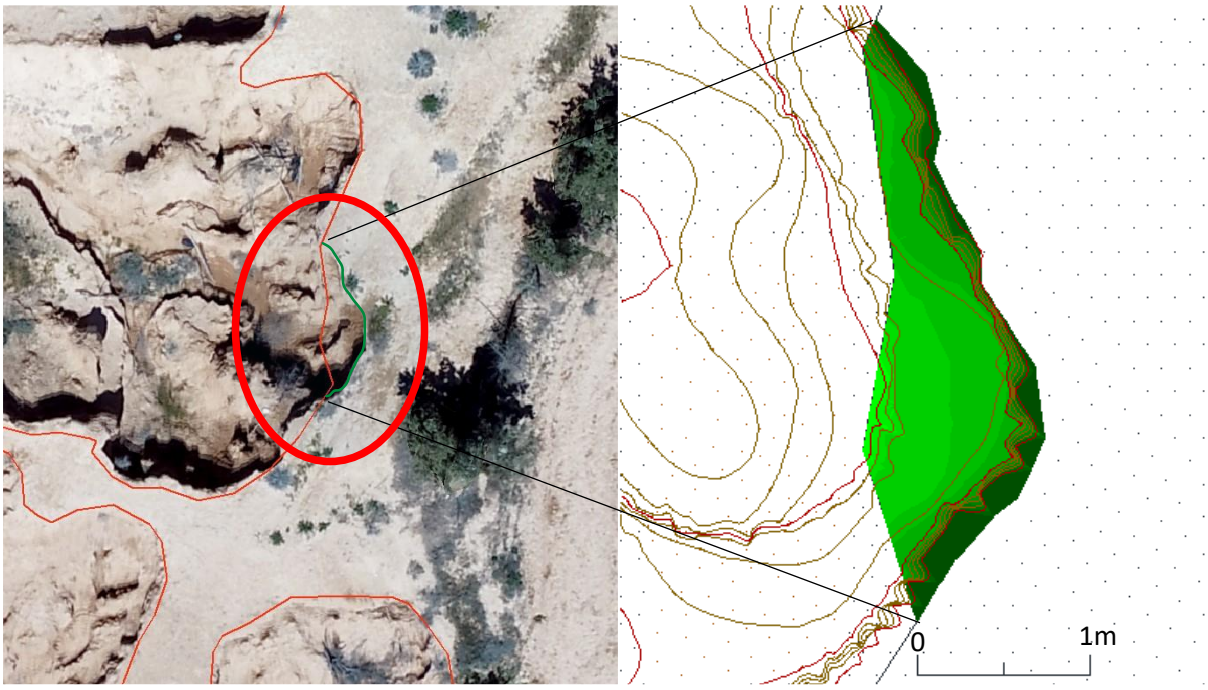
الشكل رقم 108: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الغزال

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

يتبين من خلال القياس أن سهب الغزال فقد منذ سنة 2006 حوالي 1814 م^3 من التربة بمساحة 1016 م^2، أي 17858 م^3 في الهكتار من التربة المفقودة. وتبين بالمختبر أن كثافة التربة الخام بهذا الموقع، هي 1.143 طن/م^3، مما يعني أن واحد هكتار فقد 20425 طن خلال 15 سنة. نستنتج أن فقدان التربة يقدر بهذا الموقع بـ1361 طن/هـ/سنة.

تطور التخديد في اتجاه المجرى الرئيس بـ30.27 متر خلال 15 سنة، أي بمترين في السنة، أما باقي حواف المساحة المدروسة تعرف تطورا مابين 3 و10 م وبمتوسط تقريبا 5 م خلال الفترة المدروسة، أي بمتوسط 33 سم في السنة. يبدو أنه تطور ضعيف لكن رغم ذلك فهو يفقد كمية مهمة من التربة خلال السنة، وذلك يعزى إلى عمق هذه الأخاديد والأجراف الترابية التي تصل إلى 6 م.

خلال فترة القياس والزيارات المتكررة للميدان، تم لمس سرعة هذه الدينامية التي تظهر بوضوح. وهذا يتبين من خلال بعض الأجراف الترابية التي تعرف تطورا سريعا وملموسا. وقد تم رصد أحدها كحالة أو مثال لقياسها، كما هو موضح بالشكل رقم 109، بسهب الغزال، وذلك خلال قياس يوم 13 أكتوبر 2019، وقياس 9 دجنبر 2020.



الشكل رقم 109: انهيار جرف ترابي للفترة مابين قياس 13 أكتوبر 2019 وقياس 9 دجنبر 2020، بسهب الغزال

المصدر: قياس GPS 2019، وDrone UAV قياس 2020.

يبرز الشكل رقم 109 التطور السريع للتخديد المعمم بسهب الغزال للفترة ما بين أكتوبر 2019 ودجنبر 2020، أي لمدة 14 شهرا. يتبن من خلال هذا الشكل في اليمين تدرج عمق الجرف المفقود، وفي الشمال، يمثل الخط الأحمر قياس التعرية يوم 13 أكتوبر 2019، والخط الأخضر والصورة في الخلفية تمثل قياس 9 دجنبر 2020. وتقدر المساحة السطحية لهذا الجرف المنهار بـ1.88م^2، وارتفاع 2.25م، وفقدت حوالي 5.3 طن خلال 14 شهر.

خلاصة

لقد تمت دراسة بعض الحالات التي تعرف نشاطا مورفوديناميا مهما وسريعا لتدهور التربة بفعل التعرية المائية خاصة التخديد المعمم، الذي يتطور إلى أساحل، بحوضي اتلاغ والعابد، لإن هذه الظاهرة تنشط بشكل محدد على مساحات دون غيرها. لذلك توجب عدم إغفال دورها، وقياسها وحدها بمعزل عن المظاهر الأخرى المعممة بالمجال، كما تم التطرق إلى المعادلة العامة لتكميم التربة ونموذج التقييم النوعي.

تم قياس ثلاث حالات لهذه الظاهرة وهي واد القطارة، وسهب الفيضة بحوض العابد، وسهب الغزال بحوض اتلاغ، وذلك بآليات وأدوات حديثة للمسح الطبوغرافي، وغاية في الدقة (نسبة الخطأ أحيانا تقل عن 1 سم) كالماسح الثلاثي الأبعاد للأعمال الطبوغرافية، (Scanner 3D) الذي تقل دقته عن 1 سم، والطائرة المسيرة (Drone UAV) لاستخراج النموذج الرقمي للارتفاعات تقل دقته على 5 سم، ثم محطة جهاز التموقع العالمي (GPS Leica 1200)، بطريقة نسق التصحيح اللحظي التي يقل فيها هامش الخطأ عن 5 سم. تم القياس والمقارنة بين هذه الطرق من جهة، ووضع نقط مرجعية للرجوع إليها مرة أخرى، وتصحيح نقط الطائرة المسيرة للمقارنة بين الفترات المقاسة من جهة أخرى.

تم مسح هذه المواقع ومقارنة هذه النماذج فيما بينها كالنموذج الرقمي للارتفاعات بنظام التموقع العالمي، مع السحابة النقطية المستخلصة من الماسح الثلاثي الأبعاد، والنموذج الرقمي للارتفعات والسحابة النقطية بالطائرة المسيرة. وأهم النتائج المتوصل إليها من خلال المقارنة، هي أن لكل جهاز وطريقة عملية عيوب ومميزات. ويتبين أن الطائرة المسيرة طريقتها في المسح عملية، غير مكلفة وسهلة الاستخدام وبالتالي فهي الأنسب، وتم اعتمادها لدراسة هذه المواقع للتعرية التراجعية. كما يظهر بوضوح تكامل وظائف هذه الأجهزة فيما بينها على شكل منظومة صغيرة للمسح الطبوغرافي. مثلا قياس نقط الإسناد الجغرافي لمخرجات الطائرة المسيرة لا يتم إلا بنظام التموقع العالمي، ثم أن الطائرة لا ترصد إلا بشكل عمودي، عكس الماسح الثلاثي الأبعاد الذي يتيح خاصة المسح الأفقي كمظاهر التعرية الباطنية الجوفية، والجسور المعلقة القريبة الانهيار.

بعد تحديد الطريقة الأنسب لقياس التعرية، تم استخلاص واستخراج كمية التربة المفقودة، ومساحة تطور الأساحل بين مارس 2006 وأبريل 2021. بناء على ذلك، يتبين أن موقع واد القطارة يفقد سنويا 645 طن/هـ/سنة. وأن بعض روافده تصل سرعة التسحل بها 4.83 م/سنة وبأعماق مختلفة تصل إلى 3م. وموقع سهب الفيضة يفقد 2041 طن/هـ/سنة، وسرعة التسحل تصل إلى 7.42 م/سنة، بعمق يصل إلى 5 م؛ ثم موقع سهب الغزال الذي يفقد 1361 طن/هـ/سنة، وبسرعة 2 م/سنة، لكن بعمق يصل إلى 6م.

متوسط الإقتلاع بهذه المواقع الثلاثة هو 1349 طن/هـ/سنة، أي بسمك 13.93 سم/سنة، مما يعني أن ظاهرة الأساحل تفقد تربات مهمة لا يمكن إغفالها في تعميم تقييم التعرية بالمجال. كما أن هذه النتائج

أبانت عن أهميتها من خلال مقارنتها بمتوسط الإزالة السطحية بالنسبة للمشارات التجريبية حيث تم التوصل إلى متوسط 39.18 طن/هـ/سنة، وبمتوسط سمك 3.38 ملم/سنة، وأعلى قيمة سجلت بالمشارة رقم 8 قرب حامة سيدي شافي بـ 464.83 طن/هـ/سنة، أي بسمك 4.01 سم/سنة، ثم أن المعادلة العامة للتكميم التربة بينت أن المجال يفقد في المتوسط 3.86 ملم من سمك التربة خلال السنة، ثم أن متوسط التربة المفقودة هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ والفئة القوية جدا والأكثر اقتلاعا (أكثر من 100 طن/هـ/سنة) تقدر بهذا الحوض بمتوسط 169.15 طن/هـ/سنة. وبحوض العابد تعرف التربة المفقودة متوسطا يقدر بـ 32.23 طن/هـ/سنة، وبالنسبة للفئة القوية جدا (أكثر من 100 طن/هـ/سنة) يبلغ متوسطها بهذا الحوض 165.38 طن/هـ/سنة.

من خلال هذه الأرقام والمتوسطات، يتبين دور وأهمية الأجهزة وآليات المسح الطبوغرافي الحديثة في دراسة التعرية الموضعية، المتمثلة في الأساحل أو التخديد المعمم، وقوة هذه الظاهرة في تغذية السافلة التي لايمكن إغفالها. وفعلا فالمعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن لا تعبر عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لذا لابد من هذه الدراسات الدقيقة لحالات التعرية الموضعية التي أبانت أنها تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف المرات. وبالتالي تم استيعاب كمية المواد المفقودة الناتجة عن التعرية بمختلف أشكالها وأحجامها والتي تترسب بعضها في السدود الموجودة في السافلة، كما أن هذه المساحات الضائعة أو المتسحلة تتوسع على الرقع الزراعية ولو أن الإنسان هو الذي يهيئ الأراضي بجانبها.

خاتمة القسم

تتطلب الإحاطة بتقييم درجة تدهور التربة بممر تاوريرت – جرسيف (حوض واد اتلاغ وحوض واد العابد) تناول الموضوع في جميع أبعاده، والتي تبرز في علاقة الإنسان بمجاله من جهة، ومجموع المتغيرات والتأثيرات الداخلية والخارجية، سواء كانت طبيعية أو بشرية، وتحكمها في تغير أو بقاء هذه العلاقة من جهة أخرى.

وهكذا، فقد تم في هذا القسم تقييم كمية التربة المفقودة باعتماد نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، حيث تم التوصل إلى كون المجال قيد الدراسة عرف تدهورا وتراجعا في موارده الطبيعية. وتبين خرائط التعرية المنجزة أن المجال يفقد الكثير من تربته، وينعكس ذلك بشكل مباشر على دينامية المجال (تراجع خصوبة الأرض، التخديد، التوحل...). هذه الانعكاسات تترتب عنها مشاكل في سافلة الحوضين كتوحل السدود، كما تبين دور الغطاء النباتي الذي يعرف هو الآخر تراجعا، سواء من حيث مساحته، أو نوعيته، أو كثافته في تكميم وتقييم التربة المفقودة.

بعد حساب جميع العوامل المعتمدة في المعادلة العالمية لتكميم فقدان التربة وتطبيقها على مجال الدراسة، تم التوصل إلى أن حوالي 5.5 مليون طن من التربة تفقد سنويا من الحوضين، وأن مساحة الأراضي التي تعرف تعرية قوية وشديدة تبلغ حوالي 321 كلم^2 من مجموع 1406 كلم^2 والتي تقدر بأكثر من 3.8 مليون طن سنويا (حوالي 70% من مجموع التربة المفقودة بالمجال)، أي 118 طن في الهكتار/السنة؛ في حين تخضع باقي مساحة المجال إلى بقية متغيرات المعادلة. إلى جانب ذلك، أبرزت المعادلة الدور الرئيسي للأمطار والانحدارات مقارنة مع العوامل الأخرى، ثم تبين أن المجال يفقد في المتوسط 3.86 ملم من سمك التربة خلال السنة، وأن متوسط التربة المفقودة هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض العابد.

بالرغم من التوصل إلى هذه النتائج إلا أنها تبقى نسبية نظرا للانتقاد الرئيس الموجه لهذه المعادلة، على اعتبار أنها تتجاهل التفاعلات القائمة بين كل العوامل، لأن هذه الاستنتاجات تبقى نظرية نظرا أولا للانتقادات الموجهة لها، وثانيا لكون بعض العوامل التي يمكنها تغيير كل هذه النتائج كفعل الحرث والرياح مثلا. ولكنها تعطي فكرة على التعرية الغشائية والتي تهم فقدان أغلى ما يملك الانسان من التربة ولو كانت بكميات قليلة من حيث إطماء السدود مقارنة مع أشكال أخرى للتعرية لكنها ذات قيمة كبيرة جدا بالنسبة للمواد المفقودة. لذلك لا نغفل أهميتها في إبراز هذه الفكرة عن التعرية السطحية والغشائية. ولتعزيز ذلك، تمت دراسة التقييم النوعي للتعرية بهذه الأوساط باعتماد نموذج PAP/CAR، الذي يبين أن أزيد من 90% من مساحة حوض العابد، و64% من مساحة حوض اتلاغ تعرف حماية ضعيفة من التعرية، وهذا يعزى إلى نمط استغلال الأراضي حيث تقابل هذه الفئة المساحات المحروثة والمراعي والتربات العارية، مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية.

تتوزع مساحات التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR على 4% من مساحة حوض العابد، و6% من مساحة حوض اتلاغ، وتعرف احتمال تعرية قوية جدا، وحوالي 30% من مساحة المجال تعرف تعرية قوية؛ وتشكل التعرية المتوسطة تقريبا ربع المساحة.

من خلال تركيب خريطة مظاهر التعرية والتعرية المحتملة، يتبين أن هناك تطابقا كبيرا بين المجالات التي تعرف احتمالا قويا وقويا جدا حسب نموذج PAP/CAR مع المجالات التي تعرف آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز من حيث التخديد المتعمق والمعمم أي الأساحل، واحتمالية التعرية المتوسطة مع التخديد الأولي والتعرية الخفية؛ كما أن الأراضي التي تعرف غطاء نباتيا تقابلها تعرية ضعيفة، وهناك علاقة كبيرة بين التعرية الخفية أي الأراضي المحروثة، واحتمال تعرية قوية حيث يصل هذا الترابط من المساحة إلى 15% من مساحة الحوض، وهو الأعلى بهذه القيم، ويشكل حوالي 50% من مساحة التعرية الخفية ومساحة التعرية القوية، والتخديد المعمم الذي تقابل أغلب مساحته التعرية المحتملة القوية.

كما تم استخلاص، من نموذج PAP/CAR، أن مساحات مهمة من الحوضين مهددة بخطر التعرية حيث سجلت نسبا مهمة للتعرية المحتملة القوية والقوية جدا، التي تقابل مظاهر تعرية خفية غير مرئية، تتجلى في استعمالات الأراضي المتعلقة بالزراعات الموسمية، وهي الأراضي المحروثة، المنتشرة بجل سهل تَفراطة، ثم مظاهر أخرى كالتخديد المعمم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبه بالتعرية القوية. رغم ذلك، يتبين أن هناك مناطق مهمة ترتبط بالتعرية الضعيفة والاستقرار النسبي، وهي مرتبطة بالغطاء النباتي سواء الغابوي المتدهور أو الكثيف؛ وهذا ما يدفع للتفكير في المحافظة عليه أو على الأقل التقليل من تدهوره.

يتبين من خلال جرد مختلف آليات وأشكال التعرية المائية أن خطورة التعرية بهذه المجالات، أصبحت قوية من خلال تطورها السريع، وتتجلى في هيمنة أشكال التخديد والسيلان المركز الناتج عن تطور دينامية التعرية الغشائية. لذلك، تم القيام بقياسات مباشرة للسيلان والإزالة على مستوى المشارات التجريبية، باستعمال المقلد المطري (Simulateur de pluie "RAMPE") تبعا لتجربة (Roose, 1996)، للتمكن من إبراز حجم الدينامية الحالية للتعرية التي تكون في معظمها متسترة وخفية بهذه الأوساط الجافة والقاحلة، وهي كذلك ذات حمولات صلبة قوية يجرفها السيلان عند حدوث تساقطات مطرية قوية مركزة أو أمطار مسترسلة.

كانت نتائج القياس على مستوى المشارات التجريبية المختارة متباينة من حيث تصنيفها، مشارات عارية ومغطاة ثم محروثة ومستريحة، وفئات متجانسة من طبيعتها كنوع التربة والتوجيه ثم الانحدار. كان الهدف من تجربة القياس، هو المقارنة أساسا بين نتائج المشارات في ظروف طبيعية مختلفة، وذات سطوح وأنماط استغلال مختلفة كذلك.

كشفت هذه التجارب عموما، عن ضعف معامل الجريان بالمشارات ذات سطوح بها غطاء نباتي، خاصة الحلفاء وإكليل الجبل التي سجلت أدنى قيم للسيلان، والمحروثة بالتوازي مع خطوط التسوية، مقارنة

مع المشارات ذات السطوح العارية والمشارات ذات الانحدار القوي، كما يتضح تباين تساقطات التبليل، وذلك بسبب طبيعة السطوح المغطاة، حيث تساهم نسبة التغطية النباتية في الرفع من حجم مياه التسرب والتقليل من حجم الحمولة الصلبة، لكن قد يتدخل عامل الانحدار القوي وطبيعة التربة في الرفع من حجم السيلان. ثم يتبين كذلك أن المواد الأكثر خشونة في التربة، أي الأكثر من 2 ملم، تساهم في تعمق التسرب وسمك النفاذية، وبالتالي التقليل من الجريان السطحي. فرغم اختلاف طبيعة استغلال المشارات، فإن نسب الإزالة، تبقى متفاوتة بين المشارات في هذا الوسط الهش طبيعيا والمجتث من غطائه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندكاك التربة ورصها، وتكوين قشرة ناتجة عن التصلب على شكل صفائح تعمل على تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة، وتؤدي إلى التقليل من المسامية والنفاذية، وبالتالي ارتفاع الجريان.

وتبين المقاربة الإحصائية بالتحليل عبر المركبات الرئيسية PCA والتصنيف الهرمي التصاعدي، واعتماد أسلوب معامل الارتباط أن هناك علاقة مهمة بين هذه المتغيرات، وهي التي تتحكم في تباين التربة المفقودة خلال التجربة، وتؤكد بالأرقام، ما تم التوصل إليه خلال دراسة السلوك الهيدرولوجي، والنتائج الإجمالية داخل المشارات التجريبية، من حيث توحل مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحل، ثم التدهور النوعي للأراضي من خلال هذه التجربة، وكذا تفاوت حجم النفاذية والسيلان بهذه المجالات، حسب أنماط الاستغلال والتكوينات الصخرية، وتوزيع المشارات داخل مجال الدراسة.

كما تبين دور وأهمية الأجهزة وآليات المسح الطبوغرافي الحديثة في دراسة التعرية الموضعية، المتمثلة في الأساحل أو التخديد المعمم، التي لا يمكن إغفالها، وبينت هذه القياسات أن المعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن لا تعبر عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لذلك كان لا بد من دراسة حجم تربتها المفقودة بدقة ولو لحالات لأخذ فكرة ثم تعميمها، لأن هذه الدراسة أبانت عن أن هذه الظاهرة تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف.

يبقى من الضروري البحث عن آفاق هذا التدهور واستشراف تطوراته على الموارد المحلية بصفة مباشرة، وعلى الإنسان بالمجال بصفة غير مباشرة، ولهذا سنحاول من خلال القسم الموالي البحث عن دور العوامل الطبيعية والبشرية في تفعيل الدينامية الحالية وخاصة أشكال التعرية وانعكاساتها على هذا المجال.

القسم الثالث: العوامل والخصائص الطبيعية والبشرية المتحكمة في الدينامية البيئية بحوضي اتلاغ والعابد

من خلال ما تم التطرق إليه في القسمين السابقين لوصف ظاهرة التدهور ورصد تطورها، وتتبع تراجع الغطاء النباتي، ثم قياس التعرية وتقييمها، سيتم البحث، في هذا القسم، في العوامل المسؤولة (الطبيعية والبشرية)، والمتحكمة في الظاهرة، أي الجوانب التي تظهر الهشاشة الطبيعية، وأنماط الاستغلال التي تخل بهذا الوسط وتؤدي بل أدت إلى التدهور، أي الإجابة على ماهي الأسباب الطبيعية والبشرية التي تفسر ظاهرة التدهور؟ من خلال دراسة الخصائص الطبيعية والبشرية لتفسير هذا التدهور. لذلك سيتم التطرق إلى الإطار المورفولوجي والخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور سفوح حوضي اتلاغ والعابد، ثم دور الخصائص الجيولوجية في حركية السفوح، ودور التكوينات السطحية والتربة في الهشاشة البيئية، وخصائص المناخ وآثارها على الدينامية البيئية.

كما سيتم التطرق إلى خصائص السكان وأنماط الاستغلال بحوضي اتلاغ والعابد لفهم كيف يكون الإنسان فاعلا في هذا الوسط الهش، وذلك من خلال دراسة التطور الديموغرافي والسكن والخدمات الأساسية، ثم الأنشطة والهشاشة الاجتماعية، إضافة إلى البنية العقارية للأراضي، ثم أنماط استغلال الأراضي ونتائج ذلك على الوسط البيئي، من خلال الأنشطة السوسيو اقتصادية المتمثلة في الزراعة (المسقية والبورية)، والرعي، وتوسيع الرقع المزروعة على حساب المراعي، والضغط على المراعي المتبقية من خلال تزايد عدد القطعان؛ ثم التطرق إلى دور مشاريع الدولة في تدبير واستصلاح هذه الموارد لما تتطلب مسألة تنمية الأوساط الهشة، من تصور ومقاربة في التهيئة، التي تهدف إلى معالجة أزمة هذه الأوساط، وذلك في إطار رؤية شمولية تعتمد على التشارك قصد تحقيق شروط التنمية المجالية المستدامة.

الفصل السابع: الخصائص الطبيعية المتحكمة في حركية الأراضي

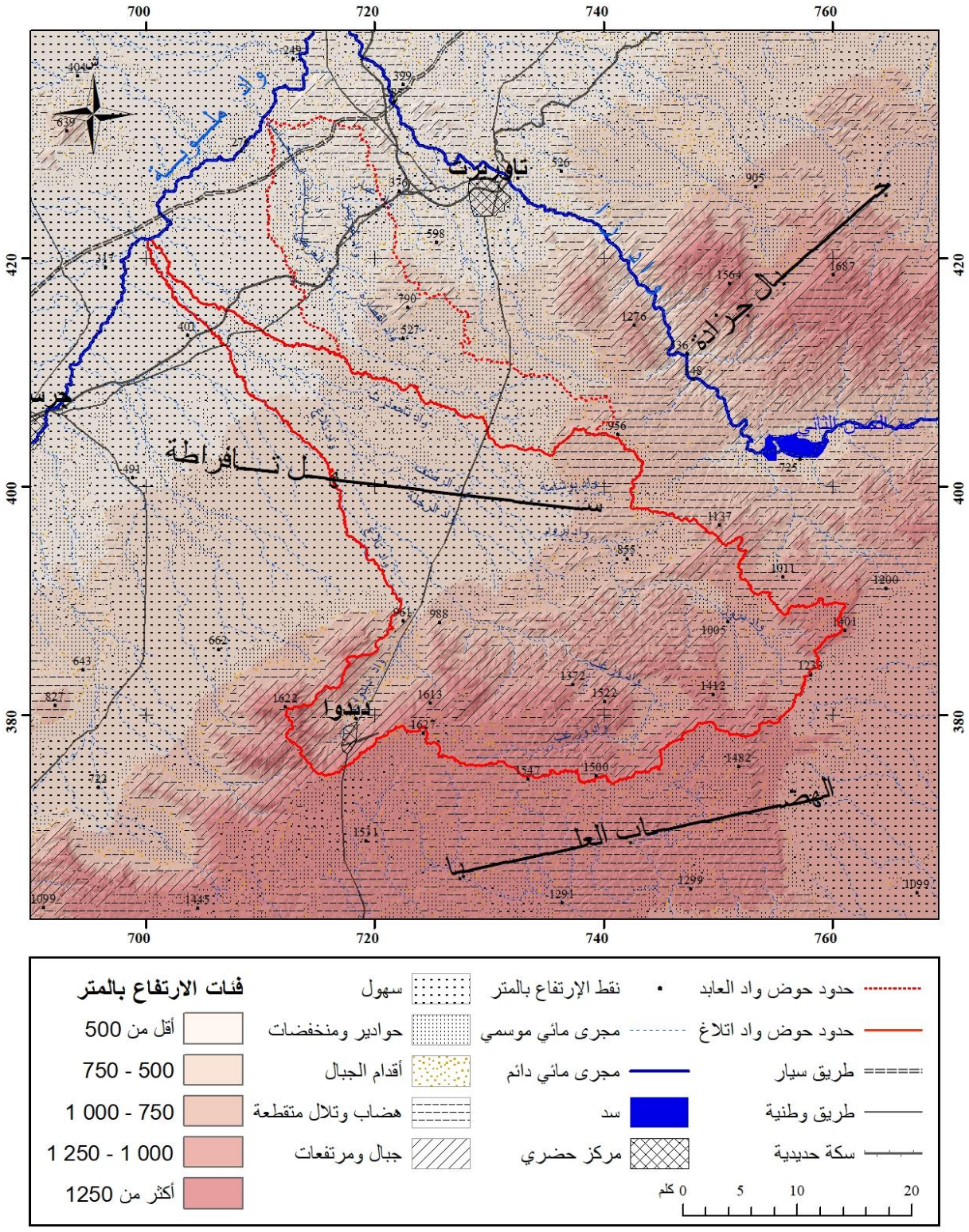
المحور الأول: الإطار المورفولوجي لحوضي اتلاغ والعابد، والخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور السفوح

1_: الإطار المورفولوجي لحوضي العابد واتلاغ

الخصائص التضاريسية هي انعكاس لحركات الرفع والهبوط، بالإضافة إلى نشاط التعرية، وتكتسي أهمية كبرى في البحث الجغرافي، عن طريق وصف معالمه وأشكال تضاريسه، كما تعتبر من بين أهم الخصائص الطبيعية التي تسهم بصورة فعالة في مظاهر التدهور المرتبطة بالتعرية المائية النشيطة، المنتشرة على جل أراضي حوضي اتلاغ والعابد.

يمكن اعتبارها سببا قد يكون سرع وفاقم من حدة التدهور بالحوضين، ثم ارتباط هذه الآليات بالسيلان المركز والموضعي. ولمعرفة هذا سنحاول في هذا المحور الإحاطة بمختلف الخاصيات المورفولوجية لحوضي اتلاغ والعابد عن طريق ربط المجال المدروس بما يحيط به من بنيات تضاريسية، وإبراز دور هذه الخصائص (الارتفاعات، الانحدارات، توجيه السفوح...) في تفسير ما يعرفه المجال من مظاهر للتدهور، ومدى تحكم العامل الطبوغرافي في تفسير وتوزيع مختلف هذه المظاهر، من خلال تحديد ما تتميز به المنطقة من خصائص تضاريسية وتوزيعها المجالي، في علاقتها بآليات التشكيل (مظاهر التعرية) بغية فهم مدى تحكمها، وتأثيرها في السلوك الهيدرولوجي وتسريع وتيرة التدهور بهذه الأراضي.

وبهذا الخصوص، يمكن التمييز بين ثلاث وحدات تضاريسية كبيرة، وهي جنوبا، سفوح الحافة الشمالية للهضاب العليا التي تنتمي للمسيطا المغربية الشرقية الوهرانية، ثم سفوح وأعراف جبلية لكتلة دبدو– لمقام التي تتصل بالمنخفضات في الشمال، ومرتفعات كتلة بوخوالي وبني بوزكو بالجنوب الشرقي، ثم سهل تَفراطة شمالا، وتتخلله بعض التلال المتقطعة وبعض المنخفضات في الوسط وشمال مجال الدراسة وغربا حوض جرسيف (الشكل رقم 110).



الشكل رقم 110: الوحدات التضاريسية وتوزيع فئات الارتفاع

المصدر: الخرائط الطبوغرافية 1/50000، والنموذج الرقمي للارتفاعات بدقة تمييزية 12.5متر.

1_1: السفوح والأعراف الجبلية

تعد جبلي تالمست ومركشوم امتدادا لسلسلة جرادة في اتجاه الغرب، وهي سلسلة تمتد على شكل طولي في اتجاه شرق الشمال الشرقي–غرب الجنوب الغربي، والجزء الأقصى الغربي منها هو الذي يندرج

ضمن منطقة الدراسة خاصة حوض العابد، حيث تصل أعلى نقطة إلى 995م، ويقل مستوى الارتفاع كلما اتجهنا إلى الشمال الغربي لتصل إلى حوالي 700م.

الحافة التي تنتهي بها هضبة كعدة دبدو عند هوامشها الشمالية، عبارة عن سفوح وأعراف جبلية تنتمي إلى كتلة دبدو – لمقام، التي تعلو المجالات المنخفضة في الشمال، وتتصل بالوحدة الهضبية في الجنوب (كعدة دبدو)؛ أي أن هذه الحافة تشكل مجال اتصال بين الميادين المرتفعة في الجنوب والأراضي المنخفضة في الشمال، كما تتميز الحافة بوعورتها وتعقيدها النسبي، إذ تشرف على سهل تَفراطة بسفوح قوية، خاصة في جزئها العلوي الذي يمكن أن يتعدى انحدارها 40 درجة. ساهمت في المسيلات بتشكيل خوانق ضيقة في العالية، هي عبارة عن أودية جزأت السفوح إلى متون وأعراف جبلية ومنخفضات تراجعية. ويبلغ بها أعلى ارتفاع 1691م، غرب مدينة دبدو. كما تشمل مساحة مهمة جنوب حوض اتلاغ حيث تمتد بشكل طولي من دبدو نحو الشرق. وهذه المرتفعات تتميز بوعوة تضاريسها، مع ظهور بعض المنخفضات المنبسطة، ومعظم ارتفاعاتها تفوق 1500م.

1_2: التلال والهضاب المتقطعة

يتميز جنوب حوض اتلاغ بظهور بعض الأجزاء من الهضاب العليا، خاصة أقصى الجزء الشمالي والشمالي الغربي منها، وتمتد من كعدة دبدو غربا مرورا بالمقام في الوسط إلى لمقام سيدي علي بن سماح شرقا، وهذه واجهة الهضاب العليا الشمالية حيث تنتهي بإفريزات سميكة، عبر حافة متعرجة شديدة الانحدار تشرف على سهل تَفراطة وبعض الأحواض الصغيرة كحوض واد دبدو غربا وحوض وزغت في الوسط ثم حوض بزوز في الشرق، حيث الانبساطات بهذه الأحواض تعتبر جزءا من سهل تَفراطة، كما أن واجهة هذه الهضبة تمتد تدريجيا نحو تلال متقطعة وخطية متفرقة ومتجمعة أحيانا، تختفي بسرعة، وتظهر السفوح والأعراف الجبلية الفاصلة بينها وبين سهل تَفراطة. تتميز هذه الهضاب بارتفاعها النسبي حيث تجاوز 1600م غربا على مشارف حوض دبدو، وفي الوسط يقل على 1500م عند عالية حوض وزغت، كما أنه لا يتجاوز 1200م في الشرق بعالية حوض بزوز، و1400م بجل المقام

وتظهر بعض التلال المتقطعة منعزلة بحوض العابد خاصة في وسطه قرب حامة سيدي شافي، وفي سافلته شمالا قرب مصب واد زا، وهي عبارة عن رصيص على قاعدة الكلس الدلومي (كريتاسي) والحث والكلس (الجوراسي الأعلى والأوسط).

1_3: السهول والمنخفضات

تتميز الجهة الجنوبية والوسطى من حوض واد العابد ووسط وشمال حوض اتلاغ، بوجود سهل تَفراطة حيث يتميز بطابعه المنبسط، وتخترقه شبكة هيدروغرافية، تنحدر من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي. ويعتبر جزءا من حوض جرسيف الذي يقطعه واد ملوية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، وشرقا يستقبل روافده كحوض اتلاغ والعابد شرقا وأحواض أخرى تفصلها نتوءات صخرية على هوامش الهضبة في العالية. وتتميز الجهة الشمالية للحوضين بامتداد السهل إلى حدود مقرن واد ملوية، ويؤدي

وجود بعض التلال المتقطعة والمنتشرة في سهل تَفراطة إلى كثرة السيول والوديان نظرا لطبيعة التكوينات السطحية لسهل تافرطة حيث يشكل منخفضا شاسعا مملوءا بالإرسابات الرباعية والنيوجينية، وهو يغطي طبقة من الحث والكلس، تعود إلى الزمن الثالث، كما أنه تشكل نتيجة انتشار وتراكم المواد الفيضية الرباعية الحديثة خاصة، وذات السمك الكبير، حيث يرجع أصل المواد إلى تراجع حافة الهضبة بالجنوب، ينحني السهل تدريجيا بضعف كبير من قدم الحافة إلى وسطه، كما ينحني أكثر في اتجاه واد ملوية حيث يقل انحداره عن 3 درجة. ويظهر السهل على شكل متوالية طبغرافية متنوعة من العالية نحو السافلة، حيث جزء علوي يضم مخاريط وحادورات متحجرة تنطلق من السفوح الهامشية لكعدة دبدو، ولمقام سيدي علي بنسامح، ومخارج الأودية تمر تدريجيا بتقعر نحو السافلة. وجزء وسطي منبسط يشكل منطقة التراكم للإرسابات، وجزء سفلي ينخفض تدريجيا نحو واد ملوية انطلاقا من العتبات التضاريسية، حيث تتميز بالتقطيع ونشاط التخديد، وهذا راجع إلى سمك سحنات الصلصال الميوسيني بمجالات واد ملوية، والإرسابات القارية الضعيفة.

تتعرض أجزاء من سهل تَفراطة أحيانا إلى انحباس لمياه المسيلات الآتية من السفوح بالعالية، الشيء الذي ينتج عنه فيضانات ومشاكل تلحق آثارا بالمحاصيل الزراعية، خاصة بعد تدهور المجال الغابوي في العالية بسبب الاجتثاث والقطع والحرائق.

يمكن القول إن الخصائص التضاريسية تتحكم في مظاهر تدهور الأراضي وأشكال التعرية، وذلك بتحكمها بشكل كبير في توزيع الموارد الطبيعية، إذ نتج عن تدرج التضاريس من الشمال نحو الجنوب، تنوع في المستويات البيومناخية، الشيء الذي سمح بتنوع الموارد وتكاملها مابين العالية والسافلة، كما أن المنخفضات الشمالية ترتبط ارتباطا وثيقا بمرتفعات كتلة دبدو– لمقام، التي تعتبر مصدر معظم الموارد المائية والترابية بسهل تَفراطة.

تلعب كتلة دبدو– لمقام، دورا إيجابيا في حياة السكان، فبالإضافة إلى كونها مصدرا لتموين الفرشة الباطنية بسهل تَفراطة، لما تستقبله من تساقطات مهمة مقارنة مع مجالات السافلة، ويزيد من أهمية هذا الدور، وجود غطاء غابوي متنوع، رغم تعرضه لمختلف أشكال التدهور.

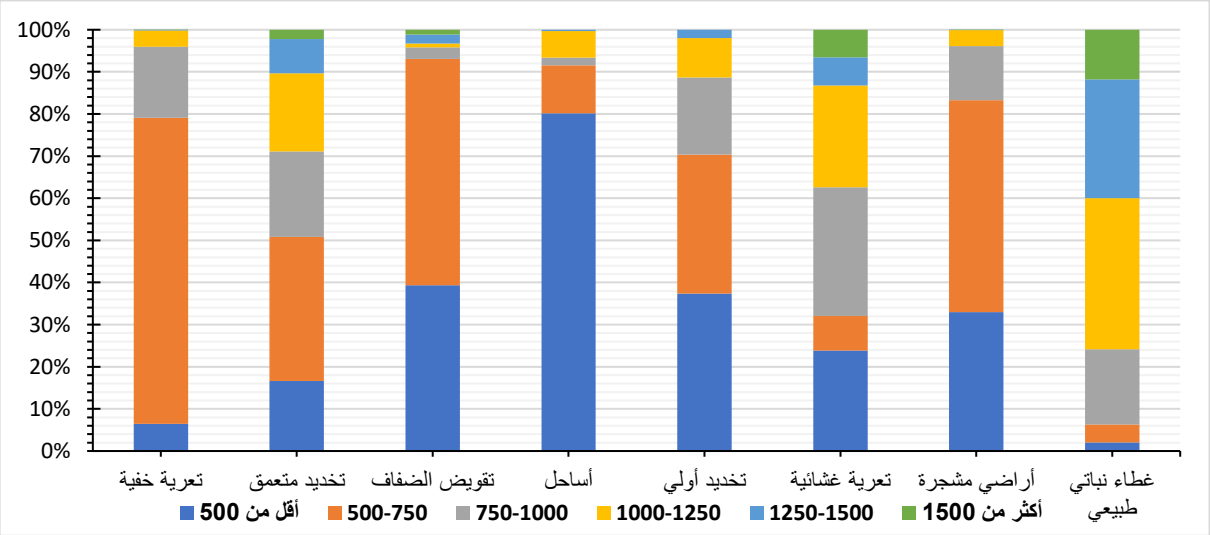
2_: الخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور السفوح بحوضي العابد واتلاغ

تلعب الخصائص التضاريسية دورا مهما في تنشيط دينامية التعرية واختلاف أشكالها. ولهذا في هذا المحور، سوف ندرس علاقة هذه الخصائص بأشكال التعرية، من خلال مقاربة وصفية من نسب توزيعها المجالي، حسب فئات الارتفاع وفئات الانحدارات وكذلك توجيه السفوح، ومقاربة إحصائية من خلال تحليل ترابط المتغيرات الكيفية (AFC).

2_1: التوزيع المجالي لفئات الارتفاع حسب أشكال التعرية

من خلال الخريطة (الشكل رقم 110) المتعلقة بفئات الارتفاع، وتشخيص المظاهر الطبوغرافية بمجال الدراسة، يتبين أنه يضم تنوعا تضاريسيا، مما يجعل فئات الارتفاع تختلف من العالية نحو السافلة.

ويتميز المجال بسيادة الارتفاعات الأقل من 1000م التي تمثل ثلثي مساحة المجال التي تقدر بـ951 كلم^2، حيث تمثل الفئة أقل من 500م 16% من مساحة المجال، والفئة من 500 إلى 750م، 32% من المساحة الإجمالية، ثم تليها الفئة من 750م إلى 1000م بـ 19%، والفئة مابين 1000م و1250م، تمثل خمس المساحة، ومن 1250م إلى 1500م تقدر بـ 11%، أما المساحة الأكثر من 1500م تشمل فقط 5%، وتتوزع هذه الفئات على أشكال مظاهر التعرية كما هو موضح بالشكل رقم 111 والجدول رقم 49.



الشكل رقم 111: فئات الارتفاع حسب أشكال التعرية بحوضي اتلاغ والعباد

يتبين من الشكل رقم 111 أن التعرية الضعيفة تنتشر فوق المجالات ذات ارتفاع يفوق 750م، تبعا للغطاء النباتي، كما أن نسب مهمة من الأساحل تنتشر فوق المجالات الأقل من 500 متر بسافلة المجال، ثم أن التعرية الخفية تقابلها فئة الارتفاع مابين 500 و750م، ثم أن هذه الأشكال ترتبط مساحيا بهذه الفئات حسب تحليل المتغيرات الكيفية، كما هو مبين بالجدول رقم 49.

الجدول رقم 49: ترابط أشكال التعرية بفئات الارتفاعات

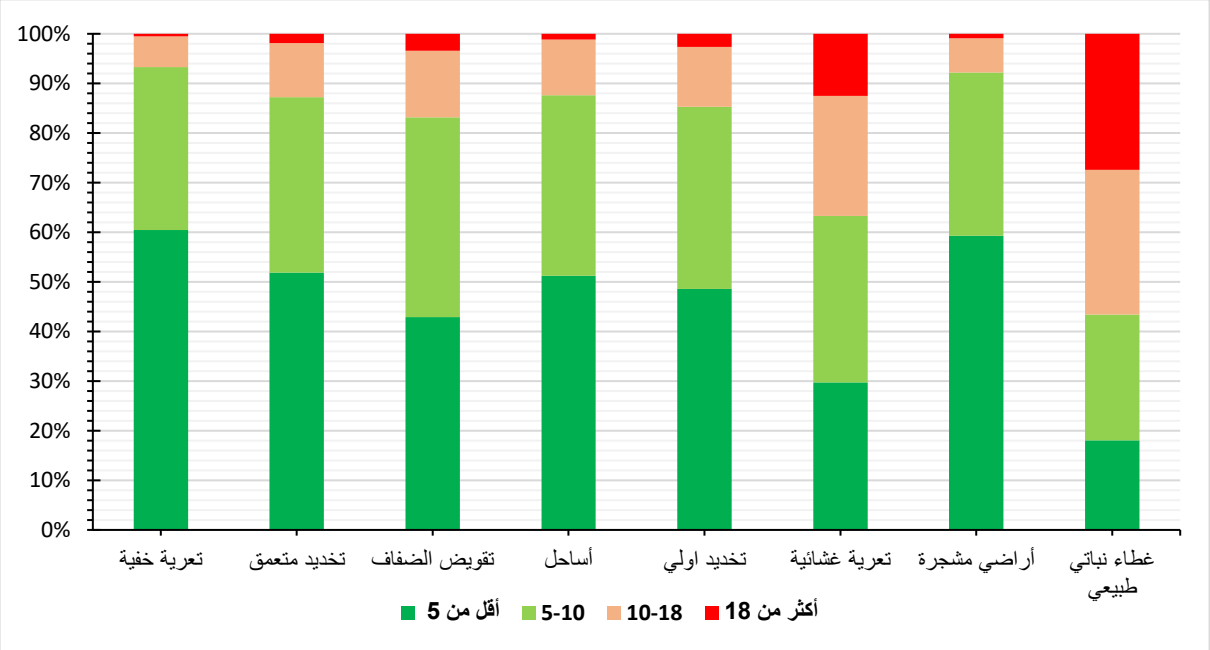
فئات الارتفاع بالمتر	غطاء نباتي طبيعي	أراض مشجرة	تعرية غشائية	تخديد أولي	أساحل	تقويض الضفاف	تخديد متعمق	تعرية خفية	المجموع
أقل من 500	0.67%	1.65%	3.19%	6.57%	0.88%	0.59%	0.26%	1.78%	**15.58%**
500-750	1.37%	2.51%	1.10%	5.78%	0.12%	0.81%	0.53%	20.09%	**32.31%**
750-1000	5.75%	0.64%	4.08%	3.22%	0.02%	0.04%	0.31%	4.65%	**18.72%**
1000-1250	11.61%	0.19%	3.23%	1.64%	0.07%	0.01%	0.29%	1.08%	**18.11%**
1250-1500	9.11%	0.00%	0.89%	0.34%	0.00%	0.03%	0.13%	0.04%	**10.55%**
أكثر من 1500	3.80%	0.00%	0.87%	0.00%	0.00%	0.02%	0.03%	0.00%	**4.72%**
المجموع	**32.32%**	**5.00%**	**13.36%**	**17.55%**	**1.09%**	**1.50%**	**1.54%**	**27.64%**	**100.00%**

يتبين من خلال نتائج تحليل ترابط متغير فئات الارتفاع وأشكال التعرية أن التعرية الخفية تهيمن على فئة الارتفاع من 500-750م، ثم التخديد الأولي على الفئة الأقل من 500م، والغطاء النباتي أي

التعرية الضعيفة تسود على الفئة الأكثر من 750م، خاصة على الفئة الأكثر من 1500م حيث تمثل تقريبا 4% من أصل 5% على عكس الأشكال الأخرى التي تنعدم بهذه الفئة.

2_2: التوزيع المجالي لفئات الانحدار حسب أشكال التعرية

من خلال خريطة توزيع الانحدارات (الشكل رقم 36: توزيع فئات نسبة الانحدار بحوضي اتلاغ والعابد.) وإعادة تفييئها حسب تصنيف (Young, 1972)، ثم انطلاقا من الخريطة التضاريسية للمجال، نستنتج أن التنوع التضاريسي جعل الانحدارات تختلف حسب كل وحدة أو جزء منها، كما يتميز المجال بالانبساط حيث تمثل نسبة الانحدار الضعيف نصف مساحة مجال الدراسة، والانحدارات المتوسطة تمثل 31%، أما الانحدارات القوية والقوية جدا فتمثل نسبة 11%. وتتوزع مظاهر أشكال التعرية على هذه الفئات كما هو موضح بالشكل رقم 112.



الشكل رقم 112: توزيع نسبة مساحة فئات درجة الانحدار على أشكال التعرية

يتبين من خلال توزيع مساحة فئات الانحدار على أشكال التعرية أن الانحدارات القوية تقابل التعرية الغشائية والضعيفة (الغطاء النباتي)، وذلك تبعا لانتشار هذه الانحدارات بعالية الحوض، كما أن الانحدارات الضعيفة والمتوسطة، تتوزع بها جميع أشكال التعرية بالتساوي تقريبا، وهذا يظهر جليا بعد تحليل ترابط هذه الأشكال بفئات الانحدار (الجدول رقم 50).

الجدول رقم 50: نسب ترابط فئات الانحدار بأشكال التعرية

فئات الانحدار بالدرجة	غطاء نباتي طبيعي	أراض مشجرة	تعرية غشائية	تخديد أولي	أساحل	تقويض الضفاف	تخديد متعمق	تعرية خفية	المجموع
ضعيف	%5.84	%2.96	%3.97	%8.53	%0.56	%0.64	%0.80	%16.71	%40.02
متوسط	%8.19	%1.64	%4.48	%6.44	%0.40	%0.61	%0.54	%9.09	%31.39
فوق المتوسط	%9.43	%0.35	%3.23	%2.12	%0.12	%0.20	%0.17	%1.71	%17.33
شديد	%8.86	%0.05	%1.67	%0.46	%0.01	%0.05	%0.03	%0.14	%11.26
المجموع	%32.32	%5.00	%13.36	%17.55	%1.09	%1.50	%1.54	%27.64	%100.00

تبين من خلال نتائج الجدول سيادة التعرية الخفية على المجالات المنبسطة المتوسطة الانحدارات والضعيفة منها، ثم توزيع التعرية الضعيفة والتعرية الغشائية، بنسب مهمة على جميع فئات الانحدار، وكذلك التخديد الأولي الذي يهيمن على مساحات مهمة من الانحدارات الضعيفة والمتوسطة، أما باقي أشكال التعرية، فهي ترتبط بنسب ضعيفة جدا إلى منعدمة بباقي فئات الانحدار خاصة الشديدة منها وفوق المتوسطة.

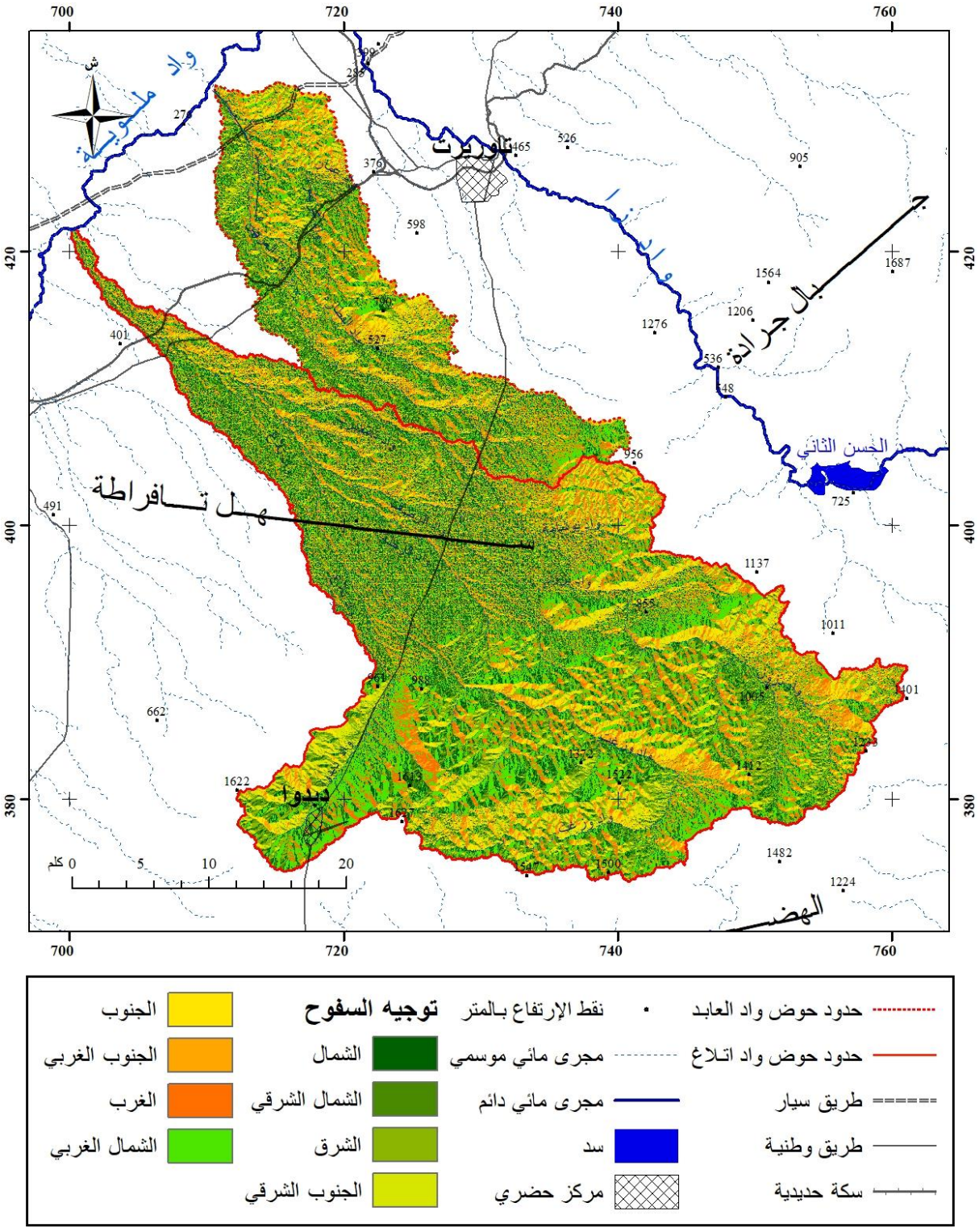
2_3: العلاقة بين التعريض وحركية السفوح بحوضي اتلاغ والعابد

يقصد بالتعريض أو توجيه السفوح مدى تعرض سفح ما لأشعة الشمس خلال اليوم وعلى طول السنة، ويعبر عنها بزاوية اتجاه كل سفح نحو الاتجاهات الأربع، كما يعبر عنها بزاوية سقوط أشعة الشمس على السفح، وتختلف هذه الزاوية بين فصول السنة حسب عمودية أشعة الشمس على سطح الأرض في شمال الكرة الأرضية، (لكتيف، 2019)، كما هو موضح بالجدول رقم 51.

الجدول رقم 51: تشميس السفوح الظليلة والشميسة تبعا لزاوية تعريضها

	تعريض السفح	الزاوية بالدرجة
سفوح ظليلة	شمالي (ش)	من 337 إلى 0، ومن 0 إلى 22
	شمال شرقي (ش ش)	من 22 إلى 67
	شرقي (ش)	من 67 إلى 112
	شمالي غربي (ش غ)	من 292 إلى 337
سفوح شميسة	جنوبي شرقي (ج ش)	من 112 إلى 157
	جنوبي (ج)	من 157 إلى 202
	جنوبي غربي (ج غ)	من 202 إلى 247
	غربي (غ)	من 247 إلى 292

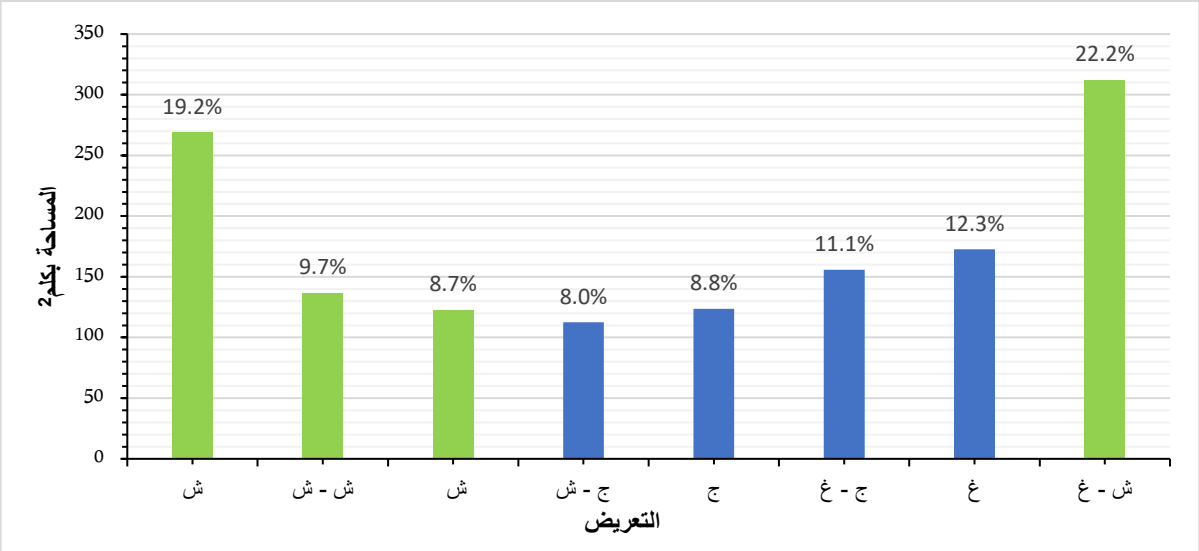
وتبعا لهذا التصنيف، تم إنجاز خريطة التعريض لحوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 113).



الشكل رقم 113: توجيه السفوح بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: النموذج الرقمي للارتفاعات 12.5 متر.

يتبين أن السفوح الواضحة المعالم تركز جنوب مجال الدراسة تبعا لشدة وقوة الانحدارات، كما يعرف المجال السفوح الموجهة للشمال أي الظليلة، أكثر من السفوح الموجهة للجنوب أي الشميسة، وهذا ما يوضحه الشكل رقم 114.

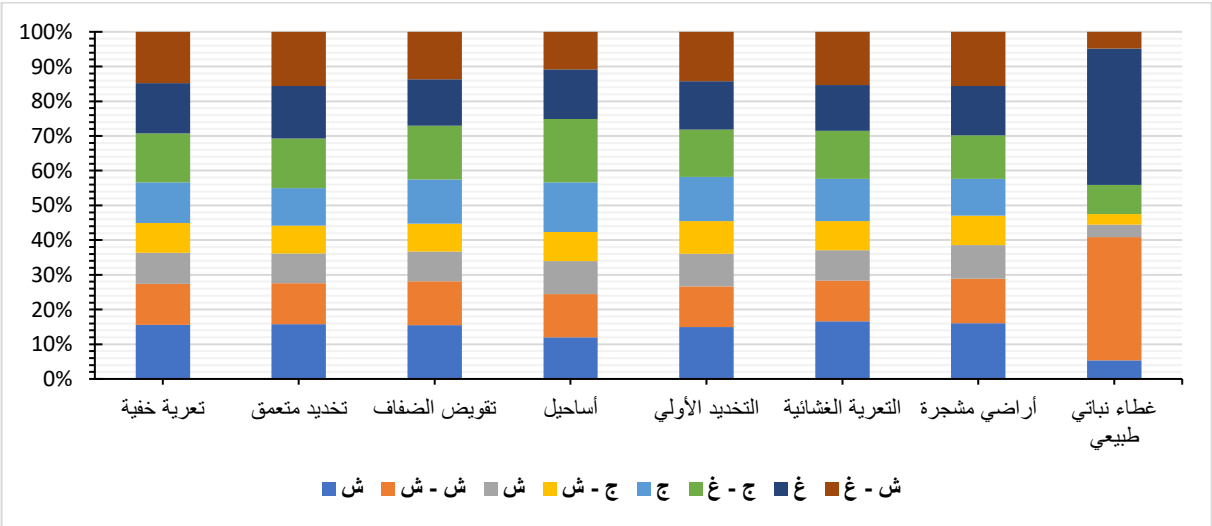


الشكل رقم 114: توزيع نسبة مساحة توجيه السفوح بحوضي اتلاغ والعابد

بالنسبة لتوجيه السفوح يغلب على المنطقة السفوح الموجة نحو الشمال بما فيها الشمال الغربي والشمال الشرقي، بنسبة 60% من المساحة، أما باقي المساحة، فهي موجهة نحو الجنوب والجنوب الشرقي والغربي وللغرب، وبالتالي فهي سفوح شميسة.

يعتبر توجيه السفوح عاملا متحكما في كمية الإشعاع الشمسي الذي يتلقاه كل سفح، مرتبطا بحدة ومدة الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه السفوح تبعا لاتجاهها. فالسفوح الشميسة تكون المدة التي تتعرض فيها للإشعاع الشمسي أطول بالمقارنة مع السفوح الظليلة، إضافة إلى أن حدة الإشعاع الشمسي بهذه السفوح تكون أقل مما هي عليه من السفوح الشميسة التي تتلقى الإشعاع الشمسي عند الظهيرة تقريبا حيث تسجل أعلى درجات الحرارة، بالمقابل فالسفوح الظليلة يكون الإشعاع الشمسي بها أقل حدة نظرا لكونها تتلقاه في الساعات الأولى من اليوم وفي آخر النهار قبل الغروب.

يلعب توجيه السفوح دورا مهما في دينامية آليات التعرية المائية، كما هو مبين من خلال التوزيع المجالي لأشكال التعرية حسب توجيه السفوح (الجدول رقم 52).



الشكل رقم 115: توجيه السفوح حسب أشكال التعرية.

يتبين من الشكل أن نسبة مهمة من الغطاء النباتي تقابل السفوح الموجهة للشمال الشرقي والغرب، بينما الفئات الأخرى تتوزع تقريبا بشكل متساوي على فئات توجه السفوح. ومن خلال الجدول رقم 52، يتضح هذا التباين في توزيع فئات توجيه السفوح وارتباطها بأشكال التعرية من خلال تحليل ترابط المتغيرات الكيفية (ACF).

الجدول رقم 52: ترابط أشكال التعرية بتوجيه السفوح

	توجيه السفوح	غطاء نباتي طبيعي	أراض مشجرة	التعرية الغشائية	التخديد الأولى	أساحيل	تقويض الضفاف	تخديد متعمق	تعرية خفية	المجموع
سفوح ظليلة	ش	5.62%	0.80%	2.22%	2.62%	0.13%	0.23%	0.24%	4.30%	**16.18%**
	ش - ش	4.71%	0.64%	1.56%	2.05%	0.14%	0.19%	0.18%	3.28%	**12.75%**
	ش	3.74%	0.48%	1.16%	1.66%	0.10%	0.13%	0.13%	2.47%	**9.87%**
	ش - غ	5.02%	0.78%	2.04%	2.49%	0.12%	0.21%	0.24%	4.10%	**15.00%**
سفوح شمسية	ج - ش	3.19%	0.43%	1.12%	1.64%	0.09%	0.12%	0.12%	2.38%	**9.09%**
	ج	2.98%	0.53%	1.62%	2.23%	0.16%	0.19%	0.17%	3.24%	**11.12%**
	ج - غ	3.10%	0.63%	1.85%	2.40%	0.20%	0.23%	0.22%	3.90%	**12.54%**
	غ	3.96%	0.71%	1.77%	2.44%	0.16%	0.20%	0.23%	3.98%	**13.45%**
	المجموع	**32.32%**	**5.00%**	**13.36%**	**17.55%**	**1.09%**	**1.50%**	**1.54%**	**27.64%**	**100.00%**

من خلال الملاحظة، يتبين أن السفوح الظليلة تعرف نسبة أكثر من السفوح الشميسة، خاصة بالنسبة للتعرية الضعيفة والخفية خاصة السفوح الموجهة للشمال حيث تشكل أكبر النسب، تصل إلى 10% تقريبا، كما أن السفوح الظليلة والشميسة تتوزع بنسب متقاربة ومتساوية بالنسبة للتعرية الغشائية والتخديد الأولي، وتعرف الأشكال الأخرى توزيعا ضعيفا بالمجال.

نستخلص من خلال محاولة إبراز دور كل من توجيه السفوح والذي دوره لا ينحصر في التشميس فقط بل وإنما في التساقطات (التصاعد التضاريسي الاضطراري)، وكذلك الانحدارات والارتفاعات في حركية السفوح بمجال الدراسة، هي ضبط التوزيع المجالي لآليات التشكيل المتمثلة في مظاهر التعرية تبعا لهذه العوامل. حوضي اتلاغ والعابد يعرفان تباينا من حيث الانحدار والتوجيه، وهذا له تأثير على طبيعة الجريان واستقرار الغطاء النباتي، بالمناطق المرتفعة، بينما في السهول، فإن الانحدار ينخفض في بعض المناطق إلى أقل من 5°، وهو ما يجعل هذه المجالات صالحة للاستغلال الزراعي والاستقرار البشري. وكل هذا له دوره في تدهور الأراضي، وانتشار مظاهر التعرية المائية، غير أنه يبقى متعلقا بمتغيرات أخرى ستتم دراستها في المحاور الموالية، لأنها عوامل أخرى متحكمة في تدهور الأراضي بهذه المجالات، وما يتميز به الحوضان، من خصائص طبوغرافية لا يعتبر العامل الوحيد المفاقم والمنشط للتدهور.

المحور الثاني: الجيولوجيا والتكوينات السطحية، وآثارها على دينامية السفوح

1_: الخصائص الجيولوجية ودورها في الدينامية البيئية

يعتبر مجال تاوريرت من بين المناطق المغربية التي لقيت اهتمام الدارسين بحقل الجيولوجيا، والجيومرفولوجيا حيث يتكون المشهد الطبيعي من نتوءات جوراسية ومنخفضات متهدلة وحوادير متقطعة ومصاطب رباعية (Sbai et Ghzal, 2007).

تغطي الصخور الكلسية (خاصة الكلس–الدولوميتي الجوراسي) المناطق الجبلية من بني محيو، شمالا، وكتلة دبدو ولمقام، وجبال جرادة شرقا. (الشكل رقم 117 والشكل رقم 118)، وتتميز ترباتها بضعف سمكها وعدم تطورها، كما تتميز بهشاشتها إزاء التعرية المائية خاصة بالسفوح العارية من الغطاء النباتي حيث تنتشر التربات المعدنية غير المتطورة التي تتركز فوق الطبقات الجيولوجية أو فوق التكوينات السطحية، وتنقسم إلى تربات حجرية تحتوي على أجزاء صخرية كثيرة، وأخرى فوق الصخور مثل الطفل والكلس الطفلي عبارة عن فسخات محلية أو منقولة.

أما السهول والمنخفضات الوسطى للحوضين (الشكل رقم 116)، بالرغم من جفافها وقحولتها، فإنها تتميز بتكوينات سطحية متنوعة إلى حد ما، تعود أساسا إلى الزمن الرابع، كما تنتشر مخلفات الرباعي القديم والأوسط ببطون الأودية وضفافها، وفي المنخفضات.

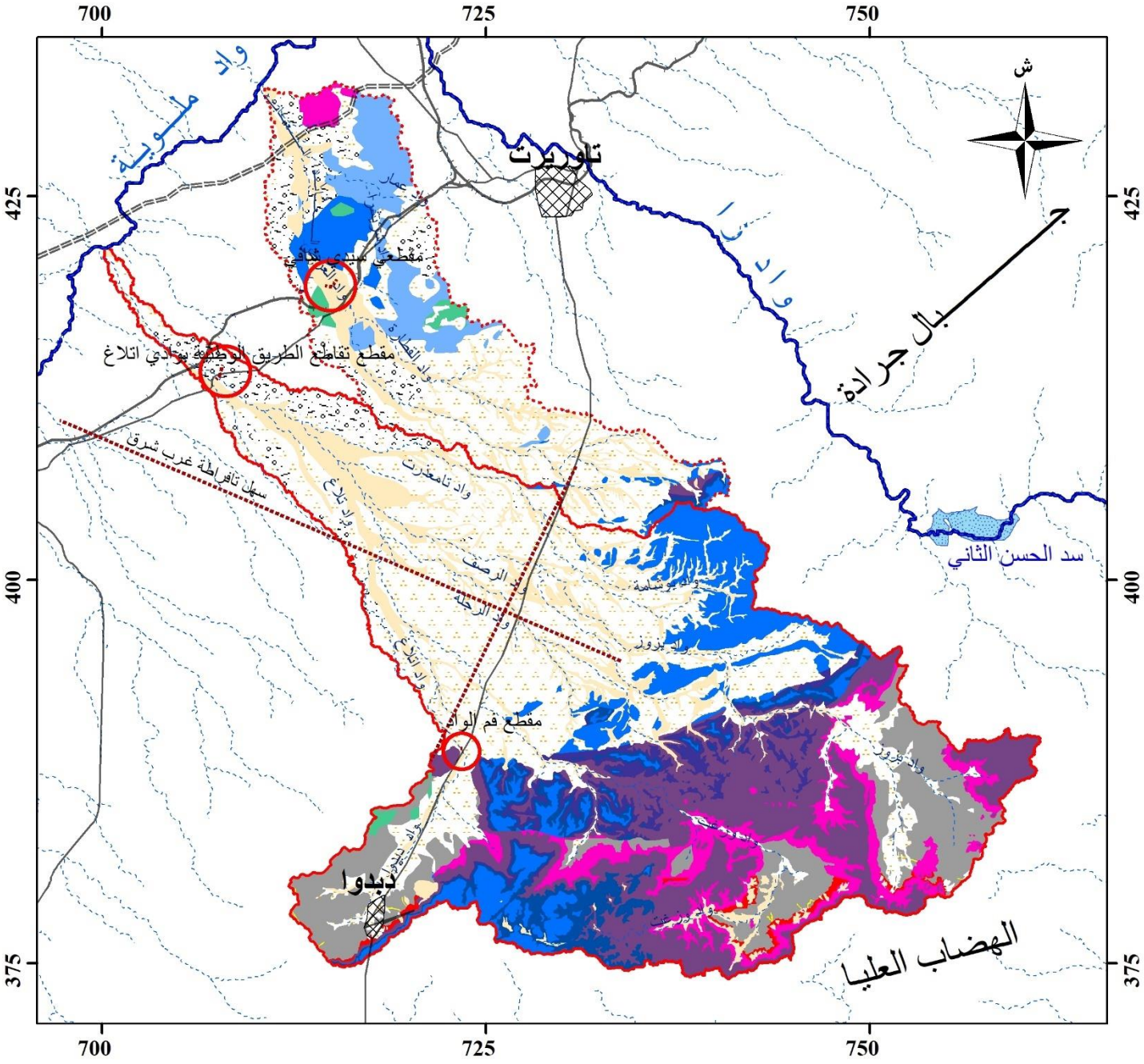
لدراسة الخصائص الجيولوجية لحوضي اتلاغ والعابد في علاقتها بالدينامية الحالية، تم الاعتماد على العديد من البحوث والمقاربات:

في البداية، تم استخدام الخرائط الجيولوجية للمنطقة (خريطة تاوريرت ودبدو وحسيان الدياب 1/100000، ووجدة 1/500000) لاستنباط الشكل رقم 116، والشكل رقم 117.

بعد ذلك، تمت مراجعة الدراسات المختلفة والبحوث الأكاديمية، وذلك لمحاولة وصف الصورة العامة للجيولوجيا بالمنطقة، إضافة إلى بعض المقاطع الجيولوجية (الشكل رقم 118، والشكل رقم 119) وتراتبية المستويات الكرونوستراتغرافية لوادي اتلاغ، (الشكل رقم 120).

وأخيرا، العمل الميداني لإنجاز مقاطع كبيرة المقياس تهم الزمن الرابع، وذلك باعتماد جهاز التموضع الأرضي. وتم ذلك بسافلة حوضي العابد واتلاغ وبعالية حوض اتلاغ، كما هو موضح بالشكل رقم 121، والشكل رقم 122، والشكل رقم 123.

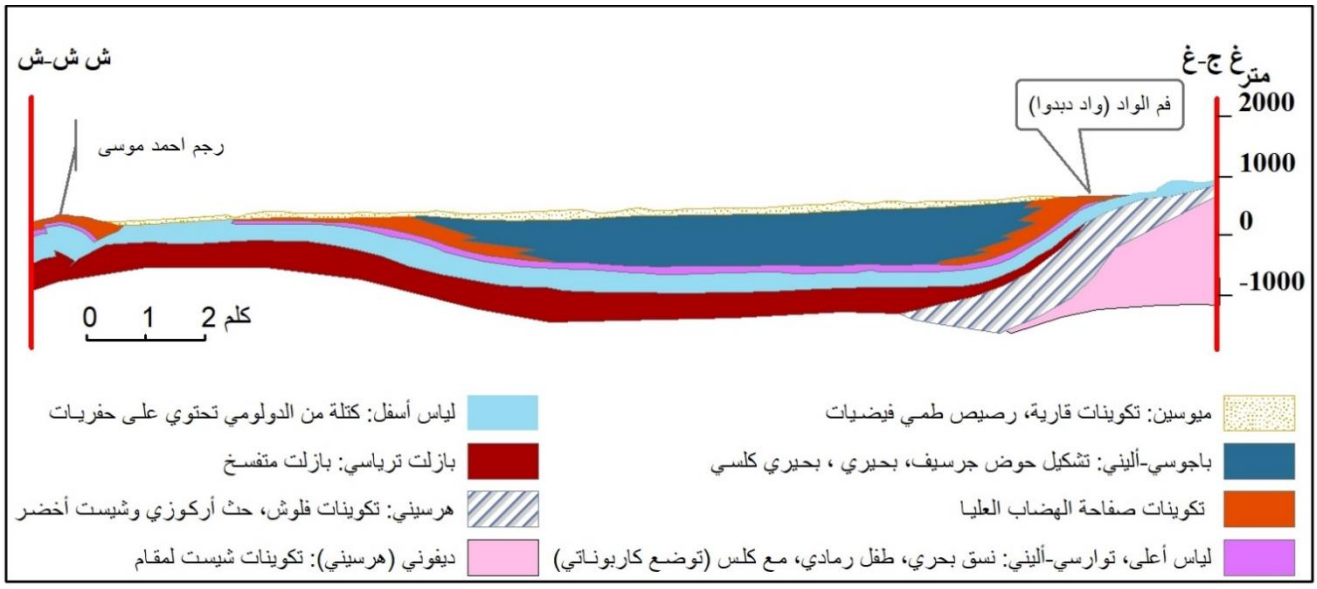
يبين الشكل رقم 116 الخصائص الجيولوجية لحوضي اتلاغ والعابد.



الشكل رقم 116: جيولوجية مبسطة والمقاطع المنجزة بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: الخريطة الجيولوجية دبدو وتاوريرت وحسيان الدياب 1/100000 ووجدة 1/500000

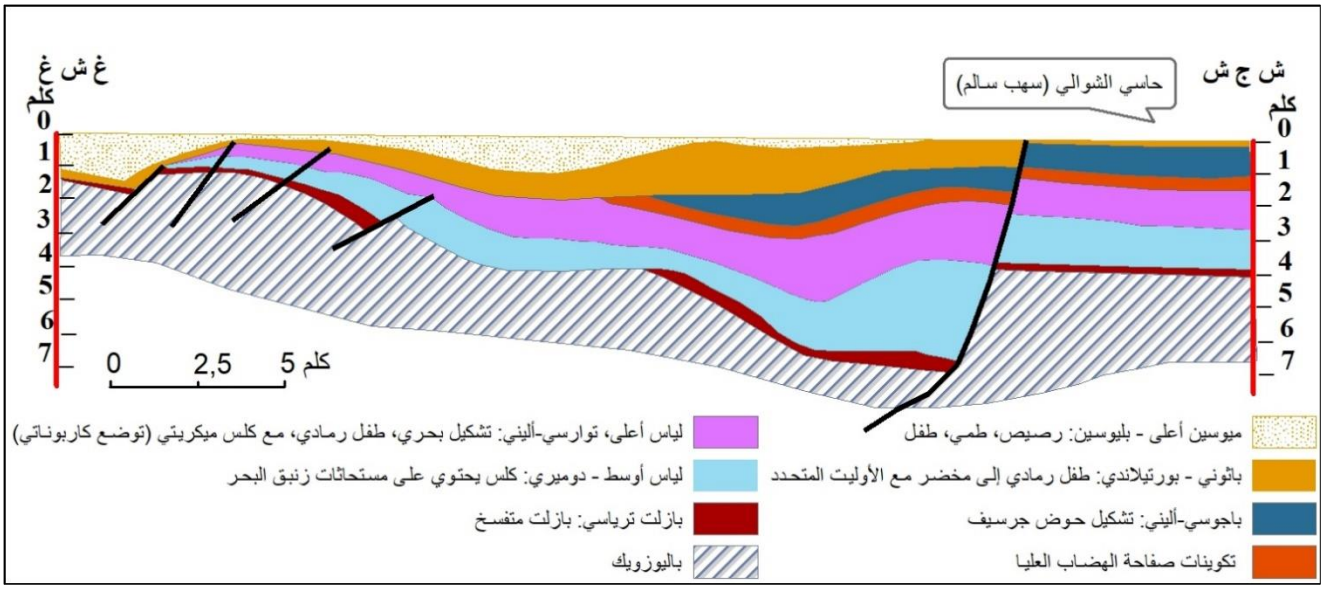
يعطي المقطعان فكرة عامة عن الأساس الصخري والأزمنة الجيولوجية لطبقات الحوضين، من الجنوب نحو الشمال (الشكل رقم 117)، ومن الشرق نحو الغرب (الشكل رقم 118).



الشكل رقم 117: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب–الشرقي إلى شمال الشمال–الشرقي بسهل تَفراطة

المصدر: الخريطة الجيولوجية لتاوريرت 1/100000.

يبين الشكل رقم 117 مقطعا جيولوجيا يتجه من الشمال الشرقي انطلاقا من رجم أحمد موسى إلى الجنوب الغربي عند فم الواد، على مسافة 20 كلم، ويقطع حوضا العابد واتلاغ بطريقة متوازية مع الطريق الوطنية رقم 19 الرابطة بين تاوريرت ودبدو، موضحا ترتيب سحنات الزمن الأول وغطاء الزمن الثاني. وهناك مقطع آخر (الشكل رقم 118)، يمتد من سهب سالم حاسي الشوالي (شرق الجنوب–الشرقي) باتجاه مدينة جرسيف (غرب الشمال–الغربي) على امتداد حوالي 30 كلم. وهو الآخر يبين عمق طبقات الزمن الأول والثاني والثالث.



الشكل رقم 118: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب–الشرقي إلى غرب الشمال–الغربي بسهل تَفراطة

المصدر: (Zizi, 1996).

1_1: سحنات الزمن الأول

تظهر القاعدة الهيرسينية في مناطق متعددة من عالية حوض اتلاغ (الشكل رقم 116) خاصة في حافة الهامش الشمالي للهضاب العليا، كأحواض واد دبدو، وعالية حوضي واد بزوز ووزغت. وتتشكل هذه البروزات القديمة التي يعود تاريخها إلى البدايات الأولى للرفع، من سلسلة الفليش (شيست دبدو والمقام). يشكل الشيست والكوارتزيت محدبا مركبا كبيرا حيث تتوضعت على جوانب الطية بتنافر، مستويات متنوعة مشتقة من شيست دبدو والمقام المنكشف، وتتمثل في الكلس والترسبات البركانية المنتمية إلى الفيزي الأعلى–النموري (Médioni, 1980).

كما هو موضح من خلال المقطعين (الشكل رقم 117 والشكل رقم 118) والخريطة الجيولوجية (الشكل رقم 116)، فإن الزمن الأول الفيزي الأعلى، يتضمن شيست وكوارتزيت مع بقايا نباتية، متحجرة محليًا، "سلسلة الزروك"، ثم مجمع بركاني رسوبي: ريوليت، وداسيت، وتراكي–أنديسيت، عبارة عن رصيص قاعدة وكلس على شكل مستويات.

الكربوني غير محدد (فيزي محتمل): شيست دبدو والمقام: بسامنيت وشيست صقيل مع بعض المستويات من الأركوز والرصيص الدقيق.

الهرسيني (تكوينات فلوش) عبارة عن تكوينات تعرضت لتشويهات خفيفة، وهي ذات طابع فليشي، تظهر على شكل تعاقب مستويات من الحث الأركوزي والشيست الأخضر ورصيص من مواد شيستية تنتمي للمقام. في قاعدة التكوينات، تظهر مستويات بها مستحاثات حفريات تعود للفيزي، وفي قمتها، توجد مستويات النموري. سمكها يقدر بحوالي 800م (Horon, 1953).

هناك كذلك نظام من الركائز مرتبط بجرانيت نهاية الهرسيني. يظهر الجرانيت الدقيق، والميكروكرانوديوريت، والأبليت (Aplite)، والكوارتز (Q) بشكل جيد محليًا ويرتبط بترسبات السترونتيوم المهمة في سيدي لحسن وبمعدن الرصاص والزنك والنحاس بشكل عام.

تمتد البروزات الديفونية المشكلة لسفوح وأعراف عالية حوض اتلاغ، على مجال شاسع يتجاوز 10 كلم (الشكل رقم 116)، وتأخذ لونا رماديا مخضرا إلى أحمر مسمر، حيث تتميز بالتواء شديد. في حين تبرز سحنات الفيزي الأعلى–النموري المكونة من السحنات الديفونية، بالهامش الشمالي لكتلة دبدو، وخاصة بمنطقة "فلوش"، عند سافلة الإفريزات الجوراسية، حيث يفوق سمك هذه السحنة 800 متر (Horon, 1953).

1_2: غطاء الزمن الثاني وتكوينات الزمن الثالث

بدأت سلسة جرادة في الانتهاض بشكل مبكر وانسطحت قبل الغمر الليلياسي، تراجع البحر عنها نهائيا منذ أواسط الزمن الثاني، مما سمح بتعمق الأودية، إلى حد إفراغ المحدبات مع توسيع قعورها وتفسخ صخورها (شاكر، 1998). كما تتميز فترة الزمن الثاني بتراكم تكوينات الحث–الطيني والبازلت الدولوريتي الضعيف والمتقطع خلال الترياس، أي البازلت الترياسي، الذي يحتوي على تكوينات ذات سمك يقدر بحوالي

100م من البازلت المتفسخ للغاية فوق أساس صخري من الطين الأحمر (من 0 إلى 50 م)، تتخللها مستويات من الكلس. ضواحي تاوريرت، تشهد مواد بركانية على وجود التبخر الترياسي.

الكلس الدولوميتي للأليني الباجوسي، بالإضافة أيضا إلى سحنات الكلس والدولومي باللياس الأوسط الذي يمتد على شريط ضيق بحافة هضبة دبدو (الكعدة)، وأيضا سحنات الطين الأحمر والأخضر باللياس الأعلي التي تبرز خصوصا في منخفضات التعرية بالهامش الشمالي والشمالي الغربي من كعدة دبدو وبمجال المجاري المائية التي تقطع حافة الهضبة (عثماني، 2015).

إضافة إلى تكوينات صفاحة الهضاب العليا، وهي عبارة عن تكوينات الرصيف القاري تأثرت بشكل أو بآخر بتكوين الدلومي المبكر (السمك: 200 إلى 400 م). التوارسي الأحمر عبارة عن دولومي طفلي يأخذ صبغة حمراء عند التفسخ (السمك: 0 إلى 60 م). الدوميري عبارة عن كلس دولوميتي، سمكه يقدر ب 30 م، غير أنه ينعدم فوق نواة كتلة دبدو.

اللياس الأسفل الدولوميتي عبارة عن كتلة من الدولومي سمكها يتراوح بين 200 و400 م.

تنتشر السحنات الترياسية الهشة بشكل متقطع بمجال الحافة، وهي عبارة عن أطيان حمراء مشتقة من تفسخ الشيست، وتظهر بوضوح بين تكوينات الزمن الأول الذي يوجد تحتها والقواعد الكربوناتية الجوراسية فوقها. وتوجد بقاعدة السحنات الترياسية الحمراء مستويات رصيصية أو حديدية (الكوتيت والهيماتيت) (Médioni, 1979). يتميز سمك هذا النسق المتنوع بالتغير، ولا يتعدى 100 م، كما يتميز بعدم الانتظام الذي تبينه القنوات القديمة قبل اللياس وتسوية سطح التعرية قبل اللياسي.

سمحت طبيعة الصخور الهشة للترياس بتعمق واتساع المجاري المائية فيها، مما أدى إلى اتساع مجال عاليات الأحواض بواسطة مختلف أشكال التعرية.

إن تتبع تطور الغمر البحري (من اللوتاريني–البليونسباشي إلى الأليني–باجوسي) والذي امتد على تضاريس قديمة شكلت عمقا كبيرا، يمكن ملاحظته على مسافة 10 كلم فقط. فقد استمر هذا الغمر البحري خلال اللياس الأسفل واللياس الأوسط، وتقدم على مجال طبوغرافي متفاوت الارتفاع نسبيا ليغمر سطح التعرية الذي تشكل قبل اللياس (El Harradji, 1985 et 1996)، تم تدقيق التأريخ بمستحاثات اكتشفها الحرادجي سنة 1985 بفلوش. إلا أن استمرار عملية الرفع لقلب الكتلة، أدى إلى خلق عتبة في البحر اللياسي، حيث لم يتم تعميم الرواسب الجوراسية على هذه التضاريس القديمة إلا عند الأليني–باجوسي، في حين توضعت الرواسب الأولى المنتسبة إلى اللوتارينجي على بعد بضع كيلوميترات في اتجاه الشرق والغرب ثم لوتارينجي–بليونسبانشي بالشمال قرب "الجرانجزة" و"فلوش" (Médioni, 1966, 1972 et 1977)، و(El Harradji, 1985). وقد استمرت الدورة الرسابية للغمر الجوراسي على الأقل إلى حدود الباثوني الأعلى، ونتج عن بروز مختلف مجالات الزمن الثاني سيادة فترة تعرية طويلة لم تسمح بضبط تاريخ تراجع البحر، حيث تظهر المساطح المتعاقبة متداخلة بسطح تعرية كبير.

فعلى خلاف مرتفعات كتلة دبدو التي انتهضت وتراجع البحر عنها، فإن هوامشها الشمالية (شمال تاوريرت) ظلت مغمورة إلى نهاية الجوراسي الأعلى، حيث بقاياه في أجزاء منخفضة (El Harradji, 1985).

الشكل رقم 119: مقطع جيولوجي من الكدية الزركة إلى وادي العابد قرب حامة سيدي شافي

المصدر : (Bouziane, 1984)

أدت الحوادث التكتونية العامة باتجاه الأطلس المتوسط (جنوب غرب–شمال شرق) المحاذية لهذه الوحدة البنيوية، إلى التشكيل المرفلوجي للأحواض الكبيرة والتطور المورفوتشكالي المتلاحق. تشكل حوض جرسيف بالشمال الغربي، وحوض واد الشارف–الحي بالجنوب الشرقي، واستقبالهما لأولى التراكمات المقتلعة من الوحدات المحاذية، حيث ابتدأت الدورة الرسابية لحوض جرسيف خلال الطرطوني، مما يسمح بانتساب الحادث العام الشمالي–الجنوبي إلى ما قبل الطرطوني، في حين يكون الحادث الجنوبي–الشرقي لحوض جرسيف مزامنا (El Harradji, 1985).

إن هذه التوضعات المنتشرة بالمنطقة، ووضعها الطبوغرافي، وطبيعة سحناتها الضعيفة أو العديمة النفاذية تساهم في انطلاق وتسريع السيلان، كما تعرض المستويات السطحية الرخوة وذات السمك الضعيف إلى الإزالة.

1_3: خصائص المخلفات الرباعية

العوامل المتحكمة في التشكيل بالمنطقة (الصخارة، والتكتونية...) وتوجيه الشبكة الهدروغرافية أفرزت اختلافات بين مجالات هشة وفرت الظروف المثلى للنحت الرأسي والتوسع الجانبي، ومجالات أخرى لم توفر إلا النحت والتعمق الرأسي أحيانا.

تحتل التوضعات الحديثة المجالات المنبسطة وقعور الأودية (الشكل رقم 116). فيما نجد مستويات الرباعي القديم والأوسط قبل التانسيفتي غير محددة وتتخلل أعماق الأودية بسحناتها المتميزة. بينما يغيب المستوى الملوي في هذه المجالات، ولا يظهر إلا على المرتفعات المسطحة على شكل ظلفاء قشرة كلسية (El Harradji, 2006)، حسب الخرائط الجيولوجية، غير أن هذا الانتماء يبقى محل جدل وتساؤل (El Harradji, 2019).

في المناطق المرتفعة مثل كعدة دبدو، تقتصر التركات الرباعية على المستويات الحديثة جدا (الغربية والسلطانية)، وبعض مؤشرات الظلفاء الرصيصية التي تبدو على شكل قشرة كلسية متصلبة ومدفونة تحت

التكوينات الحديثة، والتي يمكن أن تنتمي إلى الرباعي الأوسط–القديم (Médioni, 1977) أو الرباعي الأوسط–الحديث (El Harradji, 1985) وحسب أحدث الدرسات (El Harradji, 2019).

1_3_1: توضعات الرباعي القديم

تمتد هذه التوضعات بسهل تَفراطة على مساحات مهمة من فيضة سالم، مرورا بفم الواد وصولا إلى كعدة سهب حمدون، بمساحات ذات امتداد واسع مقارنة مع ظهور هذه التوضعات في مناطق محددة بوسط حوض العابد (الشكل رقم 116).

ويمتد كذلك بعضها بواد دبدو، حيث يتركز بروزها بأعماق الأودية الكبيرة، وبمجالات أقدام السفوح في أسفل التوضعات التانسيفتية، والسلطانية، والغربية، خاصة بالمجالات المتقطعة بشدة. تظهر هذه المستويات على شكل ظلفاء رصيصية بلحام أبيض وردي إلى وردي أسمر، تتكون أساسا من مواد سفحية مقاومة ومغسولة، حيث تمت إعادة تلحيمها باللحام الكلسي المتجانس (El Harradji, 1985).

تبرز الظلفاء الرصيصية بعمق الأودية الكبيرة على مسافات طويلة، نتيجة تعريتها بواسطة الحادورات المجاورة، وتختفي بسرعة في بعض الحالات تحت المستويات التي تغطيها. تشمل الظلفاء بسهل تَفراطة عناصر فتاتية دقيقة، تظهر أساسا في بعض التقطيعات العميقة التي تعلوها مستويات تانسيفتية منفردة وذات قشرة كلسية مزدوجة.

بروز التكوينات القديمة بسافلة مناطق النشر، وعدم انتظام الشبكة الهيدروغرافية بالسهل، ناتج عن نشاط يدل على عملية الرفع، الشيء الذي سمح فقط ببروز التوضعات الحديثة وشبه الحديثة على مجالات واسعة (عثماني، 2015). وهي تظهر على شكل حوادير متعددة الأجيال (Médioni, 1977) أو مخاريط وحوادير بمظهر تانسيفتي خاضعة للدينامية السلطانية والغربية، وأيضا الحالية (El Harradji, 2006).

احتلت تركات الرباعي القديم والأوسط، بطون الأودية والمنخفضات وأكسبتها نوعا من الانبساط النسبي، مما جعل تركات الرباعي الحديث تتوج عملية الترسيب أكثر بالمنخفضات، فجاءت بذلك أكثر بروزا في المشاهد الحالية (شاكر، 1998).

تنتشر بحوض دبدو توضعات رصراصية محدودة مجاليا، خاصة قرب العيون المائية، وهي عبارة عن تراكمات كربوناتية وصلبة مع بقايا النبات، وتتوضع على شكل أفرشة متدرجة بالسفوح، كما تلعب هذه الرصراصة دورا هاما في توفير مياه الشرب، رغم تغير صبيب هذه العيون أثناء تعاقب سنوات الجفاف (عثماني، 2015).

كما تنتشر توضعات البليو–فيلافرانشي[33] خاصة بسافلة حوض واد العابد (الشكل رقم 116)، وهي محدودة مجاليا. وهي عبارة عن رصيص وطين وردي يشكل مخاريط انصباب كبيرة تغطي منخفضات

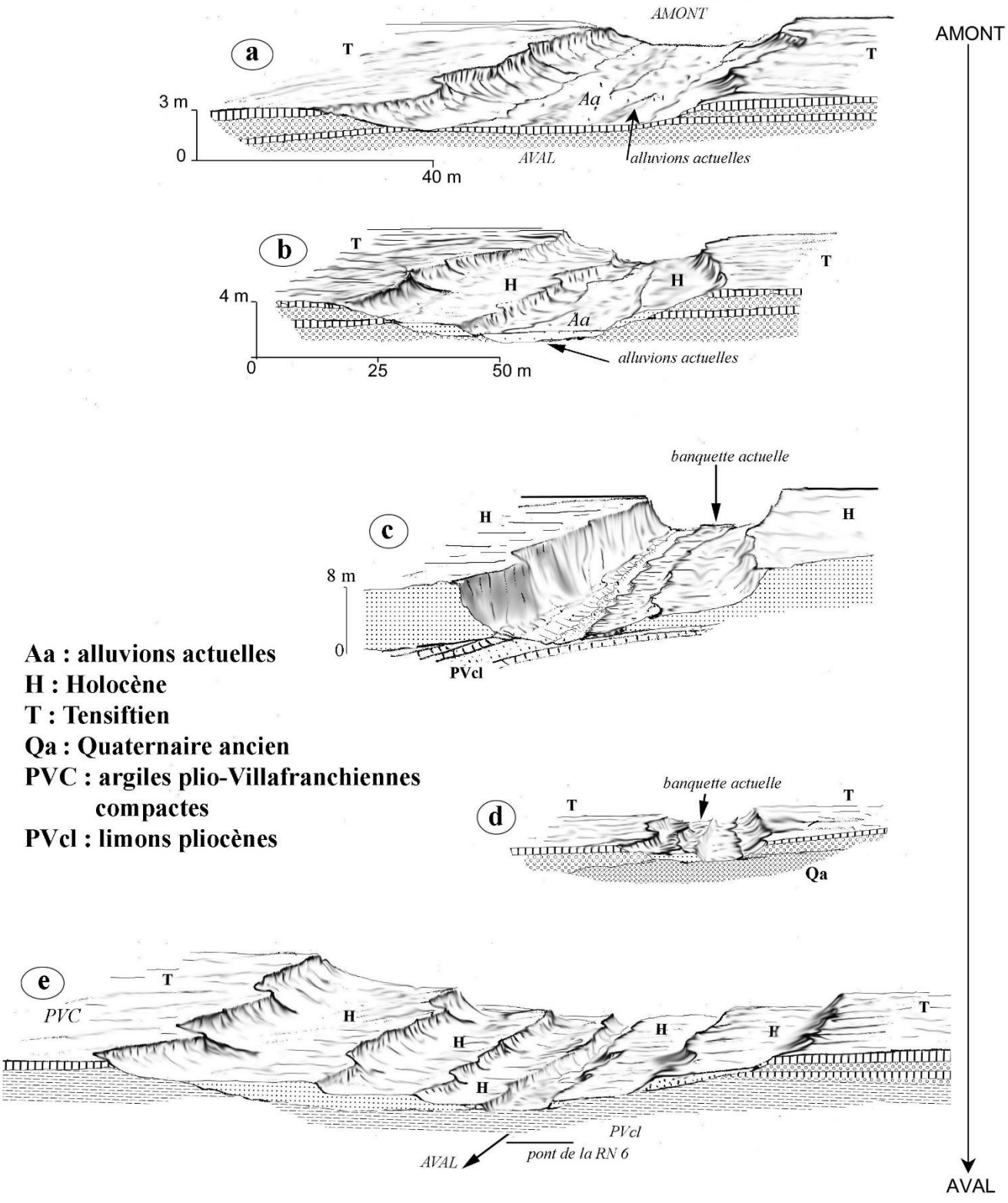
[33] انتماء هذا المستوى إلى البليوفلافرانشي لم يعد محط إجماع حيث ترجحه بعض الأبحاث الحديثة (El Harradji, 2019) إلى الرباعي الأوسط (العميري).

بسمك يمكن أن يصل إلى 100م. وهي امتداد لظهور التكوينات القديمة بمناطق النشر عند سافلة الحوض الإفراغي لبوصدان، التي تظهر على شكل مراوح انصباب، مرورا بجنوب تاوريرت إلى سافلة حوض العابد.

1_3_2: توضعات مستويات الرباعي الأوسط

ا: المستوى العميري

يمتد على مساحات مهمة بحوض العابد خاصة بوسطه حيث يغلف الرباعي القديم أو يجاوره، كما يظهر على شكل حادورات ومخاريط خاصة عند أقدام حواف البروزات التي تظهر بالتلال المتقطعة بمنطقة "الكَلب الحاير"، كما أنه يمتد على ضفاف واد صغوان، بتداخل مع المستوى الغربي والسطاني بمنخفضات وبطون الأودية المجاورة، كما هو واضح عند "رجمة الكراطيط". نفس الشيء ينطبق على واد الفيضة حيث يمتد من "سيدي سعيد" غربا، إلى "رجم أحمد موسى" شرقا، مرورا "ببطمة اليهودي"، حيث يلتقي بضفاف واد تامعدرت، ثم يظهر على شكل أجزاء متقطعة باتجاه "بلاد سهب كُرادة". أما بحوض اتلاغ، فيتميز بمحدودية مساحته حيث يظهر ببعضها كضفاف واد الرصاف، بكعدة سهب حمدون، كما هو واضح بمقطع سافلة حوض اتلاغ عند تقاطع الطريق الوطنية رقم 6 بواد اتلاغ (الشكل رقم 122)، حيث يظهر المستوى العميري، وهو المهيمن بسافلة الحوض، ويشبه المستوى العميري بالهضاب العليا (El Harradji, 2019). يعلوه مستوى من الكلس المستنقعي يعكس نهاية الطور الإرسابي البحيري (الصورة رقم 51)، ومن المرجح أن هذا الكلس البحيري ينتمي إلى العميري لأنه يشبه خصائص العميري بعين بني مطهر، حيث أن نفس الخصائص والسحنات والمكانة الجيوموفولوجية والباليوجغرافية قد تدعم هذا الترجيح (El Harradji, 2019).



الشكل رقم 120: تراتبية مستويات الكرونوستراتغرافية لوادي اتلاغ

المصدر: (El Harradji, 2019).

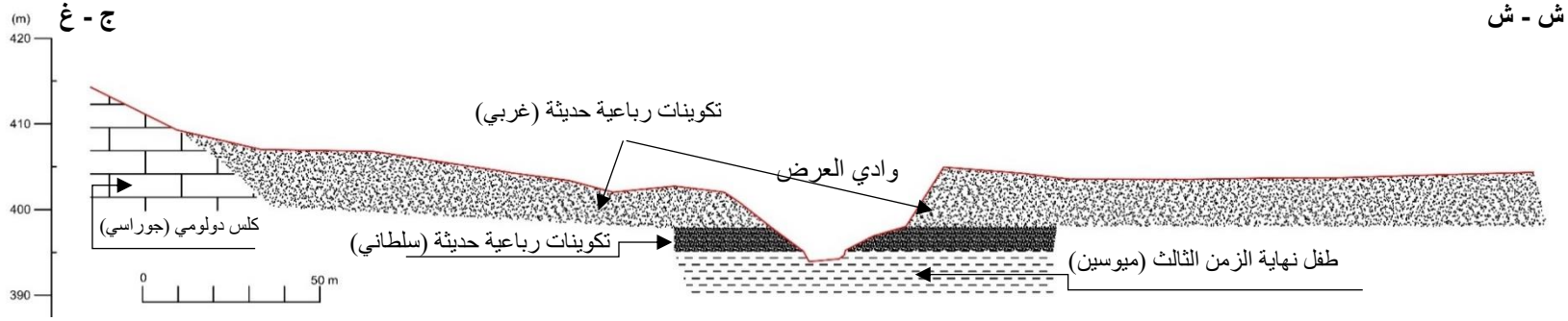
الصورة رقم 51: المستوى العميري تعلوه مستويات من الكلس المنقعي يعكس نهاية الطور الإرسابي البحيري

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

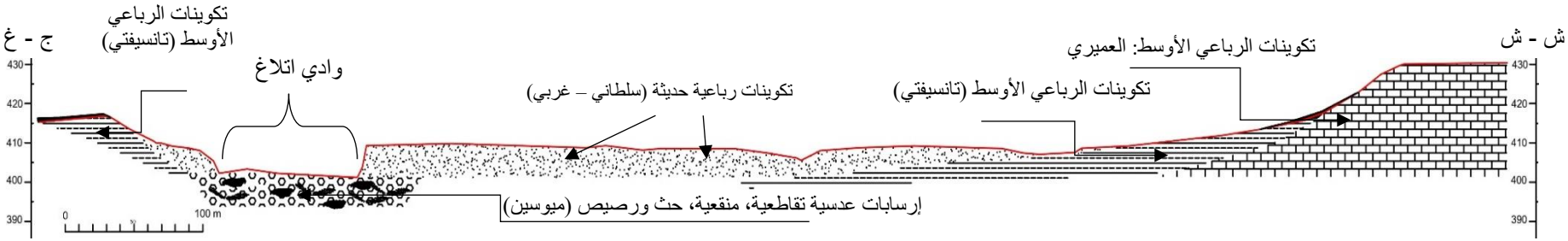
تبرز الصورة ظهور كلس منقعي في عالية المستوى العميري، كما يظهر من خلال المشهد أنه هو المهمين بالمجال. ويتبين من خلال المقطع (الشكل رقم 122)، أن سمكه يتجاوز 10 متر، كما يحده بالأسفل ظلفاء المستوى التانسيفتي (الصورة رقم 52)، يبرزها السيلان بفعل نقل المواد لتظهر هذه الظلفاء.

الصورة رقم 52: الظلفاء الكلسية التي تعلو المستوى التانسفتي، الذي ينحت المستوى العميري المشرف عليه، وتظهر بفعل التعرية المائية للفسخة الحديثة التي تعلوه، بعد تهيئ المجال بعملية الحرث. سافلة واد اتلاغ.

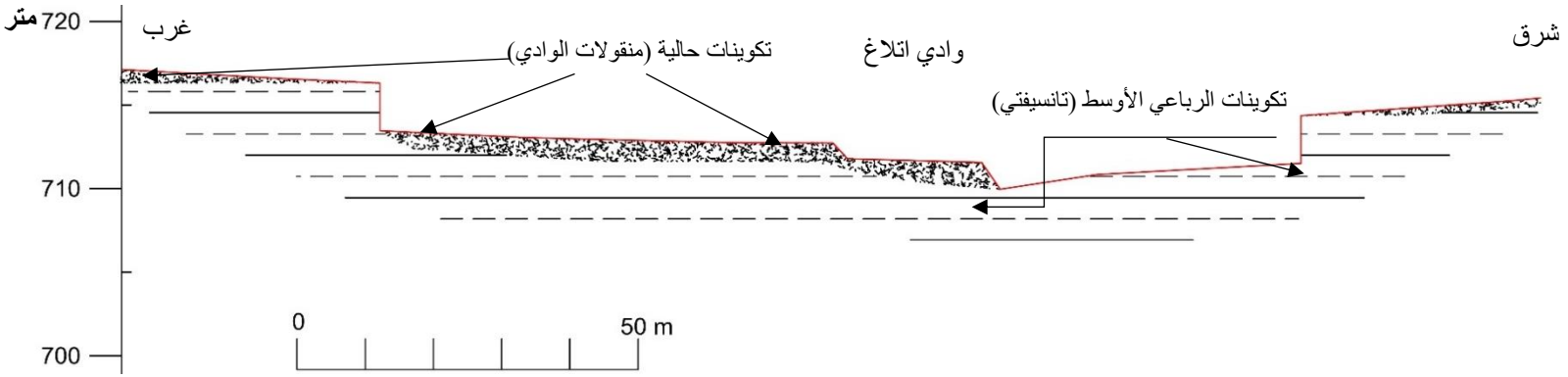
المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.



الشكل رقم 121: مقطع جيومورفولوجي – عرضي، لوادي العرض قرب حامة سيدي شافي



الشكل رقم 122: مقطع جيومورفولوجي – عرضي بسافلة حوض اتلاغ قرب تقاطع وادي اتلاغ بالطريق الوطنية رقم 6



الشكل رقم 123: مقطع جيومورفولوجي – عرضي في عالية حوض اتلاغ، قرب فم الواد

المصدر: عمل ميداني، 11 نونبر 2021، باستعمال تقنية التموقع الأرضي.

ب: المستوى التانسيفتي

يظهر بالمنخفضات الوسطى بحوض العابد، وكذلك بالجنوب الشرقي للحوض حيث ينتهي عند انقطاع الانحدار الضعيف خلف تكوينات صفاحة الهضاب العليا. كما يظهر بمساحات أكثر امتدادا في عالية حوض اتلاغ بالجزء الجنوبي الشرقي (سيدي لحسن)، ببلاد بزوز بإلتقائه مع الهرسيني.

أما بواد باتو، فيظهر على شكل مخاريط وحادورات عند قدم جبل الشلاخة وجبل زنكل وامتداده على منخفض الشويحية، كما يحده بجنوب سهل تَفراطة، حافة كتلة دبدو. ويظهر في سافلة حوض واد اتلاغ (الشكل رقم 122) بضفتيه اليمنى واليسرى (الصورة رقم 53).

الصورة رقم 53: المستوى التانسيفتي بسافلة واد اتلاغ، تعلوه ظلفاء صلبة

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

ويظهر المستوى التانسيفتي بعالية واد اتلاغ عند التقائه بواد دبدو، كما يوضح الشكل رقم 123، مقطعا بفم الواد (الصورة رقم 53)، وهي نقطة انقلاب الدينامية حيث في السافلة يختفي هذا المستوى تحت التركات الحديثة، عكس العالية.

الصورة رقم 54: مستوى التانسيفتي بعالية واد اتلاغ – فم الواد

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

يظهر المستوى التانسفتي بعالية واد اتلاغ، ويتميز ببنية عدسية وتقاطعية من ضمنها طمي ورصيص (الصورة رقم 55).

الصورة رقم 55: ظهور عدسات بالمستوى التانسفتي بعالية واد اتلاغ

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

كما أن نقطة انقلاب الدينامية هذه يميزها ظهور المستوى التانسفتي وحده، حيث تبين من خلال المقطع (الشكل رقم 123)، أن الصخر الأساس للمجرى الاعتيادي للوادي هو المستوى التانسيفتي نفسه، ولا يتعمق إلا قليلا كما لا يتجاوز 3 أمتار وأحيانا أقل من ذلك. على عكس سافلة الواد حيث يتضح من خلال المقطع (الشكل رقم 122) أن الأساس الميوسيني يتميز بإرسابات عدسية تقاطعية، على شكل حفر وعائية (الصورة رقم 56)، تعود للدينامية النهرية القديمة، إذ هي مخلفات. ويظهر الأساس الصخري على شكل رصيص تتخلله هذه الحفر الوعائية نتيجة الحفر في الأماكن الهشة.

الصورة رقم 56: رصيص به عدسات الحث، مما يؤدي إلى حفر وعائية نتيجة الحفر في الأماكن الهشة، قنطرة الطريق الوطنية رقم 6، على وادي اتلاغ

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

تظهر هذه الإرسابات العدسية التقاطعية المعبرة عن الدينامية النهرية القديمة، بالأساس الصخري (ميوسين) على شكل حفر وعائية، وبالتالي الرصيص يتحول من مكان إلى آخر، في مصب النهر الذي كان عريضا ويتميز بوجود منعطفات نظرا للانبساط، ثم نشر المواد، مما أدى إلى دينامية حيث تقلص الرصيص يغطي الرمل وتقلص الرمل يغطي الرصيص، وذلك بفعل التقلص والتمدد البحيري، وبالتالي ظهور هذه العدسات، أو ما يسمى بالترسيب العدسي.

يمتد المستوى التانسفتي أيضا على مساحات مهمة خاصة المشكلة لقدم الحافة بالهوامش الشمالية الغربية لكتلة دبدو، ويظهر على شكل حوادير، ومخاريط، أو مصطبة متميزة بقشرة مزدوجة وردية أحيانا بلحام كلسي تردم مستويين متطابقين بمواد متشابهة من الحصى المماثل لحجم الحصى بقاعدة المستوى السلطاني. فرغم تشخص الكلس بهذه المستويات على شكل قشرات، بقيت المواد هشة وسهلة الانتزاع بواسطة أنماط الاستغلال، خاصة الحرث، مما أدى إلى إزالتها بالتعرية المائية وعدم استقرار القطاع (شاكر، 1998).

1_3_3: توضعات المستويات الرباعية الحديثة

ا: المستوى السلطاني

يتبين من خلال مقطع واد العرض قرب حامة سيدي شافي (الشكل رقم 121)، أن المستوى السلطاني يظهر بسمك عدة أمتار، فوق القاعدة أو الأساس الصخري الذي ينتمي للزمن الثالث (ميوسين). واستمر إلى الزمن الرابع ولكن خلف فقط المستويات الحديثة لأسباب مختلفة (الصورة رقم 57)

الصورة رقم 57: مستويات الرباعي الحديث على أساس صخري صلصالي، قرب حامة سيدي شافي

المصدر: عمل ميداني، 11 نونبر 2021

ب: المستوى الغربي (الهولوسين)

يتواجد على طول الأودية بسهل تَفراطة، وتغلف مواد النشر المكونة من الطمي الرملي والطيني الداكن أو الوردي بعض مجالات الجزء الأوسط من سهل تَفراطة. يتشكل هذا المستوى على ضفاف الأودية من قاعدة حصوية وجلاميد فقيرة من اللحام الدقيق، وبعناصر دقيقة في قمته، في حين يوجد على سمك كبير في السافلة بتدفقات من الحصى ومواد الزمن الأول المشتقة من بروزات كعدة دبدو (Raynal, 1961)، (Colleta, 1977).

تعتبر هذه التوضعات أهم رأسمال السكان، حيث تستغل ويعنى بها بشكل خاص، مما يجعلها عرضة لضغوط خاصة نظرا لكونها تمثل مجالات مفضلة للاستقرار البشري منذ القدم، حيث توجد بها بقايا الصناعة الحجرية المكتشفة بواد اتلاغ والمنسوبة إلى الباليوليتيك الأوسط (El Harradji, 2006 et 2019). إلا أن هذه التوضعات تتعرض للانجراف والنقل بالتعرية السيلية، والإزالة السطحية بالتذرية الريحية، خاصة بعد تزايد الضغط عليها. تشكل في بعض منعطفات مجاري الأودية نقط ضعف وتدهور، أدى تعرضها للتعرية الغشائية والتخديد الناتج عن تزايد قوة السيلان وتركزه، إلى نقل مستمر للمواد، حيث تخفي المواد الحديثة المواد القديمة جدا في حالة التهدل وتتداخل في حالة الرفع، وهذه الوضعية تتميز بهشاشتها من قبل التعرية.

كما يظهر المستوى الغربي (الهولوسين) بسهل تَفراطة بمعظم ضفاف الأودية كما يمتزج مع المستوى الحالي للوادي أحيانا، بسبب قوة الردم وضعف استقرار المجاري، حيث يظهر عموما على شكل أشرطة ضيقة تحف المجاري الحالية للأودية مباشرة، خاصة في المنخفضات التي تتميز بانحدار ضعيف، أو بالعالية بمجالات الانقطاع في الانحدار، كما هو الحال في عالية حوض اتلاغ عند واد بزوز وواد تانزرت. تتكون هذه الأشرطة من رمال طموية، ومن مواد حصيمية أو حصوية، ويتميز الكل بضعف التماسك، وبلون رمادي أو بني فاتح في المجالات ذات الصخور الشيستية، وبلون مبيض بالمجالات الكلسية. كما يصعب تمييزه عن المستوى السلطاني كما هو موضح بالمقطع (الشكل رقم 122)، و(الصورة رقم 58). حالة سافلة واد اتلاغ حيث يتوضع فوق الرصيص،مستوى مختلط بين الغربي والسلطاني.

الصورة رقم 58: مستويات التكوينات الحديثة فوق الأساس الصخري بسافلة وادي اتلاغ

المصدر: عمل ميداني، 11 نونبر 2021

يتعدى سمك هذه التوضعات أحيانا 1 متر، أو عدة أمتار في بعض المجالات المنخفضة بضفاف الأودية، كما تعرف هذه المستويات الهولوسينية تراجعا كبيرا بسبب فيضانات الأودية التي تؤدي إلى تقويض الضفاف (الصورة رقم 58) نتيجة تزايد قوة الدينامية الحالية.

الصورة رقم 59: تكوينات حديثة هشة تعرف تراجعا بفعل تقويض الضفاف ونجوخها، سافلة واد اتلاغ

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021

يتبين من خلال الصورة سمك التوضعات الحديثة ومدى هشاشتها. كما يوضح المقطعان (الشكل رقم 121 والشكل رقم 122)، سيادة هذه التكوينات بسافلة حوضي اتلاغ والعابد.

تختلف التركات الرباعية، بين التوضعات الحديثة على الأودية والسفوح والمنخفضات (الدرجات الغربية والسلطانية)، التي تتميز بهشاشتها وتدهورها بفعل التعرية، وبين توضعات الرباعي الأوسط التي تتمثل في مخاريط الانصباب والحوادير التانسيفتية، وظهور المستوى العميري في العديد من مناطق مجال الدراسة، وتتميز بصلابتها لكونها مغطاة بقشرة كلسية مع ظلفاء صلبة من الكلس البحيري أو المنقعي.

وصف التكوينات الجيولوجية بحوضي اتلاغ والعابد، وتباينها المجالي، أظهر مدى هشاشة الركائز الصخرية من حيث تطور نشاط التخديد والتعرية بصفة عامة، كما أظهرت أن المجال يتميز بصخور رخوة في الغالب تغذي العمليات المورفوديناميةالحالية، تتجلى أساسا في مسلسل التعرية التي تتعرض له مواد الردم التي تراكمت في بيئة بحيرية خلال الزمنين الثالث والرابع. إضافة إلى ما تم التطرق إلية سابقا، في البحث عن علاقة الصخارة بأشكال التعرية فيما يخص التقييم النوعي. ظهر أن خاصية الهشاشة بالمنطقة تبقى هي السائدة وتشكل خطرا من حيث تحفيزها لتنشيط التعرية المائية، كما يتميز الحوضان بقلة أو ندرة مستويات مقاومة نسبيا، والتي يمكن أن تعرقل وتكبح نشاط التعرية.

2_: دور التكوينات السطحية والغطاء التربي في هشاشة الدينامية البيئية

عادة ما توفر التغليفات السميكة والمتزنة، لنفسها ولركيزتها، نوعا من الاستقرار إزاء عوامل التعرية، لكن بفعل الدينامية الحالية التي أصبحت الظروف البشرية أساس تنشيطها، أصبحت التربات السميكة والخصبة والمتواجدة عادة على المناطق الأقل تضرسا، هي المعرضة للإزالة والتدهور السريع، وذلك بالمقارنة مع التربات الضعيفة التي يقل الإقبال عليها (شاكر، 1998).

وقد تم تقسيم تربات ممر وجدة – جرسيف إلى نوعين (غزال، 2007):

- مساحات مغطاة بقشرة كلسية سميكة وصلبة مرتبطة بأشكال وتكوينات الرباعي القديم والأوسط.
- مساحات مكوناتها دقيقة غير مكسوة بالكلس ولها علاقة بالرباعي الحديث.

كما أن التربات والتكوينات السطحية متفاوتة الأهمية ما بين المناطق الجبلية والمنخفضات وما بين السفوح وضفاف الأودية، وكلما اتجهنا نحو المنخفضات الشمالية لسهل تَفراطة، إلا وأصبحت التربات غنية بالتراكمات الكلسية، باستثناء التربات الفيضية. وأغلب التربات ضعيفة، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب أهمها التكوين الضعيف للتربة بسبب طول فترات الجفاف التي لا تسمح بإعادة تشكيل الغطاء النباتي، إلى جانب غياب التترب بسبب قحولة المناخ وبالتالي فالترب منقولة من العالية.

كما أن تدهور الغطاء النباتي، يفسر افتقار التربة إلى المواد العضوية، بالإضافة إلى عوامل الدينامية الحالية خاصة التعرية الريحية والمائية، كما يساهم العامل البشري في تدهور التربة من خلال الاستغلال المفرط ولا سيما بالاجتثاث والرعي الجائر والحرث العشوائي.

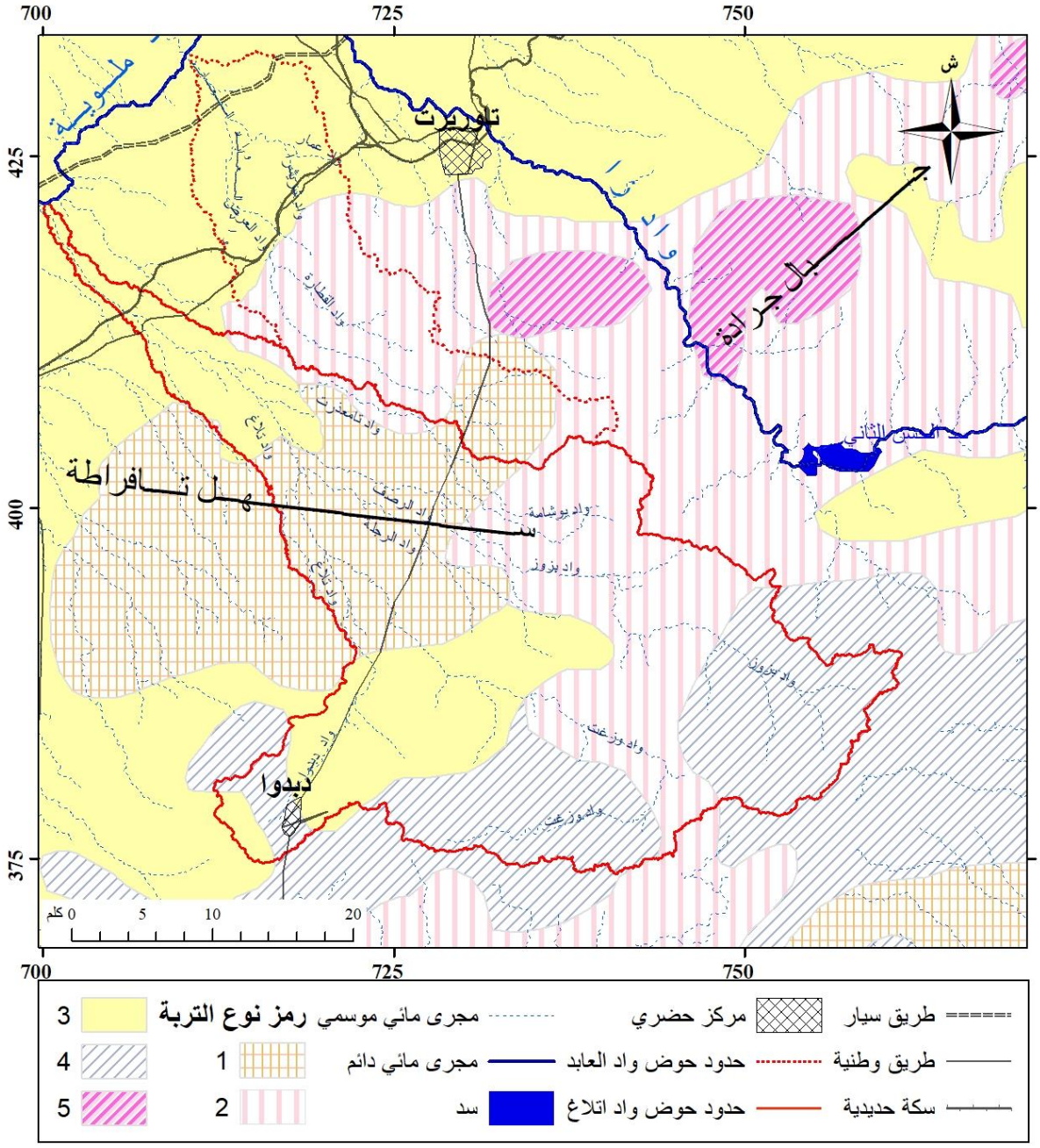
مادامت للظروف المناخية علاقة وطيدة بتوزيع التربات، فإن "العلاقة الموجودة بين تحلل المواد، والشروط البيومناخية تعمل بشكل كبير على تأثير المناخ في التفسخ" (Acherkouk et al. 2002)، حيث يصنف بعض الباحثين أنواع التربة (بالممر عموما) على الشكل التالي:

– تربات كلسية مغنيزية: وهي أكثر الأنواع انتشارا تتميز بالتعمق الضعيف، وتكسوها الأحجار المتوسطة والصغرى بسبب تكسير القشرة الكلسية، نتيجة عملية الحرث.

– تربات سدبالية (Isohumiques): تتميز بضعف المادة العضوية، فمعظم الأصناف النباتية التي تستقر على هذا النوع من التربات، من أصل تعاشيبي. لهذا فهي تمد التربة بالمادة العضوية حاليا.

– تربات تحددية أو غنية بالحديد والألمنيوم (Fersiallitiques): هي تربات عميقة تتميز بوجود كمية كبيرة من أكسيد الحديد وأنواع أخرى، تتمثل في تربات معدنية توجد خاصة فوق قمم جبال سلسلة جرادة (تظهر في عالية حوض اتلاغ)، وتربات ضعيفة التطور تقع فوق وحدات جيولوجية متفسخة (عبد السميع، 2015).

بصفة عامة تم تفيئ تربات حوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 124) بناء على خريطة المغرب للتربة سنة 1950، وهي خريطة عامة ذات مقياس صغير[34].



الشكل رقم 124: تصنيف التربة بحوضي اتلاغ والعابد

1: تربة كستنائية-حمراء كستنائية وتربات أخرى آتيه من العالية.
2: تربة كستنائية وكستنائية فاتحة ذات مكونات قشرية تطورت أساسا على صخور الزمن الثاني "الكريتاسي والجوراسي".
3: تربة كستنائية فاتحة، صخرها الأم رسوبي.
4: تربة حمراء غابوية، تكونت أساسا على ركائز كاربوناتية، وتجوية صخور الزمن الأول.
5: تربة حمراء وبنية غابوية جبلية، تربة كستنائية متدهورة على العموم صخرها الأم فتاتي ينتمي إلى الزمن الأول.

المصدر: ESQUISSE PRÉLIMINAIRE DE LA CARTE DES SOLS DU MAROC AU 1/1.500.000 ; Dressée par Wladimir CAVALLAR (KAVALERIDZE) Professeur – Docteur de pédologie de l'Institut Agronomique d'Ukraine, chargé de Mission par le Centre National de la Recherche Scientifique au Centre de Recherches Agronomiques du Maroc ; Rabat 1950

[34] خريطة عامة للتربة، ذات مقياس صغير جدا. ومعممة وإلى حد ما صعبة لمطابقة الواقع، إلا أن غياب معطيات التربة، دفع إلى اعتمادها.

التكوينات السطحية والتربات تتعرض للانجراف والإزالة، وقساوة المناخ تزيد من تأثيرها على المنطقة. ويتضح من خلال الشكل رقم 124، خريطة التربة أن المجال ينقسم إلى نوعين من التربة، حسب خريطة 1950 للمغرب، وهي الجبلية والسهلية.

التربة الجلية

وهي المرموز لها في الخريطة برقم 4، وهي عبارة عن تربات ديجورية (podzolique) وتربات حمراء ديجورية، وتربات دكناء في الغابات الجبلية ذات أشجار بأوراق دائمة، وهي تربات مصولة شيئا ما وتحتوي على الكلس على السطح، وتربات من نوع الشرنوزيوم في الغابات الجافة ذات أوراق دائمة وفي الأحراش. هذه الأنواع من التربات تطورت فوق المواد المتفسخة لصخور الزمن الأول (الفحمي خصوصا) والصخور البركانية.

ثم التربة المصنفة في مفتاح الشكل رقم 124، تحت رقم 5، وهي تربات دكناء وحمراء في الغابات الجبلية، وتربات قسطلية، تعرضت للتعرية بشكل عام، ومهزولة تتخللها سطوح صخرية تنتمي للزمن الأول أو صخور اندفاعية. ونادرا ما تغطيها الغابات المتناثرة: (العفصية).

تربة السهول والهضاب

فيما يخص التربة السهلية حسب خريطة 1950، كما هي موضحة بالشكل رقم 124، تحت رقم 1 وهي تربات قسطلية فاتحة، بها بقشرة كلسية، تميز الهضاب العليا بشرق المغرب، تتطورت بشكل رئيسي على الصخور الرسوبية من الزمن الثالث الأعلى (في بداية الزمن الرباعي) وعلى الترب الحاقنة التي ينمو فوقها الشيح، والترب الصارفة التي يستقر فوقها الحلفاء...

ثم التربة المرموزة برقم 2 وهي تربات قسطلية وقسطلية فاتحة في المناطق القاحلة والمتآكلة في الهضاب العليا مع مسكة متحجرة، تطورت بشكل أساسي على صخور الزمن الثاني.

ثم الصنف الذي يحمل رقم 3 بمفتاح خريطة التربة (الشكل رقم 124)، وهي عبارة عن تربات قسطلية حمراء وتربات فاتحة وتربات أخرى في وادي ملوية ذات مسكة متحجرة أو عقد على رواسب طموية، وغالبًا ما تكون ملحمة، وتنمو فوقها كذلك الحلفاء والشيح.

تتعرض التكوينات السطحية (سفحيات وتوضعات غرينية وفسخات) والتربات لمختلف أساليب التعرية أكثر من القاعدة الصخرية. بالعالية يتكون الأساس الصخري من الصخور الشيستية، والكلس الدولوميتي، ومن التكوينات الغرينية، ومن السفحيات الناتجة عن تفسخه. وتنقل هذه المواد إلى السافلة.

2_1: خصائص التربة بالمناطق المرتفعة

2_1_1: التربات فوق الصخور الكاربوناتية

تبرز الصخور الكربوناتية بالعالية (الهضبة) وتتميز بغلبة الكلس الدلوميتي، تعرف تفسخا كيماويا خاصة على سطح الهضبة وحافتها الشمالية (عثماني، 2015). ومن بين أنواع هذه التربات:

- التربة الكلسمغنيزية؛ تنتشر على سطح الهضبة، وتتميز بمسكة سطحية، داكنة، غنية بالمادة العضوية، ونسيجها طين طموي إلى طمي رملي مع انتشار أجزاء من الصخر الكلسي الناتج عن التحلل، ثم قاعدة كلسية دولوميتية، تتعرض للتفسخ. وبحكم نسيجها، فهي تتعرض للإزالة والنقل بالسيل عبر الشعاب والأودية، أو بالتذرية الريحية، نتيجة اجتثاث الغطاء النباتي والحرث بالجرار والرعي الجائر.
- التربة المتحدسلة؛ تنتشر بحافة الهضبة على السفوح القوية الانحدار وتتطور على شكل فسخات طينية حمراء بالجيوب الكارستية وبالشقوق البنيوية وتختلط مع عناصر خشنة، تعرف بالتربات المتحدسلة. تتميز هذه التربة الطينية بمستوى علوي طيني داكن، قليل من نسبة الكلس مقارنة مع المستوى السفلي، والعكس صحيح بالنسبة للمادة العضوية، وذلك بسبب تفسخ الصخر الكلسي الدولوميتي في العالية ونقل مواده نحو قدم الحافة التي تختلط مع سفحيات الأطيان الترياسية، مما يجعل المسكة السطحية غنية بالطين، وغسل الكربونات نحو الأعماق.

2_1_2: التربات فوق الكلس الدولومي المتفسخ والتكوينات الحثية الطينية

تظهر الصخور الترياسية على مجال ضيق ومتقطع بالحافة، وتتميز بتكوينات حثية طينية حمراء، غنية بفتاتات شيستية نسبيا سميكة وأجزاء صخرية من الكلس الدولوميتي المتفسخ ضمن أفرشة من التربة المتحدسلة المتحركة من العالية. كما تبرز التربة الطينية فوق صخور اللياس الأعلى.

يشتد الجفاف عند الهوامش، بسبب الظروف المناخية الجافة، وتظهر العناصر التبخارية بكثرة، كالجبس، والهاليت والملح الكتلي، إضافة إلى البيليت. بينما تنعدم هذه التراكمات في الأوساط المرتفعة من الهضبة، وينطبق نفس الشيء على درجة تواجد التكلس مابين العالية والسافلة، حيث ضعف نسبة الكالسيوم في الأوساط الجبلية، وتراكمها عند الهوامش على شكل شبكة من العروق في اتجاه الأعماق، وأحيانا على شكل خرشاءات في أعلى القطاعات الترابية، يجعلها تكسب مناعة (شاكر، 1998).

تتميز التربة فوق الركيزة الطينية الترياسية بنسيجها الطيني الطموي وبقطاعها الضعيف التمايز بسبب ضعف نسبة المادة العضوية بمسكاتها السطحية.

أما التربات المتطورة فوق صخور اللياس الأعلى، تبرز هي الأخرى في العالية، كما تظهر أحيانا حيث تحاذي التكوينات الطينية الحمراء الترياسية بالسفوح العليا. وتشكل مجالات هذين النوعين من التربة، مناطق ضعف وهشاشة إزاء تطور أشكال التعرية الحالية (عثماني، 2015).

2_1_3: التربات فوق الصخور الشيستية

توافق التربات فوق الصخور الشيستية مجال انتشار هذه الصخور، خاصة بسفوح تلال ومتون وأعراف جبلية تتميز بقوة الانحدار. هذا الوضع التضاريسي لم يوفر الظروف الملائمة لاستقرار الفسخات وحدوث تطور ترابي، خاصة بعد تراجع الغطاء النباتي الطبيعي.

لذلك فهي عبارة عن فسخات قليلة التطور تتعرض للتجديد باستمرار. وينعدم أحيانا تواجد التربة فوق هذه القواعد الشيستية، حيث لا تتوفر بها ظروف الاستقرار.

يتدخل العامل البنيوي بدوره ليزيد من تدهور التربات، وذلك في علاقته بالتعرية، حيث تعرف السفوح الشمالية ذات الانحدار القوي، إزالة تامة للفسخات، فتظهر الصخرة عارية من غطائها الترابي في شكل صفائح. بينما تعرف السفوح المتوسطة الانحدار أو الضعيفة إعادة تحريك للمواد بشكل مستمر، وأحيانا بواسطة الحركات الكتلية بجوانب الشعاب والأودية التي تقوم مجاريها بحفر التجويفات. كما تستقبل سافلة السفوح كل المواد الآتية من القمم، وهي كلها عبارة عن مواد خام ضعيفة التطور، تتكون من فتاتات شيستية مسمرة، حيث تختلط مع التكوينات التانسيفتية المقشرنة، وكذلك مع التوضعات السلطانية، ويصبح اللون أحمر معكوسا على الشيست (El Harradji, 1985 et 2019).

2_2: خصائص التربة بسهل تَفراطة

تعرف المنخفضات سيادة الجفاف والقحولة، مقارنة مع المناطق المرتفعة، مما يجعل المنخفضات تتميز بغطاءات سطحية سميكة، غالبا ما تكون مختلطة.

كما تتميز بطغيان القشرة الكلسية بمختلف المسكات الترابية، وانتشار المواد الدقيقة على ضفاف الأودية. وأحيانا اختلاطها مع مواد سفحية في اتجاه السافلة، حيث تصبح التوضعات دقيقة تعلو أفرشة رصيصية متكلسة جدا، مصدرها الحافة الشمالية لهضبة الركام وجبال دبدو، وتغلف مساحة مهمة حسب البنية المستوية والرتيبة لسهل تَفراطة (عثماني، 2015).

تنتمي تربات السهل إلى تربات قليلة التطور، نظرا لصعوبة التترب عموما، حيث تظهر التربة في أغلبها غرينية وسفحية منقولة من العالية، وتعتبر من المجالات المفضلة للاستغلال؛ وذلك بالنظر إلى صفاتها الطبيعية الملائمة، وتعرف بكونها تربة متطورة فوق القمم الجبلية وتم تحريكها ونشرها بالمنخفضات السهلية.

تبدو هذه التربة في بعض الأماكن ممزوجة بمواد متنوعة، مما يعطيها نسيجا مختلطا، وألوانا متدرجة ومختلفة عن التربة الأم بالوسط المرتفع، وفي جهات أخرى تظهر بغلبة إحدى المواد، الشيء الذي يجعلها تتميز بألوان طاغية محمرة، مبيضة، أو بنية محمرة، وذلك حسب نوعية الصخور بمناطق التموين القريبة منها مجاليا.

وحسب دراسة (المكتب الجهوي للإستثمار الفلاحي لملوية) لمشروع تَفراطة وهي دراسة تقنية، وعليها تم تقسيم التربة إلى عدة فئات.

2_2_1 فئة التربة الكلسمغنيزية (Classe des sols Calcimagnésiques)

أ: مجموعة التربة الكلسية البنية (Groupe des sols Bruns Calcaires)

فئة هذه التربة كلسمغنيزية، من فرع تربة كاربونية. ومن مجموعة (تربة كلسية دكناء)، وفرع المجموعة (التربة الكلسية الدكناء مع تحجر كلسي). وخصائصها حسب الدراسة المنجزة موضحة بالشكل رقم 55.

الجدول رقم 53: الخصائص التحليلية للمسكات Caractéristiques analytiques des horizons

K_2O ppm	P_2O_5 ppm	CE (1/5) dS/m à 25°C	pH_{eau} (1/2,5)	$CaCO_3$ actif (%)	$CaCO_3$ Total (%)	MO (%)	C org. (%)	Granulométrie			Profondeur (cm)
								S	L	A	
781,20	9,94	0,14	8,9	15,1	22,73	1,22	0,71	35,8	43,2	21	0 – 20
217,96	2,93	0,12	8,86	16,7	26,42	1,15	0,67	32,3	48,3	19,4	20 – 45/50
98,50	2,93	0,11	9,19	21,7	45,60	0,89	0,52	27,2	51,5	21,3	50 - 110

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

EG: عناصر خشنة، A: طين، L: طمي، S: رمال، MO: مواد عضوية، C_{org}: كربون عضوي، مجموع CaCO3: مجموع الكلس، CE (5/1): الموصلية الكهربائية في نسبة التربة/المياه 5/1، P2O5: أكسيد الفوسفور، K2O: البوتاسيوم.

من خلال الجدول ولو أنها معلومات تقنية وليست بالضرورة ترابية لأنها منقولة من العالية وهي أغلبها بمناطق نشر، وهي عبارة عن مستويات إرسابية وليس بمساكات. يتبين من خلالها (الورقة التقنية بالجدول) أن خصائص التربة تتغير حسب العمق، لكنها تبقى متقاربة إلا أكسيد الفسفور حيث ينخفض في اتجاه العمق، عكس مجموع كاربونات الكالسيوم التي تزداد نسبتها في اتجاه العمق.

من 0 إلى 20 سم: مسكة ذات لون 7,5 YR 4/6، بدون بقع وذات عناصر خشنة (حصيم وحصى بنسبة 2 إلى 15%). المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي قوي مع وجود براز متحجر (coprolites)، وقواقع وتجاويف. نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية محببة وجلطية (grumeleuse) مع فراغات مهمة جدا ومسامية كبيرة، وبالتالي فهي تربة هشة. يوجد بها العديد من الجذور الدقيقة، انتقال متميز وغير منتظم. وهي تربة فائرة على نطاق واسع.

من 20 إلى 50/45 مسكة ذات لون 7,5 YR 5/6، بدون بقع وذات عناصر خشنة (حصيم وحصى بنسبة 2 إلى 15%). المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي متوسط مع وجود براز متحجر، وتجاويف وبعض القواقع. نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية جلطية مع فراغات مهمة ومسامية، وبالتالي فهي تربة هشة. يوجد بها جذور دقيقة، انتقال متميز وغير منتظم ومائج. وهي تربة فائرة على نطاق واسع.

50 – 110 سم

مسكة ذات لون 7,5 YR 5/4، بدون بقع وذات عناصر خشنة (حصيم بنسبة 2 إلى 15٪). المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي ضعيف. نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية محببة وجلطية مع فراغات ومسامية قليلة، وبالتالي فهي قليلة الهشاشة. يوجد بها بعض الجذور الدقيقة.

على السطح، تظهر هذه التربات أحيانًا قشرة مطرية مكونة من الطمي والصلصال، ولكنها أكثر وضوحًا بشكل خاص خلال فصل الصيف والخريف. (الصورة رقم 61).

الصورة رقم 60: التربة الكلسمغنيزية[35] بسهل تَفراطة

المصدر :عمل ميداني، يوم 11 نونبر 2021، و L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

يظهر من خلال الصورة رقم 60 والجدول رقم 53، أن نسيج هذه التربة طموي على جميع القطاعات أو المسكات تقريبًا. ثم أن نسبة الكلس مرتفعة للغاية بسبب استمرار التحجر الكلسي.

ب: مجموعة التربة الكلسية الشرسائية Groupe des Rendzines

فئة هذه التربة كلسمغنيزية وفرعها تربة كاربونية، من مجموعة (الشرساء)، ومجموعتها الفرعية الشرساء المحلية أو الجافة (Xérorendzines)، وتتميز بخصائها كما هي موضحة بالجدول رقم 54، في حدود عمق 10 سم.

الجدول رقم 54: خصائص التربة الكلسية الشرسائية

K2O ppm	P2O5 ppm	CE (1/5) dS/m à 25°C	pHeau (1/2,5)	CaCO3 actif (%)	CaCO3 Total (%)	MO (%)	C org. (%)	النسيج نسبة%			العمق (cm)
								الرمال	الطمي	الطين	
377,24	10,09	0,12	8,75	8,7	18,98	1,50		55,73	34,63	9,64	0 – 10/15

المصدر : L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

يتبين من خلال الجدول أن هذه التربة نسيجها طموي رملي.

[35] حسب التقرير هي تربة كلسمغنيزية ولكن في الواقع هي رواسب نتاج للمورفودينامية وعبارة عن مستويات إرسابية متعاقبة وليس التترب والمساكات وهذا ينطبق عن باقي الأصناف.

مسكة ذات لون 7,5 YR 3/4، بدون بقع وذات عناصر خشنة (حصيم وحصى وجلاميد بنسبة 30 إلى 50٪). المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي قوي مع وجود بقايا عضوية متحجرة، وعدة قواقع وتجاويف. نسيجها طموي رملي. البنية محببة وجلطية (grumeleuse) مع فراغات مهمة ومسامية كبيرة، وبالتالي فهي قليلة الهشاشة. يوجد بها العديد من الجذور الدقيقة، انتقال غير منتظم ومموج.

على السطح، تظهر هذه التربات أحيانًا نتوءًا صخريًا من صفاحة كلسية متموجة وسميكة ومدعومة بمواد لاحمة، كما أنها تمثل حطام الصفاحة والكوارتزيت والصوان.(الصورة رقم 61).

الصورة رقم 61: التربة الكلسية الشرسائية، بسهل تَفراطة

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

على مستوى المسكة العليا للمقطع (حسب الدراسة)، يمكن أن تصل نسبة العناصر الخشنة (الحصيم والحصى) إلى 50%. نسيج هذه التربات طموي– رملي مع غلبة العناصر الدقيقة (الطمي والرمال الناعمة). إنها منطقة ذات أنشطة رعوية بشكل رئيسي.

2_2_2: فئة التربة السدبالية Classe des sols Isohumiques

تصنف هذه التربة في السدبالية، وصنفها الفرعي هو تربات سدبالية ذات مركب مشبع (complexe saturé)، خاصة بالكلس. تنحدر من مجموعة تربات سدبالية دكناء ومجموعتها الفرعية "تربات دكناء موجهة". يوضح الجدول رقم 55 خصائصها.

الجدول رقم 55: خصائص التربة السدبالية

K2O ppm	P2O5 ppm	CE (1/5) dS/m à 25°C	pHeau (1/2,5)	CaCO3 actif (%)	CaCO3 Total (%)	MO (%)	C org. (%)	Granulométrie			العمق (cm)
								S	L	A	
701,55	9,04	0,13	8,84	10,7	24,82	1,08	0,63	19,5	61,8	18,7	0 – 25/30
104,47	5,16	0,19	8,62	10,2	22,11	0,82	0,48	53,8	34,4	11,8	25/30 – 60
144,29	4,72	0,29	8,48	12,7	25,09	1,26	0,73	17,9	62,4	19,7	60 - 85
78,59	5,76	0,22	8,79	14,8	23,33	0,86	0,5	13,6	75,4	11	85 - 130

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

من إلى 30/25 سم: مسكة[36] ذات لون 7,5 YR 3/4، بدون بقع وبدون عناصر خشنة. المادة العضوية بالكاد يمكن اكتشافها. يتخللها نشاط بيولوجي قوي مع وجود براز متحجر، والعديد من الأصداف والتجاويف. نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية متعددة الأوجه (polyédrique) وشبه حادة مع فراغات مهمة ومسامية كبيرة، وهشة (غير ملتحمة). يوجد بها العديد من الجذور الدقيقة، انتقال متميز وغير منتظم. وهي تربة فائرة على نطاق واسع.

من 30/25 إلى 60 سم: مسكة ذات لون 7,5 YR 4/4، بدون بقع وبدون عناصر خشنة. المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي قوي مع وجود بقايا عضوية متحجرة، وتجاويف وأصداف. نسيجها طموي رملي. البنية محببة وجلطية مع فراغات مهمة ومسامية كبيرة، وهشة. يوجد بها العديد من الجذور الدقيقة، انتقال متميز وغير منتظم.

من 60 إلى 85 سم: مسكة ذات لون 7,5 YR 5/4، بدون بقع وبدون عناصر خشنة. المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي متوسط (وجود بقايا متحجرة، وتجاويف وأصداف). نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية محببة مع فراغات مهمة ومسامية كبيرة، وهشة. يوجد بها بعض الجذور الدقيقة.

من 85 إلى 130 سم: مسكة ذات لون 7,5 YR 5/4، بدون بقع وبدون عناصر خشنة. المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي ضعيف مع وجود تجاويف، وبعض الأصداف. نسيجها طموي إلى طموي دقيق. البنية جلطية مع فراغات قليلة ومسامية كبيرة، وهشة شيئا ما. يوجد بها بعض الجذور الدقيقة.(الصورة رقم 62).

[36] مسكة حسب التقرير التقني، والواقع ليست مساكات بفهموم التترب بل هي مستويات إرسابية.

الصورة رقم 62: التربة السدبالية بسهل تَفراطة

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

على السطح، تظهر هذه التربة أحيانًا قشرة مطرية مكونة من الطمي، ولكنها أكثر وضوحًا بشكل خاص خلال فترات الجفاف. نسيج هذه التربة طموي في جميع المسكات تقريبًا مع سيطرة الطمي الدقيق. توجد التربات السدبالية الدكناء بشكل أساسي في منطقة انتشار (فيضيات). وهي منطقة زراعة الحبوب (القمح الطري).

2_2_3: فئة التربة الضعيفة التطور Classe des sols Peu Evolués

تصنف هذه التربة ضمن التربات ضعيفة التطور، ومن مجموعة تربات المواد الغرينية. وتتميز بخصائصها كما هو موضح بالجدول رقم 56.

الجدول رقم 56: خصائص التربة الضعيفة التطور

K_2O ppm	P_2O_5 ppm	CE (1/5) dS/m à 25°C	pH_{eau} (1/2,5)	$CaCO_3$ actif (%)	$CaCO_3$ Total (%)	MO (%)	C org. (%)	Granulométrie			العمق (cm)
								S	L	A	
522,36	8,60	0,33/2,14	8,67	15,1	19,35	1,42	0,83	45,2	40,7	14,1	0 – 20
104,47	2,93	0,12	8,85	12,7	19,47	1,11	0,65	41,6	44,1	14,3	20 – 70
118,41	2,93	0,20	8,8	20,7	20,69	1,15	0,67	16,8	61,2	22	70 - 100
84,56	3,52	0,24	8,86	16,2	25,44	1,38	0,8	9,2	75,3	15,5	100 - 150

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

يبين الجدول خصائص التربة الضعيفة التطور، وهي تشبه إلى حد كبيرة خصائص التربة السدبالية، وعلى السطح، تظهر هذه التربة أحيانًا قشرة مطرية مكونة من الطمي، ولكنها أكثر وضوحًا بشكل خاص خلال فترات الجفاف. نسيج هذه التربة طموي إلى طموي رملي في جميع المسكات تقريبًا مع نسبة كبيرة نسبيًا من الرمال في بعض المسكات. (الصورة رقم 63).

الصورة رقم 63: تربة ضعيفة التطور بسهل تَفراطة

المصدر: L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation d'environ 1 000 ha dans la plaine de Tafrata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

تستغل هذه المجالات ذات تربات المواد الغرينية، الضعيفة التطور بشكل أساسي لزراعية الحبوب (القمح الطري). الغلة المحققة على هذا النوع من التربات عالية جدًا مقارنةً بالتربات الأخرى.(المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي، بركان. 2011).

هذه الدراسة تبقى تقنية محضة، تفيد المعد في اختيار أنواع المزروعات بهذا السهل، فيما يخص مشورع التهيئة الهيدروفيلاحية وبالتالي تثبيت التربة بفعل هذا النمط الاستغلالي. وتفيد في الدراسة من حيث نسيجها الذي يتحكم في معامل الجريان وسرعة انطلاق السيلان، ثم من حيث المواد الأخرى كالمادة العضوية التي تلحم التربة. أما من خلال الملاحظة الميدانية يتبين أنها فيضيات ناتجة عن رواسب الفيض، تصعب فيها ظروف التترب، نظرا للدينامية الحالية السريعة. وهي عبارة عن مواد نشر حديثة. تغيب فيها مسكات التترب، بصفة عامة هي تربة ضعيفة التطور.

الغطاء التربي السهلي هش يتعرض باستمرار للتعرية المائية والريحية. ثم تبين أن القشرة المطرية تظهر خاصة في الفترات الجافة من السنة، مما يشكل تهديدا بتسريع السيلان. خاصة في فصل الخريف الذي يتميز بالأمطار الفجائية ذات العنف العالي. إضافة إلى أن المنطقة تعرف عملية التحجير خاصة بالتعرية الريحية والمائية (الصورة رقم 64).

تعتبر عملية التحجير من أهم مؤشرات التعرية الغشائية، التي تقوم بعملية الإزالة السطحية حيث تخص بالأساس المواد الدقيقة، كما تعتبر تعرية انتقائية تعمل على إفقار الأراضي من العناصر الدقيقة والإبقاء على المواد الكبيرة.

بالمناطق السهلية تتعرض الأراضي لتعرية سطحية بفعل السيلان المنتشر وقوة الرياح، حيث تعمل على تحريك المواد الدقيقة وظهور عملية التحجير في السطح، خاصة مع انتشار عملية الحرث الذي أرخى الأرض وعرضها لتأثير التعرية الغشائية (الريحية، والمائية).

الصورة رقم 64: عملية التحجير نتيجة التعرية الغشائية، بسافلة حوض اتلاغ

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021

تساهم عملية الحرث التي يقوم بها الفلاحون في إرخاء التربة مما يؤدي إلى تحجير الأراضي، ثم تؤدي حركات المحراث في ظل وجود رياح إلى تحريك المواد الخفيفة. وبذلك يبقى العامل البشري هو المسرع لهذه التعرية من خلال الممارسات التي يقوم به الإنسان في هذا المجال والمرتكزة على الزراعة والاجتثاث والرعي الجائر. كما ظهرت مساحات عارية منعدمة الغطاء النباتي تمهد الطريق لبداية نشاط التعرية، وبالتالي الاخلال بتوازنات الدينامية البيئية.

من خلال ما توفر من وثائق وتقارير ودراسات تهم التربة مجال الدراسة، تم تشخيص التربات للإجابة عن دور الغطاء التربي في الهشاشة. وذلك من دراسة النسيج ونسبة المواد بهذه التربات، وكذلك تصنيفها.. ودور هذه الخصائص في تفسير الدينامية. وتحديد دور التربة كعامل لتنشيط هذه الدينامية (مورد هش مقابل تدخل بشري غير معقلن). ثم من خلال هذا الوصف السريع لخصائص التربة تم استخلاص مظاهر تدهور هذا المورد الهش، ضعيف التكيف مع ظروف الوسط الحالي، والضغط البشري حيث تتعرض لمختلف أشكال الدينامية الحالية الناتجة عن أنماط الاستغلال مما يجعلها عرضة للتدهور والإزالة. بالرغم من اختلاف خصائص التربة بين مناطق حوضي اتلاغ والعابد، إلا أن القاسم المشترك بين هذه التربات هو مظاهر تدهورها. وبالتالي إمكانية تجددها تحت الظروف، أصبحت صعبة، رغم أن ظروف التفسخ والتترب تبقى مختلفة ومتفاوتة داخل مناطق حوضي اتلاغ والعابد، وأن إمكانية المحافظة على هذا المورد تبقى كذلك صعبة في ظل الضغوط البشرية الحالية، المتميزة بتنوع وتطور أنماط الاستغلال.

المحور الثالث: الخصائص المناخية وآثارها على الدينامية الحالية بحوضي اتلاغ والعابد

الهدف من دراسة المعطيات المناخية (تساقطات وحرارة وتبخر ورياح...) هو معرفة توزيع هذه المعطيات في الزمان والمكان، ودراستها دراسة إحصائية كمعرفة تكرارها وترددها واحتمال وقوعها، وذلك بهدف ربطها بالدورة المائية والنظام الحقيقي للماء سواء السطحي منه أو الباطني للحوض المدروس وكذلك لحساب مؤشر عدوانية التساقطات (R).

لفهم العلاقة بين هذه العناصر المناخية ومورفولوجية المنطقة، تم إبراز أهم مميزات المناخ في المجال المدروس. وهكذا، سنحاول في هذا العنصر إظهار سمات المناخ السائد بالاعتماد على المعطيات التي توفرها المحطات التالية: سد الحسن الثاني، وتاوريرت، وجرسيف، والعين الكبيرة (الجدول رقم 57). بالإضافة إلى الاعتماد على تقنية الخرائط الآلية المتمثلة في النموذج الرقمي للتساقطات (الشكل رقم 126)، ومقارنة هذا النموذج مع المعطيات المتوفرة بمحطات التساقطات القريبة من الحوضين، حيث إن هذا النموذج تم التحقق من دقته حسب مجموعة من الباحثين (Hijmans et al. 2005)، وتم المزج بين الارتفاعات ومعطيات المحطات المتاحة عالميا من سنة 1950 إلى 2000 بعد التأكد منها، أي أنه تم أخذ حوالي 64000 محطة موزعة في العالم والأخذ بحوالي 44000 محطة نظرا لصحة معطياتها، بعد ذلك تمت نمذجتها للوصول إلى دقة تمييزية 840 م، ومقارنتها مع بعض النماذج المحدودة مجاليا.

طبيعة المناخ الجاف والاستغلال البشري المفرط للوسط القاحل، أثر على الموارد الطبيعية، التي تقلصت مع تزايد الحاجيات.

تتمثل هذه الموارد أساسا في التغليفات النباتية ودورها في حماية السطوح من التعرية، والحفاظ على ميكانيزمات دورات حياتية مختلفة، يؤدي اختلالها إلى استمرار التدهور البيئي الحالي بجميع أشكاله الذي يشمل تدهور الموارد النباتية والترابية والمائية

الجدول رقم 57: محطات التساقطات المتواجدة بالمنطقة

المحطات	الإحداثيات		الارتفاع	فترة الرصد	معدل التساقطات السنوية بملم
	Y	X	Z		
– سد الحسن الثاني (الغراس)	755500	403650	640	1980-2017	225
– تاوريرت	731500	427500	390	1980-2020	193
– العين الكبيرة	718250	376750	1340	1980-2018	385
– جرسيف	687950	403860	360	1980-2017	165

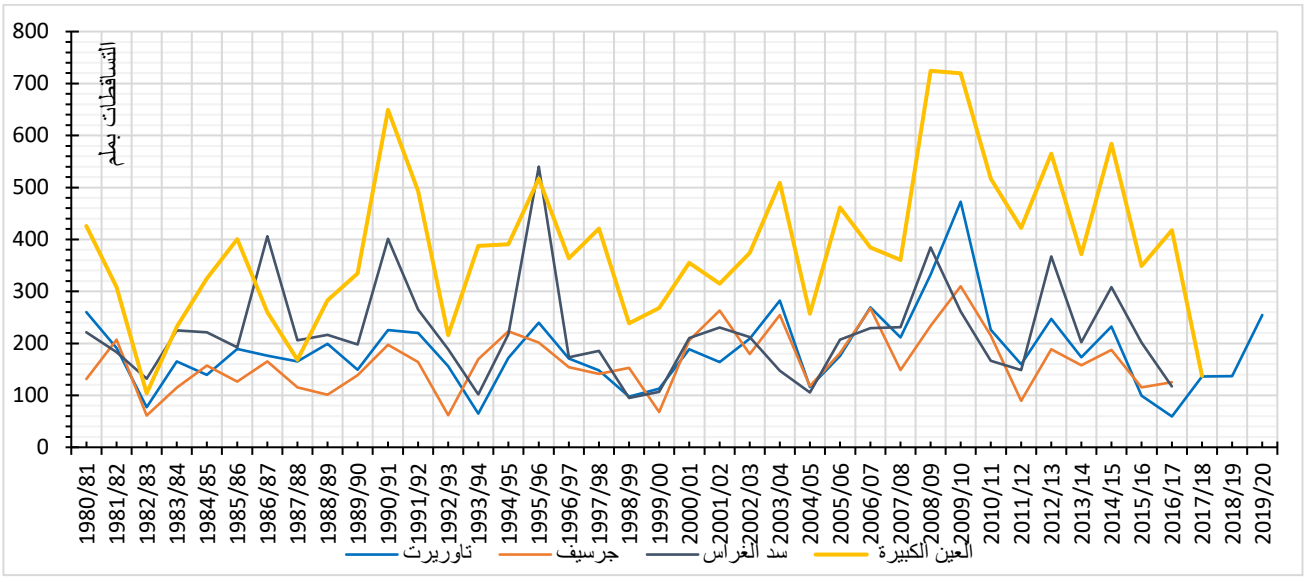
المصدر: المياه والغابات ومحاربة التصحر + مركز الأشغال + وكالة الحوض المائي ملوية + المديرية االعامة للأرصاد الجوية، 2020.

1_: التساقطات

يعتبر فصل الربيع أكثر الفصول تساقطا للأمطار، ويمثل فصل الصيف إمكانية ضعيفة جدا لهطولها، ثم خلال فصل الخريف يعرف المجال تساقطات رعدية تتميز بالتركز والفجائية، مما يجعلها تسقط على أرض جافة وساخنة، تنشط بها عملية التبخر الناتجة عن الرياح، لكن في المقابل تؤدي قوتها وفجائيتها إلى عدم تسربها نحو الطبقات السفلى، وتسيل باتجاه الانحدارات دون أن تستفيد منها الفرشة المائية الباطنية، فتعمل على حمل مواد صلبة تنتجها عمليات الحفر وتعمق الأودية والمسيلات (Raynal, 1961)، مما يؤدي إلى مشهد من الأراضي المخددة أو الأساحل.

1_1: توزيع المعدل السنوي للتساقطات

من خلال التساقطات السنوية، يتضح أنها تختلف من سنة لأخرى ومن محطة لأخرى (الشكل رقم 126، الشكل رقم 125)، حيث تسجل أكبر كمية من التساقطات بمحطة العين الكبيرة، وتليها محطة سد الحسن الثاني "لغراس"، مما يوضح أن الارتفاع له دور مهم في زيادة حجم التساقطات المطرية. وتشكل سلسلة جبال بني يزناسن ومرتفعات جبال الأطلس المتوسط حاجزا أمام المؤثرات البحرية الشمالية والغربية الرطبة، فتمنعها من الوصول إلى منطقة الدراسة، إضافة إلى مفعول الفوهن،[37] الذي يزيد من حدة جفاف المنطقة حيث تنخفض الرياح من مرتفعات السلاسل الجبلية إلى منخفض تاوريرت (Laouina, 1990).



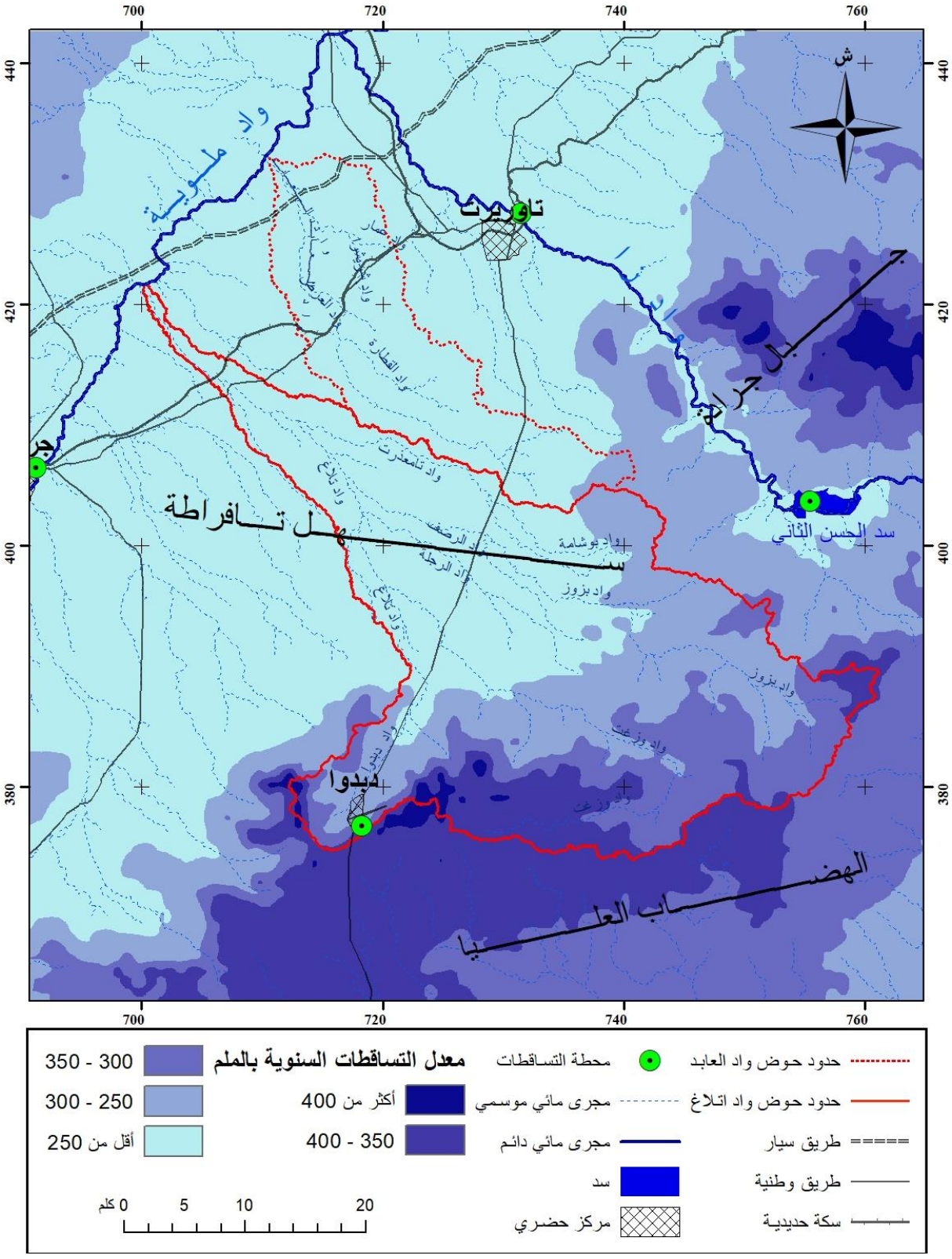
الشكل رقم 125: التوزيع السنوي لمعدل التساقطات المطرية، للفترة مابين 1980-1981 إلى 2019-2020.

المصدر: مركز الأشغال + وكالة الحوض المائي ملوية + المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2020.

الخاصية الأساسية للتساقطات المطرية السنوية هي عدم الانتظام في الزمان (الشكل رقم 125)، وفي المجال (الشكل رقم 126)، الشيء الذي يؤثر في الأنشطة البشرية خاصة ما يتعلق بالفلاحة البورية،

[37] **مفعول الفوهن:** مصطلح ألماني يطلق على الرياح الحارة والجافة والمنحدرة على السفوح الشمالية لجبال الألب السويسرية والنمساوية. وأصبحت بذلك تطلق على الرياح التي غالبا ما تعطي أمطارا على السفوح الأولى التي تصطدم بها وتصبح ساخنة وجافة عند نزولها على السفح المقابل، ويمكن أن تكون هذه الرياح باردة جدا قادمة من الشمال.

حيث يتبين، من خلال الملاحظة، أن كمية الأمطار وحتى المتوسطات السنوية تبقى بعيدة عن متوسط مجموع التساقطات السنوية المناسب لإقامة أنشطة زراعية والمحددة في 400 ملم.



الشكل رقم 126: خريطة توزيع المتوسط السنوي للتساقطات ما بين 1950-2000

المصدر: النموذج الرقمي العالمي للتساقطات من الموقع الرسمي http://www.worldclim.org.

كما يتبين من خلال توزيع متوسط مجموع التساقطات السنوية (الشكل رقم 126)، أن هذا المتوسط بدوره يعرف تباينا بين مناطق مجال الدراسة، ويتدرج تبعا للارتفاعات. كما أن الحالات المتطرفة من عجز مائي أو جفاف أو فيضانات تؤدي إلى نتائج سلبية، خصوصا وأن المنطقة تعرف ضعفا في الغطاء النباتي، مما يساعد الأمطار القوية والفجائية على تنشيط عملية التعرية وانجراف التربة، ينعكس سلبا على تطور الترب وتوحل حقينة السدود، حيث تراجعت حقينة سد محمد الخامس من 770 مليون م^3 عند إنشائه سنة 1967 إلى 279 مليون م^3 سنة 2008، بسبب قوة الحمولات الصلبة التي يحملها واد ملوية وروافده 38، بالإضافة إلى إتلاف المحاصيل الزراعية.

1_2: التوزيع الفصلي للتساقطات

ينتمي المجال المدروس إلى المجال المتوسطي الذي يمتاز بفصلين مختلفين أحدهما حار وجاف والآخر بارد ومطير، وهو ما توضحه بشكل أفضل معطيات الجدول رقم 58، الخاصة بالتوزيع الفصلي للتساقطات المطرية المسجلة بمحطة تاوريرت.

الجدول رقم 58: التوزيع الفصلي للتساقطات بمحطة تاوريرت من موسم 1980-1981 إلى موسم 2019-2020

الفصول	الشهور	المتوسط السنوي بملم	النسبة المائوية
الخريف	شتنبر	12.4	30.90%
	أكتوبر	22.2	
	نونبر	25.0	
الشتاء	دجنبر	17.8	29.70%
	يناير	21.9	
	فبراير	17.6	
الربيع	مارس	24.3	33.06%
	ابريل	21.7	
	ماي	17.8	
الصيف	يونيو	5.5	6.38%
	يوليوز	1.7	
	غشت	5.1	
المجموع		193.1	100%

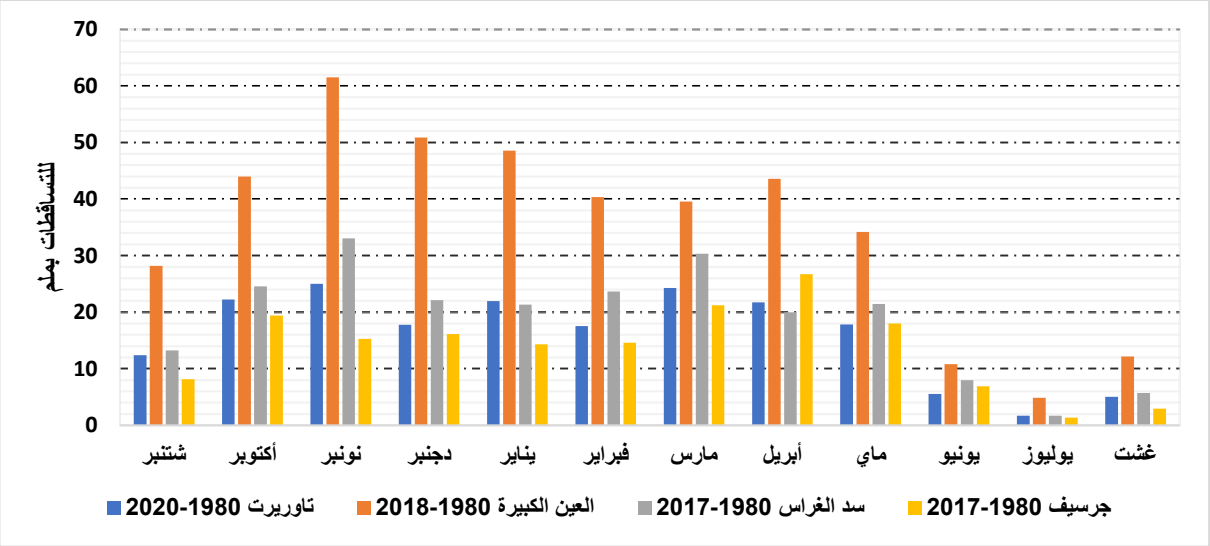
المصدر: وكالة الحوض المائي لملوية، 2020

يظهر من خلال الجدول رقم 58، أن فصل الربيع يسجل أكبر كمية من التساقطات المطرية بنسبة 33,06% من المجموع الكلي للتساقطات، يليه فصل الخريف بنسبة 30,9%، ثم فصل الشتاء بـ 29.7%، أما فصل الصيف فلا تسقط خلاله إلا 6,38% من الأمطار تكون أغلبها على شكل عواصف قوية وفجائية خلال أيام قليلة تنشط خلالها عملية نقل المواد نحو الأودية والمنخفضات.

[38] وكالة الحوض المائي لملوية، وجدة.

1_3: التوزيع الشهري للتساقطات

من خلال التساقطات المطرية المسجلة بالمحطات المدروسة، يسجل شهر نونبر أعلى كمية من الأمطار، في حين تسجل أدنى قيمة في شهر يوليوز (الشكل رقم 127).



الشكل رقم 127: التوزيع الشهري لمتوسط التساقطات المطرية بأهم محطات مجال الدراسة

المصدر: مركز الأشغال + وكالة الحوض المائي ملوية + المديـرية االعامة للأرصاد الجويـة، 2020.

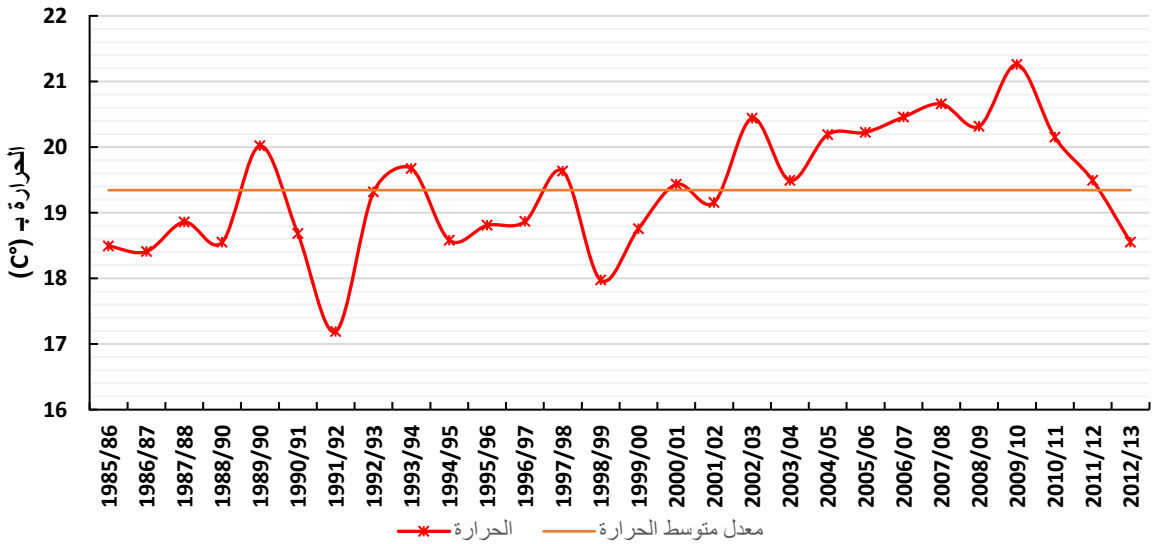
على العموم، يمكن تفسير قلة التساقطات المطرية بوجود سلسلتي جبال الريف والأطلس المتوسط الملتوي التي تقف حاجزا أمام وصول الكتل الهوائية الغربية والشمالية الغربية الرطبة، وعند نزولها عبر السفوح القارية تصبح جافة ومستقرة. وبذلك أغلب الاضطرابات الغربية لا تعطي إلا أمطارا ضعيفة في المغرب الشرقي، في حين أن الاضطرابات الأخرى لا تنتج عنها تساقطات مهمة، يعني أن انخفاض الضغط المتموضع فوق الجزائر أو على البحر الأبيض المتوسط والذي يرسل رياحا شمالية شرقية يمكن أن يعطي تساقطات مطرية مهمة، لكن تردد هذه الحالة الجوية ضعيف وعشوائي حسب السنوات (Laouina, 1990).

2_: الحرارة

تعرف المنطقة تذبذبا حراريا مرتفعا ناتجاً عن تداخل مجموعة من العوامل على رأسها عامل القارية، والارتفاع، والعرضية، ودرجة التشمس، وجفاف الغلاف الجوي...

2_1: التوزيع السنوي للحرارة

من خلال معطيات درجات الحرارة السنوية (الشكل رقم 128)، تظهر قيم المتوسطات السنوية متقاربة ولا تختلف فيما بينها إلا بفارق درجة أو درجتين من سنة لأخرى.

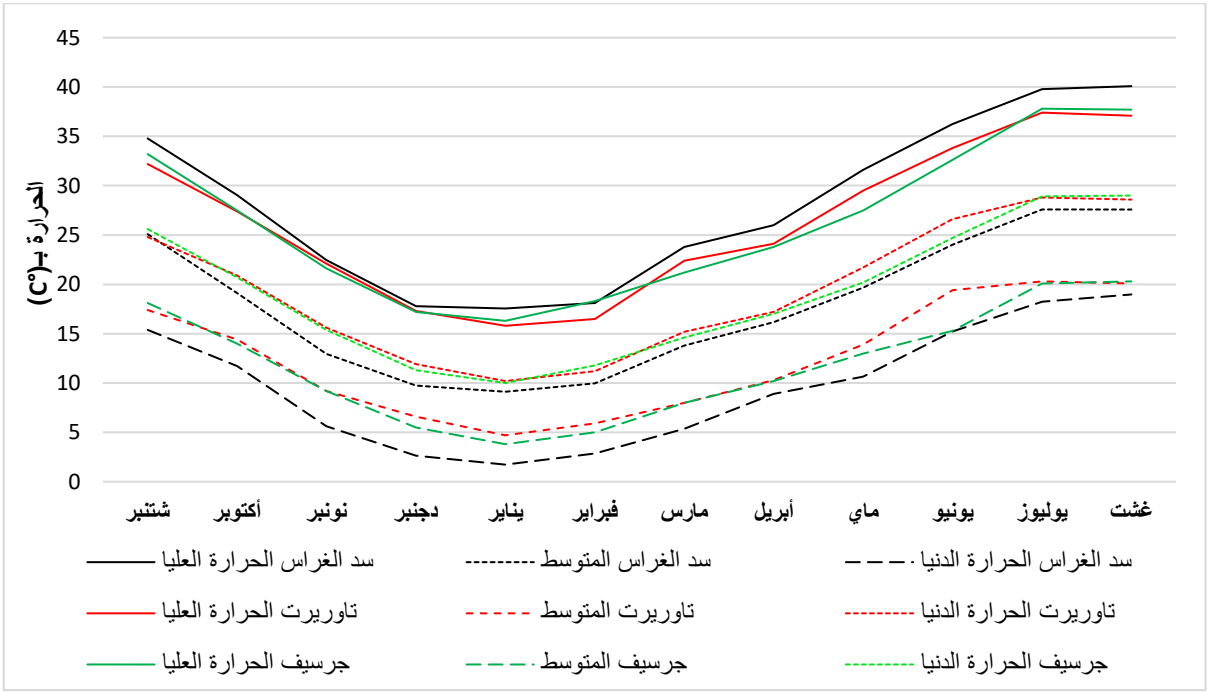


الشكل رقم 128: التوزيع السنوي لمتوسطات درجات الحرارة السنوية (محطة تاوريرت) ما بين موسم 1986-1987 و2012-2013

المصدر: وكالة الحوض المائي لملوية، 2014.

2_2: التوزيع الفصلي والشهري للحرارة

خلال الأشهر الممتدة من نونبر حتى أبريل، تسجل المنطقة موجات صقيع يمكن أن تتردد بوتيرة أكبر نسبيا خلال شهري دجنبر ويناير، ويمكن أن تقل درجة الحرارة حيث تصل في بعض السنوات إلى درجة أو درجتين. درجة الحرارة المسجلة في فصل الصيف تفوق في بعض الأحيان 36 درجة مائوية، كما هو موضح بالشكل رقم 129.



الشكل رقم 129: التوزيع الشهري لمعدل درجات الحرارة الدنيا والمتوسطة والعليا

المصدر: وكالة الحوض المائي لملوية، 2018.

3_: الرياح

تعتبر الرياح هي الأخرى من العوامل المهمة التي لها تأثير واضح على سطح المجال المدروس، فهي تؤثر على توزيع درجات الحرارة والتساقطات، وتساهم في عمليات التبخر عبر تسريعه، كما أنها هي المسؤولة عن نقل المواد الصخرية الدقيقة والرمال.

يمكن حصر الرياح التي تهب على المنطقة في الرياح الآتية من الشمال الشرقي ورياح الفوهن النازلة من الجبال في الشمال، بالإضافة إلى رياح الشركي الحارة والجافة القادمة من الجنوب والجنوب الشرقي، حيث تساهم في ارتفاع حجم التبخر ولها تأثير سلبي في نمو النباتات.

المتوسط الشهري لسرعة الرياح بمحطة ملقى الويدان الخاصة بالفترة الممتدة من 1970 إلى 1994 يتراوح ما بين 2,2 و4,6 م/ث، (غزال، 2007؛ الجدول رقم 59).

الجدول رقم 59: المتوسط الشهري والسنوي لسرعة الرياح بالمتر في الثانية بمحطة ملقى الويدان

المحطة	غشت	شتنبر	أكتوبر	نونبر	دجنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	ماي	يونيو	يوليوز	المعدل السنوي
ملقى الويدان	3.6	2.9	3	3.8	2.2	3	4.3	4	4	5	4.6	4	3.7

المصدر: مصلحة الأرصاد الجوية بوجدة للفترة مابين 1970-1994 (غزال، 2007).

كما أن الاتجاهات الغالبة في الجهة الشرقية حسب (Sbai et al. 1992) هي الرياح الشمالية، تليها الغربية، التي يتراوح معدل سرعتها ما بين 3,6 و5,8م/الثانية.

الرياح الشرقية لا يتعدى زمن هبوبها بضع ساعات إلى بضعة أيام في أقصى الحالات، لكن رغم قلة هبوبها، غالبا ما تكون لها عواقب وخيمة، تتمثل على الخصوص في تجفيف التربة وما فوقها من أعشاب، وزراعات، وتبقى مشكلة على السكان لما تلحقه من أضرار على محاصيلهم (شاكر، 2010). وهذه الرياح مصدرها من توغل الكتل الهوائية المدارية نحو الشمال، تهب على المنطقة خاصة في فصل الصيف، وتأتي من الجهة الجنوبية والجنوبية الشرقية، حيث تكون حارة وجافة ومحملة بتربة وغبار يزداد حجما في فترات الجفاف، مما سيكون لها تأثير سلبي على الوسط الطبيعي (التربة، والغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية). ويعتبر ممر تاوريرت-جرسيف من أهم المجالات التي تعرف تذرية ريحية قوية، وأيضا، بعض المجالات الأخرى في العالية ككتلة دبدو والمقام التي بالرغم من تواجد مجالات غابوية بها تحمي تربتها إلا أنها تعرف تذرية المواد الدقيقة (عثماني، 2015).

تأتي الرياح الغربية من المحيط الأطلسي، وتهب على المنطقة خلال فصل الشتاء، وتكون مسؤولة عن التساقطات، لتحملها بالرطوبة. إلا أنها سرعان ما تفقدها في السفوح الغربية من سلسلة الأطلس المتوسط وتصل باردة وجافة. لكنها تقوم بتعديل حرارة فصل الصيف في غياب رياح الشركي، خاصة في العالية.

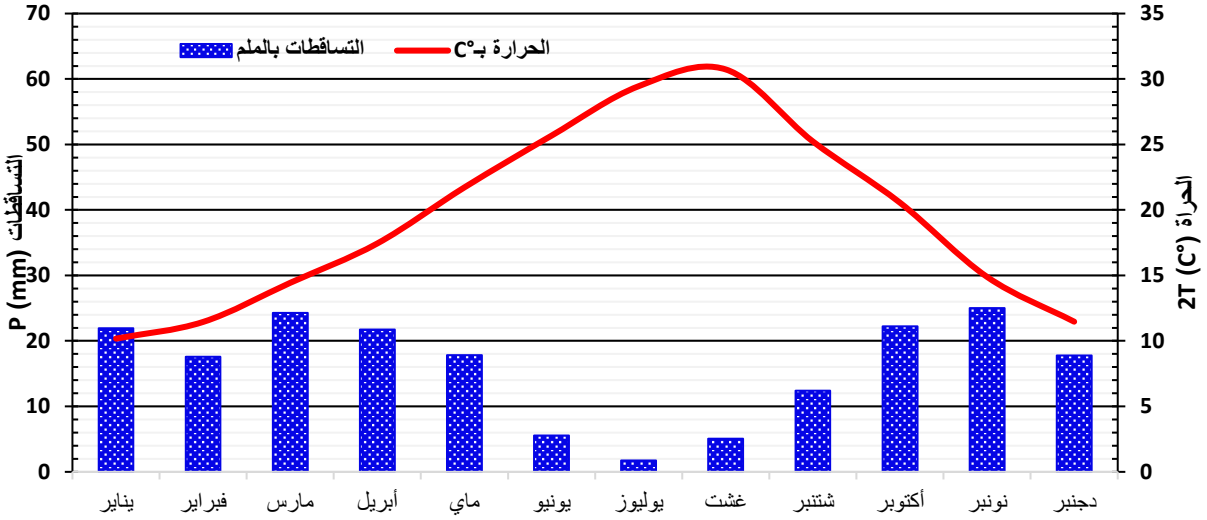
الرياح الشمالية الشرقية تأتي من البحر الأبيض المتوسط، فلا تهب على المنطقة إلا في بعض الحالات وتكون باردة (عثماني، 2015). وبالرغم من شدة وتردد الرياح الجافة المهيمنة على المنطقة، خاصة خلال فصل الربيع وبداية فصل الصيف، والتي تحد من النمو الطبيعي للمحاصيل الزراعية وتحقيق

مردود جيد، إلا أنه يمكن تسخيرها والاعتماد عليها في توليد الطاقة. حيث تقدر الطاقة التي يمكن توليدها عن طريق الرياح بالمغرب الشرقي ما بين57 و245 واط/ متر ^{2} (Sbai et al. 1994).

4_: تصنيف المناخ السائد

ينتمي حوضا اتلاغ والعابد إلى المجال المتوسطي، الذي يتميز بتعاقب أربعة فصول: صيف حار وجاف وشتاء مطير وبارد، وبينهما فصلان انتقاليان (الخريف والربيع). يعرف الحوضان تساقطات تتميز بعدم الانتظام في الزمان والمكان، وبتذبذب حراري مرتفع، ورياح قوية يغلب عليها الطابع القاري، الشيء الذي يجعل المنطقة خاضعة لمناخ شبه متوسطي وجاف، ينعكس سلبا على الإنتاج الفلاحي، وعلى الوسط الطبيعي.

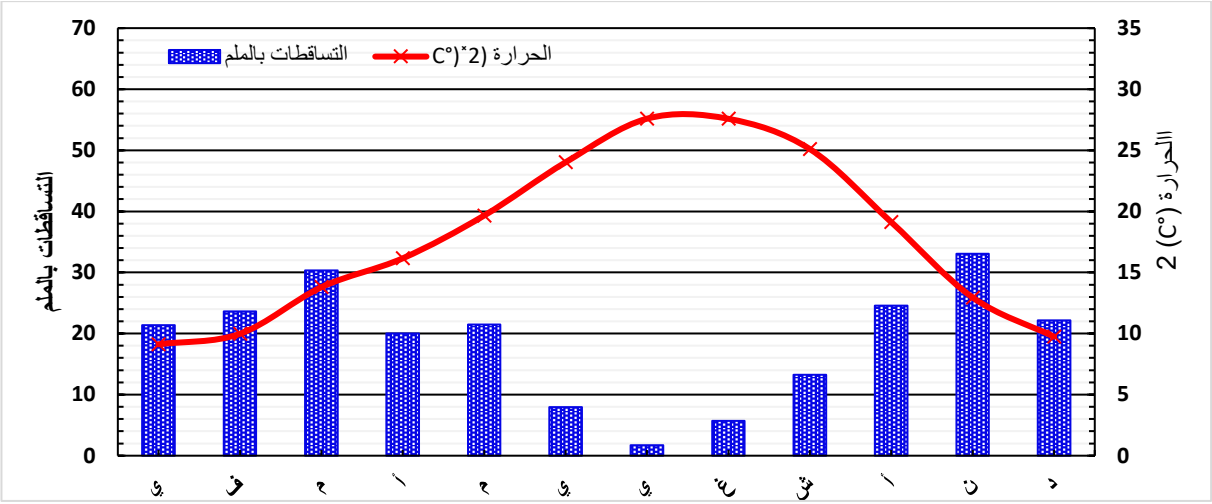
يرتكز تصنيف Gaussen على تتبع التغيرات الحرارية والتساقطات خلال السنة. فالشهر الجاف حسب Gaussen هو الشهر الذي يتجاوز فيه معدل الحرارة 20 درجة مائوية، والشهر الذي يكون فيه مجموع التساقطات الشهرية (P) يساوي أو يقل من ضعف متوسط الحرارة الشهري: $P \leq 2T\ C°$. وانطلاقا من قاعدة Gaussen، تم وضع منحنيات الرطوبة والجفاف (الشكل رقم 130 والشكل رقم 131 والشكل رقم 132 والشكل رقم 133)، حيث توافق الفترة الجافة إحيائيا المساحة المتقاطعة لمنحنى الحرارة والتساقطات. وهذه المساحة هي التي توضح أهمية الفترة الجافة بالنسبة لكل محطة مناخية (وهي تعبر عن الفترة الحرجة لنمو النبات).



الشكل رقم 130: المبيان المناخي لـGAUSSEN، بمحطة تاوريرت

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2020.

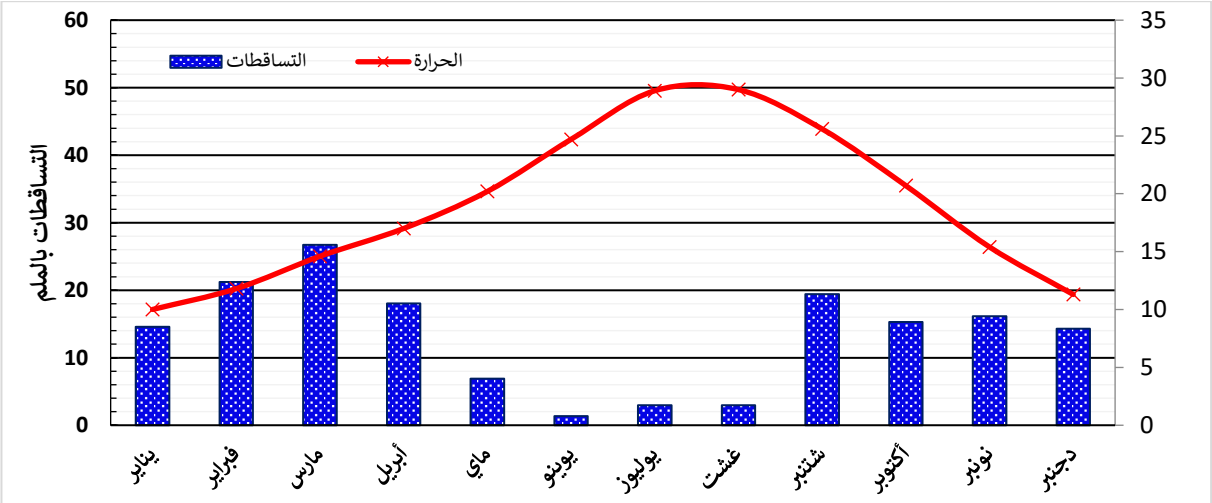
يظهر من خلال مبيان التساقطات والحرارة لمحطة تاوريرت حسب Gaussen، أن السنة كاملة تعرف شهورا جافة إلا شهر يناير، أي يمكن القول إن فصول السنة كلها جافة بهذه المحطة، مما يعبر عن بصمة الجفاف القوية التي تتسم بها منطقة تاوريرت، وعدم جفاف يناير لا يعود إلى فائض التساقطات بقدر ما يرتبط بانخفاض درجة الحرارة.



الشكل رقم 131: المبيان المناخي لـGAUSSEN، محطة سد الغراس

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2017.

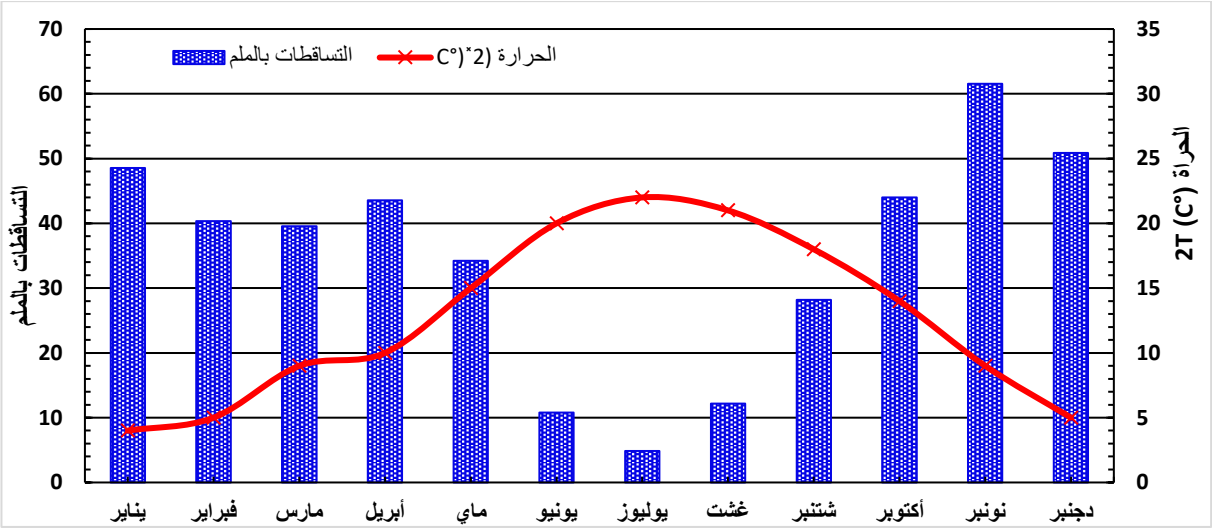
يتبين من خلال المبيان المناخي لمحطة سد الغراس أن الفترة من أبريل إلى أكتوبر كلها أشهر جافة، أي أكثر من نصف السنة (7 أشهر). بالرغم من تواجد المحطة في العالية، إلا أنها تقع في ظل المطر.



الشكل رقم 132: المبيان المناخي لـGAUSSEN، محطة جرسيف

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2017.

يبرز مبيان التساقطات والحرارة لـ Gaussen، محطة جرسيف، أن السنة كاملة تعرف شهورا جافة إلا شهر فبراير ومارس، مما يدل على الجفاف الذي تعرفه المنطقة خاصة ممر تاوريرت – جرسيف.

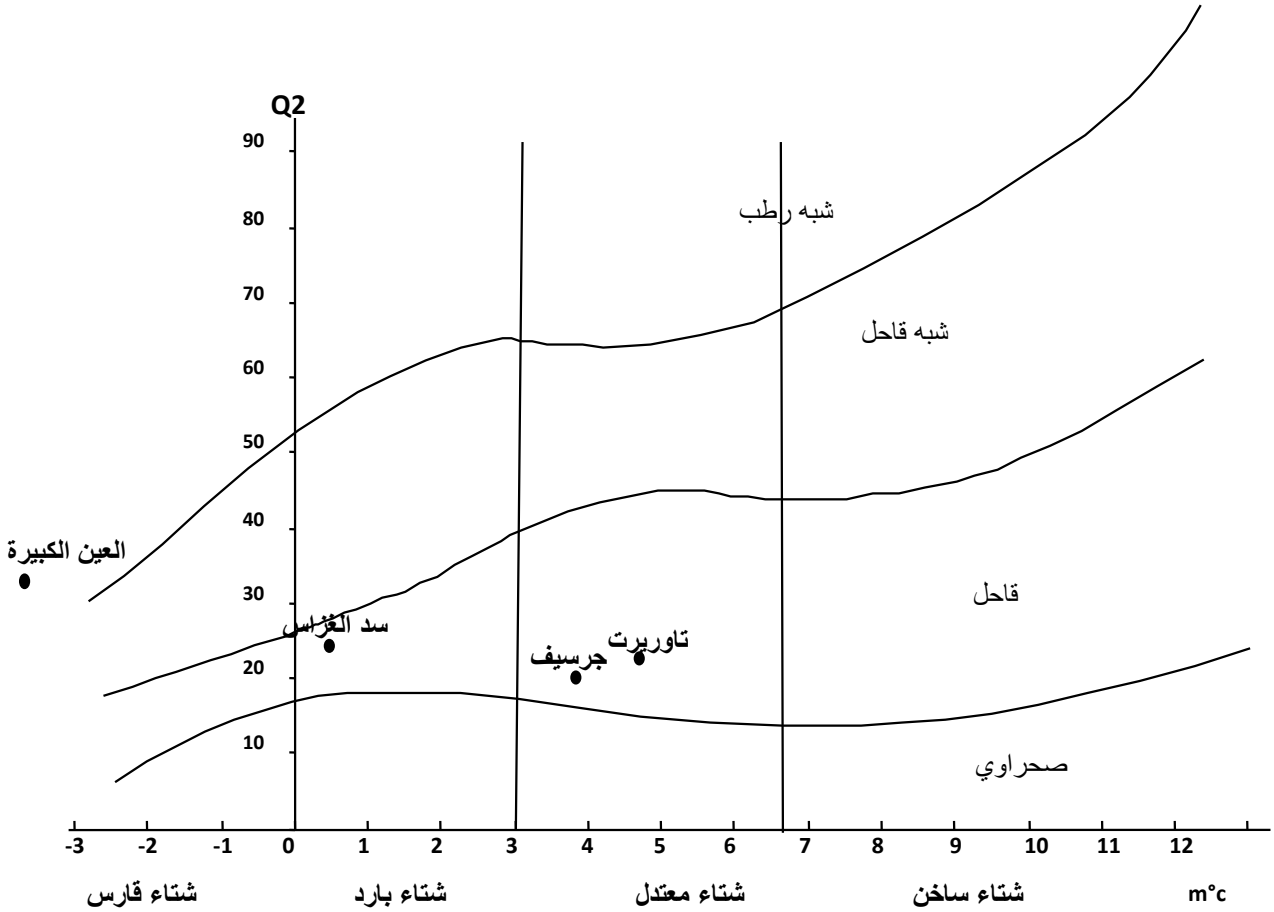


الشكل رقم 133: المبيان المناخي لـGAUSSEN محطة العين الكبيرة

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2018

يتبين من خلال المبيان المناخي لـ Gaussen، بمحطة العين الكبيرة، أن الفصل الجاف يمتد خلال الفترة من يونيو إلى شتنبر، وباقي شهور السنة تتسم بالرطوبة، وهي 8 أشهر، وذلك راجع إلى ارتفاع المنطقة، وموقعها يجعلها محمية من التأثيرات الصحراوية الجافة، وكذلك كثافتها النباتية، ومتوسطها المطري تقريبا 400 ملم سنويا، إلا أن هذا المتوسط محدود مجاليا (الشكل رقم 126).

لقد اعتمد أمبرجي (Emberger, 1964) في وضع مبيانه على حاصل التساقطات والحرارة للمناخات المتوسطية (كالمغرب مثلا)، التي تتميز بالجفاف. هدفه هو تكميم الخصائص النوعية للمناخ المتوسطي، وذلك بتحديد خصائص ومقاييس أنواع المناخات. واعتمادا على حاصل التساقطات وعلى حرارة أبرد الشهور، يمكن تحديد المستويات البيومناخية للمنطقة مع المتغيرات الحرارية، وذلك للتمكن من وضع كل المحطات المناخية في نطاقها البيومناخي (الشكل رقم 134).



$$Q2 = \frac{1000.P}{(\frac{M+m}{2})(M-m)}$$

M: متوسط الحرارة العليا للشهر الأكثر حرارة بـ(K°)

m: متوسط الحرارة الدنيا للشهر الأكثر برودة بـ(K°)

P: متوسط التساقطات السنوي

الشكل رقم 134: التصنيف البيوميناخي حسب معامل أمبرجي

المناخ السائد بالمنطقة، يضفي عليها سمة الضعف، سواء تعلق الأمر بالنظام المطري المتميز بعدم الانتظام، والتركز، والعنف، أو النظام الحراري القاسي، أو بطبيعة الرياح، خاصة رياح الشركي الحارة والجافة وارتفاع مدة التشميس...، مما يساهم في ارتفاع حدة التبخر المتاح بالمنطقة. ففي محطة وجدة التي تبعد عن المنطقة ب 100 كلم، يقدر التبخر المتاح الحقيقي ب 309 ملم، بعجز يبلغ 1103 ملم، وبفارق نوعي يقدر ب161 ملم (Sbai et Laadoua, 1988)، (Sbai et Chennoufi, 2000).

هذا الوسط القاحل والمناخ الذي يتسم بالجفاف له سلبيات تزداد حدتها على الأوساط البيئية وخاصة على الموارد الطبيعية. كما يظهر مما سبق مساهمة الجفاف في هشاشة الأراضي من خلال كبح النمو الطبيعي للنبات، وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة، ويقل دوره في تشكيل واق وحاجز ضد عمليات التعرية. إضافة إلى تدخل الإنسان غير المعقلن، فهذه الأوساط تزداد هشاشة وعطوبية، مما يجعل الجفاف يدفع الساكنة إلى الاستغلال المفرط لهذه الموارد في مجال هش وعطوب يتسم بعدم الاستقرار والرعي الجائر والزراعة العشوائية، مما يزيد من تفاقم مشكل حدة التدهور.

خلاصة

تمت الإحاطة بمختلف الخصائص المورفولوجية لحوضي اتلاغ والعابد عن طريق ربط المجال المدروس بما يحيط به من بنيات تضاريسية، وإبراز دور هذه الخصائص (الارتفاعات والانحدارات وتوجيه السفوح...) في تفسير ما يعرفه المجال من مظاهر للتدهور، ومدى تحكم العامل الطبوغرافي في تفسير وتوزيع مختلف هذه المظاهر، من خلال تحديد ما تتميز به المنطقة من خصائص تضاريسية وتوزيعها المجالي، في علاقتها بآليات التشكيل لفهم مدى تحكمها، وتأثيرها في السلوك الهيدرولوجي وتسريع وتيرة التدهور بهذه الأراضي. تم التمييز بمجال الدراسة بين ثلاث وحدات تضاريسية كبيرة، وهي: سفوح الحافة الشمالية للهضاب العليا في الجنوب، والسفوح والأعراف الجبلية لكتلة دبدو، ولمقام التي تتصل بالمنخفضات الشمالية، ومرتفعات كتلة بوخوالي وبني بوزكو بالجنوب الشرقي، ثم سهل تَفراطة في الشمال الذي تتخلله بعض التلال المتقطعة وبعض المنخفضات في الوسط وشمال مجال الدراسة. وينتمي الجزء الغربي إلى حوض جرسيف. ونستخلص من خلال محاولة إبراز دور كل من الانحدارات وتوجيه السفوح وكذلك الارتفاعات في حركية السفوح بمجال الدراسة، عبر ضبط التوزيع المجالي لآليات التشكيل المتمثلة في مظاهر التعرية تبعا لهذه العوامل، إن حوضا اتلاغ والعابد يعرفان تباينا من حيث الانحدار والتوجيه، وهذا له تأثير في طبيعة الجريان واستقرار الغطاء النباتي بالمناطق المرتفعة، بينما في السهول، فإن الانحدار ينخفض في بعض المناطق إلى أقل من 5°، وهو ما يجعل هذه المجالات صالحة للاستغلال الزراعي والاستقرار البشري. وكل هذا له دوره في تدهور الأراضي، وانتشار مظاهر التعرية المائية، غير أنه يبقى متعلقا بمتغيرات أخرى كعوامل الجيولوجيا والتربة والمناخ، لأن ما يتميز به الحوضان، من خصائص طبوغرافية لا يعتبر العامل الوحيد المفاقم والمنشط للتدهور.

أصبحت عناصر التربة الدقيقة وموادها العضوية بالمسكات السطحية تتعرض لدينامية التعرية السيلية، خاصة بالسفوح المتوسطة والقوية الانحدار. فقد أصبحت خطورة الإزالة لا تقتصر على المجالات المرتفعة والمتقطعة ذات هشاشة كبيرة فحسب، وإنما تشمل حتى المجالات المستوية بالسافلة التي تمتاز عادة بتربات سميكة وخصبة، حيث أصبحت مرشحة للإزالة والتدهور السريع لمسكاتها السطحية، بسبب العوامل البشرية.

يظهر من خلال الوصف العام لخصائص المناخ أن هناك اختلافا مابين العالية والمنخفضات السهلية، مما يفسر سيادة أصناف نباتية من نوع السهوب، وأخرى نباتية شجرية ذات مساحة محدودة تتعرض لاستغلال مفرط، كما تتبين مساهمة الجفاف في هشاشة الأراضي من خلال كبح النمو الطبيعي للنبات وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة، ويقل دوره في تشكيل واقي وحاجز ضد عمليات التعرية. بالرغم من قلته، لا نغفل ما يساهم به في وقاية التربة من التعرية التي تسببها الرياح والسيلان الغشائي. إضافة إلى تدخل الإنسان غير المعقلن، فهذه الأوساط تزداد هشاشة وعطوبية، كما أن الجفاف

يجعل الساكنة تقوم بالاستغلال المفرط لهذه الموارد في مجال هش وعطوب يتسم بعدم الاستقرار والرعي الجائر والزراعة العشوائية، مما يزيد من تفاقم حدة التدهور.

إضافة إلى تعرض المنطقة لفترات جفاف تمتد على بضع سنوات متتالية تخل بالأنشطة الرعيزراعية، فيتحول الجفاف المناخي إلى جفاف هيدرولوجي، ثم إلى جفاف فلاحي، مما يتسبب في أزمات اجتماعية ينشأ عنها إنهاك الوسط البيئي.

الفصل الثامن: الخصائص البشرية وأنماط الاستغلال بحوضي اتلاغ والعابد

مقدمة

عرف مجال الدراسة خاصة ممر تاوريرت – وجدة، تحولات عميقة وسريعة مست مختلف نظم الاستغلال القديمة في مجال تربية المواشي وممارسة الأنشطة الزراعية، حيث انتقل سكان المنطقة من الترحال إلى نصف الترحال، ثم إلى الاستقرار، مما نتج عنه تزايد تعمير المجال وتزايد وتنوع أشكال استغلاله، تبعا لتزايد الحاجات اليومية الناتجة عن النمو الديموغرافي، لكن يقابل هذا النمو السكاني ضعف للموارد الطبيعية وتدهورها وهشاشتها.

سنحاول في هذا الفصل إبراز تأثير الأنشطة الحالية للسكان في مواردهم الأساسية وخاصة التربة والغطاء النباتي، وذلك قصد معرفة ما إذا كانت أساليب الاستغلال قائمة على استراتيجية محلية، وتضمن استمرار تجدد الموارد والنمو المستدام، أو أن طبيعة الاستغلال الحالي تبقى غير معقلنة، ومن شأن ذلك تزايد حدة التدهور بمجال الدراسة.

تم اعتماد الإحصاءات الرسمية على مستوى الجماعة والدوار، وذلك بغية تحديد الخصائص السكانية بمنطقة الدراسة "دواوير حوضي اتلاغ والعابد"، (التطور الديموغرافي، ونوع السكن والتعليم والصحة ومؤشرات الفقر والهشاشة)، ثم اعتماد الاستمارة لاستنباط معطيات أخرى متعلقة بالتدهور، وأنماط الاستغلال بالمجال وذلك بعد ضبط عدد الاستمارات وتوزيعها مجاليا، لتغطية المجال.

تتعدد الطرق لحساب حجم العينة، وذلك حسب المجتمع الإحصائي، سواء كان محدودا أم غير محدود. في حالتنا هذه، سوف ندرس المجتمع الإحصائي المحدود انطلاقا من طريقة (Thompso, 2012)، وذلك لبساطتها في الاستخدام.

$$\mathrm{n} = \frac{N \times p(1-p)}{[N-1 \times (d^2 \div z^2)] + p(1-p)}$$

n: حجم العينة

N: حجم المجتمع الإحصائي

z: الدرجة المعيارية المقابلة لمؤشر النسبة (خطأ المعاينة، ومستوى الثقة)

d: نسبة الخطأ؛ أو خطأ المعاينة.

p: احتمال الظهور أو القيمة الاحتمالية.

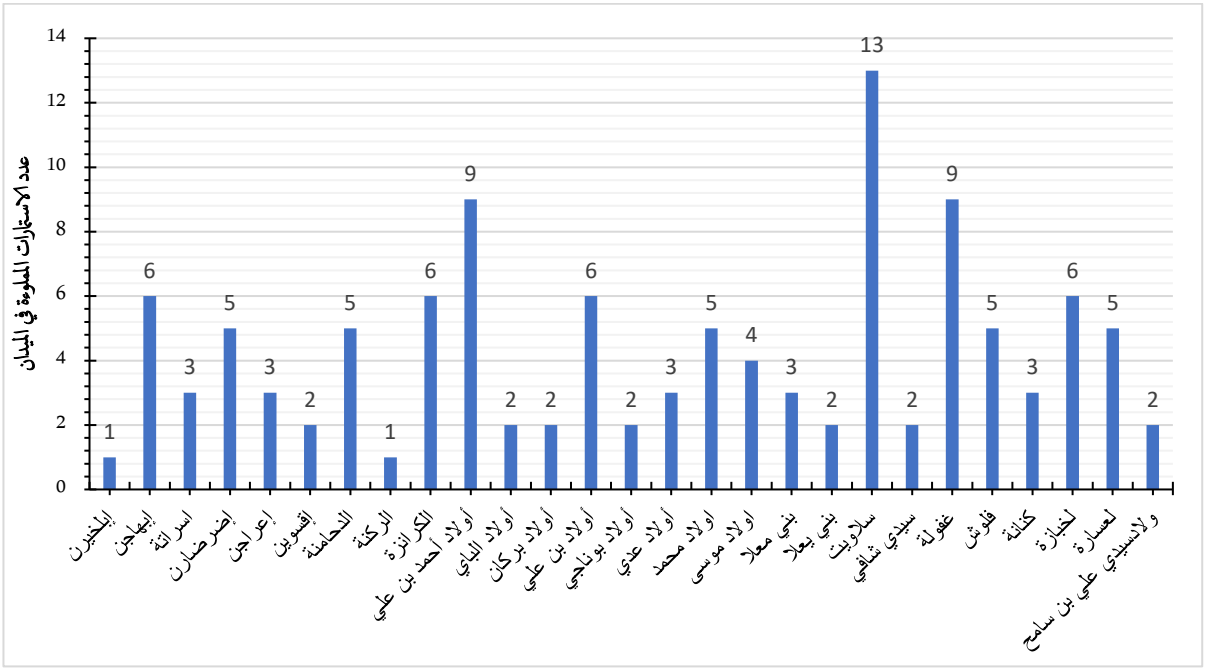
لحساب حجم العينة المناسب لمجال دراستنا، بعد حساب عدد الأسر لدواوير الحوضين، انطلاقا من إحصاء 2014، تم التوصل إلى أن المجال يحتوي على 2785 أسرة، أي أن هذا هو حجم المجتمع الإحصائي. ثم تم تحديد الدرجة المعيارية أو المعنوية في 1.75، وهي التي تقابل مؤشر نسبة خطأ المعاينة

8%، ومستوى الثقة بـ 92%، أي نسبة الخطأ 0.08 من واحد. ثم احتمال ظهور بقيمته 0.5 وذلك لأنها القيمة الأكثر تمثيلية حسب الجدول رقم 60.

الجدول رقم 60: احتمال الظهور أو القيمة الاحتمالية بشكل عام بالنسبة لمعادلة (Thompso, 2012)

p	1-p	z	z^2	d	d^2	n0
0.1	0.9	1.75	3.0625	0.08	0.0064	43.07
0.2	0.8	1.75	3.0625	0.08	0.0064	76.56
0.3	0.7	1.75	3.0625	0.08	0.0064	100.49
0.4	0.6	1.75	3.0625	0.08	0.0064	114.84
0.5	**0.5**	1.75	3.0625	0.08	0.0064	**119.63**
0.6	0.4	1.75	3.0625	0.08	0.0064	114.84
0.7	0.3	1.75	3.0625	0.08	0.0064	100.49
0.8	0.2	1.75	3.0625	0.08	0.0064	76.56
0.9	0.1	1.75	3.0625	0.08	0.0064	43.07

وبعد تعويض هذه القيم وحساب المعادلة، تم التوصل إلى أن حجم العينة هو 114.74. التي تمثل 4.12% من حجم المجتمع الإحصائي، وتم اسقاطها على عدد الأسر داخل كل دوار على حدة ومنه تم تحديد عدد الاستمارات الموجهة لكل دوار (الشكل رقم 135).



الشكل رقم 135: توزيع عدد الاستمارات بداواوير حوضي اتلاغ والعابد

بعد تحديد عدد الاستمارات الموجهة لكل دوار والعدد الإجمالي النظري المقدر بهامش الخطأ 8%، تم النزول إلى الميدان وتوزيع الاستمارة (الملحق رقم 8) تبعا للتوزيع الجغرافي لدواوير حوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 136)، وتم ملء 115 استمارة بالموازنة بين العالية والسافلة مع الأخذ بعين الاعتبار نسبة كل دوار، ثم تفريغها ومعالجتها ببرمجية Sphinx، واستباط الأشكال والجداول؛ ثم قراءة في مشاريع الدولة المتدخلة في مجال الدراسة بهدف تنمية هذه المناطق والمحافظة على الموارد الطبيعة والحد من التدهور البيئي ثم تثبيت الساكنة.

1_: الخصائص السكانية لحوضي اتلاغ والعابد

يعتبر الإنسان عنصرا فاعلا بالتأثير في تدهور مختلف الموارد الطبيعية، وذلك عبر مختلف الفترات التاريخية، كما أن قدم التعمير، وتطورات حجم السكان وتحولاتهم الحديثة أصبحا يتعاملان بشكل غير عقلاني مع الموارد الطبيعية. وقد ساهم هذا التعمير القديم في الاستغلال المبكر والمتنوع للموارد الطبيعية، والذي اعتمد على اقتصاد فلاحي، وإن كانت الفترة الحالية أكثرها دينامية خاصة بعد دخول المعمر وإقدامه على إدخال تغييرات جذرية في البنيات الاقتصادية والاجتماعية، خاصة قلع نبات الحلفاء بسبب الحاجات المنزلية، ثم الرعي الجائر والاجتثاث لغرض الزراعة ثم دخول المكننة... كل هذه الأمور كان لها أثر سلبي جدا في ممر تاوريرت جرسيف، وقد ازدادت وتيرة التدهور مع زيادة عدد السكان وزيادة حاجاتهم، الأمر الذي أدى إلى وضع سيء جدا، خاصة مع استفحال ظواهر اجتماعية أخرى كالفقر والبطالة والأمية.

1_1: نبذة عن تاريخ الاستقرار بالمنطقة

يعود الاستقرار بمناطق الجهة الشرقية إلى تاريخ قديم، ويدل على ذلك الاكتشافات الأركيولوجية، مثل مغارة "الحمام بجبال بني يزناسن" التي شهدت تعميرا منذ 90 ألف سنة؛ أي قبل الفترة العطيرية. وبواد اتلاغ، حيث كشفت عن وجود أدوات ترجع إلى عصر ما قبل التاريخ والمتمثلة في الصناعات الحجرية التي تم تأريخ انتمائها إلى الباليولتيك الأوسط (El Harradji, 2019).

خلال العهد الروماني، يبدو أن المنطقة كانت بها قبائل أمازيغية قوية استطاعت مقاومة الاحتلال الروماني، في حين يرى بعض المؤرخين أن انعدام الآثار الرومانية بالمنطقة الشرقية من المغرب، حتى تخوم مدينة مغنية بالجزائر، دلالة على أن الاحتلال للجهة لم يتم عن طريق الاتصال القاري بين المغرب والجزائر لاستعصاء القبائل الشرقية (الكيحل، 2011).

نظرا لكون موارد المنطقة لم تكن تسد حاجيات السكان، خاصة فترات الجفاف، اشتد الصراع حول الموارد والأهمية الاستراتيجية للمنطقة (الممر). وهذا ما دفع لانطلاق حركة المرينيين ضد الموحدين انطلاقا من الأراضي الرعوية حول ملوية في اتجاه السهول الخصبة لفاس ومكناس والغرب حيث دخلوا في صراع مع الموحدين (شاكر، 1998).

يخبر ابن خلدون في "المقدمة" عن موقعة وادي اتلاغ 28 فبراير 1268م، أن السلطان المريني كان يحاول تخليص قبضة بني عبد الواد على تاوريرت، باعتبارها بوابة أولى لمهاجمة بني زيان، فنزل فاس وعسكر بها واجتمعت حوله الحشود، وسلك على جرسيف ثم على تَفراطة وتزاحف الفريقان بوادي اتلاغ والتقى بنو مرين وبنو عبد الواد بعساكر متعادلة تقريبا في التمرس والقتال، والتقى الأبطال بالأبطال واختلط الأمثال بالأمثال (ابن ابي زرع، 1973). هذه المواجهة العسكرية كان الهدف منها استرجاع تاوريرت، حيث اعتبرها السلطان المريني بوابة نحو تلمسان، حسب حسن الوزران، يقول: "ما كاد يعقوب المريني يستولي

على مراكش حتى أسرع إلى تاوريرت واستردها" (الوزان، 1980). وكانت نتيجة هذه المواجهة العسكرية أن انهزم يغمراسن وعاد إلى تلمسان "خاسرا مقيدا مهزوما وحيدا" (ابن أبي زرع، 1973).

وفي عهد المولى إسماعيل، ظهرت الأهمية الاستراتيجية للمنطقة من جديد، حيث في عهده بنيت سلسلة من القلاع، كان بكل واحدة منها ما يزيد عن 500 فارس، وفي سنة 1692 اندلعت معركة بين الأتراك والمغاربة على حدود نهر ملوية، انهزمت فيها جيوش المولى إسماعيل.

بعد معركة إسلي سنة 1844 ضد القوات الفرنسية، اهتز الأمن من جديد، إذ أصبحت القبائل منذئذ تتحرك بشكل مستمر بسبب ضغط القوات الفرنسية، حيث اضطربت الأوضاع وعمت الفوضى بالمنطقة، فكان التمهيد للتأثير على الحياة الاقتصادية والاجتماعية للساكنة، من خلال بداية اختلال النظام التقليدي الذي كان ينبني في السابق على اشتداد الصراع بين القبائل حول تحديد واحترام المجال المستغل، مما كان يخفف من الضغط على الموارد.

كانت الساكنة قبل الاستعمار تعتمد نظام الانتجاع في ممارستها للنشاط الزراعي والرعوي ما بين المجال المرتفع وسهل تَفراطة. بينما في الهضاب العليا، كانت قبيلة الزوا تعتمد كليا على الترحال ونصف الترحال داخل المجال وخارجه، حيث كانت الأرض مشاعة بين القبائل، ولم تكن الحدود بينها مرسومة، نظرا لقلة السكان، واتساع المجال، وسيادة النمط التقليدي في استغلال الأرض.

بعد دخول الاستعمار عرفت المنطقة تحولات مجالية تمثلت في تحديد الملك الغابوي، وإصدار قوانين وتشريعات لتنظيم استغلال الغابة، وتقسيم الأراضي، وترسيم الحدود الإدارية بين القبائل ومراقبتها، بهدف تشتيت قوة تكتلها ضد مصالحه، مما حتم استقرار الساكنة وزاد من استغلالها وضغطها على المراعي والموارد النباتية. أدى هذا الأمر إلى تفكيك بنية القبيلة التقليدية التي كانت تعتمد نظام الانتجاع والترحال في الرعي، والتعاون الجماعي والسوسيو اقتصادي لاستغلال المجال والمحافظة على موارده، الشيء الذي أدى إلى تدهور الموارد الطبيعية الهشة (عثماني، 2015).

نظرا لأهمية المنطقة السهبية، خاصة نبات الحلفاء، فقد استهدفت من طرف الاستعمار لاستغلال ثروتها النباتية وتصديرها إلى الخارج لصناعة الورق، وكانت المنطقة الشرقية على العموم، من بينها منطقة تاوريرت ذات أوراش لجمع الحلفاء (بني يعلى الزكارة)، وتصديرها إلى فرنسا وانجلترا واسبانيا، حيث بلغ الإنتاج السنوي للحلفاء 80 ألف طن سنة (1965/1952)، ليتراجع إلى 40 ألف طن سنة 1963، وبعد 1976، انخفض المعدل إلى 500 طن (عبد السميع، 2015)، من خلال تراجع هذه الأرقام، نلاحظ أن الاستغلال تراجع مخلفا وراءه أراض متدهورة عارية من النباتات.

هذه الشذارات التاريخية لبعض المحطات لشرح الاستقرار والاستغلال المظاهر الحالية، والتي ماهي إلا انعكاس العوامل والاحداث والتدخلات السابقة. والواقع الحالي للمجال هو انعكاس هذه التحولات التي قد تساهم في الإجابة عن الاشكالايات المطروحة؛ وهي انقلاب الاستغلال من حيث الطرق والأهداف، وتأثير ذلك على التربة بصفة عامة والتعرية بصفة خاصة، باعتبار أن الوسط صعب يستغل بطرق مختلفة

وفصلية، ويترك للاستراحة، ليعاد إليه حينما يتوازن ويستقر. لكن الوضع الحالي تغير وآثر على تدهور الموارد الطبيعية، بالخصوص النبات والتربة. وذلك نتيجة الاستقرار الدائم وتغيّر عقلية الإنسان اتجاه الأرض وكل الموارد باعتبارها رأسمال يجب أن يستثمر للربح على حساب التوازن البيئية والطبيعي الأصلي.

1_2: التطور والتوزيع الديموغرافي

يعتبر العامل الديموغرافي من أهم العناصر الأساسية التي ساهمت في التحولات المجالية التي عرفها الحوضان، مما انعكس على التوزانات البيئية، التي تعرف اختلالا في نظامها من خلال تدهور الموارد الطبيعية، وتعرف جماعات منطقة الدراسة تزايد حجم السكان حسب الإحصاءات الرسمية، إلا أن بعضها يعرف تناقصا بسبب تفاقم وتزايد حدة الجفاف وتزايد تدهو الموارد الطبيعية، حيث كانت تدفع بالسكان إلى الهجرة. كما كانت الهجرة تعقب فترات ضياع المحاصيل الزراعية والنقصان في المواشي التي كانت تمثل الاقتصاد الأساسي للسكان.

من خلال جدول تطور سكان جماعة أهل واد زا وقطيطير وسيدي علي بلقاسم، وسيدي لحسن (الجدول رقم 61)، يتضح أن المنطقة عرفت نموا متزايدا، أي انخفاض في عدد الوفيات وارتفاع الولادات، هذا ما تؤكده الإحصائيات، حيث ارتفعت ساكنة جماعة القطيطير من 744 أسرة سنة 1994 إلى 964 أسرة سنة 2004، بنسبة نمو 1.5، وارتفعت إلى 1194 أسرة حسب إحصاء سنة 2014 بنسبة نمو 0.82 خلال فترة 2004-2014. كما ارتفعت ساكنة جماعة سيدي علي بلقاسم من 1562 أسرة سنة 1994 إلى 1876 سنة 2004 بمعدل نمو 1.86، وارتفعت إلى 2185 أسرة سنة 2014 بانخفاض معدل النمو إلى 0.74 مابين سنة 2004-2014.

الجدول رقم 61: تطور سكان جماعات حوضي اتلاغ والعابد ما بين 1994 و2014

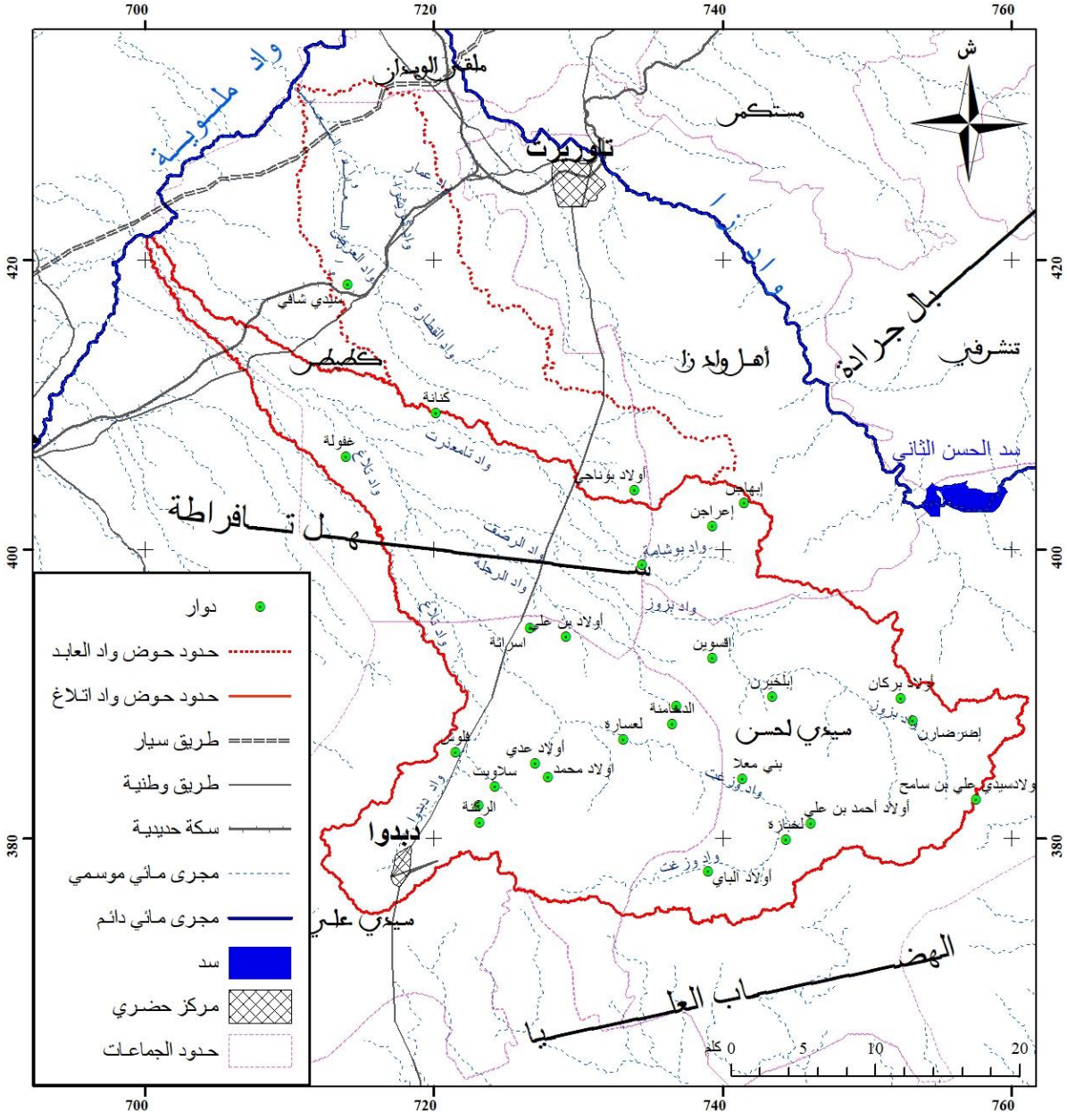
الجماعات	2014		2004		1994		معدل النمو(‰) 2004-1994	معدل النمو(‰) 2014-2004
	عدد الساكنة	عدد الأسر	عدد الساكنة	عدد الأسر	عدد الساكنة	عدد الأسر		
أهل واد زا	11931	1955	14202	2161	12706	1721	1.12	-1.73
القطيطير	7303	1194	6732	946	5800	744	1.50	0.82
سيدي علي بلقاسم	14984	2185	13919	1876	11580	1562	1.86	0.74
سيدي لحسن	9259	1505	9759	1302	10260	1260	-0.50	-0.52

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط

بالنسبة لجماعة أهل واد زا، وصل عدد سكانها سنة 2014 إلى 11931 نسمة، بانخفاض 1.73- في نسبة النمو، مقارنة مع سنة 2004 الذي بلغ 14202 نسمة، وزيادة في نسبة نمو 1.12 بين (1994-2014)، حيث كان عدد السكان سنة 1994، يقدر بـ 12706 نسمة، مما يعني أن عدد السكان تراجع سنة 2014 بـ 2271 نسمة مقارنة مع سنة 2004، وبـ 775 نسمة مقارنة مع سنة 1994، وهذا الانخفاض راجع إلى الهجرة الريفية نحو المدن والمراكز الحضرية القريبة، أو انضمام الدواوير القريبة من مدينة تاوريرت إلى المجال الحضري، علما أنه يتموضع داخل جماعة واد زا.

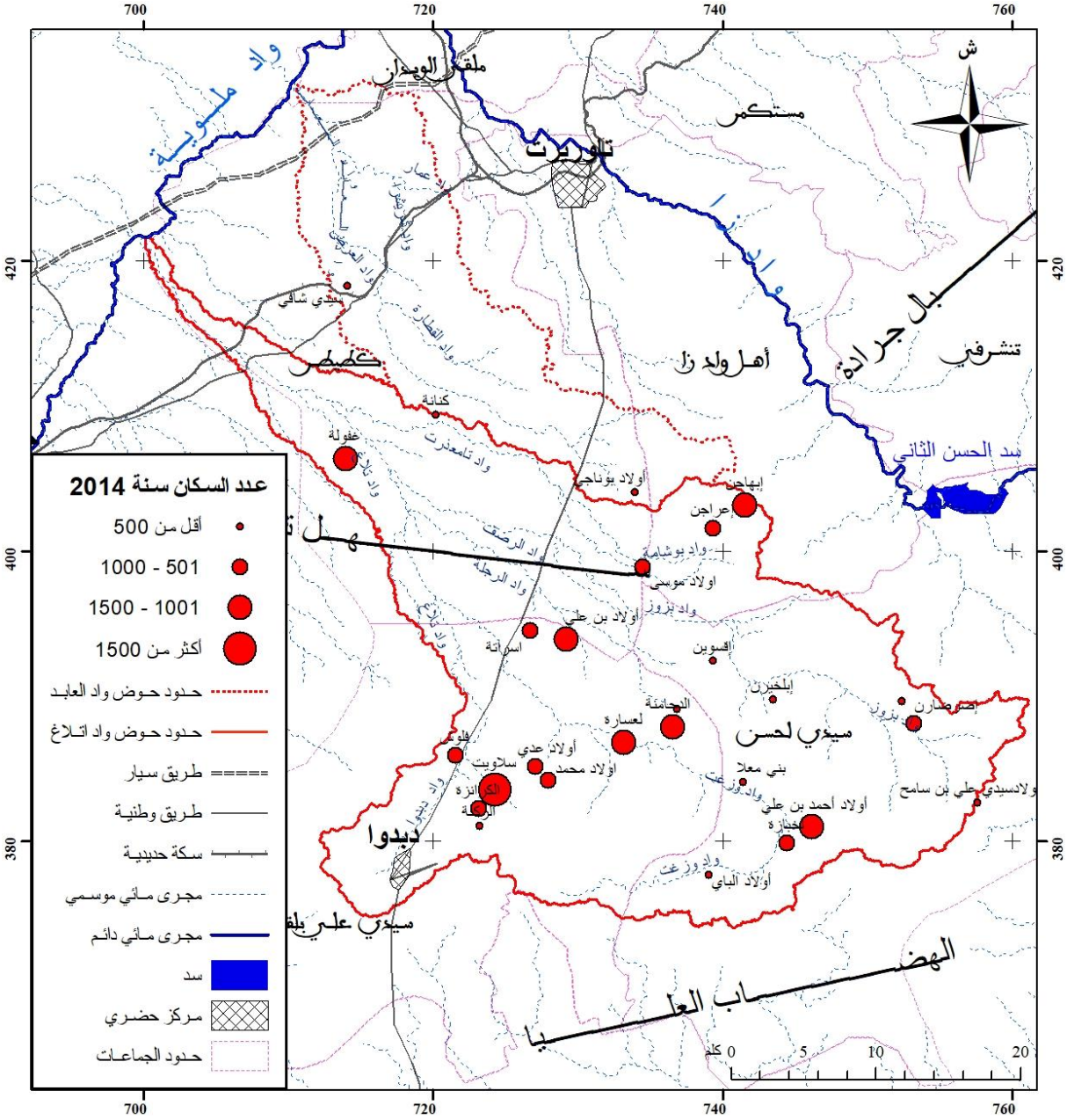
عرفت جماعة سيدي لحسن ركوضا في ساكنتها مابين سنة 1994 و2004، حيث انتقلت من 1260 أسرة سنة 1994، إلى 1302 سنة 2004، ونسبة نمو 0.5-، ثم انتقل عدد الأسر إلى 1505 سنة 2014، ولكن بانخفاض عدد السكان من 9759 سنة 2004، إلى 9259 سنة 2014، وإنخفاض نسبة النمو حيث بلغت 0.52- مابين سنة 2004 و2014.

تم اعتماد الإحصاءات الرسمية على مستوى الدوار، وذلك بغية تحديد خصائص السكان بمنطقة الدراسة (دواوير حوضي اتلاغ والعابد) (الشكل رقم 136)، ومحاولة تحديد الحجم الحقيقي للسكان بمجال الدراسة (الشكل رقم 137) وتطوره (الشكل رقم 138)، ثم التعامل مع هذا الحجم من حيث المعطيات الرسمية من قبيل نوع السكن والتعليم، والصحة ومؤشرات الفقر والهشاشة، ثم من حيث استنباط معطيات أخرى متعلقة بالتدهور وذلك بضبط عدد الاستمارات وتوزيعها مجاليا، لتغطية المجال بدقة.



الشكل رقم 136: توزيع دواوير حوضي اتلاغ والعابد

تتوزع ساكنة حوضي اتلاغ والعابد على 27 دوارا، وهي مقسمة من العالية تبعا للموارد الطبيعية من غطاء نباتي ومراع، وأغلبها دواوير مجمعة، ثم بالوسط بسهل تافرطة تعتمد الزراعة البورية وحديثا بعضها مسقي وهي أغلبها دواوير مشتتة، ثم تقل في سافلة المجال نظرا للتكوينات الصلصالية وقلة الموارد الطبيعية. كما يتباين حجم سكان هذه الدواوير بين الحوضين ومن العالية نحو السافلة (الشكل رقم 137).

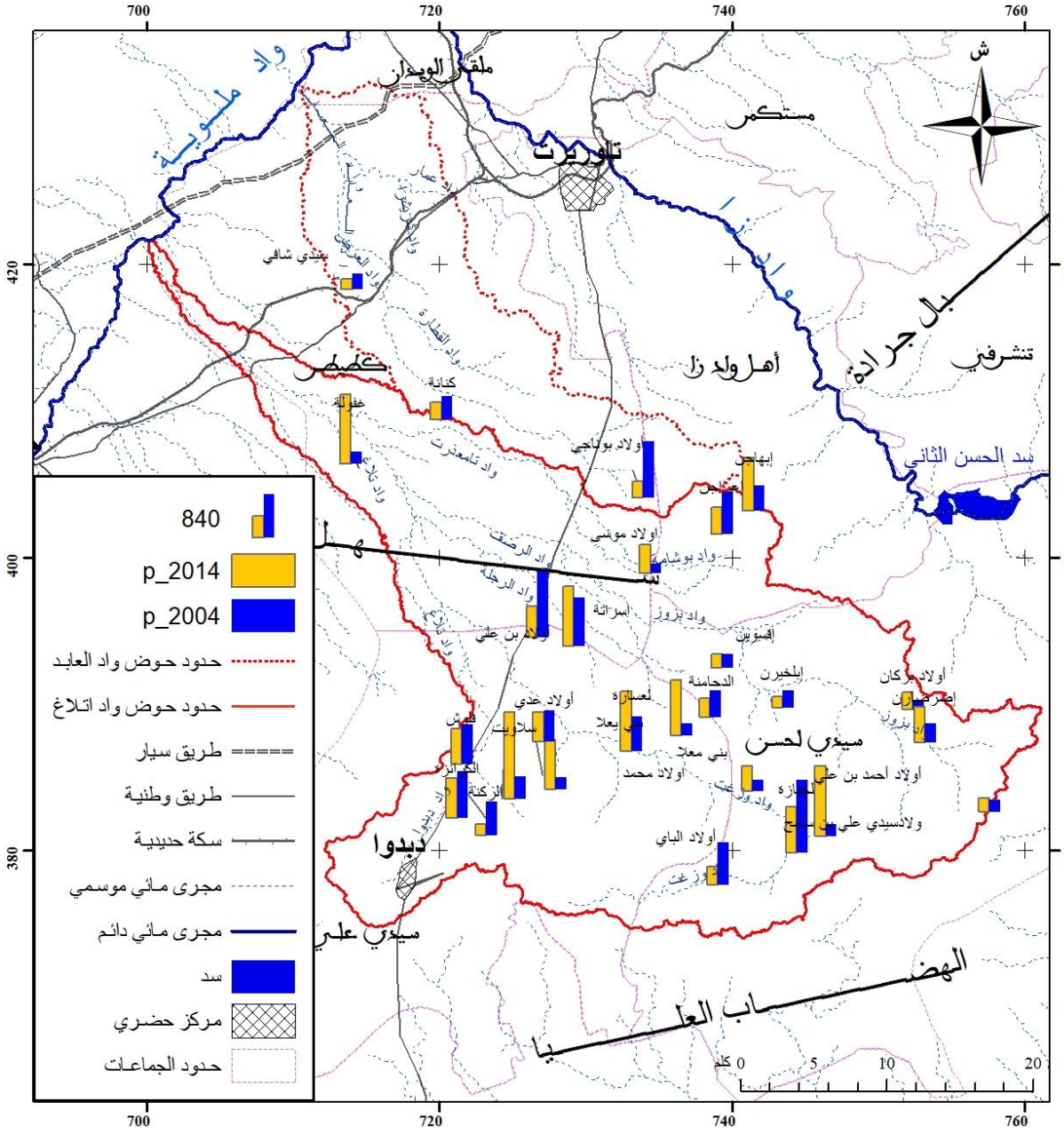


الشكل رقم 137: حجم السكان لدواوير منطقة الدراسة سنة 2014

المصدر: إحصاء سنة 2014.

يتباين حجم السكان بحوضي اتلاغ والعابد، ويتوزع إلى 11 دوار تقل ساكنتها عن 500 نسمة، وتسعة دواوير مابين 500 و1000 نسمة، وستة دواوير يتراوح سكانها ما بين 1000 و1500، ودوار سلاويت بـ1681 نسمة. مجموع سكان مجال الدراسة (27 دوار)، هو 18342 نسمة، و2785 أسرة حسب

إحصاء سنة 2014، بغض النظر عن عدد سكان مدينة دبدو. بتزايد حوالي 4000 نسمة و700 أسرة، حيث كان سنة 2004 عدد سكان المجال 14840 نسمة، و2077 أسرة، لكن بعض الدواوير عرفت تناقصا في عدد السكان بفعل الهجرة وأسباب أخرى مابين سنتي 2004 و2014 (الشكل رقم 138).



الشكل رقم 138: تطور سكان دواوير حوضي اتلاغ والعابد، بين سنة 2004-2014

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط

عرف 13 دوار تناقصا في عدد الساكنة منذ سنة 2004، أهمها دوار سلاويت واسراتة، ثم الخبازة. أما باقي الدواوير عرفت تزايدا طبيعيا يقدر بـ 3502 نسمة، و708 أسرة، ويقدر متوسط حجم الأسر بهذه الدواوير بـ 6.6 فرد لكل أسرة، حسب إحصاء 2014، بعضها يصل إلى 9 وآخر إلى 4.

عرف حوضا اتلاغ والعابد خاصة والمنطقة عموما هجرة داخلية وخارجية عبر التاريخ، وذلك عندما كانت تعجز الموارد المحلية الهشة على تلبية الحاجيات الأساسية للسكان، خاصة خلال سنوات الجفاف، والتي كانت تجبر السكان عل البحث عن موارد تكميلية خارج المنطقة لمواجهة أزمة شح التساقطات وانعكاسها على ضعف الإنتاج.

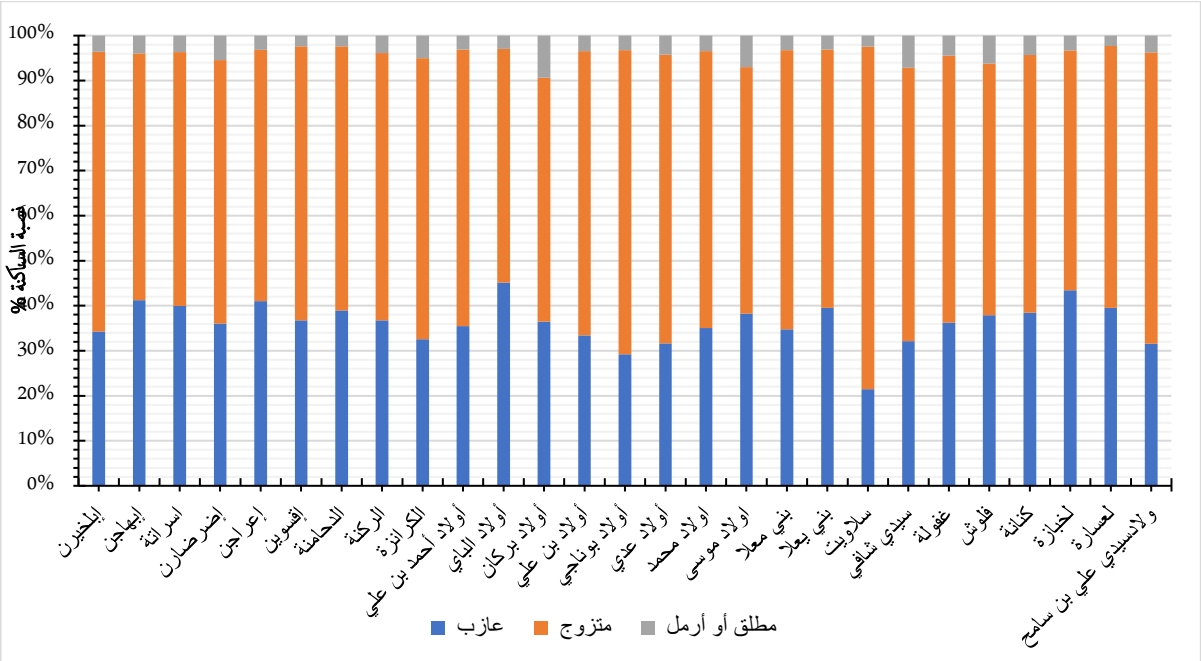
تاريخيا، شكلت بعض المناجم البدايات الأولى لانطلاق تيار الهجرة نحوها، "الفحم بجرادة، الرصاص بسيدي لحسن، منجمي سيدي بوبكر وتوسيت". إضافة إلى عمال القطاع الفلاحي بالغرب، والقطاع الغابوي بالأطلس المتوسط، وذلك بهدف الحصول على مداخيل إضافية، وتعويض بعض النقص الحاصل في النشاط المحلي (عثماني، 2015).

استمرت حاليا هجرة السكان الداخلية في اتجاه المدن المجاورة، حيث تبين من خلال الاستمارة أن 59.8% يفكرون في الهجرة، ومنهم 20.5% يفكرون بالهجرة الدائمة، و45.5% موسمية، والباقي بالهجرة الخارجية ويود أغلبهم الاتجاه إلى تاوريرت، وجرسيف، ووجدة، والناظور وبركان، وبعض المدن الأخرى. لعل أسباب هاته الهجرة متعددة، يمكن تلخيصها في انعدام وقلة التجهيزات الأساسية للسكان، وارتفاع البطالة، والنقص في التشغيل الذي يبقى مقتصرا على العمل الفلاحي المحدود نوعيا وكميا. يزداد هذا العامل بتزايد الجفاف الذي يبقى هو الآخر من بين أهم العوامل الطاردة للسكان بالمنطقة التي تتسم بهشاشة طبيعية واستغلال غير متلائم مع مواردها. بالمقابل تشكل مناطق الوصول، مجالات جذب واستقطاب للفئات الشابة التي تبحث عن العمل، بفضل إشعاعها التجاري والصناعي والخدماتي مثل: وجود وحدات قطاع للنسيج ومعامل للزيتون بمدينتي جرسيف وتاوريرت، وتعليب وتحويل وتصبير المشمش والسمك بمدينة تاوريرت. أصبحت هذه الوحدات تشغل معظم فتيات الأسر المهاجرة من أرياف المنطقة. بالإضافة إلى وجود سوقين أسبوعين كبيرين بمدينتي تاوريرت وجرسيف للتجارة وبيع رؤوس الماشية. كما اتضح من الاستمارة الميدانية أن من أهم أسباب الهجرة (67% من الإجابات) الجفاف، و43% ضعف المردودية[39]، والباقي كان بالنسبة له عدم كفاية الأراضي الزراعية بـ 25%، أو قلة الموارد المائية، علما أن بعض الإجابات كانت تشمل كل هذه الأسباب، أو سببين معا أو أكثر.

يلاحظ من خلال التوزيع الديموغرافي وتطوره بالمجال أن كلما كانت موارد مائية موجودة كان التطور والزيادة من حيث عدد الساكنة، عكس كلما كان الماء قليلا أو غائبا إلا وأدى إلى قلة الساكنة وكثرة الهجرة.

كما تتميز هذه الساكنة البالغة من العمر أكثر من 15 سنة، بمتوسط عمر الزواج الأول بـ27.5 سنة، ويتبابين بين دواوير منطقة الدراسة (الشكل رقم 139).

[39] يمكن للمستوجب الإجابة بخيارين أو اكثر لاسباب الهجرة، وبالتالي ليس من الضروري مجموع النسب هي 100% إنما أكثر من ذلك.



الشكل رقم 139: الحياة العائلية للبالغين من العمر 15 سنة أو أكثر (%)

المصدر: إحصاء 2014

يتضح من خلال الحياة الزوجية للبالغين من العمر أكثر من 15 سنة، أن المجال يتميز بثلثي ساكنته حالتها متزوج بمتوسط 59.7% من مجموع الساكنة، هذا ما يؤكد أن الساكنة المستقرة بهذه المجالات أغلبها متزوج، وهي نسب لابأس بها، وأغلبها مرتبط بالفئات العمرية الكبيرة حيث تبين من خلال الاستمارة أن 65% من المستجوبين متزوجون ولديهم أطفال، ونسبة الذين تتراوح أعمارهم ما بين 20 و 40 سنة تمثل 34%، ومابين 40 و 60 سنة تمثل 22%، وأكثر من 60 سنة تمثل 8%.

على عكس الفئة العازبة التي تمثل 36.2% حسب إحصاء 2014، 35% حسب الإستمارة، حيث يسهل عليها الهجرة إلى المدن المجاورة. والعزوف عن الزواج راجع بالأساس إلى الظروف الاقتصادية والاجتماعية الصعبة، كقلة فرص الشغل، والتخلي عن العمل في الفلاحة مقارنة مع الماضي (حسب الاستمارة).

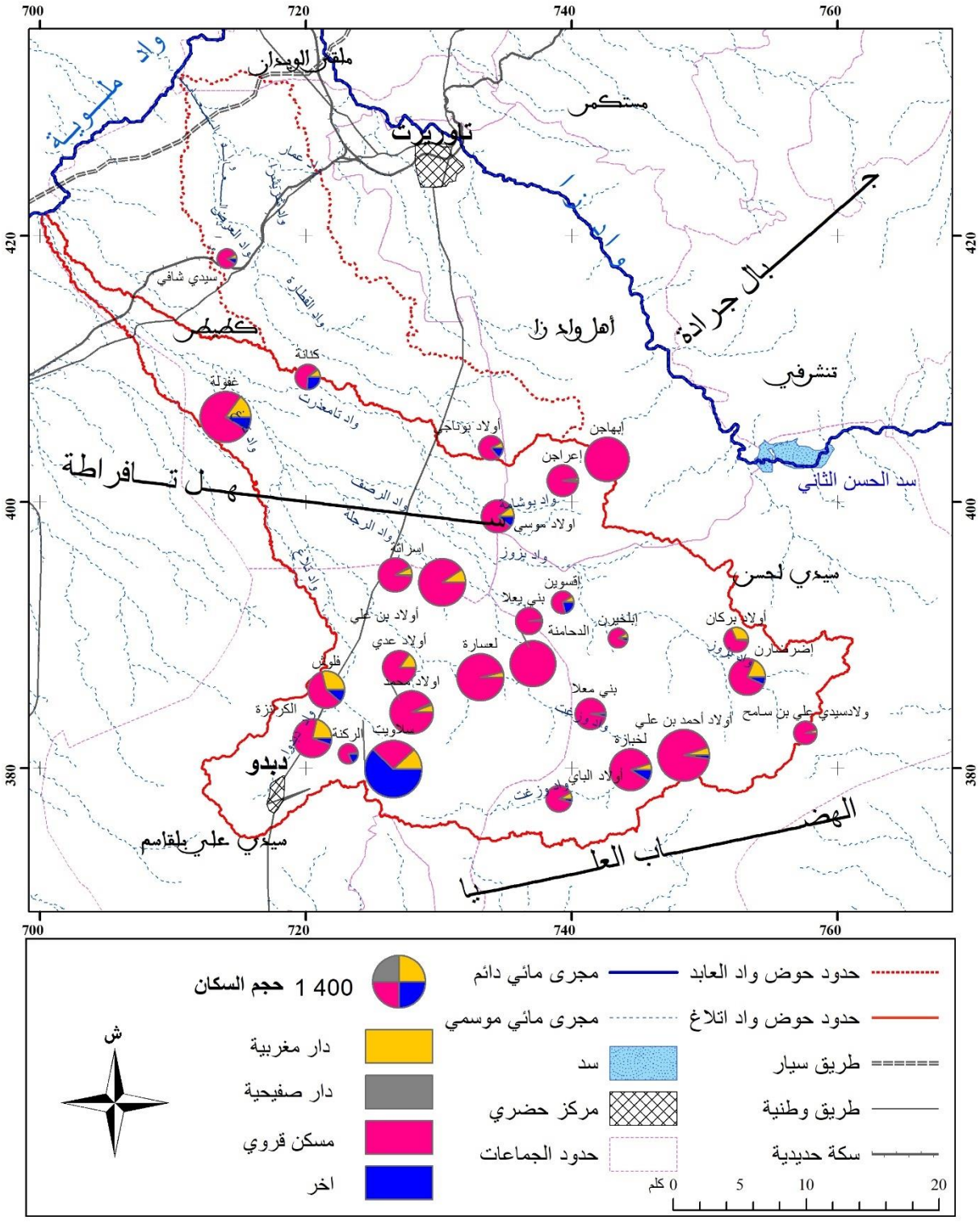
1_3: هشاشة السكن وفقر الخدمات الأساسية

رغم تغير نمط عيش السكان من الترحال إلى الاستقرار منذ بداية القرن العشرين، إلا أن معظم الساكنة تقطن في مسكن قروي هش مبني بمواد محلية (الشكل رقم 140)، حيث تبلغ نسبة الساكنة التي تقطن في هذا النوع من السكن حوالي 70% حسب الإستمارة، و 80% حسب المندوبية السامية للتخطيط.

يتبين من خلال خريطة نوع السكن بحوضي اتلاغ والعابد أن 82.2% من الساكنة تقطن بمسكن قروي (متوسط الدواوير حسب إحصاء 2014)، لأن بعض الدواوير كلها مسكن هش قروي، وهذا ما أكدته الاستمارة الميدانية، ثم 9.4% من ساكنة الحوض تقطن بالدار المغربية[40]، والباقي نوع آخر، إلا أن بعض

[40] هذا المصطلح والمفهوم حسب المندوبية السامية للتخطيط ونتائج إحصاء سنة 2014، أما الدار المغربية هو سكن ظهر بالمغرب بعد الاستعمار، وهو نمط سكني يتميز ببعض الخصائص كما أنه في طريقه للانقراض.

الحالات من الساكنة لا زالت تقطن في دار بدائية أو دار صفيحية[41] خاصة في دوار اسراتة ودوار أولاد محمد بني فشات، وبني يعلى بجماعة سيدي علي بلقاسم.

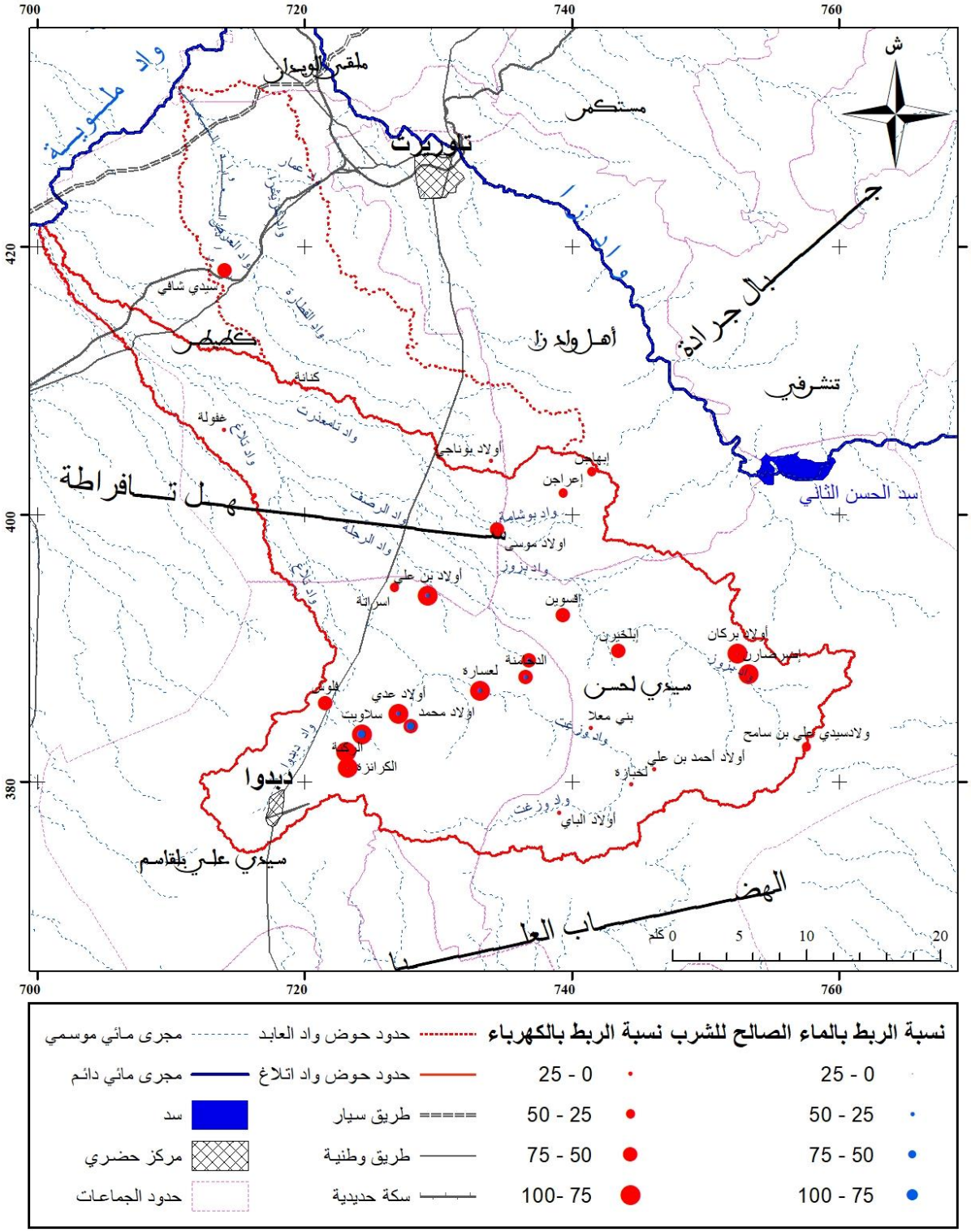


الشكل رقم 140: نوع السكن بدواوير حوضي اتلاغ والعابد

[41] مصطلح سكن صفيحي حسب المندوبية السامية للتخطيط، أما في الواقع بالجهة الشرقية غير موجود دور الصفيح، أي هذا النوع من السكن، بل المقصود به هو مسكن هزيل، هش مبني بخليط من الحجارة والطين، أو مسكن من النبات أو شجر، أو قصب. ظهر بعد اختفاء الخيمة وما اختفى من معها من أنشطة قروية بالمجال (نفس الملاحظة تتكرر كلما ورد مسطح سكن صفيحي سواء في الخرائط أو النص).

المصدر: إحصاء سنة 2014

يفتقر السكن إلى الخدمات الضرورية كالماء الصالح للشرب والربط بالكهرباء (الشكل رقم 141).



الشكل رقم 141: نسبة الربط بالماء الصالح للشرب والكهرباء بدواوير حوضي اتلاغ والعابد

المصدر: إحصاء 2014.

يتبين من خلال خريطة نسبة الربط بالماء الصالح للشرب والكهرباء، أن معظم الدواوير غير مرتبطة بالماء الصالح للشرب (13 دوار)، أما الباقي تمثل فيه نسبة متوسط الربط بالماء الصالح للشرب 13.3%،

ومتوسط الربط بالكهرباء 51.9%، وبعضها منعدمة الربط، وأخرى يصل بها الربط بالكهرباء إلى 90%. ومن خلال الاستمارة، يتبين أن 57% تستفيد من الماء، و73% تستفيد من الكهرباء. فيما يخص شبكة الصرف الصحي (الواد الحار)، فهي منعدمة حيث تمثل نسبتها 0.1%، فالساكنة تعتمد الحفر الصحية بنسبة 34.2%، والباقي يعتمد طرق أخرى لتصريف المياه المستعملة.

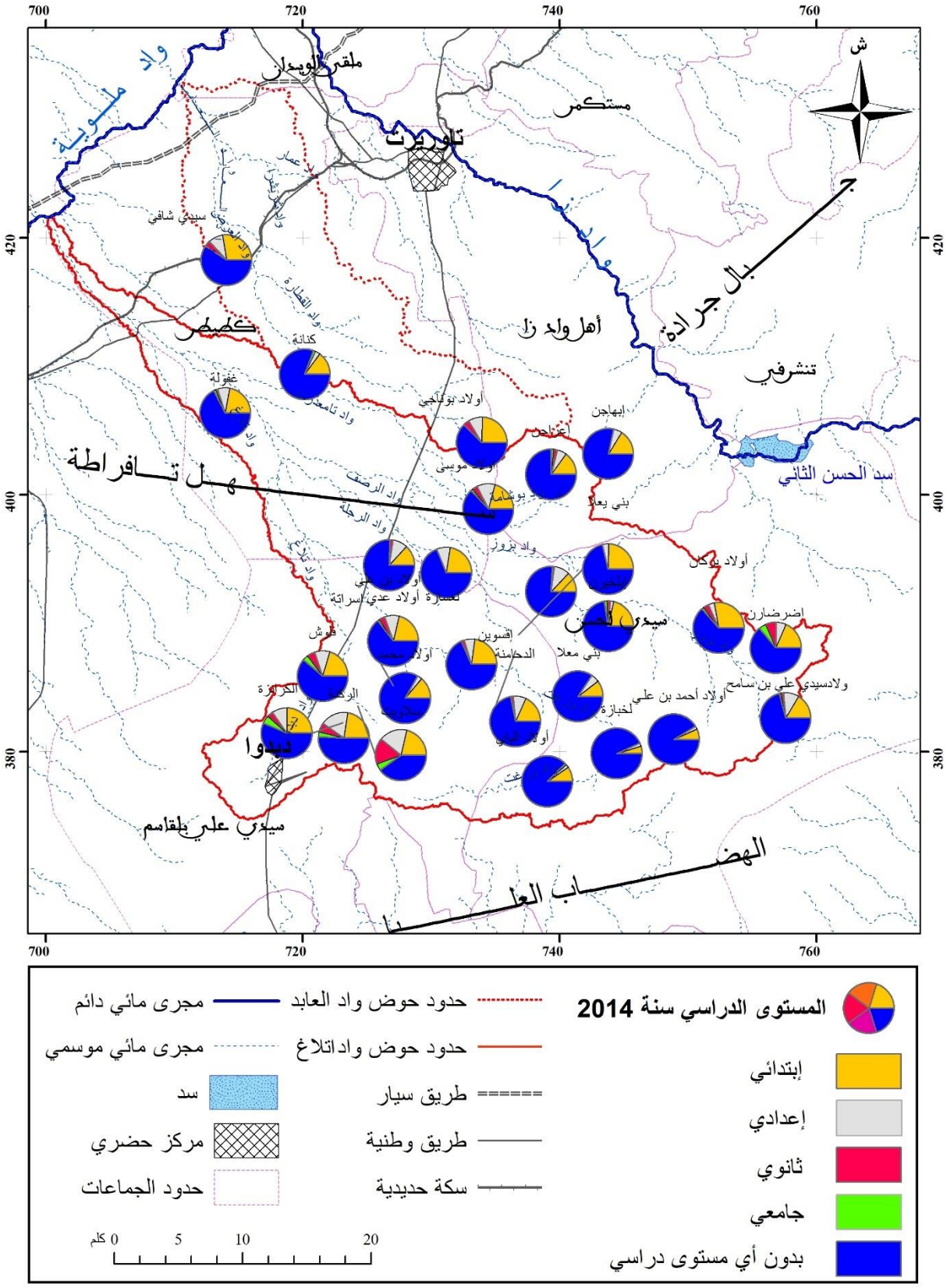
إضافة إلى عدم توفر هذه المساكن على المرافق الأساسية للعيش، حيث 25.7% فقط تتوفر على حمام من نوع محلي أو حمام عصري أو "دوش"، 45.1% عن مرحاض، و89.3% عن المطبخ. كما أن عمر المسكن يمثل 22.5% أقل من 10 سنوات، و23.7% ما بين 10–20 سنة، و39% 50–20 سنة، و14.9% أكثر من 50 سنة. أي أن أكثر من نصفها قديم وهش. متوسط عدد السكان بالغرفة الواحدة هو 2.4 شخص، ويصل في بعض الدواوير إلى 3.4 شخص بالغرفة.

1_4: مستوى تمدرس السكان وضعف المستوى التعليمي

إن معظم سكان حوضي اتلاغ والعابد لم يتلقوا تعليما مدرسيا حيث يتبين من الاستمارة أن 27.7% لم يلتحقوا بالمدرسة و33% المستوى الابتدائي، علما أن المستجوبين كلهم ذكور، و70% منهم تقل أعمارهم عن 40 سنة. وهذا ما تؤكده معطيات المندوبية السامية للتخطيط في إحصاء 2014، حيث يتبين أن المستوى التعليمي لساكنة حوضي اتلاغ والعابد يعرف انخفاضا كبيرا (الشكل رقم 142)، ويعزى هذا إلى قلة أو ندرة المؤساسات التعليمة.

تبين من خلال معطيات إحصاء 2014 أن 81.1% من الساكنة البالغة 15 سنة ما فوق، بدون مستوى تعليمي وبعض الداواوير تصل إلى 98%، والساكنة التي تلقت تعليم ابتدائي تبلغ 12.6%، و4% مستوى إعدادي، أما الباقي يتمثل في التعليم الثانوي والعالي حيث يشكل هذا الأخير فقط 0.6%، من مجموع الساكنة وأغلب الدواوير تنعدم بها هذه الفئة.

يتضح مدى استفحال ظاهرة الأمية داخل حوضي اتلاغ والعابد، ويرجع هذا إلى غياب تمدرس الأطفال وتشغيلهم في الفلاحة وتربية الماشية، التي عرفت زيادة في عدد رؤوسها مع تزايد عدد أفراد الأسر، وبالتالي الضغط غير المسؤول على الموارد الطبيعية الهشة.



الشكل رقم 142: توزيع المستوى التعليمي بداواوير حوضي اتلاغ والعابد

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط 2014.

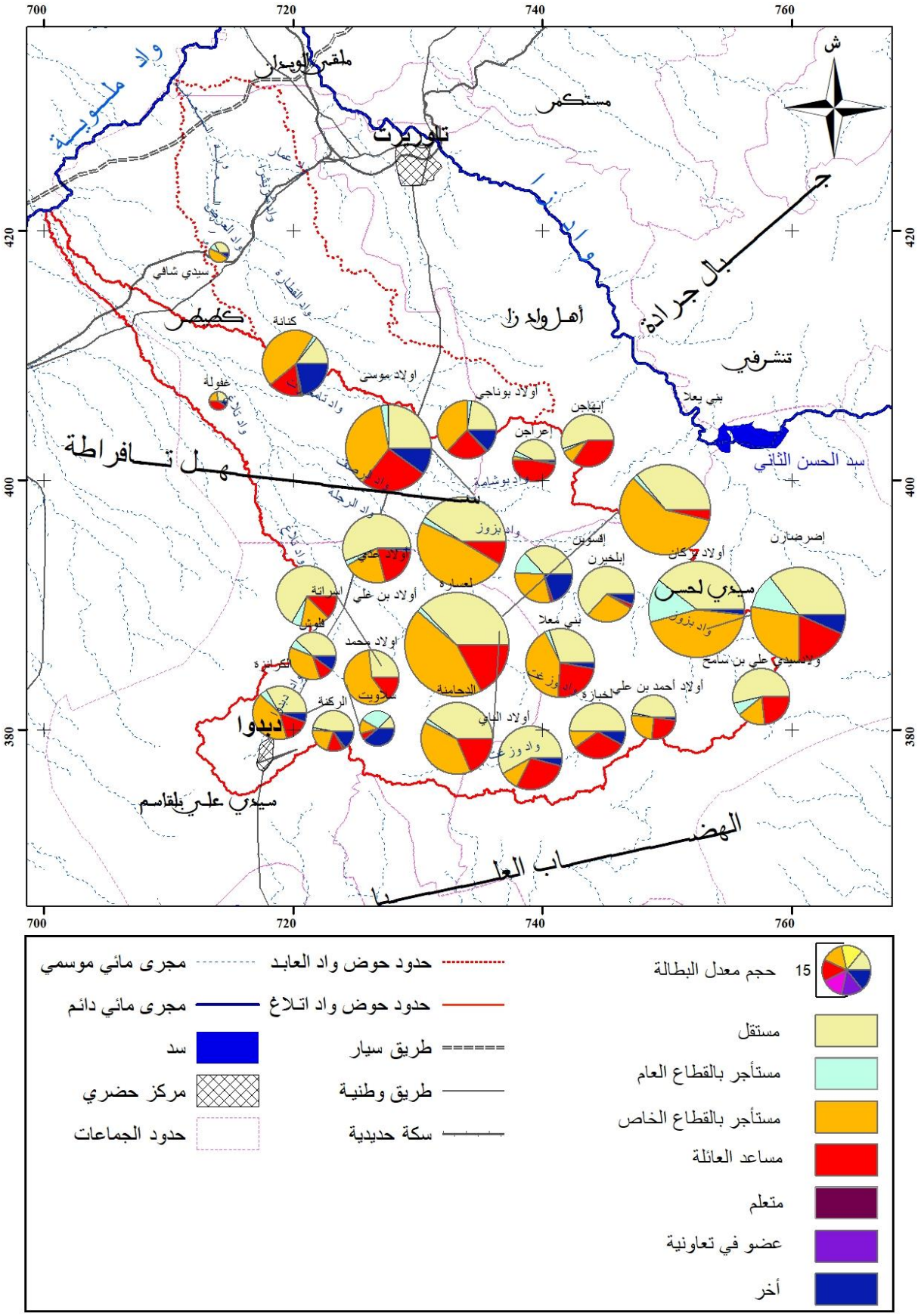
كما أن استفحال الأمية بالمنطقة، يعود أيضا إلى ارتفاع معدل الفقر، فضلا عن عدم استفادة جميع الأطفال البالغين سن التمدرس من البرامج التعليمية الرسمية في المنطقة، بالرغم من رغبة الآباء حاليا في تدريس أبنائهم.

1_5: الأنشطة والمهن المزاولة

الأنشطة التي يمارسها السكان يغلب عليها طابع العمل الفلاحي حيث يتبين من خلال الإستمارة أن 60.7% من المستجوبين يمارسون أنشطة فلاحية، و7.1% أنشطة تجارية، و14.3% هم عمال مأجورون، و6.3% أجابوا بأنهم عاطلون عن العمل، والباقي يزاوج بين التجارة والعمل المأجور والفلاحة. أما حسب المعطيات الرسمية للمندوبية السامية للتخطيط سنة 2014، فإن متوسط معدل النشاط للبالغين من العمر 15 سنة أو أكثر بهذه الدواوير سجل 8.9%، ويتراوح من 1% إلى 46% حسب حجم الدوار.

يمثل متوسط عدد النشيطين البالغين من العمر 15 سنة أو أكثر بالمنطقة 17.8، ومتوسط عدد النشيطين المشتغلين هو 4.9 (الشكل رقم 143). وتنقسم هذه الفئة إلى مهن مستقلة وقطاع خاص أو عام، ومساعد للعائلة وعضو في تعاونية. يبلغ متوسط معدل البطالة للبالغين من العمر 15 سنة أو أكثر 66.6%، وفي بعض الدواوير يصل إلى 100%، وتفشي البطالة يدفع للهجرة من هذه المناطق والرفع من نسبة الفقر، مما يؤدي إلى استعمال المجال بطرق تؤدي إلى التدهور كاستعمال الغابة لإنتاج الفحم.

يتبين من شكل الحالة المهنية للنشيطين المشتغلين بهذه الدواوير أن صفة مشغل 0%، ومستقل 19% حيث بعض الدواوير تصل إلى 100%، ثم مستأجر بالقطاع العام 11%، ومستأجر بالقطاع الخاص 27.4% ومساعد عائلي 37.9%، ثم متعلم 0، وعضو في التعاونية 2.1%، والباقي حالة أخرى.



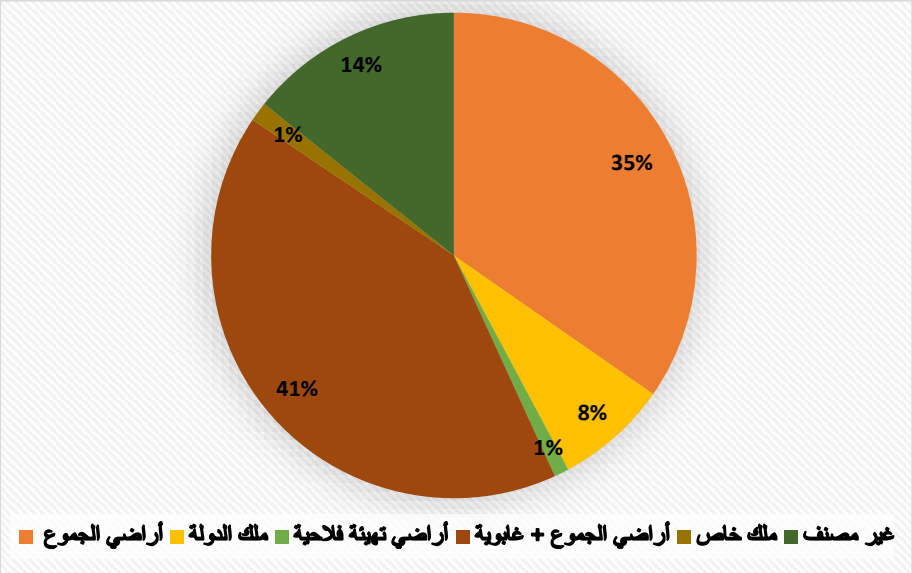
الشكل رقم 143: حجم معدل البطالة والحالة في المهنة للنشيطين المشتغلين بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط 2014.

يتبين من خلال الشكل رقم 143: حجم معدل البطالة والحالة في المهنة للنشيطين المشتغلين بحوضي اتلاغ والعابد، ومعطيات المندوبية السامية للتخطيط، ونتائج الاستمارة الميدانية أن ضعف تعدد وتنوع الأنشطة واقتصارها على الأنشطة الفلاحية الضعيفة التي لا تستجيب لحاجيات السكان الآنية والمستقبلية، وتساهم في الضغط على الموارد الطبيعية الهشة لإشباع حاجيات السكان بنظم استغلال حديثة قد تكون أشد خطورة على استدامة الموارد وتحقيق التوازنات البيئية.

1_6: البنية العقارية لأراضي حوضي اتلاغ والعابد

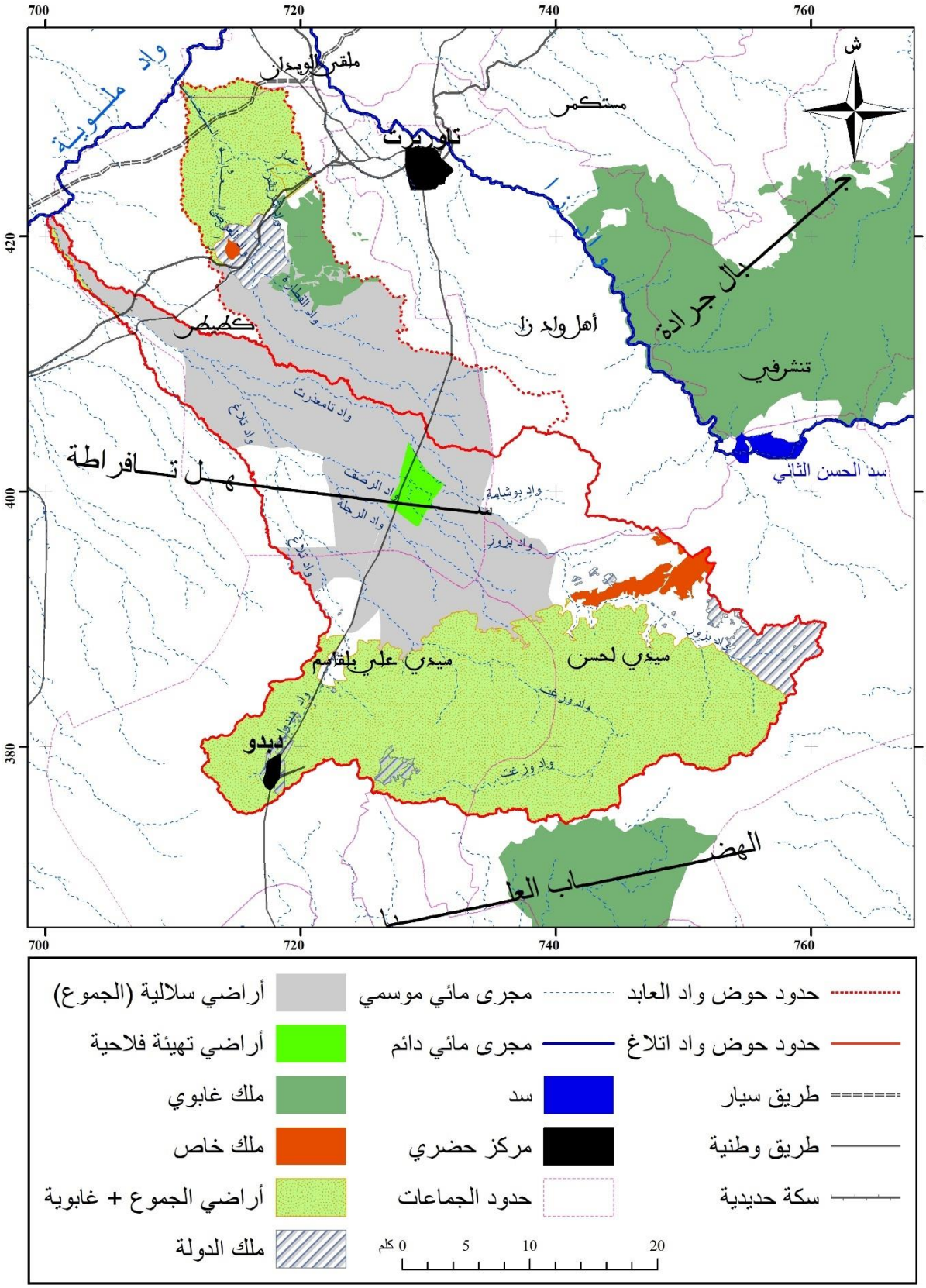
يغلب على الأراضي الصالحة للزراعة والرعي الطابع السلالي (الشكل رقم 144)، وتتوزع أراضي الجموع على تحديدين إداريين، الأول (التحديد الإداري للسجع وأولاد المهدي، وغفولة، بني شبل)، والثاني يضم أراضي بجماعة سيدي لحسن وسيدي علي بلقاسم، مضموم به أراضي المياه والغابات، وأراض بجماعة لقطيطر.



الشكل رقم 144: توزيع نسبة المساحة للبنية العقارية بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: الجماعات، والمحافظة العقارية تاوريرت

تنقسم مساحات الأراضي بحوضي اتلاغ والعابد إلى أراضي سلالية تشكل 35% من مجال الدراسة، حوالي 49 ألف هكتار وتشمل أغلبها سهل تَفراطة (الشكل رقم 145)، وأراضي جماعية هي بدورها سلالية، ولكن هذه مضمومة إلى بعض مساحات المياه والغابات، وتشكل 41% من المجال، أي حوالي 58 ألف هكتار. ويمكن القول أن أراضي الجموع بالمجال تشكل ثلاثة أرباع من مساحة المجال؛ ثم تليها من حيث المساحة الأراضي غير المصنفة أو غير المصرح بها لدى المحافظة العقارية، أو هي عبارة عن مطالب للتحفيظ، أي في طور التحفيظ، سواء الجماعي في إطار مشروع، أو الخاص. وتشكل 14% من المساحة أي حوالي 20 ألف هكتار، ثم الملك الغابوي بـ 3376 هكتار، وأراض سلالية ولكنها في إطار مشروع تهيئة تَفراطة (المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لملوية)، وتقدر بـ 1330 هكتار، والملك الخاص يشكل حوالي 1817 هكتار.



الشكل رقم 145: خريطة البنية العقارية

المصدر: خلفية خرائط المحافظة العقارية 1:20000 وقاعدة معطيات الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية والمسح العقاري والخرائطية.

1_7: الهشاشة الاجتماعية وضعف الخدمات

بالرغم من التدخلات التي شهدتها مجالات التراب الوطني من طرف متخذي القرار من أجل تحسين الظروف الاجتماعية للفئات الهشة، ومساعدتها على الاندماج الاجتماعي والاقتصادي (Sbai et al. 2021)، إلا أن البعض منها لا زالت تتخبط تحت وطأة الهشاشة بشكل عام (زروق وآخرون، 2019)، خاصة الهشاشة الاجتماعية (Sbai et al. 2019). يتبين من خلال ملاحظة الواقع في عدد من الخرجات الميدانية لمجال الدراسة، أن الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية لساكنة المنطقة تعرف هشاشة اجتماعية مهمة (موادیلي وآخرون، 2019_ج)، وهذا تؤكده تقارير المندوبية السامية للتخطيط، وذلك من خلال تصنيفها لمؤشر الفقر والهشاشة سنة 2014 بالجماعات التي يوجد بها حوضي اتلاغ والعابد، (الجدول رقم 62).

الجدول رقم 62: مؤشر ومعدل الفقر لجماعات حوضي اتلاغ والعابد سنة 2004-2014

الجماعة	توزيع أشكال الفقر لسنة 2014 (%)			تقسيم الفقر حسب مصدر الحرمان (٪) 2014				شدة حرمان الفقراء (٪)، 2004	مؤشر الفقر متعدد الأبعاد (٪)، 2004	معدل الفقر متعدد الأبعاد (٪)، 2004	شدة حرمان الفقراء (٪)، 2014	مؤشر الفقر متعدد الأبعاد (٪)، 2014	معدل الفقر متعدد الأبعاد (٪)، 2014	معدل الفقر العام (%) ، 2014
	النواة الصلبة للفقر تراكم الفقر	الفقر متعدد الأبعاد فقط	الفقر النقدي فقط	ظروف الحياة		الصحة	التعليم							
				ظروف السكن	الحصول على الماء والكهرباء									
سيدي علي بلقاسم	10.6	21.9	12.1	20.2	25.4	3.7	50.7	47.5	32.9	69.2	45.6	14.7	32.2	44.6
سيدي لحسن	11.1	41.5	5.1	24.7	26.9	2.6	45.7	50.4	38.2	75.7	46.7	24.5	52.6	57.6
أهل واد زا	5.9	21.9	9.7	16.6	27.4	5.7	50.3	49.6	27.0	54.4	45.1	12.5	27.8	37.5
قطيطر	5.2	25.8	10.1	11.4	22.6	7.8	58.2	47.6	27.2	57.2	45.3	14.0	30.9	41.2

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط

يتبين من خلال جدول مؤشر ومعدل الفقر أن جماعة سيدي لحسن هي التي سجلت أكبر معدل الفقر لسنة 2014، حيث وصل إلى 57.6%، ثم تليها جماعتي سيدي علي بلقاسم ولقطيطر بـ 44.6% و41.2%، ثم جماعة أهل واد زا 37.5%. وهذا ما يفسر نسبة معدل الفقر المتعدد الأبعاد الذي انتقل بجماعة سيدي لحسن من 75.7% سنة 2004 إلى 52.6% سنة 2014 أي انخفض بـ23%. كما عرف انخفاضا بجماعة سيدي علي بلقاسم وأهل واد زا ولقطيطر، بين سنة 2004 و2014، حوالي 30%. إلا أن مؤشر الفقر بهذه الجماعات عرف انخفاضا مهما بين سنتي 2004 و 2014 حيث انتقل من 32.9% سنة 2004 إلى 14.7% سنة 2014 بجماعة سيدي علي بلقاسم أي انخفض بـ18.2%، وفي سيدي لحسن ب13.7%، وأهل واد زا ب14.5%، قطيطر ب13.2%. ثم نسبة شدة حرمان الفقراء لم تعرف انخفاضا ملموسا حيث لم يتجاوز 3% في العشر سنوات.

كما أن تقسيم الفقر حسب مصدر الحرمان سنة 2014 عرف نسبا متقاربة بين جماعات حوضي اتلاغ والعابد، حيث سجل التعليم مابين 45% بجماعة سيدي لحسن، و58% بالقطيطر، ثم الصحة سجلت أدنى قيمة بسيدي لحسن 2.6 و7.8 كأعلى قيمة بقطيطر، ثم ظروف الحياة المرتبطة بالربط بالكهرباء

والماء الصالح للشرب وظروف السكن تراوحت نسبها مابين 11% و27% بالجماعات المدروسة، ثم أن تراكم الفقر سجل أعلى قيمة بجماعة سيدي لحسن بـ 11.1%، وأدنى قيمة بجماعة قطيطر حيث وصل إلى 5.2%.

اعتمادا على المعايير السالفة الذكر (تفشي الأمية، ضعف النشاط المهني الأساسي، ضعف نسبة التمدرس وارتفاع مستوى البطالة...)، فإن المنطقة توجد في خانة الفقر الحاد، والذي يتوافق مع نتائج المندوبية السامية للتخطيط سنة 2014، والتي بينت ارتفاع حدة الفقر بالمنطقة الشرقية عموما، بأريافها خصوصا، مقارنة مع بعض الجهات الأخرى من التراب الوطني.

كما تعرف المنطقة انخفاضا كبيرا من حيث الخدمات الاجتماعية وأحيانا تنعدم في معظم الدواوير بمجال الدراسة، حيث لا تتوفر على أي مستوصف أو صيدلية، فأقرب مركز صحي لبعض الدواوير يبعد أكثر من 30 كلم، أما المرافق السوسيوثقافية فلا توجد إلا بالمدن المجاورة. يتبين من خلال الاستمارة في السؤال المتعلق بالانتظارات من الدولة، أن فئة مهمة تنتظر بناء مستوصف أو مركز صحي، واحتياجات أخرى مهمة وذات أولوية بالنسبة للساكنة كالمدرسة والشغل والدعم الفلاحي. كما يتبين أن هذا الضعف من حيث الخدمات الاجتماعية وضعف التجهيزات العمومية بهذه الأوساط عامل مفسر للهجرة التي تعرفها دواوير حوضي اتلاغ والعابد، خصوصا في الفئة الشابة، فلا تكاد تخلو أي أسرة بالمنطقة من هجرة أحد أفرادها.

بالرغم من إحداث بعض البنيات التحتية بالمنطقة كالطرق المعبدة التي تخترق أرياف المنطقة وتتصل بمراكزها القروية والحضرية ولو أن متوسط المسافة الفاصلة بين المسكن والطريق المعبدة للدواوير المدروسة هي 8 كلم تبقى عالية نسبيا، مقارنة مع المناطق الأخرى، والربط بشبكتي الكهرباء والماء الصالح للشرب النسبي، وبناء المستوصفات والمدارس بالرغم من عائق المسافة، فإن تيار الهجرة مسلسل لا يتوقف، بل متجدد باستمرار، ويفسر بغياب فرص الشغل والأنشطة المدرة للدخل؛ وهذا ما يتأكد من الاستمارة، وعدم وجود فضاءات تحتضن المشاريع الكبرى التي تلبي الحاجيات الأساسية للسكان المحليين وتضمن استقرارهم بالمجال، حتى يساهموا في تنمية مواردهم.

2_: أنماط استغلال الأراضي بحوضي العابد واتلاغ ونتائج ذلك على الوسط البيئي

يعرف حوضا اتلاغ والعابد أشكالا متعددة من التدهور خاصة التعرية المائية والريحية التي تتعدد مظاهرها، نتيجة تعرية السطوح سواء بشكل طبيعي أو بالتدخل البشري وضغطه المكثف على المجال، مما يؤدي إلى تدهور الغطاء النباتي باستعمالاته العامة (الاجتثاث، والرعي الجائر، والطهي، والتدفئة، وإنتاج الفحم...). مما يؤدي إلى تميز أنماط وأساليب هذا الاستغلال بتحولات سريعة غير ملائمة مع الوسط الهش، لذا وجب تقييم تأثير هذه الأنماط على الأوساط الطبيعية خصوصا وعلى الوسط البيئي عموما، بهدف تشخيصها واستشراف مستقبلها.

2_1: الأنشطة السوسيواقتصادية (الفلاحة)

يرتكز النشاط الاقتصادي لساكنة حوضي اتلاغ والعابد على الزراعة وتربية الماشية:

*الزراعة: يتميز القطاع الزراعي بزراعة مسقية وأخرى بورية.

*الرعي: يعتمد السكان القرويون على تربية الماشية بأنواعها.

2_1_1: الزراعة المسقية

تمتد أغلب الأراضي المسقية على ضفاف الأودية: واد زا وملوية بشكل عام بالمنطقة، وبالمنخفضات بحوضي اتلاغ والعابد، مستفيدة من التربة الخصبة التي يتم استغلالها بشكل مكثف ومستمر طول السنة، الشيء الذي يقلص من مردوديتها، وينهك تربتها، وهي في الغالب أراض يتم سقيها بالآبار ماعدا مشروع تافرطة (1330 هكتار) حيث تم له نقل الماء من مسافة 25 كلم من سد لغراس.

ظهرت الأراضي المستغلة بالسقي بكثرة خاصة في السنوات الأخيرة، وذلك بفعل تدخل الدولة لدعم استصلاح الأراضي والتزويد بالنباتات للغرس، ثم الدعم في الري بالتنقيط والمساهمة في بناء الحوض المائي. وأغلبها بها مغروسات الزيتون والكلأ، ولكنها لم تسلم من التدهور خاصة التعرية التراجعية (الصورتان رقم 48 و49) بالرغم من تدخل الساكنة لتهيئة بعضها بالمدرجات أو إقامة حواجز (الصورة رقم 67).

الصورة رقم 65: شجرة الزيتون شاهدة على تراجع التعرية، وتدخل الإنسان غير المعقلن

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 17 أبريل 2021.

توضح الصور رقم 48 شجرة شاهدة على تراجع التعرية وسرعة زحف الأساحل بسهب الفيضة، ويتسبب كذلك في ضياع تقنيات الري بالتنقيط كما هو الحال في الصورة رقم 49. هذا النوع من أنماط الاستغلال ناقص وغير مفيد، وليست من أنماط اعداد الأوساط الهشة لرفع مستوى حماية المناطق، وهذه الاستنتاجات مهمة بالنسبة للمعد ويجب أخذه بعين الاعتبار، علما أن هذه المشاريع أغلبها تستفيد بالدعم من طرف الدولة، في اطار النهوض بالقطاع الفلاحي وكذلك المحافظة على البيئة واستدامة الموارد.

الصورة رقم 66: وصول التعرية المائية إلى شجر الزيتون حديث الغرس، وضياع معدات الري بالتنقيط

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 17 أبريل 2021.

يتضح من الصور أن الإنسان هو الذي يقترب من مناطق خطر التعرية، بالرغم من كون التعرية التراجعية تهدد المحاصيل الزراعية إلا أن تدخل الإنسان المعقلن يمكن أن يحد ويخفف من هذا الخطر بتدخل أنماط اعداد مفيدة لهذا الوسط الهش. ثم من أهم ما يلاحظ من خلال الصورة أن هناك تشجير (الزيتون) يعني من المفترض أن تحد من التعرية، في حين يتبين أن حتى أدوات التقطير ضاعت. يلاحظ أن بين شجرة وشجرة فراغ، ثم أدوات التنقيط بين الشجرتين (أي الشجر في النعيم وما بينهما في الجحيم). حينما يكون السطح عار وليس هناك مسارب الماء التي تسهل عملية انسيابه إلى الشجرة، تبقى تلك المساحات تائهة وفارغة وصلداء وبالتالي تساهم في الرفع من سرعة الجريان. إضافة إلى أن هذه الرقع ممنوع فيها الرعي، أي ممنوعة على الماشية، وبالتالي يقل أو ينعدم دور حوافر الماشية في تكسير القشور المطرية ثم تهيئة السطح للنفاذية. رغم كون هذه العملية تساهم في التعرية الريحية إنما لها دورها في الزيادة في النفاذية بفعل تهشيم السطوح المصلدة.

الصورة رقم 67: تدخل بوضع حواجز ترابية لمنع التعرية التراجعية بسهب الفيضة.

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 17 أبريل 2021.

التحولات التي شهدها الحوضان خلال الفترة الأخيرة، ولهفة الكل عن إنشاء ضيعات فلاحية، من خلال الاستفادة من دعم الدولة، دون مراعاة المواد الطبعية المتمثلة في الفرشة المائية والتربة قد يكون التحول والتدخل المعقلن والمدروس بالمجال؛ إيجابي نسبيا للتعرية المائية وذلك بتثبيت التربة بعد تهية الأرض، إذا ما استثنينا هذه الحالات التي تتمثل في التعرية التراجعية والأساحل. ذلك لأن الحوضين يعرفان مساحة مهمة من الأراضي المسقية تقدر بحوالي 8807 هكتار، وهي موزعة على حوض واد العابد بـ1771 هكتار وعلى حوض واد اتلاغ بـ7036 هكتار، بما فيها 1330 هكتار المتعلقة بالدائرة السقوية لتَفراطة. و تعرف هذه الأراضي نوعا من الاستقرار من حيث مظاهر التعرية، بالرغم من سلبيات هذا النمط من الاستغلال.

2_1_2: الزراعة البورية

الزراعة البورية مردوديتها ضئيلة وغير منتظمة حسب المواسم الممطرة وتربتها فقيرة تشغل عادة في زراعة الشعير والقمح الطري، وتتشكل أغلبها بل جلها من أراضي الجموع.

كانت الزراعة قديما ترتكز على الحبوب التي تمثل قوت الساكنة الأساسي، خاصة أنصاف الرحل، وتشكل نوعا من التكامل مع تربية الماشية، كما كانت وسائل وأدوات جمع الحبوب من أصل طبيعي محلى، استخدمها السكان منذ القدم وذلك بتناغم مع متطلباتهم، وكانت تخزن محاصيل الحبوب في المطامير، للحفاظ عليها، وفي الحصائر المنسوجة من نبات الحلفاء، أو أكياس من صوف الغنم وشعر الماعز. كانت تخزن للقوت وليس لعلف الماشية حيث كانت المراعي تلبي حاجياتها الرعوية وذلك بخلق توازن بين الموارد الطبيعية ورؤس الأغنام، والترحال أو نصف الترحال. أما اليوم وأمام تدهور هذه المراعي ثم تحسن مستوى عيش السكان، أصبحت زراعة الحبوب ضرورية لتوفير العلف للماشية، مما أدى إلى اجتثاث أراض رعوية شاسعة وتحويلها إلى أراض محروثة بورية، وشجع على ذلك ارتفاع المردود في المراحل الأولى من الاجتثاث، حيت تكون التربة خصبة وغنية بالمواد العضوية وعوامل أخرى سنذكرها فما يتعلق بتوسيع الرقعة المزروعة على حساب المراعي.

يتبين من خلال الاستمارة أن مساحة أراضي الزراعة البورية تقل عن 10 هكتار لأكثر من نصف المستجوبين، ومن 10 إلى 20 هكتار تشكل 18.8% من العدد الإجمالي، ومتوسط المساحة البورية المستغلة هو 8.99 هكتار بالنسبة للذين يملكون أو يستغلون هذه الأراضي، وبمتوسط كذلك 2.69 مشارة، أي يمكن استنتاج من هذه المعطيات أن متوسط المشارة بالمجالات البورية هو ثلاث هكتارات فقط، وهذا ما يؤكده سؤال المساحة المزروعة بالهكتار في السنة بمتوسط 8.17، وهذه المساحات حسب الاستمارة منها 19.6% ينتجون الأعلاف، بما فيها 12.5% ينتجون أقل من 70 قنطار في السنة. ويتبين أيضا أن متوسط المردودية في الهكتار في السنوات الجيدة هو 13.15 حسب تصريح المستجوبين وفي السنوات الجافة 4.3 قنطار في الهكتار، قد تكون غير كافية للعلف الماشية وقت الشدة، ويتبين هذا بالاستمارة الميدانية أن 5.4% فقط يرون أنها كافية لسد حاجياتهم وعدم التوجه إلى السوق.

يتبين أيضا أن 72.3% يعلمون بإستراحة الأرض وأغلبهم لمدة سنة بهدف الراحة، وتستعمل هذه الأراضي المستربحة في الرعي، كما أن الأراضي المستغلة بوريا تعتمد على تقنيات الجرار بـ83%، وآلة الحصاد بـ63.4%، ثم أن 59.8% تحرث عكس اتجاه الانحدار والباقي في إتجاه الانحدار أي أن 40.2% مفعولها على التربة سلبي، وهذا ما يتأكد من خلال دراسة السلوك الهيدرولوجي لأنماط الاستغلال حيث يتبين أن نسبة إقتلاع التربة للأراضي المحروثة في اتجاه الانحدار أكثر بكثير من الأراضي المحروثة عكس الانحدار. ثم يتبين أن أغلب المستغلين يقوم بالرعي بعد الحصاد، وهذا قد يهيء الأراضي بحوافر المواشي خاصة في فصل الصيف، مما يساهم في التعرية الغشائية سواء الريحية أو المائية منها، خاصة في بداية الخريف كما تم التطرق إليه فيما يتعلق بعدوانية التساقطات. ثم يتضح أن هذه الأراضي تعرف أشكالا تعروية تتعلق بالشعاب بنسبة 80%، وبالتذرية الريحية بـ16.1% حيث تتدخل الساكنة لتهيئتها بتقوية الأودية بالأحجار بنسبة 50.9% والباقي بالمدرجات أو التشجير. ثم هناك من تخلى عن هذه الأراضي بسبب التدهور ولكن بنسب قليلة، حيث أن ظهور مؤشرات التدهور بالنسبة للساكنة المستجوبة بالأراضي المرزوعة تمثل 15.2% والأراضي المحروثة بـ52.7%، والأراضي البائرة بنسبة 28.6%. وهذه المظاهر تتجلى في ظهور الخدوش بـ19.6% والخدات بـ21.4%، واندكاك التربة بنسبة 16.1%، وتغير لون التربة بـ9.8%، ثم بتراجع المحصول بـ50%. (مجموع هذه النسب يفوق 100% لأن أغلب الإجابات متعددة، أي اختياران وما فوق).

بالرغم من الاستمارة والمعاينة الميدانية والتجارب التي أنجزت على سطوح هذه الأراضي، تبقى دائما الأراضي المحروثة تعرف تعرية خفية من الصعب ضبطها.

2_1_3: الرعي الواسع

يستفيد سكان المنطقة من مراع شاسعة، حيث تسود تربية الماعز بالمناطق الجبلية (عالية الحوضين) التي تضم غطاء نباتيا وفيرا مقارنة بالسهول، التي تعرف تربية الأغنام.

رغم تزايد وانخفاض عدد القطعان بسبب توالي سنوات الجفاف إلا أن قطاع تربية الماشية يمثل أحيانا الدخل الرئيسي لبعض السكان، نظرا للإمكانيات الطبيعية التي كانت تتوفر عليها المنطقة، من تعدد للمراعي الشاسعة، وتنوع نبات الحلفاء والشيح والأعشاب الطبيعية الأخرى. لذلك قديما كان يتسبب هذا النشاط في صراعات قبلية خاصة في أوقات الجفاف (عثماني، 2015).

تتحكم في هذه المجالات الرعوية الظروف الطبيعية، نظرا للتباين الذي يعرفه الغطاء النباتي الناتج عن التدرج التضاريسي، ويتميز المجال بصنفين من المجالات الرعوية منها ماهو ضعيف الانحدار، أي مراعي السهوب ومنها مراع جبلية أو غابوية خاصة في العالية (عبد السميع، 2015).

يمتد الصنف الأول على سهل تَفراطة رغم الظروف المناخية الحالية التي لا تساعد على نمو وتجدد النباتات سواء الأصلية (الشيح والحلفاء والحرمل...) أو المستوردة مثل القطل الأسترالي (جماعة قطيطر)، هذا إلى جانب التدخل البشري غير المعقلن عن طريق الرعي الجائر وتوسيع المجال الزراعي.

تنتشر بالمراعي المنخفضة تشكيلات من قبيل الحرمل الذي لا تستسيغه المواشي، وهو نبات عشبي معمر، يبلغ ارتفاعه حوالي نصف متر، ذو أوراق مستطيلة وأزهار بيضاء تعطي ثمارا بيضاوية الشكل بها بذور سوداء صغيرة، وقيمته الرعوية ضعيفة أو منعدمة، كما يستخدم في الطب الشعبي. ثم الحلفاء وهو نبات عشبي معمر شبه نجلي، سيقانه أسطوانية ذات قائمة متفرعة من الأسفل، يميل إلى اللون البني عند النضج، وقيمته الرعوية لابأس بها، ويستخدم في صناعة الورق والحصير. ثم الشبرك وهو نبات عشبي معمر يبلغ ارتفاعه نصف متر ويصنف ضمن النباتات ذات الأوراق الشوكية، وقيمته الرعوية ضعيفة خاصة للماعز، ويستخدم في الحطب المنزلي للتدفئة وطهي الطعام. ثم الشيح ونموه الطبيعي عشبي معمر بري، صغير وسنوي، يفوق ارتفاعه نصف المتر، يتفرع من القاعدة بأفرع خضراء مضلعة ملمسها خشن، وهي مستديمة الإخضرار مكسوة بشعيرات رمادية، وله رائحة عطرية جميلة ولكن بمذاق مر، وقيمته الرعوية مستحسنة كما أنه يستخدم في العلاجات الطبية.

هذه الموارد الرعوية تتراجع وتختفي أو تنقرض أحيانا ويتجلى هذا في ظهور تشكيلات جديدة أصبحت تتأقلم مع الظروف الحالية (مثل الشنان *Aphyllum Anabasis*" توساية بالإسم المحلي"، والبروق Asphodèles-berweg، والحرمل *Harmala Peganum*). تتميز التشيكلات النباتية على العموم بكثافة ضعيفة، غالبا ما تكون متناثرة وبعيدة عن بعضها البعض، مما يساعد في تنشيط التعرية المائية واحتدام مشكل التدهور.

يمتد الصنف الثاني بالمناطق الجبلية ويتميز بمحدودية مساحته مقارنة مع المجالات السهوبية، وتتميز بالطابع الغابوي من تشكيلات البلوط الأخضر والعرعر والأزير أو إكليل الجبل ونباتات أخرى محدودة المساحة وأغلبها متدهور، منها ما يدخل ضمن ملك العام للدولة أو الملك الغابوي، تفتح أحيانا في وجه الرعاة لكن مقابل أداء واجب الاستغلال وذلك حسب حجم القطيع.

تبين من خلال الاستمارة أن حركة القطيع بالمجال الغابوي والنبات الطبيعي تمثل 43.8% بما فيها المراعي السهلية، ومراعي الحقول أو الأراضي المستريحة أو الرعي بعد الحصاد، تمثل 34.8%، لأنها محدودة المساحة والفترة.

2_1_4: الرعي المكثف

يرتكز الرعي المكثف على تربية الأغنام والأبقار بالعلف، التي تعتبر مصدرا مهما لإنتاج الحليب وتسويقه، وتنتشر تربية الأبقار بالمناطق المسقية معتمدة في ذلك على الزراعات العلفية، والأغنام تكون موجهة إلى السوق، سواء موسميا (عيد الأضحى) أو سنويا. وذلك بعد تحول النشاط الرعوي من الترحال إلى الاستقرار، ثم تقلص وتراجع مساحة المراعي، وهذا ما يتبين من خلال الاستمارة عند البحث في تقييم المراعي الطبيعية فكانت 62.5% أجابت بأن المراعي في تراجع و14.3% في تذبذب، والسبب في نظرهم هو المناخ بنسبة 73.2%، و10.7% بسبب ارتفاع حجم القطيع. ساهمت ظروف الاستقرار في تقليص هذه المساحة، ولكن ذلك لم يؤدي إلى التخلي عن نشاط الرعي بل ظل حاضرا في الحياة الاجماعية

والاقتصادية للسكان، وعرف تحولات على مستوى بنيته وحجمه مما أدى إلى الضغط على المراعي التي تتراجع رقعتها، وبالتالي عدم تلبية حاجيات القطيع، لذلك ظهرت تربية الأغنام والأبقار بالعلف.

من خلال البحث الميداني، يتبين أن 41.1% تعتمد على العلف مقابل 3.6% لا تعتمد عليه، و19.6% تعتمد أحيانا أي ظرفي خاصة في فصل الشتاء، و35.7% لم يجيبوا، ولكن الفئة التي تعتمد على العلف للكسب تمثل 41.1%، وللتسمين أو هما معا، تفوق 20%، ثم أن 42.9% تنفق على العلف سنويا أقل من 2000 درهم بمتوسط 1254.33 درهم للرأس، وبالتالي هل هناك موازنة بين أثمنة تكاليف علف الأغنام مع مداخيل بيع الخرفان. "يختلف ثمن بيع الخروف والماعز من موسم لآخر. عموما، توفير العلف للماشية، خاصة خلال سنوات الجفاف، أصبح مرتفعا ومكلفا بالنظر إلى حجم الربح، وذلك من خلال استجوابات السكان الذين صرحوا بأن: « النعجة تأكل كرش وتعطي كرش»، أي تأكل تقريبا ثمن خروف وتمنح خروف للمربي. فرغم أن نشاط تربية الماشية كان مربحا في السنوات القريبة الماضية، إلا أنه أصبح حاليا ضعيفا ومهددا بفقدان الرأسمال حتى خلال السنوات العادية، وذلك نتيجة تغير أنماط الاستغلال البشري بمختلف المجالات الرعوية وحساسيتها تجاه مختلف أشكال التعرية." (عثماني، 2015).

أغلب الكسابة يستفيدون من العلف المدعم، الهدف منه هو تخفيف الضغط على المراعي من جهة، وضمان استمرار القطيع في السنوات الجافة من جهة أخرى، لكن يتبين أن بعض الساكنة الهدف من طلبها للعلف المدعم هو زيادة رؤوس الأغنام، حيث يتبين من خلال سؤال الانتظارات من تدخل الدولة هو الدعم، ولكن لماذا هذا الدعم لإضافة و زيادة بعض رؤوس الأغنام، أي لم يبق الهدف الأساسي من العلف المدعم هو المحافظة على التوازنات البيئية والطبيعة للمراعي بل يصبح يساهم في الضغط من خلال زيادة رؤوس الأغنام.

2_2: توسيع الرقعة المزروعة على حساب المراعي

ساهم الاستقرار السكاني وارتفاع وتنوع حاجاتهم، نتيجة تزايد عددهم وانفتاحهم على اقتصاد السوق الذي أصبح يفرض عليه استهلاك بضائع جديدة والدخول في معاملات لم تكن معروفة من قبل، سيجعل السكان يلجأون إلى تكثيف الإنتاج، وتوسيع الرقعة الزراعية على حساب المراعي تحكمت فيه عوامل من قبيل؛ تراجع أهمية الترحال، وازدياد عدد السكان، واستقرارهم بالمجالات الخصبة، وتزايد الاعتماد على الجرار في الحرث، ساهم في ارتفاع المساحة المزروعة بشكل سريع. وتزايد اعتماد الماشية على الأعلاف، خاصة في أوقات الشدة وقلة الكلأ (فصل الشتاء والخريف)، وقصد التسمين للبيع... والتنافس الجماعي القديم نسبيا حول اجتثاث المراعي، في إطار مجموعات عائلية ودواوير وقبائل، كان يساهم في زيادة الرقعة الزراعية...

ساهمت هذه التحولات المجالية والاقتصادية في استقرار السكان كما تم ذكره وأدت إلى بروز تحولات اجتماعية مهمة شملت عدة ميادين، نتيجة تحسن المستوى المعيشي والانفتاح على معالم الحياة الحضرية.

يتبين أن سكان المنطقة عملوا على توسيع رقعتهم الزراعية (الصورة رقم 68) على حساب المراعي خاصة الزراعة البورية كما تم الإشارة إليها سابقا.

الصورة رقم 68: توسيع الرقع الزراعية على حساب المراعي والغابة، بجماعة سيدي لحسن.

المصدر: عمل ميداني 9 يونيو 2020.

هذه الظاهرة تتسع باضطراد من سنة إلى أخرى، وتبقى الزراعات الموسمية التي تعتمد على الحبوب، الأكثر هيمنة في هذه المجالات التي تعرف توسعا على حساب المراعي، والتي تنعكس سلبا على المجال، وذلك من خلال:

- الزراعة البورية حيث لا يتوقف انتشارها على بقع السطح ذات تربة سميكة وملائمة لعمليات الحرث، وإنما تجاوزها لينال بعض السفوح المنحدرة، أي إلى جهات أكثر تعرضا لعمليات التعرية خصوصا إثر السيلان.
- انتشار الرقعة الزراعية على حساب الغطاء النباتي من حلفاء وشيح والغابة، وهي نباتات تستهلكها المواشي مباشرة، كما أنها تكون وسطا ملائما لنمو أعشاب موسمية.
- انتشار الرقع المزروعة بشكل متناثر في المجال حسب انتشار التربة القابلة للاستعمال، يجعل مساحات السطح الفاصلة بينها تتعرض للمرور والاستعمال المكثف، وتتعرض إلى رعي جائر ينتهي بتحويلها إلى سطوح عارية (الصورة رقم 69).

الصورة رقم 69: توسيع المجال الزراعي وتهيئته باقتلاع الحجارة مما قد يساهم في نشاط التعرية

المصدر: عمل ميداني شتنبر 2017.

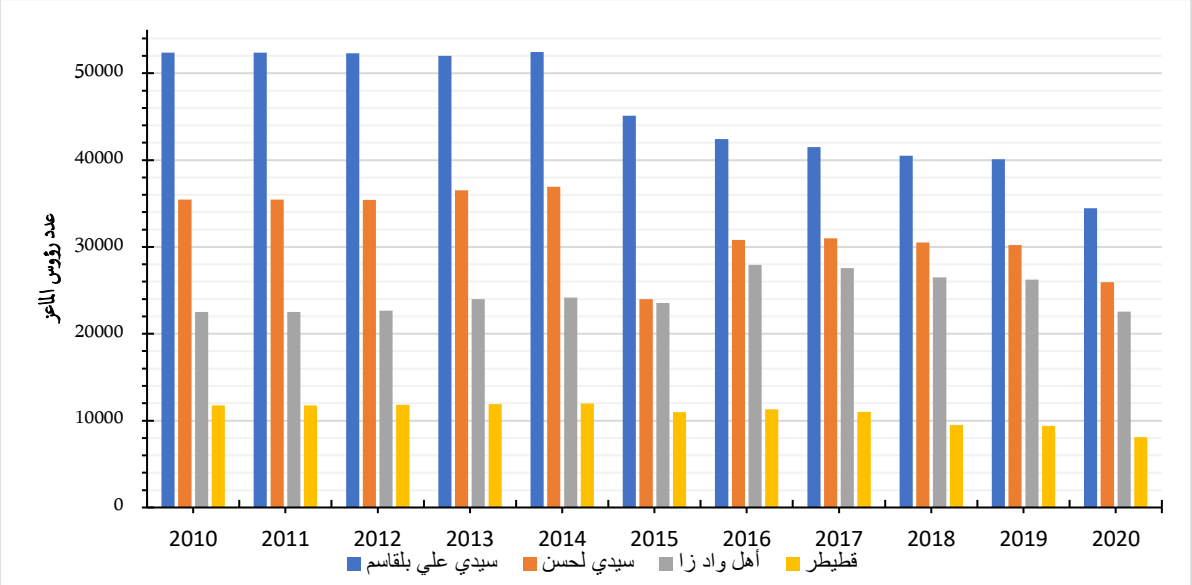
يتبين من خلال هذه الملاحظات الميدانية أن العمل الزراعي بالمجال المدروس له مردودية ضعيفة، ويتم توسيعه على حساب نباتات ذات دور هام في توفير التغذية للقطعان وحماية التربة من التعرية المائية والريحية، ويتبين أيضا أن توسيع الرقعة في الأماكن غير الملائمة لذلك يتسبب في اندلاع عمليات التعرية.

2_3: الضغط على المراعي من خلال تزايد عدد القطعان

يكتسي نشاط تربية الماشية لدى الساكنة مكانة متميزة، إذ قديما كان يعد امتلاك القطيع قي تقاليد السكان وسيلة للادخار والاستثمار، ورمزا للغنى، وعمادا للقوة والسلطة، مما يساعد على نمو الثروة الحيوانية.

يعتبر الضغط على المراعي من أسباب التدهور بحوضي اتلاغ والعابد اللذان يشكلان مساحة مهمة من جماعة لقطيطير وسيدي علي بلقاسم، وجزء من جماعة أهل واد زا وسيدي لحسن، وبالتالي فالكسابة يعملون على الاهتمام بجمع أكبر عدد ممكن من رؤوس الماشية، دون مراعاة متطلباتها العلفية وحاجياتها، الشيء الذي أصبح يطرح مشكل عدم تحمل الأراضي، نتيجة تزايد عدد القطيع.

توضح الأشكال رقم 107 و108 و109 تطور حجم القطيع بهذه الجماعات للفترة مابين 2010 و2020.



الشكل رقم 146 : تطور رؤوس الماعز بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.

المصدر: المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية بتاوريرت

يتبين من خلال الشكل رقم 146 أن تطور رؤوس الماعز بجماعات مجال الدراسة يعرف تذبذبا خلال السنوات العشرة الأخيرة، حيث عرف تناقصا بجماعة سيدي علي بلقاسم، وهي الجماعة الأكثر إحتواء لتربية الماعز، وهذا طبيعي نظرا لكونها تتميز بتضاريس جبلية، أي صنف المراعي جبلي غابوي، وكذلك تنوع مهم من التشكيلات النباتية بمجالها الغابوي ولو أنه محدود مساحيا. ويتراوح عدد الماعز بهذه الجماعة من أكثر من 50 ألف رأس سنة 2010 إلى حدود سنة 2014، ليعرف تناقصا من سنة 2015 إلى 2019، إلى 40 ألف رأس ماعز، ووصل سنة 2020 إلى 35 ألف رأس حسب المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية بتاوريرت، علما أنه يتم تسجيل فقط المواشي التي تم تلقيحها[42].

تليها جماعة سيدي لحسن، وهي ذات خصوصيات تشبه جماعة سيدي علي بلقاسم، وهي بدورها عرفت انخفاضا في عدد رؤوس الماعز سنة 2020، حيث كان ثابتا منذ سنة 2016 في 30 ألف رأس وانتقل إلى 25 ألف رأس. كما تميزت سنة 2015 بانخفاض وصل إلى 22 ألف رأس من الماعز، وعرفت السنوات من 2010 إلى 2014 استقرارا في عدد رؤوس الماعز تمثل في 35 ألف رأس ماعز بهذه الجماعة.

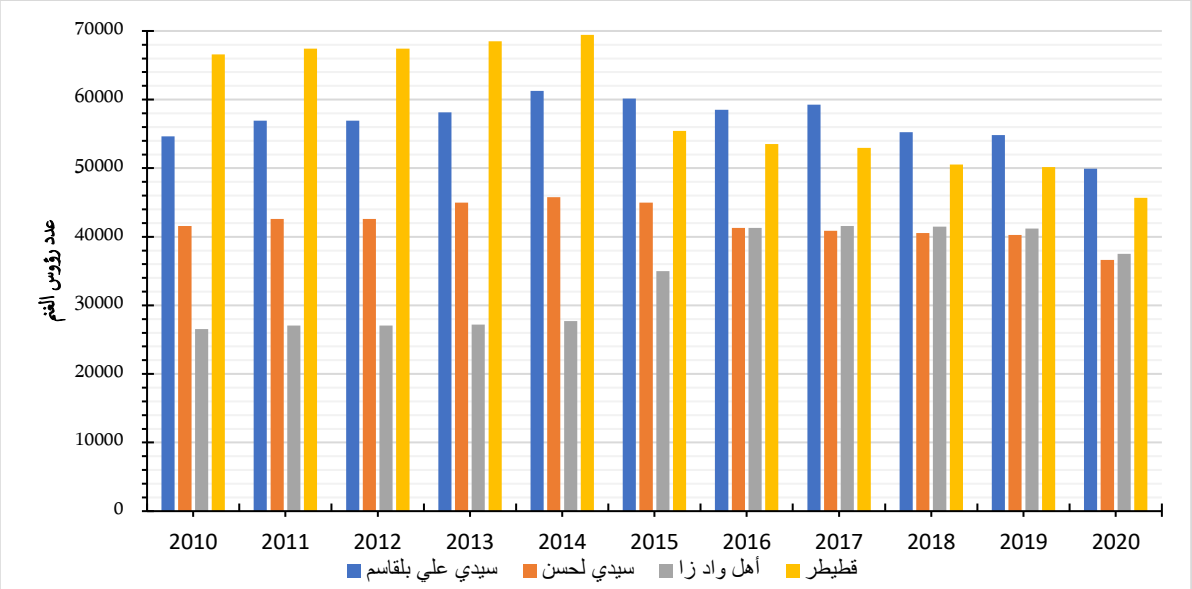
ثم في المرتبة الثالثة نجد من حيث حجم عدد رؤوس الماعز بالمجال، جماعة أهل واد زا التي يتميز كذلك جزء من مجالها بالمراعي الجبلية، وهي بدورها تعرف استقرارا في العدد منذ سنة 2010 إلى سنة 2015 يفوق 20 ألف رأس، وارتفع من سنة 2016 إلى سنة 2019 إلى حوالي 25 ألف رأس لينخفض سنة 2020 إلى نفس عدد 2010 وهذا قد يرجع إلى سبب جائحة كرونا في تقليص عملية تلقيح المواشي وبالتالي تأثيرها على عملية التعداد. ثم أخيرا جماعة قطيطر، وهي الأقل عددا وتعرف استقرارا منذ سنة

[42] شكلت سنة 2020 استثناء نظرا لظروف جائحة كورونا، وبالتالي قد تكون هذه المعطيات بالنسبة للمواشي الملقحة لا تطابق الواقع.

2010 حيث تتجاوز 10 ألف رأس أو تقل عنه بقليل، ويعزى هذا الحجم إلى صنف المراعي حيث تعرف مراعي سهوبية تتطور فيها الأغنام أكثر من الماعز.

بالرغم من تناقص قليل في عدد الماعز أو تذبذب في العدد حسب الظروف المناخية، فإنها تبقى تشكل ضغطا على المراعي نظرا لتقلص مساحة هذه الأخيرة كما تم التطرق إليه سابقا.

يوضح الشكل رقم 147 تطور عدد رؤوس الأغنام بجماعات حوضي اتلاغ والعابد للفترة الممتدة ما بين 2010 و2020، ويتبين من خلاله أن عددها يعرف تذبذبا خلال الفترة المدروسة وتتقدم جماعة لقطيطر العدد الإجمالي خلال الفترة الممتدة من سنة 2010 إلى سنة 2014، بحوالي 67 ألف رأس غنم، على عكس الماعز التي تعرف عددا قليلا مقارنة مع الجماعات الأخرى، وهذا ما يؤكد صنف المراعي الذي يتحكم في الكسب، لأن خصوصيات المجال الترابي للجماعة لها دور في كسب نوع معين من الماشية. وانخفض العدد بجماعة قطيطر ابتداء من سنة 2015 ليقل عن 60 ألف رأس، ويستقر في 50 ألف سنة 2020، ومنذ تلك السنة (2015)، تصدرت جماعة سيدي علي بلقاسم عدد رؤوس الأغنام بهذا المجال لأنها تعرف استقرارا منذ سنة 2010 (55 ألف رأس)، باستثناء سنة 2020. كما تتميز هذه الجماعة بجزء منها ينتمي إلى الهضاب العليا، وهي قبائل ومجتمع رعوي محض.



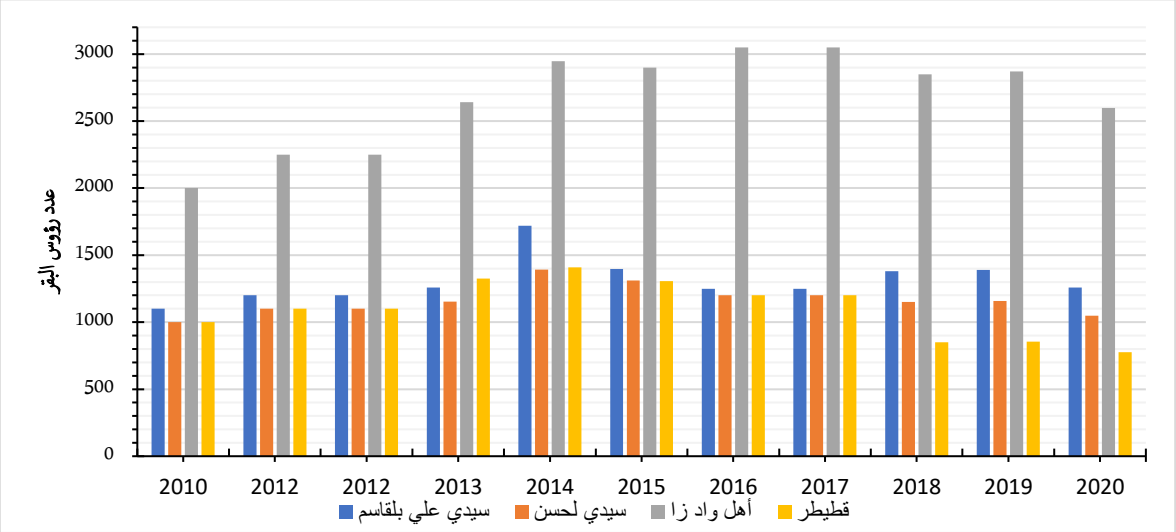
الشكل رقم 147: تطور رؤوس الأغنام بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.

المصدر: المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية بتاوريرت.

وقد عرفت جماعتي سيدي لحسن وواد زا منذ سنة 2016 تقاربا في عدد رؤوس الأغنام، واستقرارا كذلك يقترب من 40 ألف. أما قبل سنة 2015، فقد عرفت جماعة أهل واد زا في المتوسط 27 ألف رأس، باستثناء سنة 2015. وفي الفترة الأخيرة، عرفت ارتفاعا ملموسا عكس جماعة سيدي لحسن التي انخفض بها العدد من أكثر من 40 ألف رأس للفترة الممتدة ما بين 2010 و2015.

يعزى هذا التذبذب إلى الظروف المناخية كما تم ذكره سابقا، وقد يكون لسبب جائحة كوفيد-19، الذي عرقل الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية بشكل عام، وبالتالي قلة الطلب أدت إلى عدم الاهتمام بالرفع من تربية الماشية بشكل عام، والغنم لإنتاج الخروف بشكل خاص.

فيما يخص تطور عدد الأبقار بمجال الدراسة، يتبين من الشكل رقم 148 أن جماعة أهل واد زا تتصدر حجم عدد رؤوس الأبقار بمنطقة الدراسة، وهذا طبيعي لأن الجماعة تتوفر على أراض مهمة مسقية على ضفاف واد زا، وبالتالي تربية الأبقار بالعلف لإنتاج الحليب وتسويقه، وتعرف تطورا من سنة 2010 بحوالي ألفي رأس إلى حوالي ثلاثة آلاف رأس من البقر للفترة ما بين 2014 و2019، ثم انخفاضا إلى ألفي رأس سنة 2020.



الشكل رقم 148: تطور عدد الأبقار بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.

المصدر: المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية بتاوريرت

أما باقي الجماعات، فهي تعرف تذبذبا ضعيفا في عدد رؤوس الأبقار حيث يتجاوز الألف أو يقل عنه حسب السنوات المدروسة. وهذا الانخفاض في العدد مقارنة مع جماعة أهل واد زا يعزى إلى صعوبة تربية الأبقار بالأراضي البائرة حيث هناك أسر تملك بقرة واحدة فقط للحليب ذات إكتفاء ذاتي معاشي فقط وليس تسويقي، وهذا ما تم التوصل إليه من خلال العمل الميداني حيث تبين أن 88.4% لا يملكون البقر، والباقي بمتوسط 3.69 بقرة لكن نسبة مهمة منها تملك بقرة واحدة. بالنسبة لعدد رؤوس الأغنام حسب الاستمارة الميدانية، 42% من الساكنة لا تقوم بتربية الأغنام، و30.4% تربي أغناما يقل عددها عن 30، بمتوسط 41.15 رأس غنم للباقي. أما بالنسبة لرؤوس الماعز، يتبين أن 50.9% لا تملك هذا النوع، و40.2% تقوم بتربة الماعز يقل عددها على 30، و7.1% ما بين 30 و60. ومتوسط كسب الماعز في الأسر التي تملكه هو 18.93 معزة.

حمولة المراعي أصبحت تفوق طاقتها الاستيعابية مما أدى إلى تراجع الغطاء النباتي إن لم نقل القضاء عليه نهائيا في بعض المناطق خاصة تلك التي تتجمع فيها الماشية حول نقط الماء، وهذا راجع

كذلك إلى عدم تسليم أو تحديد حمولة معينة للحفاظ على المراعي. فمعدل الكثافة الحيوانية في المجال هو رأس واحد لكل هكتار. أما في المغرب الشرقي، فالحمولة تتراوح ما بين 3 و5 رأس في كل هكتار، وهي حمولة مرتفعة مقارنة مع الحمولات الأخرى، ومع قدرة المراعي الطاقية، والنتيجة هي التدهور المستمر الذي تعرفه بشكل أصبح يستدعي الانتباه (عبد السميع، 2015).

من خلال تناول أنماط استغلال الأراضي ونتائج ذلك على الوسط البيئي ومظاهر تدهور الموارد الطبيعية بالجماعات المدروسة، يتبين جليا أن الحوضين يتعرضان لأشكال مختلفة من التدهور، بفعل الاستغلال المفرط للموارد (التربة، والغطاء النباتي). وقد يتضح أن سلوكيات الإنسان في تعامله مع الوسط أصبحت تستدعي نوعا من القلق، والتفكير بجدية في خطورة الوضع، وضرورة اقتراح حلول وتدخلات من شأنها التخفيف من حدة التدهور الذي آلت إليه هذه المجالات الهشة.

3_: دور مشاريع مؤسسات الدولة في تدبير الموارد واستصلاحها

تتطلب مسألة تنمية الأوساط القاحلة، اعتماد تصور ومقاربة جديدة في التهيئة، تهدف إلى معالجة أزمة هذه الأوساط، وذلك في إطار رؤية شمولية تعتمد على التشارك قصد تحقيق شروط التنمية المجالية المستدامة.

يتعلق الأمر باعتماد مخطط استراتيجي تشاركي يشمل جميع القطاعات الحيوية، ويقوم على التشخيص الاستراتيجي كأحد المحاور لإبراز نقط القوة والضعف بالمجال المراد تنميته، وتحديد مجالات المشاريع التي يجب أن تكون منسجمة ومتكاملة، وذلك وفق اختيارات وتوجهات التنمية المجالية المستدامة، حيث تختلف عوامل تدهور الموارد حسب اختلاف أنماط الاستغلال ودرجة الاعتماد عليها في سد الحاجات الأساسية، ويتم التوسع الزراعي خاصة على حساب المراعي لتحقيق الربح في الزراعة، عن طريق توظيف رساميل ضخمة، وآليات ووسائل ضخمة، دون أي اعتبار لمدى ندرة الموارد، وهشاشتها، وصعوبة تجددها.

3_1: مشروع التنمية القروية لتاوريرت – تافوغالت

خرج هذا المشروع إلى الوجود في نهاية 1997، بناء على نتائج مشروع تحسين المراعي وتنمية تربية الماشية بالمنطقة الشرقية، الذي انطلق سنة 1991 وحقق نجاحا نسبيا في مراحله الأولى وفي بعض المناطق، وأيضا على نفس الظروف العامة التي تتميز بها منطقة تاوريرت –تافوغالت والمتشابهة مع منطقة المشروع السابق الذكر (مشروع تحسين المراعي وتربية الماشية بالهضاب العليا)، وحيث أن المنطقة (تاوريرت – تافوغالت)، لم يسبق لها أن استفادت من مشروع نموذجي للتنمية الفلاحية الرعوية.

يهم المشروع مساحة 646 ألف هكتار (تمثل فيها الغابات والمراعي حوالي 63%)، موزعة بين 13 جماعة قروية، تنتمي إلى إقليمي بركان وتاوريرت وعمالة وجدة–أنكاد (الجدول رقم 63). يهدف هذا المشروع إلى تحسين ظروف عيش السكان، وتنمية إنتاج الزراعة وتربية الماشية، وحماية البيئة، وإيقاف مسلسل تدهور الموارد الرعوية، وإنعاش الشغل.

الجدول رقم 63: المناطق التي شملها مشروع التنمية القروية لتاوريرت – تافوغالت

الأقاليم	الدوائر	الجماعات القروية
تاوريرت	العيون	مشرع حمادي، عين لحجر، تانشرفي ومستكمار
	تاوريرت	ملق الويدان، أهل واد زا والقطيطير
	دبدو	سيدي لحسن وسيدي علي بلقاسم
بركان	أكليم	تافوغالت، سيدي بوهرية وريسلان
وجدة أنكاد	دائرة وجدة	سيدي موسى

المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بوجدة

قدرت الكلفة الإجمالية للمشروع بـ 464 مليون درهم، كما استعرض المشروع أهم ما يميز الوسط الطبيعي، من حيث قلة وعدم انتظام التساقطات في الزمان والمكان، والذي يبلغ متوسطها 294ملم، وتتراوح القيم القصوى والدنيا على التوالي ما بين 491 ملم سنة 1981 و109ملم سنة 1998. كما تعرف المنطقة هبوب رياح الشرقي الحارة والجافة، مما يحد من إمكانية إدخال زراعات متنوعة. تتميز التربات بكونها متنوعة وغنية نسبيا بالقشرة الكلسية، وتتميز بصفة عامة بنسيج طموي، ضعيف البنية، ومقادير قليلة من المادة العضوية، وملوحة مرتفعة نسبيا بالمنخفضات، كما حدد المشروع ثلاثة أنواع من المجال الفلاحي، وذلك حسب الأوضاع الجغرافية للاستغلاليات الفلاحية وهي: الأراضي البورية الملائمة، والتي تشمل الجماعات القروية بتافوغالت، حيث يبلغ متوسط مساحة الاستغلالية الصالحة للزراعة بها حوالي7.5 هكتار؛ الأراضي غير الملائمة وتنتمي إلى الجماعات القروية لإقليم تاوريرت، لكونها تستقبل في المتوسط 200ملم، وحوالي 95% من المساحة الإجمالية بها ملائمة لزراعة الحبوب، خاصة الشعير، ويبلغ متوسط الاستغلالية بها حوالي 9.5 هكتار، ويحتل فيها نشاط الرعي مكانة مهمة. الأراضي السقوية، لا تمثل إلا 6.3% من المساحة الفلاحية الصالحة، وتتواجد بجماعات أهل واد زا، والقطيطير، وملقى الويدان بإقليم تاوريرت، حيث تسود الاستغلاليات الصغيرة الحجم الأقل من 2 هكتار، وتمثل حوالي 60%.

كما بين المشروع أهمية تربية الماشية في الحياة الاقتصادية للجهة، وذلك لوفرة وتنوع المراعي الجبلية والسهلية.

إلا أن هذه المراعي متردية، وتعرف عجزا في إنتاج المادة العلفية يقدر بـ 36.38 مليون وحدة علفية، أي ما يمثل نسبة 36% من الاحتياجات العامة لسنة متوسطة.

رصد المشروع أيضا، ضعف البنيات السوسيواقتصادية من الماء الصالح للشرب، ما بين 60 و70% من السكان المستقرين بقدم الجبال يستعملون المياه الباطنية، والبقية منهم من الأودية (واد ملوية، وواد زا)، و30% من السكان يلجأون إلى الماء الجيد على مسافة أقل من 3 كلم، ضعف التعليم والتربية (نسبة

متوسط تعليم الأطفال 40%، ولا تتعدى النسبة 10% في بعض الجماعات البعيدة، مشكل التعليم عند الرُحل، وضعف ولوج الفتيات إلى التعليم...). ضعف التغطية الصحية، وهشاشة وضعية المرأة القروية بالمنطقة (مساهمة المرأة القروية في أعمال البيت وفي الإنتاج الزراعي والحيواني وكذلك في الصناعة التقليدية... مما يتطلب تحسين ولوجها إلى الموارد عن طريق الأنشطة المدرة للدخل)، بالإضافة إلى انجراف التربة بسبب تدهور الموارد الطبيعية، وتدني مستوى الإنتاج النباتي والحيواني، (لم يتجاوز مردود الحبوب 5 أو 6 قنطار/هكتار، والأشجار المثمرة 10 قنطار/هكتار، والحيوانات 10 كلغ للوحدة)، وضعف الدخل السنوي للفلاح وهشاشة التنظيمات المحلية.

ويبقى حوضا العابد واتلاغ جزءا صغيرا من هذا المشروع، كما أنه استفاد من مجموعة من التدخلات سواء كانت تغطيه كموقع مبارك الإبل – عقلة، أو قريبة من الحوضين (شمال شرق الحوضين) كموقع بومعزوز.

موقع بومعزوز (ملقى الويدان)

هذا الموقع كان موضع نوعين من الإصلاحات: المحميات + الشجيرات العلفية.

تظهر علامات الرعي الجائر من خلال العديد من الأشجار الجافة كليا أو جزئيا، أو الشيخوخة الظاهرة على العديد من شجيرات القطف الأسترالي.

وقد تم وضع الزراعة على وحدتين جيومورفلوجيتين:

هضبة كبيرة جدا ومتقشرة ذات تربة حجرية رقيقة جدا وهيكلية، مع انحدار ضعيف نحو الشمال الشرقي، وتتميز بغطاء نباتي يتكون من أربعة أنواع أساسية (أهمها الشيح).

حوض ذو تربة رملية طموية أقل حجرية، حيث الغطاء النباتي الطبيعي يعرف هيمنة الشيح الأبيض وتواجد عدد قليل من نبات الشنان "توساية" والحرمل، الذي يغطي أغلبية الهضبة مكونا حزاما جانبيا حولها.

تهييئ هذا الموقع قد أعطى نتائجه خصوصا فيما يتعلق بالتنوع البيولوجي، فضلا عن الأنواع المذكورة مصحوبة بأنواع أخرى سنوية تختلف من حيث أجناسها.

موقع امبارك الابل (القطيطير)

يتعلق الأمر بأحد أهم المواقع الرعوية المهيأة، فهو عبارة عن هضبة واسعة ذات تربة حجرية، مع شعب من الصخور الكلسية في بعض المناطق، مع منحدرات صغيرة، على شكل أحزمة من الشيح المتجانس. فالأنواع الرعوية الجيدة تأخذ حيزا مهما في هذا الموقع سواء من حيث الجودة (التغطية) أو من حيث الكم (الكثافة). والمغروسات العلفية (Atriplex)، متناثرة في المنطقة، وهذا يوضح مدى نجاعة تهيئة الغطاء النباتي.

3_2: مشروع الإعداد الهيدروفلاحي بسهل تَفراطة

بادرت وزارة الفلاحة، في إطار مخطط المغرب الأخضر ودعامته الثانية المرتبطة بالفلاحة التضامنية على خلاف المشاريع السابقة المتعلقة بإعداد وتجويد الأراضي البورية والرعوية، إلى إعطاء الانطلاقة

لمشروع الإعداد الهيدروفلاحي لـ 1330 هكتار بسهل تَفراطة (جماعة القطيطير)، الذي يتوخى غرس أشجار الزيتون على مساحة 665 هكتارا، وتخصيص 665 هكتارا لزراعة الخضراوات، فضلا عن التأطير والدعم التقني للفلاحين، بالاستفادة من هذا المشروع، الذي رصدت له اعتمادات مالية بقيمة 293 مليون درهم، والذي أنجز في ظرف 4 سنوات (2013–2016)، واستفاد منه أزيد من 520 فلاحا، حيث سيتيح، الشروع عند استغلاله، بلوغ إنتاج سنوي قدره 5300 طن من الزيتون، و31500 طن من الخضراوات ومزروعات البقول (بطيخ أصفر وأحمر، وبطاطس، وبصل)، بما يتيح تحسين مداخيل الفلاحين وإحداث 430 منصب شغل.

كما يندرج هذا المشروع في إطار تنفيذ البرنامج الوطني لاقتصاد وتثمين مياه الري على مستوى الدائرة المسقية لملوية، الذي يهم التحول من أنظمة الري التقليدي "السقي الإنجذابي" أو "الرش" إلى أنظمة الري الموضعي "السقي بالتقطير"، وذلك باستعمال وجر 10 مليون متر مكعب من المياه (بما يعادل 7500 متر مكعب في الهكتار الواحد)، انطلاقا من سد الغراس، التي تبلغ طاقة حقينته 275 مليون متر مكعب.

وتتلخص المكونات التفصيلية للمشروع فيما يلي:

- إنجاز الدراسات المتعلقة بالإعداد الهيدروفلاحي، والدعم والتأطير التقني.
- أشغال الإعداد الخارجي على مساحة 1330 هكتار.
- تحويل المياه من سد واد زا إلى سهل تَفراطة على مسافة 25 كلم.
- بناء وتجهيز محطتين للضخ وتزويدهما بالإنارة، وحوض لتجميع المياه.
- وضع أشغال لتكسير الضغوط.
- أشغال شبكة توزيع مياه السقي، وشبكة التطهير السائل، والطرق والإنارة.
- أشغال التجهيز الداخلي للمشارات بأنظمة السقي بالتقطير.

وسيمكن هذا البرنامج، الذي رصد له غلاف مالي قدره 2 مليار درهم، في حدود سنة 2020، من اقتصاد قرابة 62 مليون متر مكعب من مياه السقي، إلى جانب المساهمة في تحسين المردودية الفلاحية بالمنطقة من الناحية الكمية والكيفية، ورفع مدخول الفلاحين الصغار من حوالي 2300 درهم إلى 47 ألف درهم للهكتار الواحد.

ونظرا لأهمية هذا المشروع الذي من المفترض توسيع مساحته، فإن نجاح هذا الرهان، يرتبط ارتباطا وثيقا بضرورة الحفاظ على الموارد الطبيعية (التربة، والماء والغطاء النباتي) من التدهور، وترشيد استخدامها، وذلك تفاديا للتلوث والتملح من جهة، وتوحل السدود التي تتقلص طاقة حقينها من جهة أخرى. وتصبح ندرة الماء، تمثل حاجزا قويا أمام توسيع المساحة المسقية، وزيادة الطلب عليه في القطاعات الاقتصادية والاجتماعية.

3_3: عجز البرامج عن تحقيق الأهداف المسطرة

لم تتمكن الحلول المقترحة، لمواجهة تدهور الموارد الطبيعية، التي غالبا ما كانت تنزل بشكل فوقي، من تحقيق النتائج المسطرة، ويمكن في هذا الإطار تقسيم الاختلالات والعوائق التي حالت دون ذلك، إلى عجز الإطارات التنظيمية والتشريعية، ومساطر وضع هذه البرامج وتنفيذها وتحديد أبعادها، وطرق التأطير والتمويل لها. فيما يخص الإطار التنظيمي، يتسم نظام العمل في مجال تدبير الموارد الطبيعية بالمغرب، بكثرة المتدخلين، ذلك أن هناك عدة إدارات ومؤسسات تجد نفسها معنية بالموضوع بشكل مباشر أو غير مباشر من دون أن يكون قد تم تحديد مسبق لمهام وصلاحيات بعض هذه الجهات.

كما أن طرق التدبير وبحكم أن كل إدارة تسلك في عملها سلوكا مستقلا عن الإدارات الأخرى، وهو الأمر الذي لا يساعد على خلق التكامل الضروري بين مختلف المتدخلين، لذلك، يجب العمل بمنهج التعاون والتنسيق والاندماج بين أنشطة هذه الإدارات. إن المبالغة في تمركز اتخاذ القرار، لازالت تبدوا بمثابة إكراه مؤسساتي كبير، كما أن طرق إعداد مشاريع تنمية الموارد الطبيعية، كانت إلى عهد قريب، طرقا فوقية وتراتبية لا تستعين بمكونات المجتمع. وقد أثار ذلك انعدام الثقة لدى المستفيدين من هذه البرامج، وفي بعض الأحيان دفعهم إلى مقاومة إنجازها. ونتجت عن ذلك أيضا مشاكل في ميدان التنظيم والتنسيق بين العمليات التي يقوم بإنجازها مختلف المتدخلين أو الشركاء في المشروع.

أما الإطار التشريعي فيجري في بعض الأحيان، إعداد نصوص تشريعية بدون أدنى اعتبار لمسألة الاستمرارية، بل وحتى بدون مراعاة مسألة الملاءمة. ونادرا ما تشير هذه النصوص إلى مشاركة السكان المعنيين في اتخاذ القرارات. ويتجلى ذلك من خلال التشريعات المتعلقة بتدبير الموارد الطبيعية، حيث ندرة الإجراءات التحفيزية في هذه النصوص مقارنة مع غزارة الإجراءات الزجرية. ويمكن ملاحظة ذلك على الخصوص، في التشريعات المتعلقة بالغابات واستغلال المراعي والمحافظة على التربة.

تعتبر طرق التمويل المتبعة، من الإكراهات الأساسية في إنجاز البرامج الهادفة إلى تنمية الموارد الطبيعية. وتترجم هذه الصعوبة إلى مشاكل متنوعة، تتمثل في عدم ملاءمة نظام القرض، وعدم كفاية التمويل العمومي، وغياب آليات لتعبئة الأموال اللازمة، وعدم استمرار واستقرار التمويل، وغياب المرونة في مساطر صرف النفقات. كما يتجلى ضعف تأطير الموارد الطبيعية، في الفارق الكبير المسجل بين أهمية المساحة وعدد السكان المعنيين ببرامج تدبير الموارد الطبيعية، وبين الإمكانيات البشرية المخصصة لمتابعة هذه البرامج، ثم أن هؤلاء الأطر، على قلتهم، لا يتم تقييم عملهم وتحسيسهم بالمسؤولية الملقاة على عاتقهم في تدبير مثل هذه المشاريع المهمة (عثماني، 2015).

إن أغلب المشاريع التي تم إنجازها، لم ترتكز على دراسة تشخيصية دقيقة للمجال، تقوم على إبراز المؤهلات والإكراهات، أي رصد نقط القوة والضعف بالمجال، والعوامل المساهمة في تدهور الموارد الطبيعية، خاصة الموارد الترابية التي تعتبر الرأسمال الأساسي للسكان بهذه الأوساط الجافة. كما أن إهمال الجوانب الاجتماعية والسلوكية للعنصر البشري في الدراسة، ومن بينها العلاقات الإنتاجية، ساهم إلى حد كبير في تبديد الجهود المبذولة وتفويت فرص نجاح المشاريع المهمة، التي رصدت لها ميزانيات كافية وكبيرة.

خلاصة

أمام تدهور الموارد الطبيعية، تم في هذا الفصل رصد العوامل البشرية المنشطة للدينامية الحالية، ورصد أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد، ونتائج ذلك على الأوساط البيئية.

يتميز المجال بقدم التعمير وتزايد النمو الديموغرافي، وتهيمن به الأنشطة الفلاحية، كما يتضح ارتفاع نسبة الأمية والبطالة، وارتفاع مؤشر ومعدل الفقر، ثم تبين أهمية التحولات التي انعكست على تزايد الضغط على الموارد وظهور أشكال ومظاهر تعرية كالتخديد والأساحل، ثم الهجرة نحو المدن، وتفاقم هذه المشاكل أصبح يشكل خطرا على المجال.

عرفت المنطقة تحولات شملت أساليب وأنماط استغلال الأراضي. في البداية، كان الاستغلال يكمن في تربية الماشية، وتحول من إستغلال تقليدي يعتمد على الرعي الواسع في نظام الترحال إلى الرعي المكثف والمركز قرب التجمعات السكانية، مما أدى إلى ضغط على المراعي واستغلال غير عقلاني للموارد النباتية، وذلك بتوسيع الأراضي الزراعية على حساب المراعي.

تحتل الزراعة البورية مكانة مهمة في النشاط الفلاحي بالمنطقة حيث تغطي جل الأراضي المستغلة، وتتحكم في اختلاف المردودية وضعفها، الظروف الطبيعية والظروف البشرية المتمثلة في أنماط الاستغلال ثم الوضعية العقارية، وكذلك تقنيات الحرث والحصاد الحديثة، مما أدى إلى تسريع الاستغلال وتقليص أيام العمل، الذي أثر في استهلاك ما بعد الحصاد خاصة في الرعي، مما يؤدي إلى تشتيت بنية التربة وتعرضها للتذرية الريحية، ثم ترك الأراضي عارية أمام الأمطار، مما يسرع من إزالة المواد الدقيقة على السطح، وتنشيط السيلان.

يتضح من خلال الوقوف على بعض الإجراءات التي قامت بها الدولة على مستوى المنطقة أن وضع المحميات الرعوية، وغرس الشجيرات العلفية، كانت تسعى من خلالهما إلى تحقيق مجموعة من الأهداف على عدة مستويات منها ما هو بيئي، واجتماعي واقتصادي.

إلا أن ما يثير الانتباه، هو أن أشكال التدهور لا زالت مستمرة، في غياب مقاربة شمولية تأخذ بعين الاعتبار حاجيات ومتطلبات الساكنة القروية، التي يعتبر تغييبها في المشاريع والبرامج التنموية نقطة تحول كبيرة في المكونات الطبيعية للمنطقة.

خاتمة القسم

بعد التطرق في القسم الأول إلى ما يعرفه حوضا اتلاغ والعابد من مظاهر التدهور التي تهدد التوازنات البيئية بهذه المجالات، والتوزيع المجالي لهذه الديناميات، لإظهار التفاوتات المجالية في الحوضين، إضافة إلى الدراسة التطورية لمظاهر تدهور التربة، وتراجع المجال الغابوي، والتتبع السنوي لتقييم جودة التغطية النبايتة، وبعد التطرق في القسم الثاني للتعرية المائية بمقاربة كمية ونوعية، لتحديد حجم ما تفقده هذه الأوساط من ترب جراء نشاط التعرية، إضافة إلى دراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة حسب أنماط الاستغلال، وعلاقتها بالإزالة السطحية، كان لابد من البحث عن دور العوامل الطبيعية والبشرية في تفعيل الدينامية الحالية وخاصة أشكال التعرية وانعكاساتها على المجال.

لذلك تمت محاولة تفسير مظاهر التدهور التي تم الوقوف عليها في القسم الأول، وذلك من خلال إبراز دور الخصائص التضاريسية في تدهور الأراضي، عبر التوزيع المجالي لمظاهر التدهور تبعا لهذه الخصائص التضاريسية، ثم ما تتميز به المنطقة من خصائص جيولوجية، من ركائز صخرية وترب، ثم الخصائص المناخية، لمعرفة وتحديد دور هذه الخصائص في تنشيط ما تعرفه هذه الأوساط من دينامية بيئية، مع استعراض وتشخيص الخصائص البشرية التي يتميز بها حوضي اتلاغ والعابد، ثم أنماط الاستغلال التي تنتشر بالمجال ومدى تأثيرها على الدينامية الحالية، ومعرفة تحكمها في التدهور وتسريع آلياته.

لذلك في هذا القسم، تمت الإحاطة بمختلف الخصائص المورفولوجية لحوضي اتلاغ والعابد عن طريق ربط المجال المدروس بما يحيط به من بنيات تضاريسية، وإبراز دور هذه الخصائص (الارتفاعات والانحدارات وتوجيه السفوح...) في تفسير ما يعرفه المجال من مظاهر للتدهور، ومدى تحكم العامل الطبوغرافي في تفسير وتوزيع مختلف هذه المظاهر، من خلال تحديد ما تتميز به المنطقة من خصائص تضاريسية وتوزيعها المجالي، في علاقتها بآليات التشكيل لفهم مدى تحكمها، وتأثيرها في السلوك الهيدرولوجي وتسريع وتيرة التدهور بهذه الأراضي.

يتضح أن حوضي اتلاغ والعابد يعرفان تباينا من حيث الانحدار والتوجيه، وهذا له تأثير في طبيعة الجريان واستقرار الغطاء النباتي بالمناطق المرتفعة، بينما في السهول، فإن الانحدار ينخفض في بعض المناطق إلى أقل من 5°، وهو ما يجعل هذه المجالات صالحة للاستغلال الزراعي والاستقرار البشري. وكل هذا له دوره في تدهور الأراضي، وانتشار مظاهر التعرية المائية، غير أنه يبقى متعلقا بمتغيرات أخرى كعوامل الجيولوجيا والتربة والمناخ، لأن ما يتميز به الحوضان، من خصائص طبوغرافية لا يعتبر العامل الوحيد الذي يفاقم وينشط التدهور.

كما يتبين أن التربة وموادها العضوية تتعرض لدينامية التعرية. فقد أصبحت خطورة الإزالة لا تقتصر على المجالات المرتفعة والمتقطعة ذات هشاشة كبيرة فحسب، وإنما تشمل حتى المجالات المستوية بالسافلة التي تمتاز عادة بتربات سميكة وخصبة، حيث أصبحت مرشحة للإزالة والتدهور السريع لمسكاتها السطحية.

يظهر من خلال الوصف العام لخصائص المناخ أن هناك اختلافا ما بين العالية والمنخفضات السهلية، مما يفسر سيادة أصناف نباتية من نوع السهوب، وأخرى نباتية شجرية ذات مساحة محدودة تتعرض لاستغلال مفرط، كما تتبين مساهمة الجفاف في هشاشة الأراضي من خلال عرقلة النمو الطبيعي للنبات وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة، ويقل دوره في تشكيل واقي وحاجز ضد عمليات التعرية. إضافة إلى تدخل الإنسان غير المعقلن، فهذه الأوساط تزداد هشاشة وعطوبية، كما أن الجفاف يجعل الساكنة تقوم بالاستغلال المفرط لهذه الموارد في مجال هش وعطوب يتسم بعدم الاستقرار والرعي الجائر والزراعة العشوائية، مما يزيد من تفاقم حدة التدهور، إضافة إلى تعرض المنطقة لفترات جفاف تمتد على بضع سنوات متتالية تخل بالأنشطة الرعيوزراعية، فيتحول جفاف المناخ إلى جفاف هيدرولوجي، ثم إلى جفاف فلاحي، مما يتسبب في أزمات اجتماعية ينشأ عنها إنهاك الوسط البيئي.

أمام تدهور هذا الوسط البيئي، تم رصد العوامل البشرية المنشطة لهذه الدينامية، والتطرق إلى أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد، ونتائج ذلك على الأوساط البيئية. يتبين أن المجال يتميز بقدم التعمير وتزايد النمو الديموغرافي، وتهيمن عليه الأنشطة الفلاحية، كما يتضح ارتفاع نسبة الأمية والبطالة، وارتفاع مؤشر ومعدل الفقر، وتتضح أهمية التحولات التي انعكست على تزايد الضغط على الموارد وظهور أشكال ومظاهر التعرية كالتخديد والأساحل، ثم الهجرة نحو المدن.

كما يتبين أن المنطقة تعرف تحولات همت أساليب وأنماط استغلال الأراضي حيث كان الاستغلال يكمن في تربية الماشية، وتحول من استغلال تقليدي يعتمد على الرعي الواسع في نظام الترحال إلى الرعي المكثف والمركز قرب التجمعات السكنية، مما أدى إلى الضغط على المراعي، وبالتالي استغلال غير عقلاني للموارد النباتية، وهذا يتبين من خلال توسيع الأراضي الزراعية على حساب المراعي.

تحتل الزراعة البورية مكانة مهمة في النشاط الفلاحي بالمنطقة حيث تغطي جل الأراضي المستغلة، وتتحكم في اختلاف المردودية وضعفها الظروف الطبيعية والظروف البشرية المتمثلة في أنماط الاستغلال ثم الوضعية العقارية، مما أدى إلى تسريع الاستغلال، الذي يؤثر في استهلاك ما بعد الحصاد خاصة في الرعي، والذي يؤدي بدوره إلى تشتيت بنية التربة وتعرضها للتعرية الريحية، ثم ترك الأراضي عارية أمام الأمطار، مما يسرع من إزالة المواد الدقيقة على السطح، وتنشيط السيلان.

يتبين من خلال الوقوف على بعض الإجراءات التي قامت بها الدولة على مستوى المنطقة أن وضع المحميات الرعوية، وغرس الشجيرات العلفية، كانت تسعى من خلالهما إلى تحقيق مجموعة من الأهداف على عدة مستويات منها ما هو بيئي، واجتماعي واقتصادي. إلا أن ما يثير الانتباه، هو أن أشكال التدهور لا زالت مستمرة، في غياب مقاربة شمولية تأخذ بعين الاعتبار حاجيات ومتطلبات الساكنة.

خاتمة عامة

ظاهرة التعرية طبيعية، تأخذ من العالية وترسب في السافلة، تعمل على انتقال التربة من المناطق التي تتوفر بها إمكانية التترب إلى المناطق غير المتوفرة على هذه الإمكانية؛ ولولا هذه الدينامية، لظلت المناطق القاحلة وشبه القاحلة غير منتجة. لكن حاليا، أصبحت هذه التعرية تتم بطرق وأساليب أكثر خطورة بدلا من مد مناطق السافلة بهذه الترب بنصيب من العاليات، وأصبحت تمدها بمواد أخشن، لأنها تقتلع أكثر من اللازم، وبالتالي بتر وإقتلاع مواد خشنة، وأصبحت التعرية بالعالية والسافلة؛ هذا يعني أن حتى ذلك الإرث أصبح الآن مقتلعا، وينقل إلى مناطق أخرى.

تدخل الإنسان بالأساليب غير المعقلنة في منطقة هشة بنيويا، يخل بالتوزنات البيئية. رغم أن الطبيعة دائما تبحث عن استعادة التوازن إلا أن الإنسان دئما ما يقوم بدور الإخلال بهذه التوازنات، وعدم تركها تنضج وتصبح مستقرة، وبالتالي لم يصبح التدهور أو التعرية محصورا في المجالات المعهودة والمعروفة، وإنما أضحى بمناطق أخرى مهددة، أي المناطق المتزنة بدورها أصبحت مهددة، يعني إكتساح مجالات جديدة من طرف التعرية.

يعرف حوضا اتلاغ والعابد نشاطا مورفوديناميا قويا ومتنوع المظاهر والأشكال، يظهر هذا من خلال جرد أشكال التعرية المائية المختلفة، والمنتشرة بالمجال. يتطور السيلان المائي فوق جميع فئات الانحدار، ويرتبط ارتباطا وثيقا بطبيعة الاستغلال غير الملائم مع الوسط الطبيعي الهش. كما يعم السيلان المنتشر والمركز جميع الأراضي المستغلة فلاحيا والانحدارات التي تتعدى درجتها 3°، والمنخفضات، والسهول، وأقدام الجبال، ويؤدي التعمق الرأسي للتخديد وتوسعه الجانبي، رغم امتداده المجالي المحدود إلى اقتطاع أجزاء مهمة من المجالات وإلى صعوبة استغلال الأرض. أما الحركات الكتلية، فإن نشاط بعضها يرتبط أيضا بالعوامل البشرية المحركة لانطلاقها، وتعمل التساقطات المطرية الاستثنائية العنيفة والمسترسلة على الزيادة في هشاشة وتسريع تطور هذه الحركة.

تتواجد أشكال تعروية مختلفة في نفس السفح، وهذا التداخل يؤثر بشكل واضح في التوزيع المجالي لهذه الأشكال، والأساحل السريعة التطور تساهم بشكل كبير في تغذية السدود.

كما أبانت الدراسة التطورية أن حوضي اتلاغ والعابد يمكن تقسيمهما إلى ثلاثة نطاقات تعروية، وهي: المناطق غير المستقرة ذات التعرية القوية التي تعرف دينامية سريعة جدا يمكن لمسها خلال عقود أو سنوات وأحيانا خلال نفس السنة؛ ثم المناطق المتوسطة الاستقرار أو الخفية لأنها تعرف تداخلا بين أشكال ومظاهر التعرية من قبيل التخديد الأولي والسيلان الغشائي والأراضي المحروثة؛ وأخيرا المناطق التي تعرف نوعا من الاستقرار النسبي، وهي ذات تعرية ضعيفة، وتتميز بوجود غطاء نباتي يساعد على تثبيت التربة.

من خلال جرد أصناف وتشكيلات النبات لحوضي اتلاغ والعابد، وتتبعها زمنيا، يتبين أن هذه المجالات تعرف تراجعا مستمرا لمساحة الغطاء النباتي وتراجعا حادا في الكثافة النباتية. هذه التشكيلات النباتية لها دور مهم ورئيس في تثبيت التربة والحد من تعريتها وتدهورها، لأن تدهور الغطاء النباتي يؤدي إلى ارتفاع حدة التعرية وانجراف التربة.

عكست الخرائط المنجزة اختلافا في درجة التدهور تبعا لاختلاف السنوات. إلا أن الميزة العامة التي تطبع الغطاء النباتي على قلته هي كونه يعرف تدهورا وتراجعا ملحوظا، مما يسهم في الزيادة من حجم التربة المفقودة. ويتبين من خلال تتبع الغطاء النباتي على مدى 21 سنة، أن كثافتة تختلف، حسب متوسط قيمة مؤشر التغطية النباتية، على مستوى التغطية النباتية بين مناطق حوضي اتلاغ والعابد، وتتباين من حيث طبيعة التشكيلات النباتية، التي تتوزع بين غطاء نباتي شبه غابوي وتشكيلات عشبية هزيلة. نسبة الفئة الجيدة تبقى ضعيفة جدا مقارنة مع المساحة الإجمالية، في حين يعرف باقي المجال غيابا كبيرا يتدرج من ضعيف إلى منعدم، كما يعرف تراجعا من حيث مساحته، أو نوعيته، أو كثافته.

وصف وتشخيص هذه المظاهر مجاليا، وتتبع تطورها في علاقتها بالغطاء النباتي، يتطلب تقييم هذه الظاهرة كميا ونوعيا، ولذلك بعد حساب جميع العوامل المعتمدة في المعادلة العالمية لتكميم التربة وتطبيقها على مجال الدراسة، تم التوصل إلى أن حوالي 5.5 مليون طن من التربة تفقد سنويا من الحوضين، وأن مساحة الأراضي التي تعرف تعرية قوية وشديدة تبلغ حوالي 321 كلم^2 من مجموع 1406 كلم^2 والتي تقدر بأكثر من 3.8 مليون طن سنويا (حوالي 70% من مجموع التربة المفقودة بالمجال)، أي 118 طن في الهكتار/السنة. إلى جانب ذلك، أبرزت المعادلة الدور الرئيسي للأمطار والانحدارات مقارنة مع العوامل الأخرى، ثم تبين أن المجال يفقد في المتوسط 3.86 ملم من سمك التربة خلال السنة، وأن متوسط التربة المفقودة هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض العابد.

كما أن الفئة الأقل من 5 طن/سنة/هكتار لكمية التربة المفقودة، وهي الضعيفة جدا مقارنة مع الفئات الأخرى، تشكل 13% من مساحة حوض واد اتلاغ بكمية تقدر بـ 44 ألف طن في السنة، وبنسبة 1% من مجموع التربة المفقودة بالحوض. في حين تمثل هذه الفئة 15 % من مساحة حوض واد العابد، وبكمية أقل من 14 ألف طن في السنة، بنسبة 2% من مجموع التربة المفقودة بالحوض. تمثل الفئة الضعيفة (ما بين 5 و 10 طن/هـ/سنة) 18% من مساحة حوض واد اتلاغ و 22% من مساحة حوض واد العابد، أي بمساحة 67 و197 كلم²، و50 و147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل أخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تنحصر كيمة التربة المفقودة ما بين 10 و50 طن/هـ/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و52% من مساحة حوض العابد، وبكمية تقدر بأزيد من 1.4 مليون طن في السنة. ويعزى هذا إلى طبيعة التربة ونظام استغلال الأراضي. أما الفئة القوية والقوية جدا من 50 إلى 100 طن/هـ/سنة والفئة الأكثر من 100 طن/هـ/سنة، فتشمل تقريبا ربع مساحة حوض واد اتلاغ، و11% من مساحة حوض واد العابد، كما ترتفع قيم الانجراف نسبيا في جنوب حوض

واد العابد (الشمال الغربي لسلسلة جبال جرادة)، وبعض التلال المتقطعة في الوسط، وجنوب حوض واد اتلاغ وخصوصا في الجنوب الغربي. تنحصر كمية التربة المفقودة ما بين 50 و100 طن/هـ/سنة، وهي الفئة القوية، وتشمل 13% من المساحة الإجمالية لحوض واد اتلاغ، وتقدر بأكثر من مليون طن سنويا، أي خمس الكمية المفقودة، على مساحة 144 كلم²، وبالنسبة لحوض واد العابد 155 ألف طن (خُمس الكمية المفقودة) على مساحة 22 كلم² (7% من المساحة). في حين ترتفع كمية التربة المفقودة لتتجاوز 100 طن/هـ/سنة، وتقدر هذه المساحة بـ 142 كلم^2، أي 13% من مساحة حوض واد اتلاغ، وهو ما يقدر بأكثر من 2.4 مليون طن في السنة بنسبة 52% من التربة المفقودة. وفي حوض واد العابد، تمثل 4% من مساحته، أي 13كلم^2؛ 27% من الكمية المفقودة بالحوض، أي 215 ألف طن سنويا.

نلاحظ من خلال جداول كمية ومساحة التربة المفقودة أن ربع مساحة المجال فقط تفقد ثلاثة أرباع من إجمالي التربة المفقودة خلال السنة، أي أكثر من 5 ملم في المتوسط من حجم التربة المقتلعة، حيث الفئة القوية جدا، أي أكثر من 50 طن/هـ/سنة تتعدى 74% من كمية التربة المفقودة خلال سنة، أي حوالي 3.6 مليون طن، وفقط 26% من مساحة حوض اتلاغ التي تقدر بـ 28.6 ألف هكتار. ثم أن 47% من التربة المفقودة من إجمالي فقدان التربة لحوض واد العابد التي تقدر بـ370 ألف طن خلال السنة، تتوزع على فقط 11% من مساحة الحوض التي تقدر بـ 3500 هكتار.

من خلال نموذج PAP/CAR، يتبين أن أزيد من 90% من مساحة حوض العابد، و64% من مساحة حوض اتلاغ تعرف حماية ضعيفة للتعرية. ثم أن مساحات التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR تتوزع على 4% من مساحة حوض العابد، وعلى 6% من مساحة حوض اتلاغ، وتعرف احتمال تعرية قوية جدا، وحوالي 30% من مساحة المجال تعرف تعرية قوية. وتشكل التعرية المتوسطة تقريبا ربع المساحة.

من خلال تركيب خريطة مظاهر التعرية والتعرية المحتملة، يتبين أن هناك تطابقا كبيرا بين المجالات التي تعرف احتمالا قويا وقويا جدا حسب نموذج PAP/CAR مع المجالات التي تعرف آليات التشكيل المرتبطة بالسيلان المركز من حيث التخديد المتعمق والمعمم أي الأساحل، واحتمالية التعرية المتوسطة مع التخديد الأولي والتعرية الخفية. الأراضي التي تعرف غطاء نباتيا تقابلها تعرية ضعيفة، وهناك علاقة كبيرة بين التعرية الخفية أي الأراضي المحروثة، واحتمال تعرية قوية حيث يصل هذا الترابط من المساحة إلى 15% من مساحة الحوض، وهو الأعلى بهذه القيم، ويشكل حوالي 50% من مساحة التعرية الخفية ومساحة التعرية القوية، والتخديد المعمم الذي تقابل أغلب مساحته التعرية المحتملة القوية.

كما نستخلص من نموذج PAP/CAR أن مساحات مهمة من الحوضين مهددة بخطر التعرية حيث سجلت نسبا مهمة للتعرية المحتملة القوية والقوية جدا، التي تقابل مظاهر تعرية خفية غير مرئية، تتجلى في استعمالات الأراضي المتعلقة بالزراعات الموسمية، وهي الأراضي المحروثة، المنتشرة بجل سهل تَفراطة، ثم مظاهر أخرى كالتخديد المعمم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبه بالتعرية القوية. رغم

ذلك، يتبين أن هناك مناطق مهمة ترتبط بالتعرية الضعيفة والاستقرار النسبي، وهي مرتبطة بالغطاء النباتي سواء الغابوي المتدهور أو الكثيف؛ وهذا ما يدفع للتفكير في المحافظة عليه أو على الأقل التقليل من تدهوره.

كانت نتائج القياس بالمقلد المطري على مستوى المشارات التجريبية المختارة متباينة من حيث تصنيفها، مشارات عارية ومغطاة ثم محروثة ومستريحة، وفئات متجانسة من طبيعتها كنوع التربة والتوجيه ثم الانحدار. كان الهدف من تجربة القياس، هو المقارنة أساسا بين نتائج المشارات في ظروف طبيعية مختلفة، وذات سطوح وأنماط استغلال مختلفة كذلك.

كشفت هذه التجارب عموما، عن ضعف معامل الجريان بالمشارات ذات سطوح بها غطاء نباتي، خاصة الحلفاء وإكليل الجبل التي سجلت أدنى قيم للسيلان، والمحروثة بالتوازي مع خطوط التسوية، مقارنة مع المشارات ذات السطوح العارية والمشارات ذات الانحدار القوي والمحروثة في اتجاه الانحدار، كما يتضح تباين تساقطات التبليل، بسبب طبيعة السطوح المغطاة، حيث تساهم نسبة التغطية النباتية في الرفع من حجم مياه التسرب والتقليل من حجم الحمولة الصلبة، لكن قد يتدخل عامل الانحدار القوي وطبيعة التربة في الرفع من حجم السيلان. ثم يتبين كذلك أن المواد الأكثر خشونة في التربة، أي الأكثر من 2 ملم، تساهم في تعمق التسرب وسمك النفاذية، وبالتالي التقليل من الجريان السطحي. فرغم اختلاف طبيعة استغلال المشارات، فإن نسب الإزالة تبقى متفاوتة بين المشارات في هذا الوسط الهش طبيعيا والمجتث من غطائه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندكاك التربة ورصها، وتكوين قشرة ناتجة عن التصلب على شكل صفائح تعمل على تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة، وتؤدي إلى التقليل من المسامية والنفاذية، وبالتالي ارتفاع الجريان. يجب الإشارة إلى أن معامل الجريان يختلف باختلاف أنماط الاستغلال، ويتضح أن الأراضي المحروثة هي التي تنشط الجريان من خلال القشرة المطرية التي تسرع السيلان، ويتبين أن الإزالة السطحية غنية بالمواد العضوية، أي هذا النمط يحدث عملية تفقير التربة من هذه المادة التي لها دورها المهم في التلحيم والربط والشبك لهذه العناصر حتى لا تنفصل الأطيان والحبات عن بعضها. وأحيانا يعمل الحرث عكس اتجاه الانحدار على امتصاص أكثر وتشبع، وبالتالي يعمل على تركيز السيلان.

أبانت هذه القياسات أنماط الاستغلال التي يمكن أن ينطلق بها السيلان بشكل مبكر بالنسبة للأخرى، وبالتالي يمكن توعية الفلاح بالأنماط التي يمكن اتباعها دون غيرها حتى يخفف من خطر التعرية.

يعمل الحرث على غربلة التربة لأن التعرية تأخذ على مستوى الحقول ماهو دقيق من التربة وتترك المواد الخشنة، وعملية الحرث تقوم بدفن المواد الخشنة وإظهار المواد الدقيقة إلى السطح، وهكذا تصبح المجالات المستغلة في الحرث، وهي تشكل نسبة مهمة في سهل تَفراطة، وتتعرض لتعرية غشائية تفقد كل المواد الدقيقة وتبقى فيها فقط العناصر الخشنة أي قدرتها على إدخار الماء ضعيفة، ولا يحدث تترب أو خصوبة التربة لأن كل ماهو خصب مرتبط بالمواد الدقيقة، أي أن التدخل البشري يقوم بإفقار المواد الدقيقة

وذلك بغسلها وترحيلها بشكل نهائي بالتعرية الغشائية المائية أو الريحية. وبعد إخراج كل المواد الدقيقة، يتم ترقيق القطاع الترابي الذي لا يتعافى بالظروف الحالية، وبالتالي لا يصمد أمام الجفاف ولو لمدة قصيرة جدا، لهذا وجب حماية السطوح وتجاوز هذه المخاطر.

دراسة السلوك الهيدرولوجي لعدة أنماط استغلال خلص إلى أن هذه السطوح لها معامل جريان مختلف فيما بينها، وهذا الاختلاف يمكن أن يفيد المعد في توجه أنماط الاستغلال، للحد من خطورة التعرية. كما أن اختلاف عمق التبليل كلما كان صغيرا إلا وعبر على أن المياه جرت وسالت، وبالتالي هناك سبب لعدم تشبع النفاذية، ومنه يمكن تحديد الأنماط التي تسرع السيلان (يمكن أن تعطي فيضانا)، يعني من خلال هذه المشارات، يمكن تحديد بدقة ماهي المناطق التي تسرع السيلان وتفقد التربة، وهي التي يجب الانتباه إليها وتغير أنماط استغلالها.

يتبين من خلال المقاربة الإحصائية بالتحليل عبر المركبات الرئيسية PCA والتصنيف الهرمي التصاعدي، واعتماد أسلوب معامل الارتباط أن هناك علاقة مهمة بين هذه المتغيرات، وهي التي تتحكم في تباين التربة المفقودة خلال التجربة، وتؤكد بالأرقام، ما تم التوصل إليه خلال دراسة السلوك الهيدرولوجي، والنتائج الإجمالية داخل المشارات التجريبية، من حيث توحل مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحل، ثم التدهور النوعي للأراضي من خلال هذه التجربة، وكذا تفاوت حجم النفاذية والسيلان بهذه المجالات؛ حسب أنماط الاستغلال والتكوينات الصخرية، وتوزيع المشارات داخل مجال الدراسة.

قدمت دراسة الحالات التي تعرف نشاطا مورفوديناميا مهما وسريعا لتدهور التربة بفعل التعرية المائية خاصة التخديد المعمم، الذي يتطور إلى أساحل، بحوضي اتلاغ والعابد، أن هذه الظاهرة تنشط بشكل محدد على مساحات دون غيرها. لذلك توجب عدم إغفال دورها، وقياسها وحدها بمعزل عن المظاهر الأخرى المعممة بالمجال، كما تم التطرق إلى المعادلة العامة لتكميم التربة ونموذج التقييم النوعي. وخلصت إلى استخراج كمية التربة المفقودة، ومساحة تطور الأساحل بين مارس 2006 وأبريل 2021. ويتبين أن موقع واد القطارة يفقد سنويا 645 طن/هـ/سنة، وأن بعض روافده تصل سرعة التسحل بها 4.83 م/سنة وبأعماق مختلفة تصل إلى 3م؛ ويفقد موقع سهب الفيضة 2041 طن/هـ/سنة، وسرعة التسحل تصل إلى 7.42 م/سنة، بعمق يصل إلى 5 م؛ ثم موقع سهب الغزال الذي يفقد 1361 طن/هـ/سنة، وبسرعة 2 م/سنة، لكن بعمق يصل إلى 6م.

متوسط الإقتلاع بهذه المواقع الثلاثة هو 1349 طن/هـ/سنة، أي بسمك 13.93 سم/سنة، مما يعني أن ظاهرة الأساحل تفقد تربات مهمة لا يمكن إغفالها في تعميم تقييم التعرية بالمجال. كما أن هذه النتائج أبانت عن أهميتها من خلال مقارنتها بمتوسط الإزالة السطحية بالنسبة للمشارات التجريبية حيث تم التوصل إلى متوسط 39.18 طن/هـ/سنة، وبمتوسط سمك 3.38 ملم/سنة، وأعلى قيمة سجلت بالمشارة رقم 8 قرب حامة سيدي شافي بـ 464.83 طن/هـ/سنة، أي بسمك 4.01 سم/سنة، ثم أن المعادلة العامة لتكميم التربة بينت أن المجال يفقد في المتوسط 3.86 ملم من سمك التربة خلال السنة، ثم أن متوسط التربة المفقودة

هو 37.64 طن/هـ/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، والفئة القوية جدا والأكثر اقتلاعا (أكثر من 100 طن/هـ/سنة) تقدر بهذا الحوض ب 169.15 طن/هـ/سنة. وبحوض العابد تعرف التربة المفقودة متوسطا يقدر بـ 32.23 طن/هـ/سنة، وبالنسبة للفئة القوية جدا (أكثر من 100 طن/هـ/سنة) يبلغ متوسطها بهذا الحوض 165.38 طن/هـ/سنة.

من خلال هذه الأرقام والمتوسطات، يتبين دور وأهمية الأجهزة وآليات المسح الطبوغرافي الحديثة في دراسة التعرية الموضعية، المتمثلة في الأساحل أو التخديد المعمم، وقوة هذه الظاهرة في تغذية السافلة التي لا يمكن إغفالها. وفعلا، فالمعادلات والنماذج تعبر عن واقع التعرية السطحية المعممة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن لا تعبر عن الواقع الملموس والكلي بشمولية أدق، لذا لابد من هذه الدراسات الدقيقة لحالات التعرية الموضعية التي أبانت أنها تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف، وبالتالي تمت محاولة استيعاب كمية المواد المفقودة الناتجة عن التعرية بمختلف أشكالها وأحجامها والتي تترسب في النهاية مباشرة في السدود الموجودة في السافلة، كما أن هذه المساحات الضائعة أو المتسحلة تتوسع على الرقع الزراعية ولو أن الإنسان هو الذي يهيئ الأراضي بجانبها.

كما أن وصف مختلف الخصائص المورفولوجية لحوضي اتلاغ والعابد عن طريق ربط المجال المدروس بما يحيط به من بنيات تضاريسية، وإبراز دور هذه الخصائص (الارتفاعات، الانحدارات، توجيه السفوح...) في تفسير ما يعرفه المجال من مظاهر للتدهور، ومدى تحكم العامل الطبوغرافي في تفسير وتوزيع مختلف هذه المظاهر، اتضح أن حوضي اتلاغ والعابد يعرفان تباينا من حيث الانحدار والتوجيه، وهذا له تأثير في طبيعة الجريان واستقرار الغطاء النباتي بالمناطق المرتفعة، بينما في السهول، فإن الانحدار ينخفض في بعض المناطق إلى أقل من 5°، وهو ما يجعل هذه المجالات صالحة للاستغلال الزراعي والاستقرار البشري. وكل هذا له دوره في تدهور الأراضي، وانتشار مظاهر التعرية المائية، غير أنه يبقى متعلقا بمتغيرات أخرى كعوامل الجيولوجيا والتربة والمناخ، لأن ما يتميز به الحوضان، من خصائص طبوغرافية لا يعتبر العامل الوحيد المفاقم والمنشط للتدهور.

كما تبين أن التربة وموادها العضوية تتعرض لدينامية التعرية السيلية. فقد أصبحت خطورة الإزالة لا تقتصر على المجالات المرتفعة والمتقطعة ذات هشاشة كبيرة فحسب، وإنما تشمل حتى المجالات المستوية بالسافلة التي تمتاز عادة بتربات سميكة وخصبة، حيث أصبحت مرشحة للإزالة والتدهور السريع لمسكاتها السطحية.

يظهر من خلال الوصف العام لخصائص المناخ أن هناك اختلافا ما بين العالية والمنخفضات السهلية، مما يفسر سيادة أصناف نباتية من نوع السهوب، وأخرى نباتية شجرية ذات مساحة محدودة تتعرض لاستغلال مفرط، كما تتبين مساهمة الجفاف في هشاشة الأراضي من خلال عرقلة النمو الطبيعي للنبات، وبالتالي يصبح ضعيفا وأكثر تدهورا وأقل كثافة، ويقل دوره في تشكيل واق وحاجز ضد عمليات التعرية. إضافة إلى تدخل الإنسان غير المعقلن، فهذه الأوساط تزداد هشاشة وعطوبية، كما أن الجفاف

يجعل الساكنة تقوم بالاستغلال المفرط لهذه الموارد في مجال هش وعطوب يتسم بعدم الاستقرار والرعي الجائر والزراعة العشوائية، مما يزيد من تفاقم حدة التدهور؛ إضافة إلى تعرض المنطقة لفترات جفاف تمتد على بضع سنوات متتالية تخل بالأنشطة الرعيزراعية، فيتحول جفاف المناخ إلى جفاف هيدرولوجي، ثم إلى جفاف فلاحي، مما يتسبب في أزمات اجتماعية ينشأ عنها إنهاك الوسط البيئي.

أمام تدهور هذا الوسط البيئي، تم رصد العوامل البشرية المنشطة لهذه الدينامية، والتطرق إلى أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد، ونتائج ذلك على الأوساط البيئية.

يتبين أن المجال يتميز بقدم التعمير وتزايد النمو الديموغرافي، وتهيمن عليه الأنشطة الفلاحية، كما يتضح ارتفاع نسبة الأمية والبطالة، وارتفاع مؤشر ومعدل الفقر، ثم يتضح أهمية التحولات التي انعكست على تزايد الضغط على الموارد وظهور أشكال ومظاهر تعرية كالتخديد والأساحل، ثم الهجرة نحو المدن.

كما يتبين أن المنطقة تعرف تحولات همت أساليب وأنماط استغلال الأراضي حيث كان الاستغلال يكمن في تربية الماشية، وتحول من استغلال تقليدي يعتمد على الرعي الواسع في نظام الترحال إلى الرعي المكثف والمركز قرب التجمعات السكنية، مما أدى إلى الضغط على المراعي، وبالتالي استغلال غير عقلاني للموارد النباتية، وهذا يظهر من خلال توسيع الأراضي الزراعية على حساب المراعي.

الزراعة البورية تحتل مكانة مهمة في النشاط الفلاحي بالمنطقة حيث تغطي جل الأراضي المستغلة، وتتحكم في اختلاف المردودية وضعفها. الظروف الطبيعية والظروف البشرية المتمثلة في أنماط الاستغلال ثم الوضعية العقارية أدت إلى تسريع الاستغلال، الذي أثر في استهلاك ما بعد الحصاد خاصة في الرعي، وأدى بدوره إلى تشتيت بنية التربة وتعرضها للتعرية الريحية، ثم ترك الأراضي عارية أمام الأمطار، مما يسرع من إزالة المواد الدقيقة على السطح، وتنشيط السيلان.

يتبين من خلال الوقوف على بعض الإجراءات التي قامت بها الدولة على مستوى المنطقة أن وضع المحميات الرعوية، وغرس الشجيرات العلفية، كانت تسعى من خلالهما إلى تحقيق مجموعة من الأهداف على عدة مستويات منها ما هو بيئي، واجتماعي واقتصادي. إلا أن ما يثير الانتباه، هو أن أشكال التدهور لا زالت مستمرة، في غياب مقاربة شمولية تأخذ بعين الاعتبار حاجيات ومتطلبات الساكنة.

من خلال الدراسة التطورية للغطاء النباتي وتوزيعه المجالي وعلاقة ذلك بتوزيع أشكال التعرية، ثم توزيع استعمال الأرض وأساليب وأنماط الاستغلال (الاستمارة الميدانية)، وعلاقة ذلك بمظاهر التدهور، يتضح أن العنصر البشري أخطر بكثير، لأنه يتبين من الدراسة التطورية لأشكال التعرية، أنه تم المرور من أشكال تعروية في المناطق الهشة. إلى التشكيل في المناطق التي كانت تعتبر مستقرة إلى حد قريب، يعني اكتساح لمناطق متوازنة، والسبب بشري، وذلك يتضح من خلال تباين في جهات الحوض نفسه من مناطق عرفت تدهورا وأخرى بقيت متوازنة، ولا يمكن للعوامل الطبيعية أن تقوم بتدهور جزء وتترك جزءا آخر.

أمام هذه الوضعية التي تعرف هيمنة المجالات المتدهورة والمهددة بخطر التعرية المائية المستمرة، وانطلاقا من النتائج المتوصل إليها، أصبح من الضروري إعادة النظر في أشكال التدخل بهذه الأوساط الهشة والعطوبة، وضرورة إشراك الفلاح كفاعل في اتخاذ القرار المتعلق بتهيئة هذه المناطق. كما يجب توعية وتحسيس الفلاح بخطر التعرية وأشكال الاستغلال التي تؤثر وتسرع هذه الدينامية، ومساعدته على القيام بتقنيات الحد أو على الأقل التقليل منها.

يجب الحفاظ على هذا المورد النفيس الذي لا تحافظ عليه الطبيعة عن محض إرادتها إذا لم يكن الإنسان واعيا بمدى هشاشتها. الطبيعية تخلق هذه التوازنات، لكن الإنسان هو الذي يأتي للنقض والإخلال بهذه التوازنات البيئية.

البيبليوغرافيا

لائحة المراجع باللغة العربية

ابن أبي زرع على الفاسي (1973)، الأنيس المطرب بروض القرطاس: في أخبار ملوك المغرب وتاريخ مدينة فاس. دار المنصور. الرباط.

ابن خلدون عبد الرحمن (1992)، العبر وديوان المبتدأ والخبر في أيام العرب والعجم والبربر ومن عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر. ط 1. دار الكتب العلمية، بيروت.

أبهرور محمد (2009)، إسهام في التقييم الكمي للتعرية المائية بمقدمة الريف الشرقي (نموذج حوض واد الثلاثاء). بحث لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، سايس–فاس.

أبوصالح رزان إبراهيم (2011)، أصول المساحة. مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع. الأردن.

اسباعي عبد القادر ومواديلي عمر والحرادجي عبد الرحمان وقراط ميمون (2018)، أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت) من خلال نموذج المعادلة العامة لانجراف التربة "RUSLE". أعمال الندوة الدولية الثالثة لمستخدمي نظم المعلومات الجغرافية. وجدة 22–23 نونبر 2016. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 107–112.

اسباعي عبد القادر والحرادجي عبد الرحمان ومواديلي عمر وحواس عبد الإله (2019)، تصنيف الحساسية البيئة للتصحر بالجهة الشرقية. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومرفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهيئة. وجدة، 26 دجنبر 2017. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 90–102.

اسباعي عبد القادر وغزال محمد وصابري محمد ومواديلي عمر (2016)، إكراهات التنمية الفلاحية ممر تاوريرت العيون. أشغال الدورة الثانية للمؤتمر الوطني للجغرافيين الشباب، حول: التراب: الفاعلون، التجديد ورهانات التنمية. كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة القاضي عياض، مراكش. 22–23 أبريل.

بن تومي سليمة وحياهم سعاد وبونار صفية (2016)، الاستخدامات المدنية للطائرات بدون طيار. بحث لنيل شهادة الماستر، شعبة علوم الإعلام والاتصال، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة 8 ماي 1945، قالمة. الجزائر

حواس عبد الإله واسباعي عبد القادر ومواديلي عمر (2019)، تدهور الغطاء النباتي بالجهة الشرقية من خلال مؤشر النبات المنضبط (NDVI) ما بين سنة 2000–2017. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومرفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهيئة. وجدة، 26 دجنبر 2017. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 103–112.

داود جمعة محمد (2010)، مدخل إلى نظام العالمي لتحديد المواقع GPS، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.

داود جمعة محمد (2015)، أساسيات علوم المساحة والجيوماتكس. معهد بحوث المساحة، المركز القومي لبحوث المياه، مصر.

الراي هاجر (2020)، تعرية الضفاف بالوادي الحي وانعكاساتها على توحل السدود (المغرب الشرقي). بحث لنيل شهادة الماستر، كلية الآداب والعلوم الإنسانية – وجدة.

رحو محمد (1999)، التعرية في مقدمة الريف الأوسط: المنطقة البينهرية اللبن–سبو–ورغة استمرار للتطور الطبيعي، منتوج مجتمعي. أطروحة لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية – الرباط.

زروق حكيم وحواس عبد الإله وبوجي بلال ومواديلي عمر وعطواني محمد (2019)، كرطوغرافية الهشاشة ببعض جماعات الساحل المتوسطي الشرقي للمغرب، مقاربة سوسيو اقتصادية وطبيعية. أعمال الندوة الدولية حول: المخاطر الطبيعية وتهيئة التراب. وجدة، 9–10 نونبر 2018. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 89–94.

شاكر ميلود (1998)، كتلة بوخوالي وسهل العيون (المغرب الشرقي)، الدينامية الحالية للسطح بين الهشاشة الطبيعية والضغط البشري، أي آفاق وأي استراتيجيات. بحث لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الخامس – الرباط.

شاكر ميلود (2010)، المغرب الشمالي الشرقي، دينامية الموارد الطبيعية، وخطورة التصحر – كتلة بوخوالي وهوامشها السهوبية نموذجا، منشورات كلية الآداب والعلوم الانسانية، جامعة محمد الخامس بالرباط، سلسلة رقم 60.

شعوان جمال (2015)، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط، حوض أمزاز نموذجا. بحث لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله – فاس.

صباحي محمد (2012)، التباين الصخاري والطبوغرافي بالمغرب وتأثيرهما على النفاذية والجريان السطحمائي. منشورات الكلية، عدد 2012/17 تطوان.

عبد السميع يوسف (2015)، المجال الرعوي بممر العيون–تاوريرت إمكانات رعوية محدودة واستغلال مكثف للموارد الرعوية. بحث لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، سايس–فاس.

عبد الله كمال سارة (2020)، النظيم القانوني للاستخدام المدني للطائرات بدون طيار. بحث لنيل شهادة الماستر في القانون الخاص، كلية القانون، جامعة قطر.

عثماني مصطفى (2015) الدينامية الحالية للسطح ومظاهر التدهور بسهل تَفراطة وهوامشه. بحث لنيل شهادة الدكتوراه، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الخامس، الرباط.

عقيلي رهام إياد (2013)، التوثيق المعماري والأثري باستخدام النمذجة الثلاثية الأبعاد. بحث لنيل شهادة الماستر في الهندسة المعمارية، كلية الهندسة المعمارية، قسم تأهيل المدن الإسلامية، جامعة حلب، سوريا.

غزال محمد (1996)، تعدد أنشطة الأسر القروية والتحولات الاجتماعية المجالية بممر تاوريرت وجدة وسهل تريفة (الشمال الشرقي للمغرب). بحث لنيل دبلوم الدراسات العليا في الجغرافية. كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، ظهر المهراز – فاس.

غزال محمد (2007)، الموارد المائية بشمال المغرب الشرقي – التدبير والاستغلال والإكراهات. بحث لنيل دكتوراه الدولة، كلية العلوم، جامعة محمد الأول – وجدة.

فالح علي (2004)، التقييم النوعي والكمي والنمذجة المجالية للتعرية المائية بحوضي أكنول ومركات (مقدمة الريف الشرقي والأوسط). بحث لنيل دكتوراه الدولة في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول، وجدة.

فالح علي (2010)، التقييم الكمي والنوعي لانجراف التربة بالريف، منشورات جمعية تطاوين اسامير، مطبعة الخليج العربي.

فتحي محمد فريد (1983)، المساحة للجغرافيين: المساحة المستوية والتصويرية ج1 و2. ط 3. دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر.

الكتيف مصطفى (2018)، تدهور الأراضي والتقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية بالحوض النهري لكريفلة الأسفل. بحث لنيل شهادة الدكتوراه، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الخامس، الرباط.

الكيحل محمد (2012)، التحولات السوسيو اقتصادية وحدة الاستخدام الرعوي بممر العيون تاوريرت، بحث لنيل الإجازة في الجيوماتية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة محمد الأول وجدة.

لبتر قادة (2020)، أساليب وطرق الرفع المعماري والأثري. دروس ماستر علم الآثار، تخصص الصيانة والترميم، وحدة تقنية العمل الميداني. كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة أبي بكر بلقايد، تلمسان. الجزائر.

موداديلي عمر (2017)، أساليب وأشكال التعرية المائية بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت). بحث لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة محمد الأول، وجدة.

موداديلي عمر واسباعي عبد القادر (2020)، أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاوريرت) من خلال نموذج المعادلة العامة لانجراف التربة "RUSLE". المجلة المغربية للبحث الجغرافي، أدوات ومناهج في البحث الجغرافي، الطبعة الأولى، العدد الأول، المجلد الثاني. مطابع الرباط نت. ص 27–44.

موداديلي عمر واسباعي عبد القادر والحافيظ إدريس والسعيدي عبد الواحد وعثماني مصطفى وبوعبدالله مصطفى (2019)، تقييم خطر التعرية المائية باستعمال المقلد المطري RAMP: دراسة للسلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالة ممر تاوريرت – جرسيف. أعمال الندوة الدولية حول: المخاطر الطبيعية وتهيئة التراب. وجدة، 9–10 نونبر 2018. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 61–68.

موداديلي عمر واسباعي عبد القادر والحرادجي عبد الرحمان والحافيظ إدريس (2019)، خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية والاستغلال البشري؛ حالة حوض واد العابد. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرومناخية والجيومرفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهيئة. وجدة، 26 دجنبر 2017. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. http://www.ump.ma/، ص 65–76.

موداديلي عمر واسباعي عبد القادر وحواس عبد الإله (2018)، إشكالية تدهور الغطاء النباتي، وتحديات التنمية بممر تاوريرت – وجدة. أعمال الندوة الوطنية حول التراب المغربي بين تنوع المكونات وتعدد طرق التهيئة، وخيارات تحقيق التنمية المنصفة للإنسان والمجال. القنيطرة، 2–3 مارس 2018. (قيد النشر).

موديلي عمر واسباعي عبد القادر وحواس عبد الإله (2019)، الملاءمة المجالية لإنشاء مركز إيواء الفئات الاجتماعية الهشة (حالة إقليم جرسيف). توظيف نظم المعلومات الجغرافية في اتخاذ القرار والحكامة الترابية. منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية، سلسة ندوات ومناظرات: 2019/15. جامعة محمد الأول – وجدة. ص 93-101.

مياس محمد أحمد (2013)، أسس الإستشعار عن بعد، الجزء الأول، سلسلة علوم الإستشعار عن بعد ومعالجة الصور الفضائية. دار جامعة صنعاء للطباعة والنشر. اليمن.

نافع رشيدة ووطفة عبد الرحيم (2002)، التعرية المائية وأثرها في تدهور التربات، تحليل المظاهر ومناهج القياس. مجلة أبحاث، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية. العدد العاشر. المحمدية.

وحمد لحسن (2004)، منطقة عالية الحوض الأعلى لواد أم الربيع: (الأطلس المتوسط الأوسط)، الحركية الطبيعية وإشكالية التنمية المستديمة. بحث لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة محمد الخامس – الرباط.

الوزان الحسن (1980)، وصف إفريقيا، ترجمة محمد الأخضر محمد حجي، الرباط، منشوارت الجمعية المغربية للتأليف والترجمة والنشر، الجزء 2.

لائحة المراجع باللغة الأجنبية

Abid, M. E. (2014). Drones, UAVs, and RPAs. (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute.)

Acherkouk, M., Bouayad, A., El Koudrim, M., Maatougui, A., Mahyou, H., & Rahmi, M. (2002). Etude phyto-écologique du couloir Taourirt-Tafoughalt. In Rapport final. Convention de Recherche/Développement, No. 54/97, p. 98.

Adel, A. (1987). Reflexion sur la geographie de l'amenagement, etude du couloir: taourirt-oujda (maroc oriental) (Doctoral dissertation, Pau)

Ahl, R. S., Woods, S. W., & Zuuring, H. R. (2008). Hydrologic calibration and validation of SWAT in a snow-dominated rocky mountain watershed, Montana, USA 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 44(6), 1411-1430.

Al Karkouri, J. (2003). Dégradation du milieu naturel dans le bassin versant de Béni Boufrah (Rif Central, Maroc) : Analyse des facteurs et des processus, essai de quantification et de modélisation spatiale. Thèse de Doctorat d'Etat. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines. Université Mohamed V. Rabat, Maroc.

Alain, M. (1984). Note sur la caracterisation statistique d'une classe et les valeurs-tests. Bulletin Technique du CESIA, 2(1-2).

Annabi, M. (2005). Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: Relation avec les caractéristiques de leur matière organique. INAPG (AgroParisTech).

Arnoldus, H. M. J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. FAO Soils Bulletins (FAO).

Asseline, J., & Valentin, C. (1978). Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Les Cahiers de l'ORSTOM. Série Hydrologie Bondy, 15(4), 321-349.

Benzer, N. (2010). Using the Geographical Information System and remote sensing techniques for soil erosion assessment. Pol J of Environ Stud, 19(5), 881-886.

Birot P. (1981) - Les processus d'érosion à la surface des continents. Édit. Masson, Paris.

Boiffin, J. (1984). La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies (Doctoral dissertation, Institut National Agronomique Paris Grignon).

Boiffin, J., Pary, F., & Peyré, Y. (1986). Systèmes de production, systèmes de culture et risques d'érosion dans le Pays de Caux. Min. de l'Agriculture. France.

Bonn, F. (1996). Précis de télédétection (Volume 2, Applications thématiques). Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy.

Bouziane, A. B. (1984). Stratigraphie et sédimentologie du Lias et du Dogger inférieur du bassin de Guercif (Doctoral dissertation, Université Claude-Bernard-Lyon 1).

Brooke-Holland, L. (2015). Overview of military drones used by the UK armed forces. House of Commons Library, Briefing Paper, (06493), 11.

Burgan, R. E., Hartford, R. A., & Eidenshink, J. C. (1996). Using NDVI to assess departure from average greenness and its relation to fire business. United States Department of Agriculture, Forest Service. General Technical Report INT-GTR-333, Intermountain Research Station, Ogden, Utah.

Burrough, P. A., van Gaans, P. F., & MacMillan, R. A. (2000). High-resolution landform classification using fuzzy k-means. Fuzzy sets and systems, 113(1), 37-52.

Carr, E. B. (2013). Unmanned aerial vehicles: Examining the safety, security, privacy and regulatory issues of integration into US airspace. National Centre for Policy Analysis (NCPA). Retrieved on September, 23, 2014.

Cavoukian, A. (2012). Privacy and drones: Unmanned aerial vehicles (pp. 1-30). Ontario: Information and Privacy Commissioner of Ontario, Canada.

Chen, J. M. (1996). Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. Canadian Journal of Remote Sensing, 22(3), 229-242.

Choukri, F., Chikhaoui, M., Naimi, M., Raclot, D., Pepin, Y., & Lafia, K. (2016). Impact du changement climatique sur l'évolution de l'érosivité des pluies dans le Rif Occidental (Nord du Maroc). European Scientific Journal, 12(32), 79-93.

Colleta, B. (1977). Evolution néotectonique de la partie méridionale du bassin de Guercif (Doctoral dissertation, Thèse 3éme cycle, Grenoble 1).

Collinet, J., & Valentin, C. (1984). Evaluation of factors influencing water erosion in West Africa using rainfall simulation. IAHS-AISH publication, (144), 451-461.

Cormary, Y., & Masson, J. (1964). Etude de conservation des eaux et du sol au Centre de Recherches du Génie Rural de Tunisie: application à un projet-type de la formule de perte de sols de Wischmeier. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 2(3), 3-26.

Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. Remote sensing of Environment, 34(1), 71-73.

Dangler, E. W., & El-Swaify, S. A. (1976). Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. Soil Science Society of America Journal, 40(5), 769-773.

Darnell, B. W. (2011). Unmanned aircraft systems: a logical choice for homeland security support. The Master Thesis, Naval Postgraduate School, California, USA.

David, W. (1987). Soil and water conservation planning. Policies, Issues and recommendations. DENR Quezon City.

Deng, Y., Wu, C., Li, M., & Chen, R. (2015). RNDSI: A ratio normalized difference soil index for remote sensing of urban/suburban environments. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 39, 40-48.

Diek, S., Fornallaz, F., Schaepman, M. E., & De Jong, R. (2017). Barest pixel composite for agricultural areas using landsat time series. Remote Sensing, 9(12), 1245.

DREF-O (2007), Etude d'Aménagement du Bassin Versant de l'Oued Za, Marché N° 2/2005/DREF-O.

El Harradji, A. (1985). Le massif de Debdou (Maroc oriental): étude géomorphologique. Thèse Doct 3éme Cycle. Univ. Paris I Panthéon-Sorbonne, Inst. Géogr. Paris.

El Harradji, A. (1996). Structuration géologique et évolution géomorphologique du Massif de Debdou (Maroc Oriental), Rev. Géogr. Maroc, vol. XVI, N° 1 et 2, 1994, pp. 127-148.

El Harradji, A. (2006). Les interférences des changements environnementaux et de l'activité néotectonique dans l'évolution quaternaire de l'Oued Debdou-Telagh (Bassin de Guercif, Maroc Oriental). 12ème Rencontre des Géomorphologues Marocains, organisée par l'AMG (Association Marocaine de Géomorphologie), Rabat, 23-25 septembre 2004. série colloque et séminaire n°131.

El Harradji, A. (2019). Morphodynamique et environnement au Nord-ouest des Hauts-Plateaux de l'Est Marocain : De la dynamique naturelle des paysages à la désertification. Thèse pour l'obtention du Doctorat d'Etat En Géographie Physique, option Géomorphologie – Université Mohammed Premier- Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Oujda.

Emberger, L. (1964). La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. Al Awamia, 12, 1-15. (MA) ISSN: 0572-2721. https://www.inra.org.ma/

European Union Committee. (2014). Civilian use of Drones in the EU.7 th Report of session.

FAO. (2019). Global Symposium on Soil Erosion, Room, Italy. https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/fr/c/1178197/

FAO. (2021). Global Symposium on salt-affected soils, Room, Italy. https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1418189/

Foster, G. R., Meyer, L. D., & Onstad, C. A. (1977). A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. Transactions of the ASAE, 20(4), 683-0687.

Fournier, F. (1960). Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques (No. 551.302). Presses Universitaires de France.

Friedrich, G. D. Applications of military and non-military Unmanned Aircraft Systems (UAV). University of Applied Sciences Stralsund.

Fuka, D. R., Walter, M. T., MacAlister, C., Degaetano, A. T., Steenhuis, T. S., & Easton, Z. M. (2014). Using the Climate Forecast System Reanalysis as weather input data for watershed models. Hydrological Processes, 28(22), 5613-5623.

Gauché, É. (2005). La dynamique contrastée du ravinement dans le massif des Beni Saïd (Rif oriental, Maroc): Processus, facteurs et évolution. Géomorphologie: relief, processus, environnement, 11(1), 45–60.

Gitas, I. Z., Douros, K., Minakou, C., Silleos, G. N., & Karydas, C. G. (2009). Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model. EARSel eproceedings, 8(1), 40-52.

Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N. (1998). Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. Advances in Space Research, 22(5), 689-692.

Griesbach, J. C., Ruiz Sinoga, J. D., Giordano, A., Berney, O., & Gallart, F. (1998). Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes.

Hanscom, A. F. B., & Bedford, M. A. (2013). Unmanned Aircraft System (UAS) service demand 2015-2035. literature review & projections of future usage, Res. Innov. Technol. Admin., US Dept. Transp., Washington, DC, USA, Tech. Rep. DOT-VNTSC-DoD-13-01.

Hartpence, A. (2021). Landsat Collection 2 (No. 2021-3002). US Geological Survey.

Henrich, V., Krauss, G., Götze, C., & Sandow, C. (2012). IDB, Entwicklung einer Datenbank für Fernerkundungsindizes. AK Fernerkundung, available at: https://www. indexdatabase. de/info/credits. php (last access: 5 June 2020).

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 25(15), 1965-1978.

Hillel, D., & De Backer, L. W. (1974). L'eau et le sol: principes et processus physiques (pp. 75-85). Leuven,, Belgium: Vander.

Hjulstrom, F. (1935). Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river fyris, Bulletin. Geological Institute Upsalsa, 25, 221-527.

Horon, O. (1953). Note sur les affleurements primaires de la région de Tafechna-Flouch (N. de Debdou). Arch BRPM, Rabat, juillet,421-241 - Ga-06.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56(3), 275–370.

Huete, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote sensing of environment, 25(3), 295-309.

Husson, F., Lê, S., & Pagès, J. (2016). Analyse de données avec R, 2ème édition revue et augmentée. Presses Universitaires de Rennes, Rennes. France.

Joseph, C., Cerald, D., Carol, K., Anthony, M. & Nellie, R. (2014). Insurance and the rise of the drones. Swiss Reinsurance Company. (www.swissre.com)

Kalman, R. (1967). Essai d'évaluation pour le pré-Rif du facteur couverture végétale de la formule de Wischmeier de calcul de l'érosion. Rapport Rabat, 1-12.

Kasser, M., & Egels, Y. (2002). Digital photogrammetry. Taylor & Francis, London, UK.

Koroleva, P. V., Rukhovich, D. I., Rukhovich, A. D., Rukhovich, D. D., Kulyanitsa, A. L., Trubnikov, A. V., Kalinina, N. V., & Simakova, M. S. (2017). Location of Bare Soil Surface and Soil Line on the RED-NIR Spectral Plane. Eurasian Soil Science, 50(12).

Koroleva, P. V., Rukhovich, D. I., Rukhovich, A. D., Rukhovich, D. D., Kulyanitsa, A. L., Trubnikov, A. V., Kalinina, N. V., & Simakova, M. S. (2018). Characterization of soil types and subtypes in N-dimensional space of multitemporal (empirical) soil line. Eurasian Soil Science, 51(9), 1021–1033.

Kouri, L. (1993). L'erosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'oued Mina (Algérie). Etude des processus et types fonctionnels de ravins dans la zone des marnes tertiaires. Strasbourg 1.

Laouina, A. (1990). Le Maroc nord-oriental: reliefs, modelés et dynamique du calcaire. Publications du rectorat de l'Université Mohammed 1er Oujda. n°1. 605p.

Laouina, A.,2006. Prospective « Maroc 2030 » gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au Maroc P 17.

Li, H., Wang, C., Zhong, C., Su, A., Xiong, C., Wang, J., & Liu, J. (2017). Mapping urban bare land automatically from Landsat imagery with a simple index. Remote Sensing, 9(3), 249.

Lin, H., Wang, J., Liu, S., Qu, Y., & Wan, H. (2005). Studies on urban areas extraction from landsat TM images. Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS'05., 6, 3826–3829.

López-Bermúdez, F., Romero-Diaz, A., & Martínez-Fernández, J. (1996). The El Ardal field site: Soil and vegetation cover. Mediterranean desertification and land use., 169–188.

Manrique, L. A. (1988). Land erodibility assessment methodology (LEAM): using soil survey data based on soil taxonomy. Editorial and Publication Shop.

Marsh, G. P. (1864). Man and nature, or physical geography as modified by human action. Sampson Low, Son and Marston.

Marzocchi, O. (2015). Privacy and data protection implications of the civil use of drones: In-depth analysis. European Union.

Masson, J. M. (1972). L'érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen. Méthodes expérimentales pour l'étude des quantités érodées à l'échelle du champ. La Houille Blanche, (8), 673-678.

Meyer, L.D., DeCoursey, D.G. and Romkens, M.J.M., 1976. Soil erosion concepts and misconceptions. Proc. of the Third Federal Interagency Sedimentation Conf. 2.1-2.12, Sedimentation committee of the Water Resources Council. PB-245 100, Denver, CO.

Médioni R. (1972). Projet de prospection des réservoirs aquifères profonds du Maroc oriental. Notes complémentaires sur la campagne de sondages 1969-70 (HP1, HP2, HP3). Rapport inédit Serv. Carte. Géol. Rabat.

Médioni, R. (1966). Sur l'évolution des transgressions jurassiques sur un paléorelief à matériel hercynien dans la région de Debdou (Maroc oriental). Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France, (9), 363-364.

Médioni, R. (1977). Carte géologique du Maroc à 1: 100000, feuille de Debdou. Notice explicative. gites mineraux et substances utiles.

Médioni, R. (1979). Carte géologique du Maroc à 1/100.000. Feuille Hassiane Ed Diab. Notice explicative. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, 227, 64.

Médioni, R. (1980). Mise au point stratigraphique sur les terrains carbonifères de la bordure septentrionale des Hauts-Plateaux marocains (Massif de Debdou, boutonnières de Lalla-Mimouna et du Mekam).

Melzer, N. (2013). Human rights implications of the usage of drones and unmanned robots in warfare. European Parliament.

Mesrar, H. (2010). Application des directives du PAP/CAR et des outils SIG pour l'évaluatioon de l'érosion hydrique et la définition des facteurs causaux dans le bassin versant de l'oued Amzaz. Mémoire de Master. Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Mitasova, H., Mitas, L., Brown, W. M., & Johnston, D. M. (1999). Terrain modeling and soil erosion simulations for Fort Hood and Fort Polk test areas. Geographic Modeling and Systems Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Mokhtari, N. (2016). Etude de la dynamique de la desertification dans le bassin versant de la Moulouya en intégrant les données issues de la télédetection et les données socio-économiques (Doctoral dissertation, Université de Liège, Belgique).

Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986a). Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal, 50(5), 1294-1298.

Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986b). Modelling erosion and deposition: topographic effects. Transactions of the ASAE, 29(6), 1624-1630.

Nguyen, C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., & Huo, L. Z. (2021). A Modified Bare Soil Index to Identify Bare Land Features during Agricultural Fallow-Period in Southeast Asia Using Landsat 8. Land, 10(3), 231.

ORMVAM (2011). L'étude d'aménagement d'un nouveau périmètre d'irigation d'environ 1 000 Ha dans la plaine de Tafrata, Province de Taourirt.

- a : Etude de reconnaissance des sols. Phase 2 Office Régional de Mise en Valeur Agricole de la Moulouya. 53p.

- b : Etude de l'evaluation socio-économique. Phase 5 Office Régional de Mise en Valeur Agricole de la Moulouya. 96p.

Petkovšek, G., & Mikoš, M. (2004). Estimating the R factor from daily rainfall data in the sub-Mediterranean climate of southwest Slovenia. Hydrological sciences journal, 49(5), 869-877.

Pettorelli, N. (2013). The Normalized Difference Vegetation Index. Oxford University Press.

Przybilla, H. J., Bäumker, M., Luhmann, T., Hastedt, H., & Eilers, M. (2020). Interaction between direct georeferencing, control point configuration and camera self-calibration for rtk-based uav photogrammetry. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 43, 485-492.

Rango, A., & Arnoldus, H. M. J. (1987). Aménagement des bassins versants. Cahiers techniques de la FAO, 36.

Rasul, A., Balzter, H., Ibrahim, G. R. F., Hameed, H. M., Wheeler, J., Adamu, B., ... & Najmaddin, P. M. (2018). Applying built-up and bare-soil indices from Landsat 8 to cities in dry climates. Land, 7(3), 81.

Raynal, R. (1961). Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc Oriental). Étude géomorphologique.

Resop, J. P., Lehmann, L., & Hession, W. C. (2019). Drone laser scanning for modeling riverscape topography and vegetation: comparison with traditional aerial lidar. Drones, 3(2), 35.

Richardson, C. W., Foster, G. R., & Wright, D. A. (1983). Estimation of erosion index from daily rainfall amount. Transactions of the ASAE, 26(1), 153-0156.

Ronconi, G. B. A., Batista, T. J., & Merola, V. (2014). The utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for military action in foreign airspace. UFRGSMUN UFRGS Model United Nations J, 2, 137-180.

Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. Remote sensing of environment, 55(2), 95-107.

Roose, E. (1994). Introduction á la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) (No. 631.455 F38f). FAO.

Roose, E. (1996). Land husbandry: components and strategy (Vol. 70). Rome: FAO.

Roose, E. (2010). La lutte antiérosive conventionnelle en fonction des processus et des facteurs de l'érosion hydrique. Gestion durable des eaux et des sols au Maroc. IRD Éditions, (Institut de Recherche pour le Développement. Marseille), 47-78.

Roose, E., Asseline, J., Bois, J. F., Lafforgue, A., Naah, E., Diallo, H., ... & Sanou, T. (1978). Mesure des phénomènes d'érosion sous pluies simulées aux cases d'érosion d'Adiopodoumé: les charges solide et soluble des eaux de ruissellement sur sol nu et diverses cultures d'ananas. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 16(1), 43-72.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA special publication, 351(1974), 309-317.

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 ^{137}Cs et de la susceptibilité magnétique. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur d'Etat en géologie, l'Université Mohammed Premier, Faculté des Sciences, Oujda.

Sadiki, A., Bouhlassa, S., Auajjar, J., Faleh, A., & Macaire, J. J. (2004). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc): cas du bassin versant de l'oued Boussouab. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, 26(2004), 69-79.

Sayler, K. (2015). A world of proliferated drones. Center for a New American Security.

Sbai, A., & Chennoufi, A., (2000). Bilan hydrique et sécheresse à Oujda, 27-28 janvier 2000.

Sbai, A. & Laadoua A., (1988). - Etude de la variabilité de la sécheresse à Oujda, Colloque : « La ville d'Oujda depuis la fondation jusqu'à nos jours», 11-12-13 avril 1988, Oujda, Maroc.

Sbai, A., Mouadili, O., Bahkan, M., Hlal, M., Bouabdallah, M., & Benata, M. (2019). Vulnérabilité du littoral de Saidia – Nador et enjeux exposés (Maroc nord-est). Colloque International sur les risques naturels et l'aménagement du territoire. Oujda 9 – 10 novembre 2018. Publications de l'Université Mohamed Ier, Oujda mis en ligne le 5 juillet 2019. http://www.ump.ma/, 77-83.

Sbai, A., Mouadili, O., El Mresei, M., (2021). Apport des SIG dans le choix des sites adéquats pour l'installation de centres de lutte contre la vulnérabilité sociale dans quelques provinces du nord du Maroc. Ouvrage collectif, Utilisation des Systèmes d'Inforamtion Géographique et de la télédetection dans les études spatiales. Democratic Arab Center For Strategic, Political & Economic Studies Berlin / Germany. https://democraticac.de/?p=74077, 509-517.

Sbai, A. & Ghzal, M. (2007) - Dégradation des parcours et érosion dans le couloir d'El Aioun - Taourirt (Maroc nord-est). Colloque National: Taourirt – Oued Za – la Kasbah. Histoire, espace et développement. 8-9 Mai 2007. Province de Taourirt. Travaux du Colloque. Collection Etudes & Séminaires. P.169-182 (en langue arabe).

Sbai, A., & Mouadili, O. (2021). Risque d'érosion hydrique entre fragilité des équilibres environnementaux et perspectives de durabilité: Cas du bassin d'Oued El Abed (Maroc nord-est). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9(4). 666-674.

Sbai, A., Mouadili, O., Hlal, M., Benrbia, K., Zahra Mazari, F., Bouabdallah, M., & Saidi, A. (2021). Water Erosion in the Moulouya Watershed and its Impact on Dams' Siltation (Eastern Morocco). Proc. IAHS, 384, 127–131.

Sbai, A., Mouhdi, A., Adouk, N., & Paul, F. (1994). Modélisation de la vitesse du vent et calcul du potentiel éolien du Maroc oriental: Le cas d'Oujda-Angad. La Météorologie. (5), 54-60.

Sbai, A., Moussaoui, F., & Oualit, N. (1992). Les régimes des vents au Maroc Oriental. Méditerranée, 76(3), 45-52.

Sbai, A., Lasgaa, H., Sabri, M., & Ghzal, M. (2011). Apport des SIG et de la Télédétection dans l'étude de la dégradation des ressources naturelles en milieu aride : cas du couloir de Taourirt – El Aioun et ses bordures (Maroc Oriental), 18ème Rencontre des géomorphologues marocains Les milieux arides marocains : Diagnostic et choix de développement et d'aménagement, Oujda, 1-2-3 décembre, 24-p.

Seghir, A., Mazoz, L., & Idrissi, A. J. (2019). Cartographie de sol dans la zone méridional de la plaine de Tafrata au Maroc Centro-Oriental et évaluation de leur sensibilité à la désertification. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 7(2).

Shin, G. J. (1999). The analysis of soil erosion analysis in watershed using GIS. Department of Civil Engineering, Gang-won National University, Gangwon-do, South Korea, Ph. D. dissertation.

Southworth, Matt. (2012). Drones. Questions and answers. Legislative action message (202) 547-4343

Sripada, R. P., Heiniger, R. W., White, J. G., & Meijer, A. D. (2006). Aerial color infrared photography for determining early in-season nitrogen requirements in corn. Agronomy Journal, 98(4), 968-977.

Teixeira Pinto, C., Jing, X., & Leigh, L. (2020). Evaluation Analysis of Landsat Level-1 and Level-2 Data Products Using In Situ Measurements. Remote Sensing, 12(16), 2597.

Thompson, S. K. (2012). Sampling (Third Edition). Wiley series in probability and statistics.

Tomasello, F., & Haddon, D. (2011, September). Detect and avoid for unmanned aircraft systems in the total system approach. In 2011 Tyrrhenian International Workshop on Digital Communications-Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles (pp. 47-52). IEEE.

Tou, J. T. (1974). Pattern recognition principle. Applied Mathematics and Computation, 7, 75-109.

Tribak, A., & Morel, A. (2005). L'utilisation des terres et le ravinement dans les moyennes montagnes du Prérif oriental (Maroc). Bull Réseau Erosion, 23, 236-247.

Valentin, C. (1981). Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique, Agadez, République du Niger: Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau.

Valentin, C., & Roose, E. J. (1981). Soil and water conservation problems in pineapple plantations of south Ivory Coast. Soil Conservation-Problems and Prospects. ed. Morgan, RPC, John Wiley & Sons, Chichester, 239–246.

Vantas, K., Sidiropoulos, E., & Evangelides, C. (2020). Estimating Rainfall Erosivity from Daily Precipitation Using Generalized Additive Models. In Environmental Sciences Proceedings (Vol. 2, No. 1, p. 21). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Villasenor, J. (2013). Observations from above: unmanned aircraft systems and privacy. Harv. JL & Pub. Pol'y, 36, 457.

Ward Jr, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association, 58(301), 236-244.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.

Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Belward, A. S., & Cohen, W. B. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. Remote sensing of environment, 225, 127–147.

Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker III, C. J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess Land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. Springer.

Young, A., & Clayton, K. M. (1972). Slopes (No. 551.43 Y68). Longman.

Zizi, M. (1996). Triassic-Jurassic extensional systems and their Neogene reactivation in northern Morocco (the Rides prérifaines and Guercif basin) (Doctoral dissertation, Rice University).

المواقع الإلكترونية الرئيسة

- **الوكالة الفضائية الامريكية**

NASA http://glovis.usgs.gov
http://earthexplorer.usgs.gov
Landsat http://landsat.gsfc.nasa.gov
MODIS https://modis.gsfc.nasa.gov/

- **البيانات المناخية العالمية**

Global climate and weather data (GCWD)
http://www.worldclim.org

- **مركز علوم التغطية الأرضية**

Global Land Cover Facility (GLCF)
http://glcf.umd.edu

- **الوكالة الفضاء الاوروبية**

Sentinel https://earth.esa.int

- **منشأة ألاسكا الفضائية**

Alaska https://www.asf.alaska.edu

- **الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية، والخرائيطة.**

Agence Nationale de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie (ANCFCC)
https://www.ancfcc.gov.ma/

- **المندوبية السامية للتخطيط**

Haut-Commissariat au plan
https://www.hcp.ma/

- **المنظمة العالمية للتغذية**

Global Symposium on Soil Erosion
https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/fr/c/1178197/
Global Soil Partnership / Intergovernmental Technical Panel on Soils
https://www.fao.org/global-soil-partnership/fr/
Global Symposium on Salt-affected Soils
https://www.fao.org/events/global-symposium-on-salt-affected-soils/en

- **الصور الفضائية لـ GOOGLE**

Googel Earth https://earth.google.com/

- **المعادلة العامة لتكميم التربة**

RUSLE http://www.iwr.msu.edu/rusle/lstable.htm

- **نموذج التقييم النوعي للتربة**

PAP/CAR https://www.rac-spa.org

لائحة الخرائط والمرئيات الفضائية المستعملة

الخرائط الطبوغرافية: 1/50000؛ تاوريرت، فريطيسة، جبل زنكل، لعقرب، سيدي لحسن، دبدو، حسيان الدياب، العوام. 1/100000؛ تاوريرت، جرسيف، دبدو، حسيان الدياب.

الخرائط الجيولوجية: 1/100000؛ تاوريرت، دبدو، حسيان الدياب. 1/500000؛ وجدة. 1/1000000؛ المغرب.

خرائط المحافظة العقارية: 1/20000 تغطية إقليم تاوريرت.

الصور الجوية: 1/20000؛ تغطية 1 أبريل 1987. تغطية جزء مهم من حوضي أتلاغ والعابد.

خريطة التربة: 1/1500000؛ المركز الوطني للبحث العلمي، المركز المغربي للأبحاث الزراعية 1950.

خرائط الغطاء النباتي: 1/100000؛ المياه والغابات، والمركز الملكي للاستشعار البعدي الفضائي.

المرئيات الفضائية والنماذج الرقمية:

- مرئيات لندسات (Landsat-7 ETM+ و Landsat-8 OLI و MSS و TM) بدقة تمييزية 15 و 30 و60 و90 متر، للفترة مابين (1976-2021).
- مرئيات **E**uropean Space Agency (**ESA**) **M**ultiSpectral **I**nstrument (**MSI**) Sentinel-2، بدقة تمييزية 10 متر، (2020).
- النموذج الرقمي للارتفاعات MNT، **ASTER GDEM** (**A**dvanced **S**paceborne **T**hermal **E**mission and **R**eflection **R**adiometer)، (**D**igital **E**levation **M**odel **G**lobal). بدقة تمييزية 30 متر، (2005).
- النموذج الرقمي للارتفاعات MNT، **A**laska **S**atellite **F**acility (**ASF**) Radiometrically Terrain Corrected **(RTC)**. بدقة تمييزية 12.5 متر، (2015)
- النموذج الرقمي العالمي للتساقطات والحرارة، (1950-2000).
- مرئيات MODIS للتغطية النباتية، ذات مقياس طيفي تصويري متوسط الدقة (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). للفترة مابين 2000-2020، بدقة تمييزية 250م.

المساحة التصويرية، والمسح الطبوغرافي: 1/1؛ الطائرة المسيرة (Drone Phantom Pro – DJI)، والماسح الثلاث الأبعاد (Scanner 3D Leica ScanStation P40). بالإضافة إلى المسح بنظام تحديد المواقع (Leica GPS 1200 – RTK).

المؤسسات التي تم التعامل معها

- الجماعات الترابية، أهل واد زا، لقطيطر، سيدي لحسن، سيدي علي بلقاسم.
- عمالة إقليم تاوريرت.
- المديرية الإقليمية للفلاحة بتاوريرت.
- المديرية الإقليمية للمياه والغابات بتاوريرت.
- المديرية الجهوية للفلاحة بوجدة.
- المديرية الجهوية للمياه والغابات بوجدة.
- المعهد الوطني للأبحاث الزراعية بوجدة.
- المكتب الجهوي للإستثمار الفلاحي ببركان، وفرعه بتاوريرت.
- مكتب الدراسات والأعمال الطبوغرافية "TOPORAMA"، بوجدة.
- المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية-فرع تاوريرت.
- المندوبية السامية للتخطيط بوجدة.
- وكالة الحوض المائي لملوية بوجدة.
- الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية والمسح العقاري والخرائطية بتاوريرت.

لائحة الجداول

الجدول رقم 1: أشكال التعرية الخطية المركزة حسب (Boiffin et al. 1986) 41
الجدول رقم 2: مؤشرات التربة المشتقة من طيف لاندسات (Nguyen et al. 2021) 57
الجدول رقم 3: خصائص مجال قيم مؤشرات الأرض المشتقة من طيف لاندسات لسنة 2018. 59
الجدول رقم 4: رموز فئات أشكال التعرية 62
الجدول رقم 5: عدد تكرار التقاطع بين فئات المتغيرين (أشكال التعرية/المؤشر التركيبي لتدهور التربة) 63
الجدول رقم 6: نتائج اختبار Khi-carre 63
الجدول رقم 7: نتائج التحليل Analyse des Correspondances Multiples لأشكال التعرية وتصنيف 2018 64
الجدول رقم 8: نتائج تحليل ACM لأشكال التعرية والتصنيفات الثلاثة 1986-2001-2018. 65
الجدول رقم 9: نسبة ارتباط المتغيرات فيما بينها 66
الجدول رقم 10: قياس التمييز بين المتغيرات في المركبتين الأولى والثانية. 66
الجدول رقم 11: مؤشرات الغطاء النباتي المستخدمة في نسبة التغطية وتطورها 87
الجدول رقم 12: مؤشرات الغطاء النباتي المستخدمة في نسبة التغطية وتطورها 87
الجدول رقم 13: قيم مؤشر عدوانية التساقطات (R). 110
الجدول رقم 14: فئات قابلية التربة للتعرية لـ (Manrique, 1988) 113
الجدول رقم 15: قيمة مؤشر (K) حسب نسبة المادة العضوية ونسيج التربة لـ (Roose, 1996) 114
الجدول رقم 16: مقتطف من الجدول العالمي لتصنيف قيم معامل الغطاء النباتي 123
الجدول رقم 17: تصنيف معامل (P) حسب (Shin, 1999) 127
الجدول رقم 18: كمية ومساحة ونسبة فئات فقدان التربة لحوض واد العابد 130
الجدول رقم 19: كمية ومساحة ونسبة فئات فقدان التربة لحوض واد اتلاغ 130
الجدول رقم 20: تفيئ الانحدارات حسب نموذج PAP/CAR 133
الجدول رقم 21: تصنيف مقاومة التربة والصخارة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR 135
الجدول رقم 22: قيم معامل قابلية الأراضي للتعرية حسب فئات الانحدار ونوع التربة والصخارة 137
الجدول رقم 23: معامل استعمال الأراضي تبعا لنموذج PAP/CAR 139
الجدول رقم 24: توزيع عامل كثافة التغطية النباتية حسب نموذج PAP/CAR 141
الجدول رقم 25: طريقة استنباط خريطة حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR. 141
الجدول رقم 26: طريقة استخلاص خريطة التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR 143
الجدول رقم 27: ترابط مظاهر التعرية والتعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد حسب المساحة. 147
الجدول رقم 28: مواقع المشارات التجريبية وبعض خصائصها 164
الجدول رقم 29: حالة وخشونة سطح المشارات التجريبية 166
الجدول رقم 30: مجموعات المشارات للمدة قبل ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان 172
الجدول رقم 31: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات الأقل من 3 لتر من حجم السيلان. ..175
الجدول رقم 32: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات ما بين 3-6 لتر من حجم السيلان. 178
الجدول رقم 33: تطور التسرب والسيلان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات أكثر من 6 لتر من حجم السيلان. 182
الجدول رقم 34: تغيرات مقادير التوحل حسب المشارات التجريبية 188
الجدول رقم 35: فقدان التربة بالمشارات التجريبية (غ.م^2) 194
الجدول رقم 36: النتائج الكاملة للمشارات التجريبية (20 متغيرة). 198
الجدول رقم 37: التربة المفقودة (الحمولة الصلبة بعد التجفيف بالغرام) 200
الجدول رقم 38: المتغيرات ذات علاقة ارتباط كبيرة بالحمولة الصلبة (باللتر). 201
الجدول رقم 39: ظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلان (المدة بالدقيقة)، وعلاقة ارتباطه بالمتغيرات الآخرى 201

الجدول رقم 40: سمك التربة المبللة (بالسم) بعد العملية ومعامل ارتباطها بالمتغيرات الآخرى.....202
الجدول رقم 41: نسبة التربة الأقل من 2 ملمتر ونسبة ارتباطها بالعوامل الآخرى.....202
الجدول رقم 42: مساهمة المتغيرات في التمييز بين المجموعات 206
الجدول رقم 43: الخصائص المميزة لكل مجموعة حسب التصنيف الهرمي. 207
الجدول رقم 44: نتائج تحليل النقط المرصودة بنظام التموضع العالمي، لحالة سهب الغزال.....222
الجدول رقم 45: بطاقة معلومات عن المهمة والمشروع 239
الجدول رقم 46: فحص الجودة للمهة، حالة سهب الغزال 240
الجدول رقم 47: هامش خطأ تصحيح الصور باستخدام نقط التحكم الأرضية 241
الجدول رقم 48: تفاصيل السحابة النقطية لمهمة سهب الغزال 242
الجدول رقم 49: ترابط أشكال التعرية بفئات الارتفاعات.....269
الجدول رقم 50: نسب ترابط فئات الانحدار بأشكال التعرية 270
الجدول رقم 51: تشميس السفوح الظليلة والشميسة تبعا لزاوية تعريضها 271
الجدول رقم 52: ترابط أشكال التعرية بتوجيه السفوح 274
الجدول رقم 53: الخصائص التحليلية للمسكات CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES HORIZONS 297
الجدول رقم 54: خصائص التربة الكلسية الشرسائية 298
الجدول رقم 55: خصائص التربة السدبالية 300
الجدول رقم 56: خصائص التربة الضعيفة التطور.....301
الجدول رقم 57: محطات التساقطات المتواجدة بالمنطقة.....304
الجدول رقم 58: التوزيع الفصلي للتساقطات بمحطة تاوريرت من موسم 1980-1981 إلى موسم 2019-2020 307
الجدول رقم 59: المتوسط الشهري والسنوي لسرعة الرياح بالمتر في الثانية بمحطة ملقى الويدان 310
الجدول رقم 60: احتمال الظهور أو القيمة الاحتمالية بشكل عام بالنسبة لمعادلة (THOMPSO, 2012) 318
الجدول رقم 61: تطور سكان جماعات حوضي اتلاغ والعابد ما بين 1994 و2014.....321
الجدول رقم 62: مؤشر ومعدل الفقر لجماعات حوضي اتلاغ والعابد سنة 2004-2014.....335
الجدول رقم 63: المناطق التي شملها مشروع التنمية القروية لتاوريرت - تافوغالت.....349

لائحة الأشكال

الشكل رقم 1: مجال الدراسة لحوضي اتلاغ والعابد.....29
الشكل رقم 2: التوزيع المجالي لأشكال التعرية الحالية بحوضي العابد واتلاغ.....34
الشكل رقم 3: مساحة أشكال التعرية بمجال الدراسة. 35
الشكل رقم 4: توزيع نسبة ومساحة أشكال التعرية بين حوضي العابد واتلاغ 36
الشكل رقم 5: باليمين، حالة من توزيع التعرية التراجعية على ضفاف واد العرض بتَفراطة السفلى، وسط حوض العابد.
باليسار، تعرية تراجعية على ضفاف واد القطارة وواد العابد قرب حامة سيدي شافي، سافلة حوض العابد. 48
الشكل رقم 6: المتوسط الشهري للتساقطات والعنف المطري بمنطقة تاوريرت (مابين سنة 1971 و2014).....58
الشكل رقم 7: خطاطة المنهجية المتبعة لاستخراج المؤشر التركيبي لتدهور التربة.....61
الشكل رقم 8: مجموعات تبين العلاقة بين متغير "أشكال التعرية" و"المؤشر التركيبي لتدهور التربة 2018". 64
الشكل رقم 9: العلاقة بين متغير "المؤشر التركيبي لتدهور التربة" لسنوات 1986 و2001 و2018 "، ثم مجموعات تبين
العلاقة بين أصناف هذه المتغيرات ومتغير "أشكال التعرية". 67
الشكل رقم 10: تمثيل المجموعات المشتركة بين أشكال التعرية وتصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 5 أكتوبر
2018.....68
الشكل رقم 11: أشكال التعرية من خلال تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 30 أكتوبر 2001. 69
الشكل رقم 12: أشكال التعرية من خلال تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 29 أكتوبر 1986. 70
الشكل رقم 13: تطور أشكال التعرية حسب المؤشر التركيبي لتدهور التربة ما بين 1986 و2018.....71
الشكل رقم 14: مرئيات فضائية تبين مدى تطور ظاهرة التسحل، شهر مارس 2006 بالأخضر ومارس 2021 بالأحمر..73
الشكل رقم 15: تطور ظاهرة التعرية التراجعية لثلث قرن، الفترة ما بين مارس 1987 ومارس 2020. 74
الشكل رقم 16: مرئيات فضائية تبين سرعة تطور مظهر التسحل وتدخل الإنسان لمقاومته 75
الشكل رقم 17: تصنيف نطاقات التعرية بحوضي اتلاغ والعابد 77
الشكل رقم 18: تنوع أصناف النبات لحوضي العابد واتلاغ.....83
الشكل رقم 19: التوزيع المساحي للأصناف النباتية بحوضي العابد واتلاغ. 84
الشكل رقم 20: جودة التغطية النباتية بما فيها الأراضي المسقية من خلال تصنيف المؤشرات لسنة 2020.....88
الشكل رقم 21: مساحة ونسبة كثافة التغطية النباتية بما فيها الأراضي المسقية. 89
الشكل رقم 22: جودة التغطية النباتية ليوم 5 أكتوبر 2018، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات. 91
الشكل رقم 23 : جودة التغطية النباتية ليوم 30 أكتوبر 2001، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات. 92
الشكل رقم 24: جودة التغطية النباتية ليوم 29 أكتوبر1986، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات. 93
الشكل رقم 25: تطور مساحة الفئة الجيدة والمتوسط لمؤشرات الغطاء النباتي. 94
الشكل رقم 26: تطور نسبة فئات جودة التغطية مابين 1986 و2018. 95
الشكل رقم 27: تطور مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2000-2020) 96
الشكل رقم 28: تطور نسبة مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2000-2020) 97
الشكل رقم 29: متوسط مؤشر الغطاء النباتي.....98
الشكل رقم 30: نسبة مساحة متوسط مؤشر الغطاء النباتي.....99
الشكل رقم 31: تصميم العلاقة بين المتغيرات ونتيجة تقدير التربة المفقودة.....107
الشكل رقم 32: توزيع فئات معامل عدوانية التساقطات بميجا جول.ملم/هكتار.الساعة. السنة، (MJ.MM/HA.H.AN) .111
الشكل رقم 33: توزيع نسبة مساحة فئات عامل عدوانية التساقطات 112
الشكل رقم 34: عامل مقاومة التربة للتعرية.....115
الشكل رقم 35: توزيع مساحة فئات عامل مقاومة التربة للتعرية(K) 116
الشكل رقم 36: توزيع فئات نسبة الانحدار بحوضي اتلاغ والعابد. 118

الشكل رقم 37: توزيع مساحات فئات الانحدار 119
الشكل رقم 38: خطاطة استنباط العامل الطبوغرافي من النموذج الرقمي للارتفاعات. 120
الشكل رقم 39: العامل الطبوغرافي (LS) (طول السفح وشدة الإنحدار) 121
الشكل رقم 40: تمثيل نسب المساحة للعامل الطبوغرافي بحوض واد اتلاغ وواد العابد.....122
الشكل رقم 41: خريطة استغلال الأراضي؛ نتيجة التصنيف الموجه. 124
الشكل رقم 42: نتيجة ارتداد الدالة لعامل الغطاء النباتي (C) بدلالة مؤشر النبات المنضبط (NDVI) 125
الشكل رقم 43: فئات معامل الغطاء النباتي (C) 126
الشكل رقم 44: توزيع نسب المساحة لفئات عامل التغطية النباتية بحوضي اتلاغ والعابد 127
الشكل رقم 45: توزيع معامل التدخل البشري للحد من التعرية (P).....128
الشكل رقم 46: خريطة انجراف التربة (A) 129
الشكل رقم 47: توزيع مساحة فئات كمية التربة المفقودة في السنة 130
الشكل رقم 48: خطاطة المقاربة الخرائطية لنموذج PAP/CAR 132
الشكل رقم 49: الانحدارات بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR.....133
الشكل رقم 50: التكوينات الصخرية لحوضي اتلاغ والعابد. 134
الشكل رقم 51: مقاومة الصخور للتعرية حسب نموذج PAP/CAR.....136
الشكل رقم 52: تصنيف قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR 138
الشكل رقم 53: مساحات فئات قابلية التربة لحوضي العابد واتلاغ، حسب نموذج PAP/CAR. 139
الشكل رقم 54: استعمالات الأراضي حسب تصنيف نموذج PAP/CAR.....140
الشكل رقم 55: حماية التربة من التعرية. 142
الشكل رقم 56: مساحة حوضي اتلاغ والعابد لفئات حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR. 143
الشكل رقم 57: خريطة التعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد. 144
الشكل رقم 58: مساحة التعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR.....145
الشكل رقم 59: الأوساط المورفوتشكالية بحوضي اتلاغ والعابد.....146
الشكل رقم 60: جهاز المقلد المطري اليدوي ومشارة القياس.....153
الشكل رقم 61: توطين المشارات التجريبية 163
الشكل رقم 62: نسبة حالة السطح للمشارات التجريبية 167
الشكل رقم 63: نسبة خشونة السطح للمشارات التجريبية.....168
الشكل رقم 64: تماسك التربة للمشارات التجريبية ().....168
الشكل رقم 65: حجم التسرب خلال مدة الرش وظهور القطرة الأولى – بداية السيلان بمشارة مساحتها 0.5م^2. 171
الشكل رقم 66: حجم السيلان خلال مدة التبليل 173
الشكل رقم 67: حجم التسرب خلال مدة التبليل 173
الشكل رقم 68: عمق النفاذية بعد التجربة ومقارنته بالسيلان والتسرب 174
الشكل رقم 69: تراكم تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية الأقل من 3 لتر 175
الشكل رقم 70: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية ما بين 3 و6 لتر 178
الشكل رقم 71: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارات التجريبية الأكثر من 6 لتر.....181
الشكل رقم 72: عامل الجريان للمشارات التجريبية 185
الشكل رقم 73: نسبة المواد الخشنة في العينات.....185
الشكل رقم 74: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الأولى 190
الشكل رقم 75: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثانية. 191
الشكل رقم 76: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة. 191
الشكل رقم 77: تغيرات مقادير التوحل حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة. 192

الشكل رقم 78: مقياس لوغاريتمي لمتوسط التوحل، حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل).....193
الشكل رقم 79: مقياس لوغاريتمي لحجم التربة المفقودة خلال 10 دقائق، بغرام/متر² بعنف 120 ملم/س/م² 195
الشكل رقم 80: سرعة النفاذية بالمشارات التجريبية 195
الشكل رقم 81: تطور النفاذية بالمشارات التجريبية 196
الشكل رقم 82: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثانية 203
الشكل رقم 83: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثالثة 204
الشكل رقم 84: مخطط شجرة التصنيف الهرمي الصاعد.....204
الشكل رقم 85: فئات التصنيف عبر تحليل المركبات الرئيسية للمشارات التجريبية 205
الشكل رقم 86: مواقع قياس التعرية التراجعية (الأساحل)، بأجهزة المسح الطبوغرافي داخل حوضي اتلاغ والعابد.....211
الشكل رقم 87: طريقة اشتغال الرصد المتحرك اللحظي RTK 216
الشكل رقم 88: نتائج المسح الطبوغرافي بجهاز التموضع العالمي، حالة سهب الغزال بحوض اتلاغ.....221
الشكل رقم 89: واجهة من برمجية Cyclone لمعالجة سحابة نقطية لمحطة واحدة (s1) تم رصدها بسهب الغزال.....227
الشكل رقم 90: المزج بين السحابة النقطية والصور المتتالية، المرصودة بالماسح الثلاثي الأبعاد، بسهب الغزال 227
الشكل رقم 91: سحابة نقطية تبين شكل التعرية 228
الشكل رقم 92: تمثيل نقط الارتفاع بعد استنباطها من السحابة النقطية، وتخفيف كثافتها. حالة سهب الغزال.....229
الشكل رقم 93: مواقع قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد.....235
الشكل رقم 94: مراحل معالجة المعطيات ببرمجية Pix4Dmapper.....239
الشكل رقم 95: الصورة الجوية المجمعة والنموذج الرقمي للسطح الخام (MNE) لسهب الغزال.....240
الشكل رقم 96: خطة الطيران المستعملة في دراسة حالة سهب الغزال 241
الشكل رقم 97: المدة والعدد لاستنباط السحابة النقطية. حالة سهب الفيضة.....242
الشكل رقم 98: الفرق بين الرصد بنظام التموضع العالمي، والطائرة المسيرة، بالقطارة 243
الشكل رقم 99: صور الطائرة بعد تجميعها ومعالجتها واستخراج النموذج الرقمي للسطوح DMS، حالة واد القطارة....244
الشكل رقم 100: مثال عن النقط المرصودة بـ GPS وDrone وScanner 3D، حالة سهب الغزال 245
الشكل رقم 101: طريقة حساب حجم التربة المفقودة بين 2006 و2021.....248
الشكل رقم 102: تطور مساحة التعرية بين سنة 2006 و2021 قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي 249
الشكل رقم 103: حجم التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي 250
الشكل رقم 104: تطور خط ومساحة تطور التعرية بين سنة 2006 و2021، بسهب الفيضة.....252
الشكل رقم 105: تطور التخديد والتقاءه ببعضه، مابين سنة 2006 و2021، حالة سهب الفيضة 253
الشكل رقم 106: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الفيضة 254
الشكل رقم 107: تطور خط التعرية ومساحتها بين سنة 2006 و2021، بسهب الغزال، قرب واد تمعدرت. 256
الشكل رقم 108: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الغزال 257
الشكل رقم 109: انهيار جرف ترابي للفترة مابين قياس 13 أكتوبر 2019 وقياس 9 دجنبر 2020، بسهب الغزال 258
الشكل رقم 110: الوحدات التضاريسية وتوزيع فئات الارتفاع.....266
الشكل رقم 111: فئات الارتفاع حسب أشكال التعرية بحوضي اتلاغ والعباد 269
الشكل رقم 112: توزيع نسبة مساحة فئات درجة الانحدار على أشكال التعرية 270
الشكل رقم 113: توجيه السفوح بحوضي اتلاغ والعابد.....272
الشكل رقم 114: توزيع نسبة مساحة توجيه السفوح بحوضي اتلاغ والعابد 273
الشكل رقم 115: توجيه السفوح حسب أشكال التعرية.....273
الشكل رقم 116: جيولوجية مبسطة والمقاطع المنجزة بحوضي اتلاغ والعابد 276
الشكل رقم 117: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب-الشرقي إلى شمال الشمال-الشرقي بسهل تَفراطة 277
الشكل رقم 118: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب-الشرقي إلى غرب الشمال-الغربي بسهل تَفراطة 277

الشكل رقم 119: مقطع جيولوجي من الكدية الزركة إلى وادي العابد قرب حامة سيدي شافي.....280
الشكل رقم 120: تراتبية مستويات الكرونوستراتغرافية لوادي اتلاغ 283
الشكل رقم 121: مقطع جيومورفولوجي – عرضي، لوادي العرض قرب حامة سيدي شافي 285
الشكل رقم 122: مقطع جيومورفولوجي – عرضي بسافلة حوض اتلاغ قرب تقاطع وادي اتلاغ بالطريق الوطنية رقم 6
.....285
الشكل رقم 123: مقطع جيومورفولوجي - عرضي في عالية حوض اتلاغ، قرب فم الواد 285
الشكل رقم 124: تصنيف التربة بحوضي اتلاغ والعابد 293
الشكل رقم 125: التوزيع السنوي لمعدل التساقطات المطرية، للفترة مابين 1980-1981 إلى 2019-2020. 305
الشكل رقم 126: خريطة توزيع المتوسط السنوي للتساقطات ما بين 1950-2000 306
الشكل رقم 127: التوزيع الشهري لمتوسط التساقطات المطرية بأهم محطات مجال الدراسة 308
الشكل رقم 128: التوزيع السنوي لمتوسطات درجات الحرارة السنوية (محطة تاوريرت) ما بين موسم 1986-1987
و2012-2013 309
الشكل رقم 129: التوزيع الشهري لمعدل درجات الحرارة الدنيا والمتوسطة والعليا 309
الشكل رقم 130: المبيان المناخي لGAUSSEN، بمحطة تاوريرت 311
الشكل رقم 131: المبيان المناخي لGAUSSEN، محطة سد الغراس 312
الشكل رقم 132: المبيان المناخي لGAUSSEN، محطة جرسيف.....312
الشكل رقم 133: المبيان المناخي لGAUSSEN محطة العين الكبيرة 313
الشكل رقم 134: التصنيف البيومناخي حسب معامل أمبرجي 314
الشكل رقم 135: توزيع عدد الاستمارات بداواوير حوضي اتلاغ والعابد 318
الشكل رقم 136: توزيع دواوير حوضي اتلاغ والعابد.....322
الشكل رقم 137: حجم السكان لدواوير منطقة الدراسة سنة 2014.....323
الشكل رقم 138: تطور سكان دواوير حوضي اتلاغ والعابد، بين سنة 2004-2014 324
الشكل رقم 139: الحياة العائلية للبالغين من العمر 15 سنة أو أكثر (%).....326
الشكل رقم 140: نوع السكن بدواوير حوضي اتلاغ والعابد 327
الشكل رقم 141: نسبة الربط بالماء الصالح للشرب والكهرباء بدواوير حوضي اتلاغ والعابد.....328
الشكل رقم 142: توزيع المستوى التعليمي بداواوير حوضي اتلاغ والعابد 330
الشكل رقم 143: حجم معدل البطالة والحالة في المهنة للنشيطين المشتغلين بحوضي اتلاغ والعابد 332
الشكل رقم 144: توزيع نسبة المساحة للبنية العقارية بحوضي اتلاغ والعابد 333
الشكل رقم 145: خريطة البنية العقارية.....334
الشكل رقم 146 : تطور رؤوس الماعز بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020. 345
الشكل رقم 147: تطور رؤوس الأغنام بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.....346
الشكل رقم 148: تطور عدد الأبقار بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.....347

لائحة الصور

الصورة رقم 1: مظاهر السيلان المنتشر بسهل تَفراطة، تحجير بسبب التعرية الغشائية المائية والريحية. 37
الصورة رقم 2: حالة لمظهر القشرة المطرية التي ينشط بها السيلان الغشائي، بسافلة حوض اتلاغ.....38
الصورة رقم 3: تباين الانتشار المجالي لمظهر التعرية الغشائية، بفعل السيلان الغشائي، سفوح العالية بالجنوب الشرقي لحوض اتلاغ. 39
الصورة رقم 4: انتشار السيلان الغشائي بسفوح دبدو، عالية حوض اتلاغ. 39
الصورة رقم 5: تباين انتشار اختلاف الخدوش والخوامش بحوضي العابد واتلاغ.....41
الصورة رقم 6: ظهور خوامش بأرض مستريحة بفعل السيلان الأولي.....42
الصورة رقم 7: اختلاف الخدوش والخوامش بضفاف الأودية.....42
الصورة رقم 8: مسيلات صغيرة غير واضحة تغذي التخديد في سافلة حوض اتلاغ. 43
الصورة رقم 9: تخديد تراجعي؛ بعمق إلى الداخل، تعرية رأسية وعميقة، بسافلة حوض اتلاغ. 44
الصورة رقم 10: تعرية بالتخديد تعيق المجال الزراعي، بعالية حوض اتلاغ. 44
الصورة رقم 11: طريق مهددة بسبب التعرية التراجعية، الطريق الرابطة بين حامة قطيطر والطريق الوطنية 6.....45
الصورة رقم 12: تعرية بالتخديد المتعمق بالمجال الزراعي، بعالية حوض اتلاغ.....46
الصورة رقم 13: تخديد يتميز شكله بسفوح محدبة مما يدل على استقراره وكونه موروثا، بسافلة حوض العابد.....46
الصورة رقم 14: خدات خامدة ومتوازنة بالغطاء النباتي في بطونها، عالية حوض اتلاغ (وادي دبدو).....47
الصورة رقم 15: أشكال من التخديد المعمم بمجال الدراسة.....49
الصورة رقم 16: تخديد معمم ومركز حديث، مع بروز "أعقاب"، قرب حامة سيدي شافي. 50
الصورة رقم 17: انهيار كتل وسط المجرى وتشقق كبير على وشك الانهيار على ضفاف واد اتلاغ. 51
الصورة رقم 18: انهيار كتل كبيرة ومهمة، تساهم في التوحل السريع للسدود. 51
الصورة رقم 19: انهيار كتل كبيرة ومهمة بفعل التعرية الباطنية الجوفية، وجسور معلقة شاهدة قريبة من الانهيار. 52
الصورة رقم 20: انهيال أجزاء صخرية من العالية نحو الأسفل بتل لزرق، قرب حامة لقطيطر 52
الصورة رقم 21: تدحرج الصخور تبعا للانحدار، قرب حامة لقطيطر. 53
الصورة رقم 22: تشقق وانهيار كتل كبيرة بفعل التعرية التراجعية، رافد من واد القطارة.....72
الصورة رقم 23: تشكيلات قزمية على ضفاف واد الفيضة، مع خوامش تم محوها بفعل الحرث.....82
الصورة رقم 24: بقايا تشكيلات نباتية بأقدام جبال سيدي علي بلقاسم 82
الصورة رقم 25: تهيئة الرقع بالمغروسات الشجرية، بسهب الغزال سهل تَفراطة.....86
الصورة رقم 26: تحديد اتجاه المشارة، وقياس الإنحدار 155
الصورة رقم 27: قياس خشونة السطح 155
الصورة رقم 28: قياس النفاذية 155
الصورة رقم 29: قياس تماسك التربة Penetrometre 1kg/1cm² type 156
الصورة رقم 30: تحديد ووصف حالة السطح 156
الصورة رقم 31: الرش التجريبي للمشارة 158
الصورة رقم 32: ظهور القطرات الأولى من السيلان 159
الصورة رقم 33: جمع الماء الجاري (الحمولة الصلبة) 160
الصورة رقم 34: أخذ عينة من التربة 160
الصورة رقم 35: قياس عمق التسرب 161
الصورة رقم 36: سطح غير خشن على اليمين، تربة عارية، وعلى اليسار سطح خشن بفعل النبات.....167
الصورة رقم 37: باليمين، المشارتان 25-26- صلصالية بانحدار <30°، وباليسار، المشارة رقم 20 شيست - عارية 169
الصورة رقم 38: المشارة 34 و36 ذات غطاء نباتي طبيعي؛ حلفاء وإكليل الجبل 169

الصورة رقم 39: المشارة 18 ذات بقايا النبات؛ أوراق الصنوبر. والمشارة 1، حصوية فوق قشرة كلسية 170
الصورة رقم 40: المشارتان 5 و6؛ حرث متقاطع أو موازي مع الانحدارات.....170
الصورة رقم 41: جمع أجزاء الجهاز الثابت والمتحرك، وتهيئته لعملية القياس.....219
الصورة رقم 42: تثبت الجهاز على نقطة مرجعية موجودة بالميدان، أو تم إنشائها.....219
الصورة رقم 43: الماسح الأرضي الليزري من نوع LEICA SCAN P40، ومكوناته 224
الصورة رقم 44: واجهة شاشة الماسح الليزري P40، (الإعدادت والمسح). 225
الصورة رقم 45: إعداد جهاز DJI PHANTOM 4 PRO لطيران. 234
الصورة رقم 46: نقط مرجعية لرصدها بالطائرة بدون طيار بحوضي اتلاغ والعابد. 235
الصورة رقم 47: واجهة برمجية التحكم عن بعد، وخيارات الطيران.....236
الصورة رقم 48: واجهة برمجية التحكم عن بعد، إعداد خطة الطيران 237
الصورة رقم 49: بدء عملية التصوير الجوي بمنطقة سهب الفيضة 238
الصورة رقم 50: عمق الأجراف الترابية بالأساحل قد يصل إلى 3م، رافد واد القطارة.....251
الصورة رقم 51: المستوى العميري تعلوه مستويات من الكلس المنقعي يعكس نهاية الطور الإرسابي البحيري 284
الصورة رقم 52: الظلفاء الكلسية التي تعلو المستوى التانسفتي، الذي ينحت المستوى العميري المشرف عليه، وتظهر بفعل التعرية المائية للفسخة الحديثة التي تعلوه، بعد تهيئ المجال بعملية الحرث. سافلة واد اتلاغ. 284
الصورة رقم 53: المستوى التانسيفتي بسافلة واد اتلاغ، تعلوه ظلفاء صلبة 286
الصورة رقم 54: مستوى التانسيفتي بعالية واد اتلاغ – فم الواد.....286
الصورة رقم 55: ظهور عدسات بالمستوى التانسفتي بعالية واد اتلاغ.....287
الصورة رقم 56: رصيص به عدسات الحث، مما يؤدي إلى حفر وعائية نتيجة الحفر في الأماكن الهشة، قنطرة الطريق الوطنية رقم 6، على وادي اتلاغ 287
الصورة رقم 57: مستويات الرباعي الحديث على أساس صخري صلصالي، قرب حامة سيدي شافي.....288
الصورة رقم 58: مستويات التكوينات الحديثة فوق الأساس الصخري بسافلة وادي اتلاغ.....290
الصورة رقم 59: تكوينات حديثة هشة تعرف تراجعا بفعل تقويض الضفاف ونجوخها، سافلة واد اتلاغ.....290
الصورة رقم 60: التربة الكلسمغنيزية بسهل تَفراطة 298
الصورة رقم 61: التربة الكلسية الشرسائية، بسهل تَفراطة 299
الصورة رقم 62: التربة السدبالية بسهل تَفراطة 301
الصورة رقم 63: تربة ضعيفة التطور بسهل تَفراطة 302
الصورة رقم 64: عملية التحجير نتيجة التعرية الغشائية، بسافلة حوض اتلاغ 303
الصورة رقم 65: شجرة الزيتون شاهدة على تراجع التعرية، وتدخل الإنسان غير المعقلن.....337
الصورة رقم 66: وصول التعرية المائية إلى شجر الزيتون حديث الغرس، وضياع معدات الري بالتنقيط 338
الصورة رقم 67: تدخل بوضع حواجز ترابية لمنع التعرية التراجعية بسهب الفيضة. 338
الصورة رقم 68: توسيع الرقع الزراعية على حساب المراعي والغابة، بجماعة سيدي لحسن.....343
الصورة رقم 69: توسيع المجال الزراعي وتهيئته باقتلاع الحجارة مما قد يساهم في نشاط التعرية 344

الملحق رقم 1: بطاقة المعلومات للمشارة التجريبية

SIMULATEUR DE PLUIE

N° de la simulation	.....	Date	...../...../.....
Site	.....		
Bassin versant	.....		
Type de culture	.....		
% de la couverture végétale	.....		
% de la litière	.....		
% de la pièrosité	.....		
La pente	.....		
Position morphologique	.....		
Position	.....		
Type de sol	.....		
Lithologie (substrat)	.....		
Intensité initiale	.....		
Etat de surface	.....		
Rugosité	.....		

ETAT DE SURFACE

Etat de surface	Type	Nombre	Total	%	%
Couverte	Cailloux				
	Litière				
	Végétation				
Ouverte	Fissures				
	Galeries				
Fermé	Cailloux				
	Semelle de tassement				
	Croute de sédimentaire				
	Pellicule de battance				

MESURE DE RUISSELLEMENT ET L'INFILTRATION :

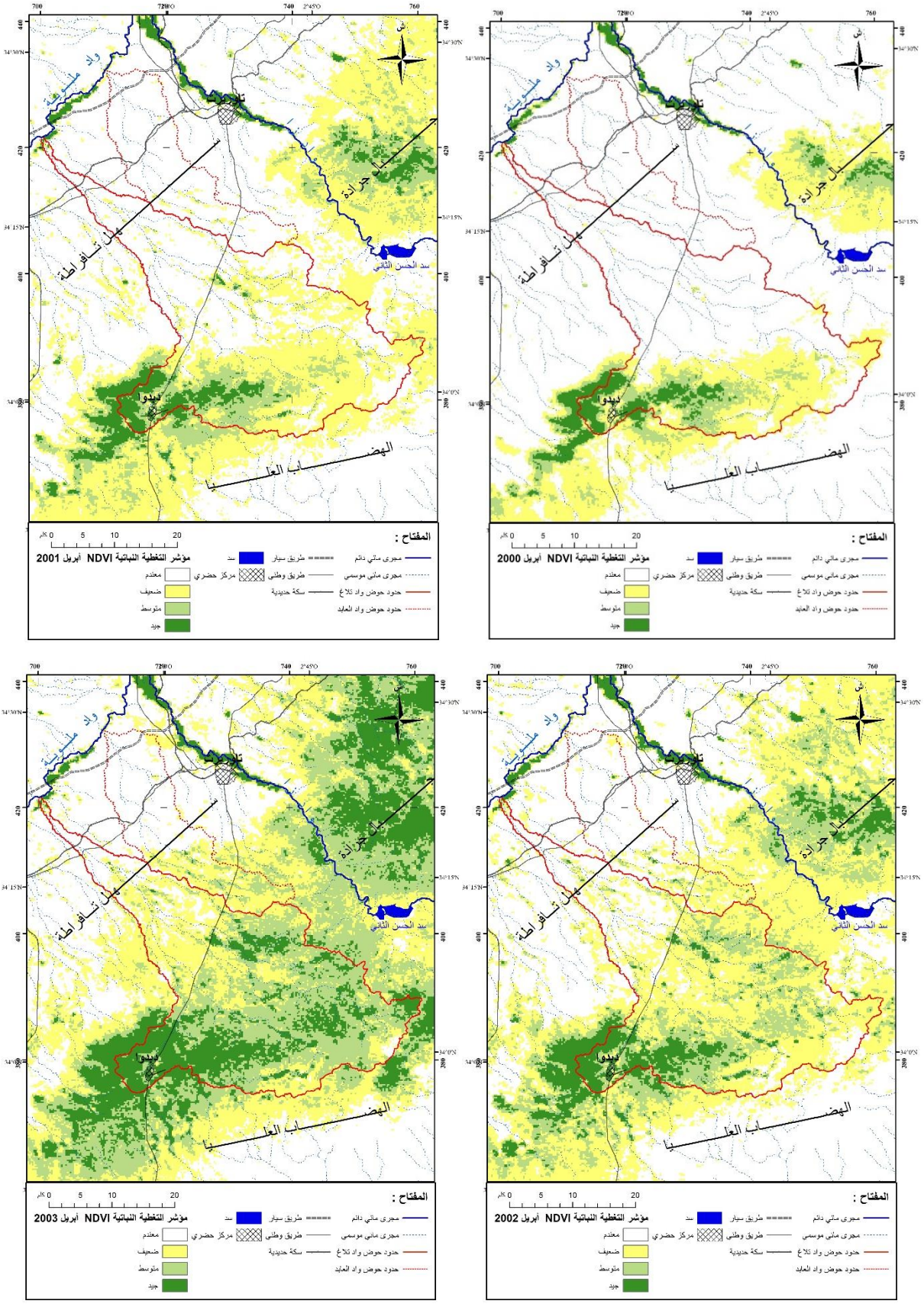
Temps (min)	V. Ruisselé (L)	V. Infiltré (L)
	1er Goutte	

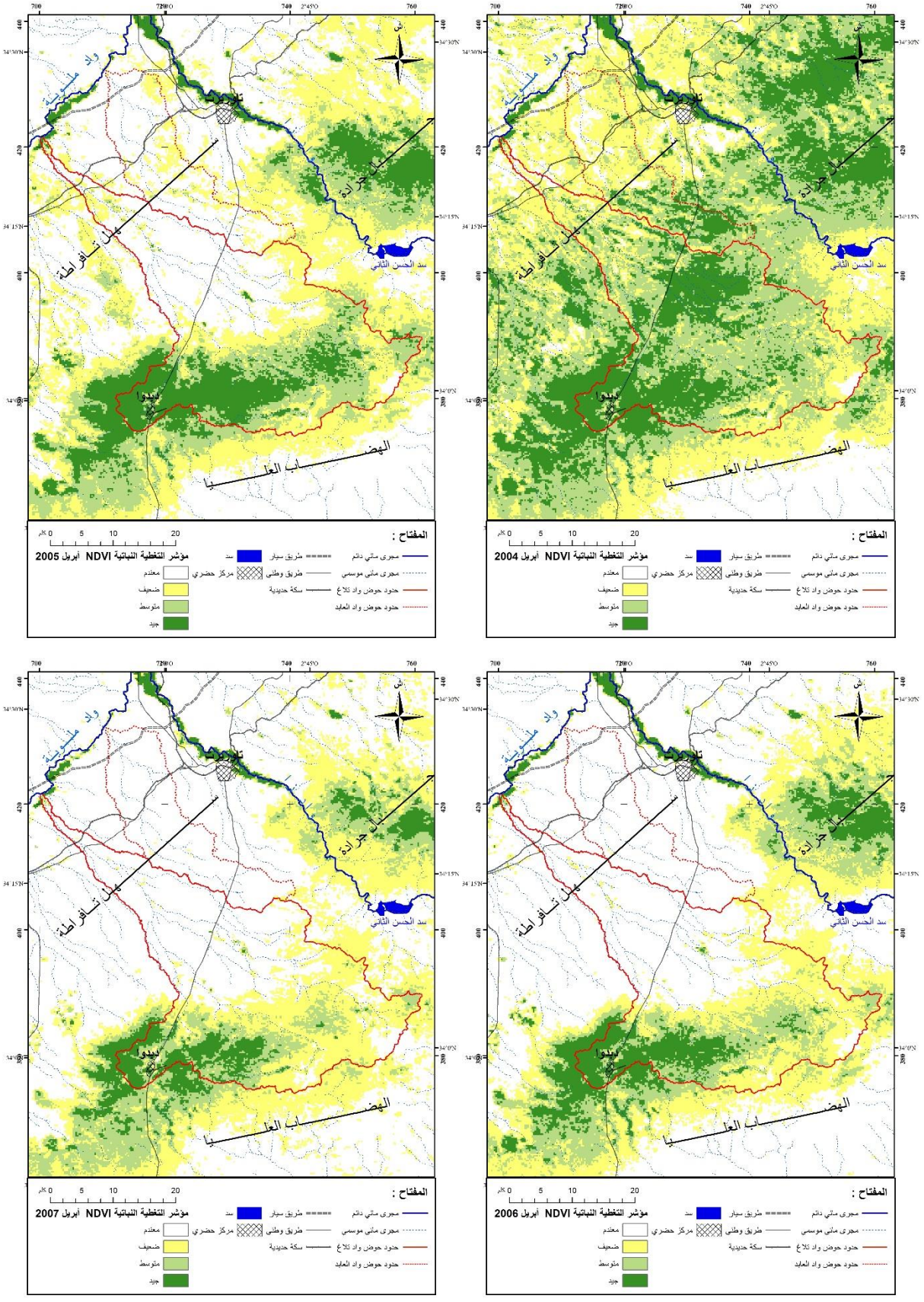
Temps (min)	(cm)	V. Infiltré
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
20		
25		
30		

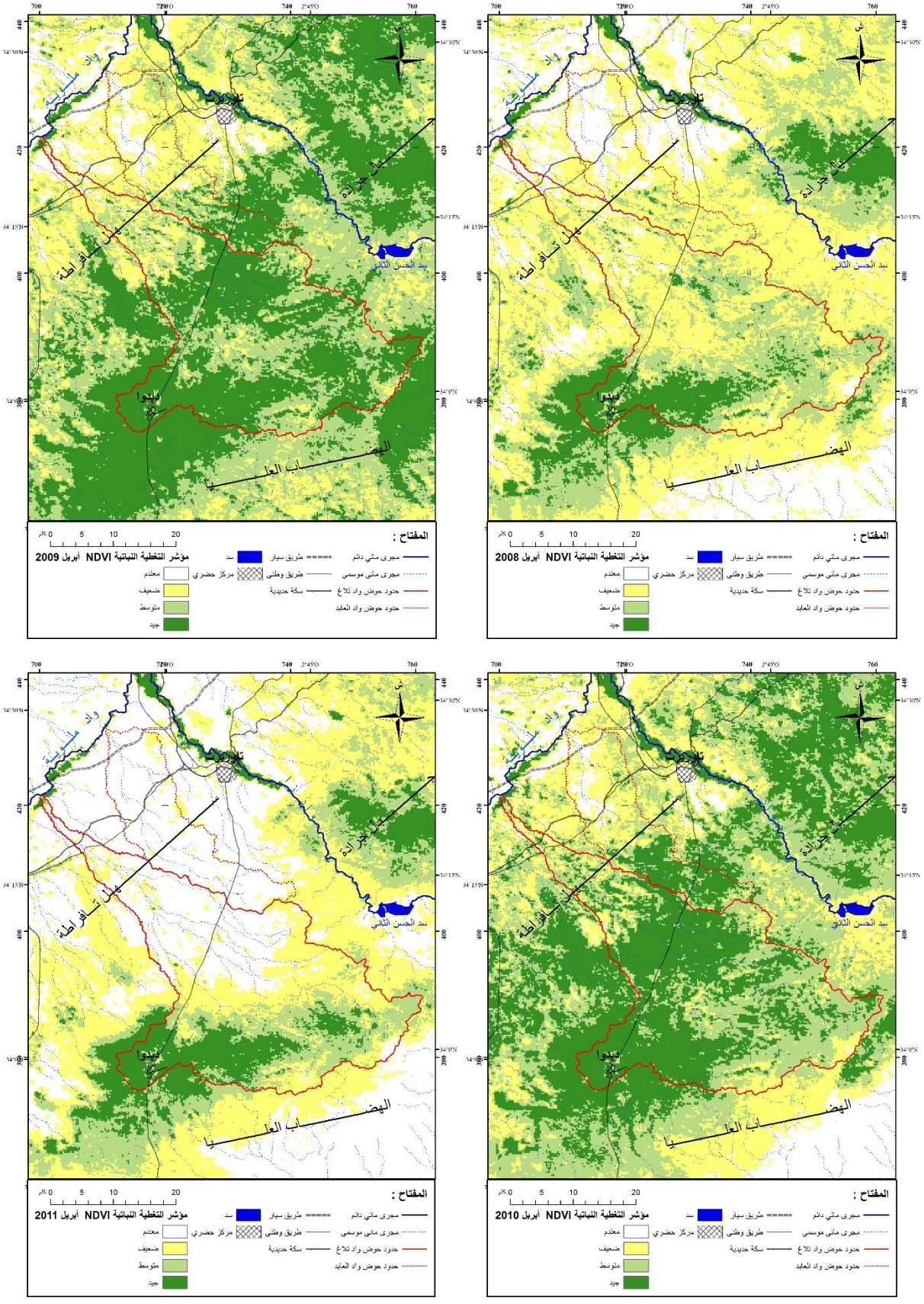
Autres observations :

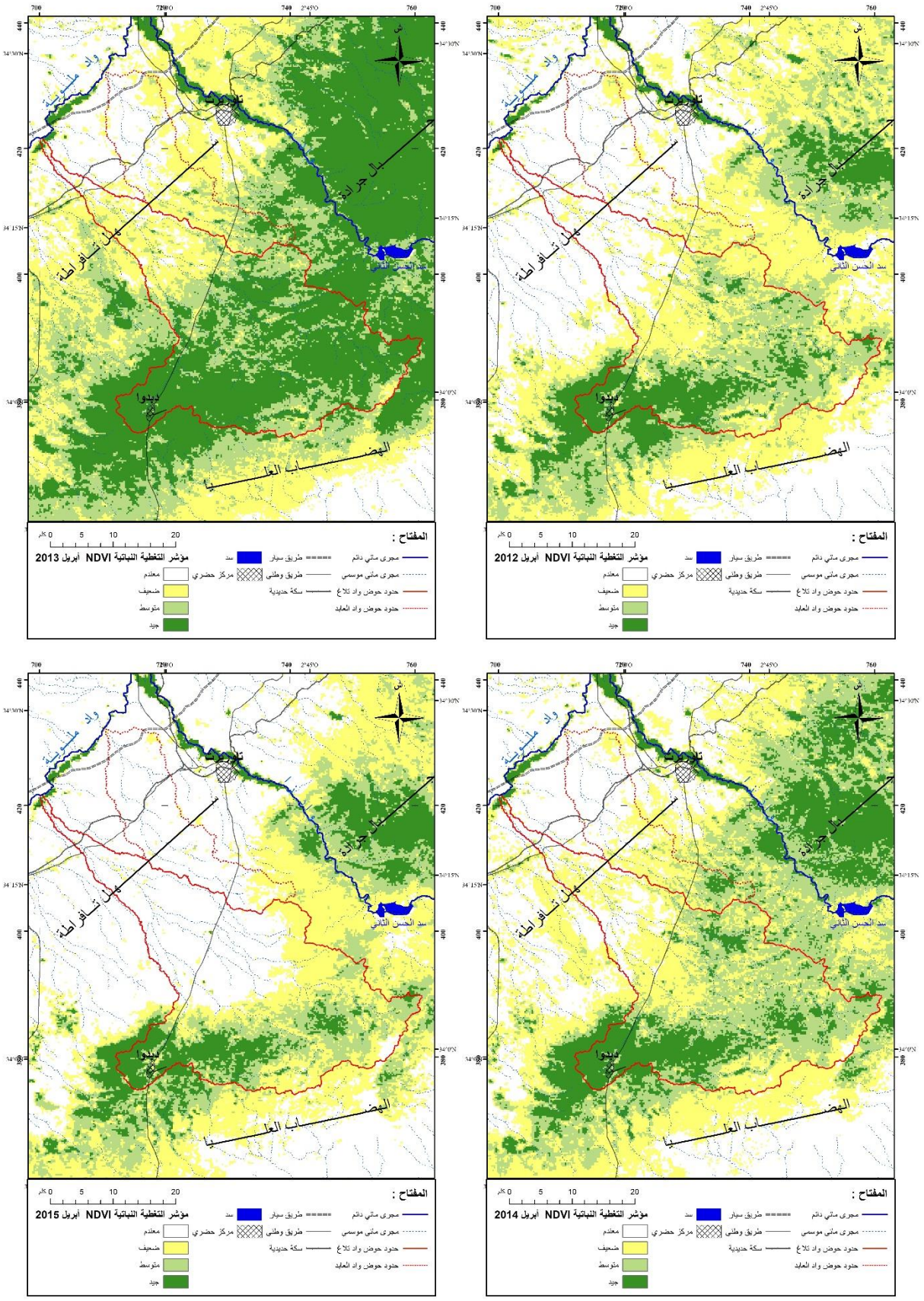
.....
.....
.....
.....

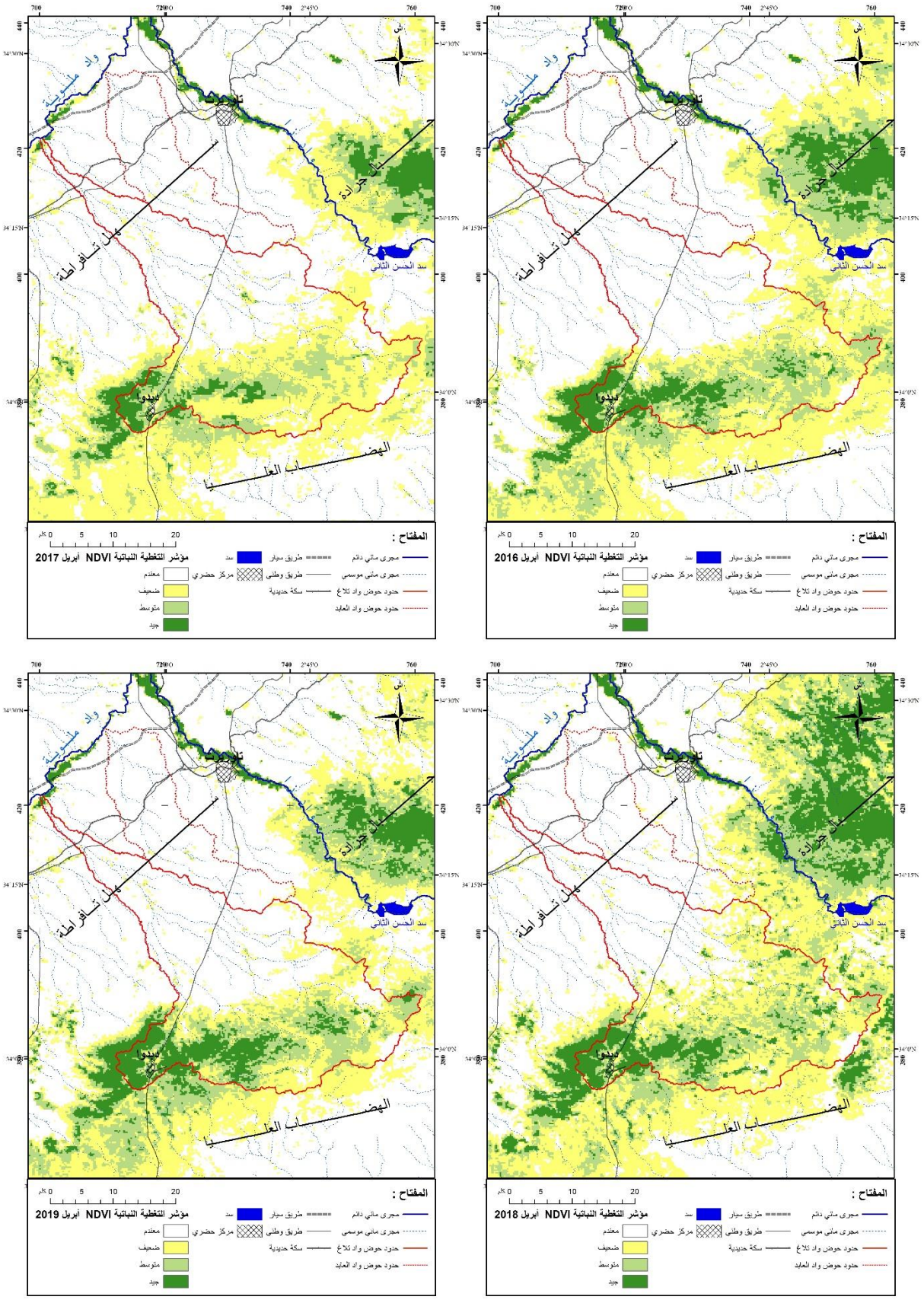
الملحق رقم 2: مؤشر التغطية النباتية للفترة مابين سنة 2000 وسنة 2020.




مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2004
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2005
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2006
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2007
المفتاح :
مجرى مائي دائم
مجرى مائي موسمي
حدود حوض واد تلاغ
حدود حوض واد العابد
سكة حديدية
طريق وطني
طريق سيار
سد
مركز حضري
معدم
ضعيف
متوسط
جيد
تاوريرت
سد الحسن الثاني
بيدوا
الهضاب العليا
كلم 0 5 10 20


المفتاح :
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2008
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2009
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2010
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2011
مجرى مائي دائم
مجرى مائي موسمي
حدود حوض واد تلاغ
حدود حوض واد العابد
سكة حديدية
طريق وطني
طريق سيار
مركز حضري
معدم
ضعيف
متوسط
جيد
تاوريرت
سيدي
سد الحسن الثاني
الهضاب العليا


تاوريرت
سد الحسن الثاني
ديدوا
المفتاح :
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2012
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2013
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2014
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2015
مجرى مائي دائم
مجرى مائي موسمي
حدود حوض واد تلاغ
حدود حوض واد العابد
سكة حديدية
طريق وطني
طريق سيار
مركز حضري
معدم
ضعيف
متوسط
جيد


تاوريرت
سد الحسن الثاني
سيدي
الهضاب العليا
المفتاح :
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2016
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2017
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2018
مؤشر التغطية النباتية NDVI أبريل 2019
مجرى مائي دائم
مجرى مائي موسمي
حدود حوض واد تلاغ
حدود حوض واد العابد
سكة حديدية
طريق وطني
طريق سيار
مركز حضري
معدم
ضعيف
متوسط
جيد

الملحق رقم 3: جداول خصائص المرئيات الفضائية

خصائص مرئيات القمر الاصطناعي لاندسات الجيل السابع والثامن.

Landsat-7 ETM+ Bands (µm)			Landsat-8 OLI and *TIRS* Bands (µm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	*100 m TIR-1*	*10.60 – 11.19*	Band 10
			100 m TIR-2	*11.50 – 12.51*	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

المصدر: الموقع الرسمي لاندسات [43]

خصائص مرئيات القمر الاصطناعي موديس (Modis)

Science Data Set	Units	Data type	Valid Range	Scale factor
250/500m 16 days NDVI	NDVI	int16	-2000, 10000	0.0001
250/500m 16 days EVI	EVI	int16	-2000, 10000	0.0001
250/500m 16 days VI Quality detailed QA	Bits	uint16	0, 65534	NA
250/500m 16 days red reflectance (Band 1)	Reflectance	int16	0, 10000	0.0001
250/500m 16 days NIR reflectance (Band 2)	Reflectance	int16	0, 10000	0.0001
250/500m 16 days blue reflectance (Band 3)	Reflectance	int16	0, 10000	0.0001
250/500m 16 days MIR reflectance (Band 7)	Reflectance	int16	0, 10000	0.0001
250/500m 16 days view zenith angle	Degree	int16	-9000, 9000	0.01
250/500m 16 days sun zenith angle	Degree	int16	-9000, 9000	0.01
250/500m 16 days relative azimuth angle	Degree	int16	-18000, 18000	0.01
250/500m 16 days composite day of the year	Day of year	int16	1, 366	NA
250/500m 16 days pixel reliability summary QA	Rank	int8	0, 3	NA

المصدر: الموقع الرسمي موديس[44]

[43] http://landsat.gsfc.nasa.gov

[44] https://lpdaac.usgs.gov/documents/103/MOD13_User_Guide_V6.pdf - صفحة 9

خصائص مرئيات القمر الاصطناعي سانتيال (Sentinel)

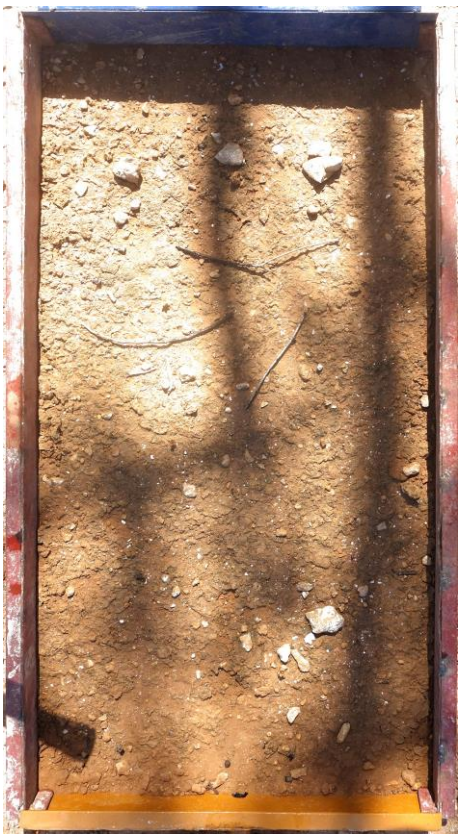
SENTINEL-2 Radiometric and Spatial Resolutions			
Band Number	Central Wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial Resolution (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20
8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1375	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20
TCI*	RGB	Composite	10

*Data acquired after December 5, 2016 include a full resolution True-Colour Image as an RGB (red, green, blue) composite image created from bands 4, 3, 2.[45]

[45] https://sentinels.copernicus.eu

الملحق رقم 4: صور المشارات التجريبية.

المشارة 1– عارية حصوية فوق قشرة كلسية



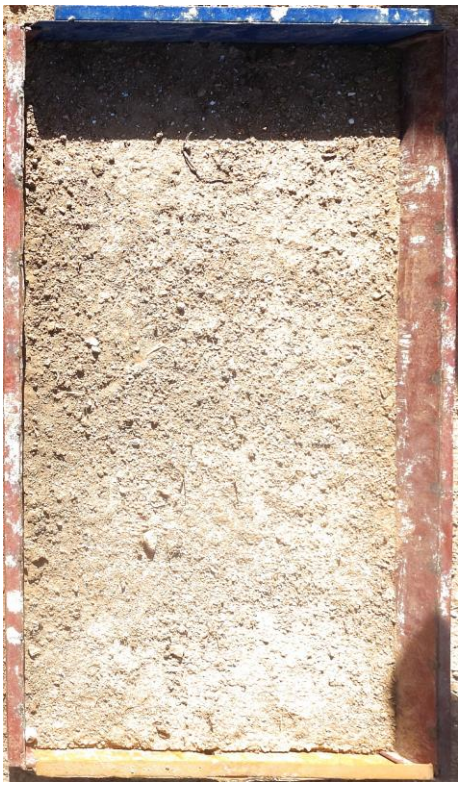
المشارة 2– ذات تربة عارية (بوار)

المشارة 3– غطاء نباتي Anabasis Aphyllum

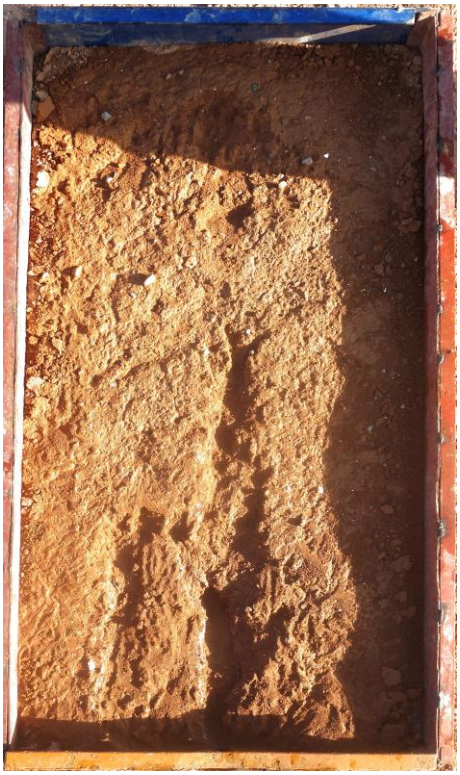
المشارة 4– غطاء نباتي Artemisia herba–alba

المشارة 5- حرث متقاطع مع الانحدارات

المشارة 6- حرث موازي للانحدارات



المشارة 7- مستريحة بانحدار 5 درجة



المشارة 8- مستريحة بانحدار 20 درجة

المصدر: عمل ميداني (المشارة 1-8) بتاريخ 17 شتنبر 2017

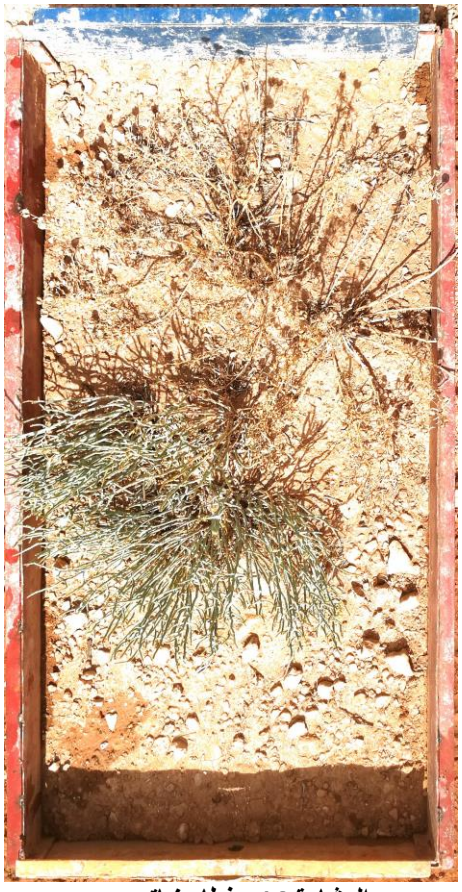
المشارة 9- حرث عكس مع الانحدار

المشارة 10- حرث عكس الانحدار

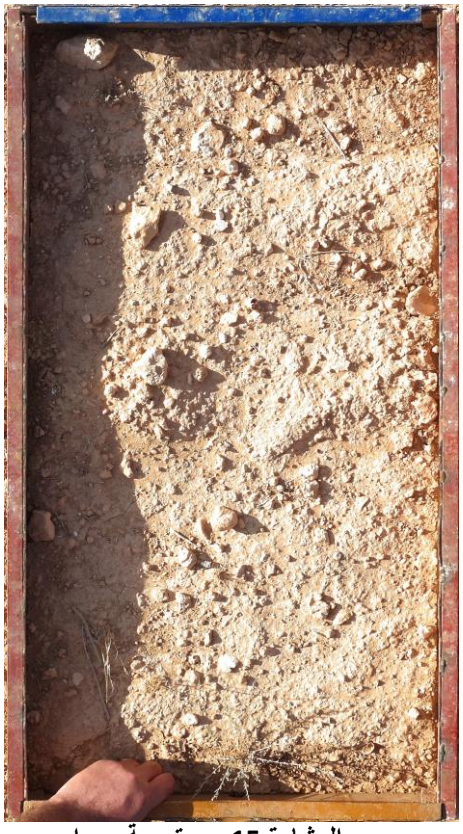
المشارة 11- غطاء نباتي

المشارة 12- بوار - مستريحة

المشارة 13- حصوية



المشارة 14- غطاء نباتي



المشارة 15- مستريحة - بوار

المشارة 16- مستريحة - بوار

المصدر: عمل ميداني (المشارة 9-16) بتاريخ 14 أكتوبر 2018

المشارة رقم 17- ابر الصنوبر

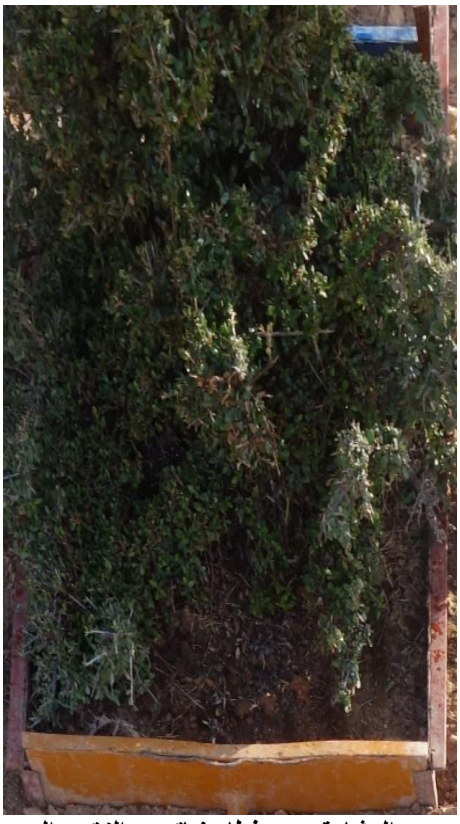
المشارة رقم 18- أوراق الصنوبر

المشارة 19- عارية + بقايا نبات

المشارة 20- تربة عارية

المشارة 21- غطاء نباتي (الدرو)

المشارة 22- حصوية



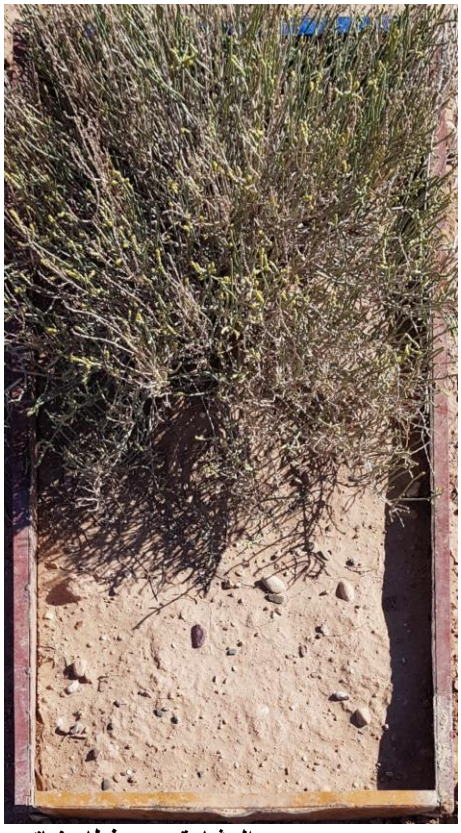
المشارة 23- غطاء نباتي – الزتون البري

المشارة 24- غطاء نباتي-شوكي

المصدر: عمل ميداني (المشارة 17-24) بتاريخ 29 شتنبر 2019

المشارة 25-26- صلصال انحدار <30°

المشارة 27- مستريحة



المشارة 28- غطاء نباتي

المشارة 29- محروثة

المصدر: عمل ميداني (المشارة 25-29) بتاريخ 6 أكتوبر 2019

المشارة رقم 30- ابر الصنوبر

المشارة رقم 31- أوراق الصنوبر

المشارة رقم 32- عارية + بقايا نبات

المشارة رقم 33- تربة عارية

المشارة رقم 34- ابر الصنوبر

المشارة رقم 35- أوراق الصنوبر

المشارة 36- عارية + بقايا نبات

المشارة 37- تربة عارية

المصدر: عمل ميداني (المشارة 30-37) بتاريخ 8 نونبر 2020

الملحق رقم 5: رخصة الطيران بالطائرة المسيرة Drone UAV.

ROYAUME DU MAROC
MINISTERE DE L'INTERIEUR
PROVINCE DE TAOURIRT
DAI

Arrêté Gubérnatorial
N° 58 du 04 DEC 2020

Le Gouverneur de la Province de Taourirt,

- Vu le Dahir portant loi N° 1-75-168 du 25 Safar 1397 (15 Février 1977) relatif aux attributions du gouverneur Tel qu'il a été modifié et complété,
- Vu le décret N°2.161.61du 07 Safar 1382(10 Juillet 1962) portant réglementation de l'aéronautique civile tel qu'il a été modifié et complété.
- Vu l'arrêté du ministre de l'équipement et des transports N° 2388-09 du 23 kaada 1430 (11 Novembre 2009) modifiant et complétant l'arrêté du ministre du transport et de la marine marchande n° 544-00 d
u 5 Chaabane 1421 (2 Novembre 2000), fixant les conditions relatives à l'obtention de l'autorisation d'exploitation des services aériens de transport public et de travail aérien.
- Vu l'arrêté 2015 du ministère délégué chargé du Commerce Extérieur portant N° 386-15 du 06 février 2015, publié au Bulletin Officiel N° 6337 du 23 février 2015.
- Vu la demande formulée par La société «TOPORAMA».
- Vu la licence d'importation du ministère chargé du commerce extérieur N° 10563 du 29/04/2019.
- Vu le P.V du comité provincial de sécurité réuni le 03/12/2020.

A arrêté ce qui suit :

1- La société «TOPORAMA» est autorisée à prendre des prises de vues aériennes par drone du 07 au 10/12/2020, dans le cadre de la préparation de thèse doctorat par Omar MOUADILI sous-titre : les formes d'érosions hydriques couloir Taourirt–Guercif.
2- Le survol au-dessus des installations militaires, des champs de tir et d'autres installations sensibles est strictement interdit.
3- La société «TOPORAMA » doit coordonner avec l'autorité locale et Les services de sécurité lors de la réalisation des prises de vues.
4- La société «TOPORAMA» doit respecter la durée et les caractéristiques techniques relatives à la mission de vol par drone.

ROYAUME DU MAROC PROVINCE DE TAOURIRT MINISTERE DE L'INTERIEUR

Le Gouverneur

Signé : Larbi TOUIJER

الملحق رقم 6: نموذج من تقرير الطائرة المسيرة Drone UAV.

أ_ حالة سهب الفيضة من مخرجات برمجية Agisoft PhotoScan

Agisoft PhotoScan

Processing Report
22 October 2021

Survey Data

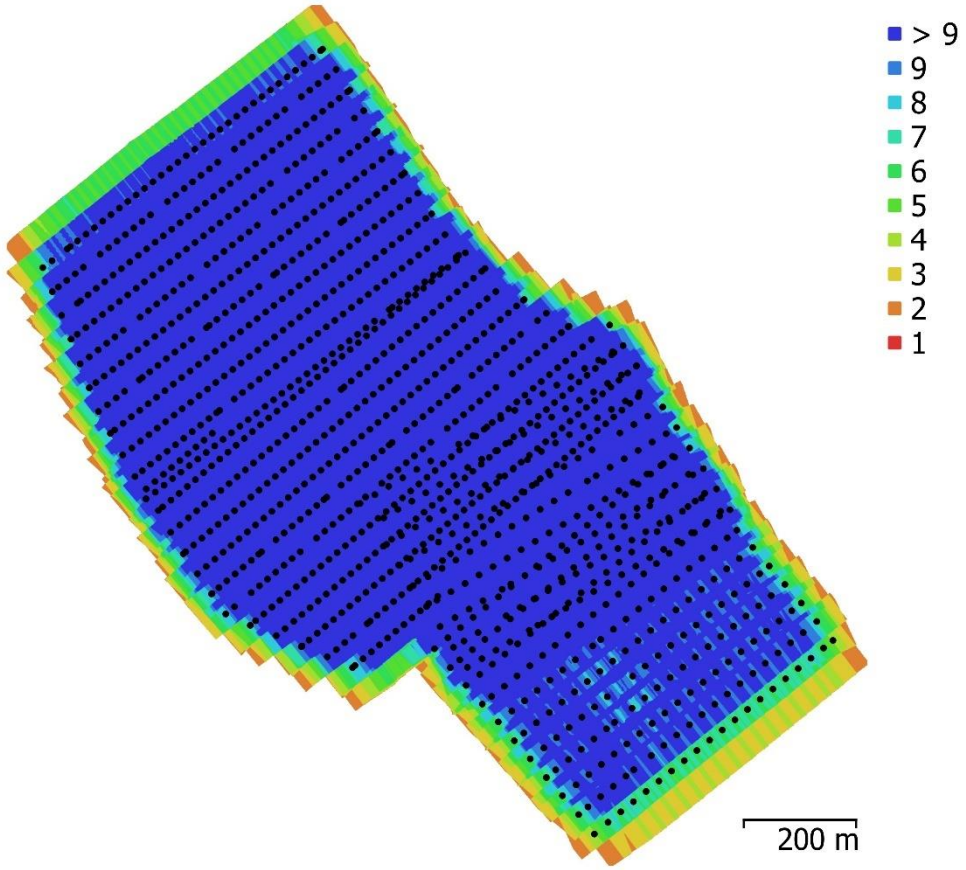


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1,221	Camera stations:	1,221
Flying altitude:	111 m	Tie points:	667,625
Ground resolution:	2.73 cm/pix	Projections:	3,543,851
Coverage area:	1.18 km²	Reprojection error:	2.36 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 µm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

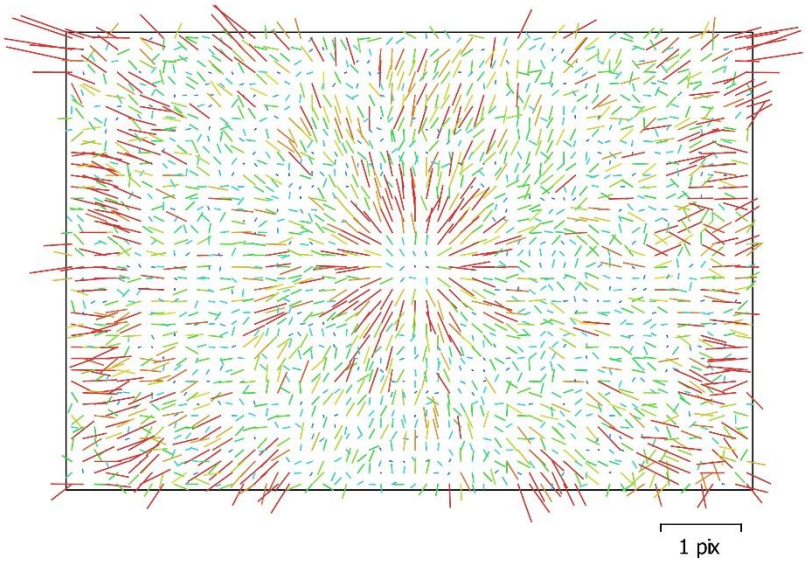


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

1221 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	**5472 x 3648**	**8.8 mm**	**2.41 x 2.41 µm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	**3691**	6.2	1.00	0.67	-0.18	0.21	-0.52	0.71	-0.71	0.81
Cx	**-14.1185**	0.11		1.00	-0.12	0.14	-0.35	0.48	-0.35	0.54
Cy	**24.7785**	0.077			1.00	-0.04	0.10	-0.13	0.13	-0.06
K1	**0.00265135**	4.4e-05				1.00	-0.79	0.68	-0.14	0.18
K2	**-0.00958401**	0.00012					1.00	-0.96	0.37	-0.42
K3	**0.00961292**	0.00014						1.00	-0.51	0.58
P1	**-0.00141608**	3.3e-06							1.00	-0.58
P2	**0.00130954**	2.7e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

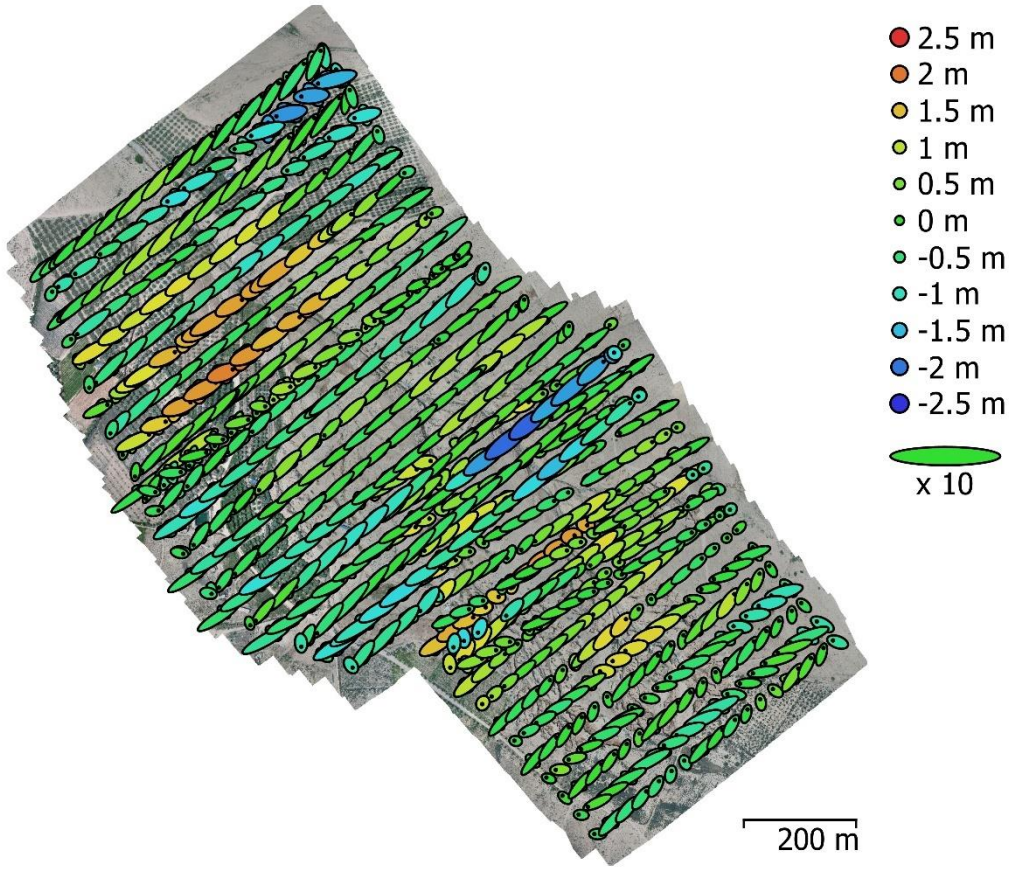


Fig. 3. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
2.99318	2.44815	0.720347	3.86685	3.93338

Table 3. Average camera location error.
X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

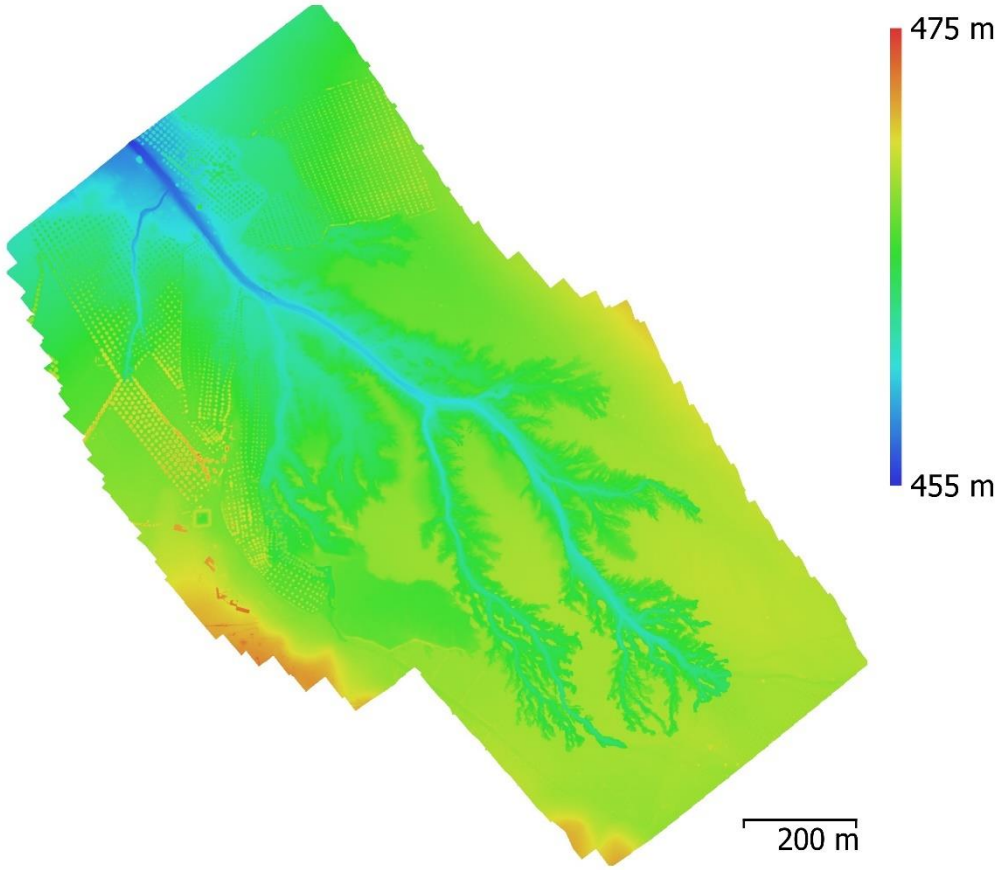


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution:	10.9 cm/pix
Point density:	83.7 points/m²

Processing Parameters

General	
Cameras	1221
Aligned cameras	1221
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	
Points	667,625 of 764,224
RMS reprojection error	0.14737 (2.35895 pix)
Max reprojection error	0.446417 (65.0589 pix)
Mean key point size	14.6917 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.81303
Alignment parameters	
Accuracy	Low
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	53 minutes 22 seconds
Alignment time	26 minutes 53 seconds
Dense Point Cloud	
Points	120,004,609
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	Medium
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	20 hours 55 minutes
Dense cloud generation time	2 hours 12 minutes
DEM	
Size	20,773 x 19,813
Coordinate system	Merchich / Nord Maroc (EPSG::26191)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	7 minutes 55 seconds
Software	
Version	1.4.4 build 6848
Platform	Windows 64

ب_ حالة سهب الغزال من مخرجات برمجية Pix4

Quality Report

Generated with Pix4Denterprise version 4.5.6

Important: Click on the different icons for:

Help to analyze the results in the Quality Report

Additional information about the sections

Click here for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	saheb el ghazel 9 Dec 2020
Processed	2021-04-20 21:46:49
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.71 cm / 1.07 in
Area Covered	0.151 km^2 / 15.0973 ha / 0.06 sq. mi. / 37.3256 acres

Quality Check

Images	median of 10000 keypoints per image	✓
Dataset	77 out of 77 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	6.38% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	⚠
Matching	median of 4875.78 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 5 GCPs (5 3D), mean RMS error = 0.028 m	✓

Preview

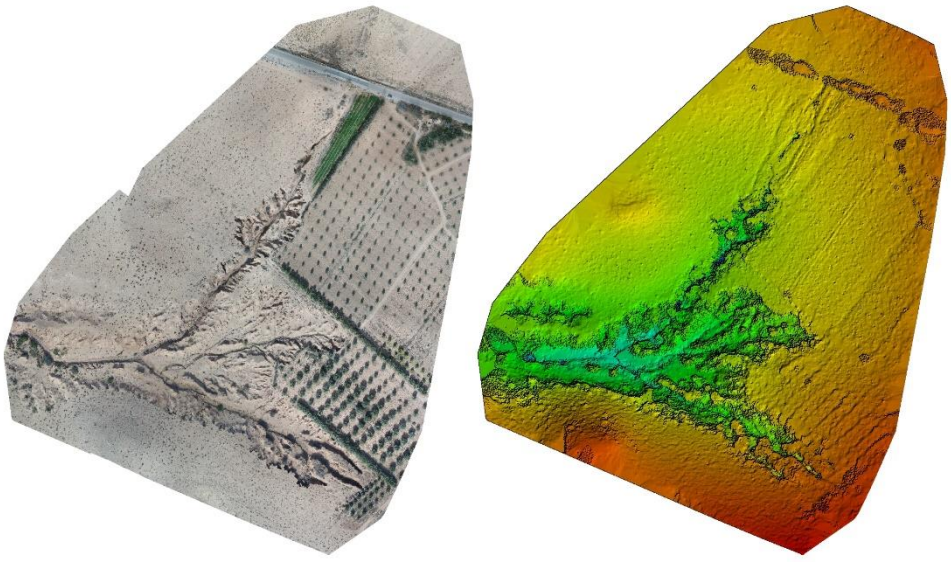


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details

Number of Calibrated Images	77 out of 77
Number of Geolocated Images	77 out of 77

Initial Image Positions

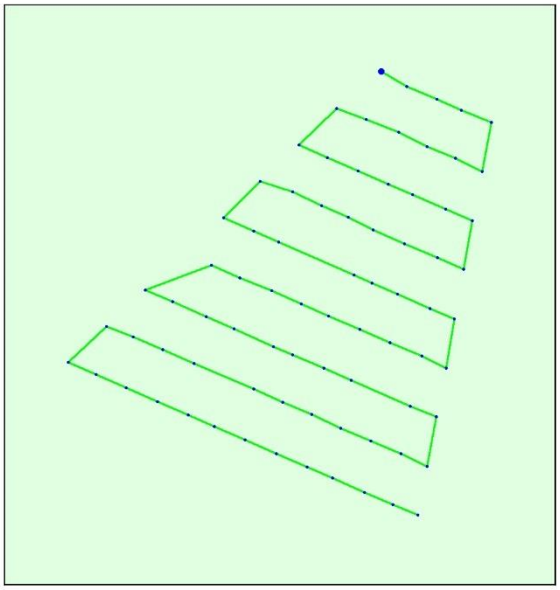
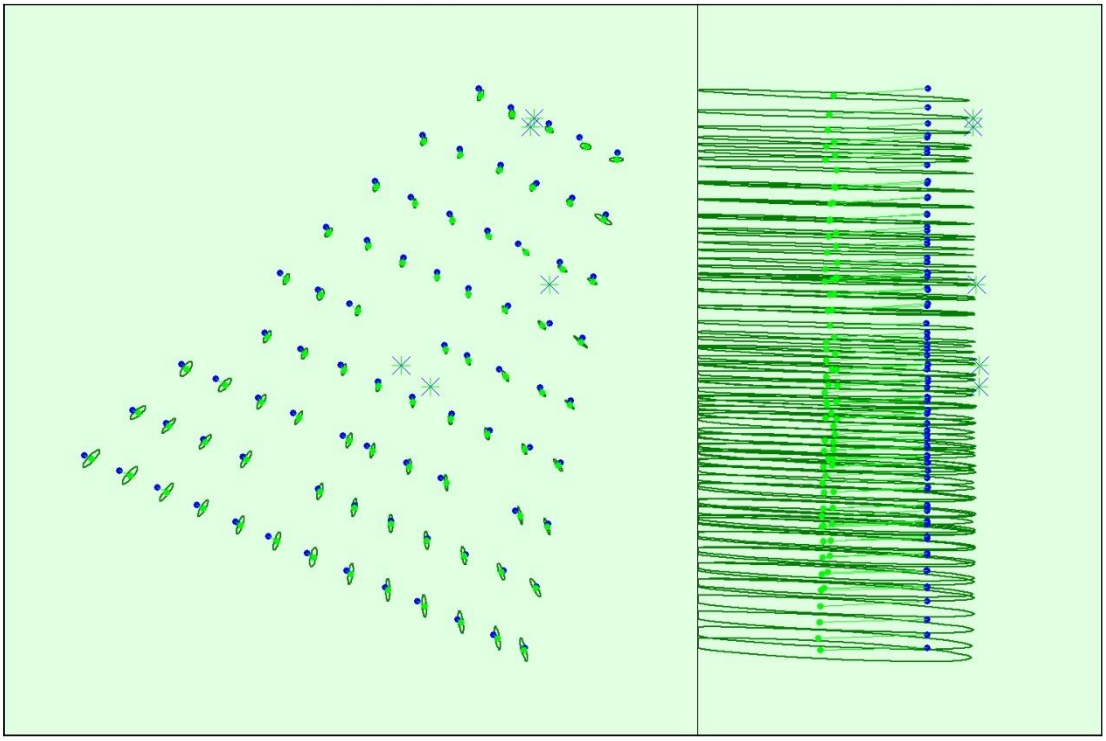


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



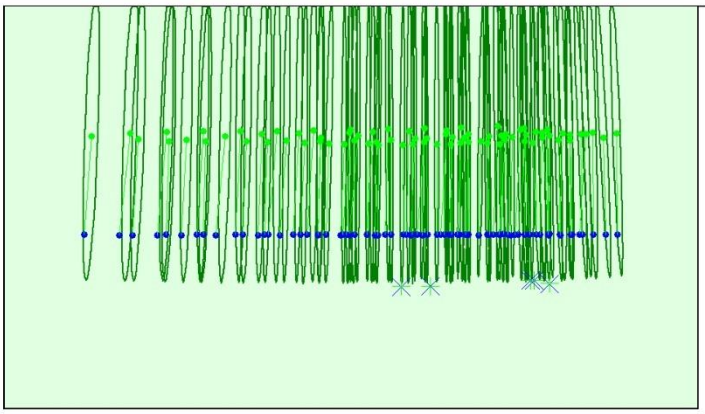


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.026	0.046	1.034	0.017	0.014	0.001
Sigma	0.012	0.017	0.037	0.007	0.005	0.000

Overlap

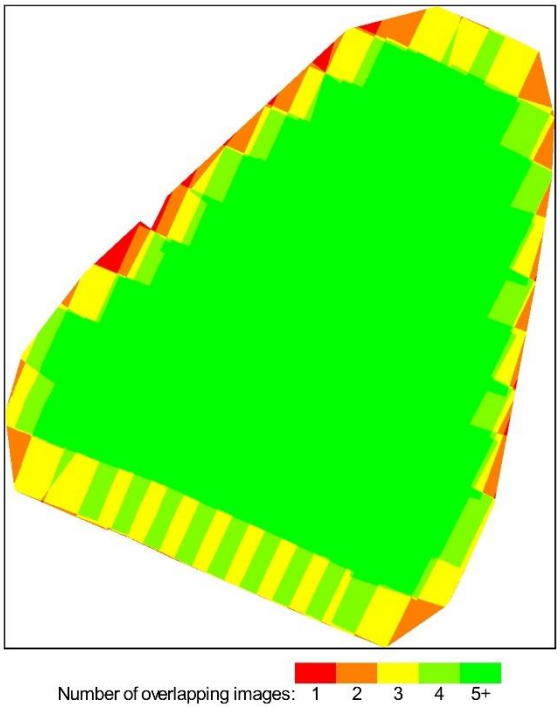


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic.
Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

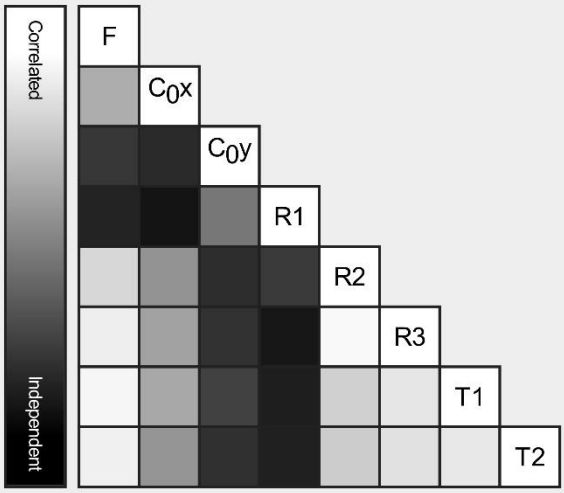
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	382944
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	123191
Mean Reprojection Error [pixels]	0.153

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3902.992 [pixel] 9.154 [mm]	2721.052 [pixel] 6.382 [mm]	1848.727 [pixel] 4.336 [mm]	-0.005	-0.010	0.011	0.001	-0.002
Uncertainties (Sigma)	38.332 [pixel] 0.090 [mm]	0.355 [pixel] 0.001 [mm]	0.226 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000



The correlation between camera internal parameters determined by the bundle adjustment. White indicates a full correlation between the parameters, ie. any change in one can be fully compensated by the other. Black indicates that the parameter is completely independent, and is not affected by other parameters.

The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to the see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization. The scale bar indicates the magnitude of 1 pixel error.

2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	10000	4876
Min	10000	3058
Max	10000	6644
Mean	10000	4973

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	67105

In 3 Images	25205
In 4 Images	12147
In 5 Images	6381
In 6 Images	4413
In 7 Images	2980
In 8 Images	1980
In 9 Images	1463
In 10 Images	802
In 11 Images	446
In 12 Images	177
In 13 Images	61
In 14 Images	27
In 15 Images	4

2D Keypoint Matches

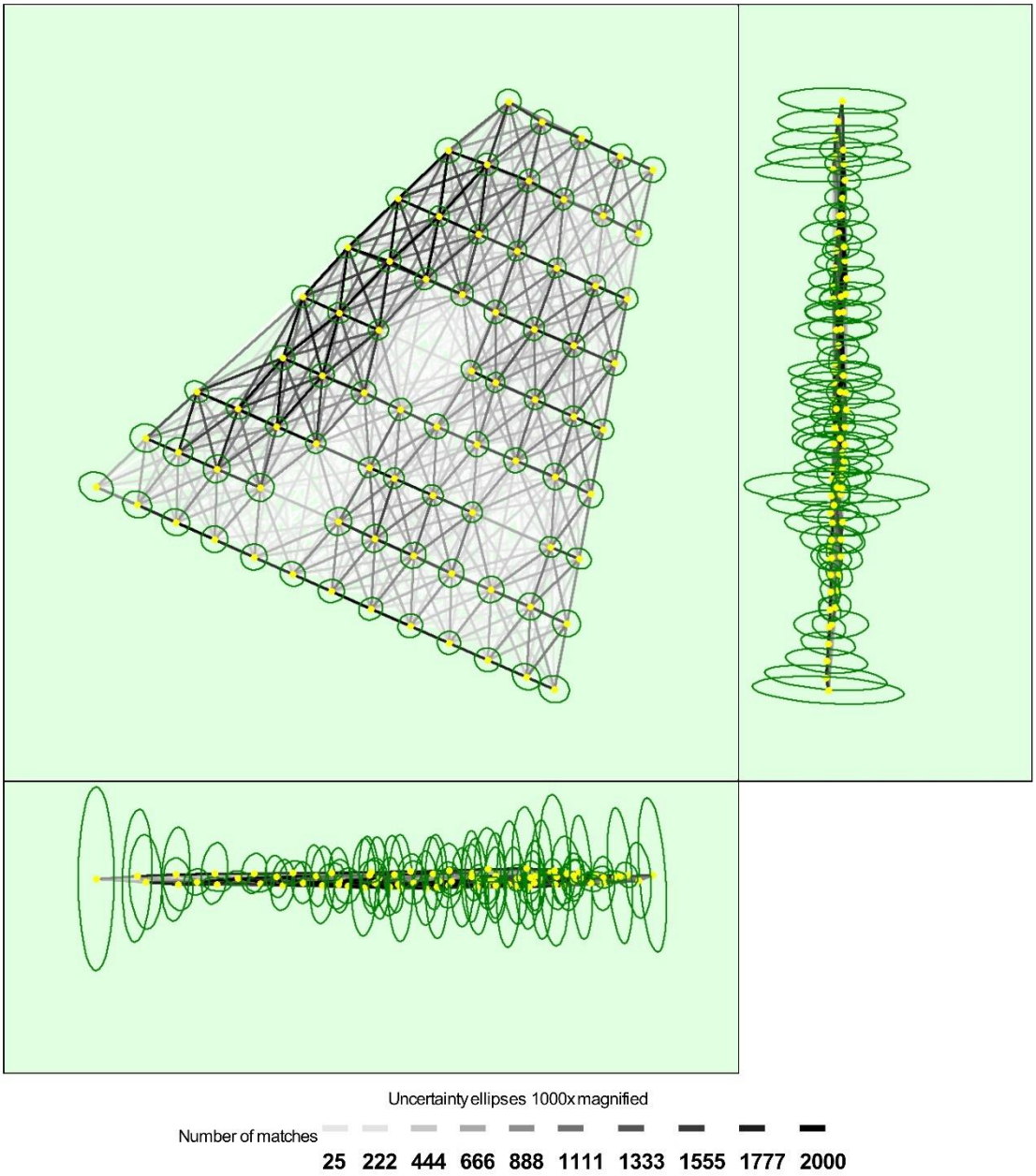


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the

bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.008	0.008	0.020	0.020	0.015	0.001
Sigma	0.001	0.001	0.013	0.012	0.009	0.001

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
p.4 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	-0.003	-0.087	0.665	3 / 3
p.6 (3D)	0.020/ 0.020	0.034	0.030	-0.028	1.353	14 / 14
p.8 (3D)	0.020/ 0.020	-0.027	-0.029	0.053	1.208	10 / 10
st.3ref.1 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	0.006	-0.003	1.879	7 / 7
st.4ref.1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.012	-0.001	0.018	1.127	6 / 6
Mean [m]		-0.000160	0.000612	-0.009348		
Sigma [m]		0.020190	0.018902	0.046970		
RMS Error [m]		0.020191	0.018912	0.047892		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	1.30	0.00	3.90
-6.00	-3.00	10.39	0.00	19.48
-3.00	0.00	38.96	45.45	28.57
0.00	3.00	40.26	53.25	19.48
3.00	6.00	7.79	1.30	28.57
6.00	9.00	1.30	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-1.717989	3.294832	-69.780033
Sigma [m]		2.531744	1.193246	3.587816
RMS Error [m]		3.059610	3.504248	69.872208

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-1.717989	3.294832	-69.780033

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	94.81	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	1.103
Phi	0.900
Kappa	2.744

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i5-8365U CPU @ 1.60GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) UHD Graphics 620 (Driver: 27.20.100.8853)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	Merchich / Nord Maroc (EGM2008 Geoid)
Output Coordinate System	Merchich / Nord Maroc (EGM2008 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Custom, Number of Keypoints: 10000
Advanced: Calibration	Calibration Method: Alternative Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Custom, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Low (Fast)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
LOD	Generated: no

Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	04m:48s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	NA

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	3280243
Average Density (per m^3)	43.32

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.71 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (2.71 [cm/pixel])
Index Calculator: Reflectance Map	Generated: yes Resolution: 1 x GSD (2.71 [cm/pixel]) Merge Tiles: yes
Time for DSM Generation	09m:01s
Time for Orthomosaic Generation	15m:05s
Time for DTM Generation	06m:13s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	01h:17m:31s
Time for Index Map Generation	00s

الملحق رقم 7: نتائج تحليل عينات التربة بمختبر المعهد الوطني للبحث الزراعي (وجدة).

رقم المشارة	الاحداثيات		الارتفاع	النسيج %		
N	X	Y	Z	ARGIL	LIMON	SABLE
1	720336	424632	378	29	26	45
2	720339	424638	388	28	28	44
3	720384	424600	384	27	28	45
4	720339	424615	386	28	26	46
5	720314	424614	389	34	33	33
6	720303	424604	389	34	33	33
7	719199	423367	393	30	17	53
8	715147	419400	414	12	81	7
9	727610	400541	639	6	82	12
10	727607	400566	635	20	60	20
11	727678	400489	638	21	61	18
12	727680	400489	640	22	60	18
13	727822	401338	642	23	61	16
14	727822	401338	642	24	59	17
15	713620	410565	474	32	38	30
16	713555	410584	475	34	40	26
17	718019	376422	1454	24	58	18
18	718024	376429	1454	25	57	18
19	719568	378655	1243	12	38	50
20	719565	378695	1239	11	37	52
21	719577	378701	1219	10	39	51
22	723170	388867	749	21	51	28
23	723195	388900	725	20	52	28
24	723155	388899	756	19	52	29
25	713494	420927	380	42	55	3
26	713500	420908	384	44	54	2
27	701748	418639	351	30	40	30
28	701745	418641	353	35	41	24
29	701774	418708	349	2	90	8
30	752178	391811	1081	16	36	48
31	752178	391820	1079	15	35	50
32	751590	391300	1026	17	34	49
33	749689	391068	997	10	80	10
34	744791	391357	923	33	53	14
35	744861	391339	912	33	52	15
36	741528	390724	881	28	52	20
37	741528	390721	871	29	51	20

المواد

رقم المشارة	P2O5_ppm	K2O_ppm	pH	conductivité_ms_cm	MO	Calcaire_total
1	3	303	7.7	3.15	1.15	30
2	3	303	7.7	3.15	1.15	30
3	3	303	7.7	3.15	1.15	30
4	3	303	7.7	3.15	1.15	30
5	0	270	7.8	0.26	0.74	28
6	0	270	7.8	0.26	0.74	28
7	7	236	7.71	0.21	1	26
8	16	270	7.62	3.45	0.5	33
9	20	337	7.62	0.45	2.1	21
10	20	337	7.62	0.45	2.1	21
11	24	303	7.88	0.18	1.5	18
12	24	303	7.88	0.18	1.5	18
13	24	303	7.88	0.18	1.5	18
14	24	303	7.88	0.18	1.5	18
15	13	371	7.75	0.21	1.12	33
16	9	354	7.68	0.2	1.2	28
17	7	388	7.48	0.25	1.18	7
18	7	388	7.48	0.25	1.18	7
19	27	236	7.72	0.2	2.22	6
20	27	236	7.72	0.2	2.22	6
21	27	236	7.72	0.2	2.22	6
22	35	270	7.7	0.17	1.6	30
23	35	270	7.7	0.17	1.6	30
24	35	270	7.7	0.17	1.6	30
25	0	220	7.47	1.87	1	23
26	0	220	7.47	1.87	1	23
27	35	371	7.7	0.2	1	21
28	11	405	7.41	3.16	1.24	28
29	13	405	7.6	0.64	1.53	26
30	2	168	7.5	0.12	1.14	4
31	2	168	7.5	0.12	1.14	4
32	2	168	7.5	0.12	1.14	4
33	0	270	7.56	0.18	1.57	30
34	2	236	7.53	0.18	3.21	16
35	2	236	7.53	0.18	3.21	16
36	0	236	7.55	0.15	2.3	18
37	0	236	7.55	0.15	2.3	18

الملحق رقم 8: الاستمارة الميدانية الموجهة لساكنة حوضي اتلاغ والعابد

جامعة محمد الأول
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
شعبة الجغرافيا

شتنبر – أكتوبر 2021

استمارة مع ساكنة حوضي العابد وتلاغ، ممر تاوريرت - جرسيف

استمارة رقم .....التاريخ: ..... الدوار .....

الجزء الأول: أسئلة متعلقة بالسكن

1. منذ متى تقيم بالجماعة ؟ □ منذ الولادة □ أقل من سنة □ من سنة إلى 10 سنوات □ من 11 إلى 20 سنة □ من 21 إلى 30 سنة □ أكثر من 30 سنة

2. مقر السكن المحلي: دوار ..... **مدينة**.....

3. نوع السكن القروي: □ سكن مبني بمواد محلية □سكن عصري مبني بمواد صلبة (الأجور، الإسمنت) □سكن فردي □سكن مع العائلة □آخر

4. نوع السكن في المدينة □ منزل فردي ذو طوابق □ شقة □ منزل فردي سفلي □ فيلا □ آخر... حدد

5. هل أنت □ مالك □ مكتري □ آخر

6. الإقامة □ رئيسية □ ثانوية

الجزء الثاني : الأنشطة الفلاحية

7. المساحة المستغلة بالهكتار (الأرض الملكية) .....

8. عدد المشارات.....

9. نوع الأراضي □ **بورية** □ **مسقية** □ **مراعي غير محمية**

10. مساحة الأراضي البورية .....

11. مساحة الأراضي المسقية .....

12. طرق الاستغلال □ مباشر □ كراء □ شراكة □ آخر

13. الوضعية القانونية □ ملك □ جماعية □ حبوس

14. هل تمارس الرعي؟ □ نعم □ لا

15. نوع الماشية ؟ □ بقر □ غنم □ ماعز □ دواجن □ آخر

16. عدد قطيع الأغنام .....

17. عدد قطيع الماعز .....

18. عدد قطيع الأبقار .....

19. حركة القطيع؟ □ مجال الغابات والنبات الطبيعي □ مراعي الحقول (الأراضي المستريحة)

20. فترة رعي القطيع : كم من شهر؟ .....

21. الفترة □ من شهر ..... إلى شهر ..... □ من شهر ..... إلى شهر.....

22. الاعتماد على العلف □ نعم □ لا □ ظرفي

23. الاعتماد على العلف □ للتسمين □ للكسب □ هما معا

24. عدد شهور الاعتماد على العلف .....

25. فصول تقديم العلف □ خريف □ شتاء □ ربيع □ صيف

26. كم تنفق سنويا على كل رأس من الماشية نتيجة شراء العلف؟ .....

27. هل تنتج الأعلاف حاليا؟ .....

28. كم تنتج من الأعلاف بالقنطار في السنة؟ .....

29. ما هو تقييمك للمراعي الطبيعية؟ □ في تحسن □ في تراجع □ تذبذب حسب السنوات المطرية

30. ما هو السبب في نظرك؟ □ تغير مناخي □ ارتفاع حجم القطيع □ آخر

31. هل تمارس أنشطة تكميلية؟ □ نعم □ لا

32. ما نوعها؟ □ تربية النحل □ عمل مأجور □ تجارة في البوادي □ آخر (حدد)

الجزء الثالث: استعمال الأرض

33. نوع المزروعات: □ حبوب □ خضراوات □ قطاني □ مغروسات □زراعات علفية □ آخر

34. البذور المستعملة في الزراعة □ محلية □ شراء □ آخر

35. التكلفة السنوية .....

36. المساحة المزروعة بالهكتار .....

37. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة (على العموم) .....

38. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للحبوب: .....

39. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للخضراوات: .....

40. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للمغروسات: .....

41. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للقطاني: .....

42. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجافة (على العموم) .....

43. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للحبوب: .....

44. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للخضراوات: .....

45. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للمغروسات: .....

46. المردودية بالقنطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للقطاني: .....

47. هل هذه الكمية كافية لسد حاجة القطيع حاليا؟ □ نعم □ لا

48. الدورات الزراعية: السنة 1..... السنة 2 .....
49. استراحة الأرض: هل تعلم بها؟ □ نعم □ لا
50. ما هي مدة الاستراحة: .....
51.السبب .....
52. استعمال الأرض المستريحة .....
53. استعمال الأسمدة □ نعم □ لا
54. نوع الأسمدة □ سماد كيماوي □ سماد عضوي
55. الزراعة المستفيدة □ الحبوب □ القطاني □ الغراسة
56. استعمال المبيدات □ نعم □ لا
57. التكلفة لكل هكتار .....
58. التقنيات المستعملة في استغلال الأرض □ الحرث التقليدي (محراث خشبي) □ الجرار □ الحصاد بالآلة □ آخر
59. طريقة الحرث □ في اتجاه الانحدار □ في اتجاه خطوط التسوية
60. مفعولها على التربة □ سلبي □ إيجابي
61. أشغال أخرى ترتبط باستغلال الأرض □ تهيئ الأرض للحرث □ إزالة الأعشاب الضارة □ التسميد □ الرعي بعد الحصاد
62. طبيعة الأراضي المهجورة .....
63. مدة التخلي عنها .....
64. وضعيتها القانونية .....
65. آثار الهجرة على هذه الأراضي .....
66. نوع الزراعات الشجرية؟ .....

الجزء الرابع: التعرية وإعداد المجال

67. أشكال التعرية: □ تعمق الأودية □ شعبات □ تذرية ريحية □ آخر
68. أشكال التهيئة □ مدرجات □ تشجير □ تقوية الأودية بالحجارة □ آخر
69. استعمالات عامة للغطاء النباتي: □ الماشية □ التدفئة □ البناء □ إنتاج الفحم □ الطهي (الخبز والطعام)
70. نوع الأشجار المستعملة .....
71. الكمية المستعملة .....
72. الوسائل المستعملة لاستغلال الغابة: □ القطع □ الاجتثاث □ الحرق □ آخر
73. الهجرة: أسباب الهجرة □ قلة الموارد المائية □ الجفاف □ ضعف المردودية □ عدم كفاية الأراضي الزراعية □ آخر
74. الفترة .....
75. الاتجاه .....
76. نوع الهجرة : □ دائمة □ موسمية □ خارجية
77. هل قمتم باجتثاث الغابة؟ □ نعم □ لا
78. إذا كان الجواب نعم، ما هي المساحة المجتثة؟ .....
79. هل تخليتم عن استغلال جزء من الأرض بسبب تدهورها؟ □ نعم □ لا
80. إذا كان الجواب نعم، ما هي المساحة المتخلى عنها؟ .....
81. ما هي مظاهر التدهور في نظرك؟ □ ظهور خدوش □ خدات □ اندكاك التربة □ تغير لون التربة □ تراجع المحصول
82. هل يرتبط عياء الأرض بزراعات معينة؟ □ نعم □ لا
83. ما هي بالترتيب؟ .....
84. أين تظهر مؤشرات التدهور؟ □ بالأراضي المزروعة □ بالأراضي المحروثة □ بالأراضي البائرة
85. ثمن الأرض بالمنطقة □ في تراجع □ في استقرار □ في ارتفاع
86. هل تفكر في الهجرة إلى المدينة؟ □ نعم □ لا

الجزء الخامس: تدخل الدولة

87. هل استفدتم من مشاريع تدخل الدولة؟ □ نعم □ لا
88. ما هي أنواعها؟ □ **الماء الصالح للشرب** □ كهرباء □ استصلاح الأراضي □ تزويد بالنبات للغرس □ الري بالتنقيط
□الحوض المائي □ العلف □ بناء الإسطبل □ التجهيز بأدوات الري (التنقيط) □ حفر البئر □ آخر
89. ما هو حجم الاستفادة؟ .....
90. هل يتم إشراككم في مشاريع الدولة؟ □ نعم □ لا
91. المؤسسات التي أنجزت هذه المشاريع؟ .....
92. ما هي انتظاراتكم من تدخل الدولة؟ .....

الجزء السادس: بعض الأسئلة الشخصية

93. الجنس : □ ذكر □ أنثى
94. السن : □ أقل من 20 سنة □ 21 – 40 سنة □ 41 - 60 سنة □ أكثر من 60 سنة
95. الحالة العائلية:□ متزوج □ متزوج مع أطفال □ عازب □ أرمل □ مطلق
96. المهنة: □ فلاح □ حرفي □ تاجر □ مسؤول شركة □ إطار ومثقف
□ موظف □ عامل □ متقاعد □ عاطل □ طالب □ آخر
97. المستوى الدراسي: □ شهادة ابتدائية □ ثانوي □ بكالوريا □ تأهيل مهني □ مستوى الجامعة