



HAL
open science

():

Omar Mouadili

► **To cite this version:**

Omar Mouadili. (): . Geography. Université Mohammed Premier Oujda (Maroc), 2021. Arabic. <NNT: >. <tel-03764558>

HAL Id: tel-03764558

<https://theses.hal.science/tel-03764558>

Submitted on 30 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Pôle thématique : Lettres, sciences humaines, arts et sciences de l'éducation

Formation doctorale : Géographie, aménagement et développement des régions périphériques

Laboratoire de recherche : Dynamique des Milieux Arides, Aménagement et Développement Régional

Erosion hydrique et dynamique
environnementale dans les bassins versants de
Tlagh et El Abed (Maroc oriental).

Approches géomatiques

**Thèse pour l'obtention du Doctorat ès Lettres et Sciences
Humaines**

Présentée par : MOUADILI Omar

Dirigée par : SBAI Abdelkader

Soutenue le 28/12/2021

Année universitaire :2021 /2022



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

(تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية

تخصص: جغرافيا طبيعية

الأستاذ(ة) المشرف(ة):

الدكتور اسباعي عبد القادر

إعداد الطالب(ة) الباحث(ة):

مواديلي عمر

لجنة المناقشة:

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

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

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

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

الدكتور الحراصي 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 روعي والكتب وأختي رحمهما الله وجعلهما من أهل الجنة

إلى والدي ألهال الله في عمره، ومتعه بالصحة والعافية

إلى جميع إخواني وأخواتي الأعزاء

أهديكم هذا العمل المتواضع، الذي كمالنا تفاسمتم معي أمنية إنجاز له وإخراجه إلى أرض

الوجود.

كلمة شكر

أتقدم بشكري الجزيل وتقديري إلى أستاذي الجليل الدكتور عبد القادر اسماعي، الذي قبل الإشراف على هذا العمل المتواضع. في الحقيقة، فضله علي كثير جداً، حيث لم يذخر جهداً في سبيل إنجاز هذا العمل سواء أكان ذلك على مستوى التوجيهات النظرية القيمة، أم على مستوى مرافقته الدائمة في الميدان أثناء إنجاز الأشغال التصحيحية من قياسات وملاحظات وشرح الظواهر بل الأكثر من ذلك، فقد وفر لي كل الحاجات المادية والمعنوية التي تطلبها هذا البحث؛ فكان نعم الأستاذ المشرف والمؤصر والموجه.

كما أتوجه بشكر خالص للأستاذين الفاضلين عبد الرحمان الصراحي وإدريس الحافيض اللذان لم يبخلوا علي بتوجيهاتهم القيمة كلما استعدت 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 بتشكري الجزيل للأستاذة الكرام: عبد الواحد سعيدي ومصطفى بوعبد الله ومصطفى عثمان، الذين رفقوني في العديك من الزيارات الميدانية بحضور الأستاذ المشرف. كما انتهن الفرصة لأتوجه بشكر خالص للأستاذ محمد عسيوي الذي لم يتردد في مد يد العون فيما ينصر المعالجة الإحصائية للمعطيات التي لها علاقة بموضوع الأصروحة.

ولنا تفوتني الفرصة، لأتقدم بكل الشكر والتقدير والاحترام والامتنان لأساتذتي المحترمين أعضاء فريق البحث الجيوماتيا وتقدير التراب: عزال محمد وخديجة بن ببيعة والحافيض إدريس، على ما قدموه لنا من توجيهات نيرة وملاحظات دقيقة طوال سنوات التسجيل في سلك الدكتوراه، سواء أثناء اللقاءات السنوية الخاصة بتقييم سير الأصروحة، أو خارجها، وعلى ما بذلوه من مجهودات في سبيل إنجاح هذا البحث. كما أعتنم الفرصة لأتقدم بشكر خالص للأستاذة ميلود شاكر على قبوله قراءة هذا العمل وما قدمه من توجيهات نيرة لتجويده وقسمينه قبل المناقشة، ثم عمله عناء السفر والتنقل، كذلك الأستاذة خلاف الغلابي لمناقشة هذا العمل المتواضع. وبنفس المناسبة، أود أن أتوجه بشكر جزيل لسلامة الأستاذة الأفاضل كافة أعضاء لجنة المناقشة، الذين قبلوا فحص وقراءة هذا العمل من أجل الإرتقاء به أكثر، ومناقشته رغم التزاماتهم الكثيرة، فمن خلال توجيهات والملاحظات القيمة تم تقويم هذا العمل - بعد المناقشة - ليخرج في النسخة المصححة النهائية بحلة جديدة. فلكم علي كبير أساتذتي الأفاضل؛ فلكم مني كل التقدير والاحترام.

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

ولنا أنسى بعث ثنائي وتقديري للمهندس ياسن حكام وسيف الدين جابر، والتقنيين أحمد مرنوي ومروان حمو، لما قدموا لي من مساعدات لتوفير أجهزة المسح «الكلثورة المسيرة» والماسح الثلاثي الأبعاد، والدعم في إنجاز المسوحات الكسوغرافية. ينضاف إلى هؤلاء، كل من مد لي يد المساعدة أثناء إنجاز هذا البحث، لا سيما الأصر الإدارية بمختلف المؤسسات العمومية، والسلكة المحلية بحوضي أتلاغ والعابد التي لم أجده منها إلا التفاعل الإيجابي أثناء ملء الاستمارة.

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

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

الفهرس

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

80	-----	مقدمة
81	-----	1_ : توزيع وتنوع الغطاء النباتي بحوضي العابد و اتلاغ
81	-----	1_1: التشكيلات السهبية عند أقدام الجبال والمنخفضات الشمالية لسهل تفرطة
84	-----	2_1: التشكيلات الغابوية بالمرتفعات الجبلية
85	-----	3_1: الزراعة والمغروسات
86	-----	2_ : التغطية النباتية بين سفوح حوضي اتلاغ والعابد
90	-----	3_ : تطور كثافة التغطية النباتية بين سنوات 1986 و 2001 و 2018 باستخدام مؤشرات الغطاء النباتي والمرئيات الفضائية لاندسات
95	-----	4_ : التتبع السنوي لتقييم جودة الغطاء النباتي من خلال مؤشر التغطية النباتية (NDVI) للفترة ما بين 2000-2020
100	-----	خلاصة
101	-----	خاتمة القسم
103	-----	القسم الثاني: تقييم التعرية المائية بالنمذجة والقياسات المباشرة في الميدان
105	-----	الفصل الرابع: التقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية
105	-----	مقدمة
106	-----	المحور الأول: تقييم كمي للتعرية المائية باستخدام المعادلة العالمية لانجراف التربة (USLE)
106	-----	1_ : التعريف بالمعادلة العالمية للتعرية المائية
107	-----	2_ : المنهجية المتبعة
108	-----	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"
109	-----	3_1_2: إشكالية تحديد العنف المطري (R) بالمغرب
110	-----	3_1_3: حساب مؤشر العنف المطري (R) بحوض واد العابد وواد اتلاغ
112	-----	3_2: عامل قابلية التربة للتعرية (K)
116	-----	3_3: عامل الطبوغرافيا طول السفح ودرجة الانحدار (LS)
122	-----	3_4: عامل جودة الغطاء الناتي (C)
127	-----	3_5: عامل التدخل البشري للحد من انجراف التربة (P)
128	-----	4_ : خريطة فقدان التربة
132	-----	المحور الثاني: التقييم النوعي للتعرية من خلال نموذج PAP/CAR
132	-----	1_ : منهجية العمل
133	-----	2_ : المقاربة الوصفية
133	-----	3_ : المقاربة التنبؤية
133	-----	3_1: عامل الانحدارات
134	-----	3_2: عامل الصخارة والتربة
137	-----	3_3: قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR.
139	-----	3_4: استعمال الأراضي
141	-----	3_5: كثافة التغطية النباتية
141	-----	3_6: حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR.

143	7_3: التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR.
145	4: المقاربة التكاملية (الأوساط المورفوتشكالية)
148	خلاصة
151	الفصل الخامس: القياس المباشر في الميدان من خلال المقلد المطري
151	مقدمة
152	1: المفاهيم وطريقة العمل
152	1_1: تقديم جهاز القياس "المقلد المطري"
154	2_1: طريقة القياس حسب أنماط الاستغلال والمراحل المتبعة
154	المرحلة الأولى في القياس
157	المرحلة الثانية في القياس
158	المرحلة الثالثة في القياس
162	2: دراسة السلوك الهيدرولوجي للتربة حسب استعمالها وعلاقتها بالإزالة السطحية
162	2_1: تحديد المشارات وخصائصها الطبيعية والأهداف المنتظرة
171	2_2: نشع وانطلاق السيلان وتطوره
187	3: النتائج الإجمالية للتعرية داخل المشارات
187	3_1: تعكر مياه الجريان بالمشارات التجريبية
187	أ: تغير مقادير التعكر حسب المشارات التجريبية
189	ب: تغيرات مقادير التعكر حسب نوع استعمال التربة
193	3_2: التدهور النوعي للأراضي من خلال كميات التربة المفقودة بالمشارات التجريبية
195	3_3: تفاوت حجم نفاذية الماء (سرعة النفاذية)
197	4: مقارنة إحصائية للنتائج الإجمالية للمشارات التجريبية
197	4_1: اختبار الارتباط للعوامل الرئيسة المتحكمة في فقدان التربة
203	4_2: تصنيف المشارات التجريبية
209	خلاصة
210	الفصل السادس: تتبع وقياس التعرية الموضوعية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي
210	مقدمة
212	المحور الأول: تكميم التعرية من خلال القياس والتتبع بجهاز التموضع العالمي GPS
214	1: طرق الرصد
214	1_1: الرصد الثابت STATIQUE
214	2_1: رصد الشبكات
215	3_1: الرصد المتحرك
215	4_1: الرصد شبه المتحرك أو الرصد المتحرك الزائف
216	2: أنواع أجهزة نظام التموضع العالمي
216	3: طريقة اشتغال الجهاز (العمل الميداني)
217	3_1: طريقة اشتغال الجهاز الثابت
217	3_2: طريقة اشتغال الجهاز المتحرك
217	3_3: القياس أو الرفع المساحي
217	4_3: التوقيع المساحي
217	5_3: استخراج المعطيات وحفظها

- 4_ : معالجة المعطيات (العمل المكتبي) ----- 218
- 1_4 : تحصيل المعطيات ----- 218
- 2_4 : 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 المسح الثلاثي الأبعاد وتطبيقاته ----- 223
- 2_1 : مميزات المسح الليزري ثلاثي الأبعاد ----- 224
- 3_1 : طريقة العمل باستخدام المسح الليزري الأرضي الثابت ----- 224
- 2_ : قياس التعرية بالمسح 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
- 2_1 : تاريخ الطائرات بدون طيار، نشأتها وتطورها ----- 231
- 3_1 : أنواع الطائرات بدون طيار وخصائصها ----- 231
- 4_1 : عمل الطائرات بدون طيار كبديل للمسح الأرضي ----- 232
- 2_ : قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد ----- 233
- 1_2 : طريقة قياس التعرية التراجعية الموضعية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد ----- 234
- 2_2 : نمذحة وتحليل معطيات نتائج قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضي اتلاغ والعابد ----- 238
- المحور الرابع: استخلاص نتائج قياس التعرية باعتماد الآليات 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
- 2_1 : التلال والهضاب المتقطعة ----- 267
- 3_1 : السهول والمنخفضات ----- 267
- 2_ : الخصائص التضاريسية المنشطة لتدهور السفوح بحوضي العابد واتلاغ ----- 268
- 1_2 : التوزيع المجالي لفئات الارتفاع حسب أشكال التعرية ----- 268
- 2_2 : التوزيع المجالي لفئات الانحدار حسب أشكال التعرية ----- 270
- 3_2 : العلاقة بين التعريض وحركية السفوح بحوضي اتلاغ والعابد ----- 271
- المحور الثاني: الجيولوجيا والتكوينات السطحية، وأثارها على دينامية السفوح ----- 275
- 1_ : الخصائص الجيولوجية ودورها في الدينامية البيئية ----- 275
- 1_1 : سحنات الزمن الأول ----- 278
- 2_1 : غطاء الزمن الثاني وتكوينات الزمن الثالث ----- 278
- 3_1 : خصائص المخلفات الرباعية ----- 280

- 281 ----- 1_3_1: توضعات الرباعي القديم
- 282 ----- 2_3_1: توضعات مستويات الرباعي الأوسط
- 282 ----- ا: المستوى العميري
- 286 ----- ب: المستوى التانسيفي
- 288 ----- 3_3_1: توضعات المستويات الرباعية الحديثة
- 288 ----- ا: المستوى السلطاني
- 289 ----- ب: المستوى الغربي (الهولوسين)
- 292 ----- 2: دور التكوينات السطحية والغطاء التربي في هشاشة الدينامية البيئية
- 294 ----- 1_2: خصائص التربة بالمناطق المرتفعة
- 294 ----- 1_1_2: التربات فوق الصخور الكربوناتيّة
- 295 ----- 2_1_2: التربات فوق الكلس الدولومي المتفسخ والتكوينات الحثية الطينية
- 295 ----- 3_1_2: التربات فوق الصخور الشيستية
- 296 ----- 2_2: خصائص التربة بسهل تفرّاطة
- 296 ----- 1_2_2 فئة التربة الكلسمغنيزية (Classe des sols Calcimagnésiques)
- 296 ----- أ: مجموعة التربة الكلسية البنية (Groupe des sols Bruns Calcaires)
- 298 ----- ب: مجموعة التربة الكلسية الشرسائية (Groupe des Rendzines)
- 299 ----- 2_2_2: فئة التربة السدبالية (Classe des sols Isohumiques)
- 301 ----- 3_2_2: فئة التربة الضعيفة التطور (Classe des sols Peu Evolués)
- 304 ----- المحور الثالث: الخصائص المناخية وآثارها على الدينامية الحالية بحوضي اتلاغ والعابد
- 305 ----- 1: التساقطات
- 305 ----- 1_1: توزيع المعدل السنوي للتساقطات
- 307 ----- 2_1: التوزيع الفصلي للتساقطات
- 308 ----- 3_1: التوزيع الشهري للتساقطات
- 308 ----- 2: الحرارة
- 308 ----- 1_2: التوزيع السنوي للحرارة
- 309 ----- 2_2: التوزيع الفصلي والشهري للحرارة
- 310 ----- 3: الرياح
- 311 ----- 4: تصنيف المناخ السائد
- 315 ----- خلاصة
- 317 ----- الفصل الثامن: الخصائص البشرية وأنماط الاستغلال بحوضي اتلاغ والعابد
- 317 ----- مقدمة
- 319 ----- 1: الخصائص السكانية لحوضي اتلاغ والعابد
- 319 ----- 1_1: نبذة عن تاريخ الاستقرار بالمنطقة
- 321 ----- 2_1: التطور والتوزيع الديموغرافي
- 326 ----- 3_1: هشاشة السكن وفق الخدمات الأساسية
- 329 ----- 4_1: مستوى تمدرس السكان وضعف المستوى التعليمي
- 331 ----- 5_1: الأنشطة والمهن المزاولة
- 333 ----- 6_1: البنية العقارية لأراضي حوضي اتلاغ والعابد
- 335 ----- 7_1: الهشاشة الاجتماعية وضعف الخدمات
- 336 ----- 2: أنماط استغلال الأراضي بحوضي العابد واتلاغ ونتائج ذلك على الوسط البيئي
- 337 ----- 1_2: الأنشطة السوسيواقتصادية (الفلاحة)

- 337 ----- 1_1_2: الزراعة المسقية
- 339 ----- 2_1_2: الزراعة البورية
- 340 ----- 3_1_2: الرعي الواسع
- 341 ----- 4_1_2: الرعي المكثف
- 342 ----- 2_2: توسيع الرقعة المزروعة على حساب المراعي
- 344 ----- 3_2: الضغط على المراعي من خلال تزايد عدد القطعان
- 348 ----- 3: دور مشاريع مؤسسات الدولة في تدبير الموارد واستصلاحها
- 348 ----- 1_3: مشروع التنمية القروية لتاويرت - تافوغالت
- 350 ----- 2_3: مشروع الإعداد الهيدرولوجي بسهل تفرطة
- 351 ----- 3_3: عجز البرامج عن تحقيق الأهداف المسطرة
- 353 ----- خلاصة
- 354 ----- خاتمة القسم
- 356 ----- خاتمة عامة
- 364 ----- البيبليوغرافيا
- 364 ----- لائحة المراجع باللغة العربية
- 368 ----- لائحة المراجع باللغة الأجنبية
- 376 ----- المواقع الإلكترونية الرئيسة
- 377 ----- لائحة الخرائط والمرئيات الفضائية المستعملة
- 377 ----- المؤسسات التي تم التعامل معها
- 378 ----- لائحة الجداول
- 380 ----- لائحة الأشكال
- 384 ----- لائحة الصور
- 386 ----- الملحق رقم 1: بطاقة المعلومات للمشاركة التجريبية
- 387 ----- الملحق رقم 2: مؤشر التغطية النباتية للفترة ما بين سنة 2000 وسنة 2020.
- 392 ----- الملحق رقم 3: جداول خصائص المرئيات الفضائية
- 394 ----- الملحق رقم 4: صور المشارات التجريبية.
- 403 ----- الملحق رقم 5: رخصة الطيران بالطائرة المسيرة DRONE UAV.
- 404 ----- الملحق رقم 6: نموذج من تقرير الطائرة المسيرة DRONE UAV.
- 404 ----- أ_ حالة سهب الفيضة من مخرجات برمجية AGISOFT PHOTOSCAN
- 410 ----- ب_ حالة سهب الغزال من مخرجات برمجية PIX4
- 418 ----- الملحق رقم 7: نتائج تحليل عينات التربة بمختبر المعهد الوطني للبحث الزراعي (وجدة).
- 420 ----- الملحق رقم 8: الاستمارة الميدانية الموجهة لساكنة حوض اتلاغ والعابد

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 تاويرت - جرسيف تحولات مجالية مهمة ترتبت عنها تحديات سكانية، واختلالات بيئية ومجالية غيرت ملامح المشهد الجغرافي، تتجلى في هيمنة أشكال التعرية المائية وتدهور الغطاء النباتي.

من خلال مقارنة التعرية كميًا ونوعيًا، 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 مشاركة 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 عرفت 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 débiter 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 intenses.

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 التوحد 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، وثلاثي الأراضي المحروثة تتطلب إجراءات حمائية مستعجلة (فالح، 2010). ويفقد المغرب سنويا حول 75 مليون م³ من الطاقة الاستيعابية لمجموع السدود الوطنية بفعل التوحد، ومن المحتمل أنها وصلت 100 مليون م³ سنة 2020 و150 م³ 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 التوحد. 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 السهبوية 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، وتنتقل 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 لراهنيتها 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 تفجير التربة وتملحها.

إن أخطار التعرية المائية التي يعرفها حوض اتلاغ والعابد بممر تاويرت-جريسيف 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 حوض 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 توحد السدود (مشرع حمادي، ومحمد الخامس) في السافلة، وما سيتبع هذا التوحد من تحديات خاصة ما يتعلق بتراجع أداء سد محمد الخامس حيث يعتبر هذا التوحد نتيجة مباشرة لنشاط التعرية وتدهور الأراضي في عالية حوض ملوية، وما يساهم به حوض 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 التربة 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 تساؤلات 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 الطبيعية بدينامية مختلف أشكال التعرية، خاصة التعرية المائية التي تؤدي إلى فقدان كميات مهمة من التربة؟ 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، والمساح 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 تقادم 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 سكانية، 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 لليبس 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 وصولاً 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 تربة 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 التوحد لحقينة السدود الكبرى في منطقة تعاني من خصائص مائي حاد.

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

- حوضي العابد واتلاغ جزء من ممر تاويرت - 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 تفرطة، لهذا تمت إضافة حوض واد العابد ليشمل الجزء السفلي من سهل تفرطة.

- 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 وبنو بوزكو في الشرق والشمال الشرقي، ثم سهل تفرطة شمالاً.

- يتميز حوض العابد بوحدة طبوغرافية متجانسة يطبعها الانبساط، منطقة سهلية (وسط وشمال سهل تفرطة) 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 تدهوراً متزايداً في موارده الطبيعية.

- إن دراسة إشكالية خطر التعرية المائية بحوضي العابد واتلاغ تعد من بين الإشكاليات الجديدة 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 وصفيّاً 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 جيوماتياً وإحصائياً.

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 بالنقل الممطر 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. وانطلاقاً من أهداف الموضوع، ونظراً لتراكم 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 الجيولوجي الجغرافي

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 الدراسات 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 170¹ يوم عمل في الميدان، ومن خلاله، تم

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

الوقوف على العىءىء من مظاهىر التعرىة ومعاىنئها من ءلال زىارات مئكرة للمىءان بحوضى العابء وائلاغ، ئم ئقىم وئكمىم التعرىة من ءلال القىاساء المباشرة باءءءام ئقنىة النقلىء المئرى (Roose, 1996)، وئم ئطبىق هءة ئقنىة اءءل حوضى العابء وائلاغ فى 37 مشارة ئجربىىة كءالات للءراسة. كما ئمء قىاساء مئكرة بنئام ئموضع العامى والماسء الئلائى الأبعاء والطاءرة المسىرة؛ إءاضافة إلى ملء الاسئمارة المىءانىة مع ساكنة المنئقة، وكءلك الائصال بمءئلف المصالح الإءارىة الئى لها صلة بالموضوع، ونءكر على سبىل المئال: الجماعاء ئربىىة، والمىءرىة الإقلىمىة للءلاءة بئاورىرء، والمىءرىة الإقلىمىة للائئءمار الفلاءى بىركان وئاورىرء، والمىءرىة الإقلىمىة للمىاه والغاباء ومءاربة ئصءر بئاورىرء، ووكالة الحوض المائى لملوىة بوءءة، والمعء الؤطنى للبعء الزراعى بوءءة...

اعئماء الملاءظة المىءانىة والصور الفضائىة عالىة الءقة لضبء وئشءىص مظاهىر ئءءور

لئشءىص وضبء ئنوزىع المءالى لمظاهىر ئءءور فى إطار ءرىظة أشكال التعرىة بحوضى ائلاغ والعباء، ئم الاعئماء على الصور الفضائىة العالىة الءقة، والصور الفئوئرافىة للئوئىق، والملاءظة المىءانىة، وءلك بالزىارات المئكرة للمىءان. وئم ئمئىل مظاهىر ئءءور بناء على الأشكال المورفولؤجىة (ءءوش، وءءاء السىلان الغشائى، وأساعل، وئعرىة ءفىة...).

اسئءءام الصور الجوىة والمربئاء الفضائىة لئئبع ئءور مظاهىر ئءءور

لئءءىء الئغىراء الئى عرفئها آلىاء ئئشكىل ءلال العقوء الأءىرة، ئم ئوظىف الصور الجوىة لسنة 1987، والمربئاء الفضائىة لسنواء 1986 و2001 و2018 بمؤشراء ئركبىىة لئءور ئربىة.

ئوظىف ئقنىاء الاسئئعار عن بعء لءراسة الئءولات المءالىة (مظاهىر التعرىة، والغطاء النبائى،

والئنوسع الزراعى)

لهءا الغرض، ئم ئوظىف ئقنىاء الاسئئعار عن بعء لئشءىص مءالى وءراسة كرونولؤجىة، نظرا لما ىئوفر من اءئلاف المسئئعراء، وبالنالى مرئىاء فضائىة مءئلفة الءصائص (الئمىىز، الإشعاع، الزمن، الراءىومىئرى) ومءانىة، مما ىفىء فى ءراسة ئءور مظاهىر التعرىة فى الزمان والمءال من مءموعة من المؤشراء وئئطبىق اسئقرار هءة الأوساط، ئم ءراسة الغطاء النبائى وئئبعه سنوىا (2000-2020)، وكءلك اسئئباط اسئعمالات الأراضى بمعالءة وئصنىف هءة المرئىاء.

ئوظىف نظم المءلومااء الجءرافىة فى ءراسة الءىنامىة البىئىة

ئسمح نظم المءلومااء الجءرافىة بالئمئىل والئءلىل المءالى لعدد من المعطىاء والمؤشراء، وئوضء ئنوزىع المءالى لهءة المظاهىر كما ئساعد على فهم العوامل المئءكمة فى عدد منها، من ءلال ئركبىء الءرائط، وإىءاء الاربئاطاء، ومقاربئها إءصائىا بعءل ئءلىل أكثر ءقة لهءة الاربئاطاء باعئماء أسالىب وئرق إءصائىة، ئم المسانءة فى إنئاء عدد من الءرائط الموضوعائىة والئألفىة، ئساعد فى فهم وئءلىل مءئلف مظاهىر ئءءور المرئبئة بالئعرىة المائىة والءىنامىة البىئىة.

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 م² الذي يعمل على محاكاة التساقطات المطرية الطبيعية، وذلك من خلال عنف مطري متحكم فيه ومدة زمنية محددة. وهو لا يحل إطلاقاً مكان الأمطار الطبيعية، ولكن مفيد في دراسة السلوك الهيدرولوجي لعدة أنماط استغلال، وإنتاج معطيات مهمة، يمكن من خلال مقاربتها إعطاء فكرة واستخلاص الفرق بين التربة في معامل الجريان ونسبة الإزالة السطحية، وبالتالي خلاصات تفيد في توجيه أنماط الاستغلال، وتحديد التي يجب اتباعها لتقليل خطورة التدهور البيئي. كما تم الاعتماد على جهاز قياس النفاذية لإبراز اختلاف معدلات التسرب بين المشارات التجريبية تبعاً لأنماط الاستغلال.

دور المقاربة الإحصائية في فهم العلاقات بين مظاهر التدهور البيئي والتحويلات 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 التوقيع العالمي (GPS)، لمسح أشكال التخديد وتحديد النقط المرجعية للإسناد الجغرافي، والطائرة المسيرة (Drone) لاستنباط النموذج الرقمي للارتفاعات وصور جوية بدقة عالية، والمساح 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 جيومورفولوجية 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 تؤكدتها. تم العمل على ملء استمارات مع الساكنة المحلية للمنطقة تضمنت عددا من الأسئلة الموجهة، التي من خلالها سيتم تحديد بعض من هذه التغيرات التي شهدتها 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، وتقاوم 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 التربة. 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 بالنقل الممطر، وأدوات المسح الطبوغرافي، والاعتماد على التقييم الكمي والنوعي بالنمذجة، من خلال المعادلة العامة لتكميم التربة المعدلة (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 الكرتوغرافي، 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 و Erdas و SNAP لمعالجة المرئيات الفضائية وتجميعها وتقطيع مجال الدراسة، ثم تصنيفها واستخلاص النتائج منها، وبرمجية Clark Labs TerrSet (قديمًا Idrisi) لدراسة الارتباط بين المعطيات الشبكية، وبرمجية eCognition و PCI Geomatica اللتان تتميزان بقوتها في تحليل الصورة على أساس الكائن (OBIA)²، حيث تعتمد على التجزئ ثم التصنيف.

_ **المسح الطبوغرافي:** تم اعتماد برمجية Autocad بحزمة Covadis لمعالجة معطيات GPS، ورسم المقاطع الجيومورفولوجية، ثم برمجية Leica Cyclone لمعالجة مخرجات المسح الثلاثي الأبعاد، إضافة إلى برمجية CloudCompare للتحكم في السحابة النقطية، وبرمجية Agisoft PhotoScan، و PIX4Dmapper، 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 وتطويرها، 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 الاستثمارات ومعالجة نتائجها نظرا لليونتها وسهولة استخدامها، وتكملها برمجية Excel لاستخلاص الأشكال المبيانية.

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

قاعدة المعطيات المستعملة

دراسة التعرية المائية والدينامية الحالية في حوضي وادي اتلاغ و وادي 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 وحدة 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 Earth⁴ للفترة مابين 2006-2021 لتتبع تطور التحديد، 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 MODIS⁷ بهدف دراسة وتتبع تراجع الغطاء النباتي.

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

الاعتماد على معطيات التساقطات لعدد من المحطات (سد الغراس، وتاوريرت، وجرسيف، والعين الكبيرة)، خلال فترات زمنية معينة، مأخوذة من مصلحة المديرية الجهوية للفلاحة، ومصلحة 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.

الدراسات السابقة

شكل ممر وحدة 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 والتمدهور 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 du bassin de Moulouya". 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 النيوتكتوني 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 التطبيق 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 تاويرت وجدة.
- بحث الدراسات العليا (غزال، 1996)، تحت عنوان "تعدد أنشطة الأسر القروية والتحويلات الاجتماعية بممر تاويرت وجدة وسهل تريفية (الشمال الشرقي للمغرب)". وتناول فيه التحويلات المجالية بالمنطقة.
- أطروحة (Zizi, 1996)، تحت عنوان "Triassic-Jurassic extensional systems and their Neogene reactivation in northern Morocco (the Rides préifaines 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". تناول فيها موضوع التعرية المائية بمقدمة جبال الريف.
- أطروحة (غزال، 2007)، بعنوان "الموارد المائية بشمال المغرب الشرقي: التدبير، الاستغلال والإكراهات" 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"

Taourirt – El Aïoun et ses bordures (Maroc Oriental) تناول تدهور الموارد الطبيعية بممر العيون – تاويرت.

- دراسة (ORMVAM, 2011) بعنوان " Etude d'Aménagement d'un Nouveau Périmètre " d'Irrigation d'Environ 1000 ha dans la Plaine de Tafrata سهل تقراطة الذي تناول بدوره دراسة التربة وجودتها.

- أطروحة عثمانى (2015) بعنوان " الدينامية الحالية للسطح ومظاهر التدهور بسهل تقراطة وهوامشه، نموذج (حوض بني ريس) التي تناولت مظاهر التعرية بكعدة دبدو وسهل تقراطة 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 تاويرت".

- بحث ماستر (مواديلي، 2017)، تحت عنوان "أساليب وأشكال التعرية المائية بحوض واد العابد (منطقة تاويرت)".

- مقال اسباعي وآخرون (2018) بعنوان "أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاويرت) من خلال نموذج المعادلة العامة لانجراف التربة".

- مقال مواديلي وآخرون (2018)، تحت عنوان "إشكالية تدهور الغطاء النباتي، وتحديات التنمية بممر تاويرت - وجدة".

- مقال مواديلي وآخرون (2019) بعنوان "خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية والاستغلال البشري؛ حالة حوض واد العابد".

- مقال مواديلي وآخرون (2019) بعنوان "تقييم خطر التعرية المائية باستعمال المقلد المطري RAMP: دراسة للسلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالة ممر تاويرت - 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 تقراطة.

- مقال مواديلي واسباعي (2020)، تحت عنوان "أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاويرت)".

- 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 والتحويلات 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 تربة 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 لدينامية

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 حوض اتلاغ والعابد، ثم أنماط الاستغلال التي تنتشر بالمجال ومحاولة تشخيص التطورات التي عرفت هذه الأنماط، ثم تأثيرها على الدينامية الحالية، ومعرفة مدى تحكمها في التدهور ومدى تسريع آلياته.

القسم الأول: مظاهر وأشكال التعرية الحالية وسرعة تصورها

تتجلى مظاهر وأشكال التعرية الحالية بحوض اتلاغ والعباد 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 الرئيسية لمحاولة تحديد مدى خطورتها مجاليا قصد الإسهام في تنمية هذه المناطق، وذلك باهتمام المعنيين والفاعلين 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 مستترة وخفية من حيث مظاهرها، وتكمن خطورتها في إفقار التربة وتعرضها للغسل دون أن يخلف ذلك أشكالا تلفت الانتباه كالتحديد.

في هذا القسم، سنتم المساهمة، قدر الإمكان، في معرفة نظم الدينامية الحالية بهذه الأوساط الهشة والعبوبة، وذلك بجرد مظاهر التدهور الحالية ومعرفة حداثتها من خلال أشكال التعرية وتوزيعها مجاليا وارتباطها بعوامل تنشيطها، وهل هي حديثة أم مورثة؟ وهل التعرية الحالية تتطور بشكل طبيعي أو تأثرت بالتدخلات والتحويلات 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 نجوح وتقويض الضفاف وأشكال أخرى مرتبطة بالحركات الكتلية. وفي الفصل الثاني، تمت دراسة تطويرية لهذه الأشكال من خلال تتبع مظاهر تدهور التربة، باعتماد مؤشرات دراسة التربة بالمرئيات الفضائية، من خلال مؤشر تركيب لسنوات 1986 و2001 و2018، ثم دراسة تطويرية 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 تطبيق استقرار الأوساط لإبراز المظاهر الخفية والباهتة، ومعرفة إذا ما كانت مظاهر وحدة التعرية الحالية مرتبطة بظرفية خاصة، تنشطها أنماط حديثة لاستعمال التربة، بفعل التحويلات التي يعرفها المجال، أو أنها تتطور بشكل عادي طبيعي، وجب تحديد العوامل المسؤولة بدراسة 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 التطويرية 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 والعباد، 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 أشكالاً 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. اعتماداً 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 السطح 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

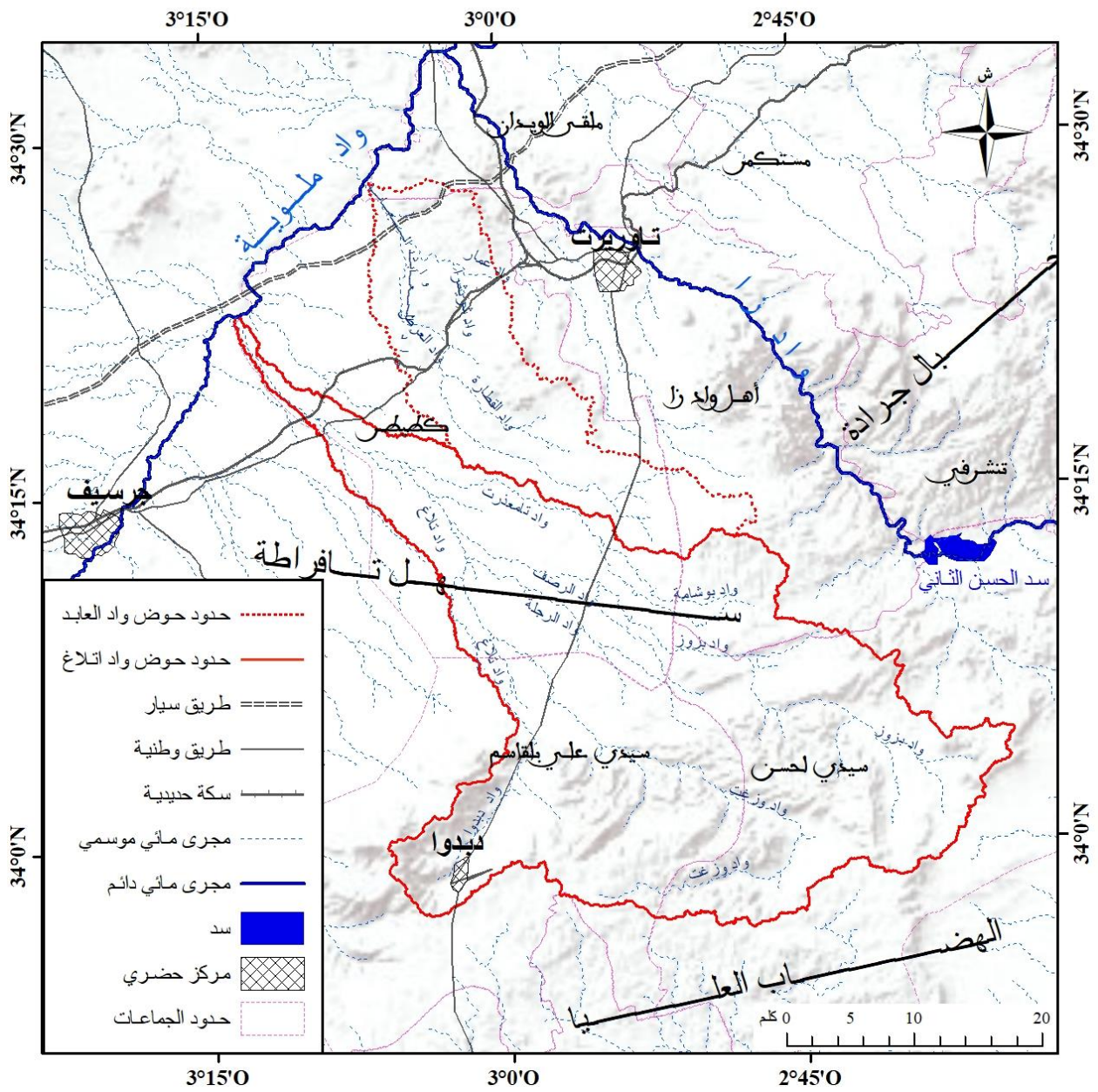
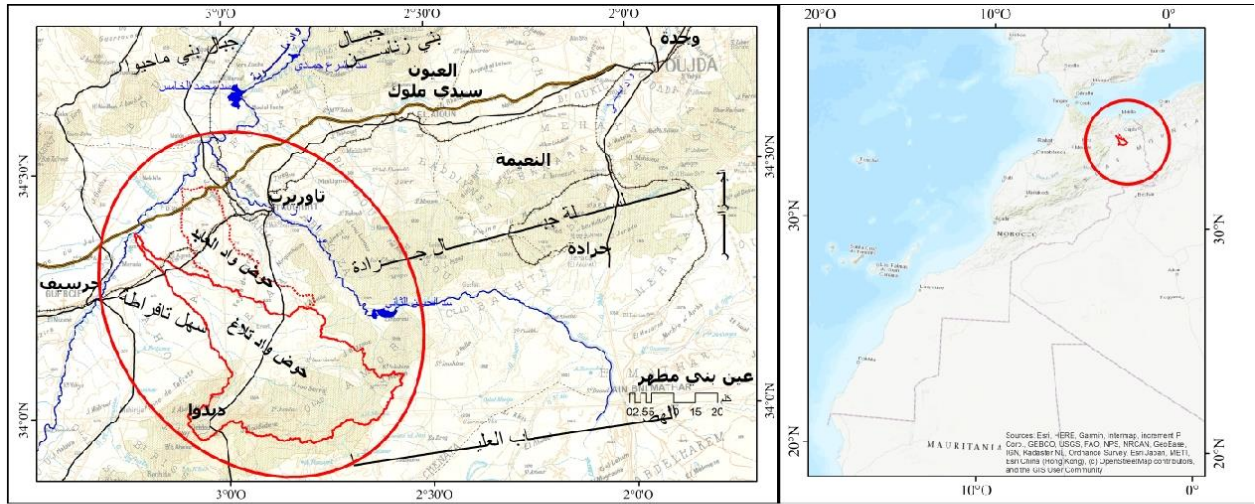
يقع حوض واد العابد وواد اتلاغ في الشمال الشرقي من المغرب وفي الجنوب الغربي لمدينة تاوريرت، الجزء الغربي لممر جرسيف - وجدة، ويشملان جزءا مهما من سهل تفرطة خاصة حوض واد العابد (الشكل رقم 1)، ثم جزءا من السفوح الشمالية لكتلة دبدو (وادي دبدو الذي هو نفسه وادي اتلاغ في العالية)، وأجزاء من بداية الهضاب العليا 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 بويحي المحور الممتد من حاسب بركان في اتجاه الغرب شمالا، وسلسلة 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 تفرطة، 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 للتربة لما يتميز به الحوضان من انتشار أشكالها ومظاهرها القوية، زيادة عن كونهما يعرفان تحولات مجالية سريعة، حيث يضمن أنشطة فلاحية تتمثل في الزراعة وتربية الماشية.

تشمل مساحة حوض واد العابد 309 كلم² 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 كلم². (Sbai et al. 2021).

أما حوض واد اتلاغ، فتقدر مساحته ب 1095 كلم²، 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 و1690م. 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.

التربة المائية والعينامية البيئية في حوض وادي اتلاغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



الشكل رقم 1: مجال الدراسة لحوضي اتلاغ والعابد

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

يتميز حوض 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 تفرطة 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 تفرطة 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 ووصولاً إلى سيدي علي بنسماحة شرقا. وهذه واجهة الهضاب العليا الشمالية حيث تنتهي بإفريزات سميقة، عبر خط منعرج شديد الانحدار يشرف على سهل تفرطة وبعض الأحواض الصغيرة كحوض واد دبدو غربا وحوض وزغت في الوسط ثم حوض بزوز في الشرق، حيث الانبساطات بهذه الأحواض تعتبر جزءا من سهل تفرطة، كما أن واجهة هذه الهضبة تمتد تدريجيا نحو تلال متقطعة وخطية متفرقة، وتظهر السفوح والأعراف الجبلية الفاصلة بينها وبين سهل تفرطة. 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 تفرطة حيث يتميز بطابعه المنبسط، وتخرقه شبكة هيدروغرافية، تتحد 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 وأحواضا 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 التراب المعدنية غير المتطورة التي تتركز فوق الطبقات الجيولوجية المتهدلة أو فوق القمم الجبلية، وتنقسم إلى ترات حجرية مثل الكلس والحث، وترات 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 ترات الرباعي القديم والأوسط ببطون الأودية والمنخفضات.

تنقسم ترات الممر بصفة عامة إلى نوعين (غزال، 2007): مساحات مغطاة بقشرة كلسية سمكية وصلبة مرتبطة بأشكال وتكوينات الرباعي القديم والأوسط، ومساحات ذات مكونات دقيقة غير مكسوة بالكلس تنتمي إلى الرباعي الحديث. بشكل عام، ترات حوضي اتلاغ والعابد فقيرة من حيث المواد العضوية، بسبب قساوة الظروف المناخية وخاصة التردد الكبير للجفاف، الذي يجعل ترات 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 بيومناخين مختلفين. الأول عبارة عن تشكيلات سهوبية بالمنخفضات السهلية وأقدام الجبال (سهل تفرطة)، 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 بلفاسم). 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 وتتذبذب 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 ب مساحة 6 كلم²، أي 2% من مساحة الحوض فقط، ثم جماعتي لقطيطير (ب90%)، وأهل واد زا (ب8%) . وينتمي حوض واد اتلاغ إلى جزء آخر من هاتين الجماعتين (لقطيطير ب 27% وأهل واد زا ب 6% من مساحة الحوض)، أي ثلث المساحة، بالإضافة إلى جماعة سيدي علي بلقاسم ب 33%، وسيدي لحسن ب 34%، أي بثلاثي مساحة الحوض المتبقية، ثم مركز حضري (دبدو). وهذه الجماعات الترابية كلها تابعة لعمالة إقليم تاويرت.

تتوزع ساكنة حوضي اتلاغ والعابد على 27 دواراً، وهي مقسمة من العالية تبعاً للموارد الطبيعية من غطاء نباتي ومراع، وأغلبها دواوير متجمعة، ثم بالوسط بسهل تافرطة تعتمد الزراعة البورية وبعضها مسقي، وهي أغلبها دواوير مشتتة، ثم نقل في سافلة المجال نظراً 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 تناقصاً بسبب تقادم 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 السلافي. كما يركز النشاط الاقتصادي لساكنة الحوضين على الزراعة وتربية الماشية.

تمتد أغلب الأراضي المسقية على ضفاف واد زا وواد ملوية، وبعض المناطق من سهل تفرطة خاصة ضفاف واد اتلاغ وقرب حامة سيدي شافي، تستغل هذه الأراضي بالخصوص في زراعة الحبوب والقطاني وبعض الخضر، إضافة إلى الكلاً والأعلاف للمواشي. ونجد على ضفاف واد زا وواد ملوية الأشجار المثمرة لا سيما الزيتون واللوز والشمش؛ خاصة في سهل تفرطة. 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 مآهو إلا انعكاس وإخراج أخير للمراحل والميكانيزمات التي أدت إلى تحول المجال، بالخصوص سهل تفرطة. وهذه التحولات تساهم في الإجابة عن الإشكالات 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 وأثر على تدهور الموارد الطبيعية،

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

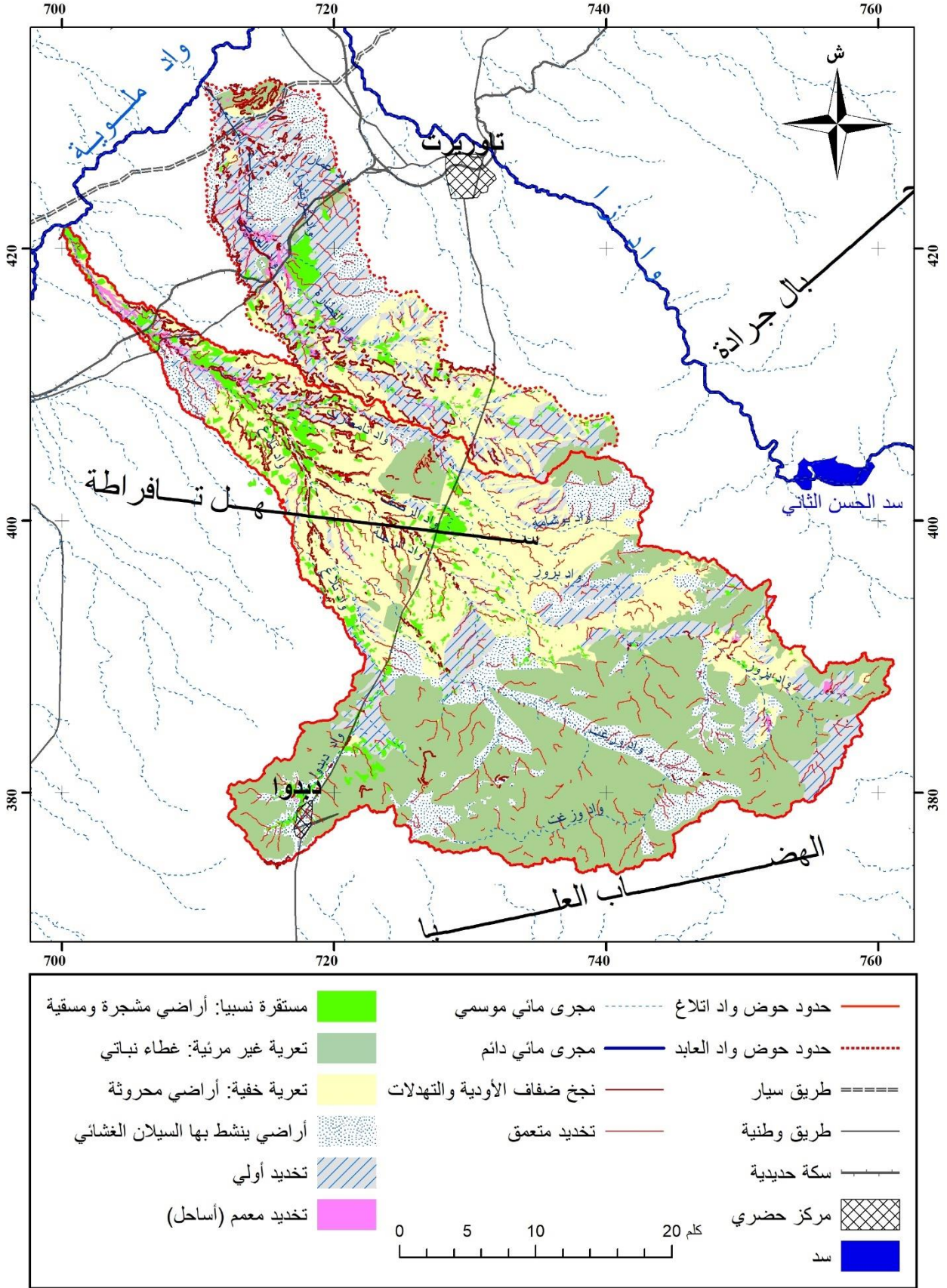
2_ تباين التوزيع المجالي لأشكال التعرية بحوضي العابد واتلاغ

تحدث التعرية بتداخل وتفاعل عدة عوامل، أهمها التساقطات المطرية، وطبيعة الصخر، والعناصر الأخرى، 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 أخرى 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 والمعينة، 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 الطاعي على هذه السفوح الضيقة.

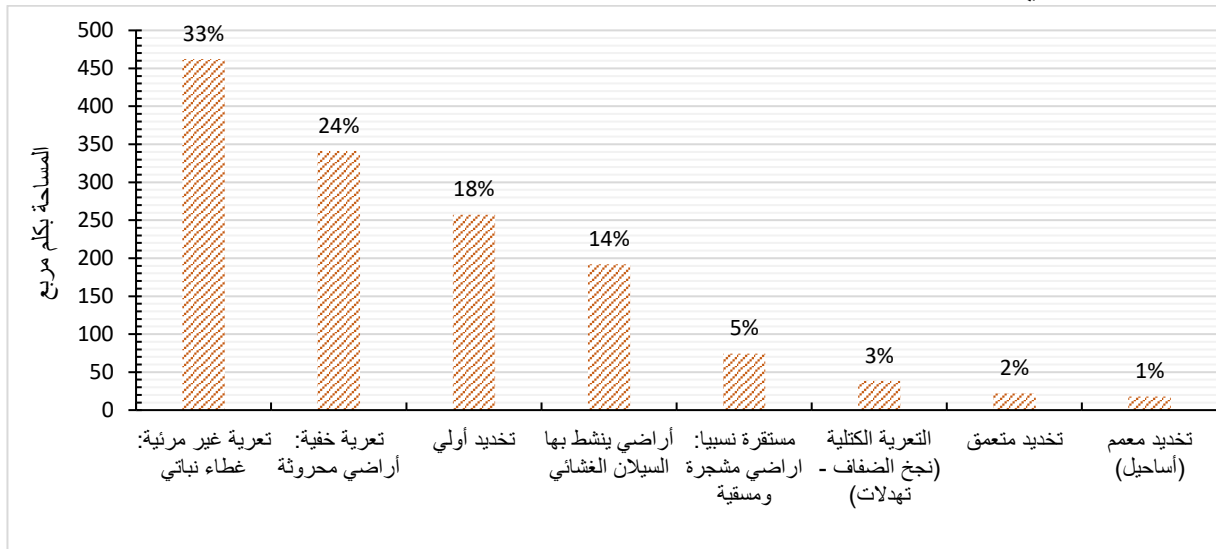


الشكل رقم 2: التوزيع المجالي لأشكال التعرية الحالية بحوضي العابد واتلاغ.

المصدر: صور فضائية لـ Google 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 التعرية بالمجال (الشكل رقم 2)، وتم تحديدها في الأراضي التي ينشط بها السيالان 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 تركيز السيالان أي التخديد الأولي، ثم أراض تعرف تخديدا متعمقا؛ في أغلب حالاته يتجاوز التكوينات السطحية ليصل إلى الأساس الصخري (أبهور، 2009)، وبدوره ينقسم إلى خدات نشيطة وأخرى 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 مترتبة 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).

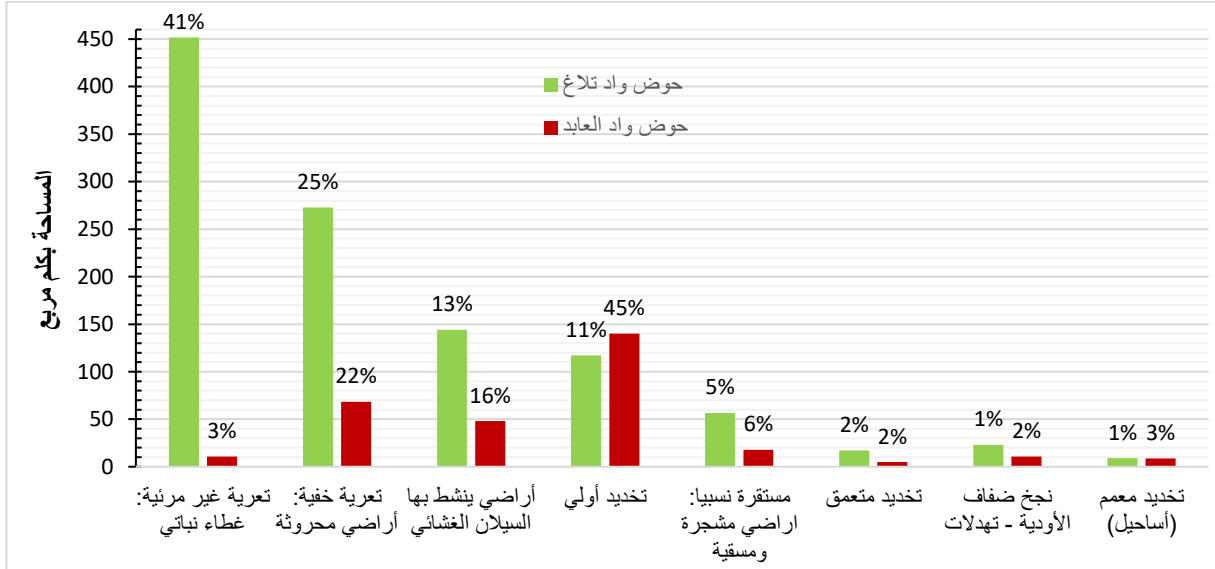


الشكل رقم 3: مساحة أشكال التعرية بمجال الدراسة.

يعرف الامتداد المجالي للتعرية الضعيفة ثلث مجموع مساحة الحوضين بـ 462 كلم²، 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 السيالان الغشائي تغطي 14% من المساحة

والتي تقدر بـ 192 كلم²، 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- السيلاان الغشائي أو المنتشر (التعرية الغشائية)

يظهر السيلاان المنتشر عندما تفوق كمية المياه المتساقطة قدرة الترب على النفاذية، ويظهر على شكل خيوط مائية ضعيفة ومتشابكة فيما بينها (Biro, 1981). كما ينتج على فائض الماء الذي يتجمع على سطح التربة (Hjulstrom, 1935)، ويظهر السيلاان 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 السيلاان يظهر عندما تنتشع مسامات التربة، وينطلق فوق السطح 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 السيلاان بتكوين القشرة المطرية التي تعمل على إغلاق مسام التربة وبالتالي التعجيل بظهوره. يتطور السيلاان 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 المشككة 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 تافرطة، 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.

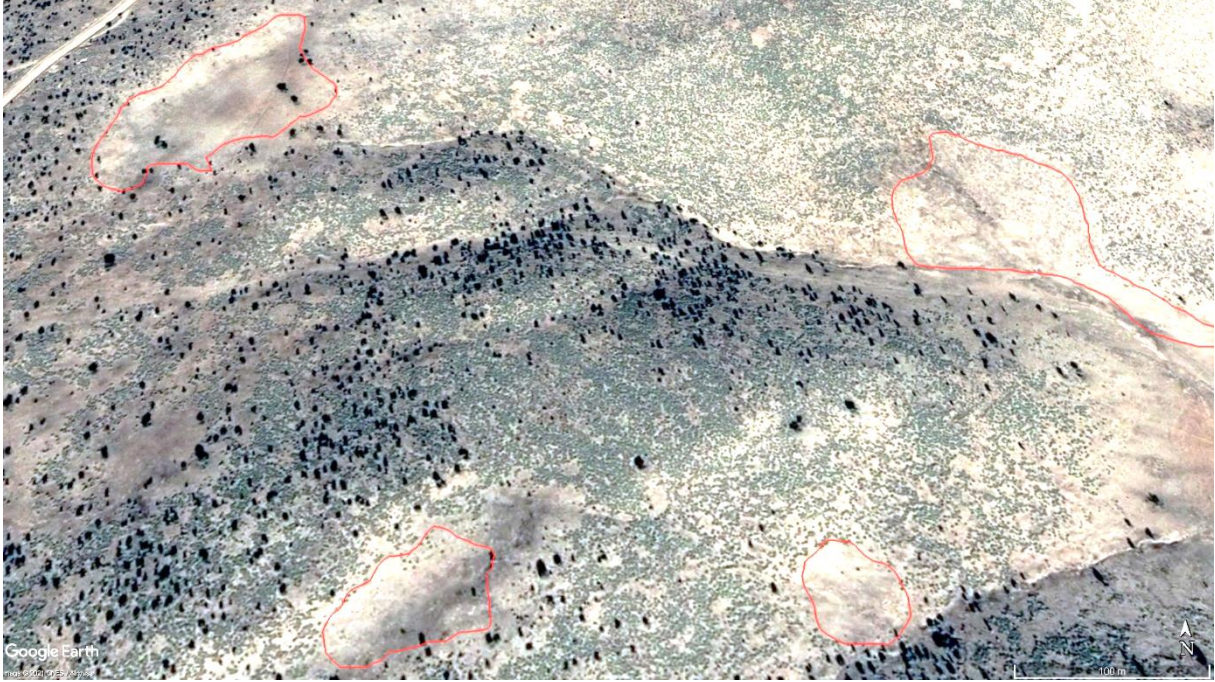
حدوث السيلان الغشائي مرتبط بتكون القشرات المطرية (الصورة رقم 2) نتيجة لمفعول ضربات قطرات المطر، والتي تعمل على غلق مسام التربة وتسريع انطلاق السيلان الغشائي (Valentin et al, 1981)، ويزداد السيلان كلما كانت القطرات كبيرة والحادث المطري قصيرا زمنيا، وكمية التساقطات كبيرة على شكل زخات (الكتيف، 2018).



الصورة رقم 2: حالة لمظهر القشرة المطرية التي ينشط بها السيلاان 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 السيلاان وبالتالي انطلاق التعرية المائية (Annabi, 2005)، مع العلم أن انطلاق السيلاان لا يقع مكان تشكل القشرة المطرية، وإنما في مكان آخر من خلال مساهمة هذه القشرة في التراكم التدريجي للماء في ضايات وبرك. انتشار هذه القشرة يعبر عن تدهور الأراضي بهذه المجالات، وذلك من خلال تراجع الغطاء النباتي الطبيعي الذي يشكل الحاجز الواقى. يمتد وينشط السيلاان 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 السيلاان الغشائي، سفوح العالية بالجنوب الشرقي لحوض اتلاغ.

المصدر: Google earth 2020

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



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

المصدر: عمل ميداني، 21 نونبر 2018.

يمتد السيلاان الغشائي مجاليا في سافلة حوض العابد على تلال شبكة الركنة، والزرغة، 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 تفرطة وهوامشه، ثم شرق حوض اتلاغ على سفوح جبل عبيدة (الشكل رقم 2). ويمثل هذا المظهر 192 كلم²، من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة، أي 14% منها (الشكل رقم 3)، و144 كلم² من مساحة حوض اتلاغ بنسبة 13%، ثم 48 كلم² 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 أشكالاً 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، وعنق 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 أكدته مجموعة من الباحثين، نذكر منهم رحو (1999)، وشاكر (1998)، وفالح (2004)، ووحيد (2004)، وأبهور (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 المتحكم في هذه الدينامية كالنفاذية والتسرب والعنف المطري... (الكتيف، 2018).

عندما تتجاوز سرعة السيلان السطحي 25 سنتمتر في الثانية، يبدأ السيلان في التركيز حسب (Hjulstrom, 1935)، كما أن تركيز السيلان يبقى رهينا بالقوة التي تكتسبها المياه بفعل السيلان، لتتجاوز قدرة الترب على مقاومته، ثم تتركز على شكل مسایل 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 (أبهور، 2009).

يمكن تصنيف هذا المظهر حسب الجدول رقم 1 إلى ثلاث فئات، وهي الخدوش، وهي أقل من 5 سنتم، والأثلام ما بين 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)

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

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



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

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.

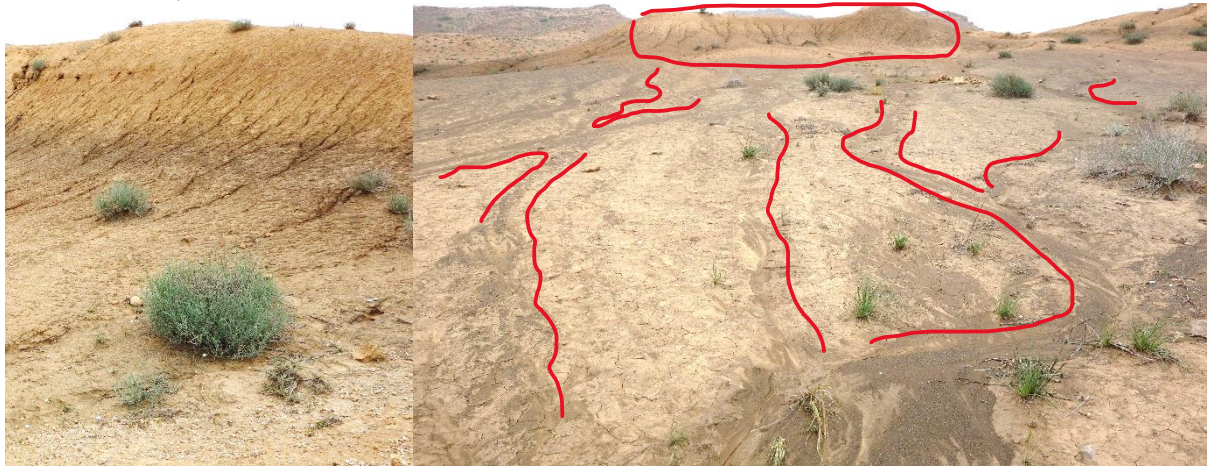
ترتفع قدرة السيالان على الحفر بسبب عنف التساقطات فوق مجالات عارية وشبه عارية من التغطية النباتية، وتربة متصلبة بسبب الجفاف ثم تواجد قشرات مطرية التي تغلق مسامية التربة، مما يؤدي إلى ضعف النفاذية.

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)، وأخرى تظهر بالمنخفضات القريبة من الأراضي المحروثة والمحاذية للأودية (الصورة رقم 7).



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

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.



الصورة رقم 7: اختلاف الخدوش والخوامش بصفاف الأودية.

المصدر: عمل ميداني، 6 يونيو 2021.

ينتشر التخديد الأولي (الشكل رقم 2) بعالية حوض اتلاغ بأقصى الجنوب الشرقي للحوض؛ بالأراضي المنبسطة القريبة من صفاف الأودية، وبالجزء الجنوبي لسهل تقراطة بداية سفوح دبدو، ثم سافلة الحوض بالأراضي 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 كلم² (الشكل رقم 3). وتتباين هذه المساحة بين الحوضين حيث أنها تشكل 45% من مساحة حوض العابد، أكثر من 140 كلم²، و11% من مساحة حوض اتلاغ، أي ما يزيد عن 110 كلم². تظهر هذه الخدوش في بعض السفوح عند منتصفها ثم تتطور إلى خدات عند السافلة، وأخرى تعرف نشاطا بسافلة هذه السفوح خاصة بالمنخفضات التي تعرف نوعا من الانبساط على صفاف الأودية، والتي تعرف نشاطا للخدوش بعاليها التي ترتبط بالسطوح الهضبية.

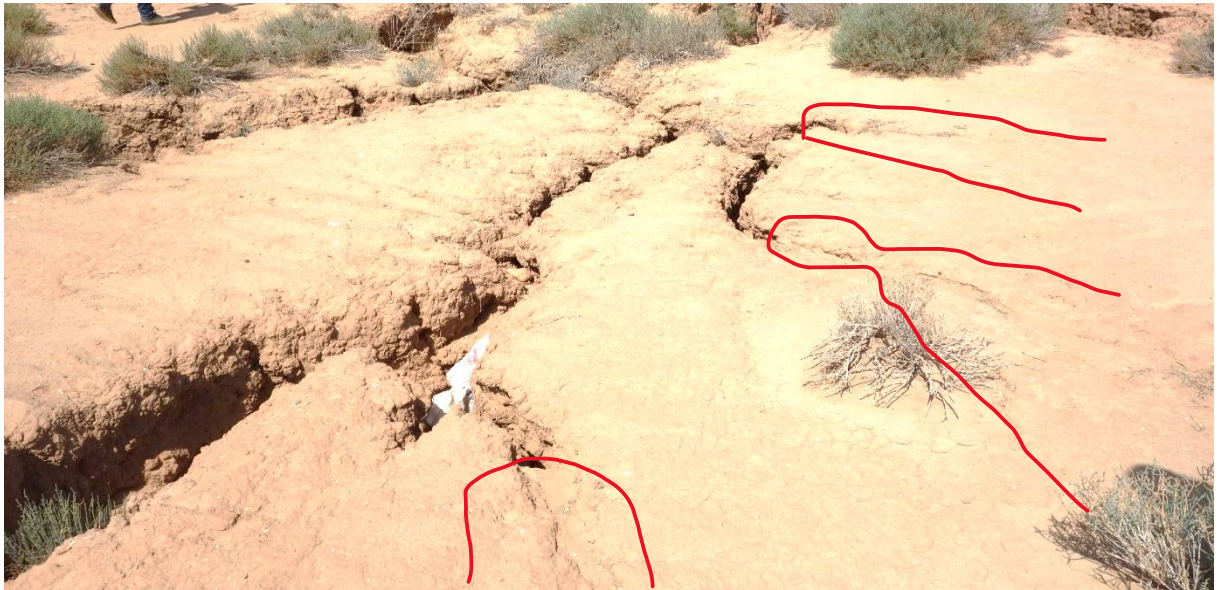
تؤدي الأشكال الأولية عند تجاوز عتبة معينة إلى تشكل خدات تنشط انطلاقا من السافلة، ويصعب مسح ومحو الخدات بواسطة التقنيات الزراعية العادية (Roose, 2010).

2_4: التعرية بالتخديد

من بين أهم المظاهر التي تهدد تربات المنطقة بالزوال والافتلاع 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 (أبهور، 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 موروثه عن دينامية قديمة أو نباتية.

1_2_4: الخدات النشيطة

تعرف الخدات النشيطة دينامية متواصلة من حيث تعمقها الرأسي والجانبية، كما أنها ذات حواف حادة. وقد ميز Roose (1994) بين ثلاثة أشكال رئيسية 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 تراجمي؛ 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 السمكية والتوضعات الرباعية، خاصة الطموية، بسبب تجمع مياه السيلاان 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 السيلاان 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 تفرطة محدثا تطورا رأسيا وجانبيا بشكل تدريجي أثناء الزخات العنيفة خلال نهاية فصل الصيف وبداية فصل الخريف.

1_2_4: 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 تهئية 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 شنتبر 2019.

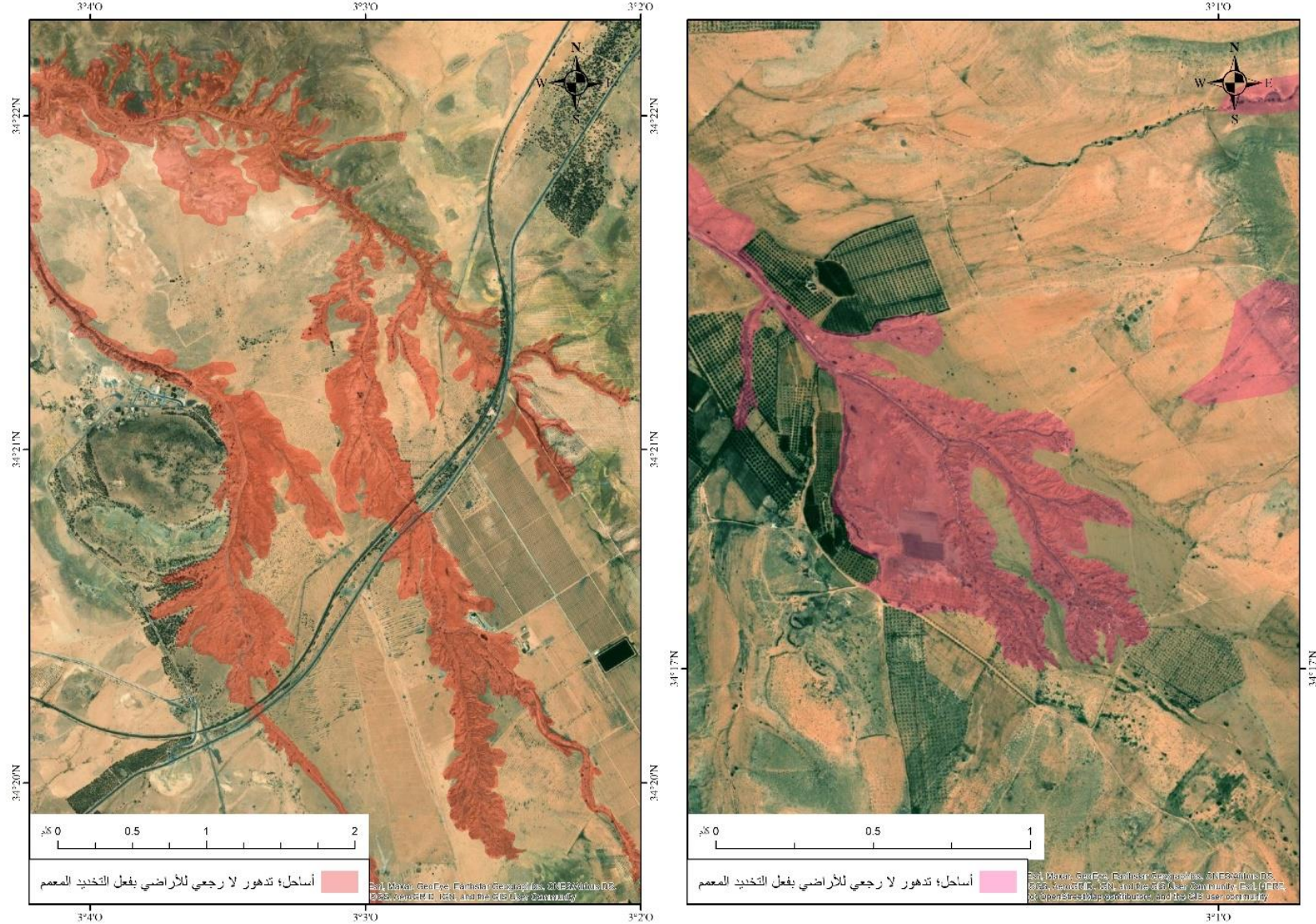
الخدات الموروثة مستقرة نسبياً، تعمل على تصريف المياه المطرية، ويصل عمقها إلى عدة سنتمترات، وتعرف أشكالاً من التعرية على ضفافها، بواسطة المرور المتكرر للمواشي، مما يؤدي إلى تطور هذه الأشكال التي تتجلى في انسياب التربة تجاه الشعاب والمجاري المائية، كما تنتشر خدات مستقرة بفعل الغطاء الغابوي في العالية، ثم يضاف 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)، نظراً لتواجد غطاء نباتي بهذه المنطقة عكس الخدات النشيطة التي تنتشر على سهل تفرطة وسافلة الحوضين نظراً 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 كلم² من حوض واد العابد، و 17 كلم² من حوض واد اتلاغ بنسبة 2% من مساحة كل من الحوضين (الشكل رقم 4)، وتنقسم إلى 40% منها ما هو متسقر، والباقي نشيط.

3_4: التخديد المععم (الأساحل)

الأساحل هي نتيجة كثافة وتركز التدهور اللارجعي للأراضي. ينتشر بالمجال المدروس فوق التكوينات الطموية الهشة بسهل تفرطة 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 زمنياً. رغم أن هذه الأساحل لا تنتشر بكثرة بالمجال إلا أن خطورة التدهور تكمن في كمية اقتلاع وبتربة التي تصل أحياناً إلى عشرات المرات، بل مئات المرات مضاعفة مع المناطق الأخرى المجاورة لها، لأنها تنشط الانهيارات أيضاً. وهذا ما سيتم تأكيده في القسم الثاني، في الفصل السادس الخاص بالقياسات الدقيقة المباشرة في الميدان.

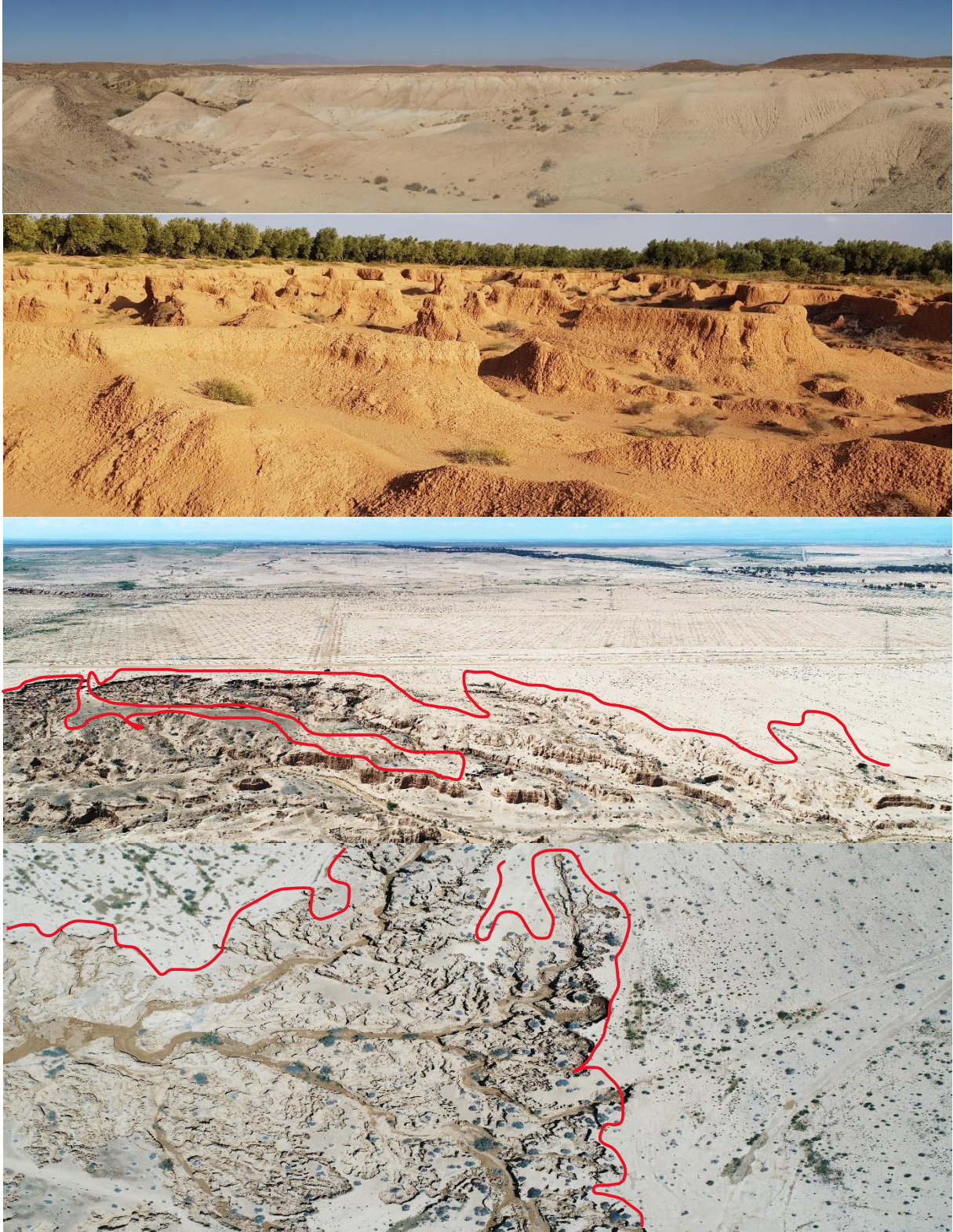
التعرية المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اطلاغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



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

المصدر: خلفية صور فضائية لـ ESRI سنة 2020.

ينتشر التخديد المعمم أو التعرية التراجعية بالمجال المدروس على امتداد 17 كلم² فقط، أي 1.25% من إجمالي المساحة، إلا أنها تشكل 3.36% من أشكال التعرية الأخرى (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، و 17 أبريل و 6 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 كلم²، ونفس المساحة على حوض واد اتلانغ 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 ستم معالجته في القسم الثاني؛ في الفصل المتعلق بالتتابع الدقيق لهذه الدينامية لبعض الأساحل.

5_ تقويض ونجوخ الضفاف وأساليب وأشكال أخرى 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 توحد السدود في السافلة، وبالتالي لهذا المظهر آثار كبيرة على المنشآت البشرية أكثر من الأشكال الأخرى (أبهور، 2009).

يعرف مجال الدراسة انهيارات مهمة، حيث أن 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 التوحد 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 أخرى مرتبطة بالحركات الكتلية، وتتنوع 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: انهيار أجزاء صخرية من العالية نحو الأسفل بتل لزرق، قرب حامة لقطيتر. 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 تقراطة 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 كلم²، حيث تتوزع هذه المساحة على حوض واد اتلاغ بـ 27 كلم²، و11 كلم² بحوض واد العابد.

خلاصة

يتضح من خلال جرد مظاهر وأشكال التعرية المائية المختلفة، المنتشرة بحوضي العابد واتلاغم، 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، وضياح الأراضي بشكل عام وصعوبة استغلالها، والتعرية الغشائية يزداد تأثيرها السلبي في عملية الإزالة النوعية والكمية للعناصر الدقيقة والمواد العضوية بكل التربة المستغلة فلاحيا بالحوضين (مواديلي وآخرون، 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 صعوبة استغلال الأرض، وبالتالي التخلي عنها (مواديلي وآخرون، 2019_أ).

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 حافضة على خصوصيتها في بيئتها الأصلية الخاصة، التي تتميز بالأراضي 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 متداخلة فوق نفس السطح (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 تصورية لمظاهر تدهور الأراضي وتنسيق 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 توحد السدود في السافلة. وتدهور الأراضي في العالية.

في هذا الفصل، ستنم دراسة تطور هذه الأشكال من حيث الحدة والسرعة أو الوتيرة، ثم تحديد مدى استقرارها ونشاطها؛ لذلك ستنم 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 السافلة أو هو نتاج لتحولات وتغيرات عرفها المجال مؤخرًا. 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 التربة العارية (Nguyen et al. 2021). تتعدد وتتوسع 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 الأخرى، 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 أساسا رئيسيا 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 الأراضي الأخرى 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 للحرق والعملية التي تسبق الحرق 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، ك معالجة المرئيات وتصنيفها وإحصائها (eCognition ; ENVI ; SNAP)، ثم للإحصاء برمجية SPSS و STATISTICA 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 أطراف 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 الأرض 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)

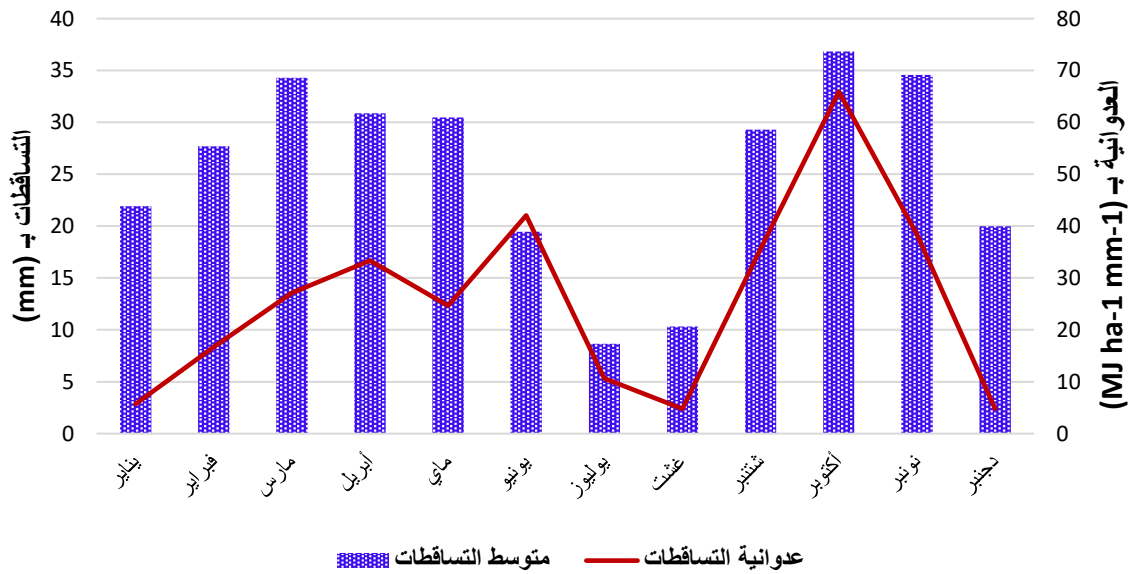
المؤشر	القاعدة	المرجع
مؤشر التربة العارية المعدل Modified Bare Soil Index	$MBI = \frac{SWIR1 - SWIR2 - NIR}{SWIR1 + SWIR2 + NIR} + f$	Nguyen et al. 2021
مؤشر التربة المكشوفة Bare soil index	$BSI = \frac{(SWIR2+R)-(NIR+B)}{(SWIR2+R)+(NIR+B)}$	Diek et al. 2017
مؤشر التربة الجافة Dry bare-soil index	$DBSI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

B = الحزام الأزرق، G = الحزام الأخضر، R = الحزام الأحمر، NIR = قناة الأشعة تحت الحمراء القريبة، SWIR1 و SWIR2 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 مطرياً، 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 أطلنطي شبه متوسطي، وتوصلا إلى كون عنف شهر شنتبر 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 تاويريت 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 تاويريت (مايين سنة 1971 و2014)

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

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 الأخرى 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 تتحصر 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 شتبر 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 المتوسط 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 تركيبى 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 تركيز القيم بالنسبة لهذه المؤشرات فقط في 10% عند المحور (المتوسط) ما إذا اعتبرنا أن قيمها تتراوح بين 1 و-1. 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 الأخرى لسنوات الدراسة. وهذه الأعداد، تم ضبطها

على الشكل التالى: عئبة الوصول إلى الحد الأقصى لعدد التكرارات 5%، عدد التكرارات القصوى 5 مرات. وبالتالى اسئخراج مؤشر تركيبى يلخص كل المؤشرات السابقة.

د: ائبار المؤشر التركبى مع خرىطة أشكال التعرىة

لقد تم اسئخراج مؤشر تركيبى من المؤشرات السابقة، وئقىئفه إلى ثمان فئاء بنفس عدد أشكال التعرىة بالمجال، بغىة البئء فى العلاءة بئئهما؛ ولهذا الغرض، تم طرء التساؤل التالى: هل هناك ارئباط بئئ فئاء أشكال التعرىة، وفئاء ئصئف المؤشر التركبى للئربة؟ وبالنظر إلى طبىعة المئغبرىن (نوعىن)، تم اللجوء إلى ائبار Test Khi-carré.

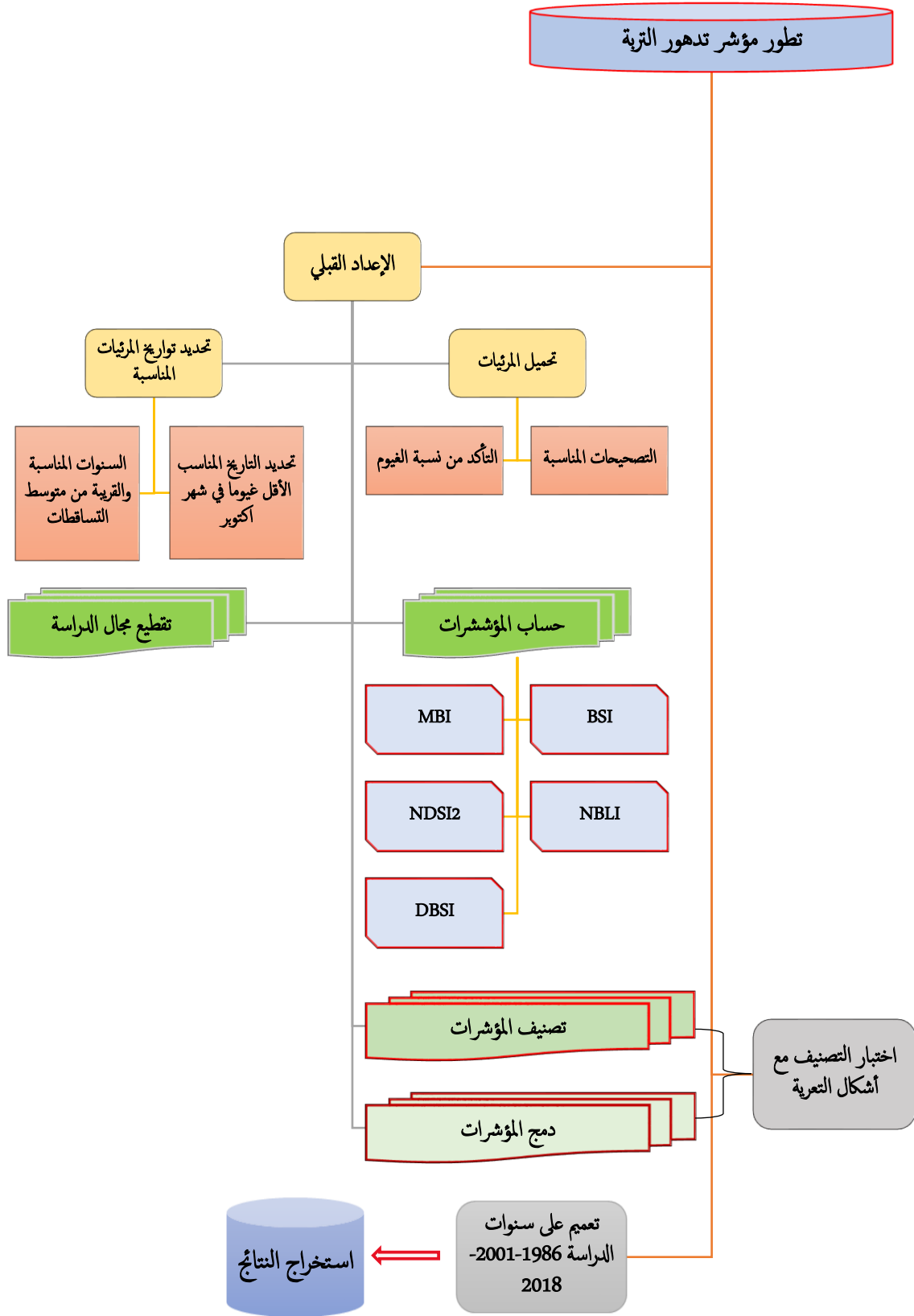
فرضىاء هذا الائبار:

- الفرضىة الصفرىة (H0): لا ءوءء أى علاقاء بئئ المئغبرىن.
- الفرضىة البءىلة (H1): ءوءء علاقاء بئئ المئغبرىن.

فى ءالة ما إذا ءانء الئئىءة هى الفرضىة البءىلة، سىءم ءللل أكثر ءقة لهذا الارئباط بئئ أشكال التعرىة والمؤشر التركبى للأراضى، بالاعءماء على أسلوب الطرىقة الإءصائىة "الءللل المئناظر المئعدد" Analyse des Correspondances Multiples، الذى ىشار إلىه بالرمز (ACM). ونسبة ائئزال المرءبات لهذا الارئباط سوف ءءء ما إذا ءانء هناك علاقاء ئفسر فئاء المؤشر بأشكال التعرىة.

ه: الءراسة الئطورىة لئءهور الأراضى من ءلال المؤشر التركبى

بعء البئء فى الارئباط والعلاءة بئئ المؤشر التركبى وأشكال التعرىة والئأكد من صءة هذه العلاءة، تم ءساب المؤشرات واسئخراج المؤشرات التركبىة للسنواء المءءءة مسبقا للءراسة، وهى 1986-2001-2018، وذلك بغىة ءراسة ءطور هذه الفئاء على شكل مءموعات بئئها ارئباط ءبىر، واسئخراج الخرائط والمبىاناء ثم ءللل الئئاءء. الشكل رقم 7 يلخص المئهءة المئبءة.



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	تحديد متعمق
3	تعرية كتلية وتقويض الضفاف
4	أساحل؛ تحديد معمم
5	تحديد 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 "توعيين" وليس كمييين، 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
Khi-carré		144555.219
Df	درجة الحرية	126
	Sig.	,000*

من خلال جدول نتائج اختبار Khi-carré بالنظر إلى أن هامش الخطأ المحدد مسبقاً 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.

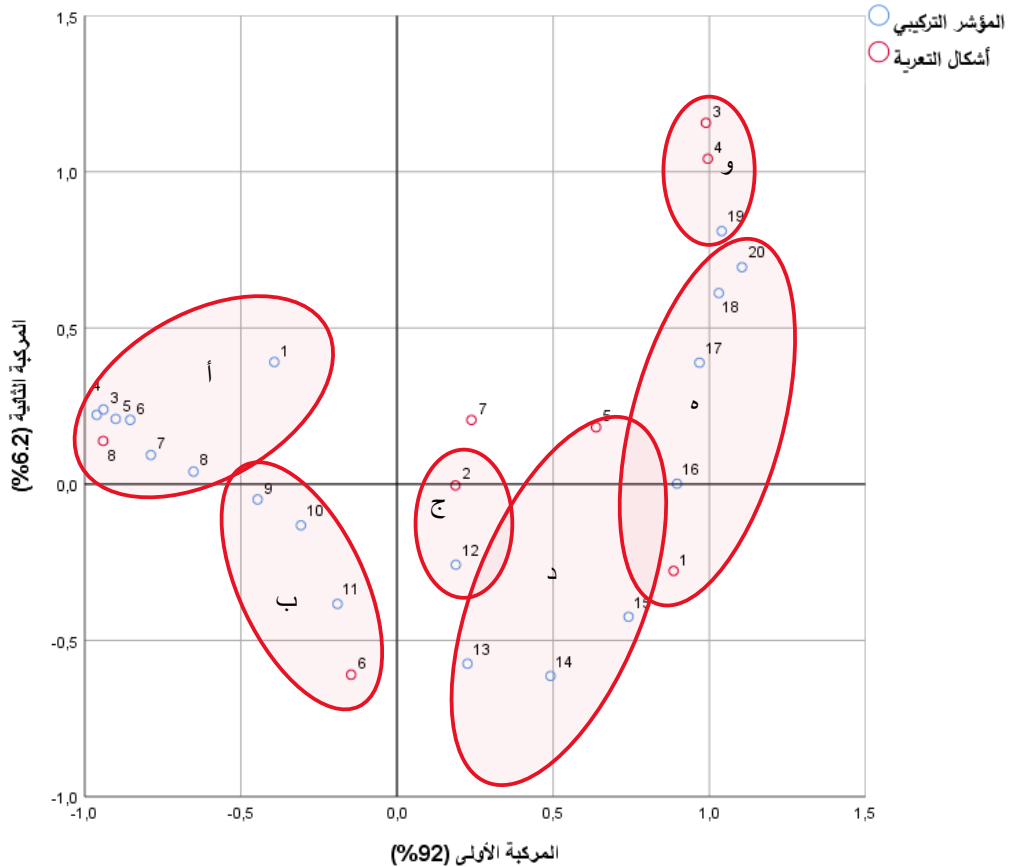
الجدول رقم 7: نتائج التحليل Analyse des Correspondances Multiples لأشكال التعرية وتصنيف 2018

Dimension	Valeur singulière	Inertie	Khi-deux	Sig.	Proportion d'inertie		Valeur singulière de confiance	
					Représentation	Cumulé	Ecart type	Corrélation ²
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

يتبين 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)، تتدرج 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 مرثية سنة 2018، وذلك لأن خريطة التعرية الحالية أنجزت على فترات متعددة ابتداء من سنة 2018 ومرثيات 2020، ثم أحيانا مرثيات 2018 لـ Google Earth.

بعد التوصل إلى هذه النتائج، تم تطبيق نفس الإعدادات للتصنيف غير الموجه والفئات (لسنة 2018)، كما تم ذكره سابقا على السنوات الأخرى (1986 و2001)، بالاعتماد على نفس الطريقة الإحصائية Analyse des Correspondances Multiples، لدراسة 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 مروراً بسنة 2001، وهذا ما يترجمه الجدول رقم 9، لنسبة الارتباط بين هذه المتغيرات.

الجدول رقم 9: نسبة ارتباط المتغيرات فيما بينها

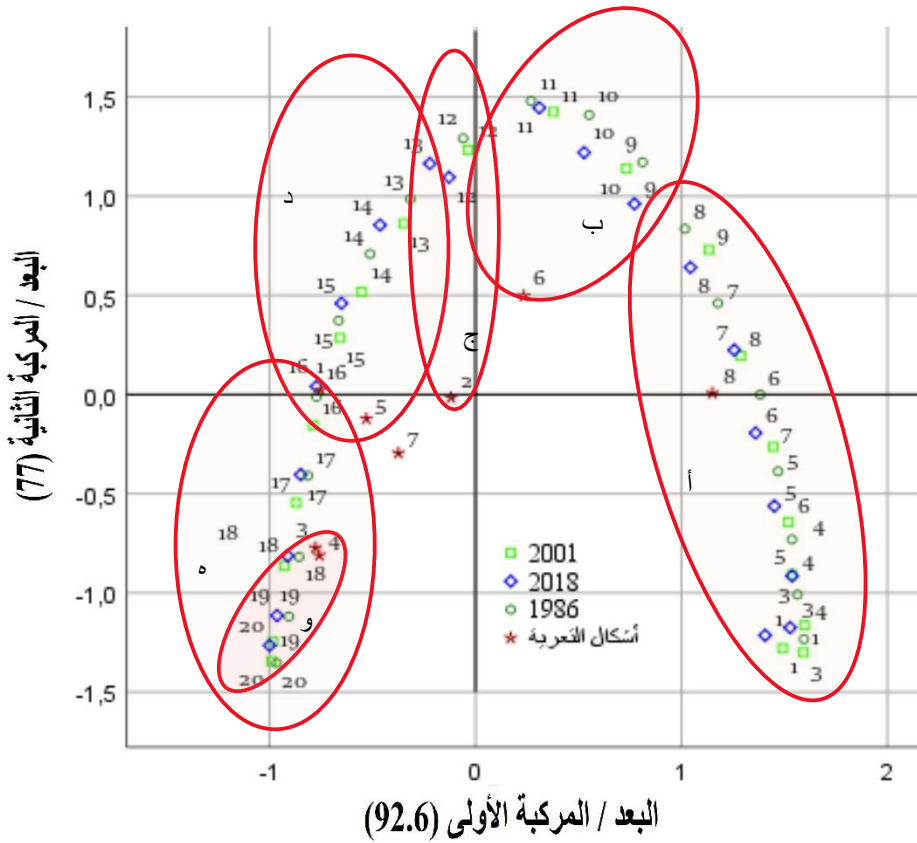
Variables transformées des corrélations				
Dimension: 1				
	1986	2001	2018	أشكال التعرية
1986	1,000	0,905	0,867	0,620
2001		1,000	0,893	0,596
2018			1,000	0,586
أشكال التعرية				1,000
Dimension	1	2	3	
Valeur propre ^b	2,777	0,134	0,089	
a. Variable supplémentaire.				
b. Valeurs propres de la matrice 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 ببيانها وبوضوح أكبر عن هذه العلاقات في إطار مجموعات.



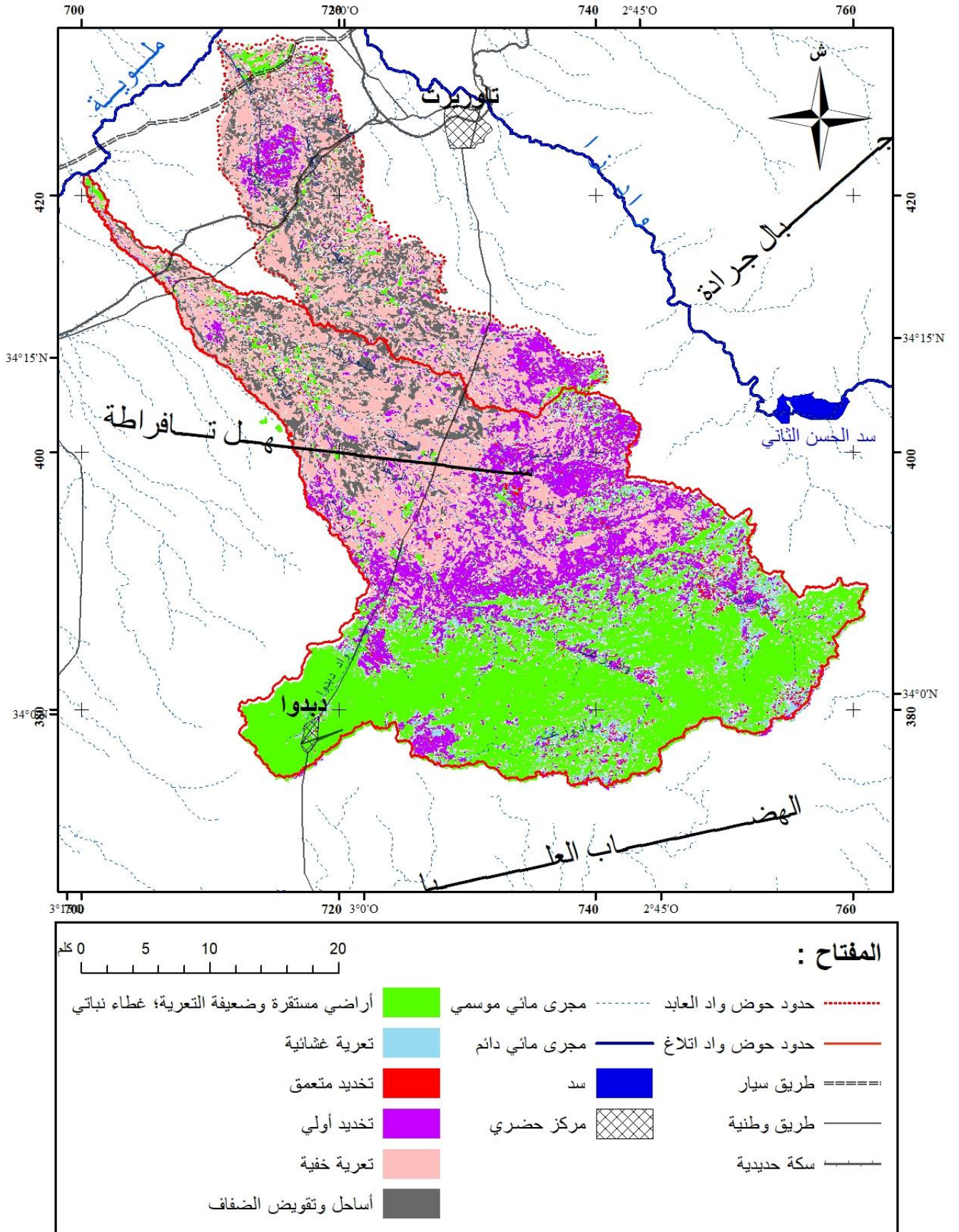
الشكل رقم 9: العلاقة بين متغير "المؤشر التركيبي لتدهور التربة" لسنوات 1986 و2001 و2018، ثم مجموعات تبين العلاقة بين أصناف هذه المتغيرات ومتغير "أشكال التعرية".

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

3_1: دراسة تطويرية لتدهور التربة من خلال المؤشر التركيبي لسنوات 1986 و2001

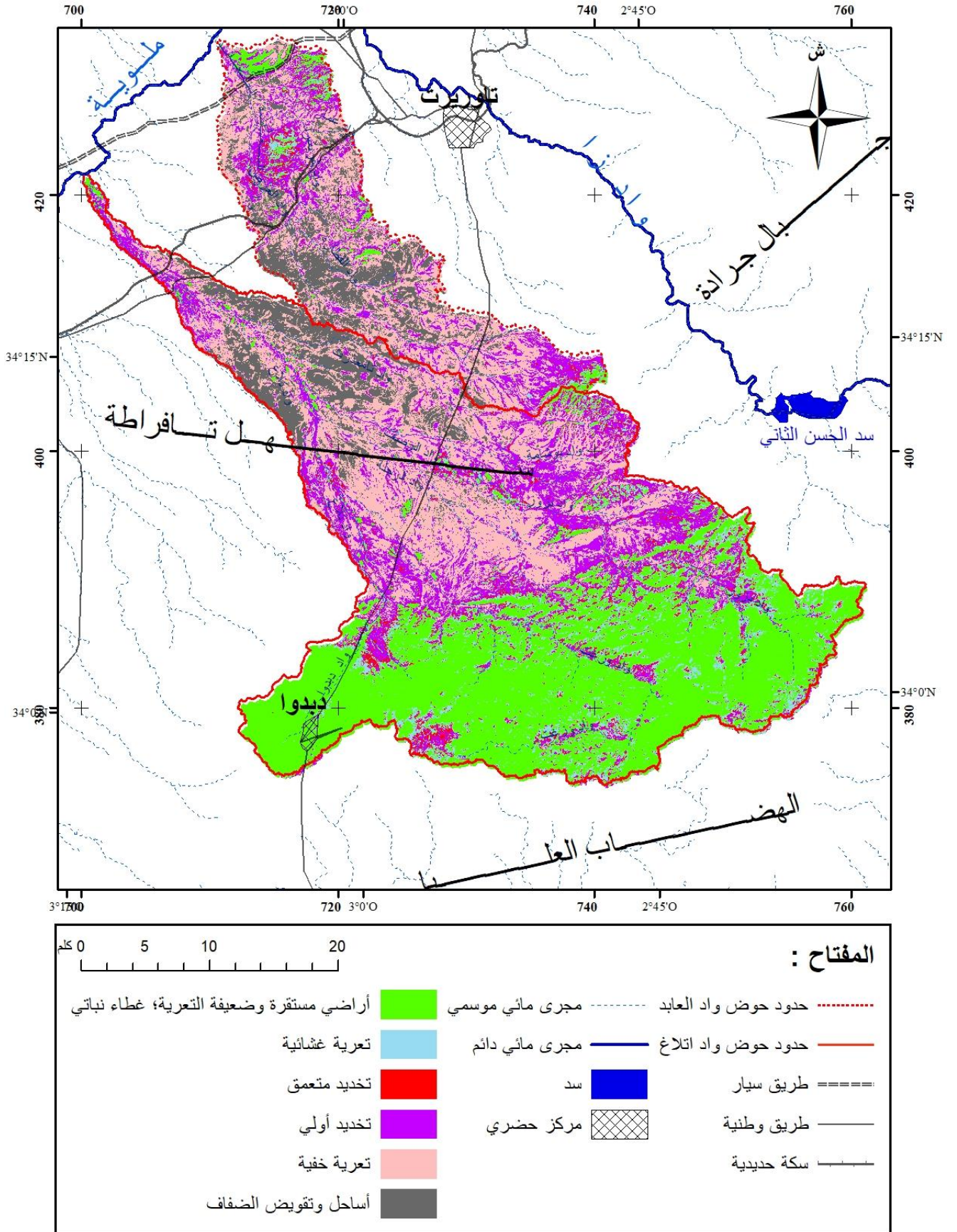
و2018.

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.

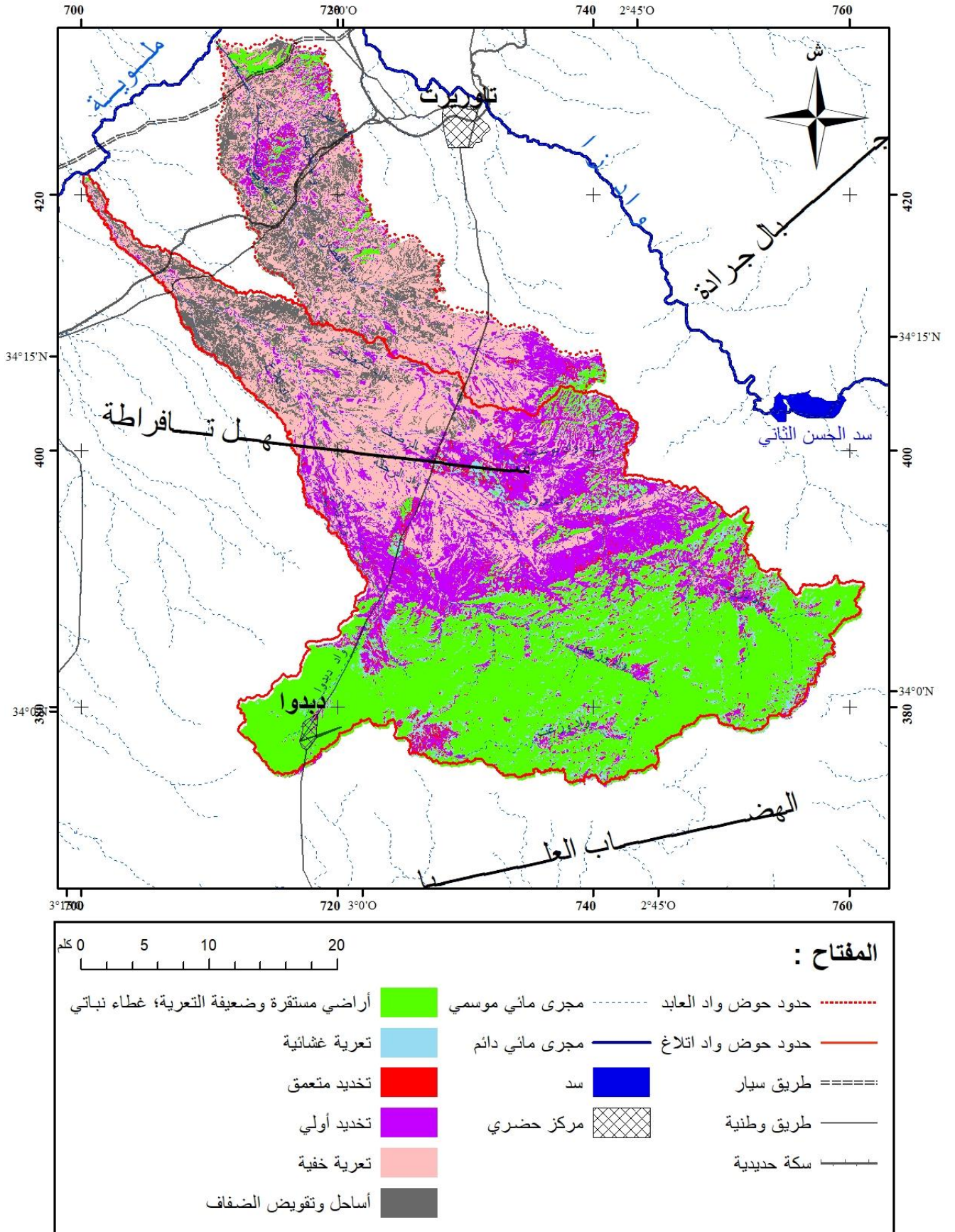


الشكل رقم 10: تمثيل المجموعات المشتركة بين أشكال التعرية وتصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 5 أكتوبر

2018



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

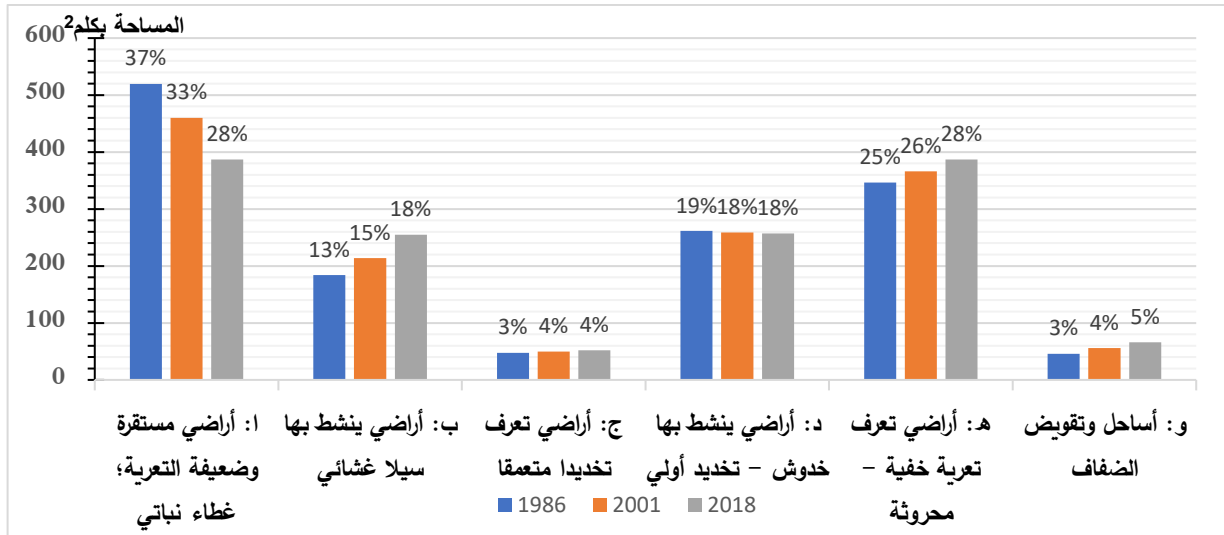


الشكل رقم 12: أشكال التعرية من خلال تصنيف المؤشر التركيبي لتدهور الأراضي، 29 أكتوبر 1986.

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

كما يعرف كذلك سهل تفرطة تعرية خفية متمثلة في الأراضي المحروثة، وكذلك التخذيد الأولي الذي يعم أقدام الجبال والهوامش الجنوبية لسهل تفرطة، ثم توزيع التخذيد المعمم وتقويض ونجوخ ضفاف الأودية في سافلة حوضي اتلاغ والعابد، في الجزء الشمالي لسهل تفرطة، وباقي الأشكال الأخرى تتوزع بنسب متفاوتة بين الحوضين. وتم تعميم هذا على السنوات المختارة كما ذكرنا سابقا، (1986 و 2001) وذلك من خلال الشكل رقم 11 و 12.

يظهر من خلال الأشكال رقم 10 و 11 و 12 أن المجال يعرف دينامية تتمثل في تدهور الترب، وهذا ما نلمسه من خلال تطور هذه الأشكال التعرؤية وتطورها على حساب الأراضي التي تعرف استقراراً نسبياً، أو تعرية ضعيفة، وكذلك أكثر تعبيراً 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 و 2018.

يتضح من خلال الشكل رقم 13 أن هناك تراجعاً للأراضي المستقرة وذات التعرية الضعيفة بنسبة 9%، أكثر من 130 كلم²، 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 و 2018 انخفاضا بنسبة 5% من مجموع مساحة مجال الدراسة. تحولت هذه المساحة إلى أراض ينشط بها السيلان الغشائي، بنسبة 5%، 30 كلم² سنة 2001، و 41 كلم² سنة 2018، بالإضافة إلى الأشكال الأخرى كالأراضي التي تعرف تعرية خفية، الأراضي المحروثة بإنقالها من ربع مساحة المجال سنة 1986 إلى 28% سنة 2018، ثم فئات أخرى تعرف نوعا من الاستقرار أو الدينامية البطيئة غير الظاهرة في عقود قليلة، كالتخذيد المتعمق خاصة الخدات المستقرة. والأراضي التي تنشط بها

الخدوش بحيث يصعب تمييزها عن الحرث، ثم توزيعها المجالي بسهل تقراطة 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 الأخرى. وهذا ما سننظر 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 الأخرى 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.

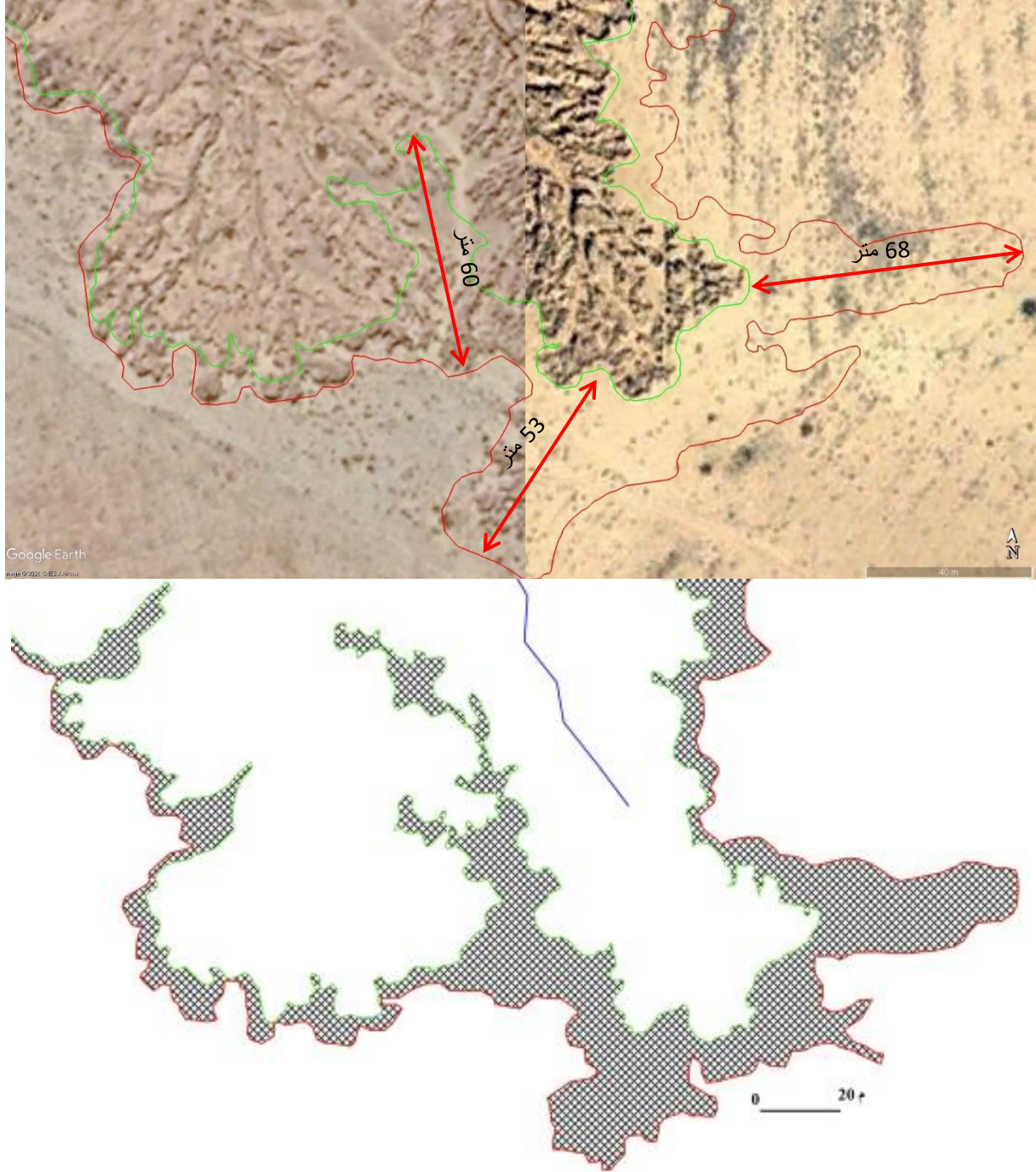
التحديد المعمم أو الأساحل بمنطقة الدراسة هو نتيجة للتعرية التراجعية أو الحت الرأسي، وهو بصفة عامة كل عملية إزالة تنطلق من السافلة نحو العالية. يتجه تطور الروافد نحو التعمق بهدف الالتحاق بمستوى القاعدة، كلما انخفض مستوى الوادي يبقى رافده معلقا ويتجه نحو التعمق للوصول إلى مستوى قاعدة الوادي. وبالتالي تعرية 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.

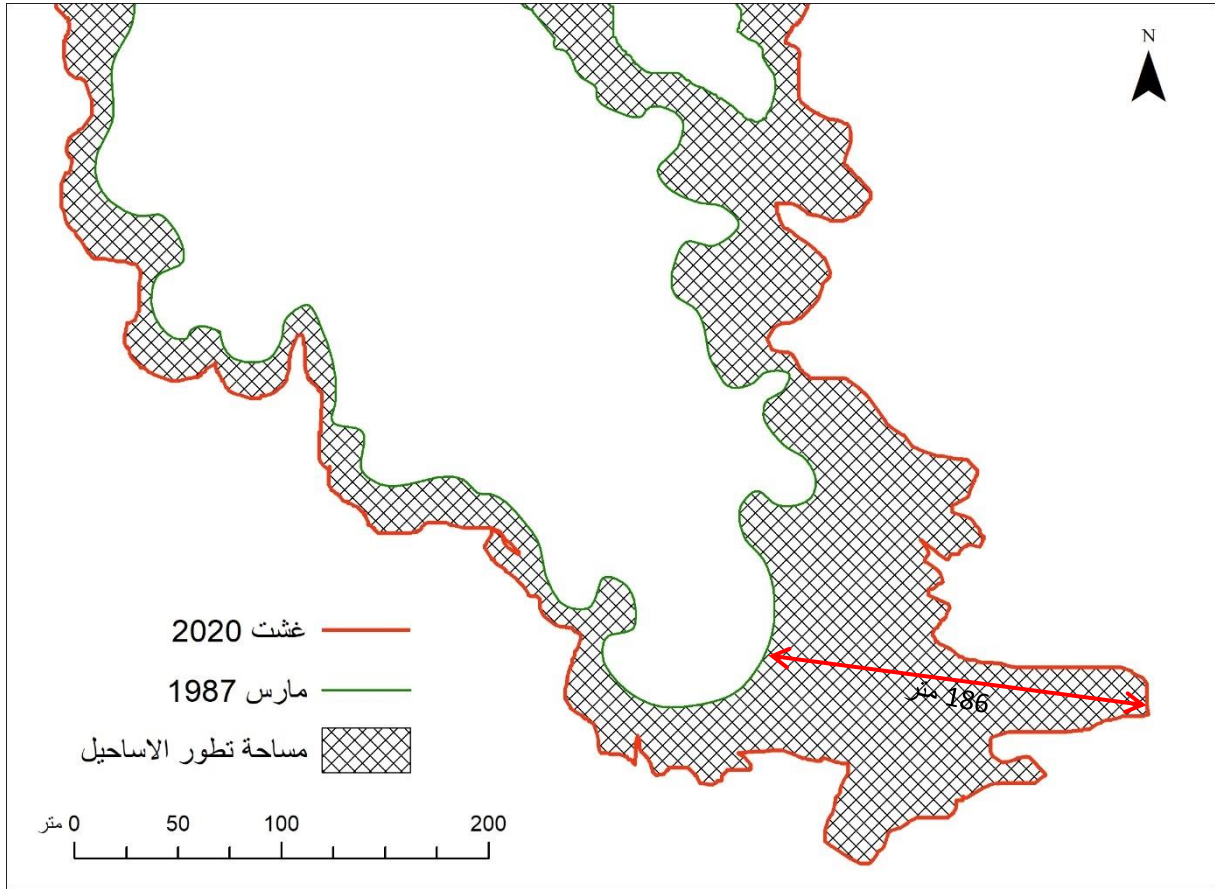
المصدر: عمل ميداني بتاريخ 6 يونيو 2021.

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).

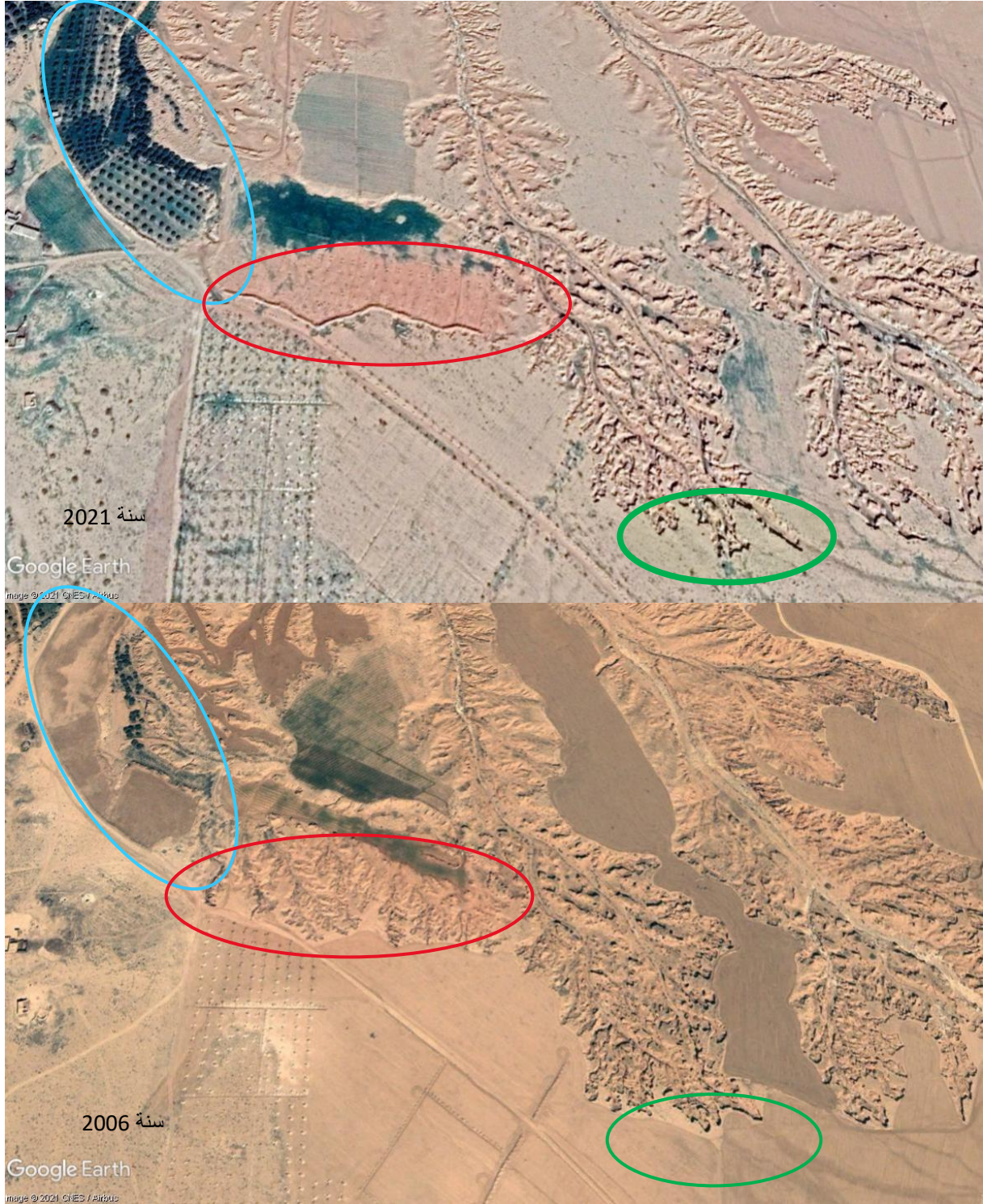


الشكل رقم 14: مرئيات فضائية تبين مدى تطور ظاهرة التسحل، شهر مارس 2006 بالأخضر ومارس 2021 بالأحمر المصدر: صور فضائية لـ Google Earth لشهر مارس سنة 2006 و2021. يبين الشكل رقم 14 مدى أهمية تطور هذا الشكل التعروي؛ وأهم مظاهر تدهور التربة وأخطرها، يتضح من خلال المرئيات الفضائية لـ Google Earth لفترتين متباينتين، 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 التخذيد 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 الموضوع 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 النقاط، وهذا ما يثير الانتباه لتعميق دراسة هذه الحالات. يظهر التخذيد 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 و 2021.

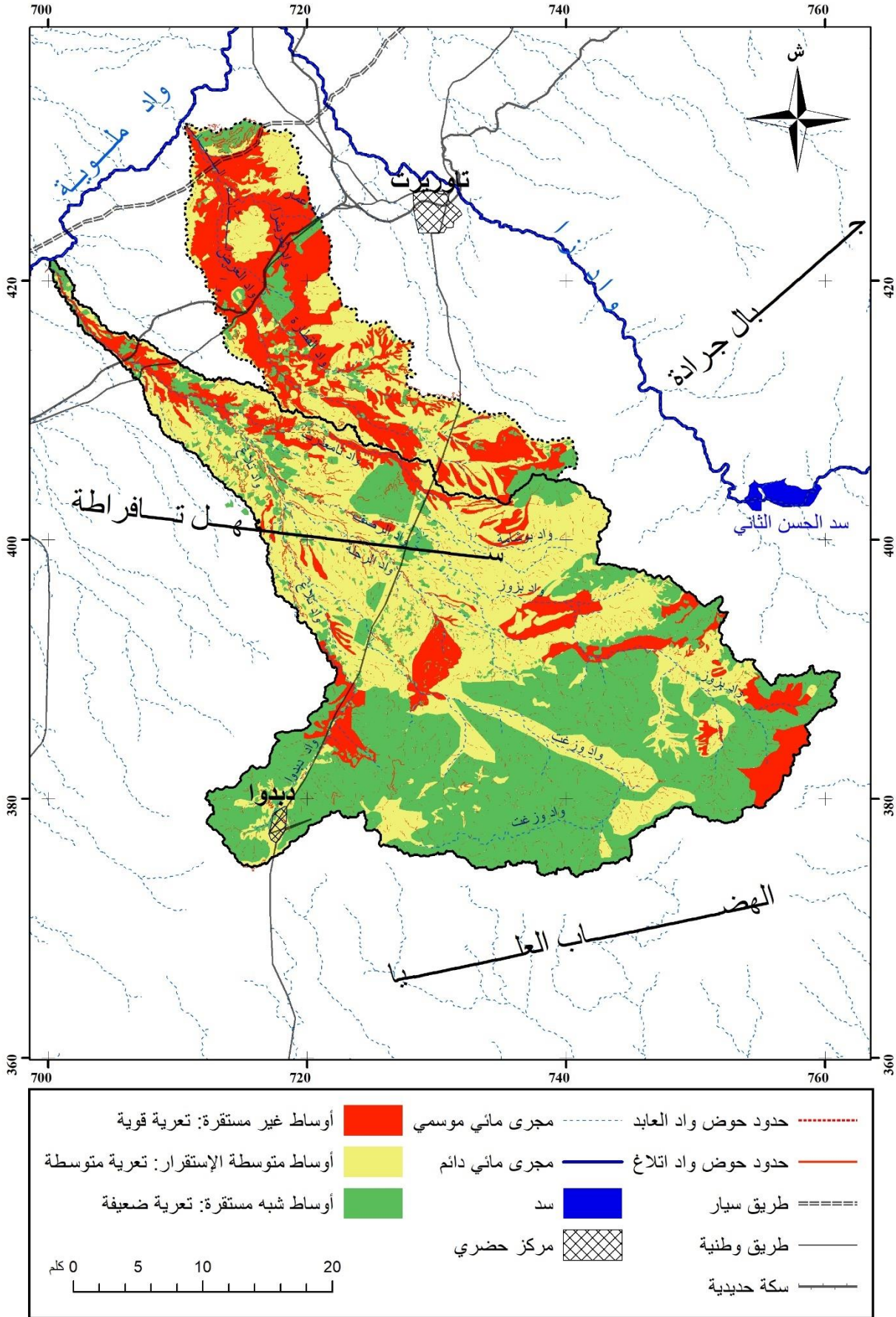
من خلال الملاحظة الميدانية، يتبين أن هناك فرقا كبيرا في تسارع ظاهرة التسحل⁹ حيث مناطق واد العابد وواد القطيتر وواد القطارة، وواد الشريشرة، ثم سهب الفيضة (وسط حوض العابد)، تتسارع بها هذه الدينامية؛ تقريبا 4 متر في السنة، عكس بعض النقط في حوض اتلاغ، كسهب الغزال قرب واد تمعدرت

⁹ تعرية تراجعية فوق صخور رخوة.

من روافد واد اتلاغ، التي تعرف استقرارا نسبيا حيث لا تتعدى بعض السنتمرات 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 سنتم) كالماسح الثلاثي الأبعاد للأعمال الطبوغرافية، Scanner 3D ودقته أقل من سم، والطائرة المسيرة Drone UAV لاستخراج النموذج الرقمي للارتفاعات نقل دقته على 5 سم، ثم محطة جهاز التوقيع العالمي GPS Leica 1200، بطريقة نسق التصحيح اللحظي التي يقل فيها هامش الخطأ عن 5 سنتم، 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 تنطبق 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 أخرى باستقرار نسبي وأقل مساهمة في نشاط التعرية. تم تحديد وتجزئ 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 التحديد المتعمق، والتعرية الكتلية ثم تقويض الضفاف، وكذلك التحديد المعمم ثم التحديد 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 التعرية، وتقدر مساحة هذه الأوساط به حوالي 156 كلم². من أصل 305 كلم²، مساحة المجال المدروس، أي 14% من مساحة حوض اتلاغ، حوالي 149 كلم². وتعم جميع مناطق حوض العابد تقريبا، وسافلة حوض اتلاغ تبعا للمنخفضات وضايف الأودية.

ب: الأوساط متوسطة الاستقرار؛ حالة التعرية المتوسطة

تخص الأراضي التي تشهد تعرية سطحية بفعل السيالان الغشائي، وكذلك الأراضي التي تعرف تعرية خفية كالمحروثة. هذه الأشكال متداخلة فيما بينها ومع التعرية بالخدش أو التحديد الأولي. تشكل هذه الأوساط حوالي 41% من مساحة المجال المدروس، موزعة على 40% من حوض العابد (123 كلم²)، و41% من مساحة حوض اتلاغ (453 كلم²)، وأغلبها بسهل تَقْرَاطة، 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 كلم²، ولا تشكل إلا 31 كلم² 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 التعرية 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 (السود) 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 وتهيئها للتعرية الغشائية. وتعرف النطاقات الأخرى 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 بدراسة مظاهر التدهور من خلال الغطاء النباتي (توزيعه، تطوره بالمجال المدروس).

الفصل الثالث: مظاهر تدهور الغطاء النباتي بحوض اقلانغ 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 تركيز الضغط البشري إلى حد التدهور، وبالتالي الإخلال بتوازنها البيئي.

تتميز المجموعات الغابوية وشبه الغابوية بالجهة الشرقية بضعف التنوع النسبي مقارنة مع المجموعات الغابوية بالجهات الأخرى 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 (المنذوبية 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 الجبلية 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 تفرطة)، ثم تشكيلات غابوية وشبه غابوية بالمرتفعات الجبلية (سفوح دبدو - جبال سيدي علي بلقاسم).

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

تظهر أغلب السفوح الشمالية ووسط حوض اتلاغ وسهل تفرطة، عارية من الغطاء النباتي الطبيعي (الشكل رقم 18) باستثناء بعض الشجيرات المتناثرة وبعض الجذور والجنوع 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 تفرطة إلى عنصرين كبيرين:

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

هذه التشكيلات تنفرع 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 "الشانان" (توسايت) "*Anabasis Aphyllum*" و "البروق" (*Asphodele berweg*) ثم الحرمل (*Peganum Harmala*).

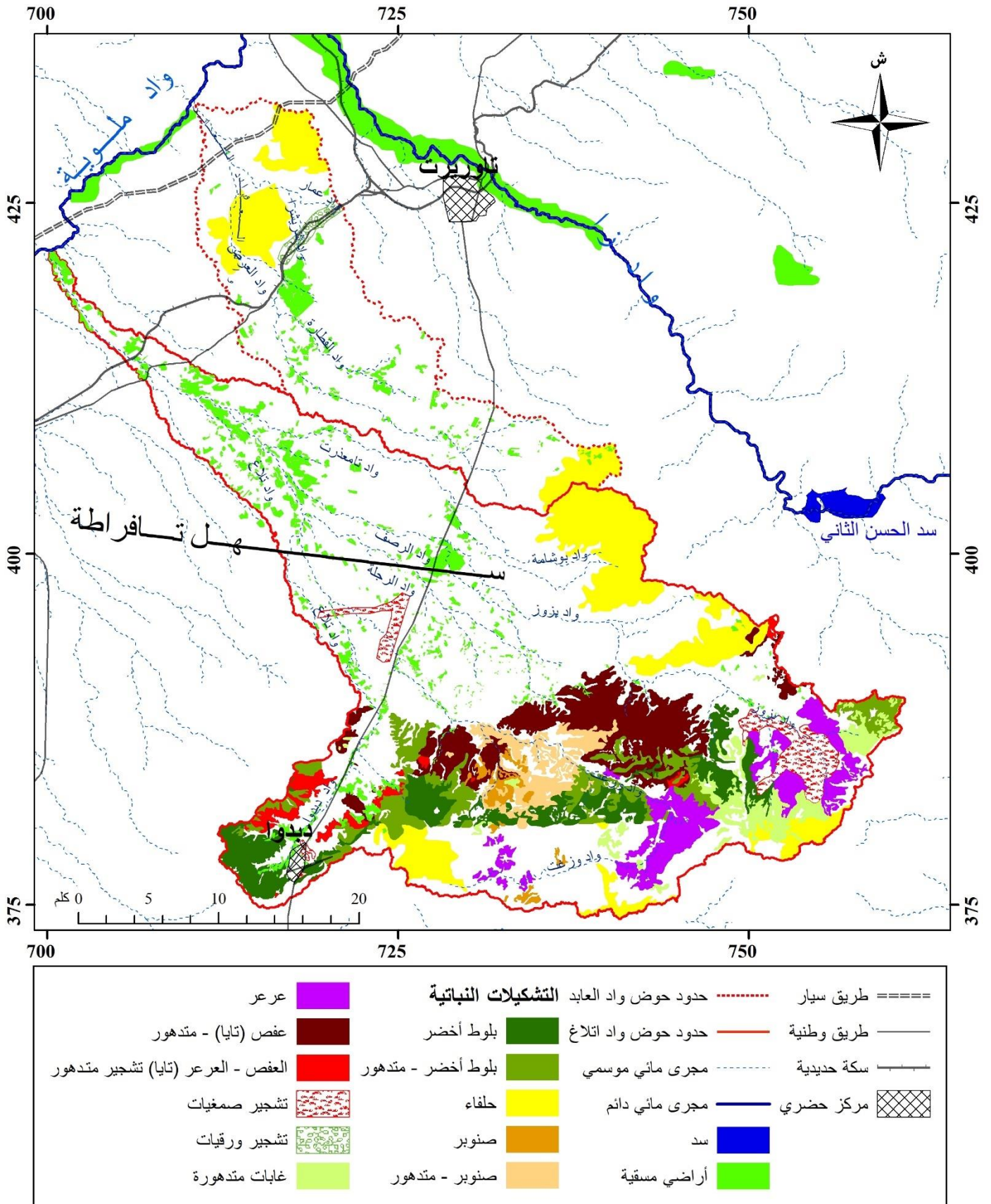
بأقدام الجبال تظهر بقايا تشكيلات نباتية للزيتون البري (*Olea Europaea*)، والعرعر (*Thuya*)؛ (الشجر العفصي). تراجع هذه الأصناف كليا، ولم يبق منها إلا بعض التشكيلات المتواجدة على جوانب الأودية (الصورة رقم 23)، وأقدام الجبال (الصورة رقم 24).



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.



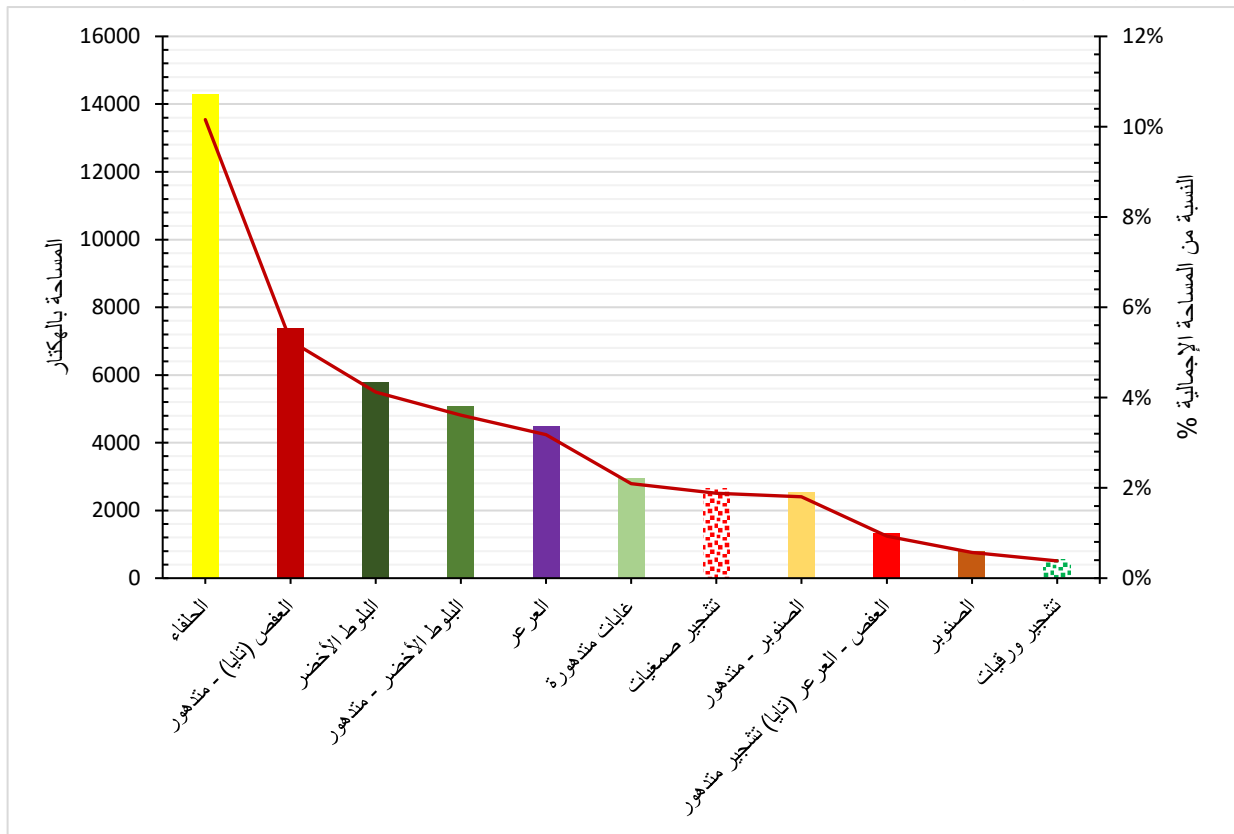
الشكل رقم 18: تنوع أصناف النبات لحوضي العابد واتلاغ.

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 تفرطة 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 تفرطة، والعرعار المتدهور وبعض التشكيلات الأخرى 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 تبعاً لتوجيه السفوح والارتفاع، ويتم الانتقال تدريجياً من مشاهد تافرطة القاحلة إلى مناظر شبه غابوية منفرجة على السفوح الجبلية، وشبه غابوية ابتداء من ارتفاع 1000م، وغابوية ابتداء من 1200م، وذلك تبعاً للتعريض والارتفاع والانحدار ونوع التربة. وهذه العوامل لها دور أساسي في توزيع هذه المجموعات النباتية، المتمثلة في البلوط الأخضر والصنوبر والعرعار 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 المترتبة بالمرتفعات أن العرعار 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% الأخرى متفرقة بين تشجير العفصية والورقيات ثم الصنوبر. يمثل إجمالي مساحة الغطاء النباتي الطبيعي 477 كلم² 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 تفرطة 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 الكلال والأعلاف للمواشي. ونجد على ضفاف واد زا وواد ملوية الأشجار المثمرة لا سيما الزيتون واللوز والمشمش؛ خاصة في سهل تفرطة (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 يهمننا في عملية تدخل الإنسان في الأراضي المسقية هو عملية التشجير أو المغروسات الشجرية التي تم تمثيلها بالشكل رقم 18، وتوزع بسهل تافرطة وضفاف بعض الأودية كواد دبدو واتلاغ ثم قرب حامة سيد شافي، وهي تسقى بالآبار والأنقاب، وأغلبها ظهر في السنوات الأخيرة بفعل التحولات التي مست المجال. مثل اقتلاع واجتثاث النبات الطبيعي واستبدالها بالمغروسات الشجرية، هو نتيجة تحول وتغيير نمط الاستغلال التقليدي، بل يمكن القول هو بداية تملك الأرض ولو بطريقة غير مباشرة وغير شرعية لأراضي الجموع، ثم توزيعها وتوريثها والمغامرة بلا استثمار 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، وتحويل 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 تفراطة.

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 التعرؤية 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

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

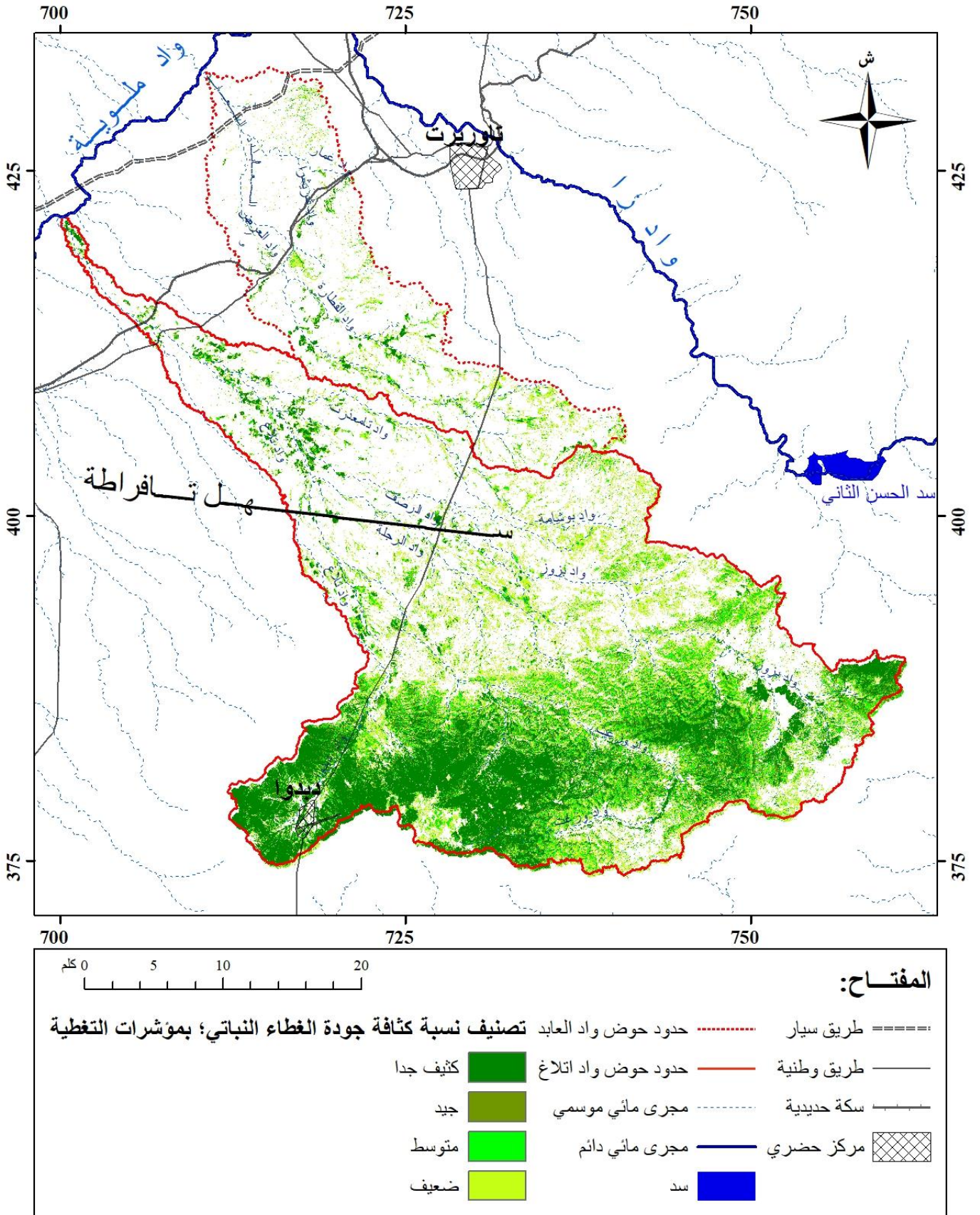
G = الحزام الأخضر، R = الحزام الأحمر، NIR = قناة الأشعة تحت الحمراء القريبة.

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

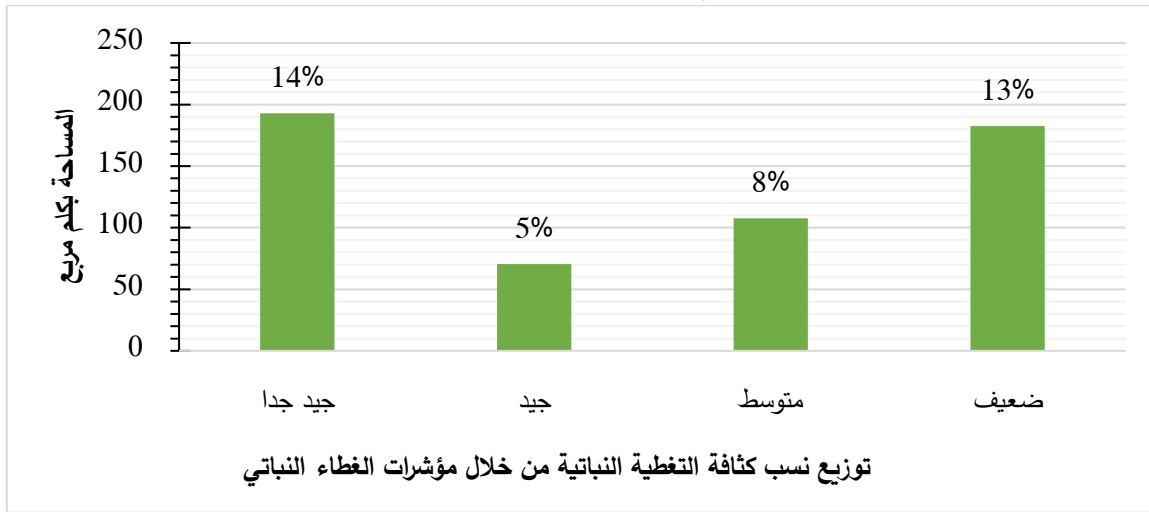
المؤشر	القيمة العليا	القيمة الدنيا	المتوسط	الانحراف المعياري
GNDVI	0.7651786	-0.4173992	0.3211601	0.0591633
GRVI	7.5171102	0.4110351	1.972066	0.3018112
IPVI	0.9112889	0.3626131	0.5786844	0.0419221
MSR	2.7617721	-0.3441706	0.2512046	0.1605096
NDVI	0.8225777	-0.2747738	0.1573687	0.0838442
OSAVI	0.7542652	-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 سنينال لشهر شنتبر 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 تقييء 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 كلم²، و14% من مساحة المجال المدروس؛ والفئة ذات الكثافة الجيدة تمثل 5% من المجال المدروس، أي حوالي 70 كلم²؛ والكثافة المتوسطة 8%، أي حوالي 100 كلم²؛ ثم تليها الكثافة الضعيفة التي تمثل 13% من مجمل مساحة الحوضين وكذلك تقريبا ثلث مجموع مساحة الغطاء النباتي والمسقي.

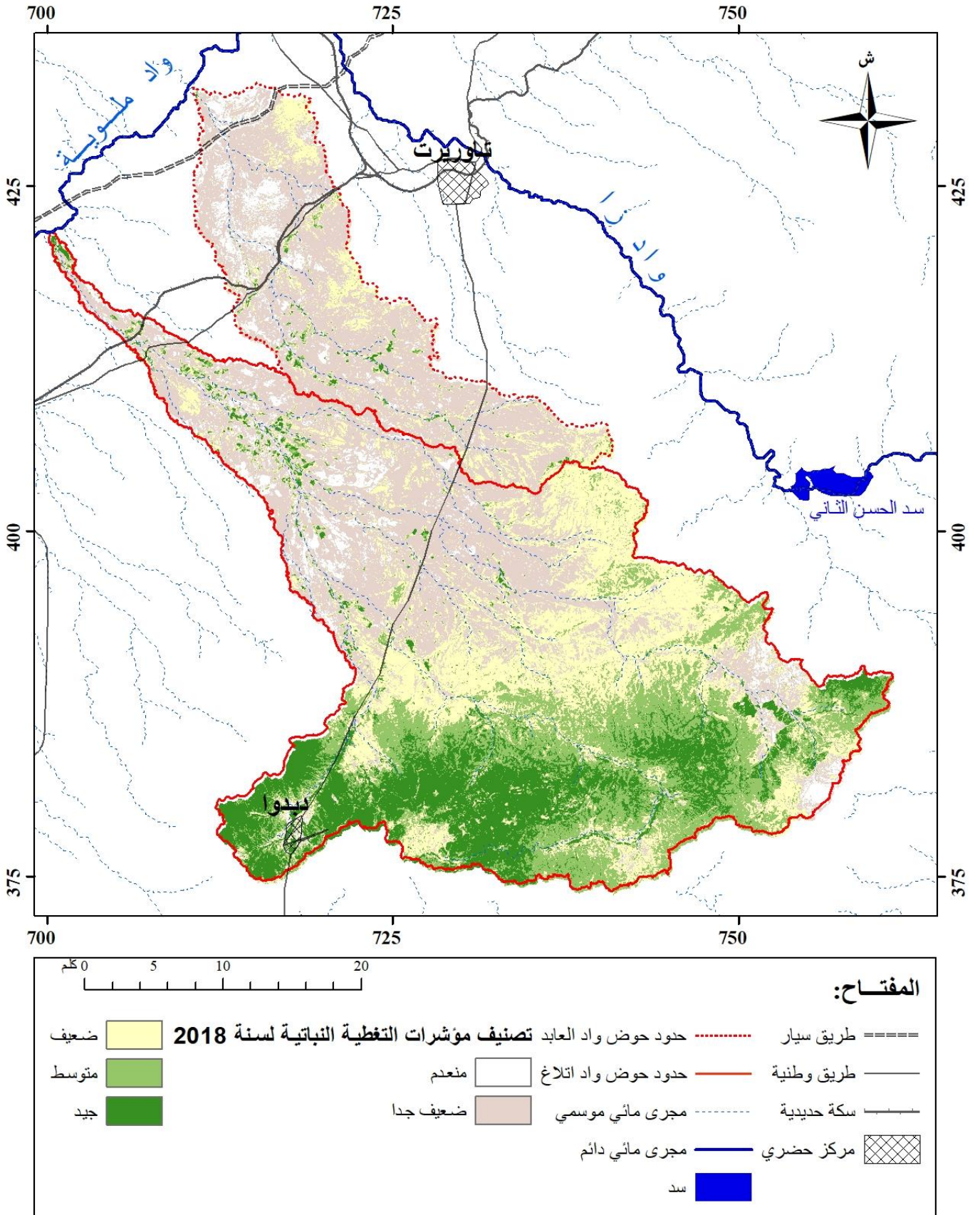
نفس الطريقة المتبعة في تحديد فئات كثافة وجودة الغطاء النباتي تم تطبيقها على سنوات 1986 و2001 و2018، وتم اختيار هذه السنوات استنادا إلى المنهجية المتبعة في دراسة تدهور التربة في الفصل السابق.

3_ تطور كثافة التغطية النباتية بين سنوات 1986 و2001 و2018 باستخدام

مؤشرات الغطاء النباتي والمرئيات الفضائية لاندسات

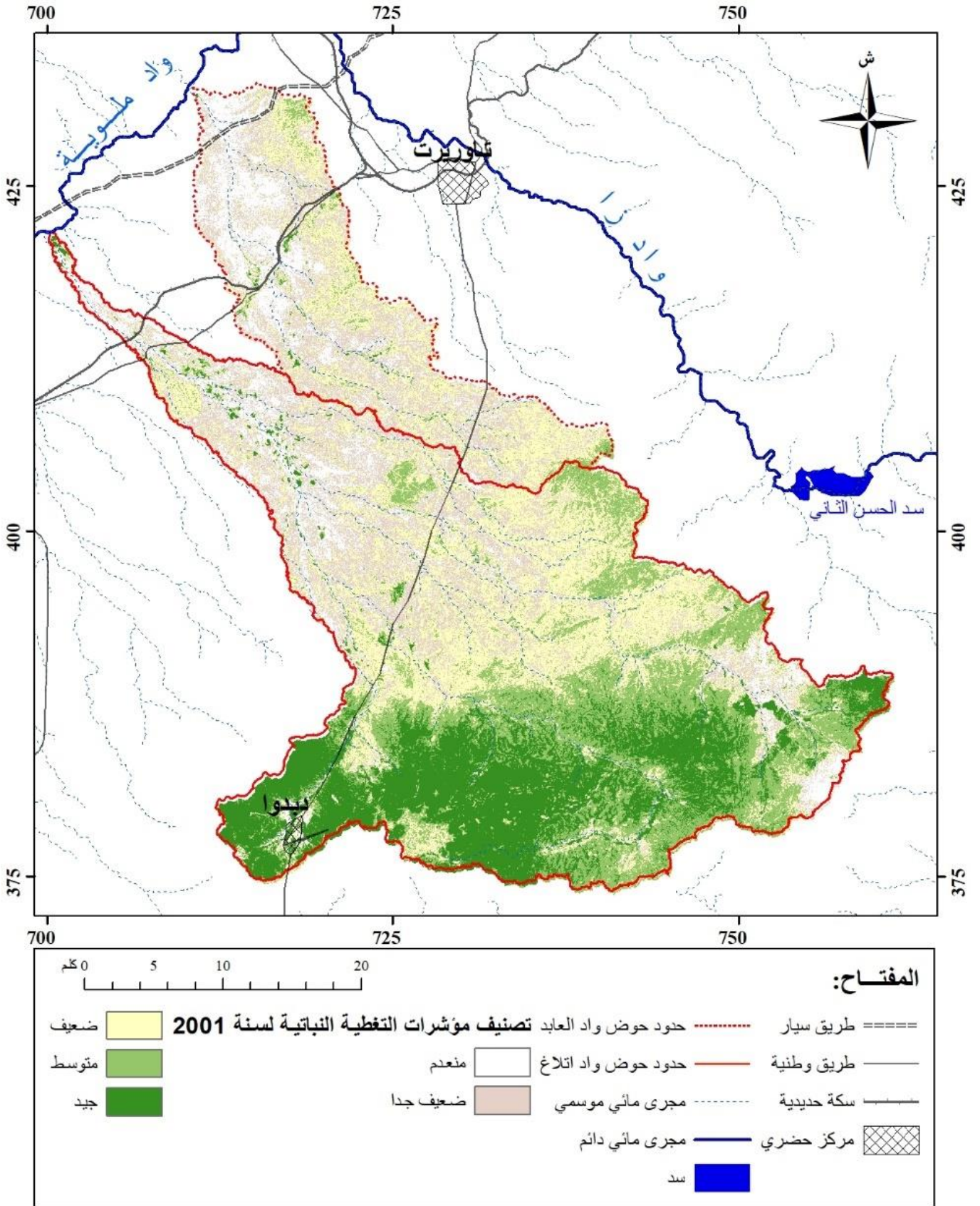
لتحديد طبيعة التغيرات التي عرفها الغطاء النباتي خلال العقود الماضية إلى حدود ثمانينات القرن الماضي، تم الاعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندسات، الجيل الخامس والسابع والثامن، وتم تحديد التواريخ بنفس طريقة دراسة تدهور التربة، وذلك بالاعتماد على تحديد الشهر الأكثر عدوانية، واختيار فترة تفوق 10 سنوات، ثم اختيار سنة تقترب من المتوسط السنوي للتساقطات، واختيار يوم في أكتوبر نقل 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 التشكيلات القزمية المعشوشبة كالشيخ والحرمل والشنان (تاوساية بالاسم المحلي)، ثم الضعيفة جدا والمنعدمة؛ تم تمثيلها في الأشكال 22 و23 و24.



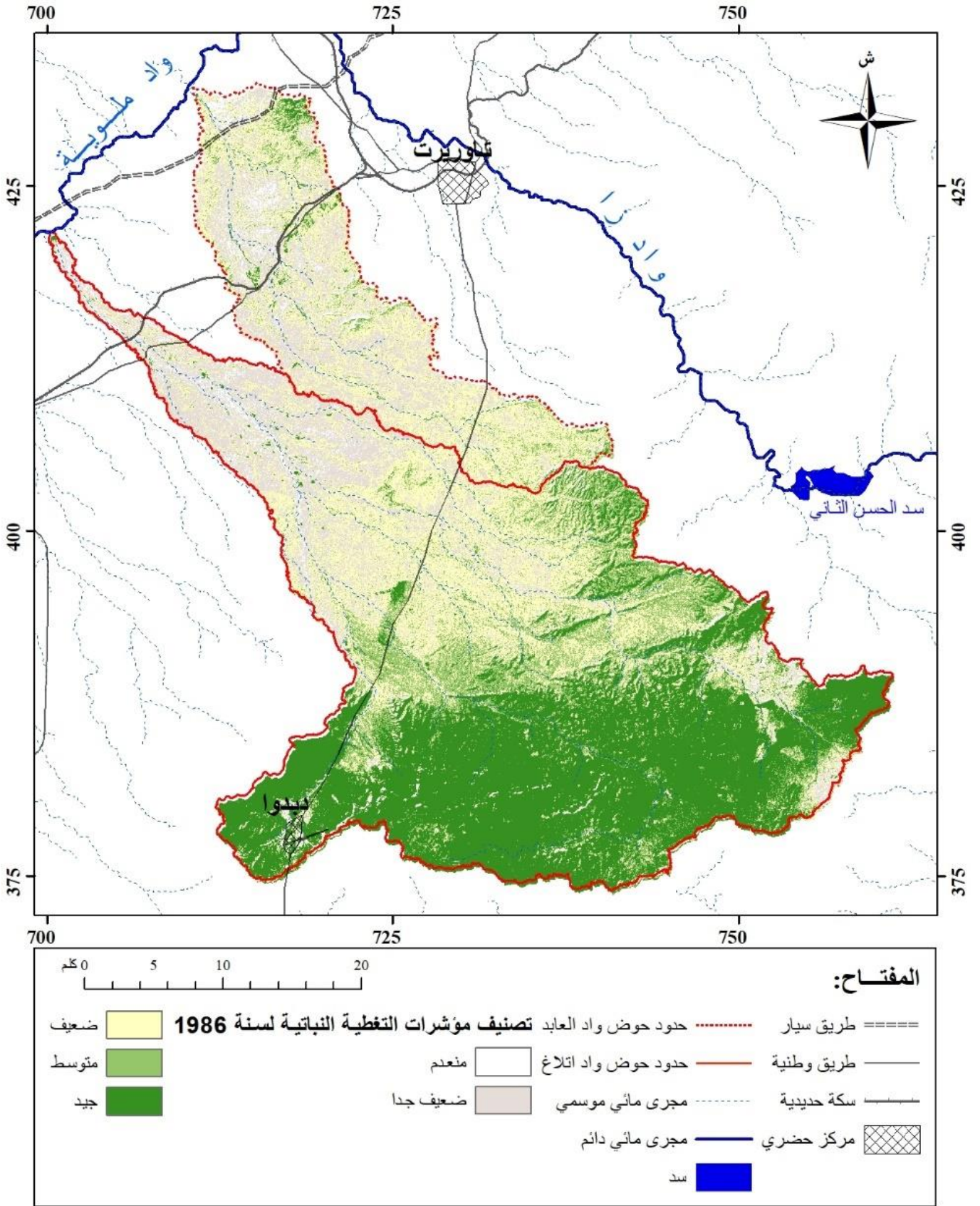
الشكل رقم 22: جودة التغطية النباتية ليوم 5 أكتوبر 2018، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات.

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.

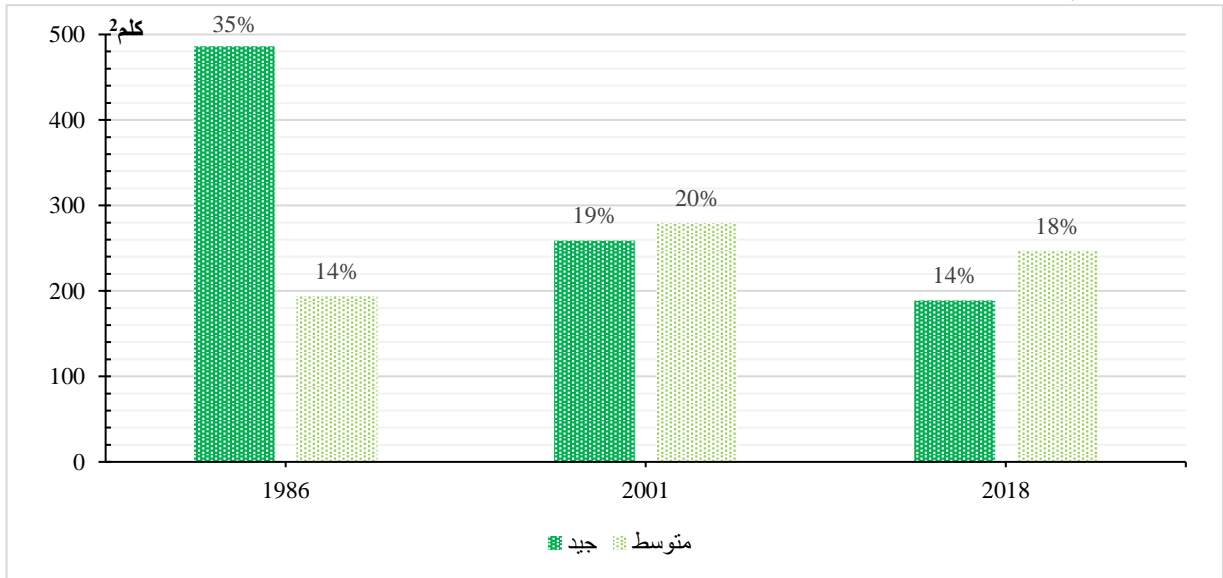
المصدر: مؤشرات التغطية النباتية على مرئية فضائية لاندسات الجبل السابع يوم 30 أكتوبر 2001.



الشكل رقم 24: جودة التغطية النباتية ليوم 29 أكتوبر 1986، من خلال دمج وتصنيف المؤشرات.

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

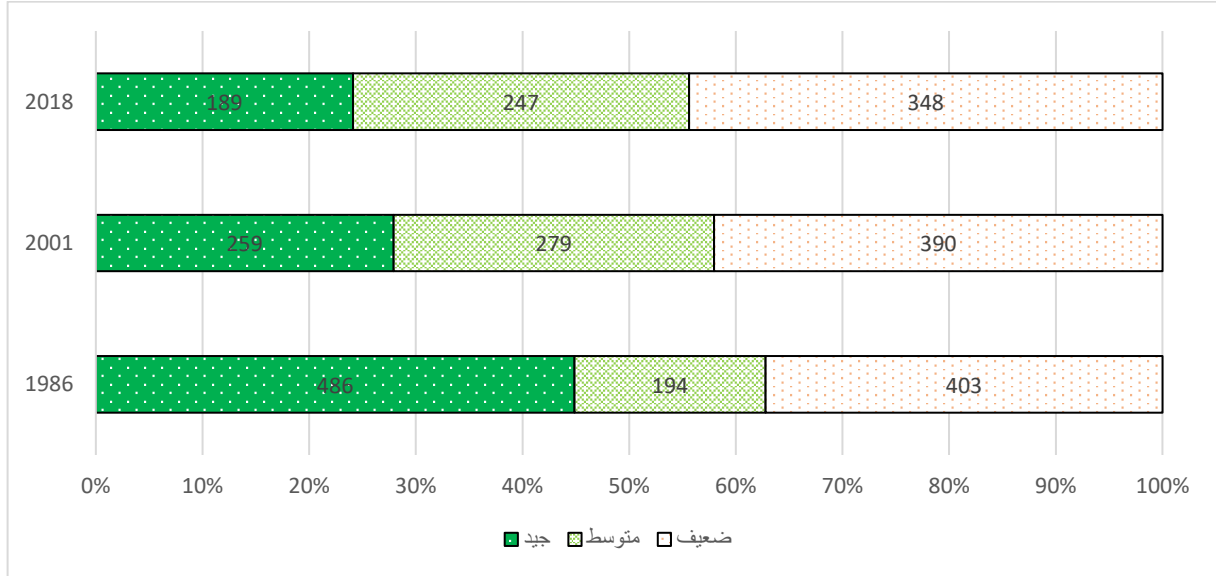
يتبين من خلال الشكل رقم 24 لمؤشرات الغطاء النباتي للمريئة الفضائية ليوم 29 أكتوبر 1986 أن الفئة الجيدة تتركز في جنوب المجال، بأقدام الجبال وفي المرتفعات، حيث أنها الفئة الأكثر كثافة والتي تمثل الغطاء النباتي الطبيعي الجيد والكثيف، تبدو واضحة المعالم ومهيمنة على الجنوب، ثم الفئة المتوسطة والتي غالبا ما تكون محاذية ومحاطة للفئة الجيدة ومقترنة بها، وهذه الفئة تمثل الغابات المتدهورة. يظهر من خلال الشكل رقم 23 لمريئة 30 أكتوبر 2001 أنه بعد 15 سنة تراجعت الفئة الجيدة والمتوسطة بشكل واضح، مع ظهور بعض الرقع في سهل تفرطة 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 تفرطة، 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 كلم²، 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. تراجع مساحة الغطاء النباتي سنة 2001 إلى 538 كلم²، بنسبة 10% من مساحة المجال (الشكل رقم 26)، أي حوالي 142 كلم²، لكن بانخفاض الفئة الجيدة تقريبا بنصف المساحة، هذه الفئة كانت تمثل سنة 1986 حوالي 227 كلم²، 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، تراجع المساحة الجيدة بـ70 كلم²، عن سنة 2001، ولكن يجب أن نأخذ بعين الاعتبار المجالات التي تم تشجيرها لهذه المساحة، ثم تقلص الفئة المتوسطة أي المتدهورة بحوالي 22 كلم²، كما انخفض مجموع مساحة الغطاء النباتي منذ 14 سنة بـ 7% أي حوالي 102 كلم². هذا التراجع حسب الفئات يبدو بشكل واضح في الشكل رقم 26.



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

يتضح من الشكل رقم 26 تراجع واضح للغطاء النباتي، حيث أن المجال المدروس فقد خلال ثلاث قرن حوالي ثلثي مساحة الفئة الجيدة، تقريبا ربع مساحة المجال المدروس، (297 كلم²)، 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 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-: التبع السنوي لتقييم جودة الغطاء النباتي من خلال مؤشر التغطية النباتية (NDVI)

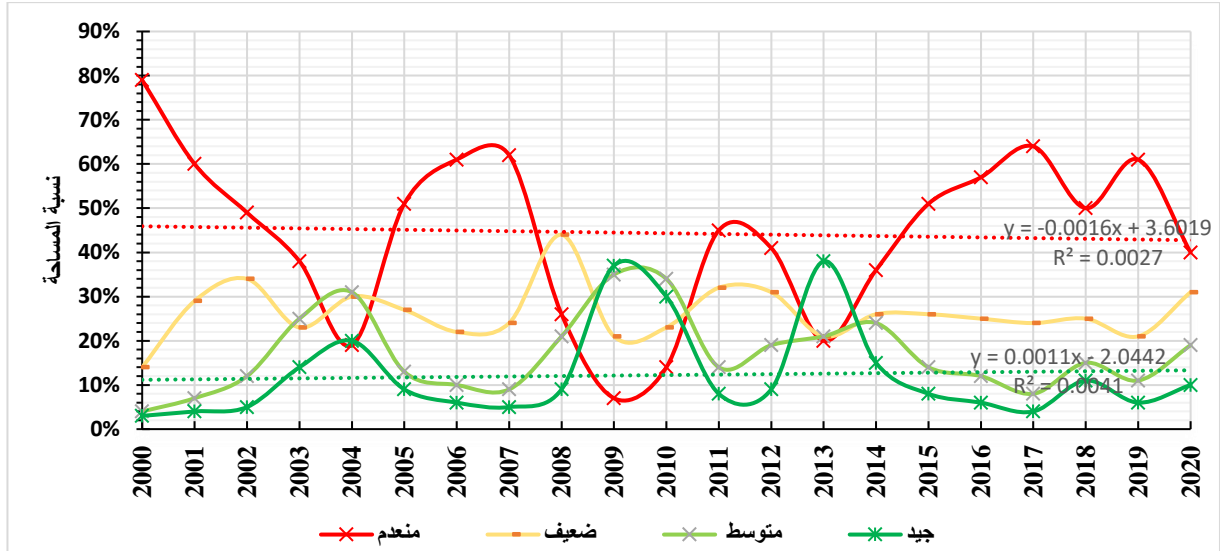
للفترة ما بين 2000-2020

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).



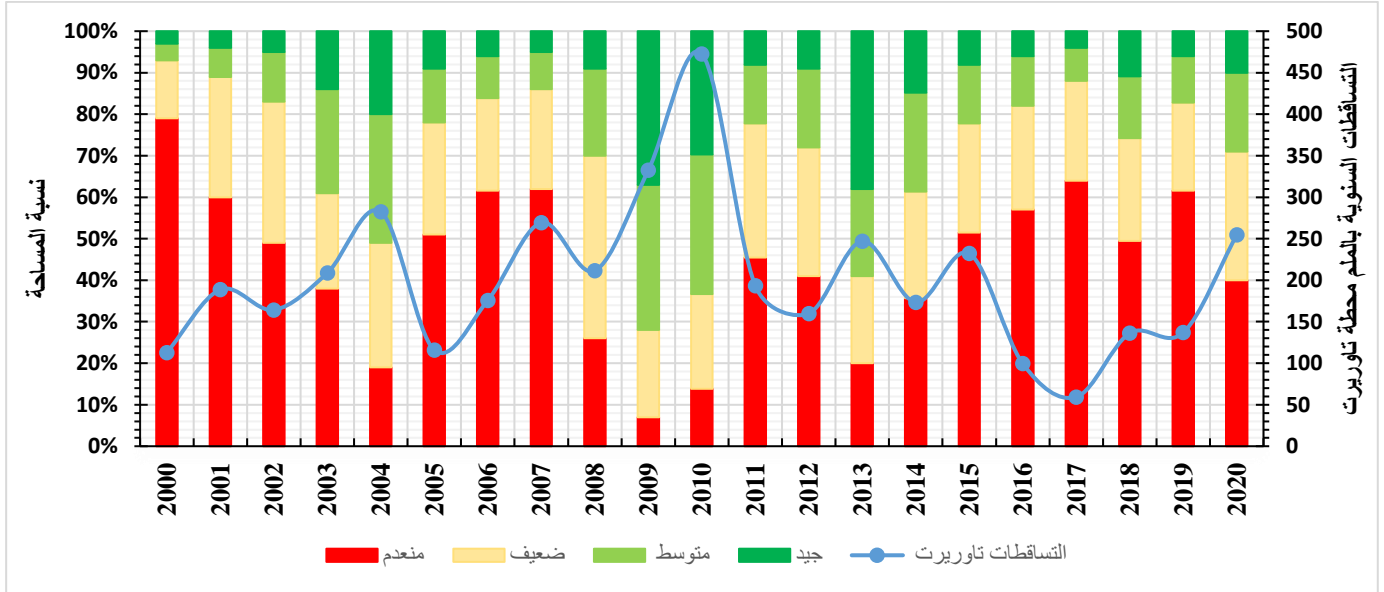
الشكل رقم 27: تطور مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2020-2000)

المصدر: مؤشر التغطية النباتية (MODIS)

تبين من خلال الشكل رقم 27، مدى تغير حالة الغطاء النباتي من سنة لأخرى خلال المدة المدروسة، حيث كان شهر أكتوبر لسنوات 2000 و 2007 و 2017 أكثر السنوات ترجاعا، 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، و فقط 3% من الفئة الجيدة، في حين عرفت المناطق المتواجدة بجنوب منطقة الدراسة (دبدو) و ضفاف المجاري المائية الدائمة (واد زا وواد ملوية)، غطاء نباتيا متوسطا إلى جيد (غطاء نباتي غابوي + مسقي)، أما باقي المرثيات الفضائية لسنوات 2002، 2003، 2005، 2008، 2011، 2012، 2015، 2016، 2018، فلم تعرف ترجاعا بنفس الحدة التي عرفها المجال في السنوات الأخرى. وشكلت سنتا 2009 و 2013 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 و 2009 و 2010 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 تغطي عن المجال في أغلب السنوات بل جلها ما عدا سنوات 2004 و 2009 و 2010، حيث تقل هذه النسبة عن 20%، مما يبين أن المجال مندهور 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).

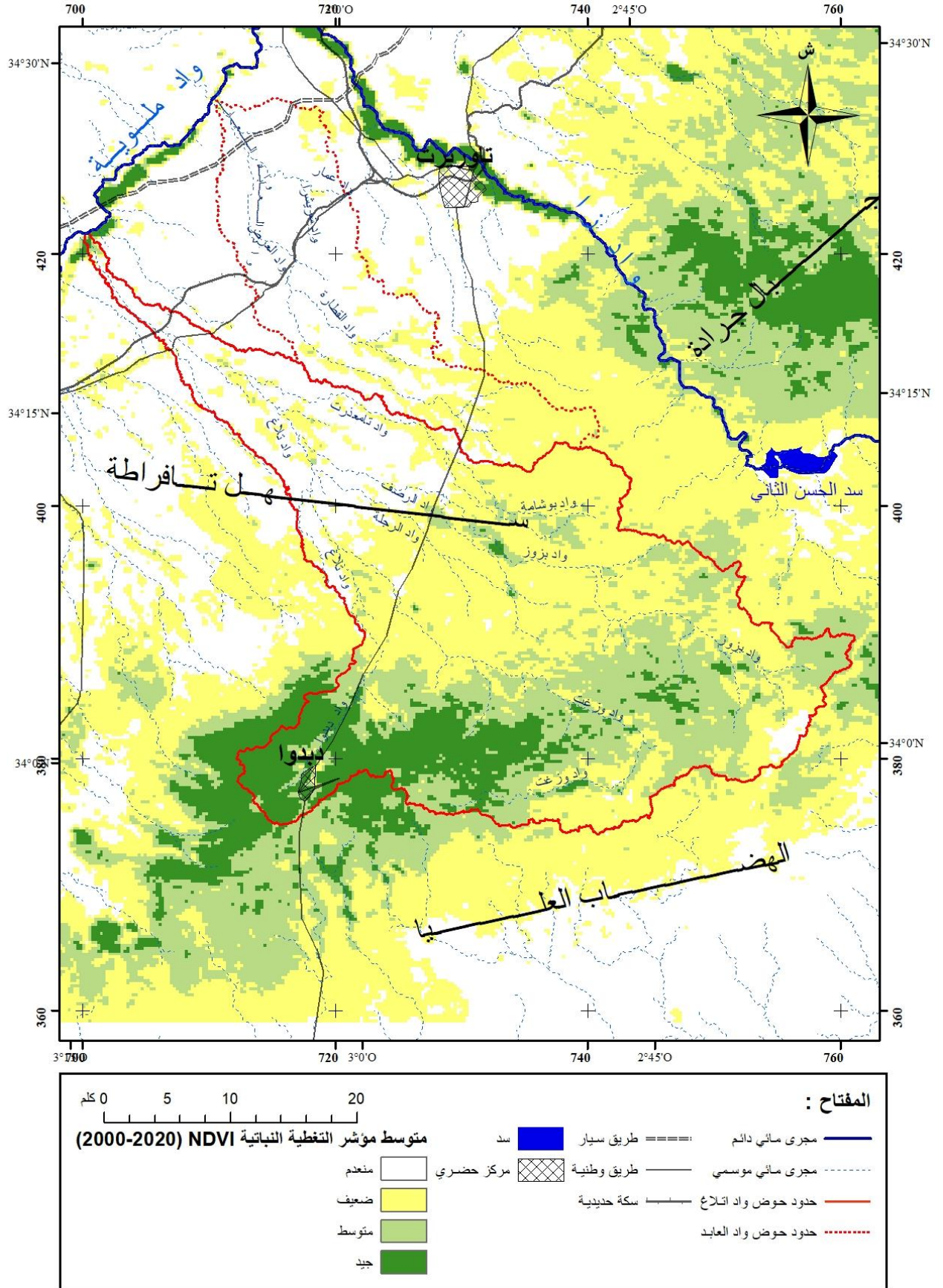


الشكل رقم 28: تطور نسبة مساحات فئات مؤشر التغطية النباتية (2020-2000)

المصدر: مؤشر التغطية النباتية (MODIS)

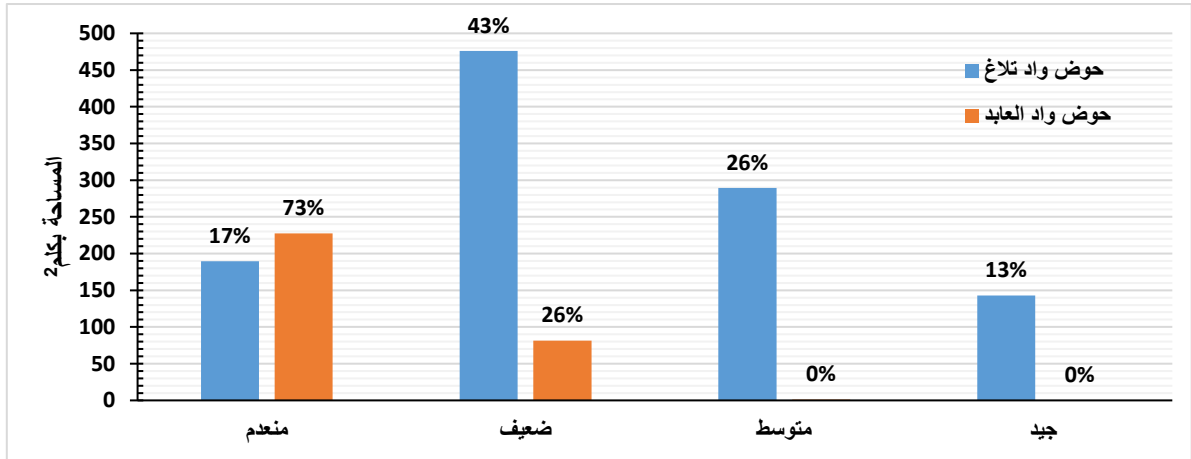
إن دراسة حالة الغطاء النباتي وتتبع تطوره في سيرورة زمنية من حيث الكم والنوع، والأشكال المدرجة، تبين تطور مؤشر التغطية النباتية NDVI لشهر أكتوبر بين سنوات 2000 و2020؛ ويتضح أن المنطقة تشهد تغطية ضعيفة بحكم ارتباط تواجد غطاء نباتي بظروف طبيعية كالمناخ والتربة، لكنه يعرف تدهورا بفعل الاستغلال البشري كالأجنتاث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

بناء على نتائج قيم مؤشر التغطية النباتية لـ 21 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 تعبيراً عندما يجمع بين سنوات متعددة لفترة زمنية كبيرة، ويعطي نظرة عامة، لكنها أكثر دلالة من النظرة الظرفية لسنة معينة (حواس وآخرون، 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 تقراطة 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 1 كلم²، 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 السوسيوإقليمية التي يشهدها المجال والتي تقاوم 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 السيول 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 للسكان 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 وتقرض 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 أجواءها 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 تعرية 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 التعرية 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 بالأوجال (السود).

كما أبانت الدراسة التطورية أن حوضي اتلاغ والعابد يمكن تقسيمهما إلى ثلاثة نطاقات تعرية، 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 النباتي، 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 شهدته 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 والعباد، 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 طبقتها 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 المتوسطة.

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 السيول، 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 مشاركة تجريبية بمجال الدراسة، وهي تتميز بخصائص طبيعية مختلفة (طبيعة التربة، ودرجة الانحدار، والتوجيه...)، وبأنماط استغلال مختلفة كذلك (مستريحة، وبوار، ومزرعة، 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 التوقيع 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 للتعرية 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 وآخرون، 2018)، وبسبب أنظمة الاستغلال البشري غير الملائمة حيث إن تربة المنطقة هشة وسريعة التدهور (مواديلي واسباعي، 2020)، كما أن التعرية تتشط 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 المتوسطة.

المحور الأول: تقييم كمي للتعريف المائىة باءءءام المعاءلة العالمىة لانجراف التربة (USLE)

1_- التعريف بالمعادلة العالمىة للتعريف المائىة

تم تطبيق المعادلة العالمىة لفقدان التربة (USLE) بالولاىاء المءءة الأمريكية بالمركز الوطنى للسىلان وحساب فقدان التربة (National Runoff and Soil Loss Center) سنة 1954، طورها كل من Wischmeier و Smith ابتداء من سنة 1958 اعءاماءا على أزىء من 10000 مشارة تجربىة وأحواض صغىرة موزعة على مءءل أنحاء السهل الكبىر الأمريكى بىن 1960 و 1978.

ءءمل المعادلة العامة لفقدان التربة سءة عوامل رئىسة، وهى على الشكل الآلى:

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

A: مقءار التربة المفقوءة بالطن لكل وءة مساحة (هكءار) من الأرض فى السنة. وءعرف من حاصل ضرب باقى العوامل بالمعادلة.

R: عامل المءر، وىعبء عنه بءلىل الانجراف بالمءر، وهو ءقءىر لقوء المءر على جرف التربة.

K: عامل قابلىة التربة للانجراف بالماء، وهو معءل الانجراف بالطن لوءة المساحة للوءة من عامل المءر لءربة معىنة.

L: عامل طول السفء، وهو النسبة بىن مقءار التربة المفقوءة من ءقل نو طول انءءار معىن.

S: عامل الانءءار وهو النسبة بىن الفءءان من الأرض من ءقل ما إلى مقءار الفءءان من نفس طول الانءءار.

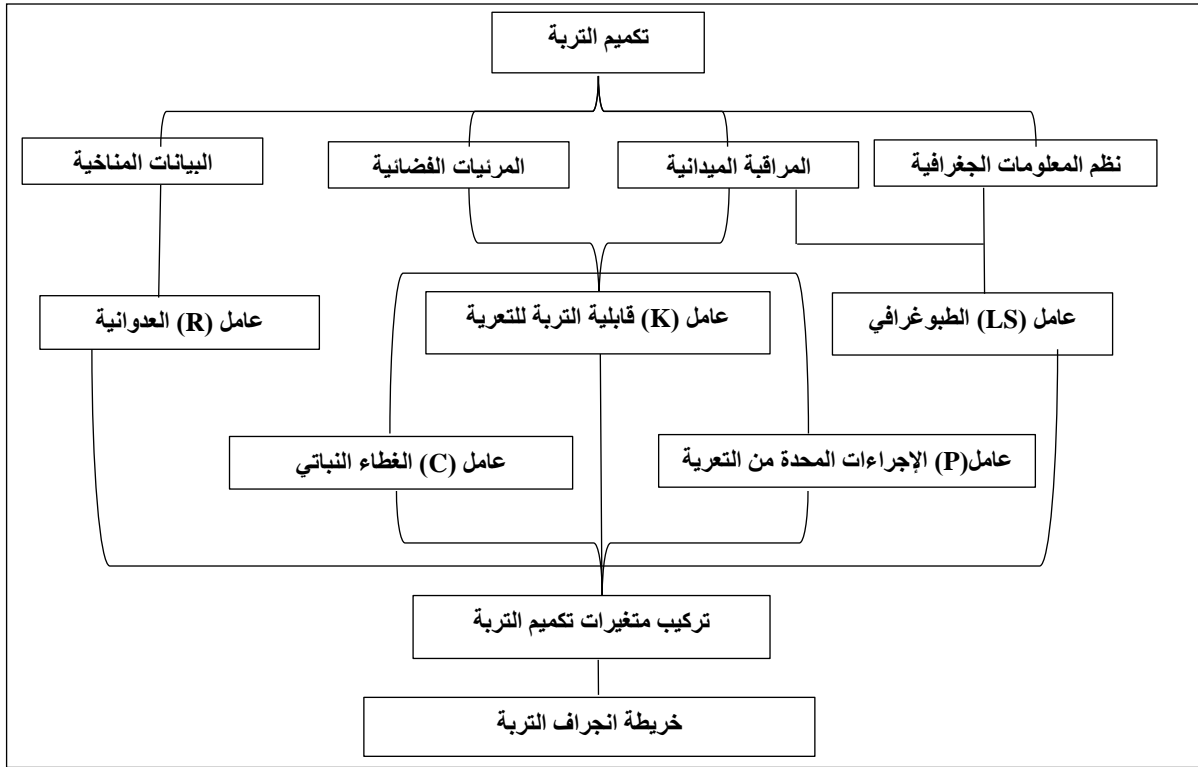
C: عامل ءءطىة النبائىة والذى تم ءعرفه من قبل Wischmeier على أنه ىمءل العلاءة بىن فءءان التربة بالنسبة لمشارة زراعىة فى شروء معىنة وفءءان التربة مءءابق مع مشارة زراعىة بأرض مسءرىءة عارىة مءءابعة.

P: عامل الإءراءاء وءءابىر المءءة لءء من انجراف التربة.

ءعرف هءة المعادلة أو النموءج بعض المشاكلى المنهءىة لءصها (Roose, 1994) فى اقءصار النموءج على ءقىم التعرفىة الغشائىة، والءى لا ءأء بعىن الاعءءار السىلان المركز وءءءىء، ثم صعبوة ءطىق المعادلة فى المناطق المءءرسة، والءى ءءمىز بانءءاراء قووىة، ثم إن العلاءاء بىن الطاقء ءركىة وءة ءساقااء المسءعملة فى هءة المعادلة ءءء فى السهول الأمريكية، ولا ىمكن أن ءكون صالءة بالنسبة للناطقاء الجبلىة الءى ءءمىز بأصناف ءساقااء مءءلفة. بالإءافة إلى صعبوة ءءمىز بىن ءور كل عامل ءاءل النموءج، لأنه لا يأء بعىن الاعءءار بعض العلاءاء الءى ءربء بىنهما.

ولءلائم هءة المعادلة مع ءصوصىاء مءالاء مءءلفة عن المناطق الءى ءبءء بها فى الولاىاء المءءة الأمريكية وأوروباء، عرفء هءة المعادلة عءة ءءقىءاء شملء مؤشرى ءصوصىة التربة والءطاء النبائى.

ءبىن ءطاطة الشكل رقم 31 العلاءة بىن المءءىراء المسءءمة وكفىة الوصول إلى المعءل السنوى لءقءىر انجراف التربة.



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

2_ : المنهجة المتبعة

تم الاعتماد فى المنهجة على استغلال مجموعة من المعطيات لتحديد التوزيع المالى لعوامل التعرية، والتحليل والنمذجة المالىة للتعرية بتوظيف المعطيات المناخية والنموذج الرقمى العالمى للتساقطات والحرارة "WorldClim"¹⁰ بدقة تمييزية 900م بهدف حساب عامل العدوانية، ثم توظيف الخريطة الجىولوجية لوجدة 500000/1 والخرائط الجىولوجية المتاحة للمنطقة 100000/1 (خريطة تاورىرت وبدو وحسيان الديات)، وخريطة التربة للمغرب 1500000/1، ودراسة قامت بها مديرية المياه والغابات لتهيئة حوض واد زا المنجرة سنة 2007، ودراسة قام بها المكتب الجهوى للاستثمار الفلاحى لمولىة المنجرة لسهل تفرطة فى شقها المتعلق بدراسة التربة؛ ثم التحاليل المخبرية التى تم إنجازها بمختبر الجيومورفولوجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية ما بين 2017 و2020، والمعهد الوطنى للبحث الزراعى؛ بهدف تحديد مؤشر مقاومة التربة للتعرية. ولدراسة العامل الطبوغرافى، تم توظيف النموذج الرقمى للارتفاعات¹¹ بدقة تمييزية 12.5 و30 متر. لدراسة عامل التغطية النباتية، تم الاعتماد على الخريطة التى أنجزتها مديرية المياه والغابات 132000/1، ومؤشر النبات المنضبط بناء على صور القمر الصناعى¹² Modis 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 Landsat¹³ 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 الاصطناعي Sentinel¹⁴ 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، فنتراوح 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 وتقييمها 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 السيالان.
- 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.

وانطلاقاً 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 تقصل بينها 6 ساعات. وبعد ذلك ينجز متوسط عدوانية التساقطات (R) لسلسلة معطيات التساقطات على امتداد عدة سنوات.

2_1_3: 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

P_i : 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:

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

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:

$$\text{Log}R = 1,74 * \log \sum (P_i^2 / P) + 1,29$$

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.

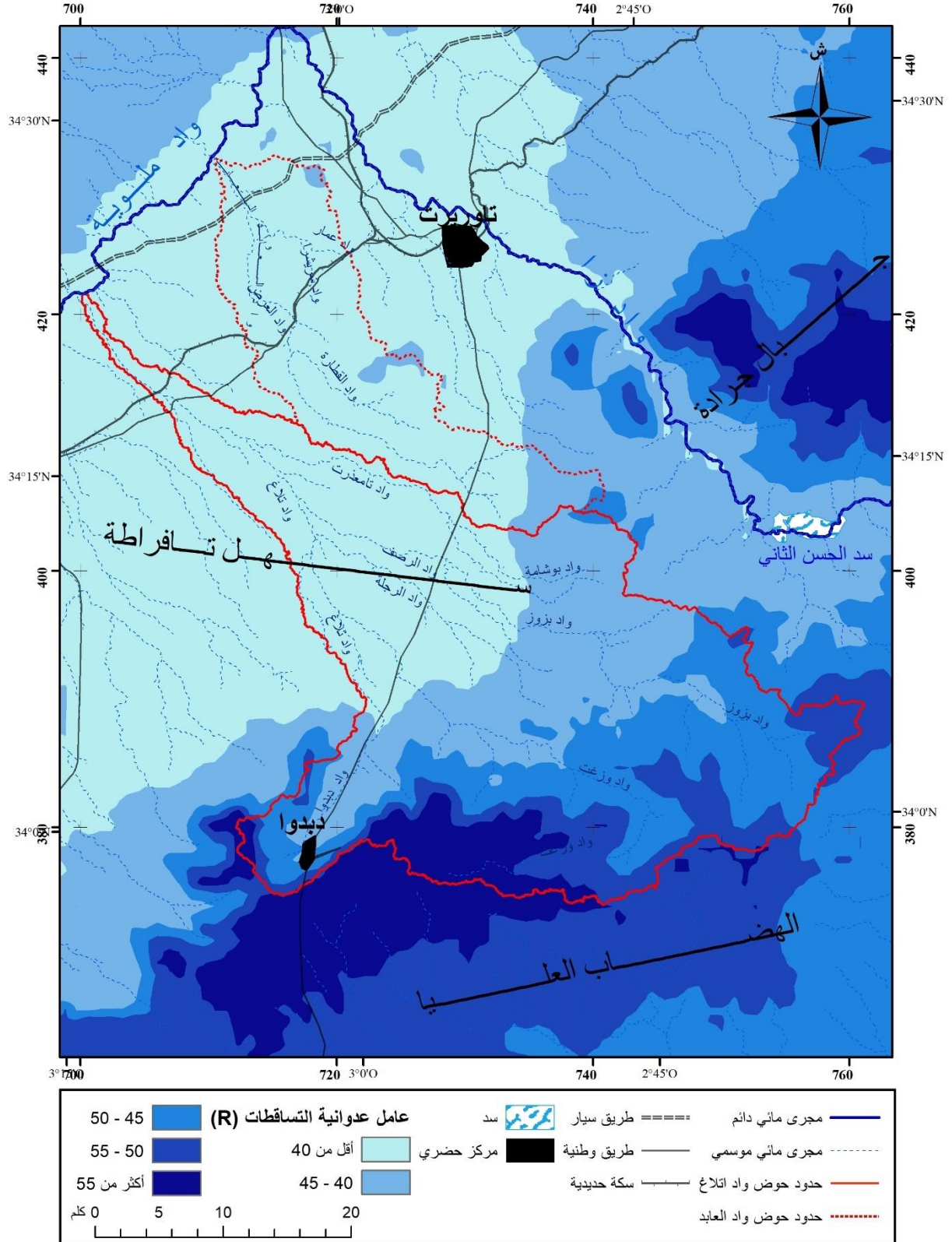
الجدول رقم 13: قيم مؤشر عدوانية التساقطات (R).

معامل عدوانية التساقطات (R)	المحطة	غشت	يوليوز	يونيو	ماي	أبريل	مارس	فبراير	يناير	دجنبر	نونبر	أكتوبر	شتنبر
34.7	تاويرت	5.1	1.7	5.5	17.8	21.7	24.3	17.6	21.9	17.8	25.0	22.2	12.4
31.4	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
39.3	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
31.7	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

تتراوح قيمة المؤشر بين 31.4 و 39.3 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.

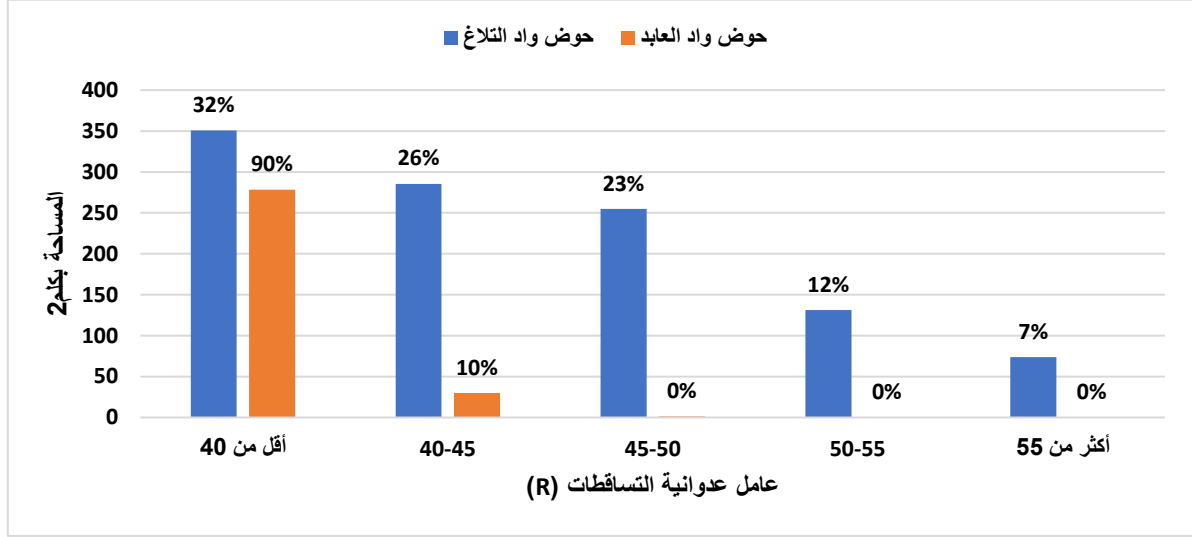


الشكل رقم 32: توزيع فئات معامل عدوانية التساقطات بميجا جول.ملم/هكتار.الساعة. السنة،
(MJ.mm/ha.h.an)¹⁵

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 تفرطة، 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 كلم²، تتلقى عنف مطري ضعيف لا يتعدى (40MJ.mm/ha.h.an)، مقابل 32% من مساحة حوض اتلاغ أي حوالي 350 كلم²، وذلك راجع إلى العامل الطبوغرافي حيث هذه المساحة تنتمي إلى منخفض جرسيف (سهل تفرطة)، تتلقى تساقطات ضعيفة مقابل المناطق الجبلية المرتفعة، كما تتلقى 10% من مساحة حوض واد العابد و49% من مساحة واد اتلاغ أي أكثر من 500 كلم² 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.

3_2: عامل قابلية التربة للتعرية (K)

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

الرياضية:

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

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 التربة وأكثر من 10000 مشاركة تجريبية بالولايات المتحدة الأمريكية، تراوحت القيم بين 0.03 و 0.69، مع تردد كبير لهذه القيم بين 0.10 بالنسبة للتربة المقاومة و 0.50 بالنسبة للتربة 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 للتربة الكلسمغيزية الشرساء، والقيم القصوى سجلت 0.60 فوق التربة الكلسمغيزية 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)

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

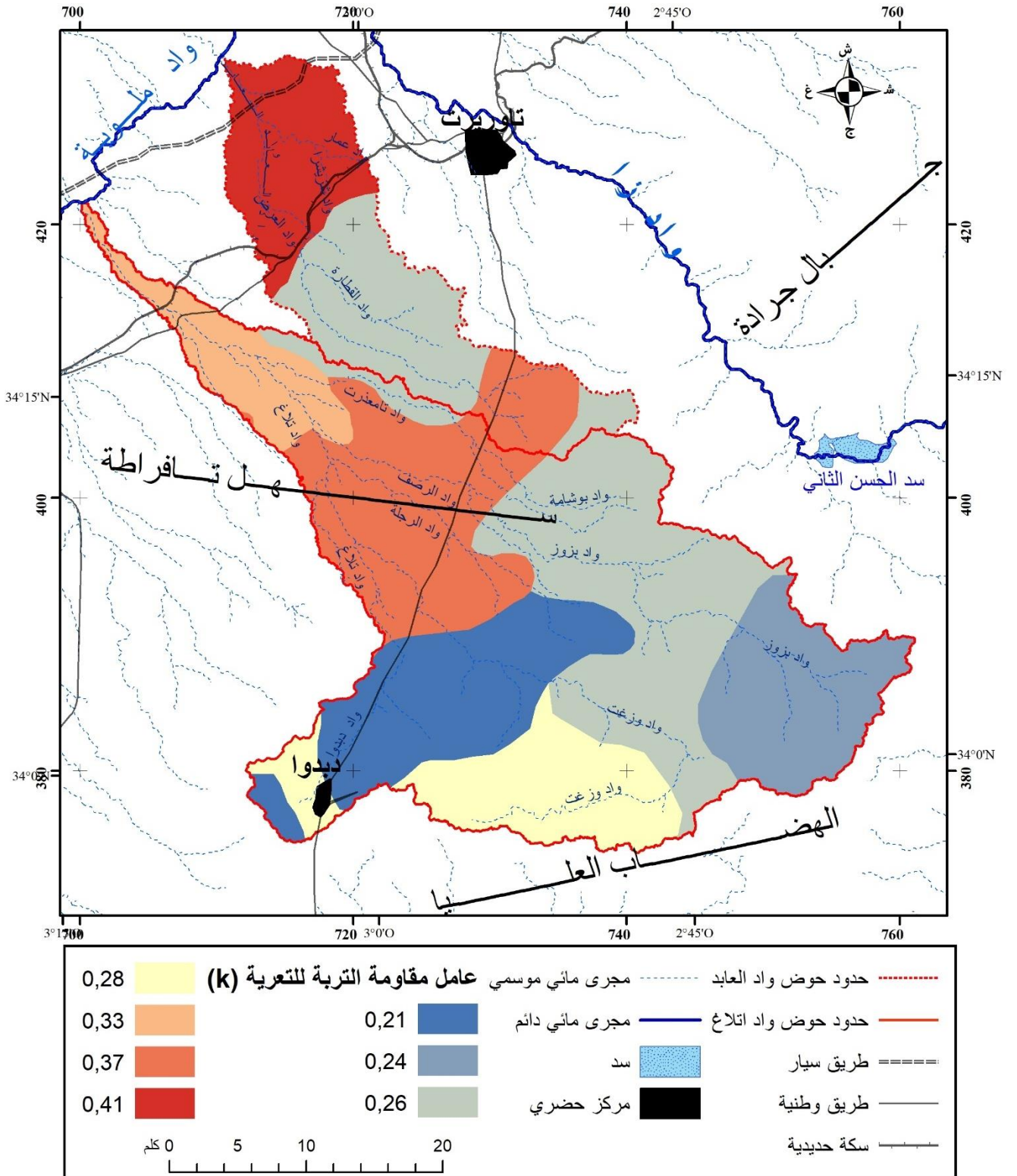
لحساب عامل قابلية التربة للتعرية بالحوضين، تم الاعتماد على التحاليل المخبرية بكلية الآداب والعلوم الإنسانية، والمعهد الوطني للبحث الزراعي بوجدة؛ وهذه التحاليل أنجزت على 37 عينة موزعة على مجال الدراسة بهدف استخراج التركيب الحبيبي والمادة العضوية، بالإضافة إلى خريطة التربة للمغرب لسنة 1950، وتقرير حول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

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

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

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

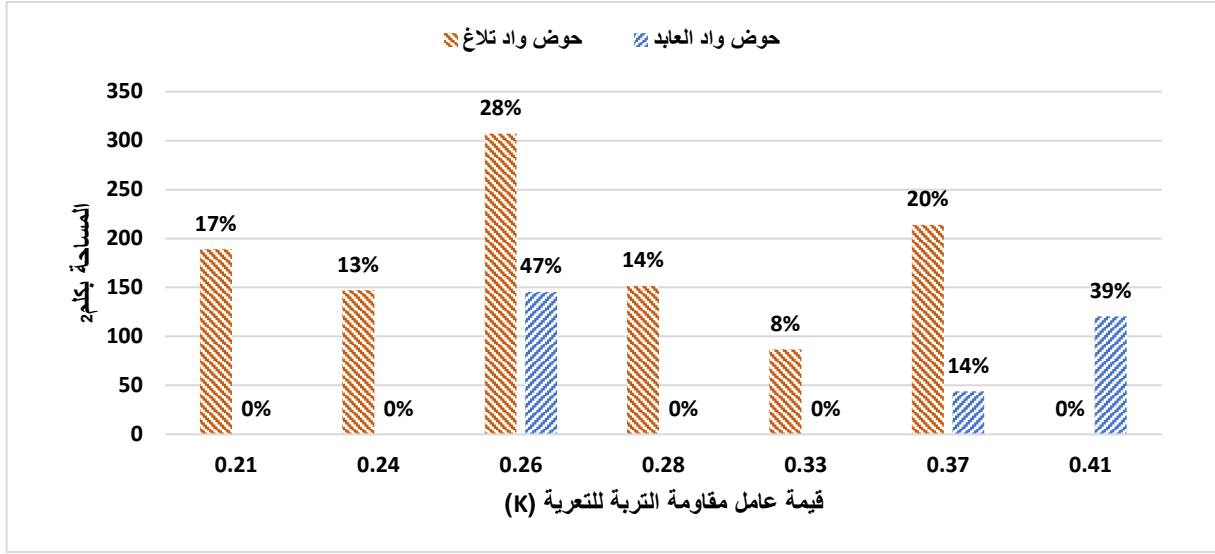


الشكل رقم 34: عامل مقاومة التربة للتعرية.

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 لمولوية، (ORMVAM, 2011). والجداول الاستدلالي لـ (Roose, 1996). وخلفية خريطة التربة للمغرب، سنة 1950، بمقياس 1/1500000، لـ CAVALLAR Mladimir.¹⁶

¹⁶تم تمثيل النتائج على خلفية خريطة عامة للتربة، من مرجع متجاوز، وذات مقياس صغير جدا. ومعقدة 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 كلم²، 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 تفرطة وسافله عند أولاد اسليمان بمساحة تقدر بحوالي 300 كلم²، 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 كلم². أما عامل مقاومة التربة للتعرية المحصورة بين 0.2 و0.3، وهي المتوسطة المقاومة حسب (Manrique, 1988)، فتمثل 72% من مساحة حوض واد اتلاغ، حوالي 800 كلم²، 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 كلم²، تتوضع في وسط الحوض تكوينات رباعية لسهل تفرطة 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

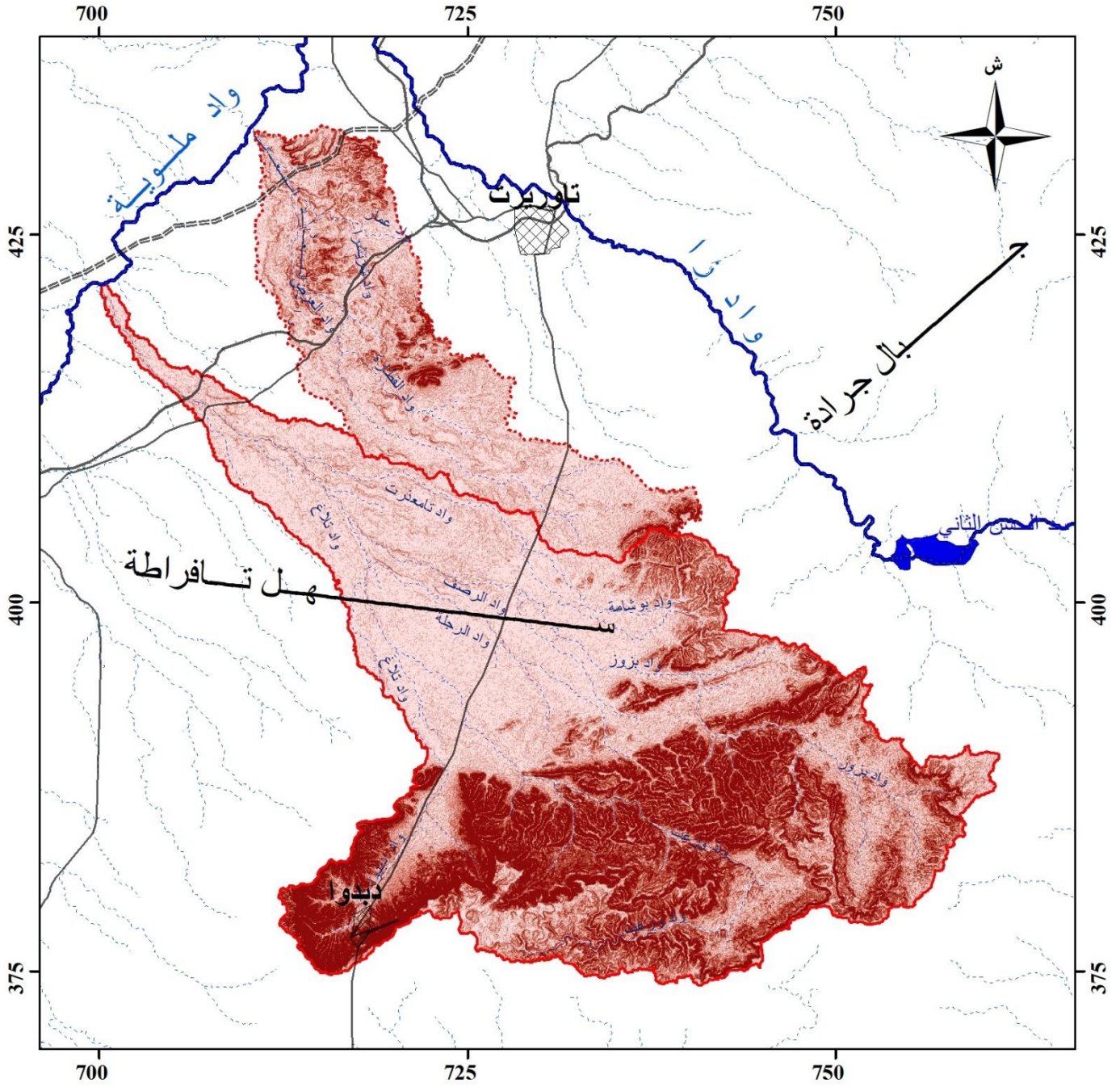
الانحدار في دينامية التعرية المائية، وفي الطاقة الحركية التي يكتسبها الجريان في قوته على الاقتلاع والنقل فوق السفوح. فحسب (Roose, 1994)، يتزايد حجم النقل نحو السافلة مع زيادة قوة الانحدار، لأن الطاقة الحركية للسيلان تتزايد على حساب الطاقة الحركية للتساقطات المطرية عندما تتجاوز درجة الانحدار 15%، كما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

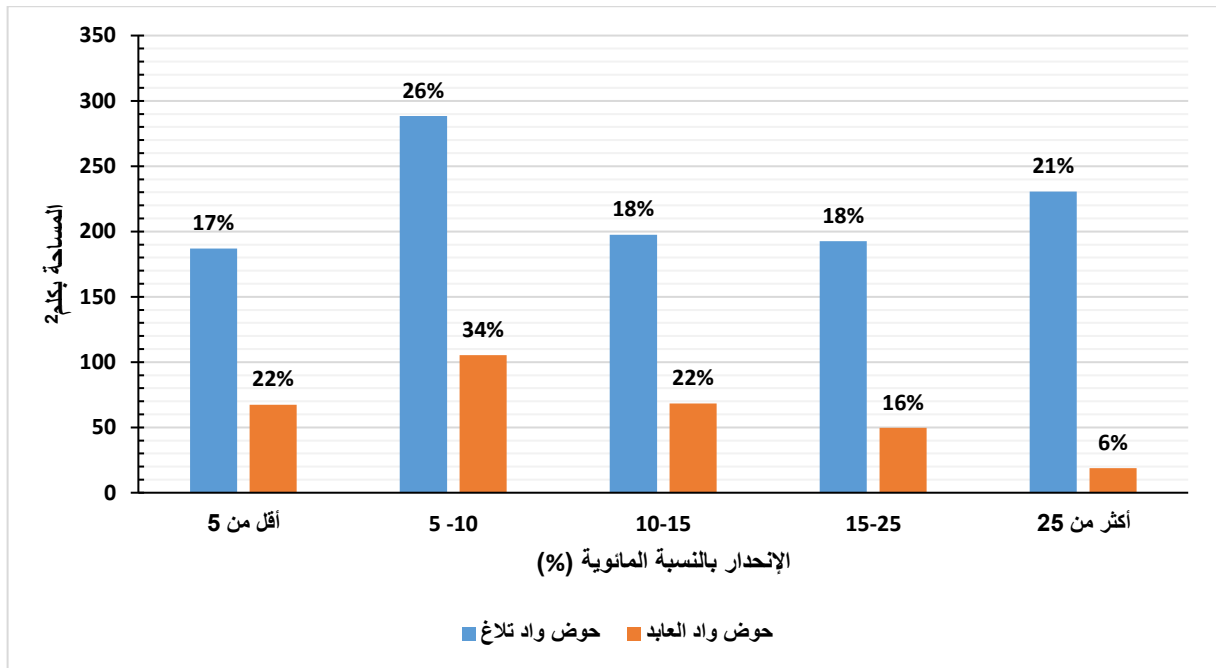
.36



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

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

انطلاقاً من خريطة الانحدارات (الشكل رقم 36) ومساحات فئات الانحدار (الشكل رقم 37)، يتضح أن تقريباً خمس المساحة يعرف انبساطاً، أي درجة انحدار أقل من 5%، والانحدارات ما بين 5% و 10% تمثل ربع المساحة بالنسبة لحوض اتلاغ أي حوالي 300 كلم²، وثلاثي مساحة حوض واد العابد (100 كلم²). أما فئة 10-15، فتمثل تقريباً 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 198 كلم²، والانحدارات القوية جداً 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 مساحياً 18 كلم²، 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 أفقياً، 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. فانطلاقاً 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 وضوحاً 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 والجدول والرسوم البيانية لتحديد قيم عامل الطبوغرافيا، حيث حدده (Wischmeier et Smith, 1978) بالمعادلة التالية:

$$LS = (L/22.13)^4 \cdot (0.065 + 0.045 S + 0.0065 S^2)$$

ثم (Moore et Burch, 1986a et b) m، 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 ب (°)

L: طول المنحدر بالمترا (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

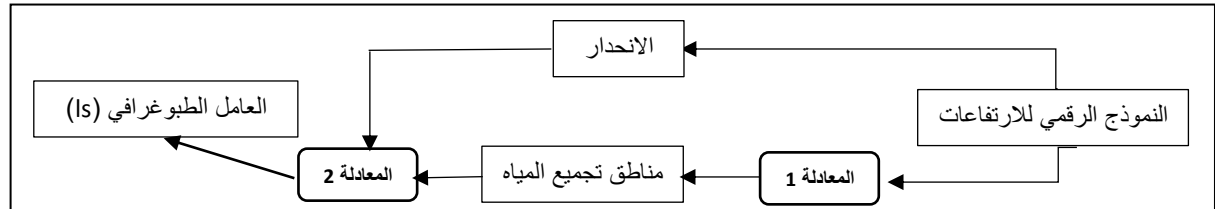
تم تأكيدها¹⁷ بناء على التعديلات التي أجراها (Mitasova et al. 1999) حسب (Benzer,)

(2010)، المعادلة التالية:

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

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 التالية¹⁸:

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

S: نسبة الانحدار ب (%)

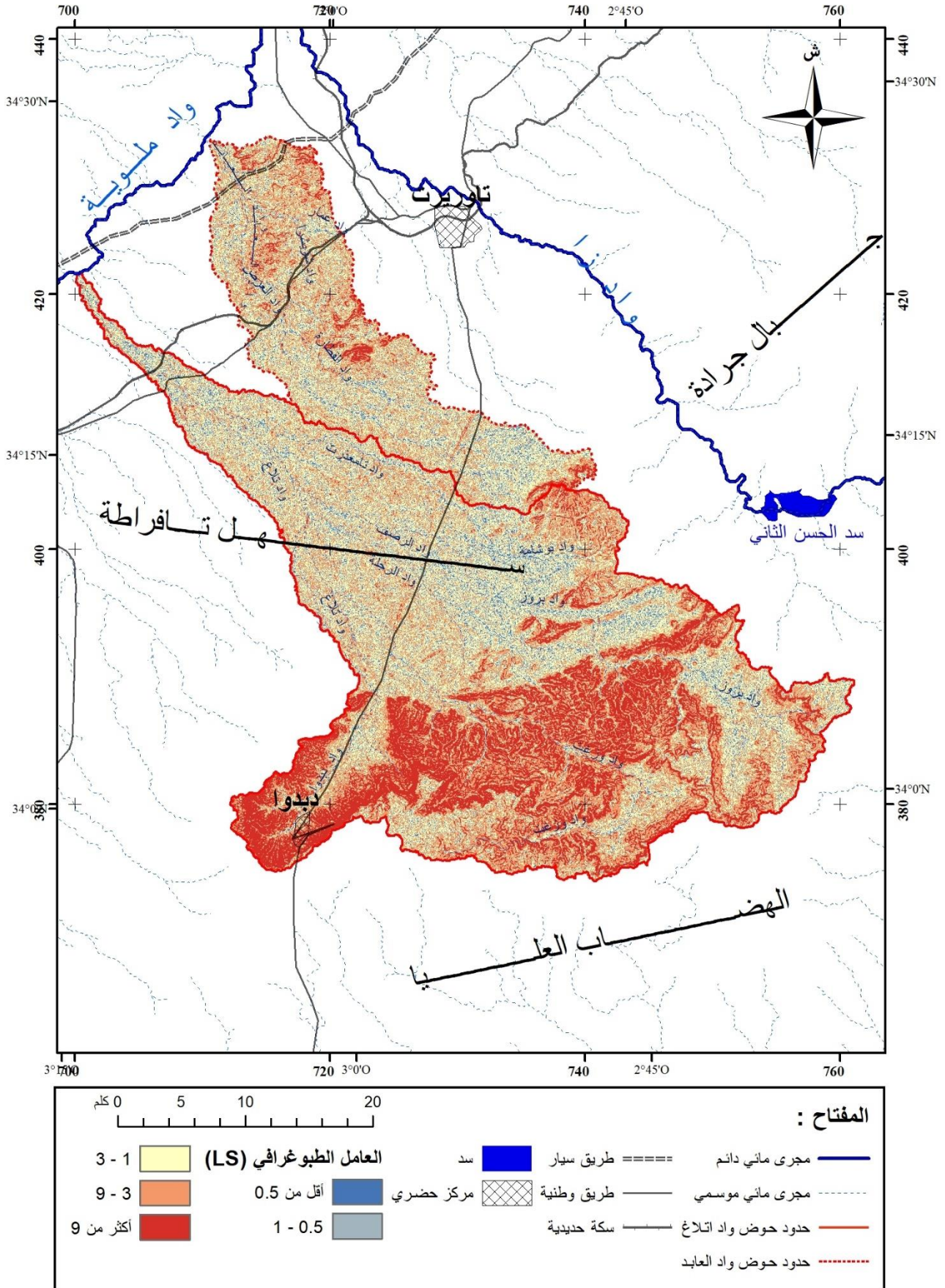
L: طول المنحدر بالمترا (m)

انطلاقا من النموذج الرقمي للارتفاعات (MNT) بدقة تمييزية 30م، تم استنباط درجة الانحدار

بالنسبة المئوية، ثم تطبيق المعادلة للحصول على العامل الطبوغرافي (الشكل رقم 39).

¹⁷ <http://www.iwr.msu.edu/rusle/lstable.htm>

¹⁸ <http://dirp4.pids.gov.ph/ris/pjd/pidsjpd88-1conserve.pdf> p56 pp47-88

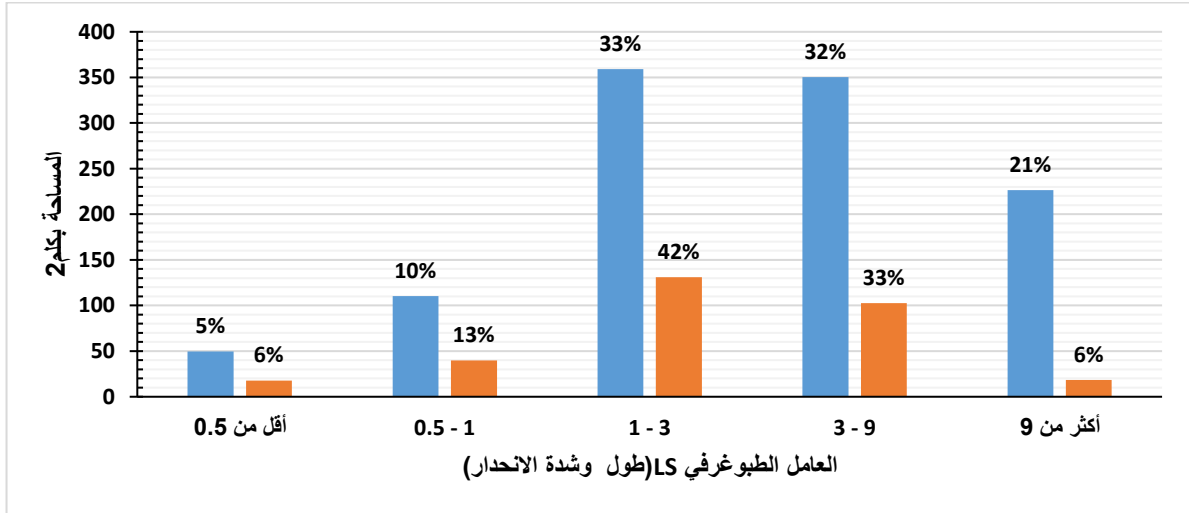


الشكل رقم 39: العامل الطبوغرافي (LS) (طول السفح وشدة الإنحدار)

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

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

ويبين الشكل رقم 40 تباين مساحة فئات العامل الطبوغرافي 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 من 0.5، 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 و 1 لقيمة العامل الطبوغرافي. وثالث مساحة حوض واد 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 الدراسة، حوالي 33% من المساحة ذات الانحدارات المتوسطة والقوية، والمناطق ذات قيمة العامل الأكثر من 9 تشكل 21% من مساحة حوض واد اتلاغ، و فقط 6% من مساحة حوض واد العابد أي 226 كلم² و 18 كلم² على التوالي، وتشمل المناطق المتضرسة ذات الانحدار القوي المتمثلة في المرتفعات.

4_3: عامل جودة الغطاء النباتي (C)

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

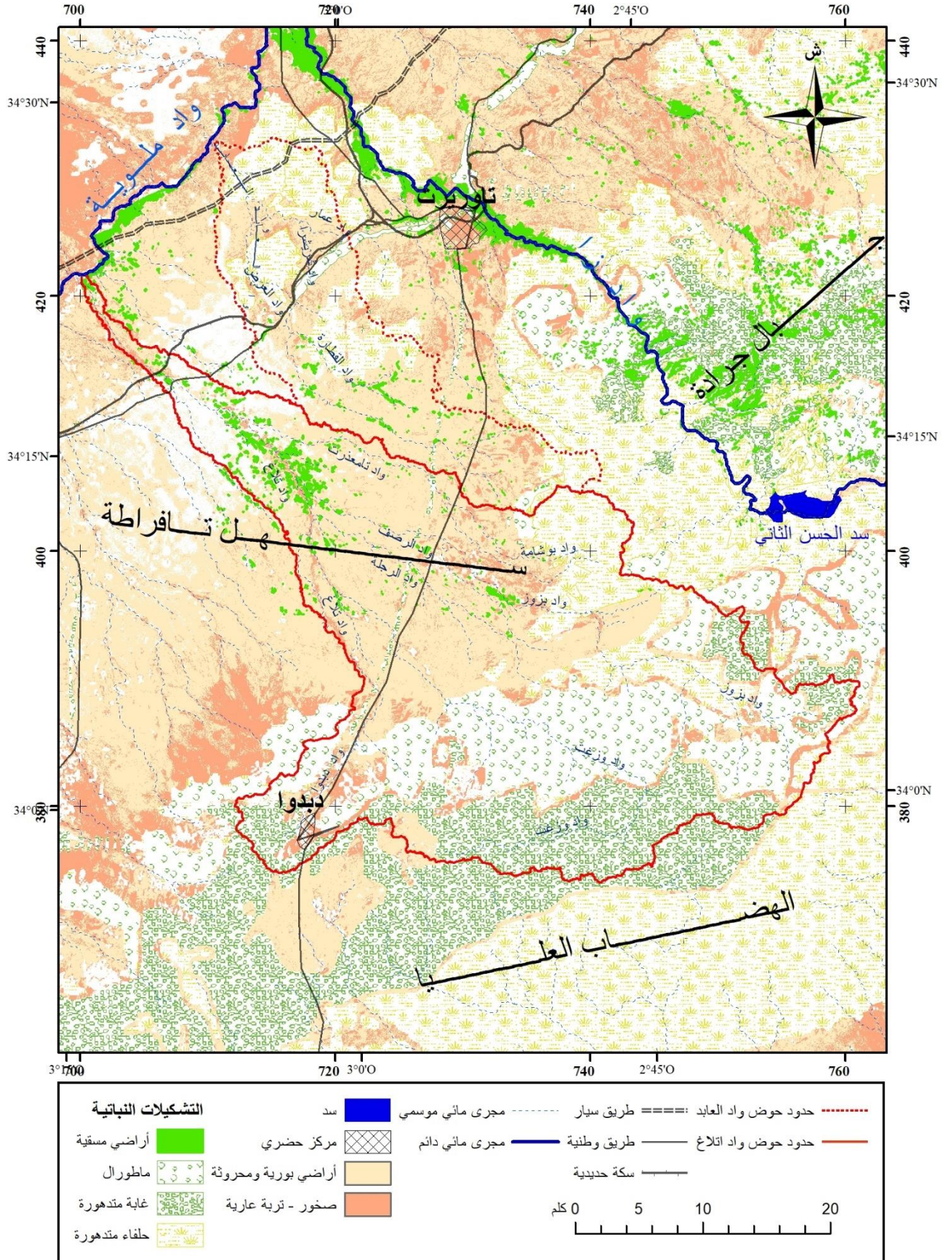
تم الاعتماد في حساب هذا العامل على خريطة التشكيلات النباتية (الشكل رقم 42)، وخريطة متوسط مؤشر الغطاء النباتي (الشكل رقم 29)، وخريطة استغلال الأراضي (الشكل رقم 41)، انطلاقا من التصنيف الموجه والمراقب للمرئية الفضائية "Sentinel-2" بدقة تمييزية 10 م. بعد تصنيف العناصر بطريقة أقرب جار (Classification Supervisée 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

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

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.

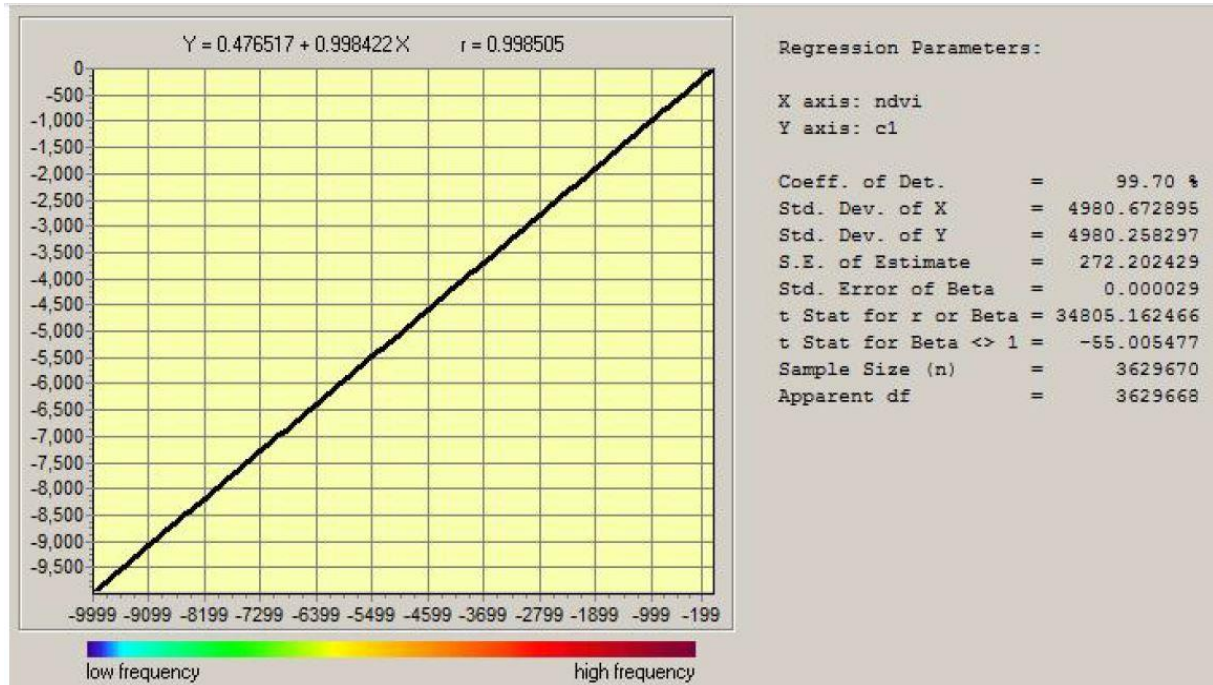
بما أن عامل الغطاء النباتي (C) يتغير من 1 (أرض عارية) إلى 0 (غطاء نباتي كثيف)، وقيم مؤشر النبات المنضبط (NDVI) يتغير من -1 (أرض عارية) إلى 1 (غطاء نباتي كثيف)، يمكن استعمال علاقة تقيم مخاطر تعرية التربة في ظروف مختلفة بتغير النموذج الشبكي للمعادلة العالمية لتقدير انجراف التربة (Gitas et al. 2009).

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

$$C = \text{Exp} \left[\frac{-\alpha \times \text{NDVI}}{\beta - \text{NDVI}} \right] \quad \text{التالية:}$$

حيث α و β تم تحديدها باستعمال برمجية إدريسي (IDRISI) بأداة النكوص أو الارتداد "Regress"

انطلاقاً من الدالة الخطية $Y = a.X + b$ لعامل التغطية النباتية (C) بدلالة مؤشر النبات المنضبط NDVI كما يمثل (الشكل رقم 42).



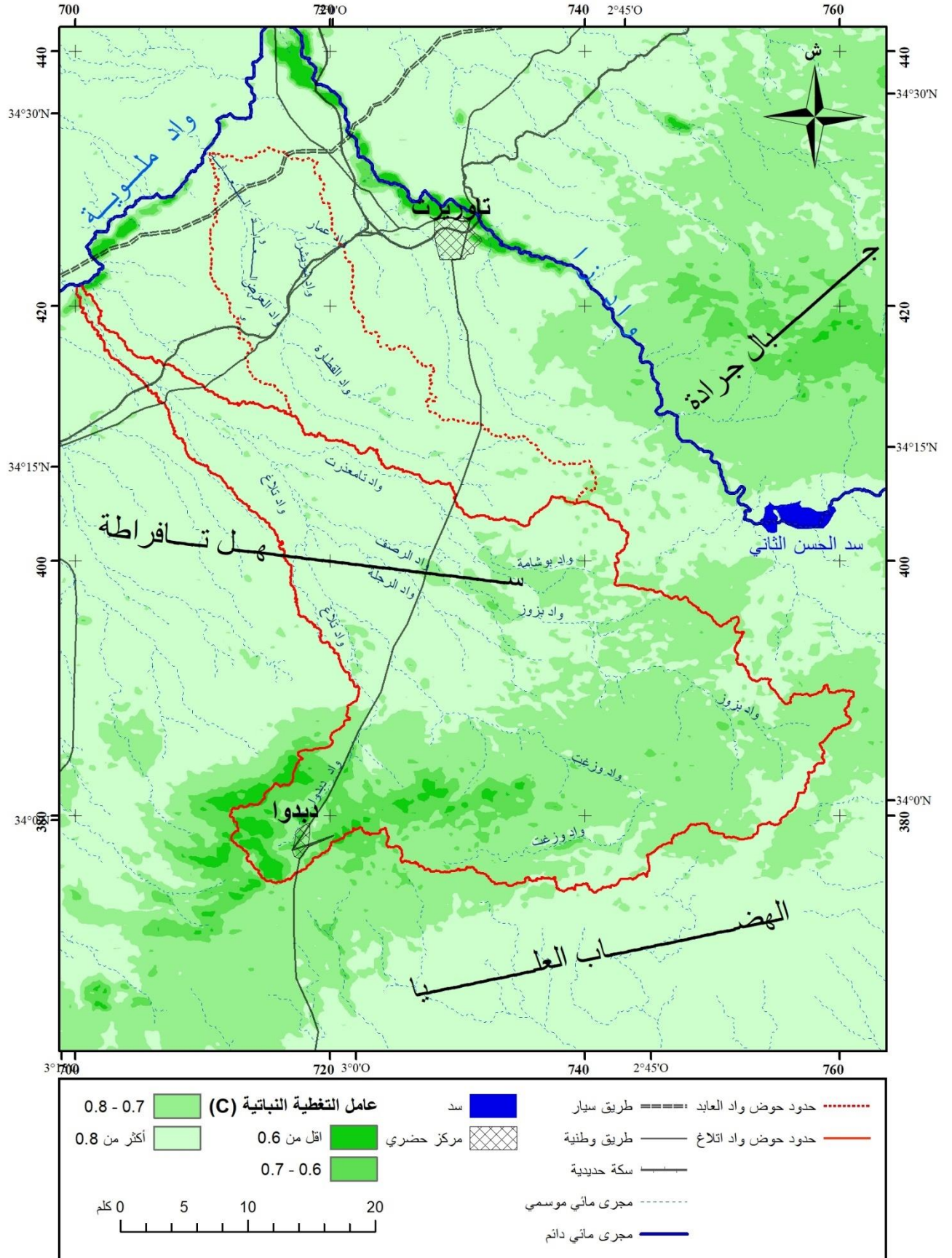
الشكل رقم 42: نتيجة ارتداد الدالة لعامل الغطاء النباتي (C) بدلالة مؤشر النبات المنضبط (NDVI)

انطلاقاً من الشكل رقم 42، حددت قيمة α في 0.47 و β في 0.99 (مواديلي واسباعي، 2020)

$$C = \text{Exp} \left[\frac{-0.47 \times \text{NDVI}}{0.99 - \text{NDVI}} \right] \quad \text{لتصبح المعادلة كالتالي:}$$

انطلاقاً من المعادلة ومتوسط قيمة مؤشر الغطاء النباتي، تم إنجاز خريطة عامل التغطية النباتية

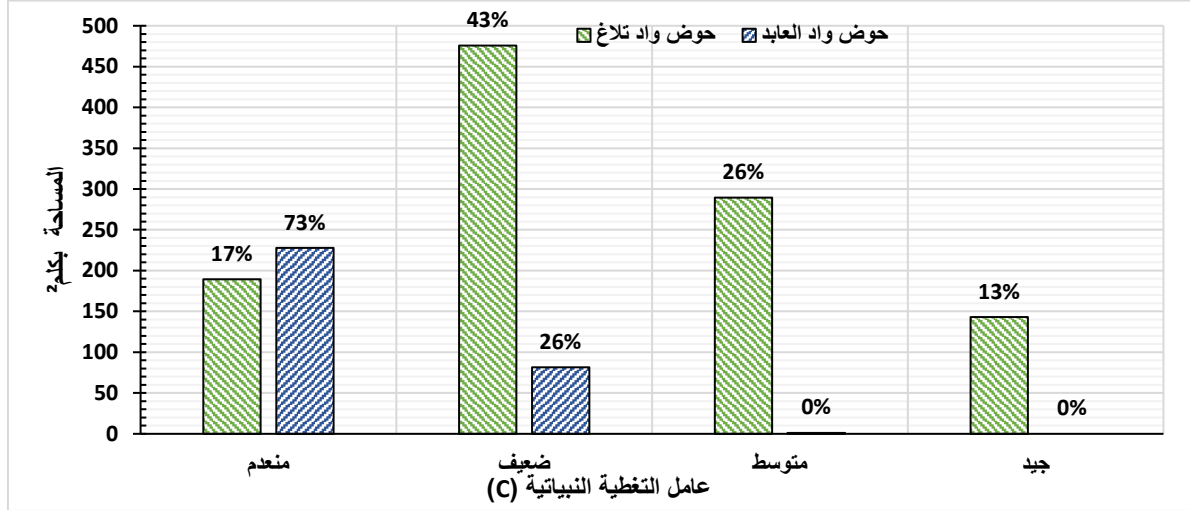
(الشكل رقم 43).



الشكل رقم 43: فئات معامل الغطاء النباتي (C)

المصدر: متوسط مؤشر التغطية النباتية لـ MODIS، الفترة مابين سنة 2000 و 2020.

يوضح الشكل رقم 43 والشكل رقم 44 أن القيمة أكبر من 0.8 تغطي على المجال وتمتد على سهل تَقْرَاطة، وتمثل 98% من مساحة حوض واد العابد أي 304 كلم² من أصل 310 كلم²، و48% من مساحة حوض واد اتلاغ، أي 522 كلم² من المساحة الإجمالية للحوض، هذا ما يعني أنه يتميز بقلّة الغطاء النباتي حيث أن قيمة المعامل كلما اقتربت من القيمة 1، إلا وكان الغطاء النباتي ضعيفا أو منعما، 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.

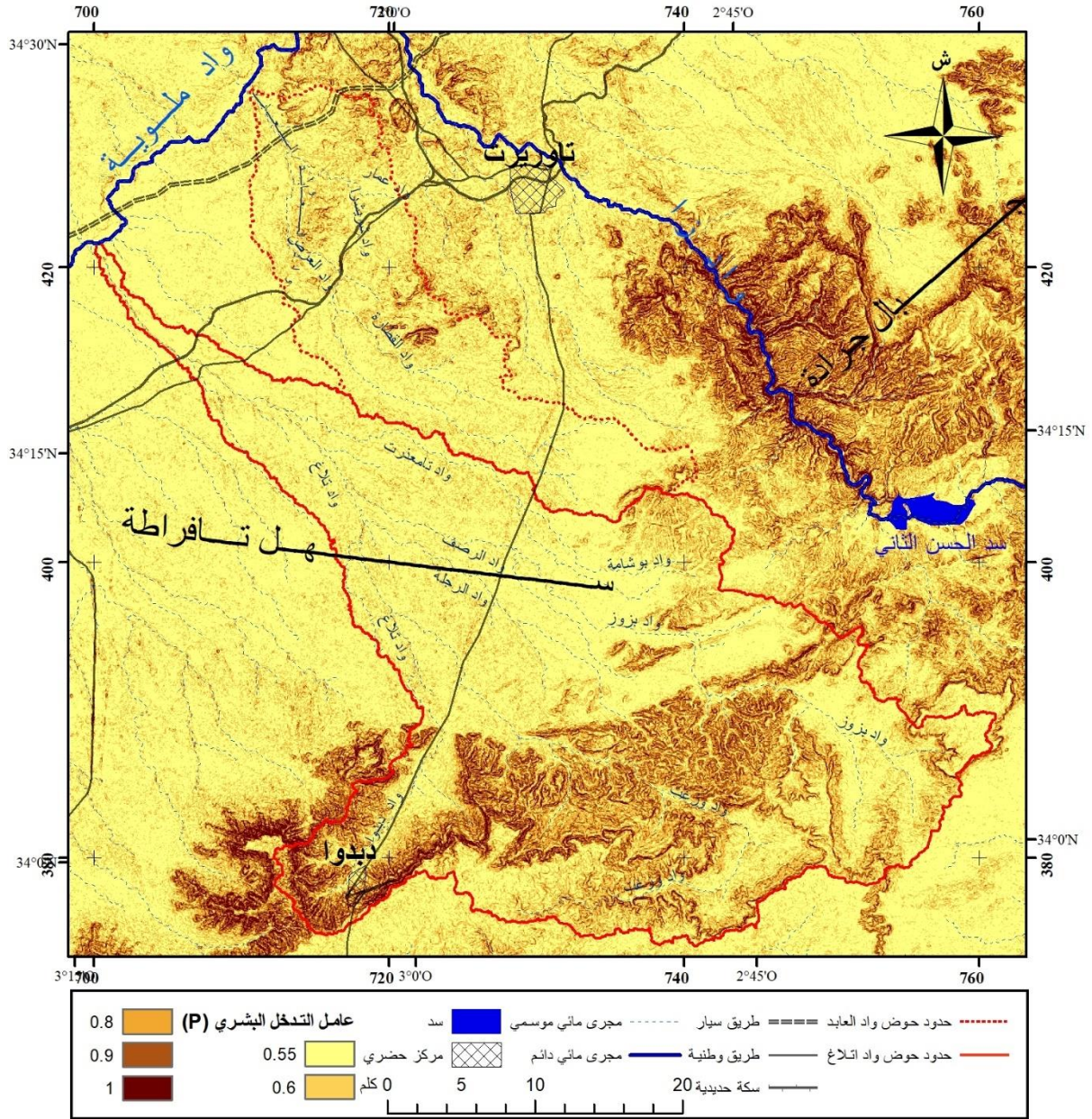
3_5: عامل التدخل البشري للحد من انجراف التربة (P)

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) كالاتي.

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

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

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).

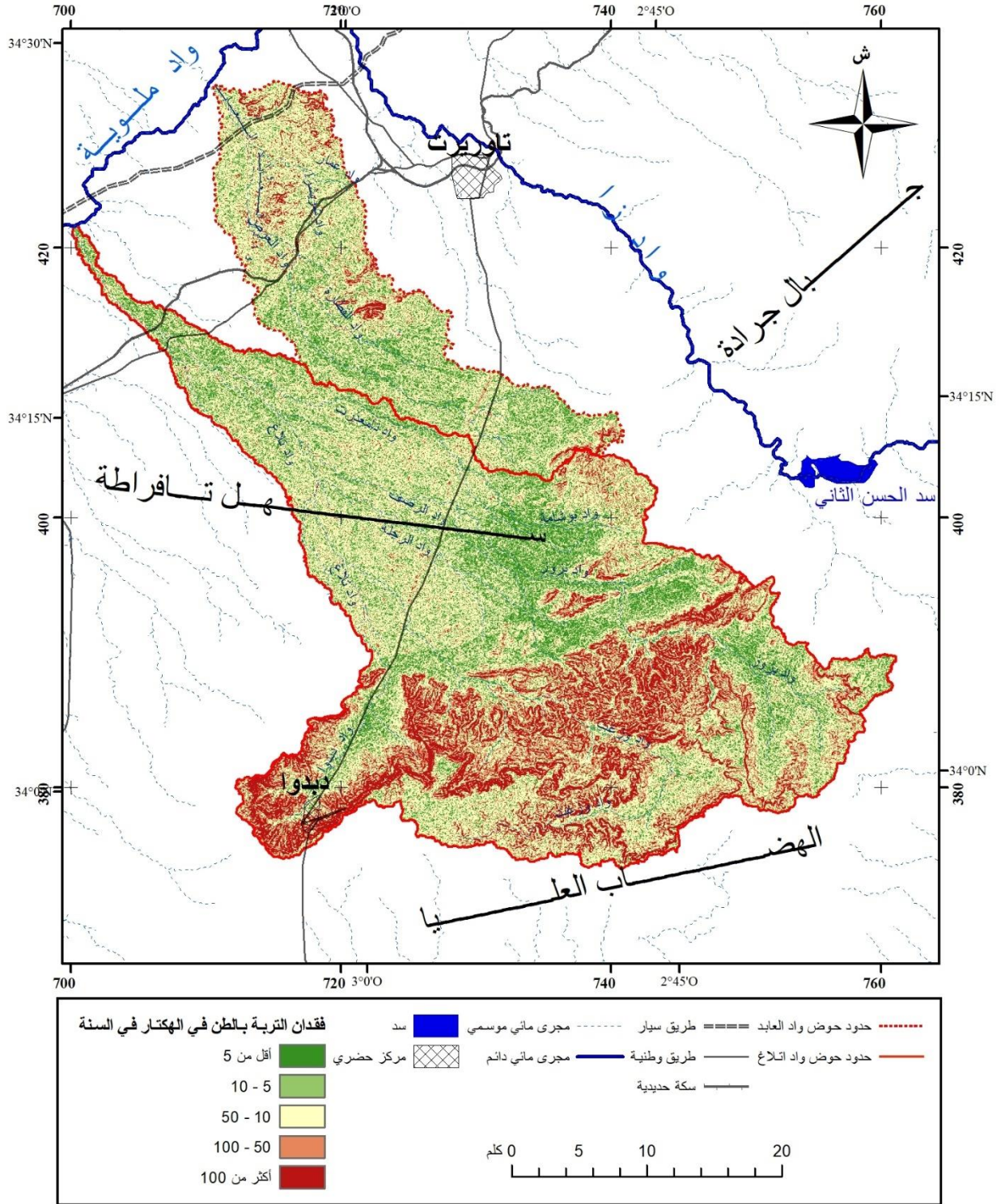


الشكل رقم 45: توزيع معامل التدخل البشري للحد من التعرية (P)

المصدر: النموذج الرقمي للإرتفاعات 30 متر.

4_ خريطة فقدان التربة

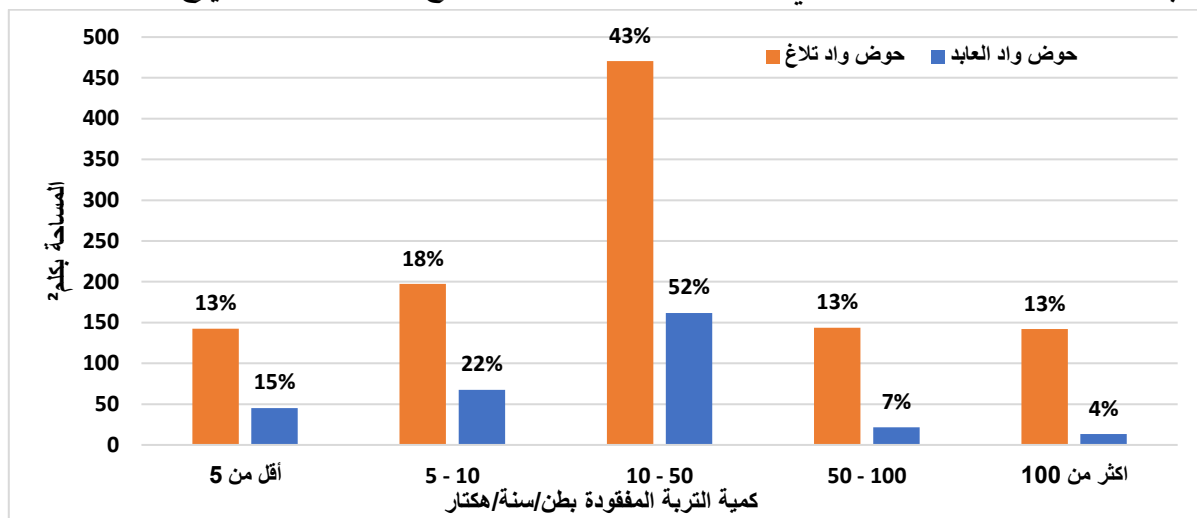
بعد حساب نتائج المعادلة (USLE) والمزج بين المعايير الخمسة، تم التوصل إلى خريطة انجراف التربة (الشكل رقم 46)، تم تحويل جميع الطبقات من الشكل الشبكي (Raster) إلى الخطي (Vector) للتمكن من حساب الخلية (بيكسل) بناءً على القدرة التمييزية لمختلف الطبقات (Sbai et Mouadili, 2021). وعليه فتم تقدير متوسط معدل الانجراف السنوي للتربة بـ 38.71 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 تفراطة. 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 تغيّر 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 بكم ²	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 بكم ²	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 الأخرى، 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 بـ 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 طن/ه/سنة) 18% من مساحة حوض واد اتلاغ و 22% من مساحة حوض واد العابد، أي بمساحة 67 و 197 كلم²، و 50 و 147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل أخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تتحصر كمية التربة المفقودة ما بين 10 و 50 طن/ه/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و 52% من مساحة حوض العابد، توافق أزيد من 630 كلم² (471 و 162 كلم²) 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، و 11% 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.

تتحصر كمية التربة المفقودة ما بين 50 و 100 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 كلم²، 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 13 كلم²؛ 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، و فقط 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 بـ 370 ألف طن خلال السنة، تتوزع على فقط 11% من مساحة الحوض التي تقدر بـ 3500 هكتار.

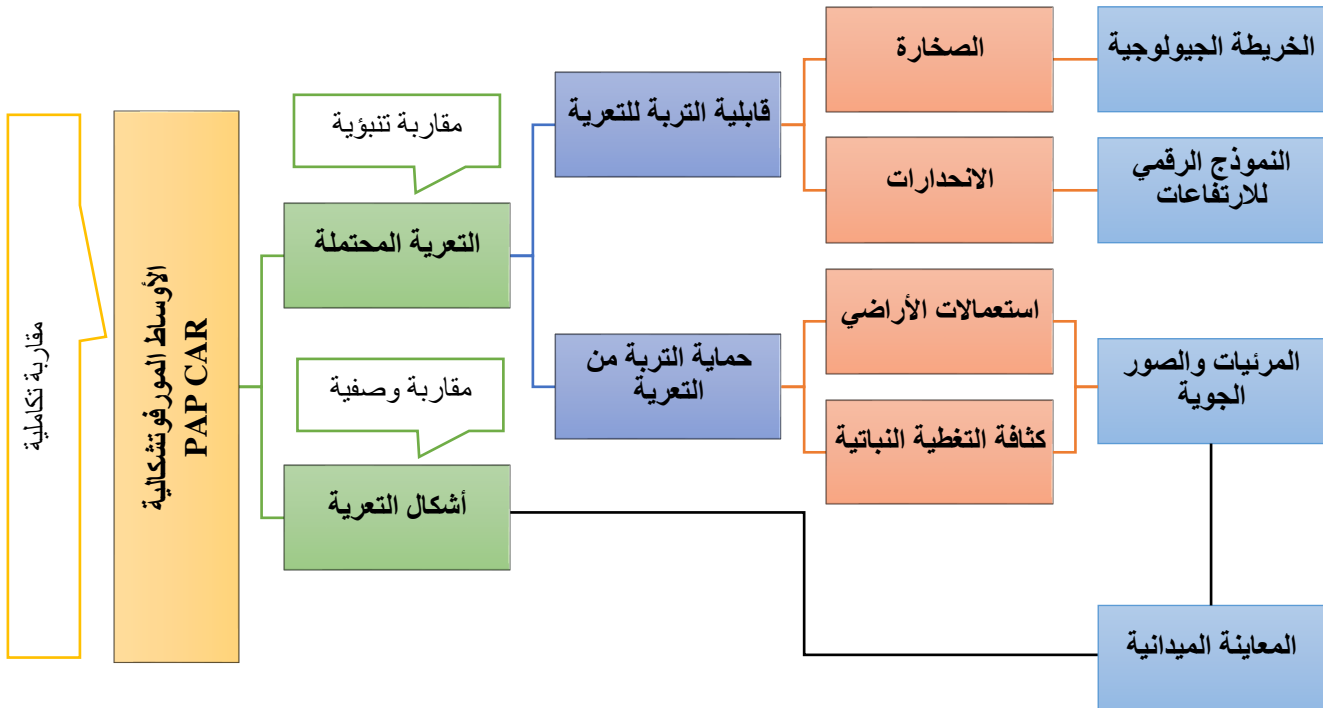
المحور الثاني: التقييم النوعي للتعرية من خلال نموذج PAP/CAR

نموذج PAP/CAR¹⁹ له أهمية كبيرة لاعتماده في دراسة التعرية المائية بالمجالات المتوسطة، 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 والفلحة، 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 المورفودينامية والمجالات 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 الكارطوغرافية للتقييم النوعي للتعرية المائية على استعمال نموذج PAP/CAR وفق ثلاث مقاربات، كما هو موضح في الشكل رقم 48، مقارنة وصفية، وأخرى 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

تتبنى هذه المقاربة على وصف وتمثيل مختلف الدينامية الحالية التي تنشط بالمجال، وذلك بالاعتماد على المرئيات والصور الفضائية والمعانية 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 المهدة أكثر بالتعرية المائية، كما هو مبين بالشكل رقم 48.

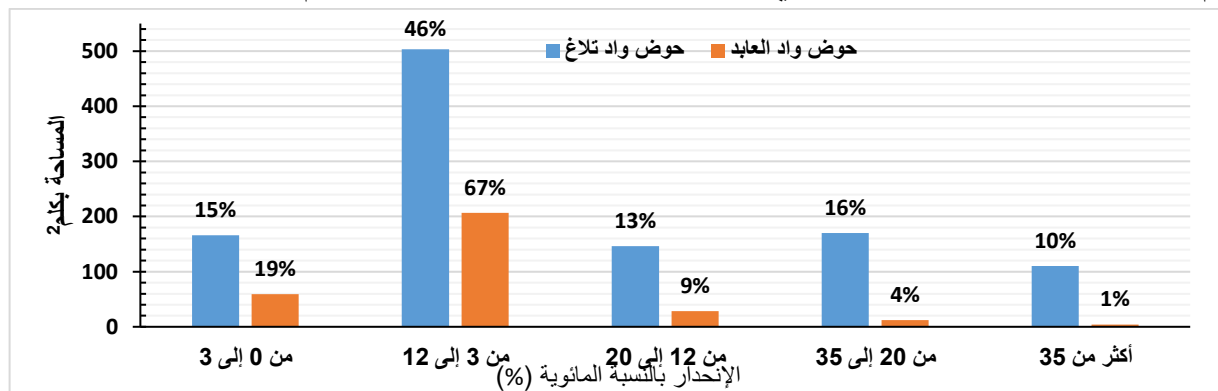
3_1: عامل الانحدارات

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

الجدول رقم 20: تقيئ الانحدارات حسب نموذج PAP/CAR

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

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



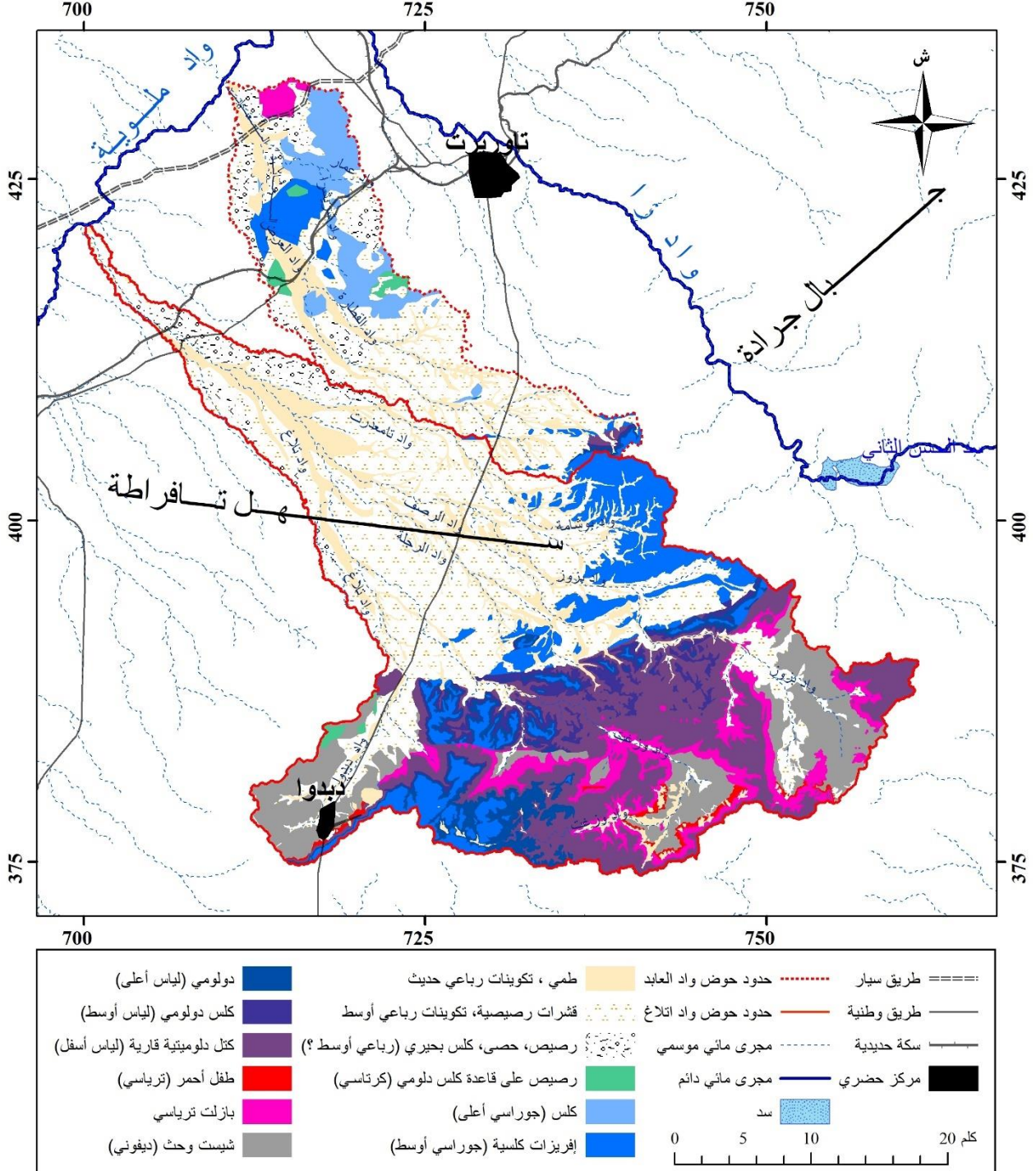
الشكل رقم 49: الانحدارات بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR

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.

2_3: عامل الصخارة والتربة

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



الشكل رقم 50: التكوينات الصخرية لحوضي اتلاغ والعابد.

المصدر: الخريطة الجيولوجية دبـو وتاويرت وحسيان الدياب 1/100000 ووجدة 1/500000

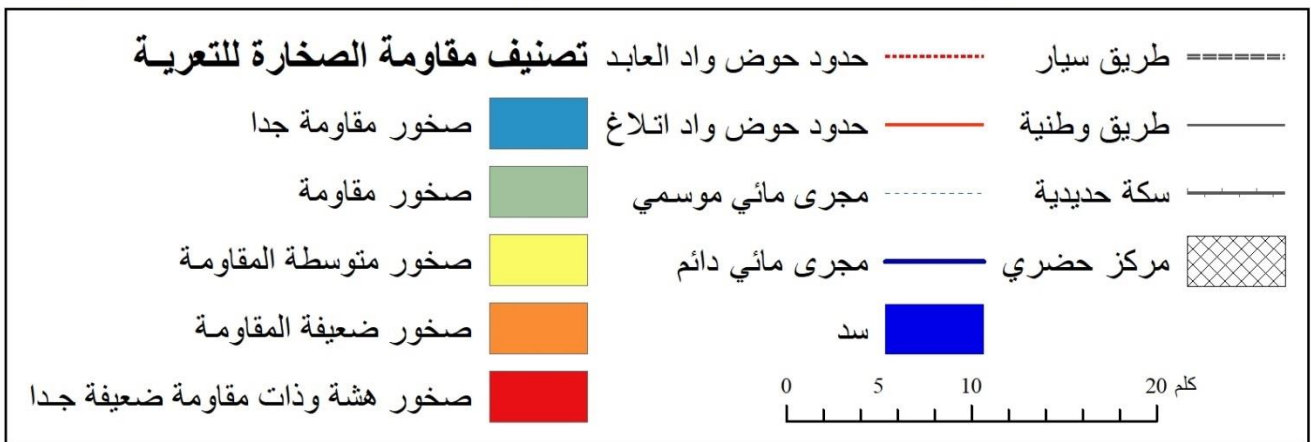
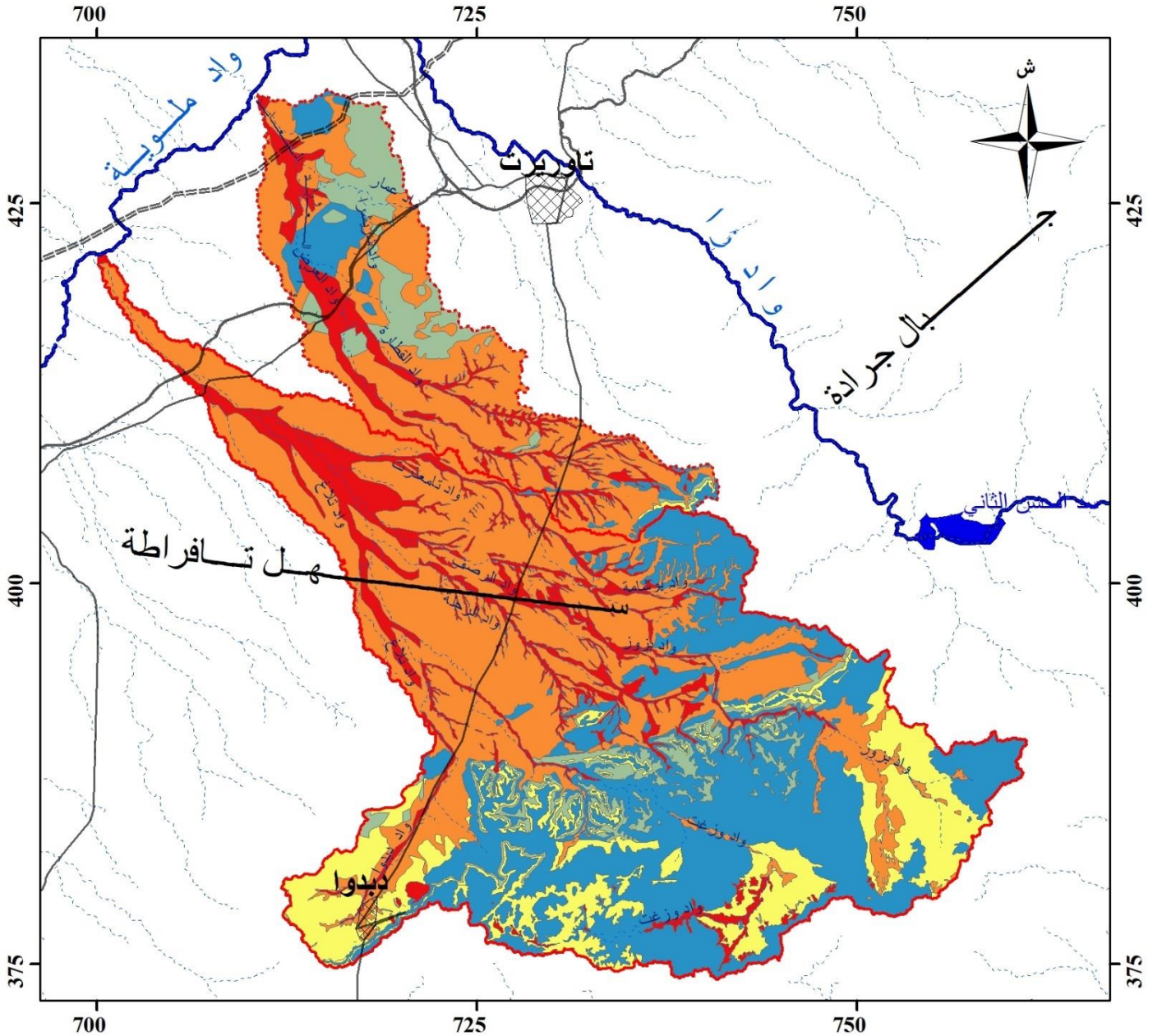
يتبين من الشكل رقم 50 أن سهل تَقْرَاطة تسود به التكوينات الرباعية الحديثة، وهي ضعيفة المقاومة للتعرية، ماعدا بعض التكوينات الجوراسية في سافلة حوض واد العابد، وفي عالية حوض اتلاغ توجد صخور متماسكة كالكلس والدلومي والصخور النارية، وبعض العروق، وبالتالي هي الأكثر مقاومة للتعرية، ثم بعض المناطق في العالية تتميز بصخور وترب متوسطة المقاومة، وهي ضعيفة التماسك مثل شيبست 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

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

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 لتاويرت ودبدو وحسيان الدياب، والخريطة الجيولوجية لوجدة 1/500000.

يتبين من الشكل رقم 51 أن 747 كلم² من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة صخور هشة وضعيفة المقاومة. الصخور المتوسطة المقاومة لا تشكل إلا 171 كلم²، ثم الفئة المقاومة والشديدة المقاومة تشكل حوالي 487 كلم² من مساحة المجال.

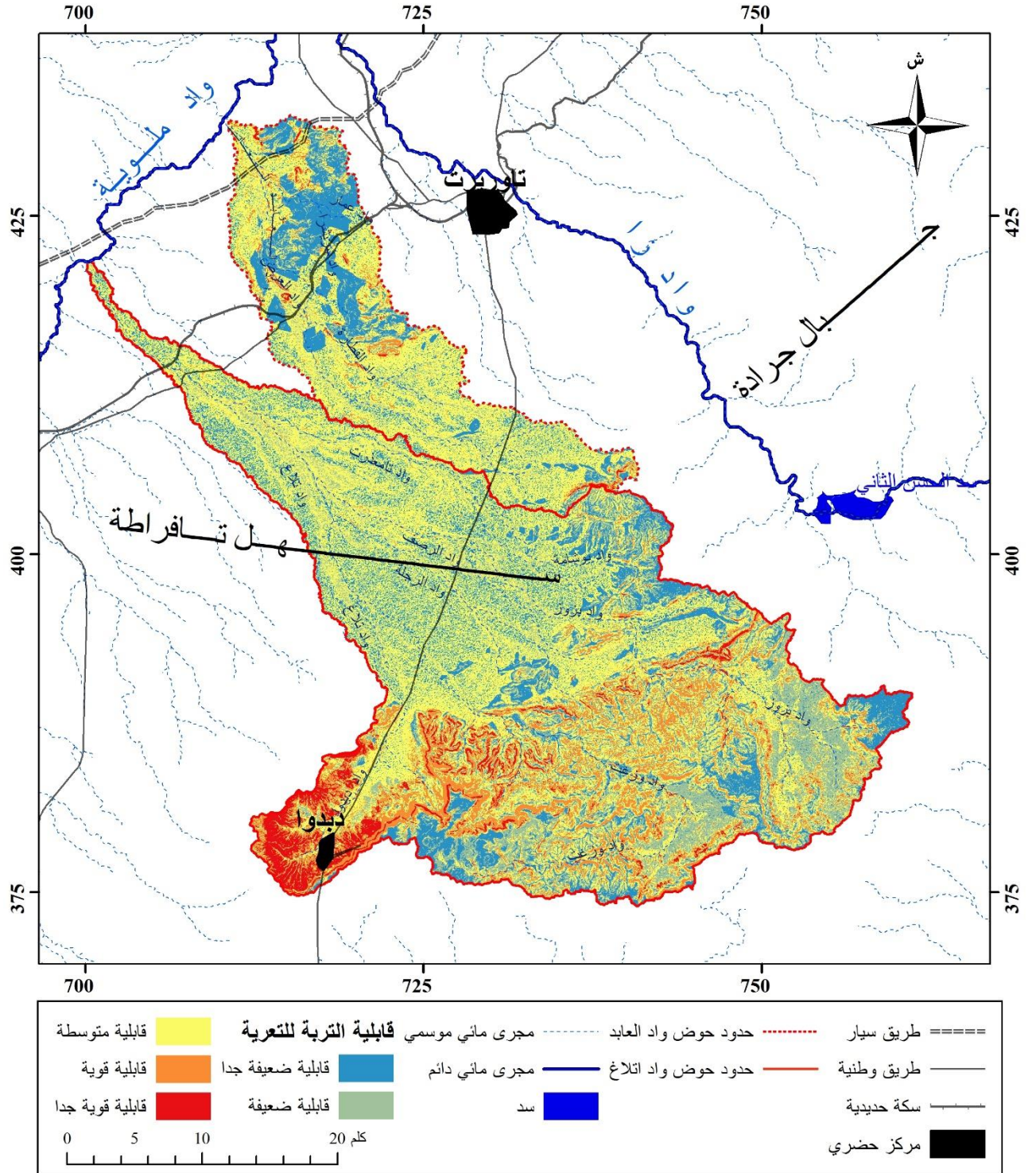
3_3: قابلية التربة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR.

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 والصخرة

أنواع التربة والصخرة					الانحدارات	
5	4	3	2	1		
2	1	1	1	1		1
3	3	2	1	1		2
4	4	3	2	2		3
5	5	4	3	3		4
5	5	5	4	4	5	

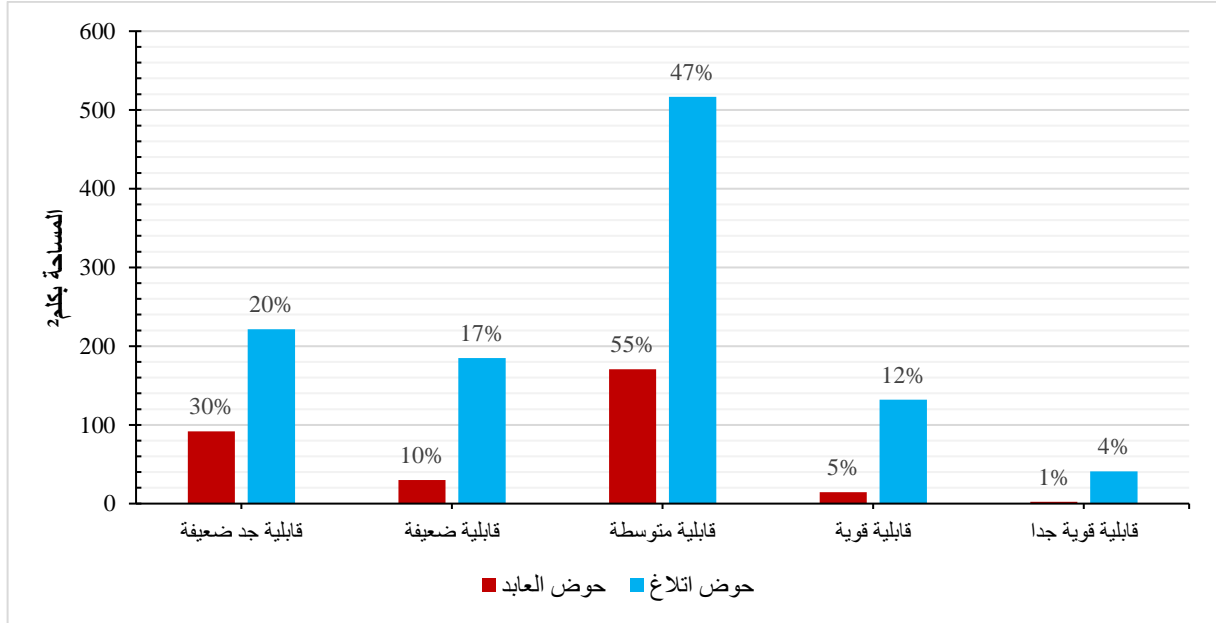
تبعاً لهذه الطريقة، تم استخلاص خريطة قابلية التربة للتعرية بحوضي اتلاغ والعابد، وذلك وفقاً لنموذج PAP/CAR، وتم التوصل إلى الشكل رقم 52.



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 تفرطة. 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 كلم² من المساحة الإجمالية، وقابلية التربة للتعرية المتوسطة تتعدى 500 كلم² بحوض اتلاغ بنسبة 47%، وأكثر من نصف مساحة حوض العابد حيث وصلت إلى 55% من مساحته أي 170 كلم²، 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.

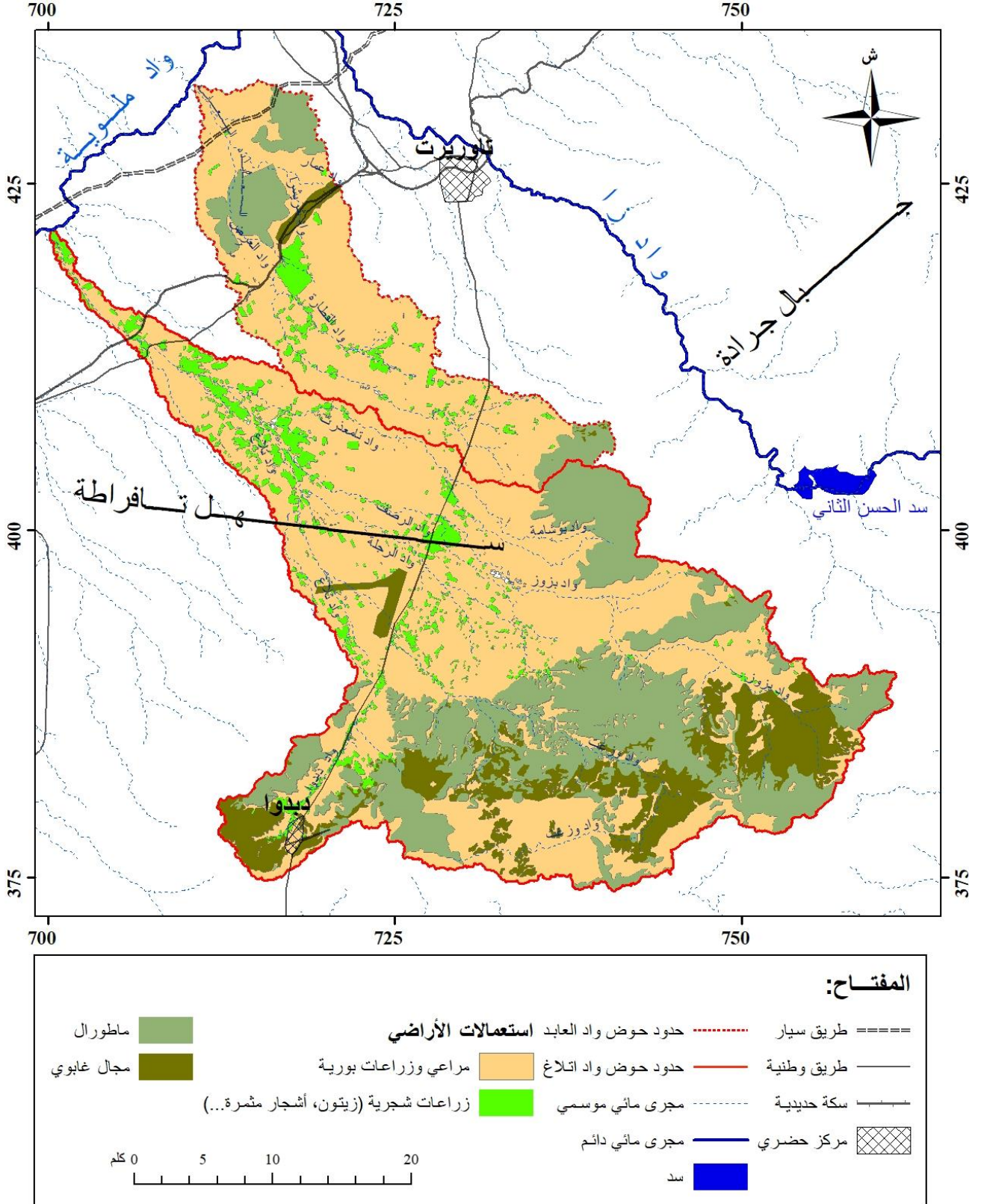
3_4: استعمالات الأراضي

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 استعمال الأراضي تبعا لنموذج.

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	ماتورال
5	مجال غابوي

انطلاقاً من معامل استعمالات الأراضي لنموذج PAP/CAR والمرئيات الفضائية، والخرائط المتوصل إليها سابقاً (الشكل رقم 41: خريطة التصنيف والشكل رقم 18: خريطة الغطاء النباتي)، تم التوصل إلى خريطة استعمالات الأراضي وتصنيفها حسب 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 تقراطة زراعات شجرية منتظمة أغلبها ظهر في العقد الأخير، وهي تشكل 5% من مساحة المجال المدروس، وتندمج معها أحيانا الزراعات المسقية المتعلقة بالكأ أو الخضروات، ونادرا ما تكون معزولة عنها حيث أنها لا تشكل نسبة تقل عن 1%، ثم الغابة المتدهورة (الماتورال) والحلفاء المتدهورة، والنباتات القزمية تشكل ربع المساحة تقريبا، وتقابل المعامل 4 من النموذج، وتتنوع 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 تقييئ 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

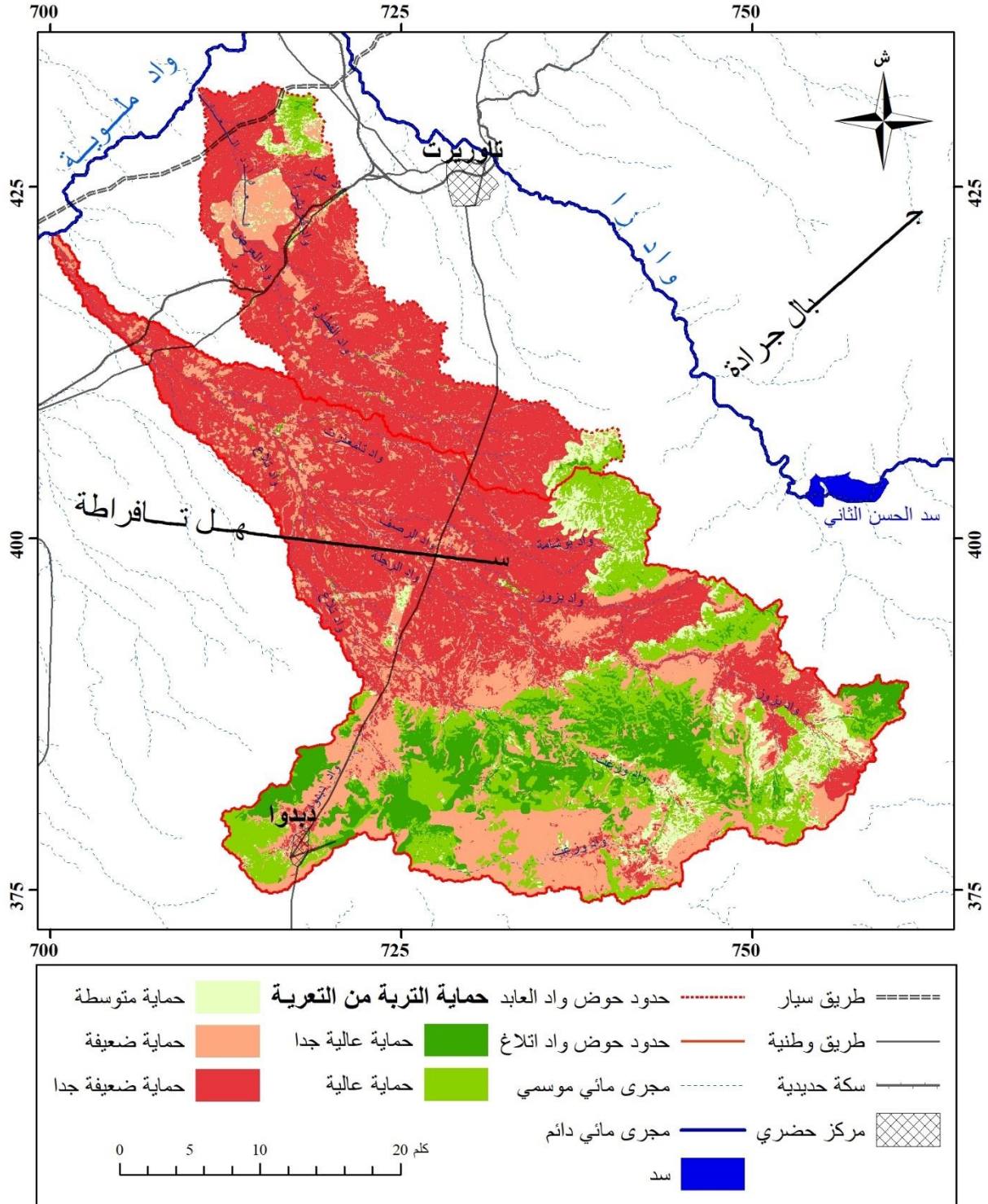
3_6: حماية التربة من التعرية حسب نموذج PAP/CAR.

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 دمجها وفق الجدول رقم 25.

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

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

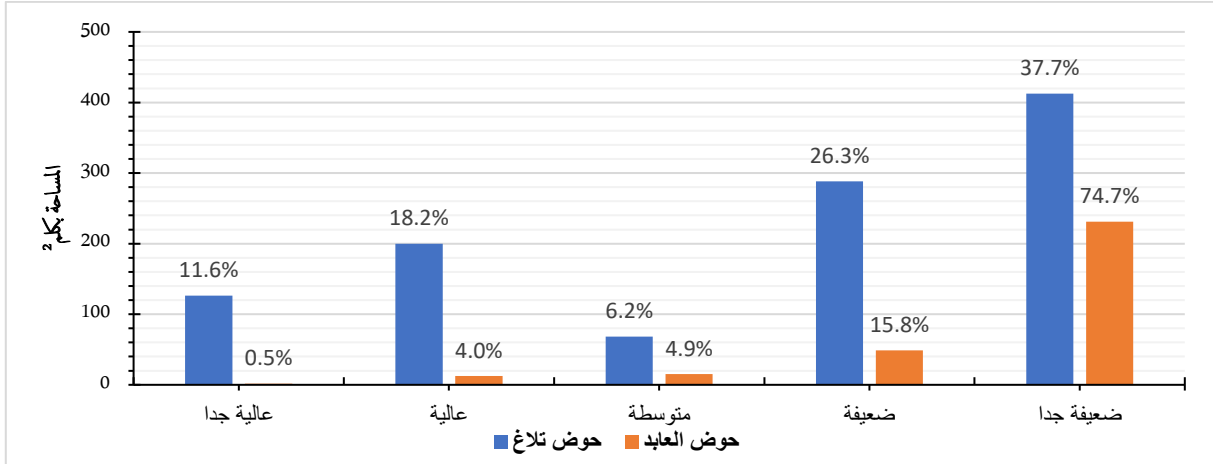
انطلاقا من كثافة التغطية النباتية واستعمالات الأراضي، وبعد دمجها حسب الطريقة بالجدول رقم 25، تم التوصل إلى النتيجة الممثلة في الشكل رقم 55.



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 تفرطة 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 كلم² 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 كلم²، 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 كلم²، وأغلبها بجنوب الحوض بالمناطق الجبلية.

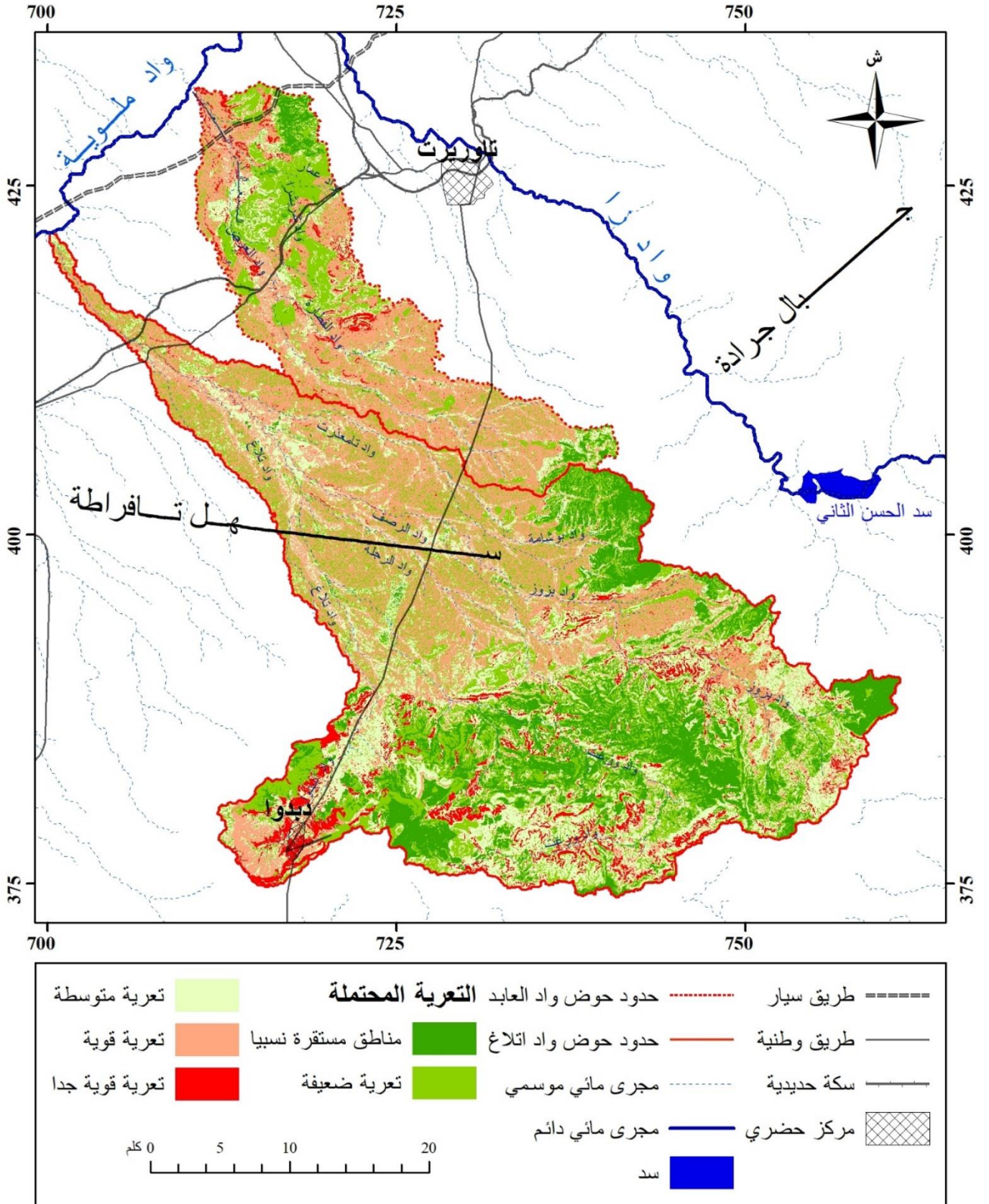
3_7: التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR.

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.

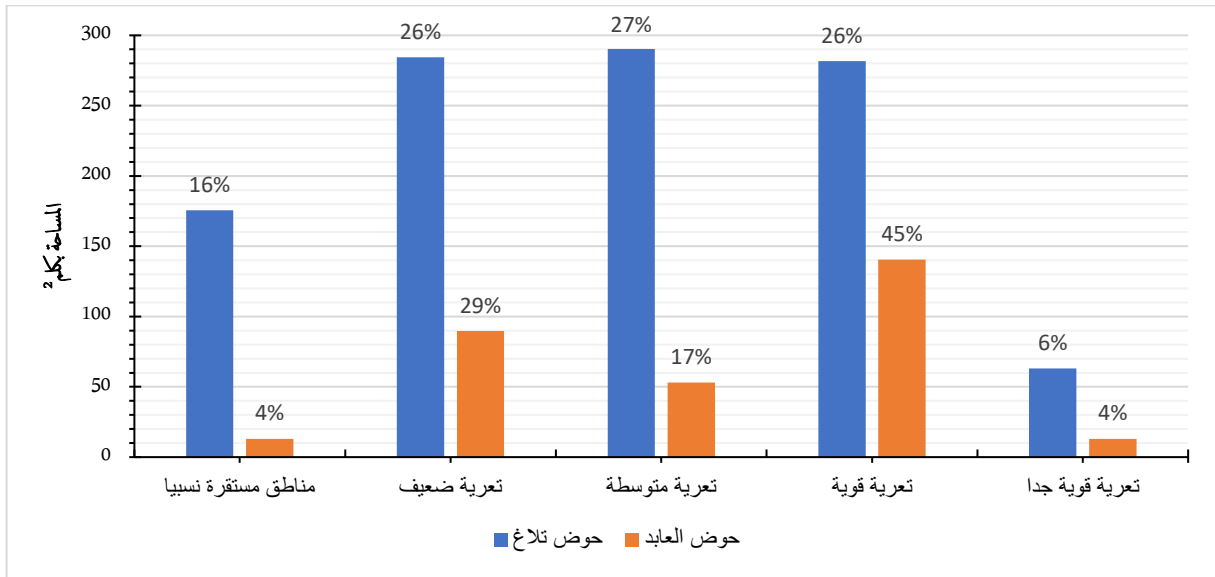
قابلية التربة للتعرية					من التعرية حمية التربة
5	4	3	2	1	
2	2	1	1	1	1
4	3	2	1	1	2
4	4	3	2	1	3
5	5	3	3	2	4
5	5	4	3	2	5

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 بسافة حوض العابد تبعا للتكوينات الصخرية الطفلية الهشة. وتسود التعرية القوية في سهل تفرطة، ويعزى ذلك لنمط استغلال المناطق المحروثة والرعية، ثم التكوينات الرباعية الحديثة الهشة. وجزء آخر من سهل تفرطة 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 سافة حوض العابد وجنوب وسط حوض اتلاغ، كما أنه تتباين التعرية المحتملة بالحوضين من حيث المساحة ويتضح هذا من الشكل رقم 58.

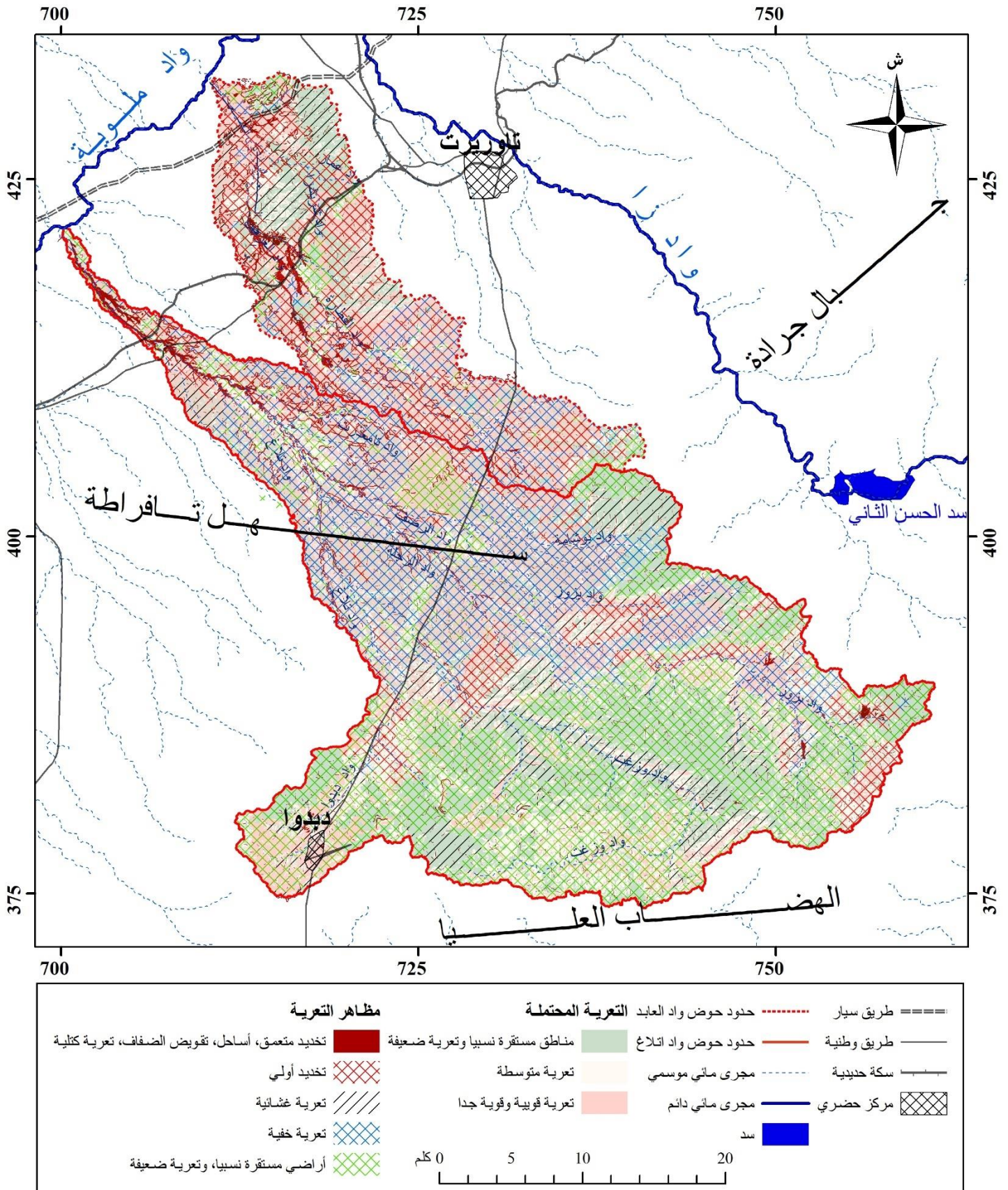


الشكل رقم 58: مساحة التعرية المحتملة بحوضي اتلاغ والعابد حسب نموذج PAP/CAR.

تتوزع مساحات التعرية المحتملة حسب نموذج PAP/CAR انطلاقا من الشكل رقم 58 على الشكل التالي: 4% من مساحة حوض العابد؛ حوالي 13 كلم²، و6% من مساحة حوض اتلاغ، أي 63 كلم² تعرف احتمال تعرية قوية جدا، وحوالي 420 كلم² 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 كلم² من مساحة المجال؛ وتشكل التعرية الضعيفة 373 كلم²، أي 27% من مجموع المساحة المدروسة. المناطق المستقرة لا تهم إلا 13% من المساحة أي ما يعادل 188 كلم²، موزعة على 4% فقط من حوض العابد و16% من حوض اتلاغ تبعا للمناطق الأكثر حماية بالغطاء النباتي والعوامل الأخرى كما تمت الإشارة إلى ذلك سابقا.

4_ : المقاربة التكاملية (الأوساط المورفوتشكالية)

هذه المقاربة هي الأخيرة في نموذج PAP/CAR حيث تتم فيها مراعاة 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 الخريطين، 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.

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

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 كلم² من مجموع 1406 كلم² 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، ثم أن متوسط التربة المفقودة هي 37.64 طن/ه/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و 32.23 طن/ه/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 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 بـ 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 طن/ه/سنة) 18% من مساحة حوض واد اتلاغ و 22% من مساحة حوض واد العابد، أي بمساحة 67 و 197 كلم²، و 50 و 147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل أخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تنحصر كمية التربة المفقودة ما بين 10 و 50 طن/ه/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و 52% من مساحة حوض العابد، توافق أزيد من 630 كلم² (471 و 162 كلم²) 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، و 11% 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 المنقطعة في الوسط، وجنوب حوض واد اتلاغ بالأخص في الجنوب الغربي.

تنحصر كمية التربة المفقودة ما بين 50 و 100 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 كلم²، 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 13 كلم²؛ 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، و فقط 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 بـ 370 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 أخرى ولا سيما في المناطق التي يغلب عليها طابع الارتفاع. ينضاف إلى ذلك غياب المعطيات والخرائط الدقيقة التي تساعد على مقارنتها 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 المعقدة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكما، ولكن للتعبير عن الواقع الملموس والكلبي بشمولية أدق، لا بد من دراسة حالات التعرية الموضعية التي يمكن أن تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف المرات، مقارنة مع تكميم التعرية الغشائية.

تبين أن 747 كلم² من المساحة الإجمالية لمجال الدراسة (1405 كلم²)، تتميز صخوره بالهشاشة والضعيفة المقاومة. أما الصخور المتوسطة المقاومة لا تشكل إلا 171 كلم²، ثم الفئة المقاومة والشديدة المقاومة تشكل حوالي 487 كلم² من مساحة المجال. كما تبين 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. يسود المجال الأراضي البورية المتعلقة بالحرث لزراعات موسمية، والمراعي حيث يشكل هذا الصنف أقل بقليل من ثلثي مساحة المجال المدروس، ثم تتخلل وسط سهل تقراطة زراعات شجرية منتظمة

أغلبها ظهر في العقد الأخير، وهي تشكل 5% من مساحة المجال المدروس، وتندمج معها أحيانا الزراعات المسقية المتعلقة بالكلاً أو الخضروات، ونادرا ما تكون معزولة 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، وتتنوع 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%. كما تبين أن أزيد من 90% من مساحة حوض العابد، و64% من مساحة حوض اتلاغ 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 تَفْرَاطة، ثم مظاهر أخرى كالتخديد المعمم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبة 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: القىامس المباشرفى المىءان من ءلال المقلء المصرى

(ءقىىم التعرىة المائىة السءءىة باءءعمال المقلء المصرى RAMP)

مقءمة

ىءءلب البءء فى ءىنامىة وءط ما ءاصة ظاهرة ءءهور الناءء عن التعرىة المائىة، ءءساؤل عن أسباب هءة الظاهرة، ومىكانىزماءها، وظروف نشاءها، والمشاكل الناءمة عنها، كما ىءءلب فهما ءىءا للسلوك الهىءرولوىءى بالءربة. وءلك من ءلال ءءىء كمىة المىاه المءسربة، وءلك الءى ءضىع بفعل السىلان، وءؤءى إلى إزالءة العناصر ءءىقة والمواء العضوىة. إلا أن ءءبع أسالىب هءة ءىنامىة ءءء الأمطار الطبىعىة، ىءءلب سناء طوىلة من ءءاسة والاءءظار، بالإضافة إلى ءوفر ءءهىزاء ضءمة. وءءاوز هءة الصعوباء، ءم الاقءصار على ءقنىة ءءقلء المءرى فى قىاس التعرىة على مسءوى المشاراء ءءربىة الصءىرة بمساحة 0.5م²، والءى ءمءل ءزءا صءىرا من السفء فقط. فرغم كونها لا ءمءل ءقىقة نءاءء التعرىة على مسءوى السفء بأءمءه، فهى ءسمء إلى ءء ما بءءبع عملىاء ءسرب الماء ءءل ءربة، وضبء مراءل وءءباء انءلاق السىلان، ومءة ءءبلل (مواءىلى وأءرون، 2019_ا). كما ءمكننا فى مقارءة ءالاء السءء من ءىء أنوء ءرباء، أو ءسب أنماط الاسءءلال ءءء نفس الظروف الطبىعىة.

وفى هءا الإءار، ءم الاعءماء على ءقنىة (Roose, 1996) باءءعمال المقلء المءرى الءىوى فى عملىة القىاس، الءى ءءلءص أهم مزالاه الإءءابىة فى سهولة ءطبىقه فوق انءءاراء قوىة، كما أنه لا ىءءلب كمىة كبىرة من الماء، علما أنه لا ىءلو من سلبىاء أهمها: ءىاب ءءاسة الطاقة ءركىة للقطراء المائىة المءساقطة، وءءة ءءساقطاء، وإمكانىة رش القطراء ءارء المشارء بفعل الرىاء. وءعء القىاساء على سبعة وءلأءىن مشارء ءءربىة بمءال ءءاسة، ءءمىز بءصائص طبىعىة مءءلفة (طبىعة ءربة، وءرءة الانءءار، وءءوءىه...)، وبأنماط اسءءلال مءءلفة ءءلك (مءسرىة، وبوار، ومزروعة، وءطاء نباتى).

1_ : المفاهيم وطريقة العمل

التسرب: استعمل مصطلح التسرب أو الرش 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 الاسم 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 محددًا 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، سعياً وراء تطوير الجهاز، حتى يسمح بدراسة الظواهر بشكل جيد وعملي.

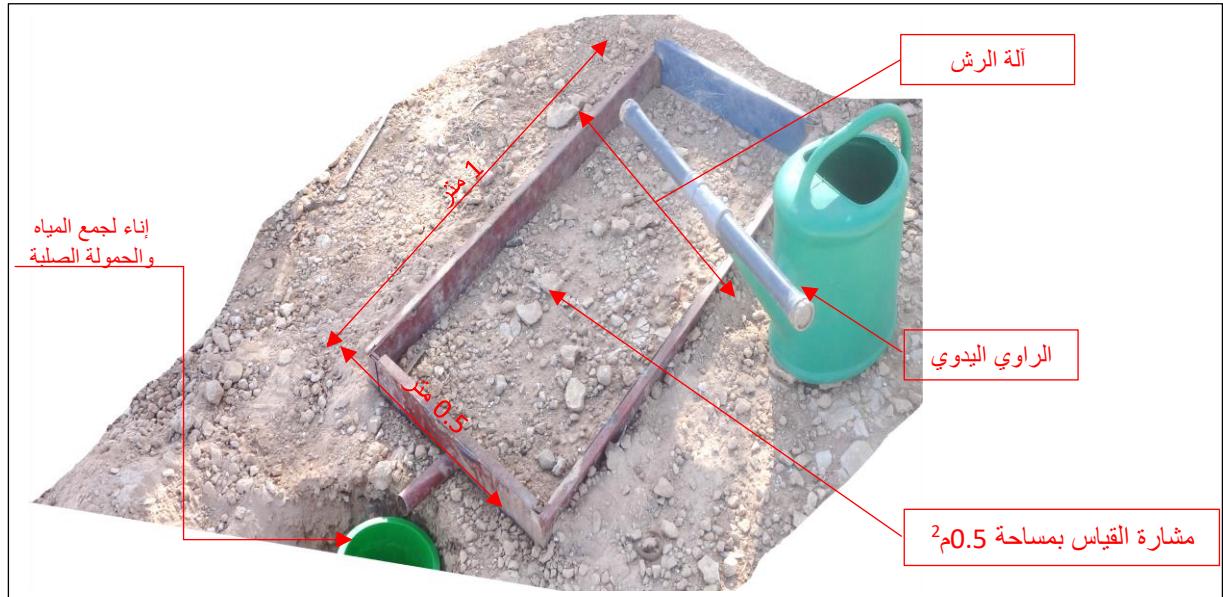
ومن هذه المقلدات هناك:

- 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 المدرس، 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 تبسيطاً للمقلدات المطرية، ويسمح برش قطرات نسبياً 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 ثقب تبعد الواحدة عن الأخرى 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، خصوصاً 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.

ءءلص سلبىاء هءا الآهاز فى النقط ءالآىة، الئى ءعطى نءائآ ؤبىر ءابءة:

- طرىقة الرش قء ءكون منقءعة وؤبىر منءظمة.
 - ؤءوء بعض ءأارآء الآفبف للراوى الئىوى أثناء الرش عن المسءوى الطببىعى المءءء له بآمبىع المشارء، وءلك بسبب العبآء.
 - عءم ءقة طاقء القطراء (القوة / السرعة).
 - آزء من السفآ لا ءمءله كله، قء لا بصل إلى المصب، ولا إلى المآرى.
 - هبوب الربآ أثناء ءآربءة...
- لكن رعم ءءكم فى العنف المطرى، وما لهذا المقبآس من سلبىاء مءكورة، فقء شكل بءبلا اعءمءناه أساسا لقبآس وءكمبى العءربىة بملكال ءءراءة.

2_1: طرىقة القبآس آسب أنماط الاسءغال والمراآل المءبءة

ءهءف ءءراءة إلى ءءبع ءببراء ءءسرب فى علاقتها بأنواع ءربة وباسءعمال الأرض ونمط الاسءغال، ءآارب ءمء فوق أراء مآروءة، وآآرى مسءربآة، وأراء مهبورة أو المسءربآة لمة طوبىلة، وأراء بوار، إءافءة إلى أراء بها عطاء نباءى، وءربة مآءلفة وءرآة انآءار مآءلفة.

وكانء كل ءآربءة ءم فى ءلآ مراءل أساسىة:

- ءم المراءة الأولى بءراءة آالة السطح،
 - المراءة ءالآىة ببءاءة الرش ءآرببى إلى ظهور أول آربآن سطحى،
 - المراءة ءالآة فءبءاً بظهور الآربآن وءءببى نظرىا عءءما بصبآ آبم الماء الآربى ءابءا.
- فقء ءوقفنا من الناءىة ءآربببىة على رش 1ل/ءءببقة لمة 10 ءقائق بعء ظهور أول قءرة آربآن سطحى، أى 10 لءر/10 ءقائق، مما بآاكى 60 لءر فى الساعءة فى 0.5 م²، أى عنف مطرى بقر ب120 ل/م²س.

المراءة الأولى فى القبآس

بم فى المراءة الأولى ءءبء موقع المشارء آسب نوعها (نوع ءربة، ءءوببىه، نمط الاسءغال، ءموضعها ...)، وءءبء إءءائآءها بآهاز ءءبء المواقع الئىوى أو الءاءف ءلكى، ءم قبآس ءرآة الانآءار وءءبء اءآاه وءوببىه المشارء (الصورة رقم 26)، وآشونة السطح (الصورة رقم 27)، وقبآس النفاذىة (الصورة رقم 28) ءم آءء عبنة من ءربة (الصورة رقم 34)، وقبآس ءماسك ءربة بمقبآس الاآءراق أو مقبآس الضغط لءءبء مفاومة آءراق ءربة (الصورة رقم 29)، ءم ءءبء ووصف آالة 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 Pénétrömètre 1kg/1cm² type

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

لوصف حالة سطح التربة على مساحة 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 بالتبسيب أو الحرث؛ الجحور التي تحفرها الحيوانات المجهرية.

تحتسب النسبة المئوية التي تمثلها كل من السطوح المغلقة والسطوح المفتوحة، وهذه النسب المئوية 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 مساحة 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 للمشاركة

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 29 ستمبر 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 التبلييل، وذلك بطريقة منتظمة ومتتالية حتى الزمن (t_n) .



الصورة رقم 32: ظهور القطرات الأولى من السيلا

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 مشاركة القياس (الصورة رقم 34)، ثم قياس عمق التسرب (الصورة رقم 35)، ثم المواد التي تخرج مع السيلان من المشاركة واختبارها قصد تحديد نسبة الأطنان، والظمي، والرمل، وإن اقتضى الأمر تحديد نسبة المادة العضوية بها. ونظرا لظروف وصعوبة تتبع هذا العمل في ظل غياب التقنيات والوسائل الأخرى المتبعة لمعالجة كل الإشكاليات المرتبطة بقياس التعرية في نفس المشاركات 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 شتبر 2019.



الصورة رقم 35: قياس عمق التسرب

المصدر: عمل ميداني بتاريخ 29 شتبر 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 علاقتها بالزمن بالنسبة لكل مشاركة تجريبية؛ علما أن معظم الأبحاث التي تدرس النفاذية أو التسرب (شاكر (1998)، وفالح، (2004)، وأبهروور (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، وعنق التساقطات المطرية...؛ أما العوامل البشرية فتتجلى في أنماط الاستغلال التي تتحكم أساسا في السلوك الهيدرولوجي للتربة.

وقد تم الاعتماد لقياس حدة النفاذية والسيلان بالمشارطات التجريبية التي تم اختيارها في ظروف طبيعية مختلفة، وبأنماط استغلال مختلفة أيضا، على المقعد 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 التآرجح أحيانا في الإيقاع المستمر لعملية الرش بالماء على مدى 10 دقائق.

وانطلاقا من النتائج المحصل عليها تجريبيا، ونتائج التحليل المخبري بمختبر الجيومورفولوجيا 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 الهيدرودينامي 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 دراسة العناصر التالية:

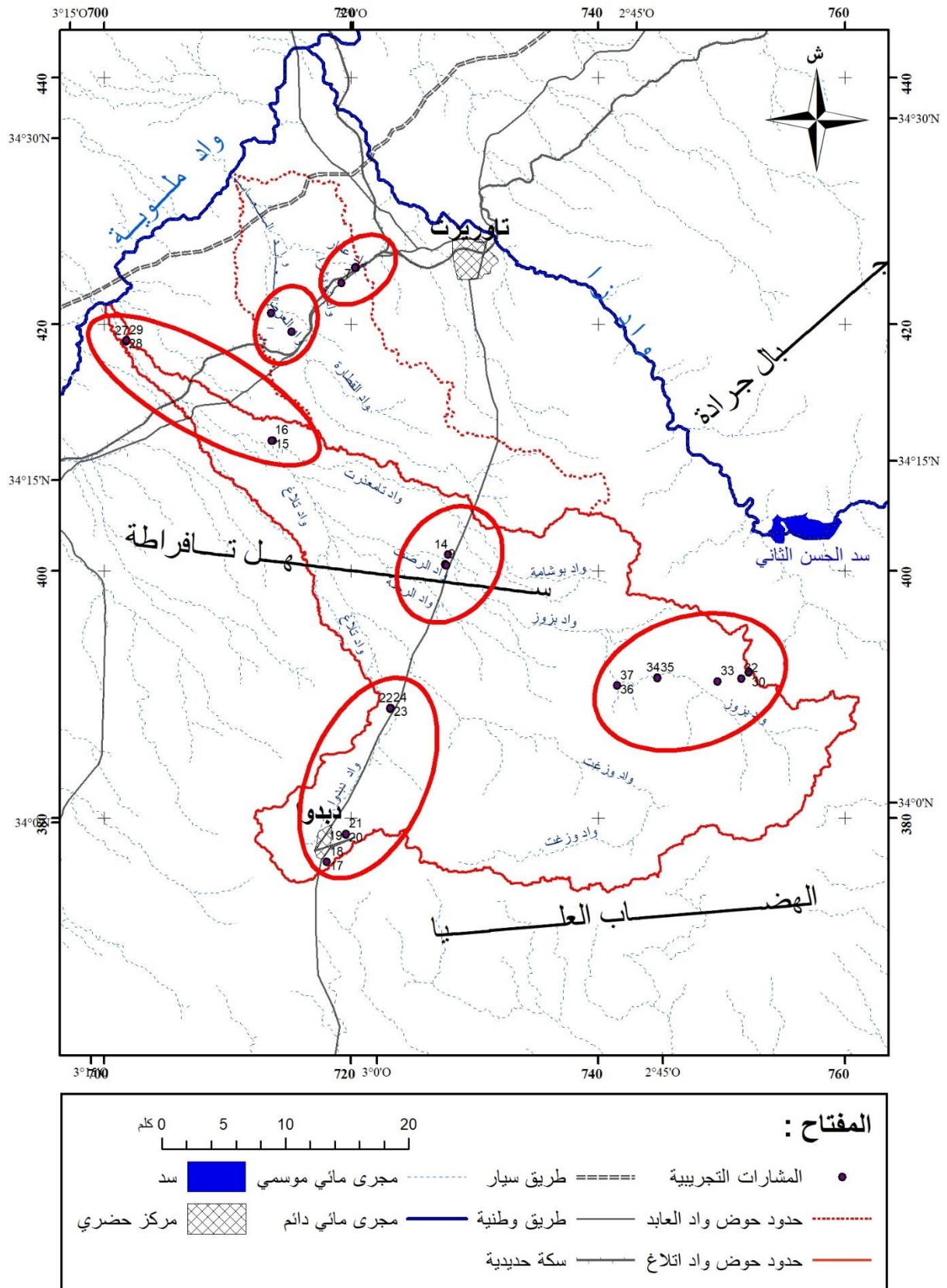
- تحديد مدة وكمية المياه المتساقطة اللازمة للتبليل، بالإضافة إلى عتبات انطلاق السيلان.
- إبراز دور حالة السطح في التأثير على كمية التسرب والسيلان والحمولة الصلبة.
- معرفة تأثير الخصائص الأساسية للتربة على سلوك التسرب والسيلان والحمولة الصلبة.
- المقارنة بين درجة انحدار السطح، ونتائجه على سلوك التسرب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

يمكن من خلال دراسة هذه العناصر، ضبط العلاقات واستخراج العوامل الفاعلة والمنشطة للتعرية، (مواديلي، 2017) والتي تتعلق أساساً بطبيعة الممارسات البشرية على الأراضي، والتي تختلف حدتها من مشاركة إلى أخرى.

2_1: تحديد المشارات وخصائصها الطبيعية والأهداف المنتظرة

تبعاً 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 وأخرى عارية، وذلك من أجل مقارنة التأثيرات المختلفة لطبيعة السطوح، للتمكن من استنباط العلاقات المتفاعلة بينها. شملت الدراسة 37 مشاركة تجريبية (الجدول رقم 28 و29) ووزعت بالمجال المدروس كالتالي؛ إذ توجد 20 منها فوق انحدارات ضعيفة (5°) أو أقل مثل المشاركة رقم 29 و33، و12 منها فوق انحدارات قوية $10^\circ-20^\circ$ ، وخمس مشاركات ذات انحدارات قوية جداً، أكثر من 20° ، منها ما يصل إلى 35° كالمشاركة رقم 21 و25. هذا الاختلاف يهدف إلى تحديد ومقارنة دور تأثير الانحدار. وتم أخذ مشاركات بأراض محروثة مع اختلاف نمط الاستغلال بالتوازي مع منحنيات التسوية أو عكسها، وأخرى 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 أخرى مستريحة. ويوضح الشكل رقم 61 والجداول رقم 28 و29 خصائص وتوطن المشارات التي تم قياسها.



الشكل رقم 61: توطين المشارات التجريبية

الجدول رقم 28: مواقع المشارات التجريبية وبعض خصائصها

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

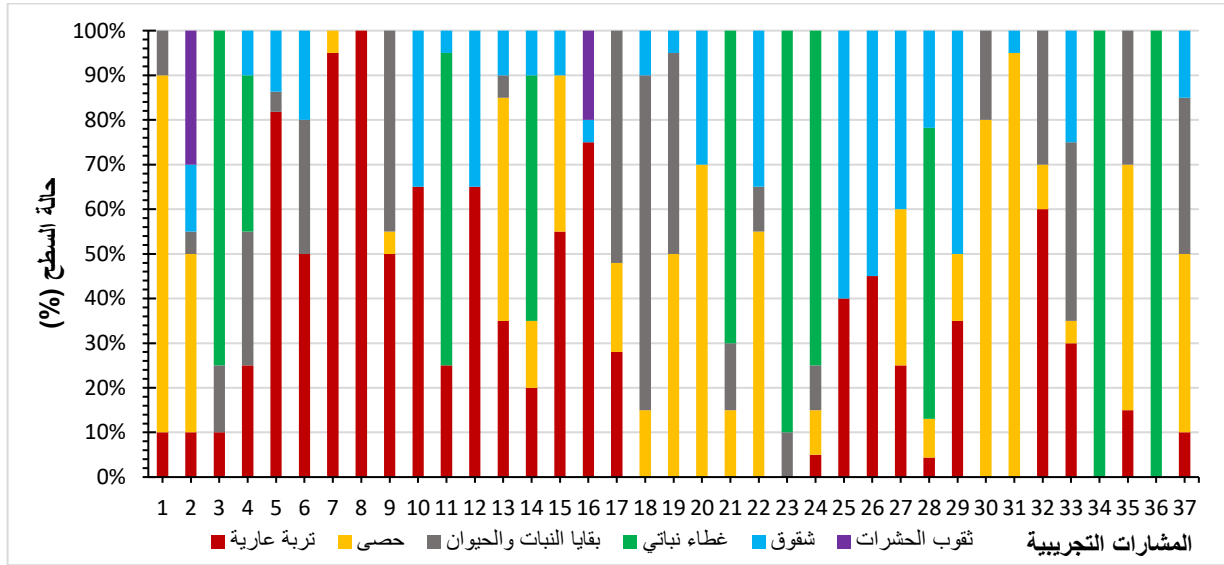
التربة المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اطلاغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

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

الجدول رقم 29: حالة وخشونة سطح المشارات التجريبية

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

تم تقسيم المشارات إلى مجموعات حسب الموضع، من السافلة إلى العالية لمجال الدراسة ثم من حيث اختلاف الارتفاعات والانحدارات، ثم نوع المشاركة 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 - ثقب وحفر الحشرات أو الحيوانات الصغيرة. وهذه النسب تتفاوت من مشاركة إلى أخرى حسب حالة سطحها كما هو موضح في الجدول رقم 29 والشكل رقم 62 لتمثل في المجموع نسبة 100% من مساحة السطح.

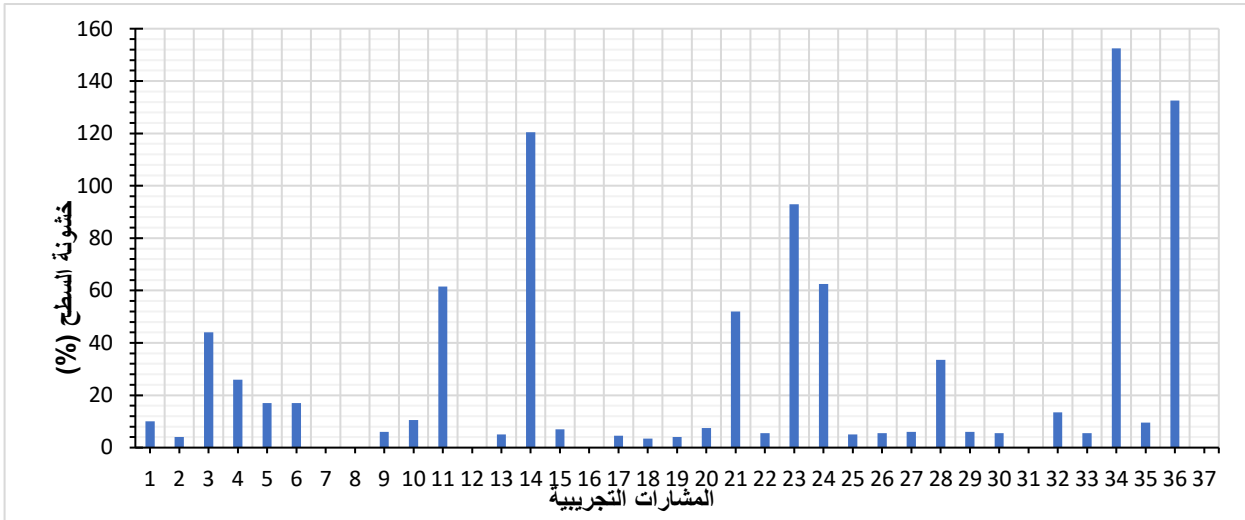


الشكل رقم 62: نسبة حالة السطح للمشارات التجريبية

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.

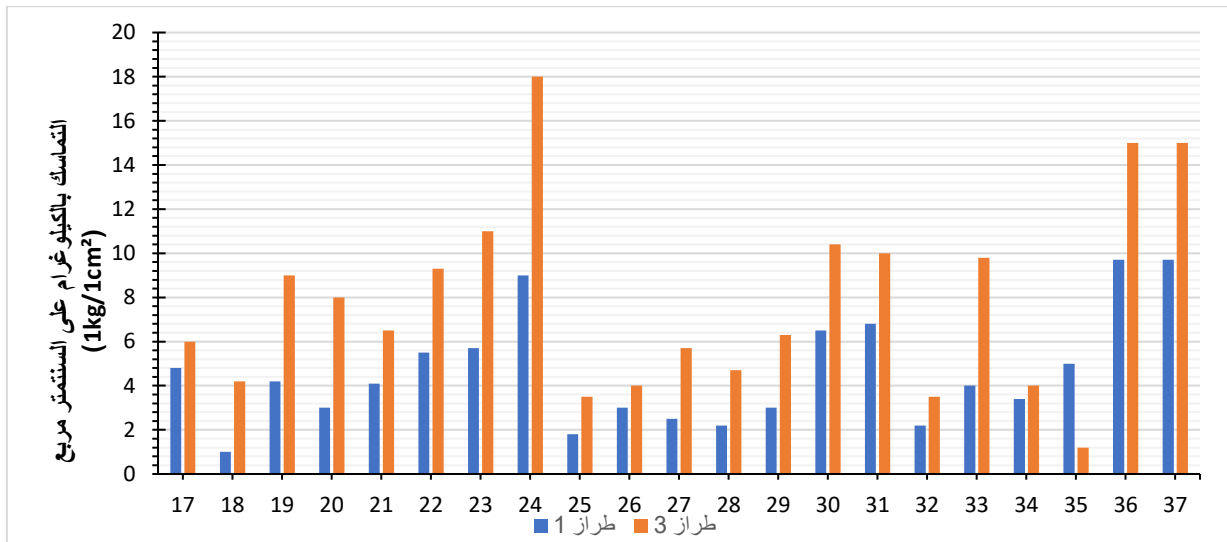


الصورة رقم 36: سطح غير خشن على اليمين، تربة عارية، وعلى اليسار سطح خشن بفعل النبات.



الشكل رقم 63: نسبة خشونة السطح للمشارت التجريبية

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



الشكل رقم 64: تماسك التربة للمشارت 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 مشاركة إلى أخرى لتحكمها في السلوك الهيدرولوجي، ونسبة النقل والإزالة، والنفاذية... وتوضح الصور رقم 37 و38 و39 و40 سطوح المشارت التجريبية المختلفة. تم الاقتصار على هذه الأشكال لصور المشارت لأنها تعمم تقريبا كل أصناف المشارت واختلاف سطوحها، أما باقي صور المشارت، فهي موجودة بالملحق رقم 4.



الصورة رقم 37: باليمين، المشارتان 25-26 - صلصالية بانحدار >30°، وباليسار، المشارة رقم 20 شبيست - 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

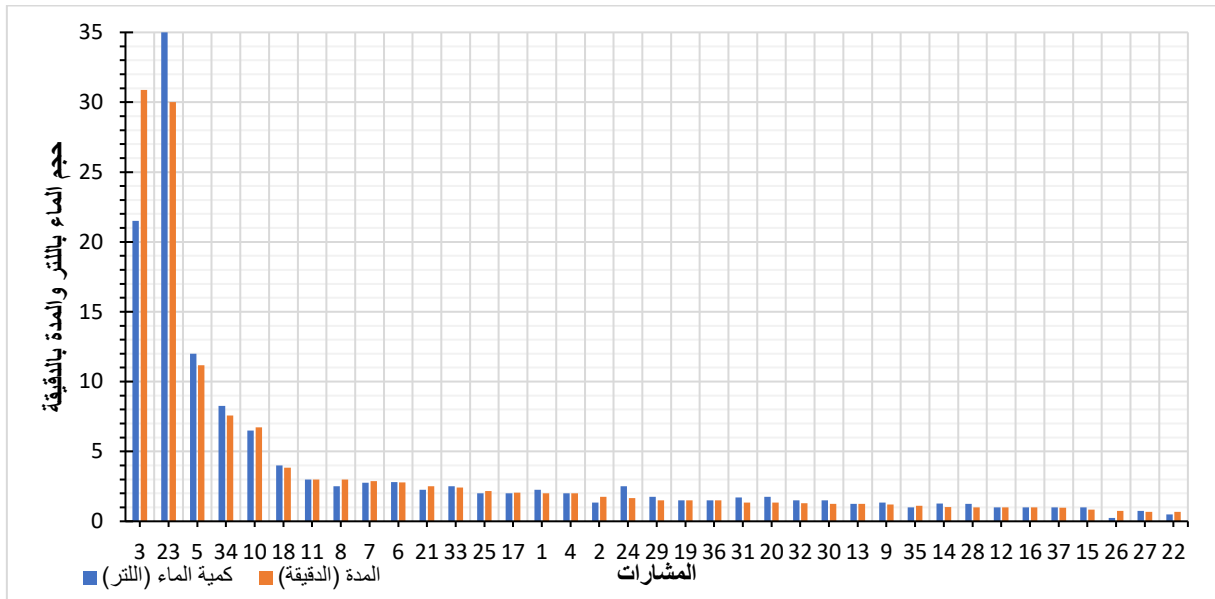


الصورة رقم 40: المشارتان 5 و6؛ حرث متقاطع أو موازي مع الانحدارات

يبقى الهدف الأساسي من اختيار مشاركات 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 السيلاان وتطوره

عند بدء عملية رش المشاركة، وينطلق السيلاان (حسب السطح، وجود قشرات مطرية تمنع النفاذية، أو تشبع التربة، أو يمكن أي يحدث سيلاان قبل تشبع التربة)، أي تظهر القطرة الأولى، وتتباين مدة الرش بين المشاركات المختلفة الاستعمال حسب طبيعة السطح، حيث سجلت قيم متفاوتة كما يوضح الشكل رقم 65، علما أن كمية الماء بإناء الرش المفروغ على المشاركة 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 السيلاان بمشارة مساحتها 0.5م².

يتضح من نتائج الشكل رقم 65، تباين مدة الرش لظهور القطرة الأولى أي بداية السيلاان بالمشاركات حيث تعرف الأراضي ذات الغطاء النباتي المتمثلة في المشاركة 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 المشاركة 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 المشاركة 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 التربة، وكذلك عملية الحرث تساهم في تفتيت القشور السطحية مما يؤخر السيلاان (Tribak et al. 2005). تم تصنيف هذه المشاركات إلى مجموعات تبين العلاقة بين مدة وكمية الرش وظهور أول قطرة انطلاق السيلاان، كما هو موضح في الجدول رقم 30.

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

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

يلاحظ أن أغلب المشارات تتعدى بضع دقائق (3 دقائق)، إلا أن المشاركة رقم 18 تجاوزتها بقليل، وهي ذات ثلاثة أرباع من بقايا النبات و15% من الشقوق، ثم الباقي حصى مما يعرقل عملية السيلا بالتالي تطول مدة التبليل نسبيا مقارنة مع المشارات الأخرى حيث يمكن تقسيمها إلى أربعة مجموعات؛ الأولى تقل فيها مدة التبليل 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 وثلاث المساحة حصى صغير، وأغلبها أراضي بوار ومستريحة، ثم أن خشونة سطحها لا تتجاوز 5%، مما يسهل عملية الجريان السطحي، والمجموعة الثانية هي ما بين دقيقة ودقيقتين لمدة التبليل، وهي خمسة عشر مشاركة (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 الأخرى، إلا أن حالة سطحها أغلبها مفتوحة مقارنة مع مشارات المجموعات الأخرى. والمجموعة الأخيرة وهي الأكثر من ثلاثة دقائق لظهور القطرة الأولى وانطلاق السيلا، 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.

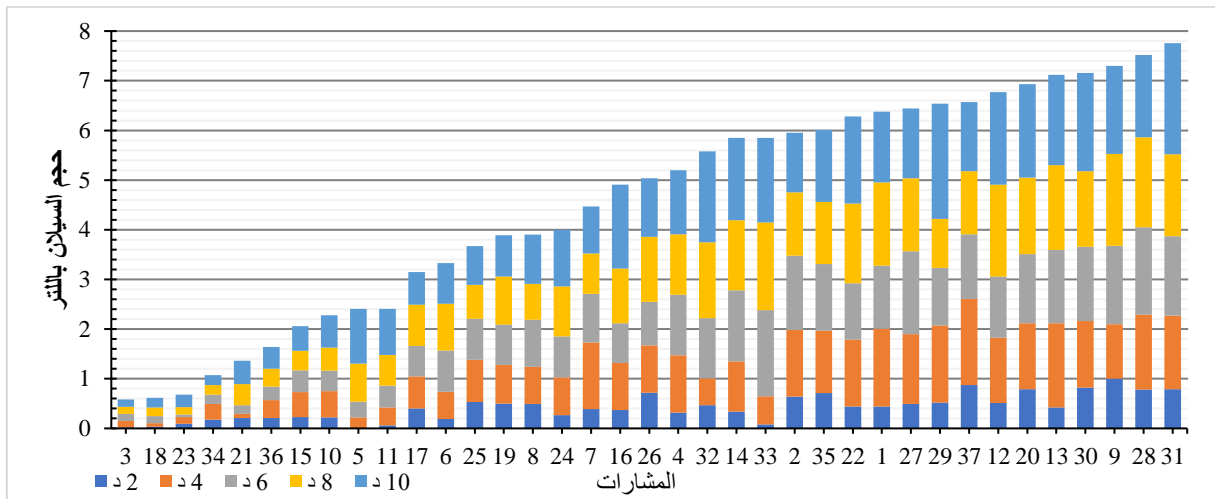
نستنتج أن 84% من المشارات المدروسة تقل مدة تبليلها عن 3 دقائق، وهي موزعة كالتالي: أقل من دقيقة 8 مشارات، و15 مشاركة من 1 إلى 2 دقيقة، و8 مشارات من 2 إلى 3 دقائق، واستغرقت مجموع نصف الزمن الإجمالي والكمية المفرغة؛ أي حوالي 50 دقيقة و50 لتر من الماء، بمتوسط 1.54 لتر لكل مشاركة، أما 16% المتبقية من المشارات المتمثلة في ست مشارات، فقد استغرقت النصف المتبقي من مجموع الوقت والماء، بمتوسط 15 لتر لكل مشاركة، 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

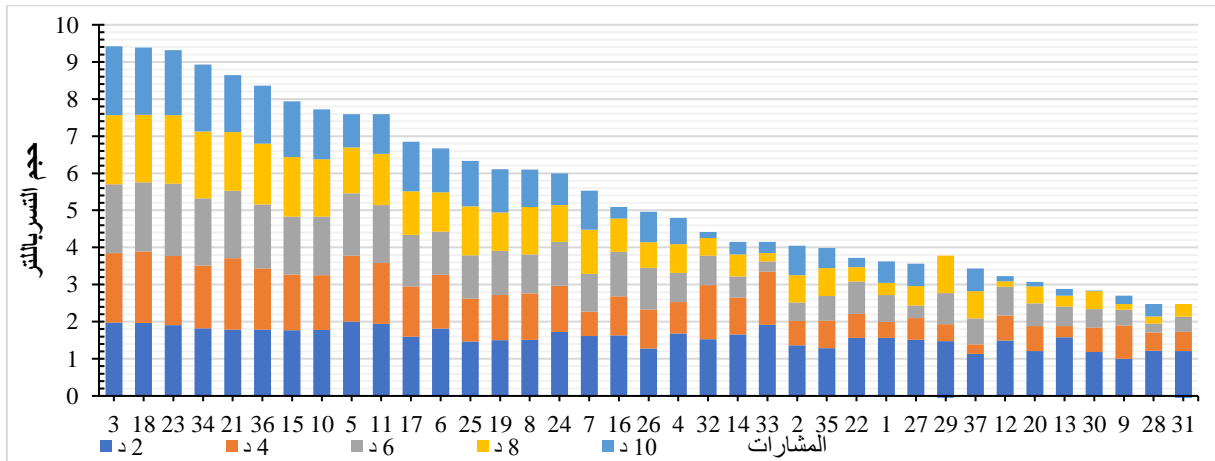
بطيء، وبالتالي تأخر انطلاق السيلا، على خلاف السطوح العارية ذات الخشونة الضعيفة التي يتجه فيها الماء نحو السيلا بسرعة أكبر، انطلاقا من الفترات الأولى من بداية عملية الرش، إلى أقل من 40 ثانية في بعض الأحيان.

يتبين من خلال تتبع السلوك الهيدرولوجي داخل المشارات أن انطلاق السيلا، يظهر قبل دقائق الثلاثة الأولى في كل مشارات القياس ما عدا المشارات رقم 3، 23، 5، 34، 10، 18، حيث يظهر السيلا في نصف ساعة بالنسبة للمشاراة 3 و 23، و 11 دقيقة بالنسبة للمشاراة رقم 5، وسبع دقائق للمشاراة 34 و 10، وتقريبا أربع دقائق للمشاراة رقم 18، كما يتضح أن انطلاق السيلا يختلف من مشاراة إلى أخرى 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 السيلا (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).

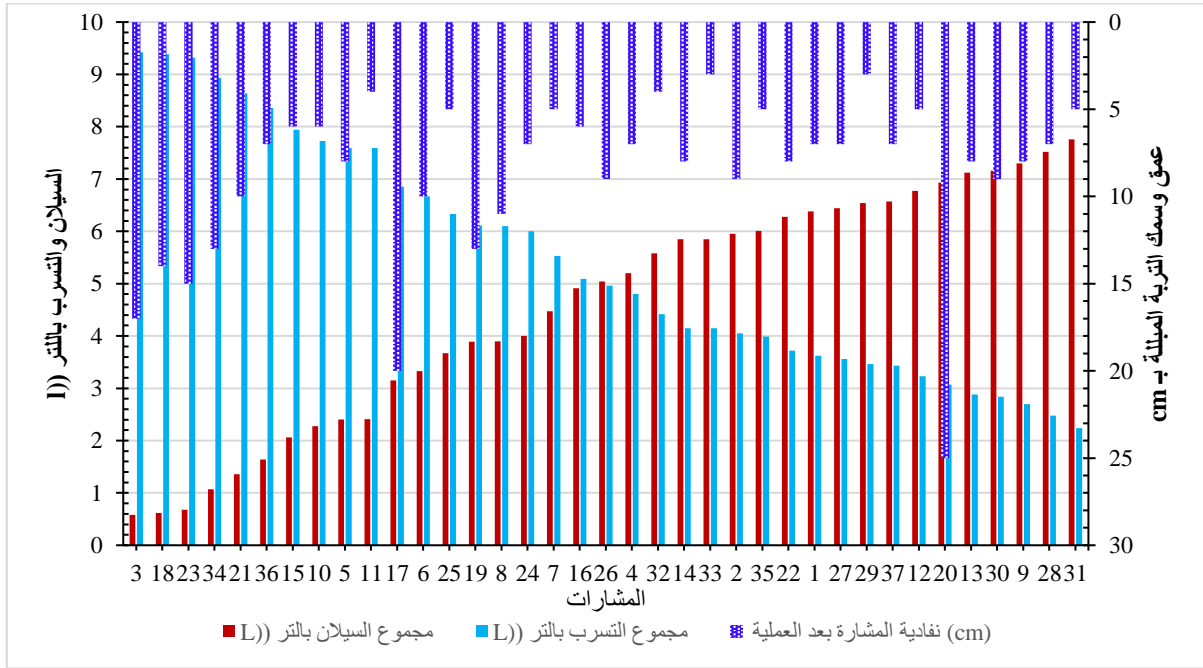


الشكل رقم 66: حجم السيلا خلال مدة التبيل



الشكل رقم 67: حجم التسرب خلال مدة التبيل

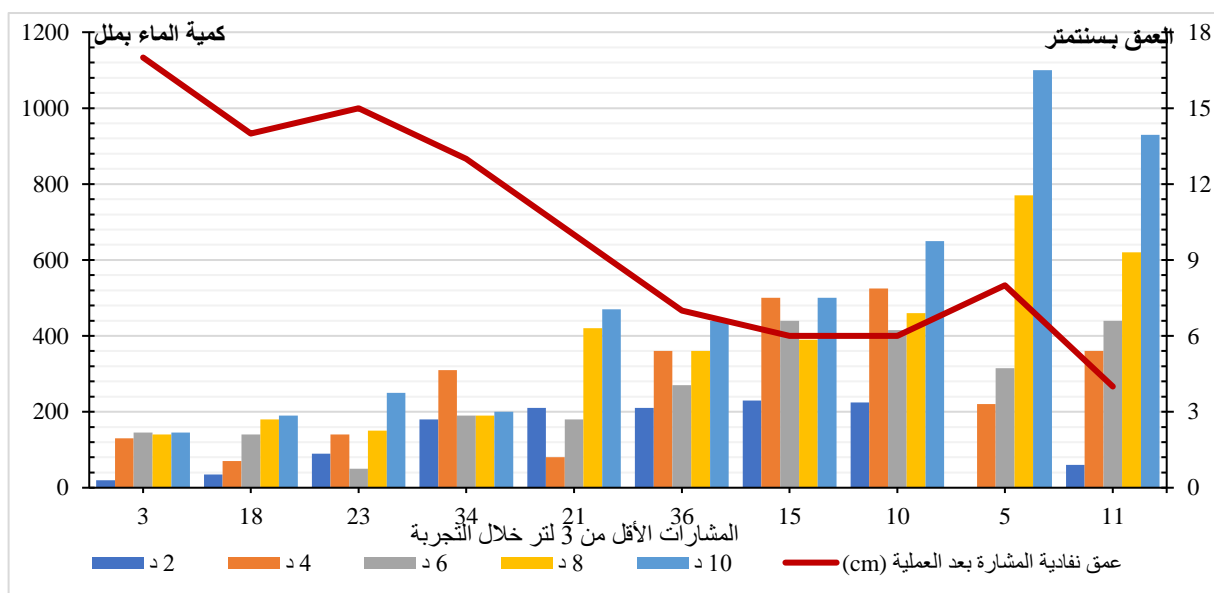
يتبين من الشكل رقم 66 والشكل رقم 67 أن هناك علاقة طردية بين التسرب والسيلان وأن المشارات الأقل سيلانا هي الأكثر تسربا ونفاذية. هذه المشارات أغلبها ذات سطوح بها غطاء نباتي أو حصى أو سطوح خشنة، تعرقل عملية السيلان وتساعد على النفاذية، ولكنها ليست هذه عوامل وحدها هي التي تتحكم في النفاذية، بل توجد عوامل أخرى ومنها حالة السطح المفتوح كالجحور والثقوب ثم نوع التربة وتماسكها أي النسيج وكذلك عامل الانحدار ونمط الاستغلال. ويمكن إضافة متغير عمق النفاذية والتبلييل 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 المشاركة 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 كالمشاركة 11 و5 و10 و15، وأقل من نصف لتر مثل المشاركة رقم 3.



الشكل رقم 69: تراكم تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشاركات التجريبية الأقل من 3 لتر

يتضح من خلال الشكل رقم 69 أن هذه الفئة من المشاركات تعرف سيلانا عموما ضعيفا، وهذا راجع بالأساس إلى التغطية النباتية، وهذا ما يميز المشاركات رقم 3، 18، 23، 34، 21، 36، 11، أو إلى نمط الاستغلال كالمشاركة رقم 10 و 5 و 15 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 السيلاان وبالتالي التسرب.

كما أن سلوك السيلاان والنفاذية لهذه الفئة (الشكل رقم 69 والجدول رقم 31) يتميز بضعف السيلاان إلى انعدامه في بداية التجربة، ثم استقرار في المدة المتبقية ما عدا المشاركات رقم 5 و 11 التي عرفت تطورا تدريجيا في قدر المياه المتسربة والسائلة.

الجدول رقم 31: تطور التسرب والسيلاان، وعمق وسمك التربة المبللة للمشاركات الأقل من 3 لتر من حجم السيلاان.

رقم المشاركة	عمق (cm)	تطور التسرب باللتر					تطور السيلاان باللتر						
		المجموع	د 2	د 4	د 6	د 8	د 10	المجموع	د 2	د 4	د 6	د 8	د 10
3	17	9.42	1.98	1.87	1.86	1.86	1.86	0.58	0.02	0.13	0.15	0.14	0.15
18	14	9.39	1.97	1.93	1.86	1.82	1.81	0.62	0.04	0.07	0.14	0.18	0.19
23	15	9.32	1.91	1.86	1.95	1.85	1.75	0.68	0.09	0.14	0.05	0.15	0.25
34	13	8.93	1.82	1.69	1.81	1.81	1.80	1.07	0.18	0.31	0.19	0.19	0.20
21	10	8.64	1.79	1.92	1.82	1.58	1.53	1.36	0.21	0.08	0.18	0.42	0.47
36	7	8.36	1.79	1.64	1.73	1.64	1.56	1.64	0.21	0.36	0.27	0.36	0.44
15	6	7.94	1.77	1.50	1.56	1.61	1.50	2.06	0.23	0.50	0.44	0.39	0.50
10	6	7.73	1.78	1.48	1.59	1.54	1.35	2.28	0.23	0.53	0.42	0.46	0.65
5	8	7.60	2.00	1.78	1.69	1.23	0.90	2.41	0.00	0.22	0.32	0.77	1.10
11	4	7.59	1.94	1.64	1.56	1.38	1.07	2.41	0.06	0.36	0.44	0.62	0.93

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 المشاركة رقم 3 حيث عمق التسرب 17 سم، ونصف لتر من السيلاان من أصل 10 لتر، تعرف سيلانا

ضعيفا جدا في حدود 5% من كمية الماء المفرغة، وتختلف عن المشارات الأخرى خاصة ذات الغطاء النباتي، ويعزى هذا الاختلاف إلى تفاوت درجة حالات السطح من حيث نسبة التغطية النباتية، وخشونة السطح، وشقوق وثقوب وجور الحشرات، مما يجعل المشاركة تعمل على تسرب المياه، كما يرجع الاختلاف كذلك إلى طبيعة الغطاء النباتي (الشنان)، حيث الجذور المتعمقة تعمل على امتصاص الماء.

ثم تأتي بعدها المشاركة 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 المشاركة 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 المشاركة إلى 14 سم.

ثم تليها المشاركة 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°، يقدم جبل على تكوينات رباعية من الطمي.

ثم تتبعها المشاركة 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 المشاركة بغطائها النباتي المكون من 100% من الحلفاء، وخشونة سطحها أعلى قيمة مقارنة مع المشارات الأخرى حيث يفوق 150%، مما يببط عملية السيلان، بالرغم من كونها فوق انحدار 30°.

تأتي بعدها المشاركة 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 المشاركة بكونها استثناء بالنسبة للانحدار حيث يصل إلى 35° درجة، وهي على قاعدة شيسيتية 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 المشاركة رقم 36 بـ 7 سم 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 مشاركة 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 المشاركة رقم 15 بـ 20.6% من مجموع المياه المفرغة، ما بين 0.23 لتر و 0.5 لتر، واستقرار ابتداء من الدقيقة الثانية، وهي مشاركة بوار أرض مستريحة على انبساط 5° درجة من الانحدار، وتصل حالة سطحها إلى 55% من التربة العارية و 35% من الحصى و 10% من الشقوق؛ عمق التبلل يصل إلى 6 سنتمترات فقط.

نجد كذلك المشاركة رقم 10 حيث حجم السيلاان وصل إلى 2.28 لتر، وينحصر ما بين 0.23 و 0.65 لتر مع شبه استقرار ابتداء من الدقيقة الثانية، وخصائصها مشابهة للمشاركة السابقة (15)، إلا أنها تختلف في كونها محروثة عكس الانحدار و سطحها يتشكل من 65% تربة عارية، و 35% 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.

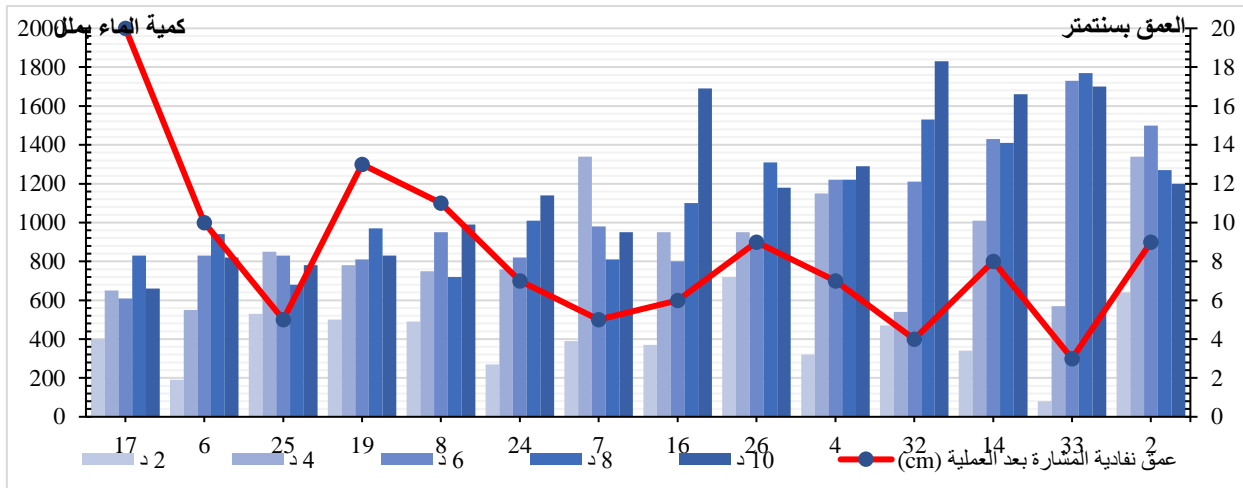
تأتي بعدها في الترتيب المشاركة رقم 5 التي يندم فيها الجريان في بداية التجربة ليتطور ويرتفع بشكل متسارع إلى 1.10 لتر في آخر التجربة. مجموع حجم السيلاان خلال مدة التجربة هو 2.41 لتر، وهي مشاركة محروثة عكس الانحدار أي مع خطوط التسوية، على سطح شبه منبسط لا يتعدى 5° درجة، وحالته تفوق 90% من تربة عارية، و 5% شقوق، و 5% بقايا الحيوان والنبات، وخشونة سطح هذه المشاركة 17%، هذه كلها عوامل ساهمت في وصول عمق التبلل إلى 8 سم.

ثم في الأخير المشاركة رقم 11 بـ 4 سم فقط في عمق النفاذية أو سمك التربة المبللة، مع 2.41 لتر من السيلاان، نفس الحجم مع المشاركة 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، و 25% من التربة العارية، و 5% 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 السيلاان والقوية التسرب؛

أولا: أهمية السطح على الانحدار، رغم قوة وشدة الانحدار يبقى لحالة السطح دورها المهم، مثال 70% من الغطاء النباتي بجذور 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 المشاركات الست والثلاثين.

ثانيا: أن هذه الفئة تضم كل المشاركات التي استنفذت نصف الوقت والماء لانطلاق السيلاان، أي 16% من المشاركات التي هيمنت على 50% من مدة وحجم الماء لانطلاق السيلاان؛ ظهور أول قطرة. الفئة الثانية ما بين 3-6 لتر من السيلاان من أصل 10 لتر، تعرف تدرجا حيث أنه في الفترات الأولى من التجربة عرفت سيلانا تقريبا ضعيفا ينحصر بين 0.1 و 0.7 لتر، ويتطور إلى السيلاان المتوسط في نهاية التجربة ما بين 0.7 إلى 1.7 لتر (الشكل رقم 70).



الشكل رقم 70: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشارت التجريبية ما بين 3 و 6 لتر

تعرف المشارت ذات الحجم الإجمالي للسيلان ما بين 3 و 6 لتر تطورا تدريجيا في سلوك السيلا، وهي 14 مشاركة مرتبة على الشكل التالي 17، 6، 25، 14، 32، 4، 26، 33، 2، من الأقل حجما للسيلان إلى الأكثر، حيث تعرف جل المشارت استقرارا ابتداء من الدقيقة 4، ويتراوح حجم الماء السائل في كل دقيقتين ما بين 0.6 لتر و 1.3 لتر، ماعدا المشاركة رقم 16 ورقم 14 حيث يتغير السلوك ابتداء من الدقيقة 8 ليتجاوز 1.6 لتر في الدقيقة 10، وهناك استثناء المشاركة رقم 7 حيث يتغير السلوك من الدقيقة 4 لينخفض المنحنى بالتدرج إلى أقل من 1 لتر في الدقيقة 10.

إن اختلاف مقادير السيلا والنفاذية بين هذه المجموعة يمكن ربطه بعمق التبلل كما هو موضح

بالشكل رقم 70 وفي الجدول رقم 32.

الجدول رقم 32: تطور التسرب والسيلا، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارت ما بين 3-6 لتر من حجم السيلا.

تطور السيلا بالتر						تطور التسرب بالتر						العمق (cm)	رقم المشاركة
د 2	د 4	د 6	د 8	د 10	المجموع	د 2	د 4	د 6	د 8	د 10	المجموع		
0.40	0.65	0.61	0.83	0.66	3.15	1.60	1.35	1.39	1.17	1.34	6.85	20	17
0.19	0.55	0.83	0.94	0.82	3.33	1.81	1.45	1.17	1.06	1.18	6.67	10	6
0.53	0.85	0.83	0.68	0.78	3.67	1.47	1.15	1.17	1.32	1.22	6.33	5	25
0.50	0.78	0.81	0.97	0.83	3.89	1.50	1.22	1.19	1.03	1.17	6.11	13	19
0.49	0.75	0.95	0.72	0.99	3.90	1.51	1.25	1.05	1.28	1.01	6.10	11	8
0.27	0.76	0.82	1.01	1.14	4.00	1.73	1.24	1.18	0.99	0.86	6.00	7	24
0.39	1.34	0.98	0.81	0.95	4.47	1.61	0.66	1.02	1.19	1.05	5.53	5	7
0.37	0.95	0.80	1.10	1.69	4.91	1.63	1.05	1.20	0.90	0.31	5.09	6	16
0.72	0.95	0.88	1.31	1.18	5.04	1.28	1.05	1.12	0.69	0.82	4.96	9	26
0.32	1.15	1.22	1.22	1.29	5.20	1.68	0.85	0.78	0.78	0.71	4.80	7	4
0.47	0.54	1.21	1.53	1.83	5.58	1.53	1.46	0.79	0.47	0.17	4.42	4	32
0.34	1.01	1.43	1.41	1.66	5.85	1.66	0.99	0.57	0.59	0.34	4.15	8	14
0.08	0.57	1.73	1.77	1.70	5.85	1.92	1.43	0.27	0.23	0.30	4.15	3	33
0.64	1.34	1.50	1.27	1.20	5.95	1.36	0.66	0.50	0.73	0.80	4.05	9	2

يتضح من الجدول رقم 32 والشكل رقم 70 أن المشاركة 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 سيلا في

هذه المجموعة ب 3.15 لتر، وحجم الماء السائل يتراوح ما بين 0.4 و0.83 لتر خلال مدة التجربة، والأساس الصخري لهذه المشاركة 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 المشاركة رقم 6 بعمق 10 سم، وسلوك تطور السيلاان ما بين 0.19 لتر إلى 0.94 لتر، يعرف تصاعدا من الدقيقة 4 ب 0.55 لتر واستقرارا من الدقيقة 6 يفوق 0.8 لتر، بمجموع 3.33 لتر خلال 10 دقائق، وهي مشاركة تتميز بنمط استغلال مختلف، أي أنها محروثة مع الانحدار، وهي ذات تكوينات طموية 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 تبيس التربة المحروثة.

تليها المشاركة رقم 25 ب 5 سم في عمق التربة المبللة، ويعزى هذا إلى انحدارها الشديد حيث يصل إلى 35° درجة، وتكوينها الصخري على الصلصال، وحالة سطحها تتميز بعدم خشونتتها، 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 السيلاان.

المشاركة رقم 19 ب 3.89 لتر من مجموع السيلاان وبعمق 13 سم من سمك التربة المبللة، وهي على انحدار 18 درجة، وقاعدتها الصخرية شيسيتية، وخشونة سطحها تقل عن 4%، ونسبة الحصى تمثل 50% وبقايا النبات تمثل 45%، مما يعرقل نسبيا السيلاان.

تليها المشاركة رقم 8 حيث تعرف سيلانا بنسبة 39% من المياه المفرغة وعمق النفاذية 11 سم، وهي مشاركة مستريحة بانحدار 20°، وترتبتها 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 والسيلاان يبقى ضعيفا.

ثم المشاركة رقم 24 ب 4 لتر من مجموع حجم السيلاان، 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 المشاركة 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 المشاركة سجل 7 سم.

المشاركة رقم 7 قدر مجموع سيلاانها ب 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 المشاركة مستريحة (بور)، تربتها عارية أكثر من 95%، و5% من الحصى، وخشونة سطحها منعدمة، ودرجة انحدارها 5°. مما يسهم في تسريع السيلاان، وبالتالي عمق تبلل ضعيف (5 سنتمترات).

تتبعها المشارية رقم 16 بنصف حجم المياه المفرغة وبدء بـ 0.37 لتر في الدقيقة الثانية ليصل إلى 1.69 في الأخير. ومن خصائص هذه المشارية أن 75% من مساحة سطحها عبارة عن تربة عارية، و20% ثقب الحشرات، ثم 5% من الشقوق، وخشونة سطحها منعدمة؛ مما يساهم في توازن سرعة جريان سطحها مع التسرب والنفاذية، حيث وصل عمق وسك التربة المبللة إلى 5 سم.

المشارية 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 المشارية رقم 25، بانحدار أقل منها (27°)، وكذلك تماسك تربتها أعلى من المشارية رقم 25 حيث سجلت 3 كيلوغرام/سم²، مقابل 1.8 كيلوغرام/سم²؛ مما يوضح أن تماسك التربة وبعض الفرق من الانحدار مع المشاريتين 25 و26 رفع قيمة عمق سمك التربة المبللة إلى 9 سم مقابل 5 سم.

تعرف المشارية 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 المشارية بتوازن وتنوع حالة سطحها حيث يشكل الغطاء النباتي (الشيخ) 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 مشارية تعمل على توازن تسرب المياه، وذلك لأن جذور نبات الشيخ لا تمتص الماء على خلاف المشاريات الأخرى ذات غطاء نباتي بجذور متعمقة، وبالتالي يصل سمك التربة المتبللة إلى 7 سم مقابل 20 سم بالمشارية رقم 17 و17 سم بالمشارية رقم 3.

تليها المشارية 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 المشارية 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 المشارية 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 المشارية مرتفعة جدا حيث تصل إلى 120%، ثم حالة سطحها تتميز بـ 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.

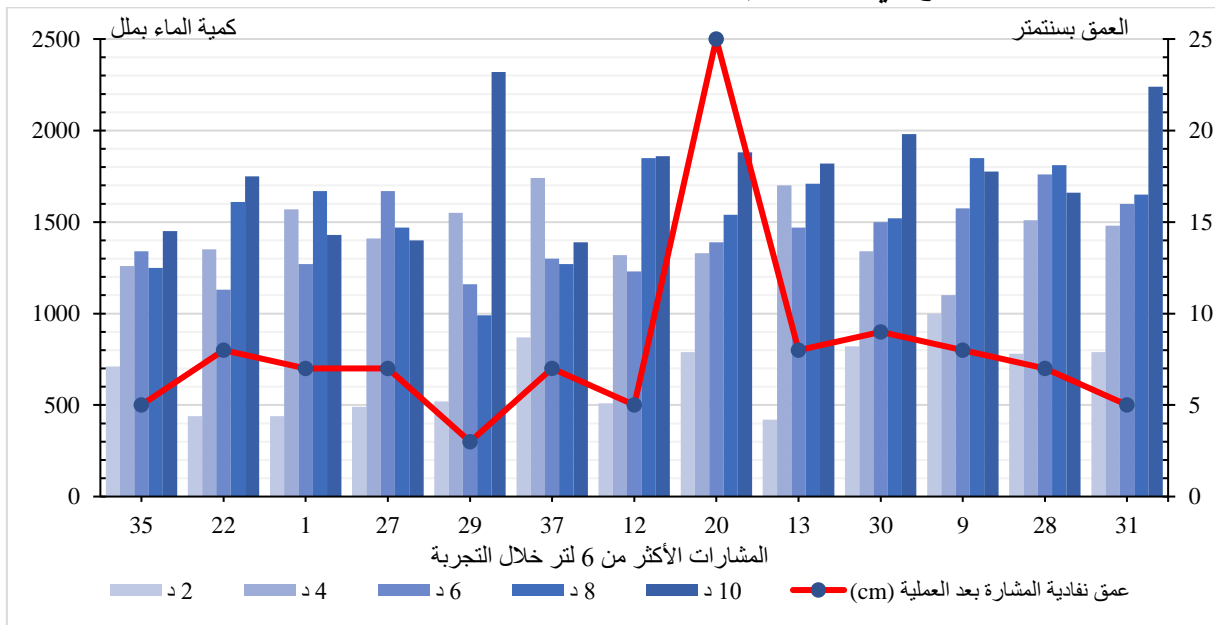
ثم تتبعها المشارية رقم 33، وهي ما قبل الأخيرة في هذه المجموعة بـ 5.85 لتر، من حجم السيلان، يبدأ ضعيفا جدا بـ 0.08 لتر، ثم يرتفع إلى أكثر من نصف لتر في الدقيقة 4، ويسجل قيما عليا ابتداء من الدقيقة 6، وهذه المشارية لها نفس خصائص المشارية رقم 32 إلا أنها محروثة مع خطوط التسوية، مما جعلها تعرف هذا السلوك بعد الدقيقة 6، أي بعد تشبع التربة بالماء وملء أثلام الحرث، ليسيل بنفس

الصيب، 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 مشاركة من حيث حجم السيلان في هذه المجموعة أو الفئة هي المشاركة 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 ثقب الحشرات، ثم الحصى بـ 40%، والباقي موزع على التربة العارية بـ 10%، وبقايا النبات والحيوان بـ 5%، والشقوق بـ 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 بالمشاركة 25 و 26 حيث نفس الخصائص مع المشاركات الأخرى؛ 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 مشاركة، 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 و 1.8 لتر باستثناء المشاركة رقم 29 و 31؛ كما هو موضح في الشكل رقم 71.



الشكل رقم 71: تطور الحجم الإجمالي للسيلان بالمشاركات 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 و 0.7 لتر، باستثناء ثلاث مشارات، وهي رقم 9 بحوالي 1 لتر ورقم 37 و 30 أكثر من 0.8 لتر. ثم في الدقيقة 4، يتراوح حجم السيلان ما بين 1.3 لتر و 1.7 لتر، ماعدا المشاركة رقم 9، ثم يتشتت في المنحنيات بالنسبة للدقيقة 6، ولكن يبقى مستقر السلوك حيث يتراوح ما بين 1.4 لتر و 1.8 لتر ماعدا المشاركة رقم 29. نستنتج من هذا أن فارق سلوك حجم السيلان في هذه المجموعة هو ما بين 0.4 لتر و 0.6 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 المشاركة	عمق (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
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 المشاركة رقم 20 لأنها عبارة عن صخر الشست الورقي، مما جعلها تصل إلى 25 سم. وهذه المشارات تم تصنيفها كالأتي حسب ترتيبها التزايدى.

- المشاركة رقم 35 ب 5 سم في عمق تبلل التربة، وب 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 المشاركة بكونها حصوية في قدم الجبل، وتعرف بقايا أوراق النبات الإبري كالحفاء وإكليل الجبل، وانحدار 15°، مما يسرع الجريان.
- المشاركة 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 المشاركة بكونها بوار على حادور ب 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.

- المشاركة رقم 1 عرفت 63.8% من الحمولة الصلبة خلال عشر دقائق، وكذلك سلوك السيالان يعرف استقرارا مشابها للمشاركة السابقة (رقم 22)، وهي مشاركة 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 السيالان إلا أن سطحها غير نفيذ حيث سجلت فقط 7 سم في سمك التربة المبللة.

- المشاركة رقم 27 سجلت 64.4% من حجم السيالان، وتعرف هي الأخرى استقرارا في سلوكه كالمشاركات الأخرى، وهي بوار مستريحة على درجة انحدار 5°. خشونة السطح ضعيفة جدا (5%) وربع مساحة سطحها تربة عارية و35% حصى، و40% شقوق. رغم كونها مشاركة مفتوحة، سطحها يعرف شقوقا كثيرة إلا أنها تعرف سيالانا مهما، لأن الشقوق سرعان ما تغلق ويحدث السيالان، ويتضح هذا من خلال سمك التربة المبللة الذي لا يتجاوز 7 سم.

- ثم تليها المشاركة رقم 29 بـ 65.4% من حجم السيالان، 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 سيالانا مرتفعا، وسمك التربة المبللة هو الأضعف في كل المشاركات، يشكل فقط 3 سم.

- المشاركة رقم 37 سجلت 6.57 لتر، أي 65.7% من مجموع المياه المفرغة، تعرف بداية سيالان متوسط لا يتجاوز اللتر، ثم ارتفاعا في الدقيقة الرابعة، وبعدها انخفاضا ثم استقرارا في السلوك ابتداء من الدقيقة 6. هذه المشاركة بوار، سطحها يتخلله بعض الحصى، والخشونة ضعيفة جدا، مما يسهل ويسرع عملية السيالان، وهي تقع على انحدار منبسط (5°).

- ثم المشاركة 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 المشاركات السابقة من حيث الجريان السطحي.

- المشاركة 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 المشاركات (29)، وصل إلى 25 سنتيمتر، وهي ذات خصائص مشابهة لبعض المشاركات الأخرى، 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 المشاركة رقم 13 بـ 7.12 لتر من حجم السيلان، و 8 سم بسمك التبليل، وهي مشاركة بوار شبه حصوية، ودرجة انحدارها 10°، خشونة سطحها ضعيفة 5%، و 35% من سطحها تربة عارية، و 5% بقايا النبات، و 10% شقوق.

- المشاركة 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 ومنتدج، ليصل إلى حوالي 2 لتر في نهاية التجربة. هذا السيلان المرتفع يرجع إلى العوامل الطبيعية لهذه المشاركة حيث أنها تتواجد على انحدار أكثر من 10°، بعالية الحوض وعلى قاعدة شيسيتية، ووسطها 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.

- المشاركة رقم 9، بـ 7.3 لتر من أصل 10 لتر، وسمك تبلل 8 سم، وانحدار 5°، وخشونة سطح 6%، و 50% من سطحها تربة عارية، و 5% حصى، و 45% بقايا النبات والحيوان.

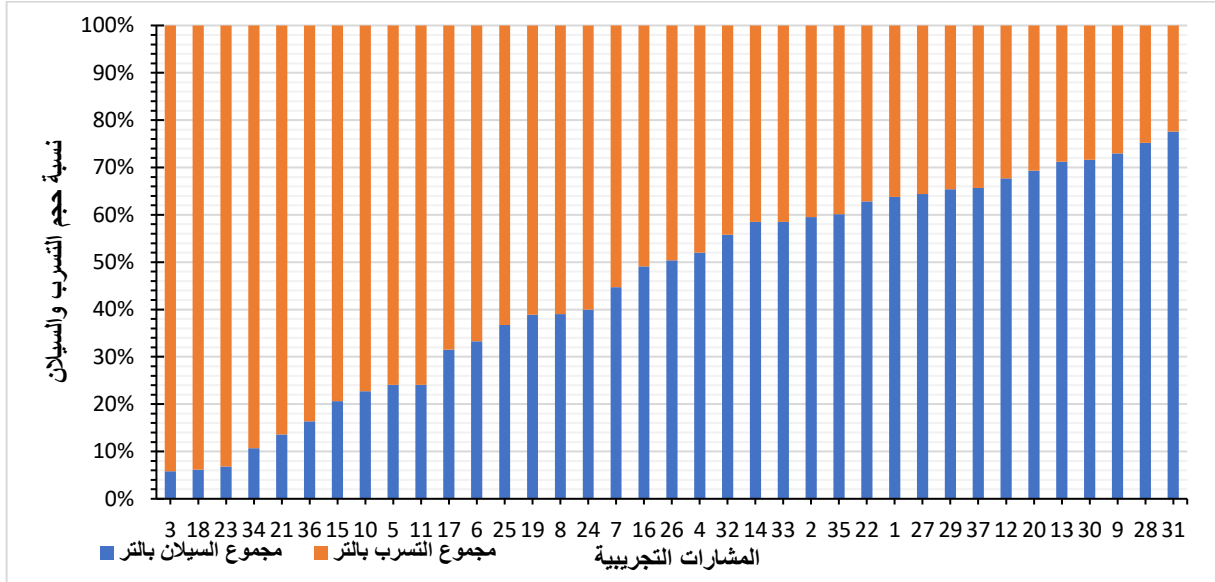
- المشاركة رقم 28، وهي ما قبل الأخير في ترتيب المشارات الأكثر سيلانا، سجلت 7.52 لتر من حجم الحمولة الصلبة. ويعزى هذا إلى نوع تربتها بالرغم من كونها مشاركة بوار نباتية، وعمق التبلل كالمشارات السابقة 9 و 13، حيث وصل إلى 7 سم. وما يميز هذه المشاركة عن سابقتها هي أن سطحها يتكون من 65% من الغطاء النباتي (الشنان)، و 10% من الحصى، و 20% من الشقوق، مما يجعل خشونة سطحها تصل إلى 33%، ثم أن درجة انحدارها شبيهة بالمشاركة 13 وهو 10°.

- وفي الأخير المشاركة 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 المشاركة 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)، و 35% من بقايا الحيوان والنبات، و 40% 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.

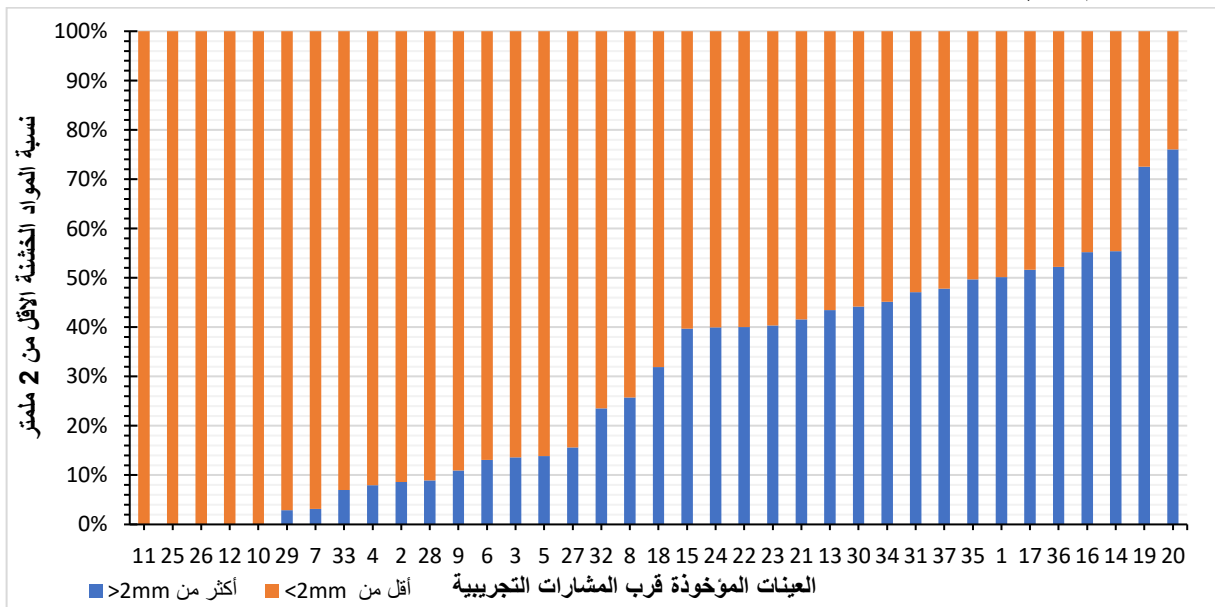
نستخلص، انطلاقا من سلوك السيلان والتسرب كما هو موضح في الشكل رقم 72، أن المشارات رقم 3 و 18 و 23 تعمل على تسرب 95% من المياه المفرغة، أي سيلان ضعيف جدا ونفاذية عالية، كما تراوحت نسب هذه الفئة من 5% إلى أقل من 25% من السيلان وهي الأضعف، أي نسب تسرب عالية

نسبيا. والقيم المتوسطة للسيلان في الفئة الثانية تراوحت ما بين 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 منعقدة أو ضعيفة. هذه الفئة شكلت أكثر من 60% من السيلائن.



الشكل رقم 72: عامل الجريان للمشارات التجريبية

إن اختلاف نتائج السيلائن 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 السيلائن بين المشارات، مما يفسر هذا التفاوت في النسب باختلاف حالة سطوحها من حيث نسبة التغطية، ودرجة الخشونة، وبعض العوامل الأخرى 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 مشاركة إلى أخرى، وتتباين بين متوسطة كالمشاركات رقم (15، 18، 21، 22، 23، 24، 30، 31، 34، 37، 35، 13، 1)، وقوية حيث تتعدى 50% بالمشاركات 17، 36، 16، 14، وتغوق 70% بالمشاركة رقم 19 ورقم 20، ثم ضعيفة إلى منعدمة بباقي المشاركات. ودور هذه العناصر الأكثر من 2 ملم هو منع تشكل الصفيحة المائية، وبالتالي تقليل الطاقة الحركية للماء، والتقليل من السيلاان، على عكس العناصر الأقل من 2 ملم التي تسهل وتسرع السيلاان، وهذا ما نلمسه في المشاركة رقم 20 حيث أن عمق التربة المبللة وصل إلى 25 سم، وهي أعلى قيمة سجلت بجميع المشاركات، 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 متكلسة 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 مشاركات مجال الدراسة، أن هناك اختلافا واضحا بين سلوك النفاذية والسيلاان، وذلك حسب طبيعة استعمال الأرض. فالأراضي ذات الغطاء النباتي، تعرف تسربا كبيرا وسيلاانا قليلا من الماء، مقارنة مع المشاركات المحروثة عكس اتجاه الانحدار، ثم بعدها الأراضي المستريحة والبوار، وأخيرا المشاركات العارية والمحروثة في اتجاه الانحدار، التي تعرف سيلاانا مرتفعا وتسربا ضعيفا للماء.

سجلت متوسطات تساقطات التبلل بكل المشاركات التجريبية مدة زمنية تتراوح بين دقيقة وثلاث دقائق، باستثناء المشاركة رقم 23 ورقم 3 (الغطاء النباتي) التي سجلت 30 دقيقة، والمشاركة رقم 5 و34 ورقم 10 (حرث بتواز مع خطوط التسوية، والحلفاء) التي سجلت على التوالي 11 د، و8 د و6 د، ثم المشاركة رقم 18 ذات بقايا النبات (أوراق الصنوبر) سجلت تقريبا أربع دقائق.

يتضح من خلال نتائج تجارب عملية التقليد المطري، أن سلوك النفاذية والسيلاان لا تتحكم فيه كمية المياه السائلة، بقدر ما تتحكم فيه نوعية استعمال الأراضي، ووضعية سطح التربة. فسلوك التسرب والسيلاان، تتحكم فيه عناصر أساسية أهمها:

- استعمال الأرض المرتبطة بالحرث.
- درجة اندكاك التربة، والمرتبطة أيضا، باستراحة الأراضي والحرث بالجرار.
- حالة سطح التربة ودرجة خشونتتها.

- نسيج التربة.

- حالة سطح التربة المرتبطة بنسبة التغطية النباتية التي تحمي السطح...

لكن ارتفاع معامل السيلاان بالمشارت المختلفة الاستعمال، لا يعبر بالضرورة عن ارتفاع فقدان التربة؛ فقد تسجل الأراضي المستريحة على سبيل المثال، نسبا ضعيفة في معامل السيلاان (المشارت رقم 8، ورقم 25 و26 - صلصال)، مقابل نسب مرتفعة في حجم الإزالة، والعكس صحيح بالنسبة للأراضي العارية.

3_ : النتائج الإجمالية للتعرية داخل المشارت

تختلف نتائج القياس على مستوى المشارت التجريبية التي تمثل جزءا من مساحة السطح، ولا تمثل حقيقة التعرية على السطح بكامله، لكن رغم ذلك، وبالنظر إلى مقادير التعرية التي تحدث على مستوى المشار، يمكننا استخلاص نتائج أساسية تسمح بالمقارنة بين مختلف الأوساط وحالات السطح، وكذلك العلاقات المتكيفة في نظم التعرية، فضلا عن ضبط معامل الجريان وعتبات انطلاقه واشتداد عنفه. سنحاول تقديم مقادير الإزالة انطلاقا من مياه السيلاان وتركيزها بالمواد المحمولة، ومدى تفاوتها بين مختلف المشارت التجريبية.

3_1: تعكر مياه الجريان بالمشارت التجريبية

يقصد بالتوحد تعكر المياه، وتغير في اللون زيادة على حمل كميات من المواد الذائبة والصلبة المحمولة بفعل السيلاان إلى أسفل المشارت، حيث يتم قياسها، وتحدد بذلك نسبة توحد 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 توحد المياه، بالاعتماد على حالة سطح المشارت في ذلك التوحد، وإبراز حالات التوحد التي حدثت بمختلف المشارت.

أ: تغير مقادير التعكر حسب المشارت التجريبية

تختلف مقادير التوحد بمياه السيلاان 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 التوحد حسب المشارات التجريبية

رقم المشاركة	نوع المشاركة	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)		
					المتوسط	الدنيا	القصى
1	عارية - حصوية	1.94	12.4	63.8%	2.19	1.50	3.86
2	عارية	2.10	12.5	59.5%	2.26	1.33	3.44
3	نباتية - تاوساية	11.90	6.9	5.8%	16.66	5.71	40.00
4	نباتية - الشيخ	3.06	15.9	52.0%	3.88	1.32	8.44
5	محروثة عكس الانحدار	8.65	20.8	24.1%	10.76	0.00	28.18
6	محروثة مع الانحدار	9.82	32.7	33.3%	11.16	7.13	17.37
7	مستريحة	3.24	14.5	44.7%	3.52	2.00	6.41
8	مستريحة	372.46	1452.6	39.0%	364.23	291.02	399.49
9	محروثة عكس الانحدار	26.40	192.7	73.0%	27.90	12.36	57.10
10	محروثة مع الانحدار	32.92	74.9	22.8%	37.05	11.30	75.11
11	بوار	3.73	9	24.1%	7.48	1.94	21.67
12	بوار - مستريحة	8.04	54.4	67.7%	8.46	6.67	11.57
13	بوار	2.13	15.2	71.2%	3.49	1.35	11.19
14	بوار	3.15	18.4	58.5%	3.40	1.99	4.41
15	بوار - مستريحة	7.62	15.7	20.6%	9.42	3.00	26.52
16	بوار	1.59	7.8	49.1%	2.31	0.50	7.30
17	بوار	1.46	4.6	31.5%	1.44	0.82	2.15
18	بوار	5.69	3.5	6.2%	4.62	1.43	12.63
19	تربة عارية	3.55	13.8	38.9%	3.66	2.35	5.40
20	عارية	3.20	22.2	69.3%	3.42	2.21	5.32
21	غطاء نباتي	1.62	2.2	13.6%	2.11	0.43	4.76
22	بوار عارية	7.98	50.1	62.8%	8.76	6.19	14.09
23	غطاء نباتي	1.47	1	6.8%	1.57	0.67	2.86
24	غطاء نباتي	0.80	3.2	40.0%	1.42	0.09	4.81
25	عارية	310.76	1140.5	36.7%	316.21	260.38	403.96
26	عارية	182.84	921.5	50.4%	181.71	152.16	196.87
27	مستريحة	11.74	75.6	64.4%	16.55	4.90	48.16
28	غطاء نباتي	4.65	35	75.2%	5.59	2.47	13.21
29	محروثة	14.42	94.3	65.4%	16.88	9.66	35.00
30	بوار	1.13	8.1	71.6%	1.19	0.92	1.83
31	بوار	13.70	106.3	77.6%	13.46	10.48	16.56
32	محروثة مع الانحدار	5.66	31.6	55.8%	7.14	3.59	11.70
33	محروثة عكس الانحدار	4.68	27.4	58.5%	6.65	2.53	12.50
34	حلفاء	1.03	1.1	10.7%	1.09	0.53	2.22
35	بوار	1.75	10.5	60.1%	1.87	0.69	2.96
36	ازير	0.30	0.5	16.4%	0.33	0.23	0.48
37	بوار	3.26	21.4	65.7%	3.50	2.23	6.78

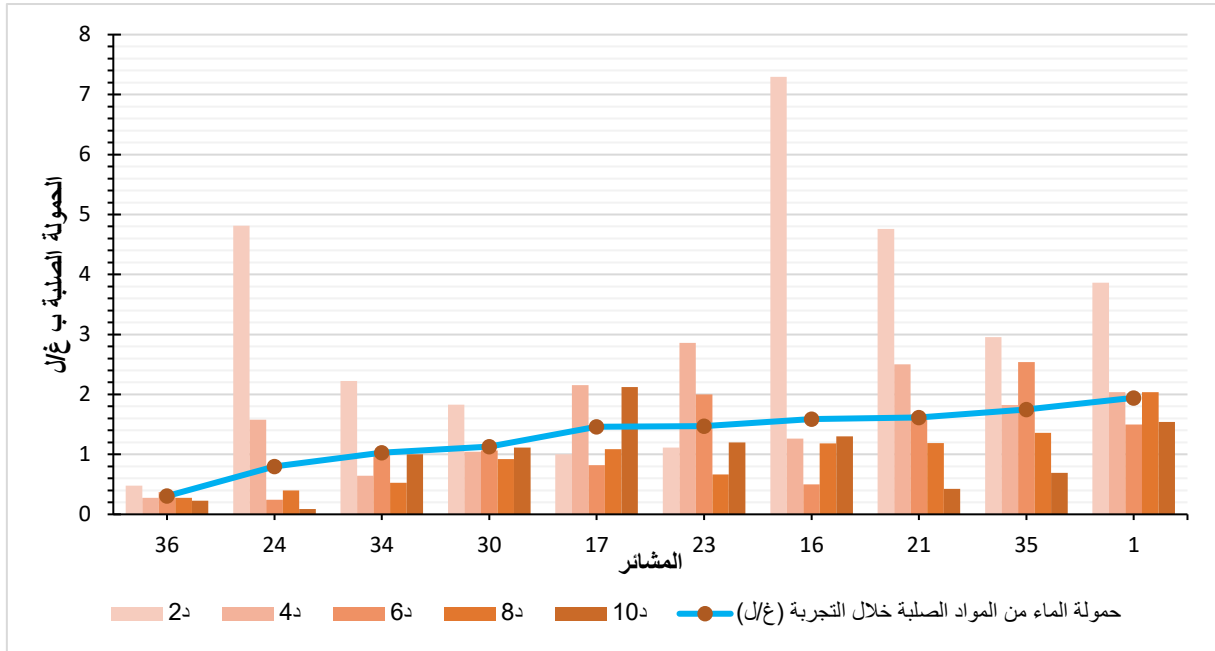
يتضح من خلال الجدول رقم 34 الاختلاف والتباين بين المشارات من حيث الحمولة الصلبة، والقيمة القصوى والمتوسطة والدنيا من حمولة الماء من المواد الصلبة خلال مراحل التجربة (غ/ل). وقد سجلت المشارة رقم 8 أعلى حمولة خلال مدة التجربة لتصل إلى أزيد من 370 غرام/لتر، ثم أدنى قيمة سجلتها المشارتان رقم 36 و24، حيث تقل 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 400 غ/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 التوحد 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/لتر 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 182 غ/ل، والمشارة رقم 25 بـ 310 غ/ل، والمشارة رقم 8 بـ 372 غ/ل.

ب: تغيرات مقادير التعكر حسب نوع استعمال التربة

تتباين مقادير التعكر من مشارة إلى أخرى، 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 والطيني)، وبالتالي يكون التوحد مرتفعا؛ لكن أثناء استمرار عملية الرش، ابتداء من الدقيقة 4، تنقلص مقادير الحمولة وتستقر، وذلك في علاقتها مع تغيرات حالة السطح وانسداد المسام بنشيتية بنية التربة، باستثناء بعض المشارات حيث يلاحظ ارتفاع غير عادي لمقادير الحمولة. يوضح الشكل رقم 74 سلوك تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة للفئة الأولى من المشارات، وهي الأقل من 3 غرام في اللتر.



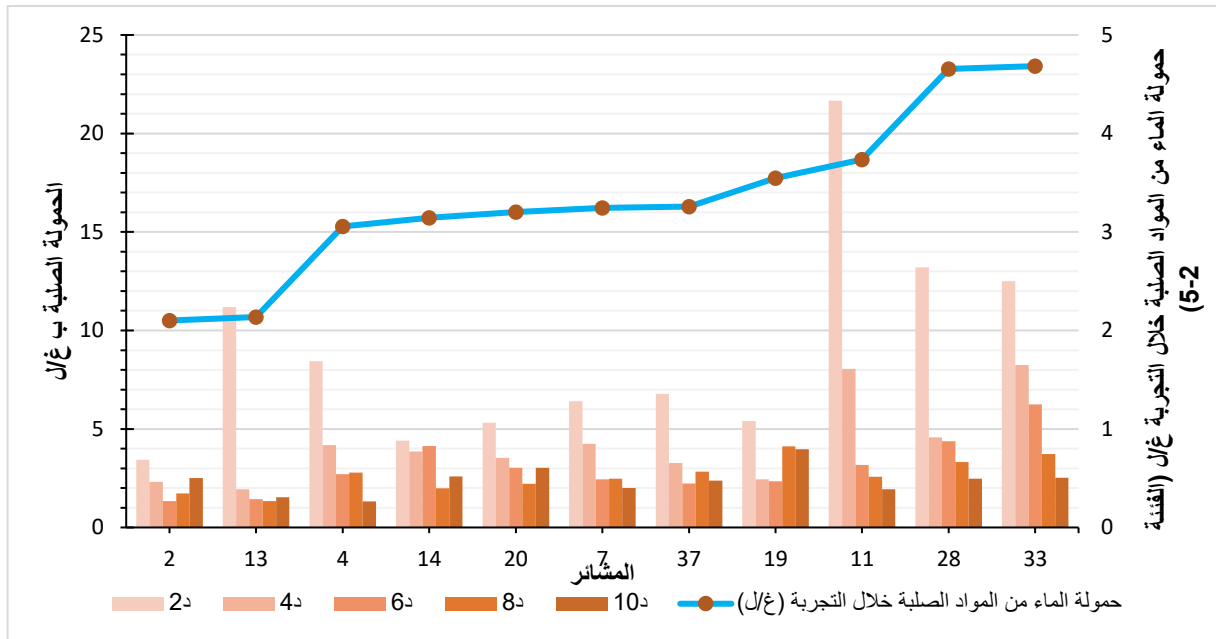
الشكل رقم 74: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الأولى

يتضح من خلال الشكل رقم 74 أن كل المشارن تسجل ارتفاعا في مقادير الإزالة في بداية التجربة، حيث تصل الحمولة إلى أكثر من 7 غ/ل كالمشاركة رقم 16، وحوالي 5 غ/ل بالنسبة للمشاركة رقم 21 و 24، أما باقي المشارن فتسجل حوالي 2 غ/ل، باستثناء المشارن 1 و 31 حيث يقدر بهما التوحد ب 3 و 4 غ/ل في بداية التجربة.

تسجل هذه المقادير انخفاضا ابتداء من الدقيقة 4 حيث أنها لا تتجاوز 1 غ/ل، باستثناء 1 و 31 و 21 و 23، لتستقر عند أقل من 2 غ/ل أثناء باقي مدة التجربة، ماعدا المشاركة رقم 31 حيث واصلت ب 2.5 غ/ل، والمشاركة رقم 17 التي سجلت صعودا غير عادي ابتداء من الدقيقة 6.

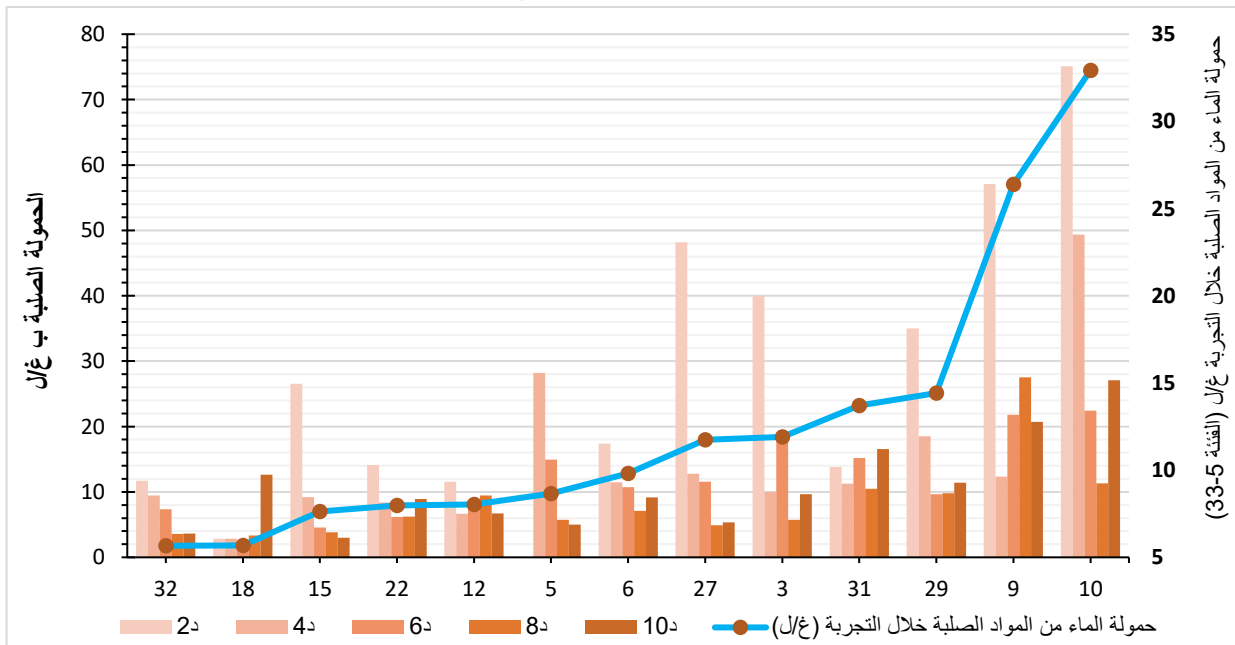
أما بالنسبة لحمولة الماء من المواد الصلبة خلال التجربة كاملة، أي مجموع كتلة المواد بعد التجفيف مقسوم على مجموع المياه السائلة؛ والذي على أساسها تم تصنيف هذه الفئة الأقل من 2 غ/ل، فيظهر أن المشارن 31 و 24 سجلت أقل من 1 غ/ل، وباقي المشارن ما بين 1 و 2 غ/ل.

يوضح الشكل رقم 75 سلوك تغيرات مقادير التوحد بالنسبة للفئة الثانية وهي أكثر من 2 غرام/لتر وأقل من 5 غرام/لتر من حمولة الماء من المواد الصلبة.



الشكل رقم 75: تغيرات مقادير التوحد 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 ما بين 3 غ/ل وأقل من 22 غ/ل، وجل المشارات تعرف استقرارا بالنسبة لسلوك تغيرات مقادير التوحد خلال باقي مدة التجربة، وهو لا يتجاوز 5 غ/ل ماعدا المشارة رقم 31 و 11 التي تجاوزت 8 غ/ل بالدقيقة 4، ثم تعرف انخفاضا تدريجيا إلى نهاية التجربة. الفئة الثالثة تنحصر بها مقادير التوحد ما بين 5 و 75 غ/ل (الشكل رقم 76).

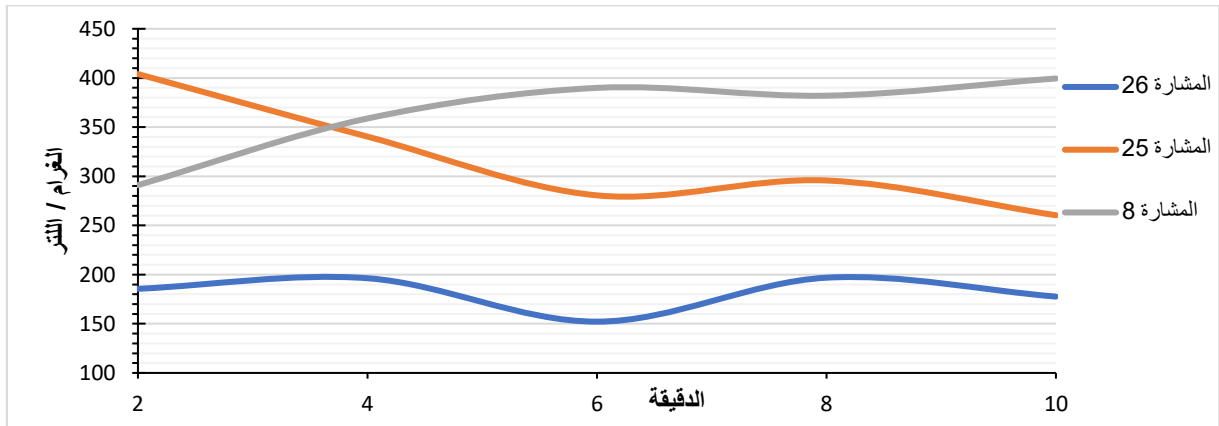


الشكل رقم 76: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة.

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 ما بين 5 غ/ل وأقل من 60 غ/ل، باستثناء المشارة

رقم 5 حيث لم تسجل أي حمولة، والمشاركة رقم 10 التي تجاوزت 75 غ/ل؛ وجل المشارات تعرف استقرارا بالنسبة لسلوك تغيرات مقادير التوحد خلال باقي مدة التجربة، وهو لا يتجاوز 15 غ/ل ماعدا المشاركة رقم 5 التي عرفت ارتفاعا في الدقيقة 4 ليقترب من 30 غ/ل ثم انخفاضا تدريجيا إلى نهاية التجربة؛ ثم المشاركة رقم 9 حيث عرفت هي الأخرى ارتفاعا في حجم التوحد بعد الدقيقة 4 إلى نهاية التجربة، مع انخفاض في الدقيقة 10، ويتراوح بين 10 غ/ل و30 غ/ل، ثم المشاركة رقم 10 حيث عرفت في الدقيقة 4 حوالي 50 غ/ل ثم الدقيقة 6 و10 سجلت أكثر من 20 غ/ل.

الفئة الأخيرة وهي استثناء حيث سجلت قيما عالية جدا في مقدار التوحد، وهي المشارات رقم 8 و25 و26. يوضح الشكل رقم 77 سلوك تغير مقادير التوحد خلال مدة التجربة لهذه المشارات الثلاث.



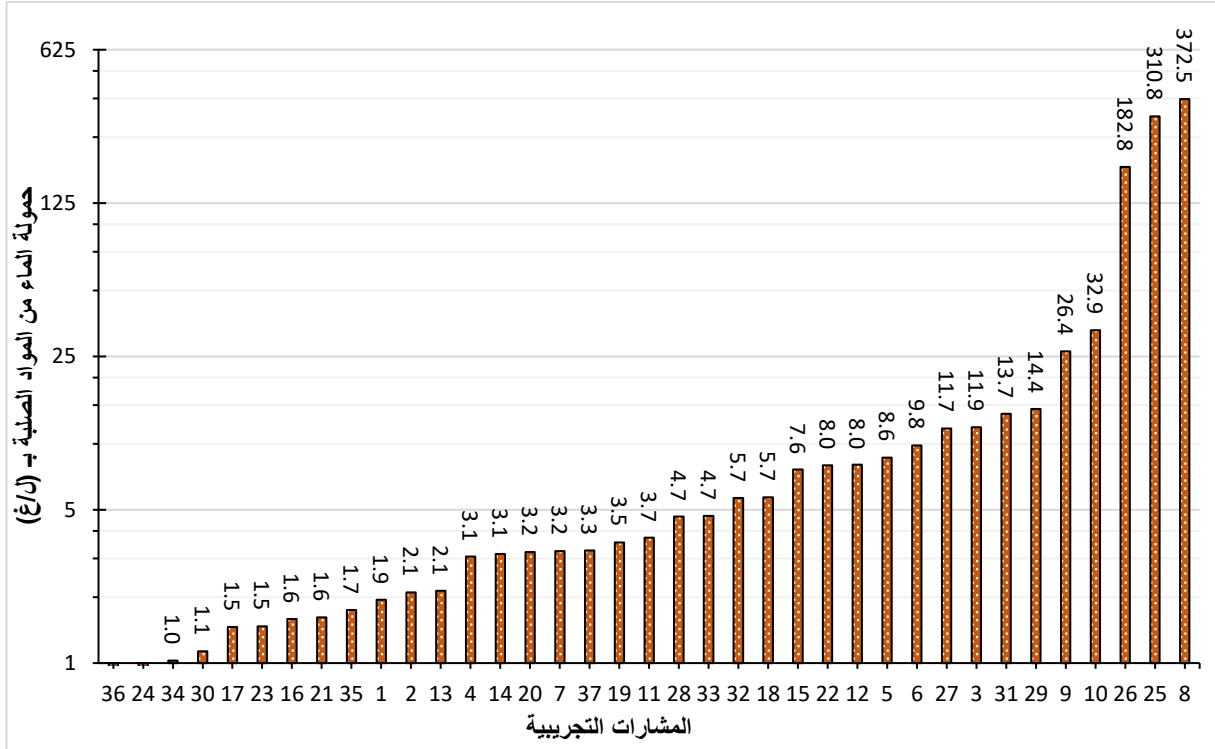
الشكل رقم 77: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة.

تراوحت مقادير التوحد بالنسبة للمشاركة رقم 26 ما بين 150 غ/ل و200 غ/ل خلال مدة التجربة، والمشاركة رقم 25 عرفت ارتفاعا في مقادير التوحد في بداية التجربة كباقي المشارات، ولكن بكمية مرتفعة جدا، وهي الأعلى حيث سجلت في الدقيقة الثانية أكثر من 400 غ/ل، لتتخفف إلى أكثر من 270 غ/ل في الدقيقة 6 وتستقر خلال باقي مدة التجربة ما بين 250 غ/ل و300 غ/ل. أما المشاركة رقم 26، فقد سجلت في بداية التجربة أقل من 300 غ/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 للمشاركة رقم 25، و27° و20° للمشارتين 25 و8، ثم أن تربتها طفلية، حيث المشارات رقم 25 و26 على أساس صخري صلصالي، والمشاركة 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 والطمومية، 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 180 غ/ل و 364 غ/ل بهذه المشارات الثلاث، في حين أن كل المشارات لم يتجاوز بها المتوسط 8 غ/ل، مما يوضح قوة عامل الانحدار ونوع التربة في الإزالة (الشكل رقم 78).



الشكل رقم 78: مقياس لوغاريتمي لمتوسط التوحد، حمولة الماء من المواد الصلبة (غ/ل)

إذا حاولنا توزيع نسب التوحد المرتفعة حسب هاته المشارات، سنجد أن التوحد 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 372 غ/ل، واقتلع منها حوالي 3 كيلوغرام من التربة المفقودة في المتر المربع الواحد، فيما تبقى مقادير التوحد، متباينة بمختلف مشارات الأوساط الأخرى، تبعا لاختلاف الظروف الطبيعية لكل وسط وطبيعة وحدة الاستغلال.

هذا التوحد 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.

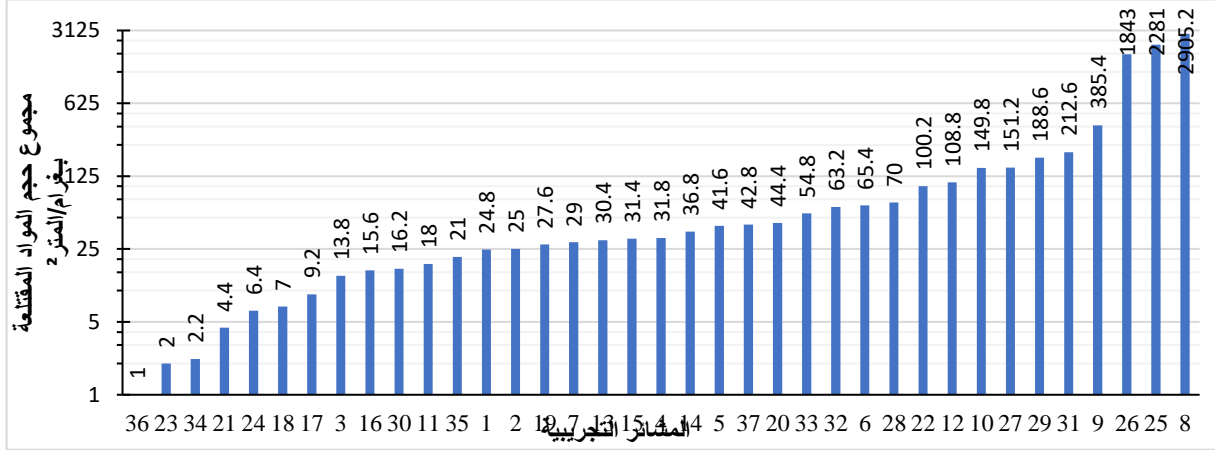
3_2: التدهور النوعي للأراضي من خلال كميات التربة المفقودة بالمشارات التجريبية

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 بالمشارت التجريبية (غ.م²)

عامل الجريان		التربة المفقودة خلال 10 د، بعنف 120 مل/م/س/م ² . (غ.م ²)	نوع المشاركة	رقم المشاركة
السيلان	التسرب			
16%	84%	1	نباتية - اكليل الجبل	36
7%	93%	2	غطاء نباتي	23
11%	89%	2.2	نباتية - حلفاء	34
14%	86%	4.4	غطاء نباتي	21
40%	60%	6.4	غطاء نباتي	24
6%	94%	7	بوار	18
32%	69%	9.2	بوار	17
6%	94%	13.8	نباتية - الشنان	3
49%	51%	15.6	بوار	16
72%	28%	16.2	بوار	30
24%	76%	18	بوار	11
60%	40%	21	بوار	35
64%	36%	24.8	عارية - حصوية	1
60%	41%	25	عارية	2
39%	61%	27.6	تربة عارية	19
45%	55%	29	مستريحة	7
71%	29%	30.4	بوار	13
21%	79%	31.4	بوار - مستريحة	15
52%	48%	31.8	نباتية - الشبح	4
59%	42%	36.8	بوار	14
24%	76%	41.6	محروثة عكس اتجاه الانحدار	5
66%	34%	42.8	بوار	37
69%	31%	44.4	عارية	20
59%	42%	54.8	محروثة عكس اتجاه الانحدار	33
56%	44%	63.2	محروثة مع اتجاه الانحدار	32
33%	67%	65.4	محروثة مع اتجاه الانحدار	6
75%	25%	70	غطاء نباتي	28
63%	37%	100.2	بوار عارية	22
68%	32%	108.8	بوار - مستريحة	12
23%	77%	149.8	محروثة مع الانحدار	10
64%	36%	151.2	مستريحة	27
65%	35%	188.6	محروثة	29
78%	22%	212.6	بوار	31
73%	27%	385.4	محروثة عكس اتجاه الانحدار	9
50%	50%	1843	عارية	26
37%	63%	2281	عارية	25
39%	61%	2905.2	مستريحة	8

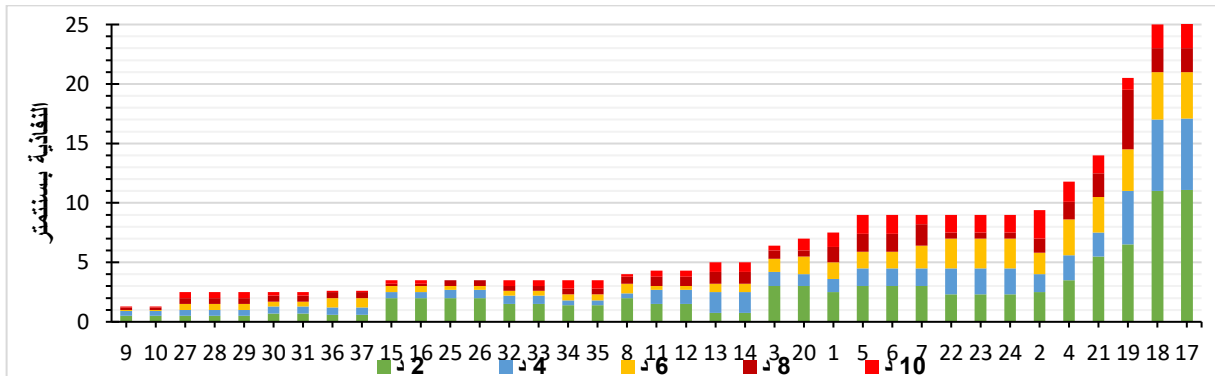
يتبين من خلال الجدول رقم 35 والشكل رقم 79، أن المشاركة رقم 8 المستريحة ذات انحدار 20° درجة تشكل 2905 غ/م² بنسبة 33.6%، والمشاركة رقم 25 ذات تربة طفلية عارية وانحدار 35° تشكل 2281 غ/م² بنسبة 26.4%، والمشاركة رقم 26، وهي كذلك تربة عارية طفلية بانحدار 27° تشكل 1843 غ/م² بنسبة 21.3% من التوحد الإجمالي للمشاركات، وتمثل 81% من التربة المفقودة. كما يلاحظ من خلال الجدول رقم 35 أن المعطيات المتعلقة بتدخل الإنسان (الحرق، والبور، والأراضي المستريحة) ساهمت بشكل واضح في تهيج التعرية بالمقارنة مع العوامل الطبيعية.



الشكل رقم 79: مقياس لوغاريتمي لحجم التربة المفقودة خلال 10 دقائق، بـ (غرام/متر² بعنف 120 ملم/س/م²) تفقد المشاركة رقم 9، 385 غ/م² بنسبة 4.5%، وهي محروثة في اتجاه الانحدار، ثم تليها المشاركة رقم 31 بـ 212 غ/م²، والمشاركات 22، 12، 10، 27، 29 تتراوح بها الإزالة ما بين 100 و 190 غ/م². وهذه المجموعة تشكل 8% من مجموع التربة المفقودة، والباقي أي 27 مشاركة، لا تمثل سوى 6.5% من إجمالي التربة المفقودة، وأقل من 70 غ/م²، وأقل من 1% في المشاركة الواحدة.

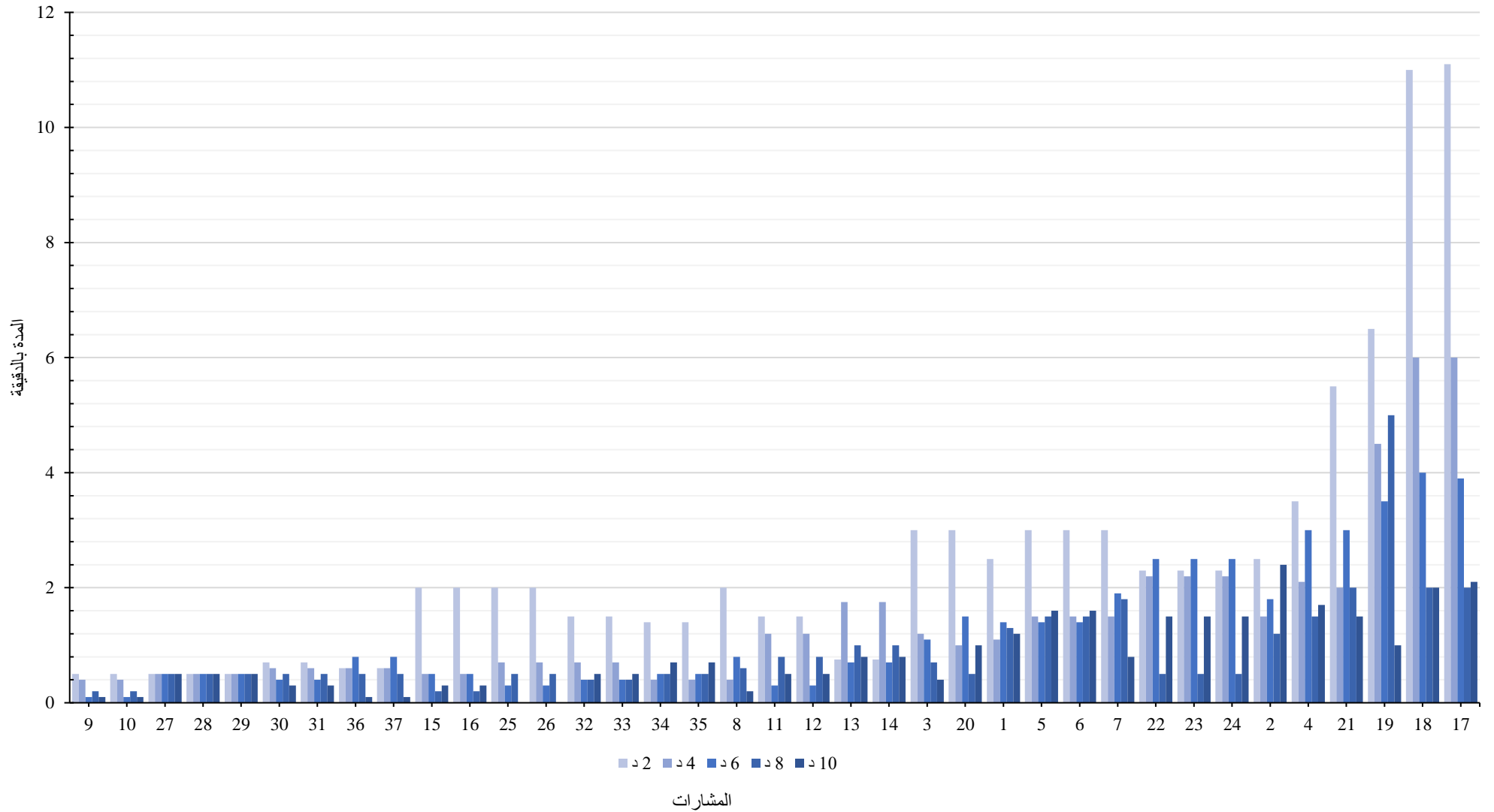
3_3: تفاوت حجم نفاذية الماء (سرعة النفاذية)

تم إجراء اختبار لمدى تجانس سرعة النفاذية داخل المشاركات 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 بالمشاركات التجريبية

يتراوح حجم نفاذية الماء ما بين 2 و 25 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 بالمشاركة 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 للمشارت فهو أنها تكون في بداية التجربة مرتفعة فتضعف عند تشبع التربة وتميئها، وبالتالي يساهم ضعف تطور سمك التربة وسيادة النسيج الطموي والطيني الذي يتعرض للتصلب، ثم قوة الانحدار، في التقليل من التسرب وارتفاع حدة السيالان.

4_ : مقارنة إحصائية للنتائج الإجمالية للمشارات التجريبية

تم الاعتماد في مرحلة أولى من المقاربة الإحصائية لنتائج المشارات التجريبية على اختبار الارتباط (Test de corrélation) بين التربة المفقودة (متغيرات الحمولة الصلبة بالغرام والليتر) 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) المبنى على نتائج تحليل المركبة الرئيسية (Analyse en Composantes Principales).

4_1: اختبار الارتباط للعوامل الرئيسية 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 السيالان، وسمك وعمق التربة المبللة بعد التجريبتين، ثم نسبة حجم المواد الأقل من مليمترين، مع باقي المتغيرات الأخرى باعتبارها السبب، ودلالة الإشارة على اتجاهها، أي ما إذا كانت علاقة طردية (القيم الموجبة) أو علاقة عكسية (القيم السالبة)، تم الاعتماد على اختبار الارتباط (Test de corrélation) بحساب معامل الارتباط (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 للمشارت التجريبية (20 متغيرة).

رقم المشارة	النسيج بـ %				حالة السطح بـ%					الاتحادار بـ %	المقاومة	الموقع			الحمولة الصلبة		النفاذية (ممكن اضافة النسيج للنفاذية)			
	الطفل	الطمي	الرمل	الأقل من 2 ملمتر	شقوق	غطاء نباتي	حصى	عارية	الخشونة	الاتحادار	التماسك kg/cm	Z	X	Y	الوزن بالغرام	الحجم بالتر	النفاذية بسم	حجم الماء المتسرب	مدة النقطة الأولى بالدقيقة	عمق النفاذية بعد التجربة بستنمر
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

التربة المائية والدينامية البيئية في حوضي وادي اطلاغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية

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 الأخرى 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 سالفًا. 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 المشاركة 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 الأخرى بنسب مهمة، ثم بنسبة الطمي بالتربة، والشقوق، مما يعني أنها بعد انغلاقها تساهم في التربة المقتلعة وموقع المشاركة 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 الأخرى، 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 أخرى بعلاقة عكسية، كما يوضح الجدول رقم 38.

الجدول رقم 38: المتغيرات ذات علاقة ارتباط كبيرة بالحمولة الصلبة (بالتر).)

Variables	Corrélation	p.value
etat_cailloux	52.47%	0,00085651
penne	-35.69%	0,03014876
infiltration_cm	-38.41%	0,01893246
rugosité	-46.49%	0,00374177
V_infiltré_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 الأخرى تتحكم في حجم الماء السائل بعلاقة عكسية تصل إلى أكثر من 56% كخروج القطرة الأولى، أي كلما كانت المشاركة 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 المتحكم في فقدان التربة، 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 الأخرى

Variables	correlation	p.value
V_infiltré_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 طالّت 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 أخرى 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 الأخرى

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 كالشيسيت، 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 الأخرى، تم التوصل إلى الجدول رقم 41.

الجدول رقم 41: نسبة التربة الأقل من 2 ملمتر ونسبة ارتباطها بالعوامل الأخرى

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

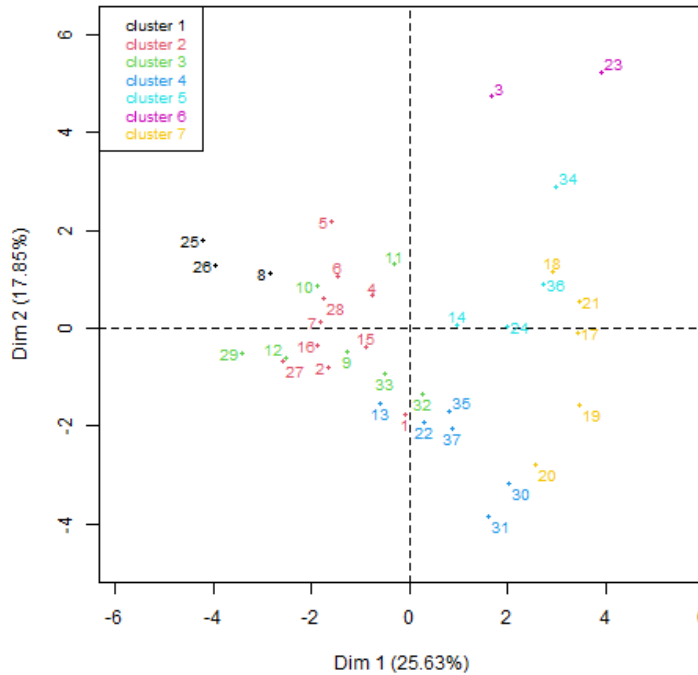
اتجهنا إلى السافلة (الشمال)، إلا وازدادت المواد الدقيقة، يعني المحمولة بفعل المياه. وكلما كانت السطوح مفتوحة إلا وكانت نسبة المواد كبيرة، ثم السطوح تعرف شقوقا، كالفشرات المطرية، وهذا ما يؤكد ما تم التوصل إليه سابقا بأن السطوح ذات الفشرات المطرية هي سريعة السيالان، وبالتالي حجم الحمولة الصلبة كبير والتربة 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 تؤكد 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 للمشارت التجريبية ولكن تم الاقتصار فقط على ذات الأهمية الكبيرة والتي تشكل نتيجة، وليس سببا، لتجنب تكرار العلاقة بين المتغيرات.

2_4: تصنيف المشارت التجريبية

تم الإعتماد في تصنيف المشارت التجريبية على خاصية التصنيف المتوفرة بحزمتي Factoshiny/FacoMiner، حيث تقوم البرمجية بإجراء تحليل المركبة الرئيسية (Analyse en composantes principales) لكي تكون نتائجها هي أساس عملية التصنيف الهرمي التصاعدي²¹ classification hiérarchique ascendante (Joe H, 1963).

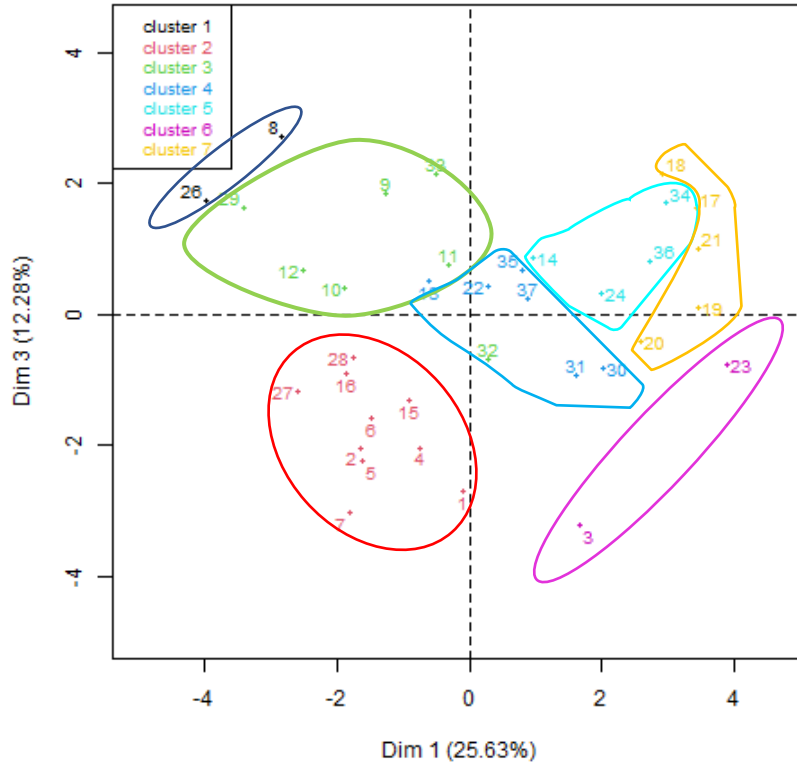
تم تصنيف المشارت التجريبية إلى سبع مجموعات متجانسة كما هو موضح في الأشكال الثلاث الموالية.



الشكل رقم 82: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثانية

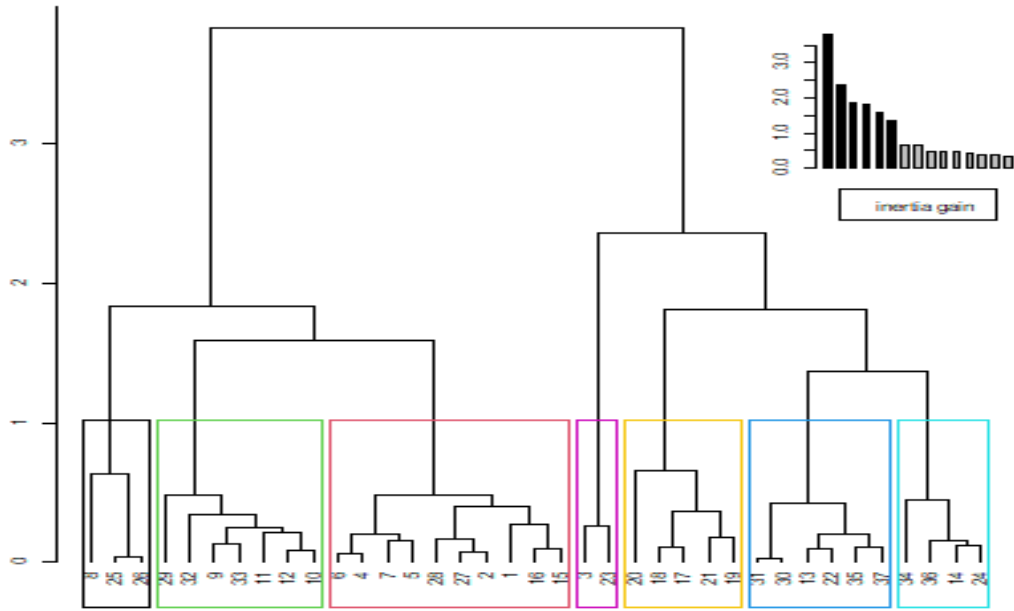
المصدر: مخرجات برمجية R

²¹ تم هذا التصنيف بطريقة Ward بحساب المسافة الإقليدية.



الشكل رقم 83: المخطط العاملي (Plan factoriel) للمركبتين الأولى والثالثة

المصدر: مخرجات برمجية R

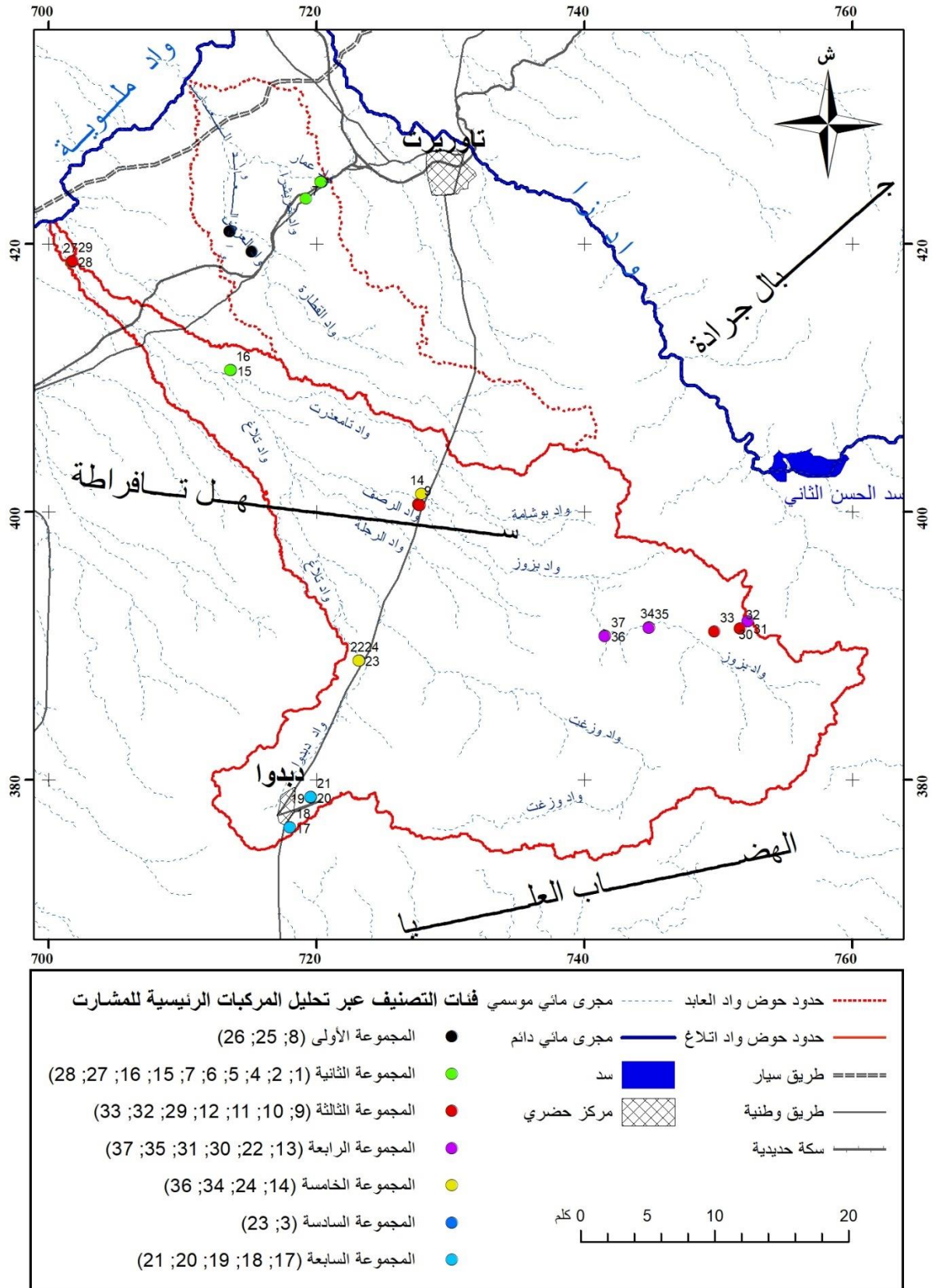


الشكل رقم 84: مخطط شجرة التصنيف الهرمي الصاعد

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 الرئيسية، 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 للمشارت 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 و 0.8)، ومتوسطة (محصورة بين 0.5 و 0.6)، 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 السيالان، 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_infiltr_1	0.836	1.68e-10
	Position_Y	0.834	1.87e-10
	Etat_rugosite	0.796	4.02e-9
متوسطة أكثر من	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
المتوسط أقل من	Consistance	0.48	0.00196
	Charge_Volume_1	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 حده²² (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 الاختبار 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_infiltra_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 بواد وعارية ورعوية، أو مستريحة، وترتبتها 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 فقداناً 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 نسبياً، ثم بعضها يعرف غطاء نباتياً كالحلفاء أو إكليل الجبل، وهي تمتد على شكل خطي من الشرق نحو الغرب.

المجموعة 5 تمثل مشاركات ذات غطاء نباتي، أي أن خشونة سطحها كبيرة وترتيبها متماسكة.

وتأتي المجموعة 6 بمشاركتين فقط، وهي ذات غطاء نباتي، ولكن بخشونة سطح كبيرة، أي نبات مرتفع نسبياً مقارنة مع المشاركات الأخرى، ثم حمولة صلبة تقل عن 10 غ/ل.

المجموعة 7 والأخيرة تتركز في عالية حوض اتلاغ، ناحية دبدو، وهي توجد فوق أساس صخري مقاومة ومتوسطة المقاومة للتعرية، كالكلس الدولومي، والشيست.

يتضح من خلال شكل تصنيف المشاركات وتوزيعها المجالي أن هناك منطقتين يحكم هذا التصنيف، وهو تكوينات المشاركات التجريبية، وهذا ما يؤكد اختيار توزيع مواقع المشاركات من العالية نحو السافلة منذ بداية التجارب، ثم تأكيد فرضية اختلاف التكوينات الصخرية للمشاركات 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 مستترة 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 السيلا. 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 غطاءه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندك التربة ورسها، 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 توحد مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحد، 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.

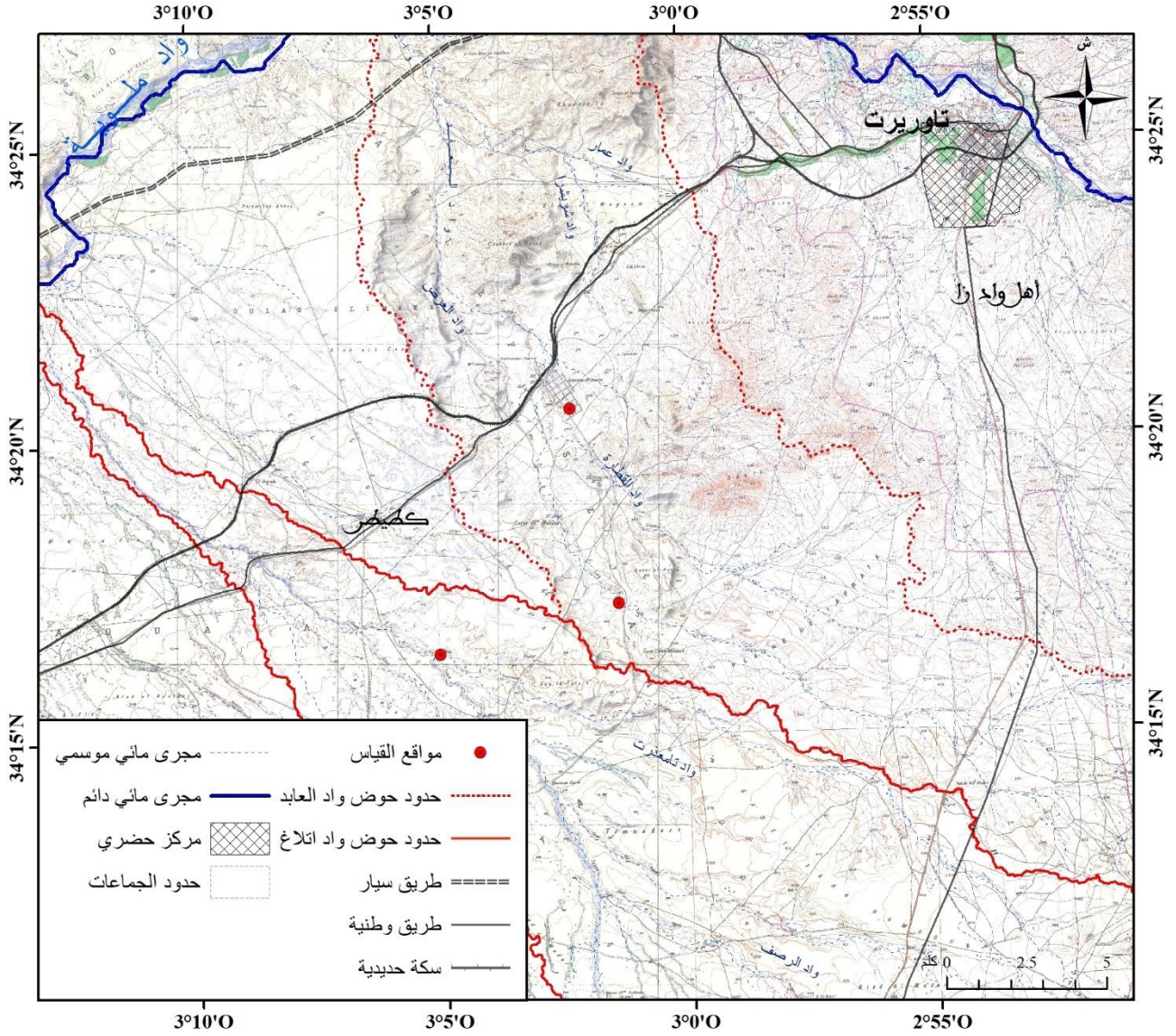
الفصل السادس: تتبع وقياس التعرية الموضعية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الطبوغرافي

(جهاز التوضع العالمي، وتقنية المسح الثلاثي الأبعاد، والخاصة المسيرة)

مقدمة

تبين من خلال دراسة تطور مظاهر تدهور التربة، ومن خلال تكيم 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 المعقدة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن للتعبير عن الواقع الملوس والكلي بشمولية أدق، لابد من دراسة حالات التعرية الموضعية التي يمكن أن تساهم في كميات التربة المفقودة بأضعاف المرات، مقارنة مع تكيم 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 السنتمترات 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، تاويرت 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 التوقيع 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 التوقيع العالمي، مع السحابة النقطية المستخلصة من الماسح الثلاثي الأبعاد، والنموذج الرقمي للارتفاعات والسحابة النقطية بالطائرة المسيرة، تم تحديد الطريقة الأفضل لاعتمادها في استنباط واستخراج كمية التربة المفقودة، ومساحة تطور الأساحل بين فترتين، لأن

الهدف كان فى البءاءىة هو ءءبع هءه المواقع فصلىا أو على الأقل سنوىا، ولكن ءبىن أنه من الصعب ءءبعها فى فءراء قصىرة وءلك لإكراءاء ءءعءة. ءم الاكءفاء بفضرة واءءة فقط انءلاقا من الصور الفضائىة العالىة الءقة الءى ءوفرها Google Earth منذ سنة 2006، وقىاس سنة 2021.

المحور الأول: ءكمىم الءعرفىة من ءلال القىاس والءءبم بجمان الءموضع العالمى GPS

ءءءء جهاء علم المساءة ورسم الءراءاء باسءمرار ما ءءءابه لمهامها من أءواء أءءء لزىاءة الإءءاءىة والءصول على معطىاء على مسءوى عال من الءقة، وءلك مع ارءقاء ءءنولوءىا وانءءارها. ءىم اسءءءام معابىر الءقة الءى ءوفرها نءام الءموقع العالمى مع ءعزىاءاء أرضىة، ءمكن من الءصول على نءاءء سرىعة لعملىاء القىاس، مما ءقل بقرء كبىر من ءم وءءء المعءاء وساءاء العمل الءى عادة ما ءءءلبها الطرق ءءللءىة الأءرى للقىاس. وفى الوءء الراهن، أصبء فى مقءور مساب أو باءء بمفرءه أن ءءقق فى ءوم واءء من العمل، ما كان ءءققه فرىق كامل ءلال عدة أسابىع.

ومن بىن هءه الأءواء الءءىة، ظهر نءام الءموضع العالمى GPS: Global Position System، بءأ من قبل مع وزراء الءفاع الأمرىكى سنة 1974. وكان مقءصرا على الاسءءءاماء العسكرىة إلى ءءوء سنة 1983 عءءما سمء باسءءءامه لأعراض مءنىة. وءلك بعء وضع ءطأ ءءعمء ءصل إلى 100 م فى الأعراض المءنىة، أما العسكرىة فكانء أكءر ءقة. لكن ءالىا ومع الءءور الءى قامء به الشرىاء المءءءة لأجهزة ءءءىء الإءءاءىاء ءقلص هامش الءطأ لءصل إلى نءاءء ءقىة لا ءءعءى سمءراء.

ءعمل نءام الءموضع العالمى باسءءبال الجهاز (GPS) الإءراءاء الفضائىة من ءلاءة أقمار صناءىة على الأقل فى آن واءء لكى ءسءطىع ءءءىء الإءءاءىاء والءقوىء العالمى، أو أربعة أقمار أو أكءر لءءءىء الإءءاءىاء والءقوىء العالمى والإرءقاء عن سطح البءر. والأقمار الصناءىة ءقوم ببء إءارة فضائىة لكل نءقة على سطح الأرض. وعءءما ءسءقبل جهاز (GPS) الإءارة ءعرض المءلوماء بعء ءلللها، وءءفاوء أجهزة ءءءىء الإءءاءىاء فى عءء الأقمار الءى ءمكن اسءءبال الإءارة، ءىء ءصل بعضها إلى إمكائىة إسءءبال عشرة أقمار فى آن، وءءءوى ذاءرة الجهاز على سءل كامل لمواقع الأقمار فى أى وءء.

من مزابا نءام الءموضع العالمى أنه ءوفر صورا ومءلوماء مءسمة وءقىة للءابىة لمعالم السءء الطبىعىة والبشرىة الءى ءمكن عرضها على ءصامىم ونماءء ءبىن أى شىء على السءء بءقة عالىة، وءسءءم مءلوماء النءام المءءلقة بهذه الظواهر والمواء كعنصر أساسى لءغءىة نءم المءلوماء الجءرافىة، وهى النءم الءى ءقوم بءجمىع وءءزىن وعرض ومءالءة مءلوماء ذات إسناد جءرافى. بءلاف الطرق ءءللءىة، لا ءءاءر نءام الءموقع العالمى بمعواقء مءل مءى وضوء ءط الرؤىة بىن مءطاء الإسناد (المءطاء المرجعىة)، علاوة على إمكائىة زىاءة المسافة بىن هءه المءطاء، الءى ءصل إلى 5 كلم بءرىة (الرصد المءءرك اللءظى) وإلى ما بىن 15 إلى 20 كلم بءرىة الرصد الءابء، ومع وصل النءام بموجاء الرابءو، ءمكن ءءقق مسءوى من الإءءاءىة ءسءءىل ءقرىبا بلوغه باسءءءام وسائل المسء البصرىة، مع الءصول على

معلومات في الوقت الفعلي وتحقيق مستوى من الدقة إلى حد السمتر الواحد، في كلتا حالتها 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 النقاط 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 المرسله، وعامل تأثير مجال الجاذبية الأرضية على الإشارات المستقبله حيث أن الجاذبية تعمل على ازدياد ترددها كلما اقتربت من الأرض.

ومن أهم مصادر الخطأ في إشارة هذا النظام يمكن ذكر :

- خطأ 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.

- خطأ 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.

- خطأ 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 الأخطاء في التحديد أو حتى احتمال عدم قدرة الجهاز على تحديد الموقع نهائيا.

أما فيما يخص علاقة نظام التموقع العالمي بالجيود²³، 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، الجيود هو سطح تساوي الجهد لحقل الجاذبية الأرضية الذي ينطبق مع متوسط سطح البحر، مرجع قياس الارتفاعات. يتم تحديد الجيود أساسا انطلاقا من قياسات الجاذبية، موازاة مع مشروع حساب الجيود الوطني، تم تحديد جيود أولي مسمى الجيود الهجين للمغرب 2016 (GHM16). [/ https://www.ancfcc.gov.ma/GeoideAr](https://www.ancfcc.gov.ma/GeoideAr)

له ارتفاعات نظام التموضع العالمي هو الإلبسويد²⁴ WGS84 (النظام العالمي الموحد)، أي أن القيم تدل على ارتفاع النقطة من سطح هذا الإلبسويد، ولذلك تسمى الارتفاعات الإلبسويدية 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 بـ NGM (Nivellement Général du MAROC)، ويعرف هذا النوع من الارتفاعات باسم الارتفاع الأرثومتري، والمرجع لهذه الارتفاعات هو الجيود: 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 الجيود، أي معرفة قيمة كل نقطة نريد تحويل ارتفاعها إلى منسوب، وهنا تأتي الصعوبة لأن تطوير نموذج دقيق للجيود يعتبر عملية صعبة جدا.

1_ طرق الرصد

1_1: الرصد الثابت Statique

هي أقدم طرق الرصد - المساحية بصفة عامة - المعروفة في استخدام نظام التوقيع 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".

2_1: 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 الإهليلج 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 نقاطاً مجهولة. وهنا يزيد وقت الرصد "دورة" بما لا يقل عن ساعة (لكنه يعتمد على أطوال خطوط هذه الشبكة) حتى يمكن الوصول لدقة مناسبة.

3_1: 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.

4_1: 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 (ب طرح الإحداثيتين)، وبالتالي 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:

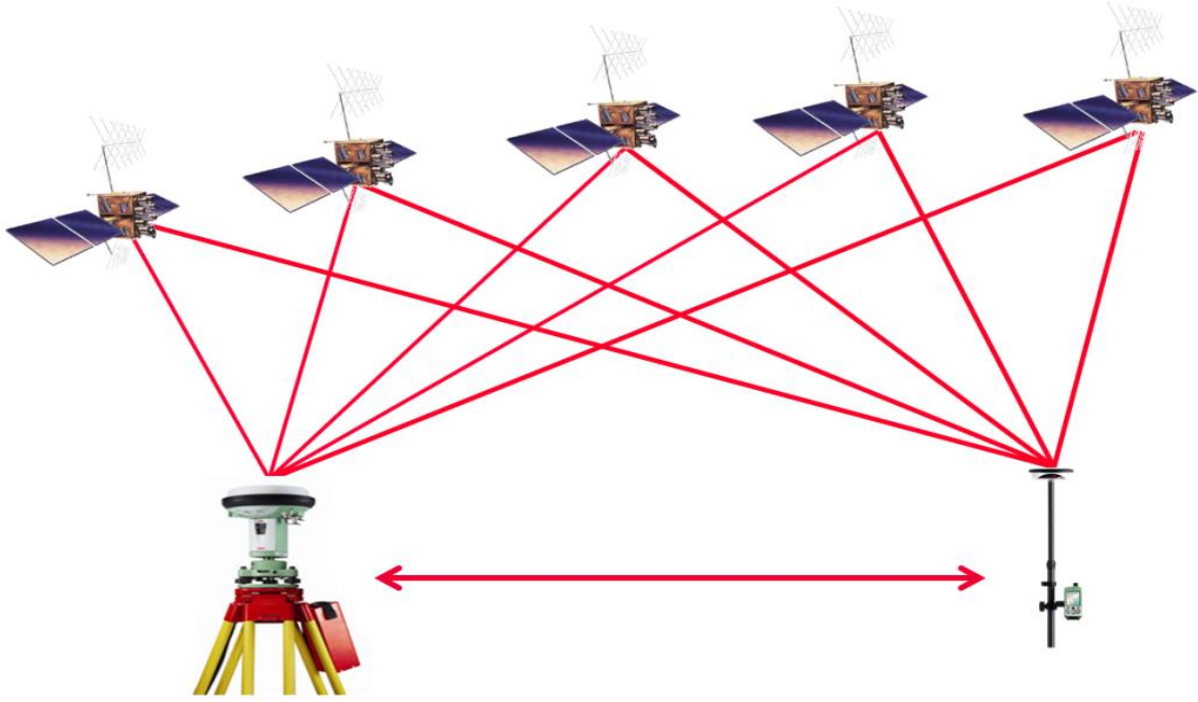
أ: طريقة الرصد المتحرك بالحساب المكتبي (Post-traitement cinématique)

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 وأيضاً استخداماتها. هذه الطريقة الأخيرة هي التي نعتمدها نظراً 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 يدوياً (كذلك الهواتف الذكية).
- الدقة تختلف من نوع لآخر، فالمجموعة الأولى هي الأدق (سمترات وأحياناً 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 و Topcon 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 وثبته على نقطة معلومة سواء كانت موجودة في الميدان بإحداثيات معروفة أو يقوم الجهاز بحسابها تلقائياً انطلاقاً 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

قديمًا، كان من المعروف أن دقة نظام التموضع العالمي اللحظية ليست عالية، ومن هنا فنحن نحتاج لمعالجة الإرساد في المكتب من خلال برمجيات متخصصة، تعتمد على وجود أرساد 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، ولإستخراجها إلى الذاكرة الخارجية يقوم بتحويلها من نقط خام إلى ملف، ويسجلها في الذاكرة الخارجية (Carte mémoire)، حسب الامتداد المطلوب مثلاً (.txt)، ونوع الإسقاط المطلوب أو المحدد مسبقاً، وهذا لمعالجة المعطيات.

4_ : معالجه المعطىات (العمل المكىبى)

الهدف الأساسى من هذه العملىة هو التصحىح الهندسى وإزاله النقط الشاذة وتحوىل ما هو مسجل فى المىدان إلى خرائط أو تصامىم أو مقاطع. هذه العملىة بدورها تمر بعدة مراحل وهى:

4_1: تحصىل المعطىات

تحصىل أو تفرىغ المعطىات من جهاز التموق العالمى إلى الحاسوب بواسطة برمجىة LGO (LEICA Geo Office)، نظرا لكون الجهاز ىنمى إلى شركه Leica، هناك العىد من البرمجىات التى تقوم بهذه العملىة حسب أنواع الأجهزة، وذلك لتحوىل القىاسات إلى إحدائىات أى نقط حسب نظام الإسقاط المطلوب، وترتىبها حسب الاسم أو رموز مظاهر السطح، بمساعده الرسم التبسىطى المأخوذ من المىدان، ثم بواسطة البرمجىة المكىبىة لإزاله النقط الزائده، وتقسىمها حسب الرموز وترتىبها. لكن قبل هذه العملىة، ىجب الإشارة إلى أن هناك نوعىن من التفرىغ - الأول: لا ىحتاج إلى المعالجه، لكونه ىسجل على شكل مستندات محسوبه ذات إحدائىات صحىحه فى الذاكره، مسبقه تحدىد نظام الإسقاط، وهذا النوع غالبا ما ىقاس بطرىقه الرصد اللحظى المتحرك RTK، أما النوع الثانى، فىسجل على شكل مستندات خام تحتاج إلى المعالجه القبلىة عند التفرىغ بواسطة برمجىة معالجه المعطىات، بطرىقه خطوط القاعده وعلاقتها بتوقىت الرصد بىن الجهاز الثابى والمتحرك. وكل طرق الرصد تحتاج إلى هذه المعالجه، إلا الطرىقه المذكوره فى نوع التفرىغ الأول.

4_2: تحوىل القىاسات إلى رسوم وخرائط

بعد مرجه التفرىغ ىتم تحوىل القىاسات إلى رسوم، وتتعدد برمجىات التصمىم وتحلىل القىاسات وبرمجىات نظم المعلومات الجغرفىة. فى حالتنا، تم الإكتفاء بجزمة Covadis الذى ىعمل داخل بىئه AutoCAD، باعتباره ىعطى كافة المتغىرات الأساسىة التى ىعتمد علها تحلىل القىاسات، وكذلك بكونه الأكثر استخداما فى مكاتب الدراسات خاصة الطبوغرفىة منها. ولهذا الغرض، ىتم تحمىل النقط إلى البرمجىة. وكما هو معلوم، فإن كل رسم خرائطى أو تصمىم ىتكون من نقط وخطوط ومضلعات. فى هذه المرجه، ىتم ربط النقط بالخطوط للحصول على أشكال التعرفىة المقاسه قىد الدراسة، ثم استنباط المقاطع الطولىة أو العرضىة، أو المساحه، أو حجم التربه المقتلعه. بصفه عامه، ىتم استغلال المعطىات ومعالجتها حسب الغرض المطلوب، والهدف من الدراسة.

5_ : قىاس التعرفىة بنظام التموق العالمى لحوضى اتلاغ والعابد

تم اعتماد نسق الرصد المتحرك اللحظى نظرا لدقه نتائجه وكذلك لفعالىة وسهولة هذه الطرىقه للحصول على معطىات جاهزه، لأنها لا تحتاج إلى المعالجه المكىبىة 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.

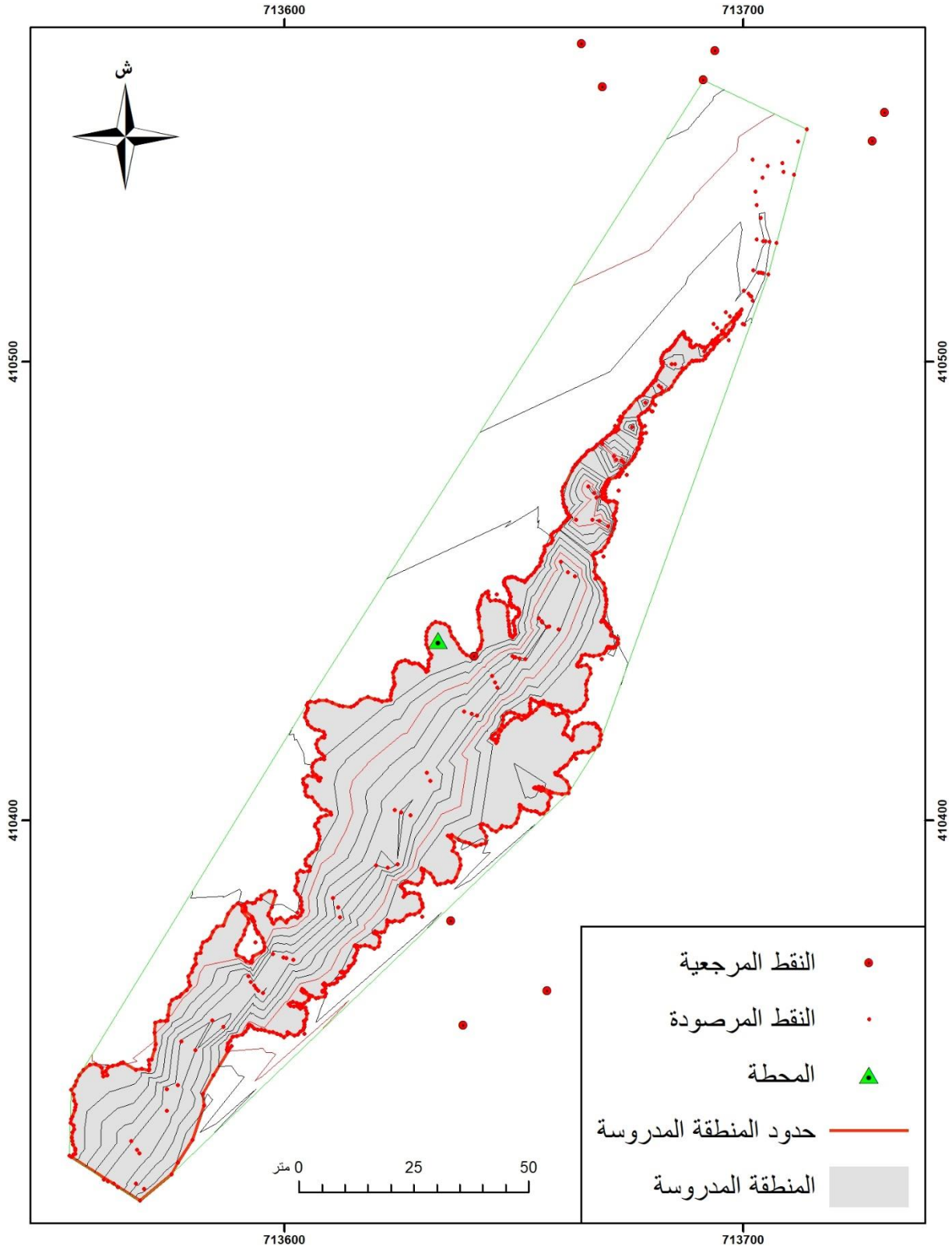
بعد تجميع وتثبيت الجهاز على نقطة مرجعية، غالبا ما يتم تحديد إحداثيتها بالجهاز من تلقاء نفسه، في المرة الأولى، ولكن عند الرجوع إليها مرة أخرى، تكون نقطة معلومة الإحداثيات فقط، يتم فحصها والتحقق من نسبة خطأها.

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 تفرغ المعطيات المحصل عليها من الميدان للمواقع الثلاثة المدروسة، تمت معالجتها لبناء نموذج رقمي للارتفاعات 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 التعرىة التراجعىة (أساحل) بمنطه سهب الغزال، وذلك لبناء نمودج رقمى لهذا الشكل، مع وضع نطق مرجعىة للرجوع إليها، عند الحاجة سواء للإسناد الجغرافى بعد المسح بالطائرة المسىرة، والماسح الثلاىى الأبعاد، أولتبع تطور هذا الشكل مسقبلا، كما تم التوصل إلى الجدول رقم 44.

الجدول رقم 44: نئائج تحلىل النطق المرصودة بنظام التموضع العالمى، 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		

ىتبىن من الجدول أن عدد النطق المرصودة هى 1271 نطقه التى تم الرىط بىنهما واستخلاص الشكل رقم 88، ثم حدود هذه المساحة، وكذلك عدد التئلىث لشبكة الشكل بعد المعالجة وهى 2527 مئلىث؛ وهى قلىلة مقارنة مع تقنىات المسح الأخرى. ثم المساحة المسئوىة وهى 1.18 هكتار، والمساحة بالابعاد الثلاىى أى الشكل الحقىقى وهى 1.25 هكتار، مما ىفسر الأجراف الترابىة بهذه الأساحل.

المؤور الئانى: ؤكمىم الئعرفىة من ؤلال القىامس والئبعم بئقنىة المسم الئلائى الأبعاء Scanner 3D

ئاورء ؤقنىاء المسم الطبوغرافى مع الئاور العلمى والئئولؤجى المئسارع، ؤاصة ؤقنىاء المساحة الئصوىرىة والماسح اللىزرى للءصول على معطىاء رقمىة الئلائىة الأبعاء ؤقنىة، وصور واقعىة (عقلىى، 2013)، بالإضافة إلى مءطه ؤهاز الئموضع العالمى، ؤم اسئءءام هءه الئقنىاء لما ؤءمه من سهولة فى العمل وءقءه واؤئصار فى الؤهء والوقت إذا ما ؤمء مقارنئها مع الطرق الئقلىءىة.

وظءء ؤقنىة المسم اللىزرى فى السئواء الأؤىرة بصوله واسعة من أءل ؤكوىن مءسماء الئلائىة الأبعاء عالىة الءقءة. وىعئبر الماسح اللىزرى الئلائى الأبعاء أءاه ؤقوم بئءللل عناصر بنائىة أو عمرانىة، وئلك بءمع معطىاء عن شكلها وأؤىاناً مظهرها الؤارجى، مئل لونها (لئبر، 2020).

وئسئءم هءه البىاناء لإنشاء مءسماء رقمىة الئلائىة الأبعاء فى العءىء من الئطبىقاء. المسم الئلائى الأبعاء طرىقة ؤءىءه ؤسئءم ضوء اللىزر لمسم الؤسم بشكل مباءر ؤون ؤماس معه، وىئئء عن ؤلك ؤمامة أو سءابىة نقطىة الئلائىة الأبعاء للؤسم الممسؤح، بمعالءة هءه الؤمامة النقطىة، وىئئء نمؤء ؤلائى الأبعاء للؤسم.

1_ الئنهءىة وطرىقة العمل

1_1: أنواع أءهءة الماسح الئلائى الأبعاء وئطبىقائه

هئاك الئلائى أنواع للماسح الئلائى الأبعاء: الماسح اللىزرى الأرضى الئابء، الماسح اللىزرى الأرضى المءمول على عربة، والماسح اللىزرى الؤوى. وفى ؤالة قىامس الئعرفىة، ؤم اسئعمال الماسح الأرضى من نوع LEICA SCAN STATION P40، (الصورة رقم 43)، ؤصل ؤقئه إلى 1.2 ملم، ومسافة اللىزر ؤصل إلى 270 م، بسرعة مليون نقطة فى الئانىة، وءقءة الصور ؤصل إلى 700_Mpx. وىئكون الماسح بصفة عامة من قسم ؤاص بإصءار الأشعة اللىزرىة واسئقبال الأشعة المئعكسة عن الؤسم، ؤم مرآة سرىعة الؤوران، ومءركاء الؤوران الأفقى والعموؤى، وئلائىة أرجل للئبىء فى نقطة مءءة.



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 التقاط 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 جداً، 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.

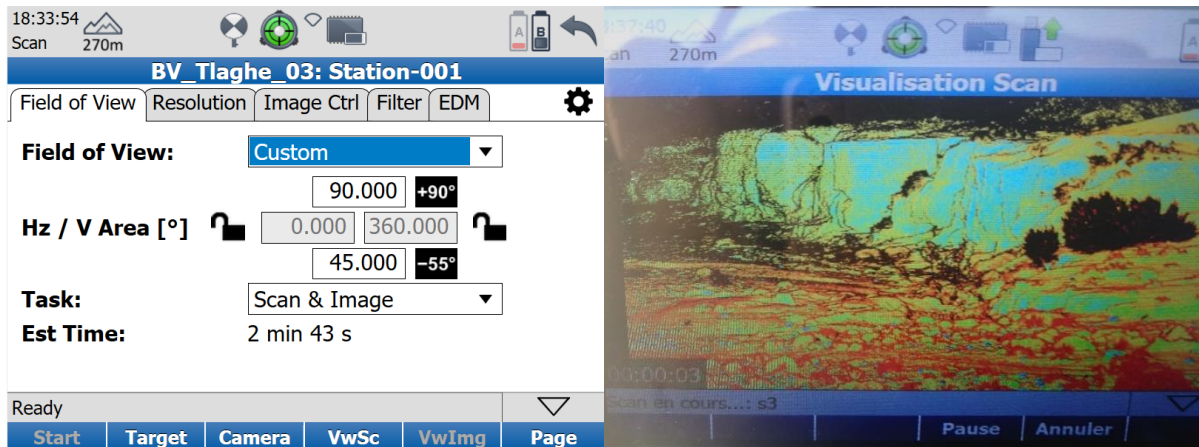
✓ العمل الميداني: وهو بدوره يمر بعدة مراحل وهي:

أولاً: إنشاء شبكة إحداثيات حول المبنى أو الجسم المراد مسحه، وذلك باستخدام جهاز محطة الرصد المتكاملة، أو جهاز محطة التوضع العالمي، كما هو الحال بالنسبة لهذه الدراسة. وبذلك يتم الحصول على الإحداثيات لمحطات التمرکز 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 اختيار 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 التمرکز، وأيضاً تحديد الهدف بشكل جيد. كما ينبغي على الراصد أن يختار نقط تركزه 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، وتقادي 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 التوضع)، وذلك مثلاً 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، (الإعدادات والمسح).

المصدر: عمل ميداني 17 يناير 2019.

رابعاً: يتم حفظ المشروع فى ملف خاص، ومن ثم تحميله على الحاسوب للاشتغال عليه.

✓ العمل المكئبى: تبدأ عملىة النمءجة، ولهذا الغرض لاءب من ءوفر جهاز له خصائص عالىة (مءطة عمل - Workstation). وللاشارة ءمء معالءة هءة المعطىاء ببرمءبىة Cyclon من الشركة المصنعة للجهاز Leica، نلخص مرادل العمل المكئبى فى ماىلى:

أولاً: نسب جمىع مءطاء الرصد إلى واءة مركزىة، وءسمى هءة العملىة بالءسءبىل (Registration).
ءانىاً: إزالة الأءسام ءىر المرءوب فىها، وءلى لا ىمكن ءقاءى رصءها ءلال عملىة المسء، كالأشءار مءلا، أو البنىاء المءاورة، أو السىاءار وءىرها من الأشىاء ءلى لا ءهم الءراسة.
ءالءاً: عملىة ءءزىء (Segmentation)، وهى عملىة ءءزئة العمامة النءطىة إلى وءءاء مءءءة وفق ما ىلى:

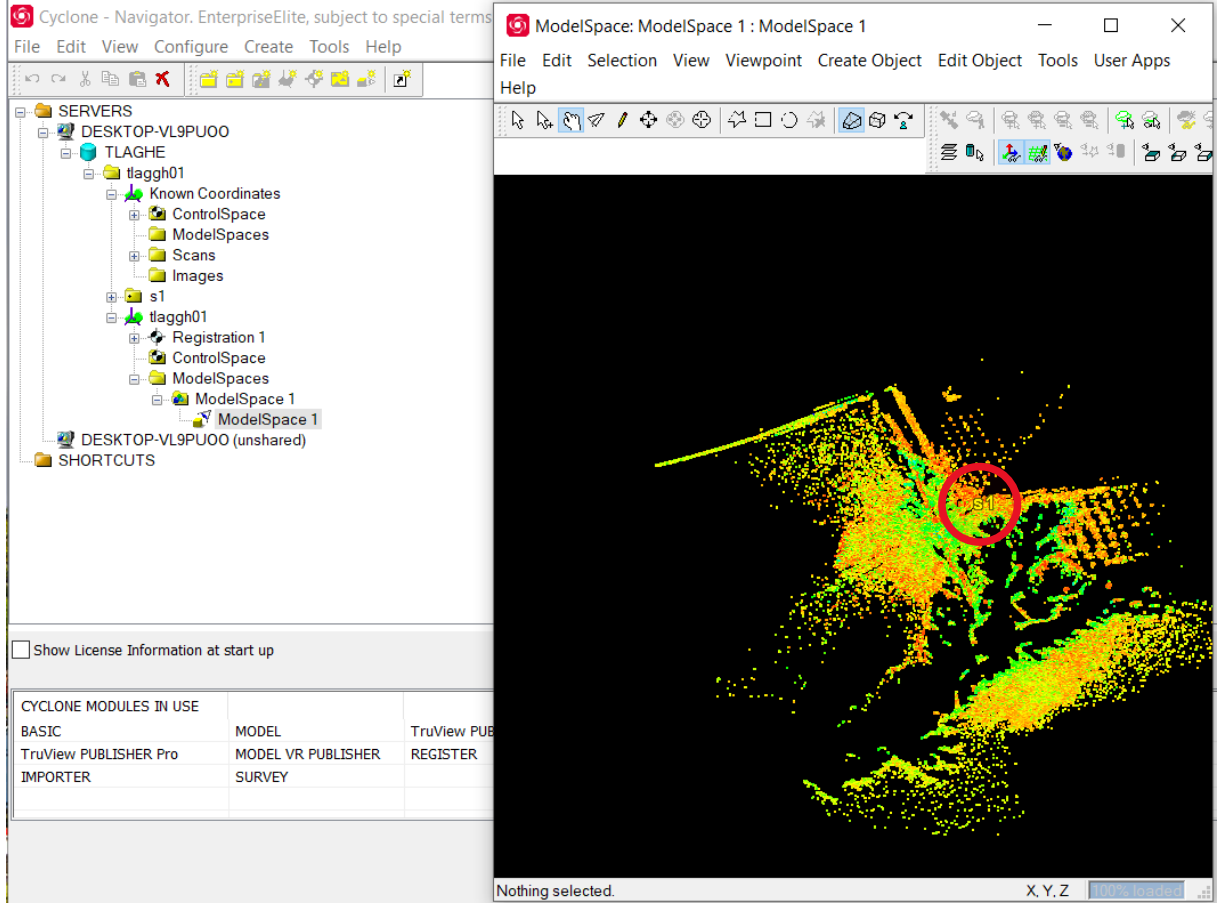
○ الأبعاء: مءلا ءمىىز النوافء والأبواب والءءران والسقف، كل على ءءة، بأبعاءه.
○ الموضع: مءلا الأرضىة ءقع أسفل البناء، والسقف فوق الءءران، وهءذا.
○ الطوبولوءبىا: مءلا السقف ىءقاطع مع الءءران، والءءران ءءقاطع مع الأرض.
ثم بعء ذلك ءم نمءءة الشكل الهندسى، بءبء ىءم أءءىار الأءواء الأكثر ملاءمة لكل شكل جزء من العمامة النءطىة. وفى ءالة أن جزءاً من العمامة النءطىة كان قلىل الكءافءة، ىعءمء فى نمءءءها على ءءصور العام للشكل الممسوح.

2_ قىاس ءءرىة بالماسء الأرضى ءالءى الأبعاء بحوضى ائلاغ والعباء

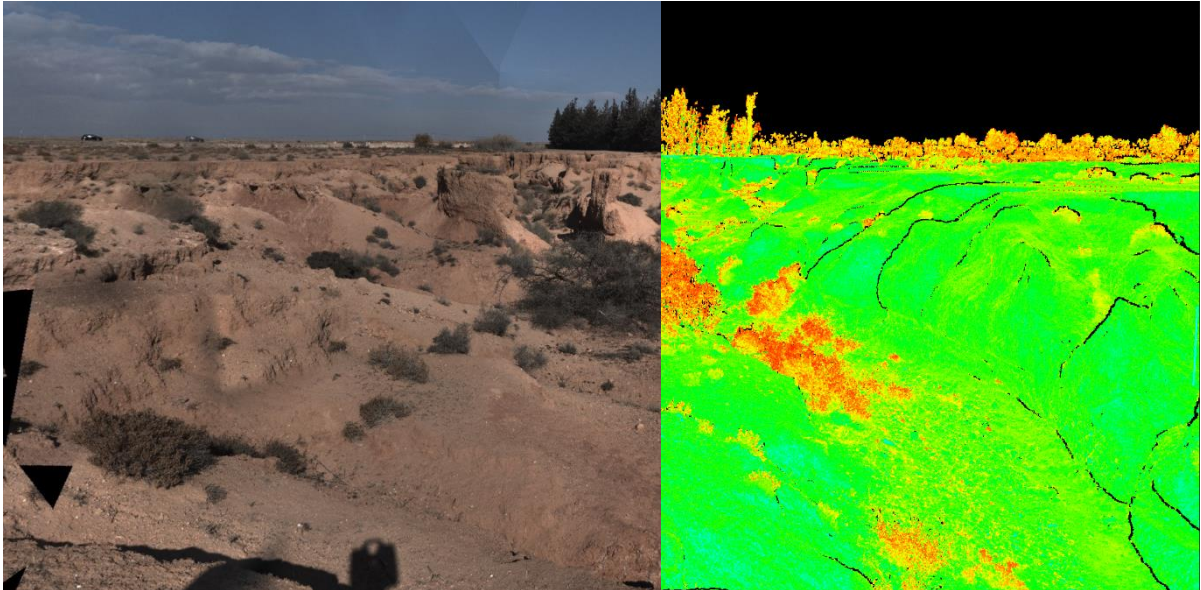
لقد ءم قىاس ءءرىة بالماسء ءالءى الأبعاء بموقع سهب الءزال ىوم 17 ىناىر 2019، وذلك ببءار Leica Scan P40، وذلك بعء وضع نءط القاعءة أو نءط مرءبىة ءرة ءم إنشائها مىءانىا، ءول شكل ءءرىة ءءراءبىة لءءطىءه كاملاً، بمءال رؤىة مءكامل (مءءاءل). وءم مسح الءءب ىاءعءاءاء مءءءة فى بءابءة العملىة (المءطة الأولى)، وذلك للءءربىة ثم أءء ءءرة عن طرىقة الاشتغال والوقت المسءغرق فى المءمة ومساحة ءءزىن المعطىاء. وءبىن أن ءقة 20 سم مع أءء صور مءءالىة لبناء النموءء ءالءى الأبعاء كافىة ومناسبة من ءبء مساحة ءءزىن ومءة الرصد فى المىءان.

واءءءنا عءة مءاكل لهءة الطرىقة للمسء، من أهمها ءبىاب (مءطة عمل - Workstation)، لمعالءة الكم الءائل من النءط السءابىة، ءبء ءصل إلى ملاءىن النءط فى مءطة واءة (الشكل رقم 89)، ءاصة إذا كانت ءقة ببءة، ثم ءبىاب برمءبىة المعالءة ءاصة بقراءة امءءاء هءا النوع من الماسء ءالءى الأبعاء، لأن هءاك برمءبىاء أءرى سواء ءرة ومءقووءة المصءر أو مءقووءة ءءمن، لءئها لا ءوافء امءءاء هءا الجهاز، مما ءعلنا نءنظر ءقرىبا سءنءىن لمعالءة هءة المعطىاء، ثم مءاكل أءرى، مءعلقة ببكون الجهاز ءىر مءاء ءائماً، وأءرى مءعلقة بالوءبىسءىك. لهءة الأسباب، ءم الإءءفاء بمءطقة سهب الءزال فقط.

بعد توفر البرمجية (الشكل رقم 89)، تمت معالجة هذه المعطيات (الشكل رقم 90) ودمج المحطات لمحاولة نمذجة الشكل الهندسي لمقارنته بنتائج نظام التوقيع العالمي، نتائج الطائرة المسيرة من جهة وحساب التربة المفقودة من جهة أخرى.

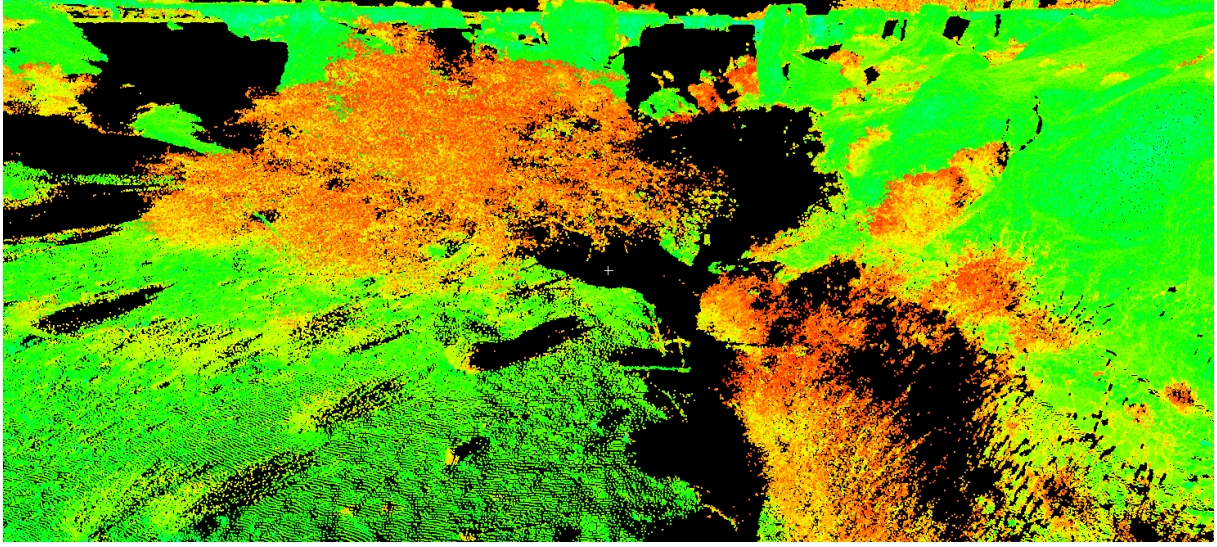


الشكل رقم 89: واجهة من برمجية Cyclone لمعالجة سحابة نقطية لمحطة واحدة (s1) تم رصدها بسهب الغزال



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.

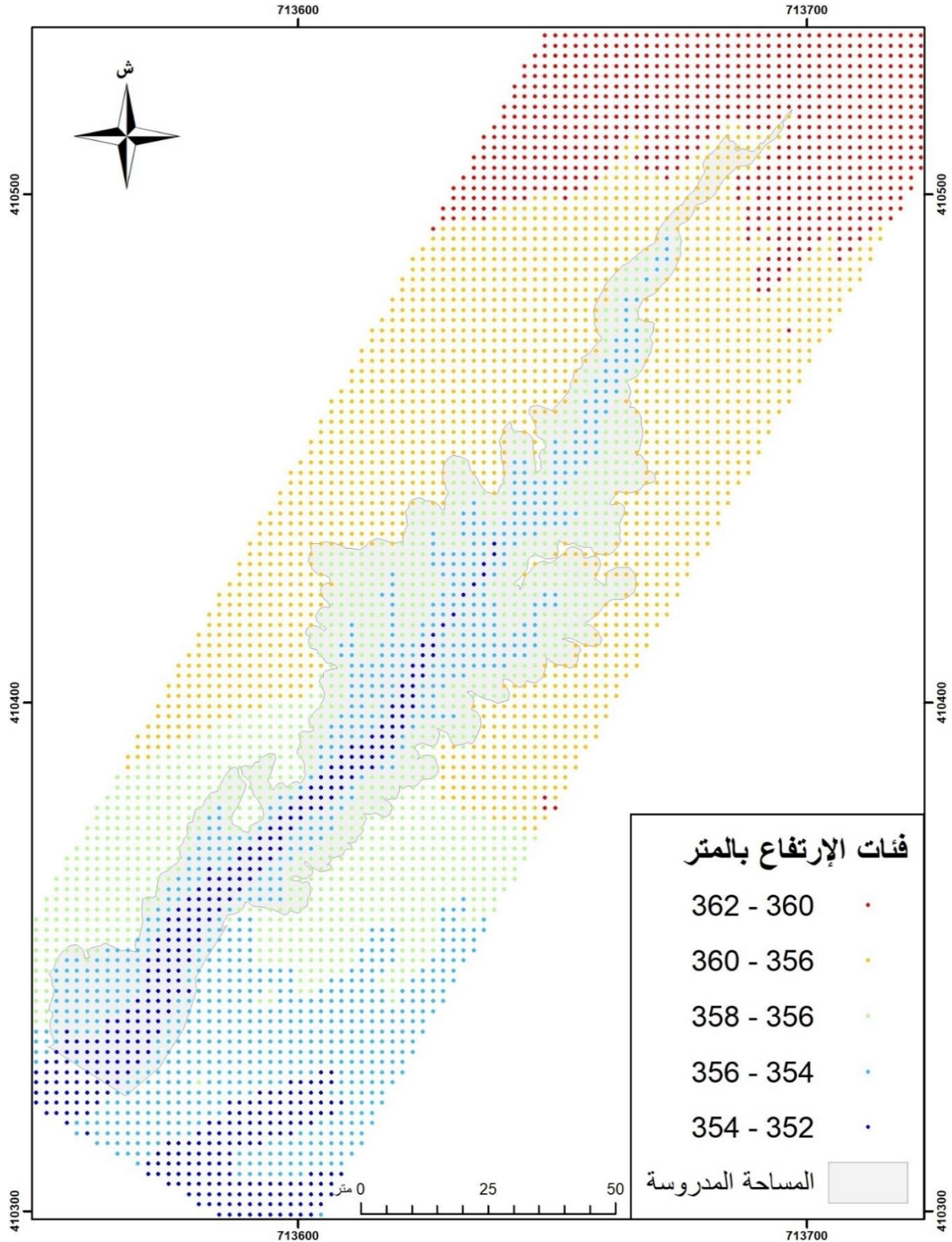


الشكل رقم 91: سحابة نقطية تبين شكل التعرية

المصدر: القياس بالماسح الثلاثي الأبعاد.

بعد استخلاص النقط والتخفيف من شدتها لتمكين 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 المسح 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 التعريف من خلال القياس والتبعية 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 المؤهلة ذات التحكم عن بعد. أصبحت الطائرات بدون طيار ذات أهمية كبيرة، نظرا لتزايد الطلب على استعمالها 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 RPA²⁶: طائرة لا تحمل بشرا ولكن يتم التحكم فيها عن بعد من خلال طيار (Tomasello, & Haddon, 2011).
 - ✓ نظام الطائرات ذات التحكم عن بعد RPAS²⁷: هو مجموع العناصر المطلوبة لتحقيق القدرة على الطيران بدون طيار، ويشمل الطائرة، والطيار على المحطة الأرضية، ومحطة المراقبة الأرضية، ومستخدم أجهزة الاستشعار (EUC, 7th Report, 2014).
 - ✓ المركبات الجوية غير المؤهلة UAV²⁸: 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 UAS²⁹: 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).

2_1: تاريخ الطائرات بدون طيار، نشأتها وتطورها

كانت فكرة الطائرات بدون طيار وليدة الحروب والنزاعات. في سنة 1849، أطلقت 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 الاستعادة 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 للمهام 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، ...

3_1: أنواع الطائرات بدون طيار وخصائصها

من الصعب وضع نظام تصنيف واحد يشمل جميع الطائرات بدون طيار نظرا لتنوع الاستخدامات 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 ما بين 200 و2000 كلغ، ثم طائرات متوسطة الوزن، ما بين 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 ما بين 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 ما بين 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 تكنولوجيا 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، وتستخدم 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 صنعت 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 مزايا 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 الرسمية 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، بتسيق 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، لا بد من صفة إطار العمل (الإعلام، مكاتب الدراسات، شركات، البحث العلمي). ثم أنه لكل مهمة استعمال الدرون، لا بد 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 بكاميرا مزودة بمصراع ميكانيكي بدقة 20 ميجابكسل. قادرة على التقاط فيديو بدقة 4K، ويمكن

للطائرة التقاط صور متتابعة بمعدل 14 مرة (إطاراً) في الثانية. ثم أن سرعتها يمكن أن تصل إلى 72 km/h. إضافة 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. إضافة إلى مرونة تحويل المعطيات بالذاكرة الخارجية...



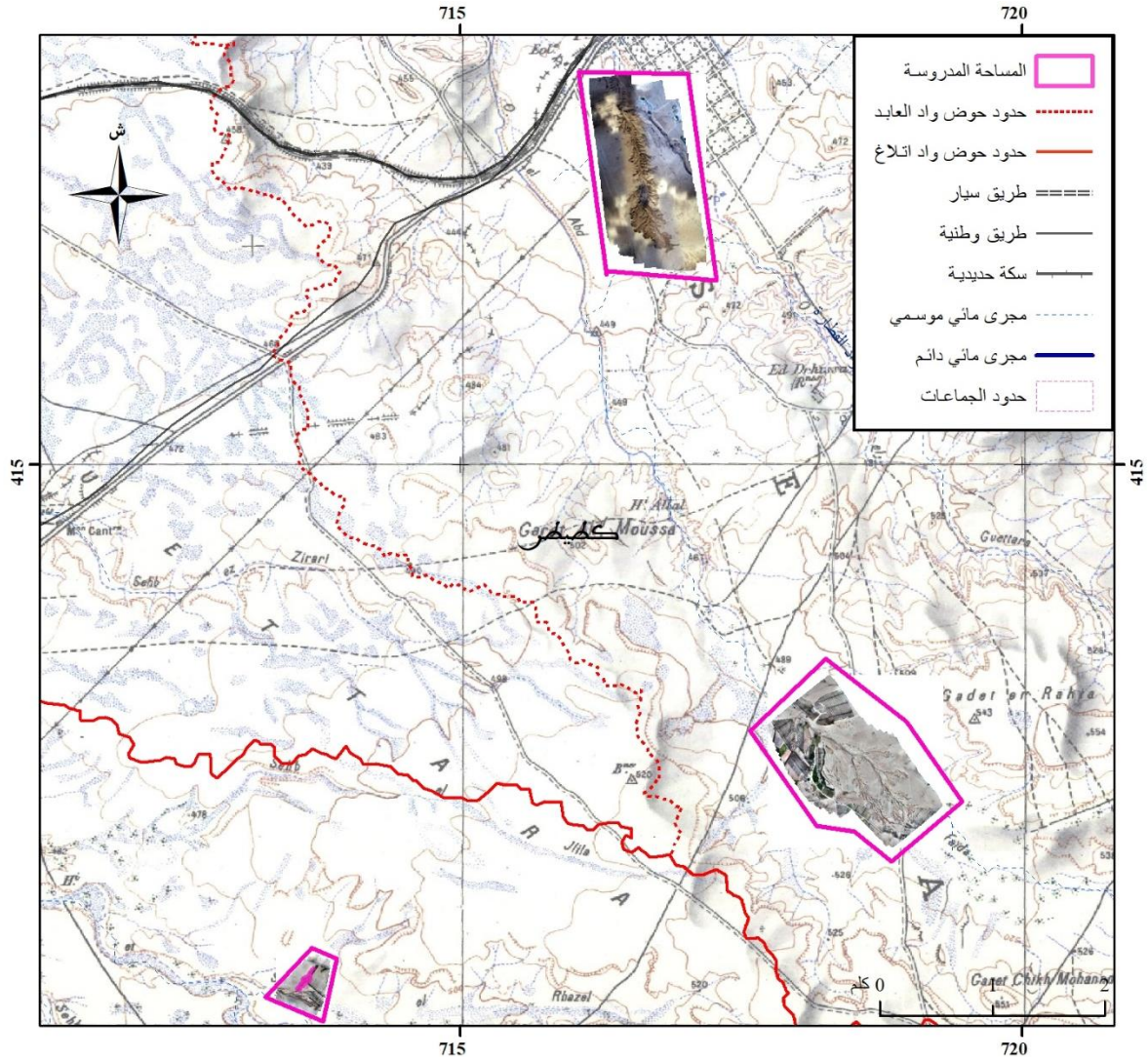
الصورة رقم 45: إعداد جهاز DJI Phantom 4 Pro لطيران.

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 اىلاغ والعباء

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 سابقاً (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 لتاويرت والعقرب 1/50000، وقياس 17 أبريل 2021 بالطائرة المسيرة.

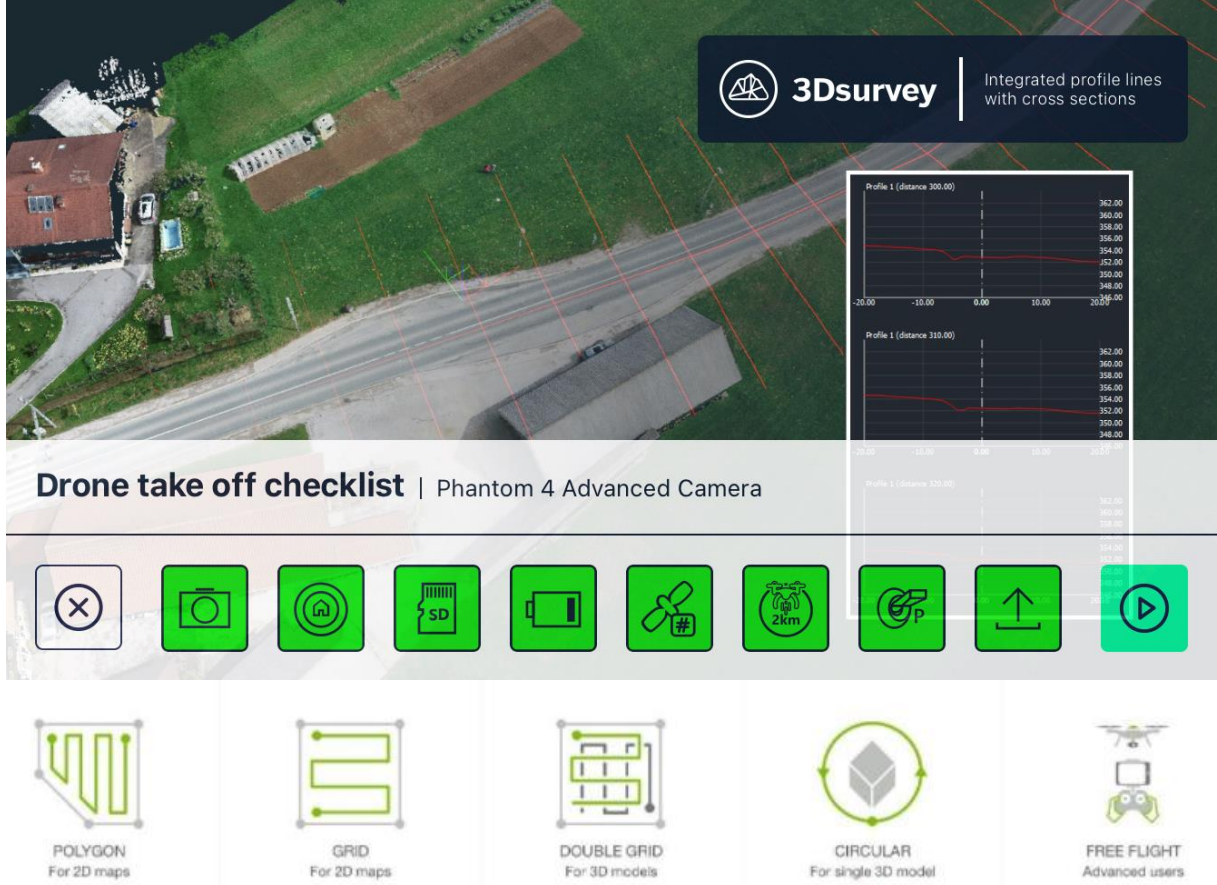
بعد تحديد المواقع وبلوغ هدف قياس التعرية بالطائرة بدون طيار، تم المرور من المراحل التالية:
أولاً: تحديد علامات ونقط مرجعية على الأرض ليتم رصدها بالطائرة المسيرة، (الصورة رقم 46)
وقياسها بجهاز التموضع العالمي بنسق (RTK)، لاعتمادها في الاستناد الجغرافي كنقط مرجعية.



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).

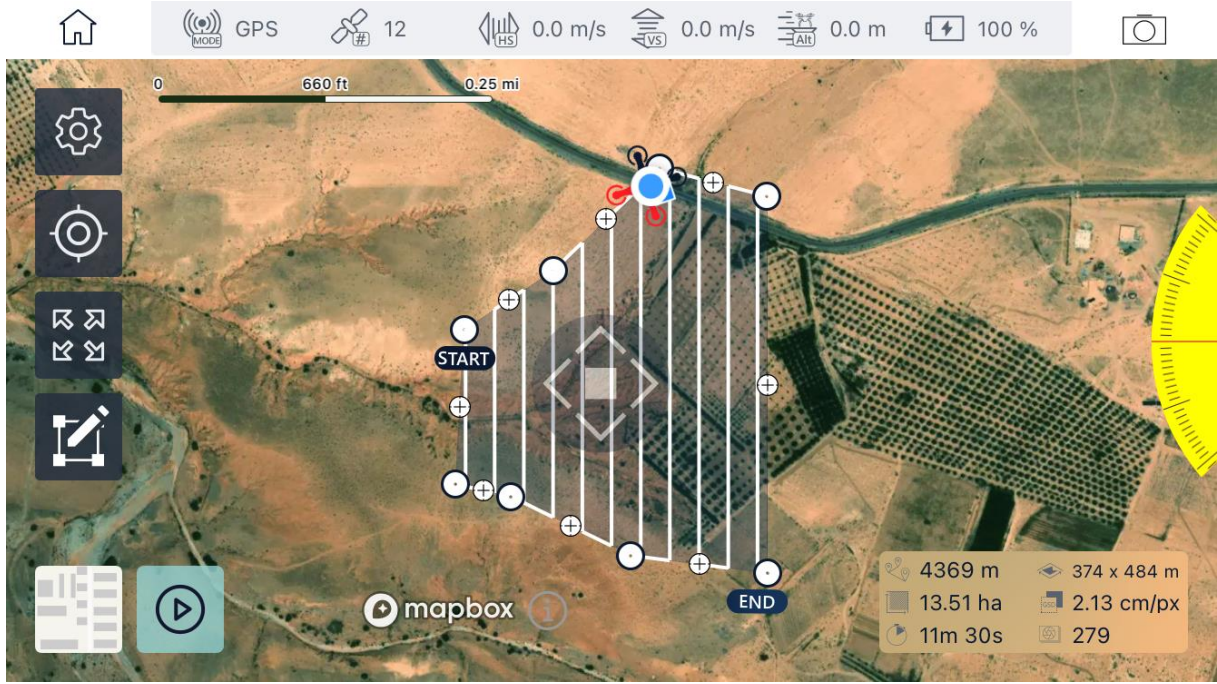


الصورة رقم 47: واجهة برمجية التحكم عن بعد، وخيارات الطيران

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).

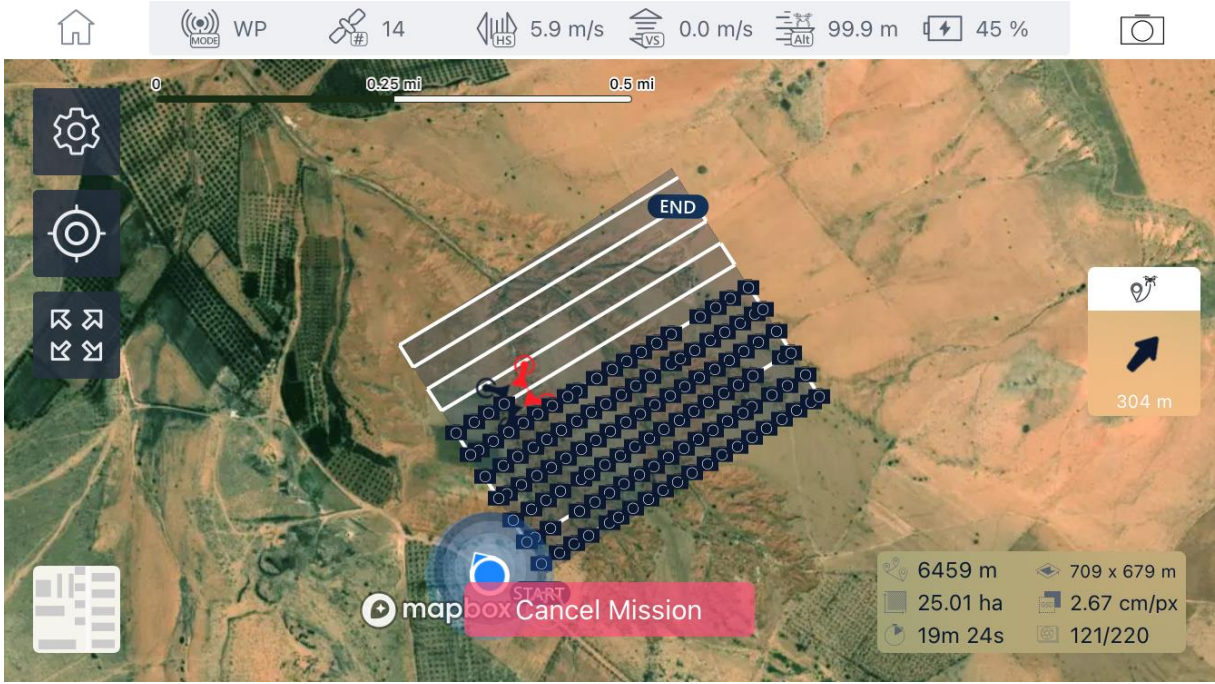


الصورة رقم 48: واجهة برمجية التحكم عن بعد، إعداد خطة الطيران

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

رابعاً: الاحتياطات، يجب مراعاة وقت الرحلة المقدر وإنذار البطارية (إذا كان منخفضاً أقل من 30%) يجب تفعيل وظيفة العودة التلقائية)، ثم من الأفضل أن تكون نقطة الإقلاع في وسط منطقة المسح. خامساً: 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 النقاط 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 م عن مركز منطقة القياس (الصورة رقم 49).



الصورة رقم 49: بدء عملية التصوير الجوى بمنطقة سهب الفيضة

المصدر: عمل ميدانى، 17 أبريل 2021.

بعد اجتياز الطائرة عملية الفحص، يمكن بدء الطيران (الصورة رقم 49) وبتبين 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: نمذحة وتحليل معطيات نتائج قياس التعرية بالطائرة المسيرة بحوضى اءلاءم والعابء

بعد الإنتهاء من العمل الميدانى، يتم تفريغ الصور وجمعها فى ملف واحد بهدف تحليلها واستخراج النموذج الرقمى للارتفاعات، أو تحويلها إلى غىمة نقطىة، بالإضافة إلى صورة واحدة بدقة عالية تم تحديدها مسبقا. ولهذا الغرض، تم توظف برمجيات Pix4Dmapper و Agisoft Photoscan مرورا بثلاث مراحل (الشكل رقم 94). سوف نتعامل فى هذا المءال مع حالة سهب الغزال لأن نفس المراحل تتكرر بالحالات الأخرى. وهذا لىس للاستفاضة فى شرح كىفىة استعمال البرمجىة أكثر من الوصول إلى نتائج والتعمق فى تحليلها، والبءالى الوصول إلى الاقءراحات المناسبة لمعاجة الإشكالىة المطروءة.

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 الإعدادات المدخلة، وتحديد نظام الإسقاط المطلوب، ثم إدخال النقط المرجعية بإحداثياتها الصحيحة، أي الإسناد الجغرافي، ثم تأتي مرحلة استنباط 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 بالأعدادات (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 بلقطيدير 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

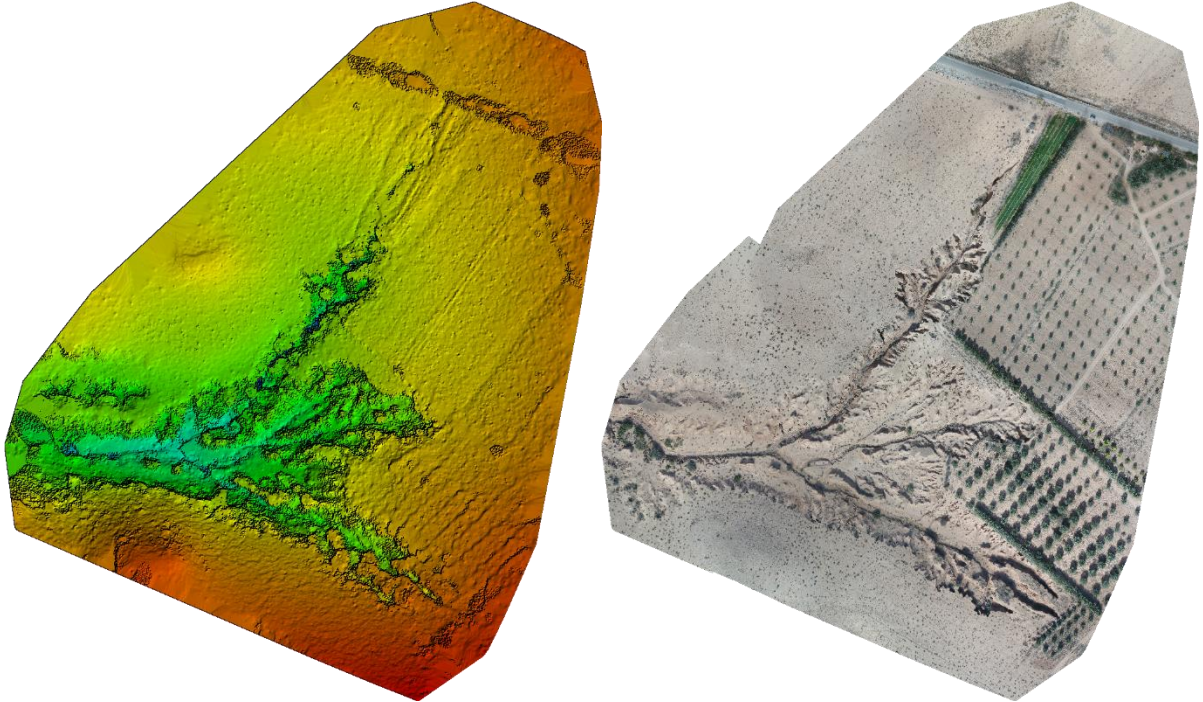
Project	saheb el ghazel 9 Dec 2020
Processed	2021-04-20 21:46:49
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.71 cm / 1.07 in
Area Covered	0.151 km ² / 15.0973 ha / 0.06 sq. mi. / 37.3256 acres

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 للمهمة، 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).

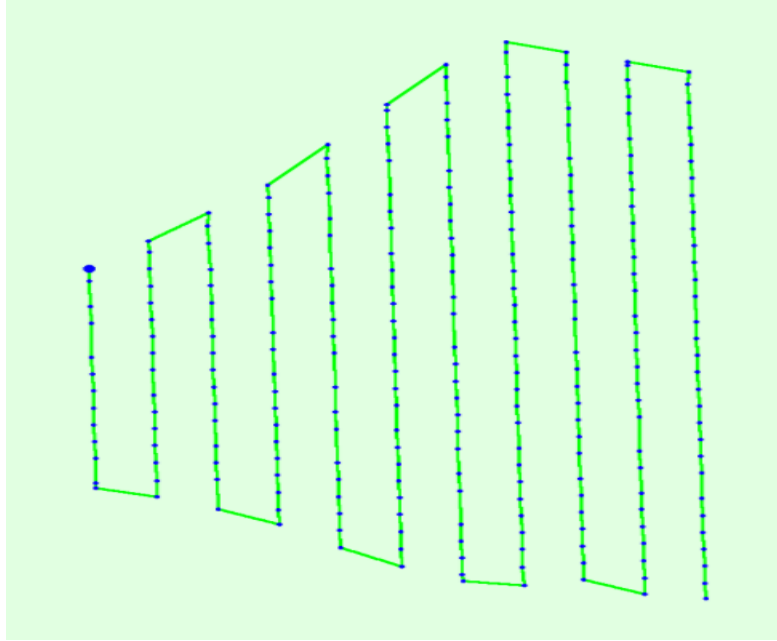


الشكل رقم 95: الصورة الجوية المجمعة والنموذج الرقمي للسطح الخام (MNE)³⁰ لسهب الغزال

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. ولإشارة 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		

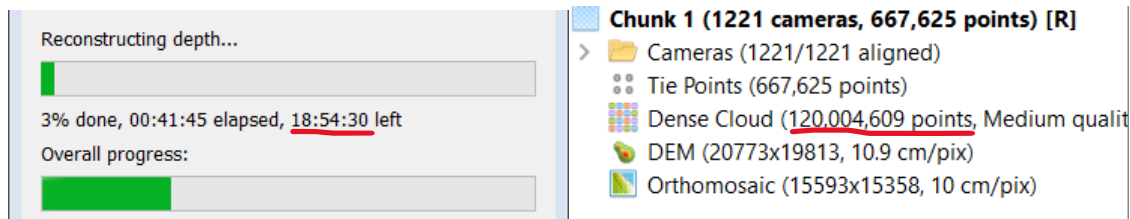
يتبين من جدول هامش خطأ النقط المسندة أن هامش الخطأ في محور الأرتيب لا يتعدى 4 سم، ومحور الأفاصيل يقل عن 2 سم، كما يقل على 3 سم في الارتفاع. ويصل تكرار نفس النقطة المرجعية للتحقق من الصورة أحيانا إلى 19 مرة، وهذا ما يعطي دقة عالية في الإسناد. وهذا يتبين في قيمة الجذر

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، والمساح الثلاثي الأبعاد الأرضي، من أجل حساب كمية التربة المفقودة بهذه المواقع.

المحور الرابع: استخلاص نتائج قياس التعرية باعتماد الآليات الحديثة للمسح الصبوغرافي

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 اقلانغ 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 التموضع العالمي، والماسح الثلاثي الأبعاد، والطائرة المسيرة.

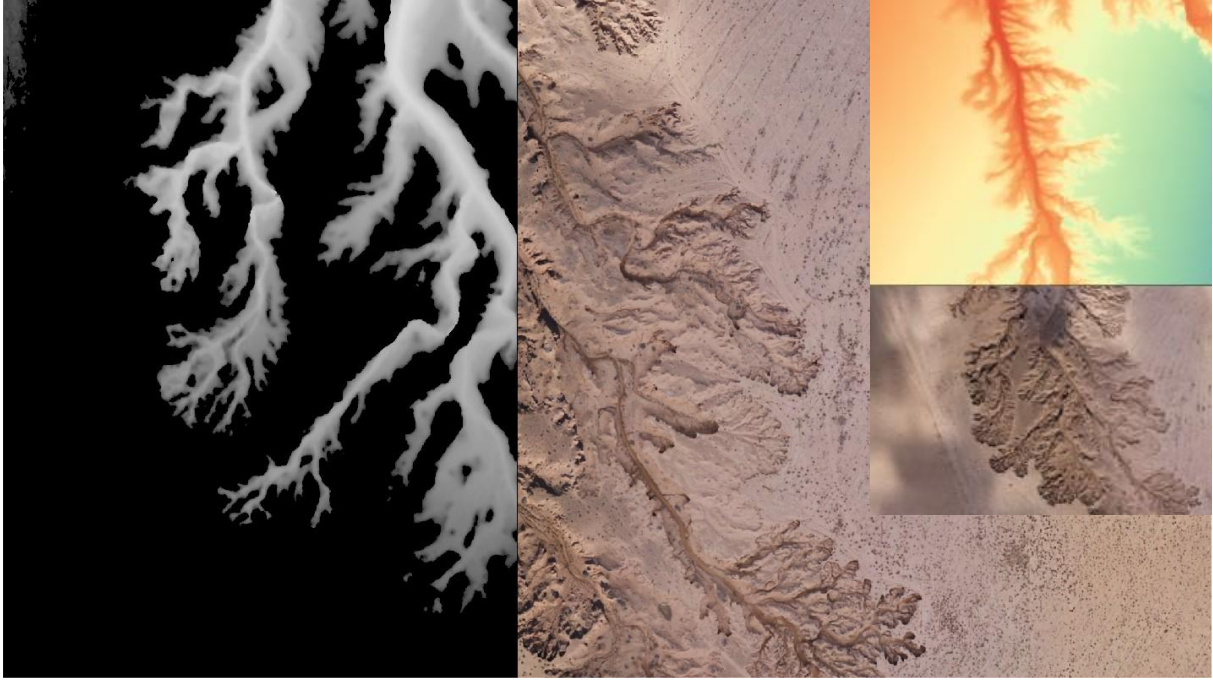


الشكل رقم 98: الفرق بين الرصد بنظام التموضع العالمي، والطائرة المسيرة، بالقطارة

المصدر: عمل ميداني 22 غشت 2020، قياس بتقنية GPS، و9 دجنبر 2020، بتقنية Drone UAV.

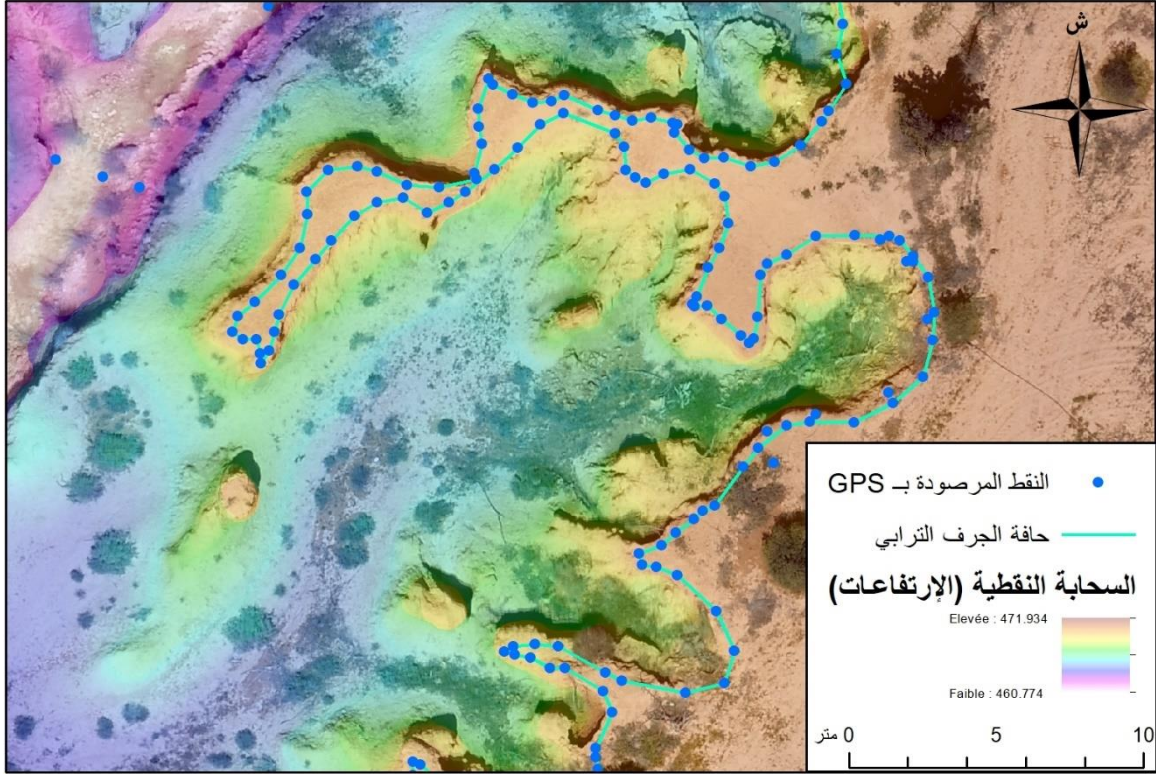
تمثل النقط الزرقاء والخط الأزرق بالشكل رقم 98 نقط مرصودة بنظام GPS، والخط الأحمر هو المرصود بالطائرة المسيرة، ويبين الخطان الفرق بين الطريقتين والجهازين. يظهر بوضوح المساحة بين الخطين التي من الصعب ضبطها ورصدها بجهاز GPS، وبالتالي فإن طريقة الطائرة هي الأفضل من

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 للسطح 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 و Drone و Scanner 3D، حالة سهب الغزال

المصدر: عمل ميداني بقياس GPS و Drone UAV و Scanner 3D.

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 الارتفاعات المستنبطة من الماسح الثلاثي الأبعاد أو الطائرة المسيرة، حيث هذه الأخيرة تظهر في الخلفية الصور المأخوذة بها. ومن خلالها يمكن أستنباط السحابة النقطية للارتفاعات.

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.

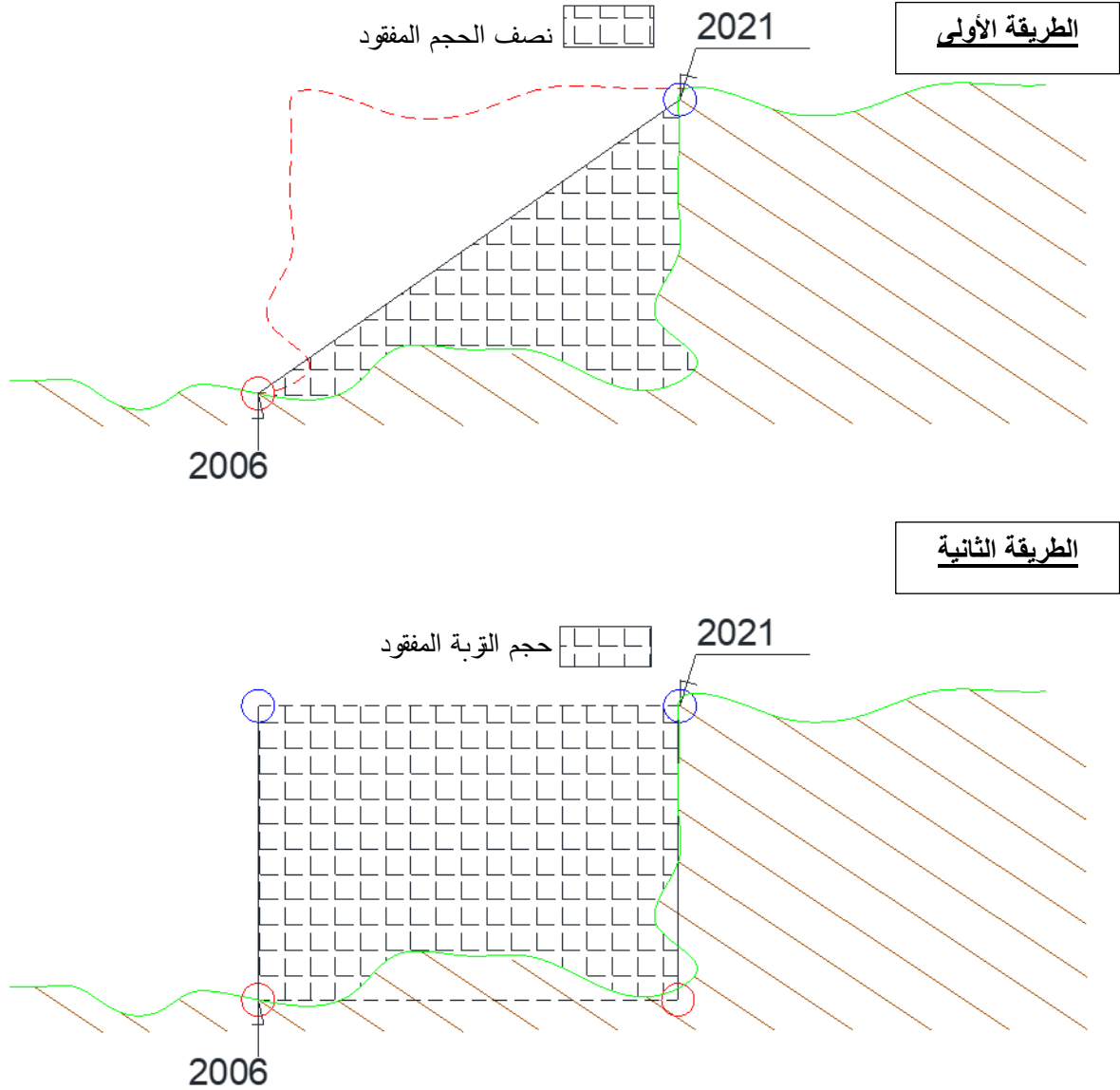
بالنسبة للماسح الثلاثي الأبعاد، من الناحية العملية صعب نظرا لطريقة اشتغاله بشبكة نقط القاعدة التي يجب أن تغطي الهدف من جميع الزوايا، خاصة إذا كانت المساحة كبيرة. يأخذ جهدا ووقتا كبيرين، وبالتالي تكلفة أكثر، ثم في حالة دراسة هذه المواقع وتتبعها، لم يكن من السهل توفره في فترات متعددة، (توفر يوم عمل واحد 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 يأخذ 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 أسابيع. 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.

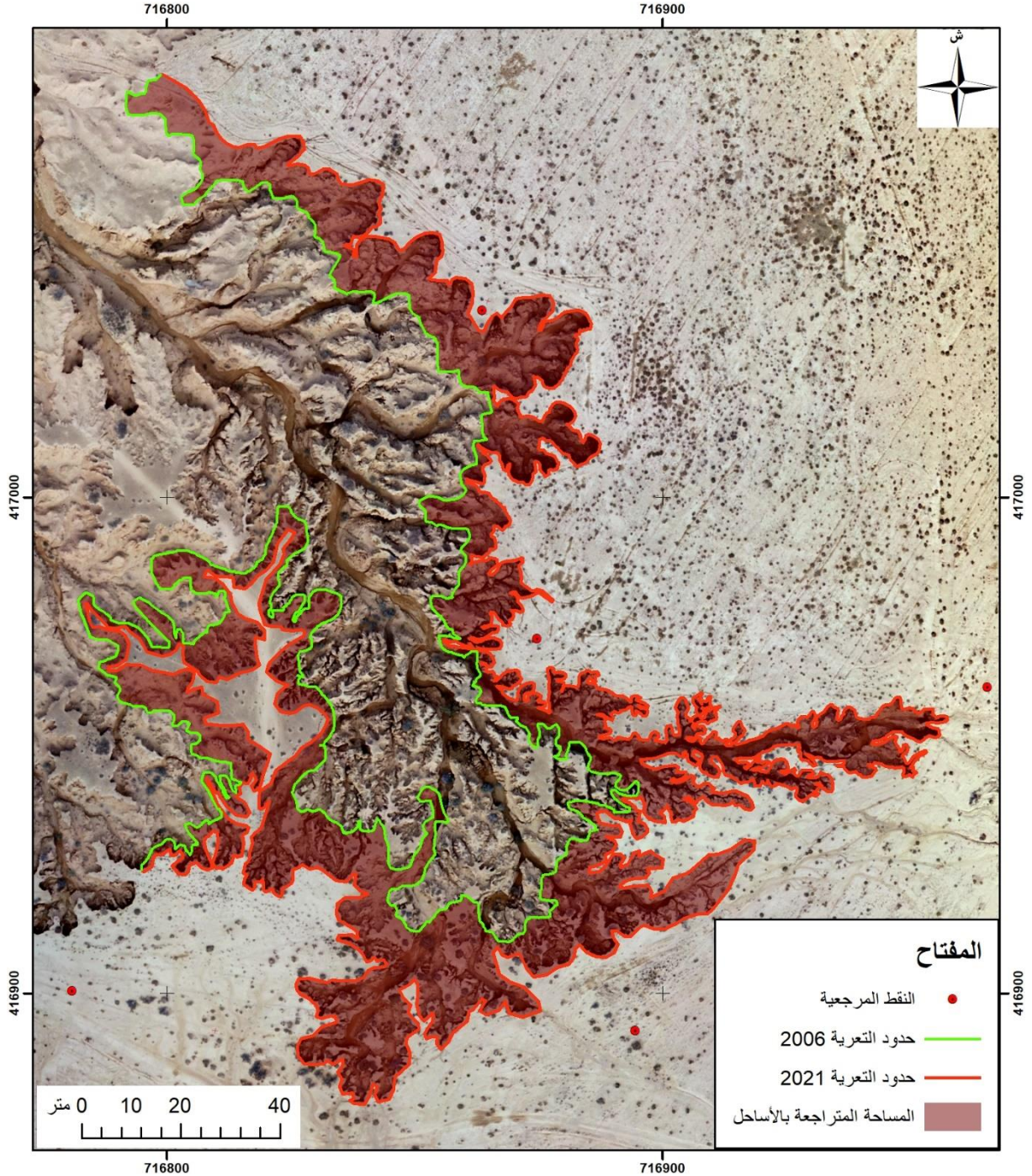
بالنسبة لحجم التربة المفقودة، تم تحويل نموذج السطوح الرقمي المحصل بالطائرة المسيرة، إلى نقط أو سحابة نقطية، وحساب كمية التربة المفقودة، بالمساحة المتطورة بخط القاعدة وارتفاعات حدود 2006، ثم المساحة المتطورة بارتفاعات خط حدود 2021، أي الحصول على نموذجين رقميين مختلفين للارتفاعات؛ الأول يمثل قاعدة التربة المفقودة، والثاني يمثل سطح التربة المفقودة. وبالتالي يمكن حساب الحجم بينهما بطريقتين مختلفتين (الشكل رقم 101)، ثم تحويل هذا الحجم بالمترا المكعب إلى الوزن بالطن، حسب العينات المأخوذة من أماكن القياس.



الشكل رقم 101: طريقة حساب حجم التربة المفقودة بين 2006 و 2021.

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 و 2006، وارتفاعات قاعدة حدود 2006 و 2021 على

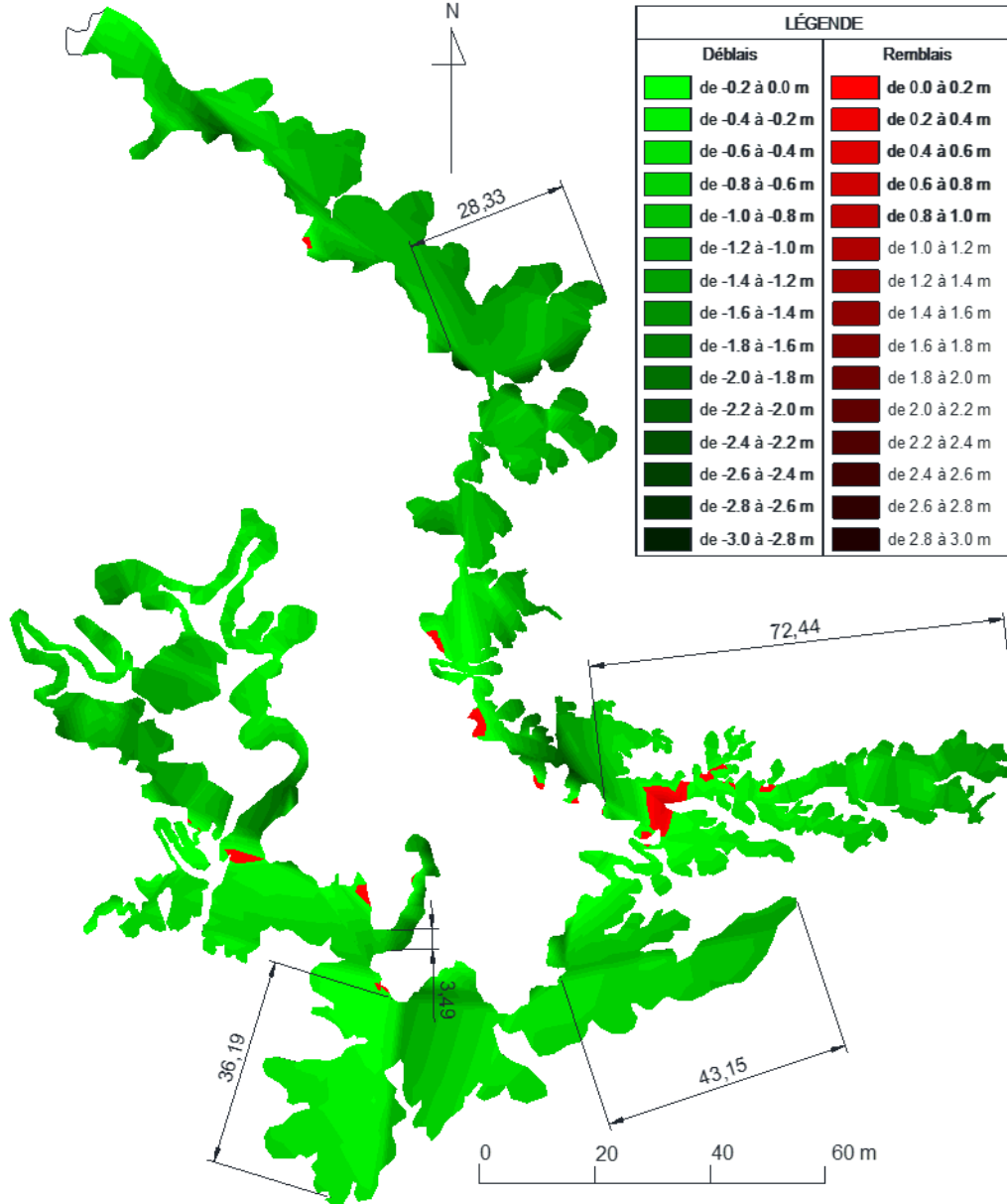
شكل مربع (الشكل رقم 101)، ثم استخلاص حجم التربة المفقودة دون الحاجة إلى مضاعفته. وهذه الأخيرة هي التي تم اعتمادها لحساب حجم التربة المفقودة لحوضي اتلاغ والعابد. تبين بعد حساب وتحديد المساحة التي تدهورت منذ سنة 2006 أن حجم التربة المفقودة بموقع واد القطارة يعرف تطورا مهما من حيث المساحة (الشكل رقم 102)، ومن حيث الكمية (الشكل رقم 103)، وكذلك زيادة مهمة في حافة هذه الأساحل.



الشكل رقم 102: تطور مساحة التعرية بين سنة 2006 و 2021 قرب واد القطارة، حامة سيدي شافي

المصدر: عمل ميداني، يوم 17 أبريل 2021 بتقنية Drone UAV. و GPS 2 يناير 2021. وصورة فضائية لـ Google Earth مارس 2006.

يتبين من تطور مساحة التعرية بموقع واد القطارة أن 6206 م² 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 تربة مهمة بأحجام مختلفة (الشكل رقم 103)، وبتجاهات 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 م³ بمساحة 6206 م²، أي بحجم 8361 م³ للهكتار الواحد، ويتبين بالمختبر أن كثافة التربة الخام بهذا الموقع تمثل 1.157 طن في كل م³، 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).

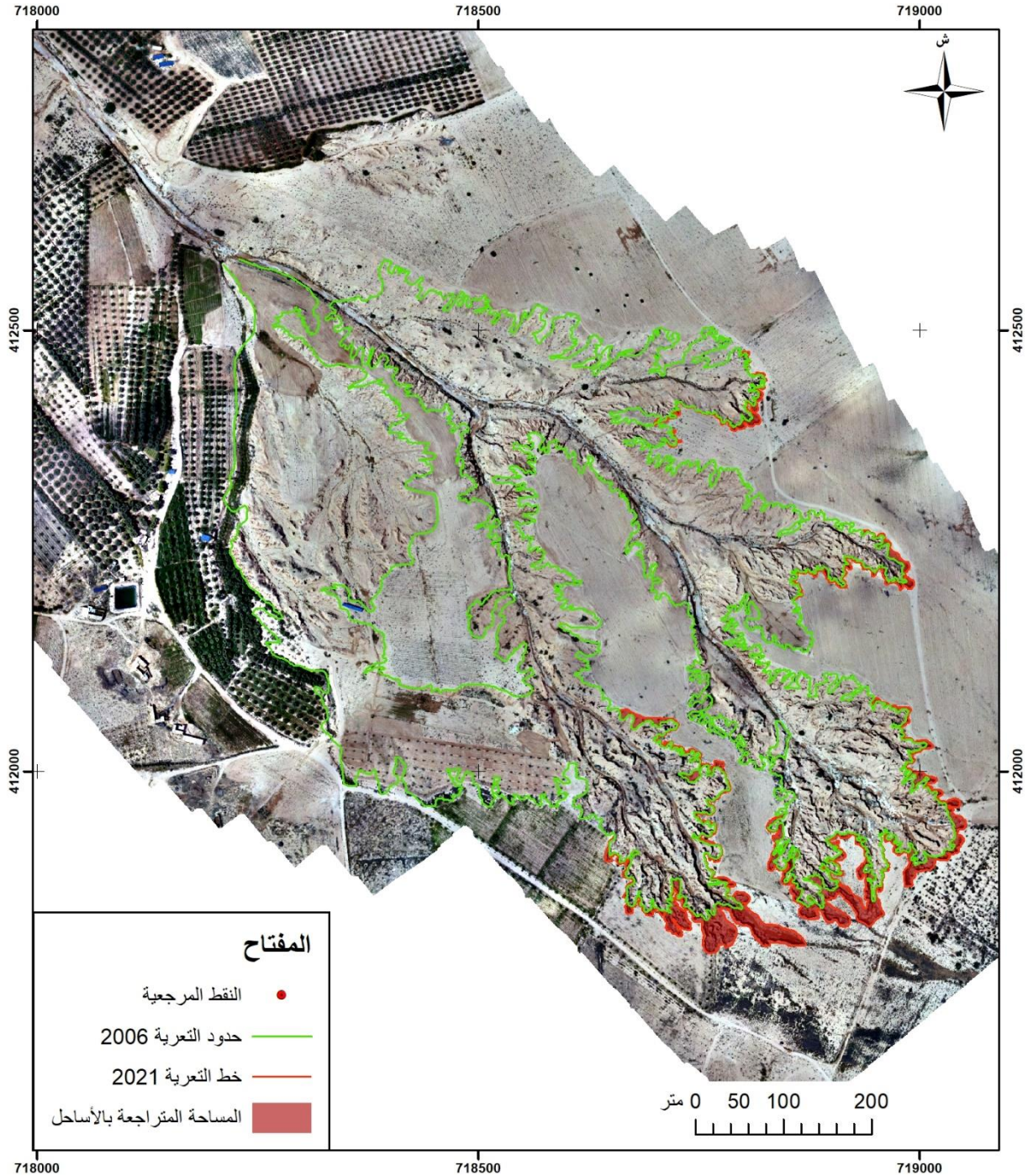


الصورة رقم 50: عمق الأجراف الترابية بالأساحل قد يصل إلى 3م، رافد واد القطارة

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 الجريان، 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).

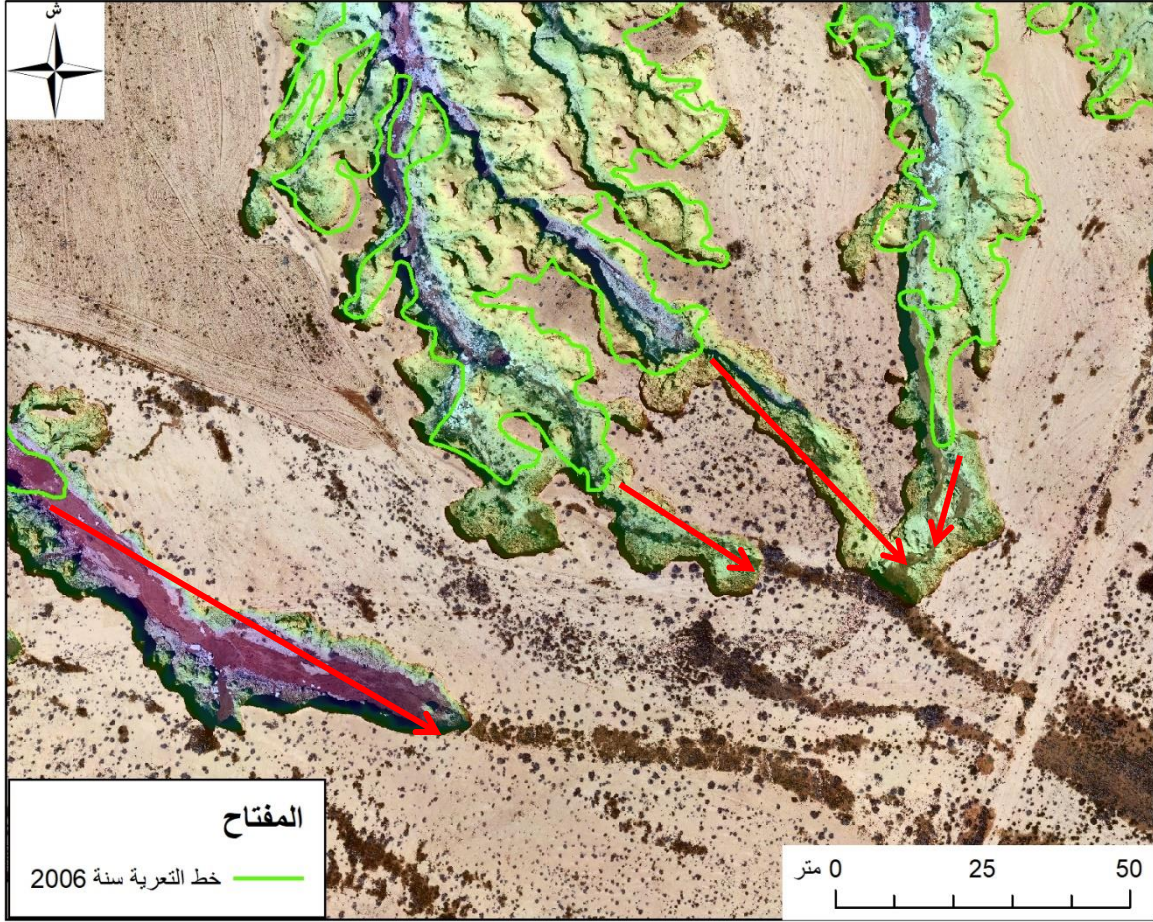


الشكل رقم 104: تطور خط ومساحة تطور التعرية بين سنة 2006 و2021، بسهب الفيضة

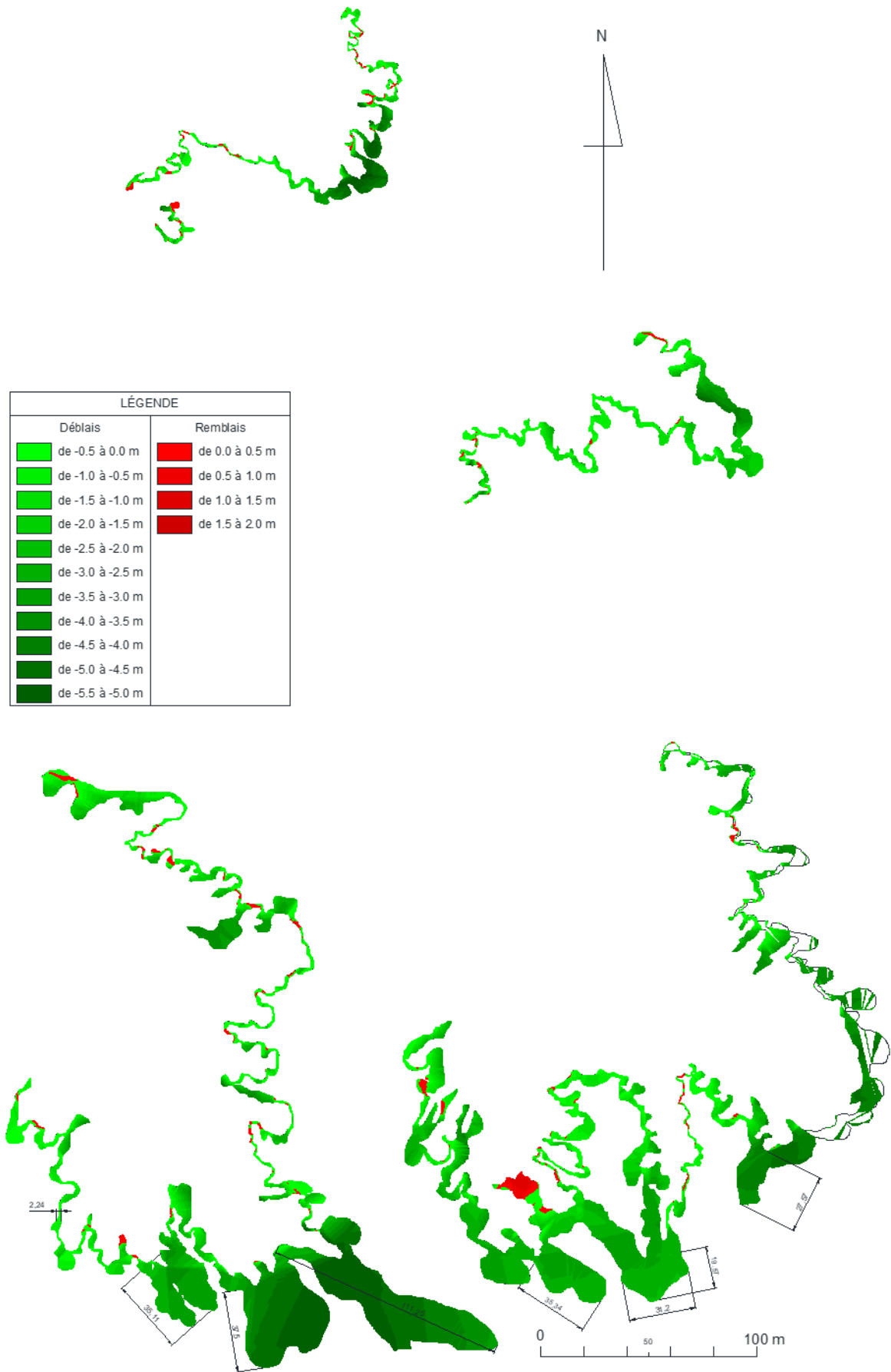
المصدر: Drone UAV بتاريخ 17 أبريل 2021.

يعرف سهب الفيضة ضياع مساحة تقدر بـ 14568 م²، 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 التحديد 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 التخذيد والتقاءه ببعضه، ما بين سنة 2006 و2021، حالة سهب الفيضة
المصدر: Drone UAV بتاريخ 17 أبريل 2021.
ساهمت مساحة تطور التخذيد 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.



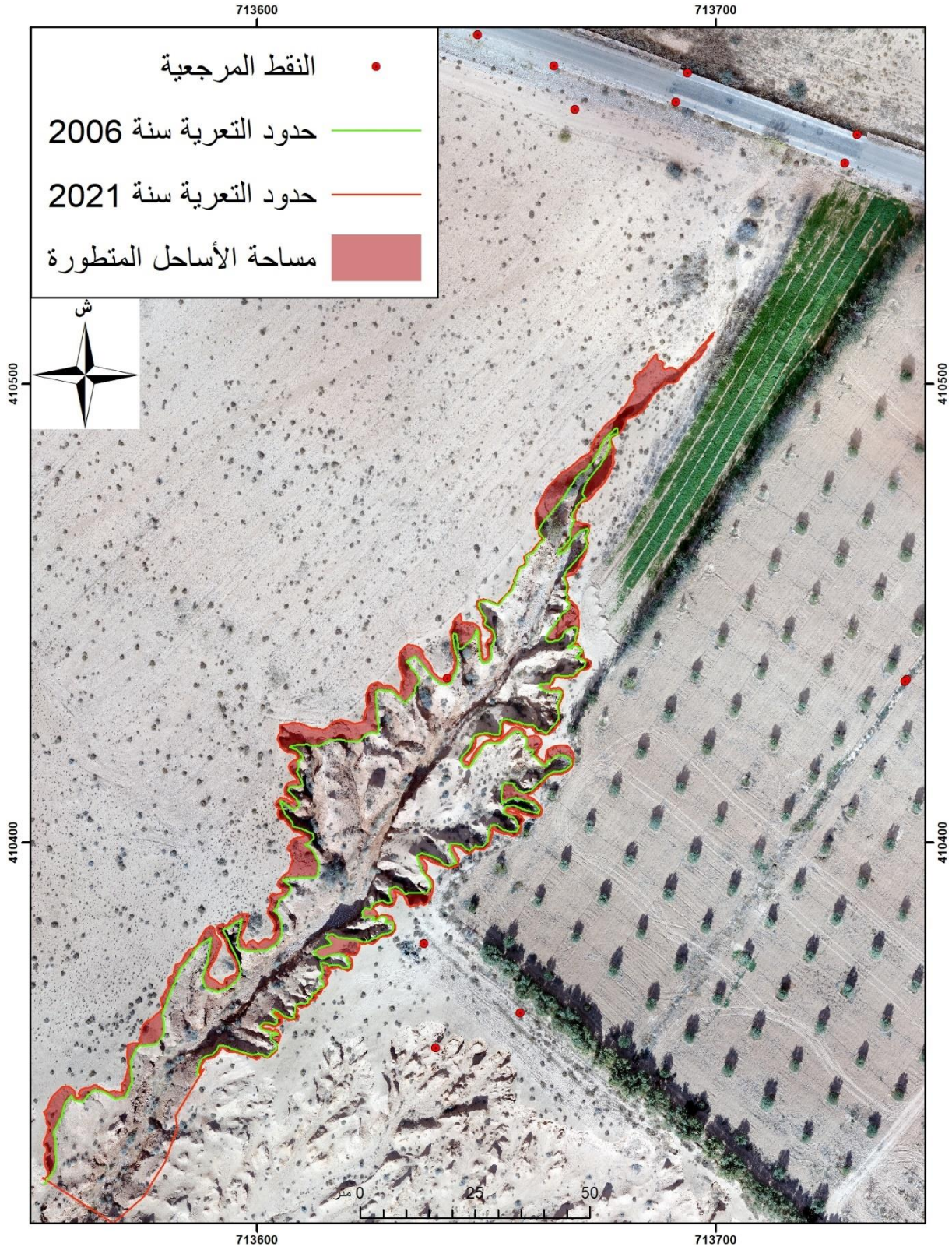
الشكل رقم 106: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الفيضة

فقد سهب الفيضة منذ سنة 2006 حوالي 38596 م³ بمساحة 14568 م²، أي بحجم 26493 م³ بالهكتار. إضافة إلى أن كثافة التربة الخام بسهب الفيضة تقدر بـ 1.156 طن بكل م³، أي أنه فقد 30625 طن من التربة خلال 15 سنة، ونستنتج أن سهب الفيضة يفقد 2041 طن/هـ/سنة.

يتوسع التخذيد 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 التخذيد يتعدى في كثير من الأحيان 5 م، هذا ما يفسر الحجم الهائل من التربة التي يفقدها هذا الموقع، ويغذي بها السافلة (سد محمد الخامس ومشروع حمادي).

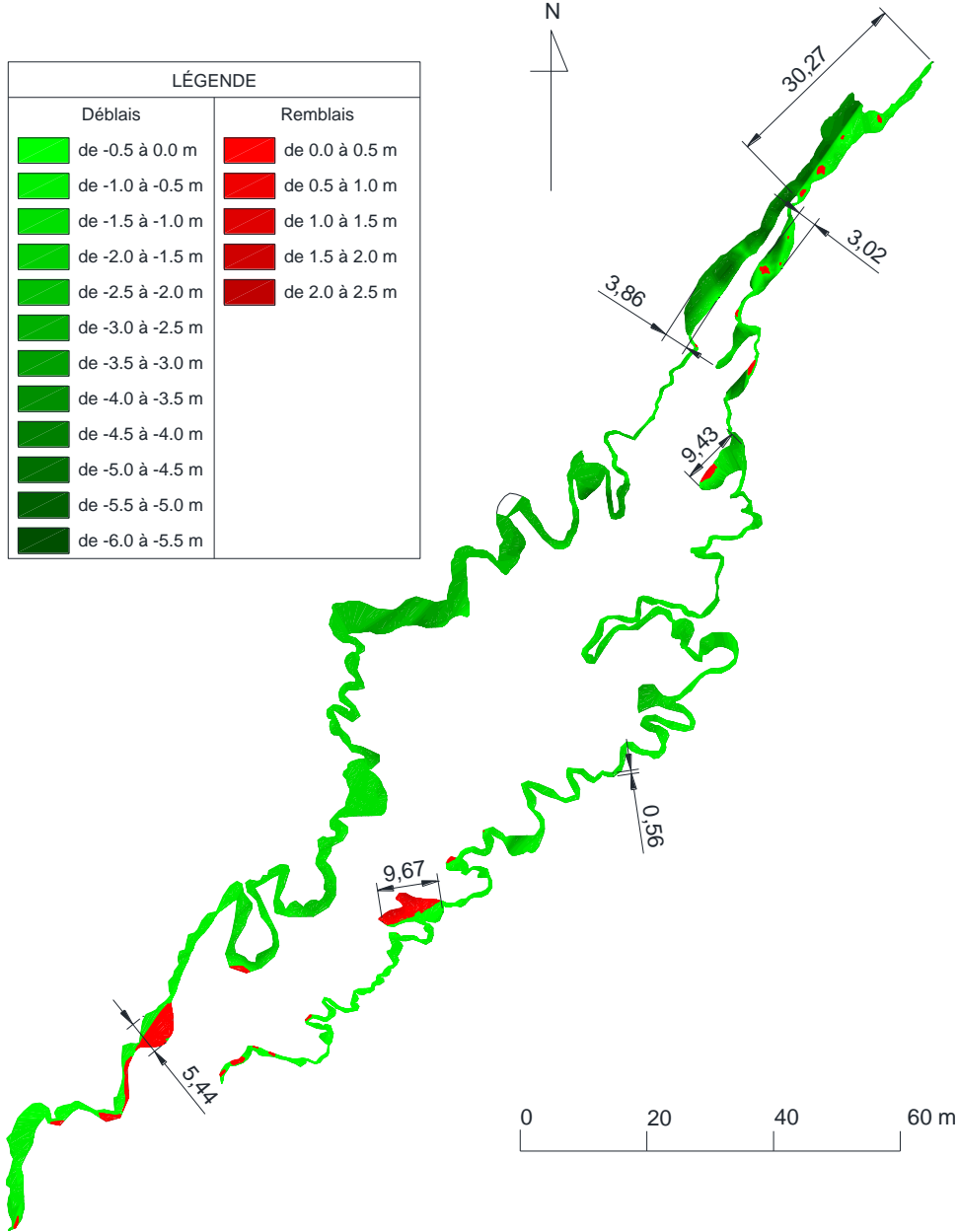
يتبين من خلال القياس أن سهب الغزال (الموقع الثالث) بدوره يعرف تطورا في مساحة التخذيد المعمم، بفعل التعرية، خلال الفترة المدروسة (2006-2021)، كما هو موضح بالشكل رقم 107، وبأحجام مختلفة (الشكل رقم 108).

منذ سنة 2006، انضافت إلى التخذيد المعمم بسهب الغزال حوالي 1016 م²، كما انتقل طول خط التعرية من 769 م سنة 2006 إلى 855 م سنة 2021.



الشكل رقم 107: تطور خط التعرية ومساحتها بين سنة 2006 و 2021، بسهب الغزال، قرب واد تمعدرت. المصدر: عمل ميداني، يوم 17 أبريل 2021 بتقنية Drone UAV و GPS. وصورة Google Earth سنة 2006.

يتبين من الشكل رقم 107 أن سهب الغزال عرف زيادة في مساحة الأراضي الضائعة (التخديد) تقدر بـ 1016 م²، منذ سنة 2006، وتتضاف هذه إلى المساحة المدروسة التي تقدر بأربعة آلاف م²، آنذاك. كما أن هذه المساحة تعرف إقتلاعا مهما للتربة بأحجام وأعماق مختلفة.

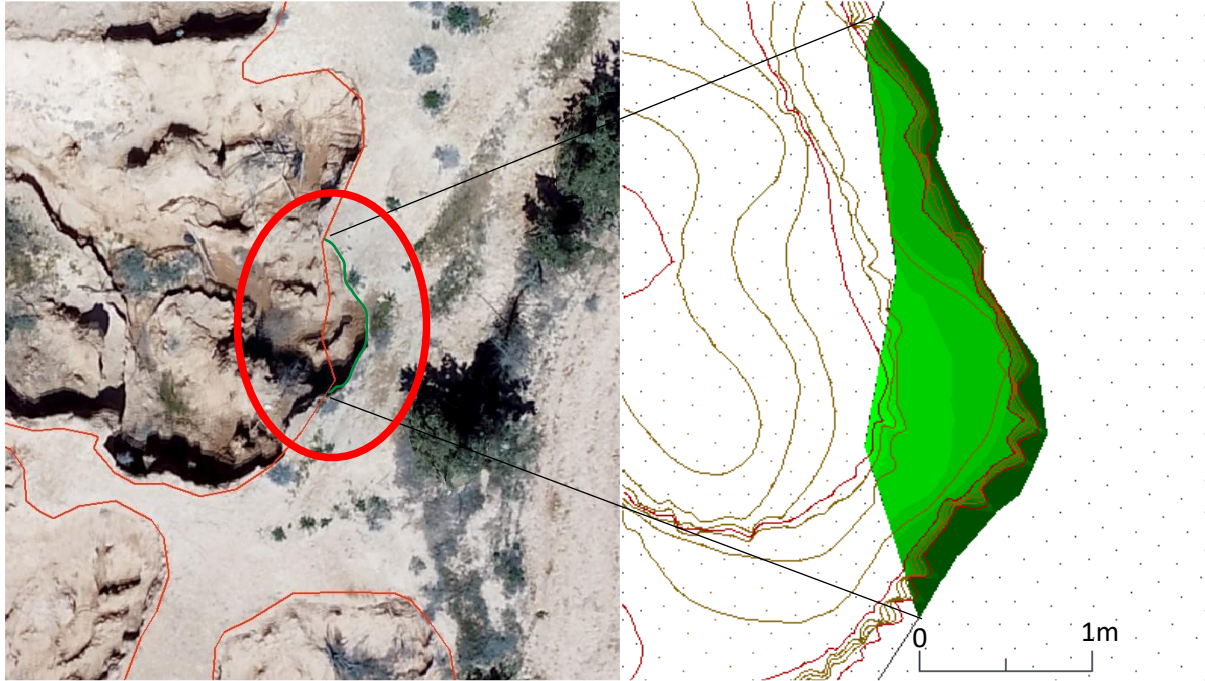


الشكل رقم 108: حجم وعمق التربة المفقودة، واتجاه تطور الأساحل، بسهب الغزال

المصدر: عمل ميداني، 17 أبريل 2021.

يتبين من خلال القياس أن سهب الغزال فقد منذ سنة 2006 حوالي 1814 م³ من التربة بمساحة 1016 م²، أي 17858 م³ في الهكتار من التربة المفقودة. وتبين بالمختبر أن كثافة التربة الخام بهذا الموقع، هي 1.143 طن/م³، مما يعني أن واحد هكتار فقد 20425 طن خلال 15 سنة. نستنتج أن فقدان التربة يقدر بهذا الموقع بـ 1361 طن/هـ/سنة.

تطور التخديد في اتجاه المجرى الرئيس بـ30.27 متر خلال 15 سنة، أي بمتريين 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، و UAV Drone قياس 2020.

يبرز الشكل رقم 109 التطور السريع للتخديد المعمم بسهب الغزال للفترة ما بين أكتوبر 2019 ودجنبر 2020، أي لمدة 14 شهرا. يتبين 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 بـ1.88م²، 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، لأن هذه الظاهرة تنتشط 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 للارتفاعات 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. مثلاً 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 تربيات مهمة لا يمكن إغفالها في تعميم تقييم التعرية بالمجال. كما أن هذه النتائج

أبانت عن أهميتها من خلال مقارنتها بمتوسط الإزالة السطحية بالنسبة للمشارت التجريبية حيث تم التوصل إلى متوسط 39.18 طن/ه/سنة، وبمتوسط سمك 3.38 ملم/سنة، وأعلى قيمة سجلت بالمشاركة رقم 8 قرب حامة سيدي شافي بـ 464.83 طن/ه/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/ه/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ والفئة القوية جدا والأكثر اقتلاعا (أكثر من 100 طن/ه/سنة) تقدر بهذا الحوض بمتوسط 169.15 طن/ه/سنة. وبحوض العابد تعرف التربة المفقودة متوسطا يقدر بـ 32.23 طن/ه/سنة، وبالنسبة للفئة القوية جدا (أكثر من 100 طن/ه/سنة) يبلغ متوسطها بهذا الحوض 165.38 طن/ه/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 المعقدة على الأوساط المدروسة، ويمكن تقييمها نوعيا وكميا، ولكن لا تعبر عن الواقع الملموس والكلبي 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 تاويرت - 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، التوحد...). هذه الانعكاسات تترتب عنها مشاكل في سافلة الحوضين كتوحد 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 كلم² من مجموع 1406 كلم² 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/ه/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، و32.23 طن/ه/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 نسبة 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 تَقْرَاطة، ثم مظاهر أخرى كالتخديد المعمم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبة 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 مسترة 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 السيالان. 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 غطاءه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندكك التربة ورسها، 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 توحد مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحد، ثم التدهور النوعي للأراضي من خلال هذه التجربة، وكذا تفاوت حجم النفاذية والسيالان 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 التخذيد 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 البيئية والبشرىة المتحكمة

فى الرىنامىة البيئىة بحوضى اتلاغ والعابد

من خلال ما تم التطرق إىله فى القسمىن السابقىن لوصف ظاهرة التدهور ورصد تطورها، وتتبع تراجع الغطاء النباتى، ثم قىاس التعرىة وتقىمها، سىتم البحث، فى هذا القسم، فى العوامل المسؤولة (الطبعىة والبشرىة)، والمتحكمة فى الظاهرة، أى الجوانب التى تظهر الهشاشة الطبعىة، وأنماط الاستغلال التى تخل بهذا الوسط وتؤدى بل أدت إىلى التدهور، أى الإجابة على ماهى الأسباب الطبعىة والبشرىة التى تفسر ظاهرة التدهور؟ من خلال دراسة الخصائص الطبعىة والبشرىة لتفسىر هذا التدهور. لذلك سىتم التطرق إىلى الإطار المورفولوجى والخصائص التضارىسىة المنشطة لتدهور سفوح حوضى اتلاغ والعابد، ثم دور الخصائص الجىولوجىة فى حركىة السفوح، ودور التكونىات السطحىة والتربة فى الهشاشة البيئىة، وخصائص المناخ وآثارها على الدىنامىة البيئىة.

كما سىتم التطرق إىلى خصائص السكان وأنماط الاستغلال بحوضى اتلاغ والعابد لفهم كىف يكون الإنسان فاعلا فى هذا الوسط الهش، وذلك من خلال دراسة التطور الديموغرافى والسكن والخدمىات الأساسىة، ثم الأنشطة والهشاشة الاجتماعىة، إضافة إىلى البنىة العقارىة للأراضى، ثم أنماط استغلال الأراضى ونتائج ذلك على الوسط البىئى، من خلال الأنشطة السوسىو اقصادىة المتمثلة فى الزراعة (المسقىة والبورىة)، والرعى، وتوسىع الرقع المزروعة على حساب المراعى، والضغط على المراعى المتبقىة من خلال تزايد عدد القطعان؛ ثم التطرق إىلى دور مشارىع الدولة فى تدبىر واستصلاح هذه الموارد لما تتطلب مسألة تنمىة الأوساط الهشة، من تصور ومقاربه فى التهىئة، التى تهدف إىلى معالجه أزمة هذه الأوساط، وذلك فى إطار رؤىة شمولىة تعتمد على التشارك قصد تحقىق شروط التنمىة المجالىة المستدامة.

الفصل السابع: الخصائص الطبيعية المتحركة في حركية الأراضي

المحور الأول: الإطار المورفولوجي لحوضي اتلاغ والعابد، والخصائص التضاريسية

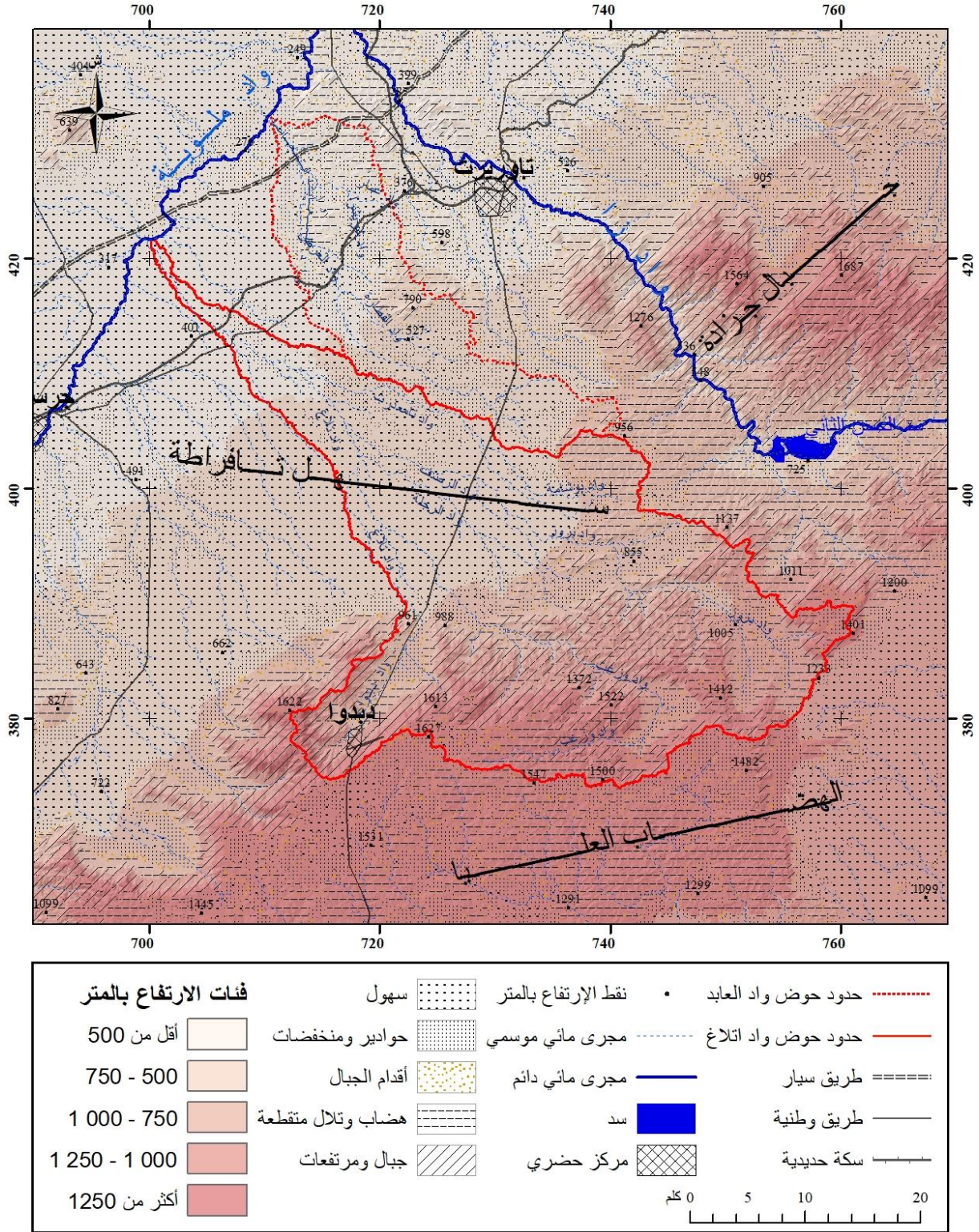
المنشأة لتدهور السفوح

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 سريع 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 بنايات 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 تفرطة 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 تلو 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 تفرطة بسفوح قوية، خاصة في جزئها العلوي الذي يمكن أن يتعدى انحدارها 40 درجة. ساهمت في المسيلات بتشكيل خنادق 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.

2_1: 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 مروراً بالمقام في الوسط إلى لمقام سيدي علي بن سماح شرقاً، وهذه واجهة الهضاب العليا الشمالية حيث تنتهي بإفريزات سميقة، عبر حافة متعرجة شديدة الانحدار تشرف على سهل تفرطة وبعض الأحواض الصغيرة كحوض واد دبدو غرباً وحوض وزغت في الوسط ثم حوض بزوز في الشرق، حيث الانبساطات بهذه الأحواض تعتبر جزءاً من سهل تفرطة، كما أن واجهة هذه الهضبة تمتد تدريجياً نحو تلال مقطعة وخطية متفرقة ومتجمعة أحياناً، تختفي بسرعة، وتظهر السفوح والأعراف الجبلية الفاصلة بينها وبين سهل تفرطة. تتميز هذه الهضاب بارتفاعها النسبي حيث تجاوز 1600م غرباً 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 المقطعة منعزلة بحوض العابد خاصة في وسطه قرب حامة سيدي شافي، وفي سافلته شمالاً قرب مصب واد زاء، وهي عبارة عن رصيص على قاعدة الكلس الدولومي (كريتاسي) والحث والكلس (الجوراسي الأعلى والأوسط).

3_1: السهول والمنخفضات

تتميز الجهة الجنوبية والوسطى من حوض واد العابد ووسط وشمال حوض اتلاغ، بوجود سهل تفرطة حيث يتميز بطابعه المنبسط، وتخرقه شبكة هيدروغرافية، تتحد من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي. ويعتبر جزءاً من حوض جرسيف الذي يقطعه واد ملوية من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، وشرقاً يستقبل روافده كحوض اتلاغ والعابد شرقاً 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 تفرطة إلى كثرة السيول والوديان نظرا لطبيعة التكوينات السطحية لسهل تافرطة حيث يشكل منخفضا شاسعا مملوءا بالإرسابات الرباعية والنيوجينية، وهو يغطي طبقة من الحث والكس، 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 تتطلق 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 بالتقطع ونشاط التحديد، وهذا راجع إلى سمك سحنات الصلصال الميوسيني بمجالات واد ملوية، والإرسابات القارية الضعيفة.

تتعرض أجزاء من سهل تفرطة 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 تفرطة.

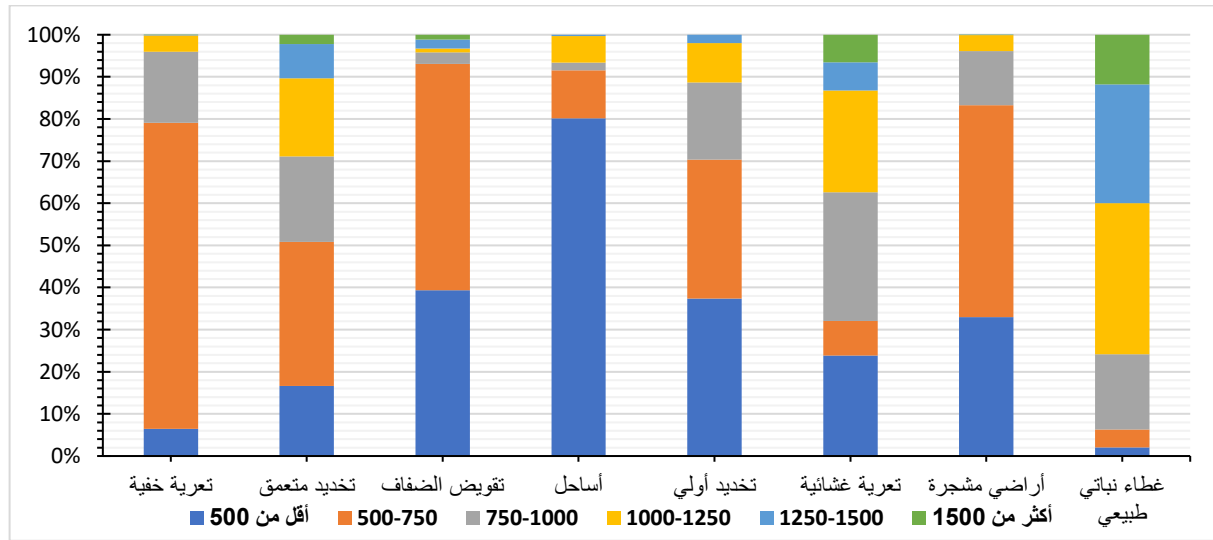
تلعب كتلة دبدو- لمقام، دورا إيجابيا في حياة السكان، فبالإضافة إلى كونها مصدرا لتموين الفرشة الباطنية بسهل تفرطة، لما تستقبله من تساقطات مهمة مقارنة مع مجالات السافلة، ويزيد من أهمية هذا الدور، وجود غطاء غابوي متنوع، رغم تعرضه لمختلف أشكال التدهور.

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 مقارنة وصفية من نسب توزيعها المجالي، حسب فئات الارتفاع وفئات الانحدارات وكذلك توجيه السفوح، ومقارنة إحصائية من خلال تحليل ترابط المتغيرات الكيفية (AFC).

1_2: 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 كلم²، 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 ما بين 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 التعرية كما هو موضح بالشكل رقم 111 والجدول رقم 49.



الشكل رقم 111: فئات الارتفاع حسب أشكال التعرية بحوضي اتلاغ والعابد

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 ما بين 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

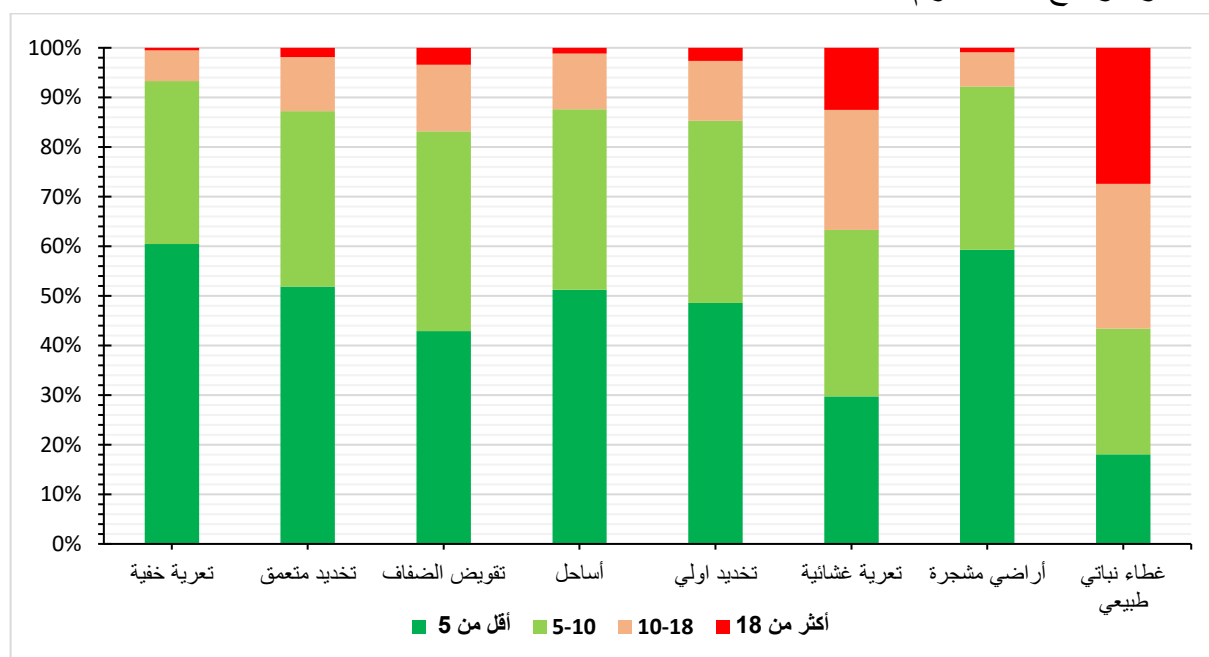
فئات الارتفاع بالمتر	غطاء نباتي طبيعي	أراض مشجرة	تعرية غشائية	تعديد أولي	أساحل	تقويض الضفاف	تخديد متعمق	تعرية خفية	المجموع
أقل من 500	0.67%	1.65%	3.19%	6.57%	0.88%	0.59%	0.26%	1.78%	15.58%
500-750	1.37%	2.51%	1.10%	5.78%	0.12%	0.81%	0.53%	20.09%	32.31%
750-1000	5.75%	0.64%	4.08%	3.22%	0.02%	0.04%	0.31%	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 تتعدم 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 تقييها حسب تصنيف (Young, 1972)، ثم انطلاقا من الخريطة التضاريسية للمجال، نستج أن التنوع التضاريسي جعل الانحدارات تختلف حسب كل وحدة أو جزء منها، كما يتميز المجال بالانيساط حيث تمثل نسبة الانحدار الضعيف نصف مساحة مجال الدراسة، والانحدارات المتوسطة تمثل 31%، أما الانحدارات القوية والقوية جدا فتتمثل 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	تعرية خفية	تحديد متعمق	تقويض الضفاف	أساحل	تحديد اولي	تعرية غشائية	أراضي مشجرة	غطاء نباتي طبيعي	المجموع
ضعيف	%16.71	%0.80	%0.64	%0.56	%8.53	%3.97	%2.96	%5.84	%40.02
متوسط	%9.09	%0.54	%0.61	%0.40	%6.44	%4.48	%1.64	%8.19	%31.39
فوق المتوسط	%1.71	%0.17	%0.20	%0.12	%2.12	%3.23	%0.35	%9.43	%17.33
شديد	%0.14	%0.03	%0.05	%0.01	%0.46	%1.67	%0.05	%8.86	%11.26
المجموع	%27.64	%1.54	%1.50	%1.09	%17.55	%13.36	%5.00	%32.32	%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 التحديد 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.

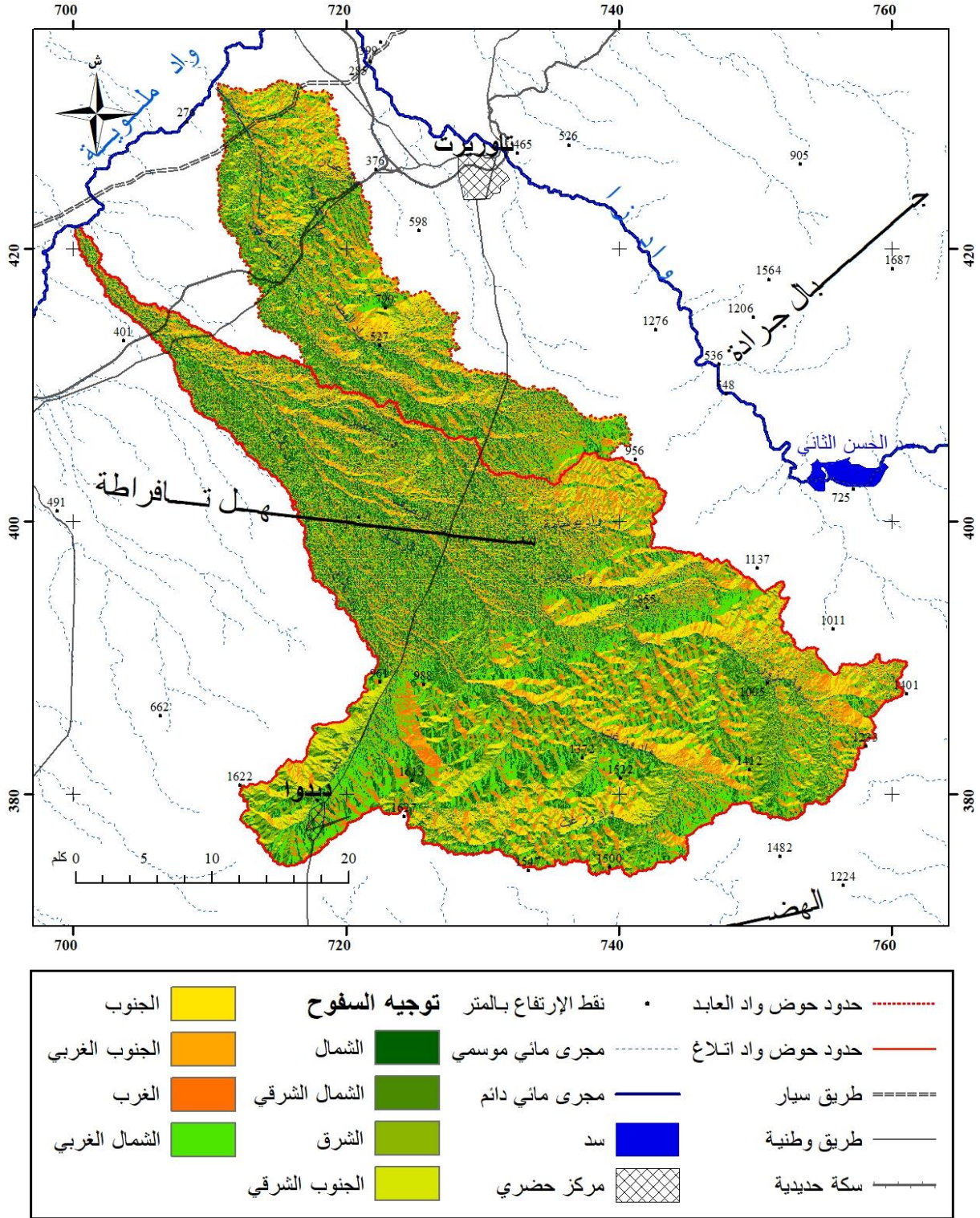
2_3: العلاقة بين التعريض وحركية السفوح بحوضي اتلاغ والعابد

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 الظليلية والشمسية تبعا لزاوية تعريضها

	تعريض السفح	الزاوية بالدرجة
سفوح ظليلية	شمالي (ش)	من 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 شمسية	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

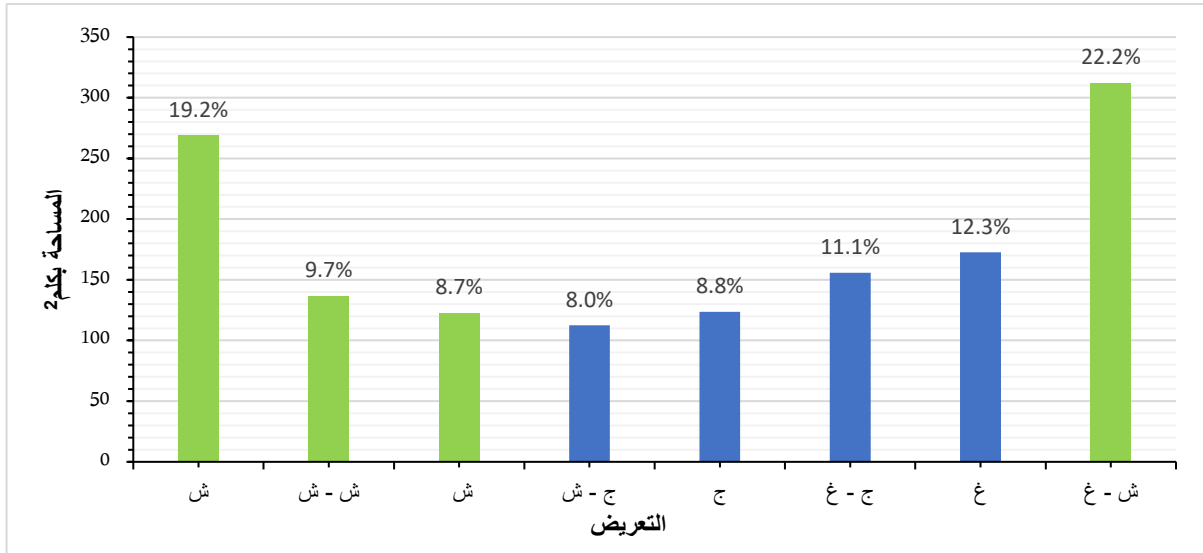
وتبعا لهذا التصنيف، تم إنجاز خريطة التعريض لحوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 113).



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.

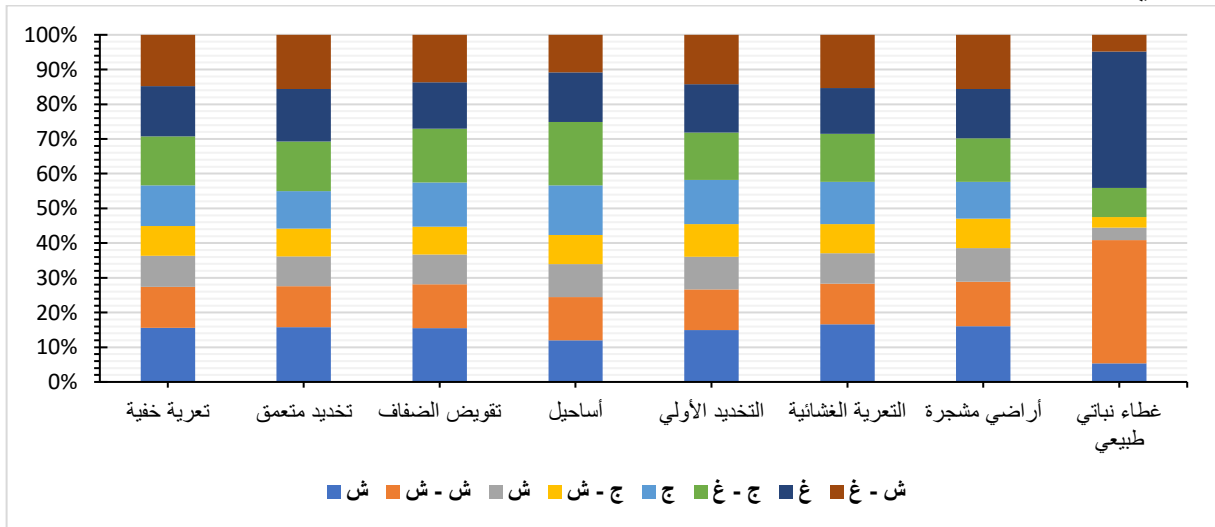


الشكل رقم 114: توزيع نسبة مساحة توجيه السفوح بحوضي اتلاغ والعابد

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 والغرب، وبالتالي فهي سفوح شمسية.

يعتبر توجيه السفوح عاملا متحكما في كمية الإشعاع الشمسي الذي يتلقاه كل سفح، مرتبطا بحدة ومدة الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه السفوح تبعا لاتجاهها. فالسفوح الشمسية 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 الشمسية 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

المجموع	تعرية خفية	تخديد متعمق	تقويض الضفاف	أساحيل	التخديد الأولي	التعرية الغشائية	أراض مشجرة	غطاء نباتي طبيعي	توجيه السفوح	
16.18%	4.30%	0.24%	0.23%	0.13%	2.62%	2.22%	0.80%	5.62%	ش	سفوح ظليلة
12.75%	3.28%	0.18%	0.19%	0.14%	2.05%	1.56%	0.64%	4.71%	ش - ش	
9.87%	2.47%	0.13%	0.13%	0.10%	1.66%	1.16%	0.48%	3.74%	ش	
15.00%	4.10%	0.24%	0.21%	0.12%	2.49%	2.04%	0.78%	5.02%	ش - غ	سفوح شمسية
9.09%	2.38%	0.12%	0.12%	0.09%	1.64%	1.12%	0.43%	3.19%	ج - ش	
11.12%	3.24%	0.17%	0.19%	0.16%	2.23%	1.62%	0.53%	2.98%	ج	
12.54%	3.90%	0.22%	0.23%	0.20%	2.40%	1.85%	0.63%	3.10%	ج - غ	
13.45%	3.98%	0.23%	0.20%	0.16%	2.44%	1.77%	0.71%	3.96%	غ	
100.00%	27.64%	1.54%	1.50%	1.09%	17.55%	13.36%	5.00%	32.32%	المجموع	

من خلال الملاحظة، يتبين أن السفوح الظليلة تعرف نسبة أكثر من السفوح الشمسية، خاصة بالنسبة للتعرية الضعيفة والخفية خاصة السفوح الموجهة للشمال حيث تشكل أكبر النسب، تصل إلى 10% تقريبا، كما أن السفوح الظليلة والشمسية 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 الاضطرابي)، 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 متحركة 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 تاويريت من بين المناطق المغربية التي لقيت اهتمام الدارسين بحقل الجيولوجيا، والجيومورفولوجيا 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 التربة المعدنية غير المتطورة التي تتركز فوق الطبقات الجيولوجية أو فوق التكوينات السطحية، وتنقسم إلى تربة حجرية تحتوي على أجزاء صخرية كثيرة، وأخرى فوق الصخور مثل الطفل والكلس الطفلي عبارة عن فسحات 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 وضافها، وفي المنخفضات.

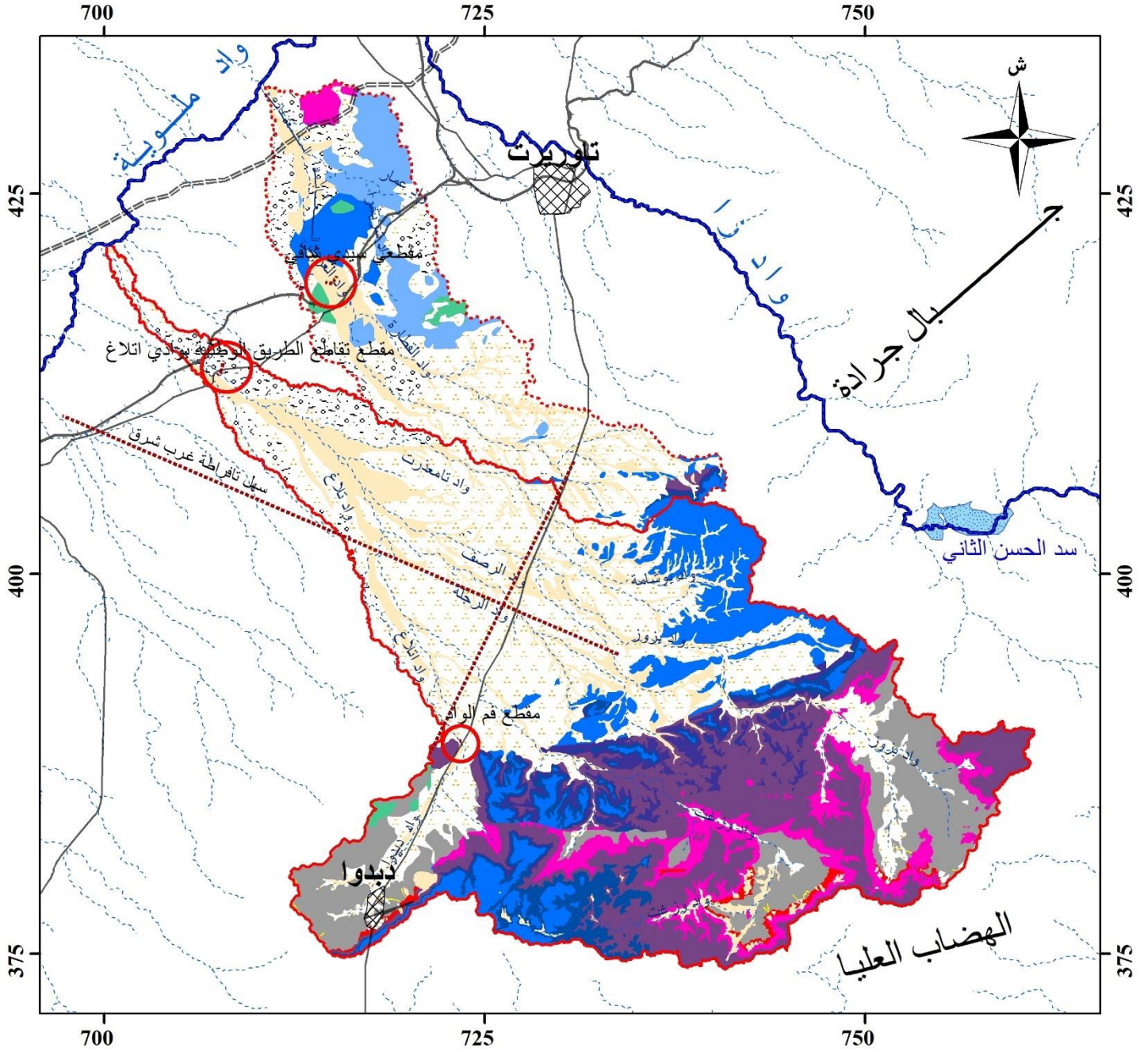
لدراسة الخصائص الجيولوجية لحوضي اتلاغ والعابد في علاقتها بالدينامية الحالية، تم الاعتماد على العديد من البحوث والمقاربات:

في البداية، تم استخدام الخرائط الجيولوجية للمنطقة (خريطة تاويريت ودبدو وحسيان الدياب 1/100000، ووجدة 1/500000) لاستنباط الشكل رقم 116، والشكل رقم 117.

بعد ذلك، تمت مراجعة الدراسات المختلفة والبحاث الأكاديمية، وذلك لمحاولة وصف الصورة العامة للجيولوجيا بالمنطقة، إضافة إلى بعض المقاطع الجيولوجية (الشكل رقم 118، والشكل رقم 119) وتراتبية المستويات الكرونوسترانغرافية لوادي اتلاغ، (الشكل رقم 120).

وأخيرا، العمل الميداني لإنجاز مقاطع كبيرة المقياس تهم الزمن الرابع، وذلك باعتماد جهاز التموضع الأرضي. وتم ذلك بسافة حوضي العابد واتلاغ وبعالية حوض اتلاغ، كما هو موضح بالشكل رقم 121، والشكل رقم 122، والشكل رقم 123.

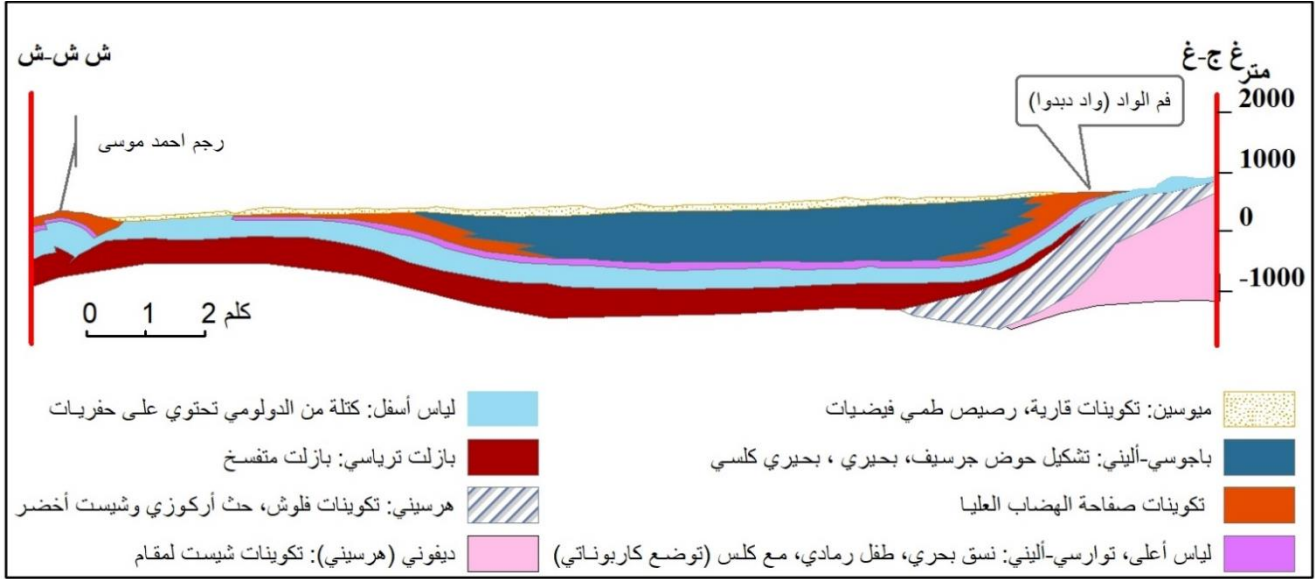
يبين الشكل رقم 116 الخصائص الجيولوجية لحوضي اتلاغ والعابد.



الشكل رقم 116: جيولوجية مبسطة والمقاطع المنجزة بحوضي وادي العابد

المصدر: الخريطة الجيولوجية دبدو وتاويرت وحسيان الديات 1/100000 ووجدة 1/500000

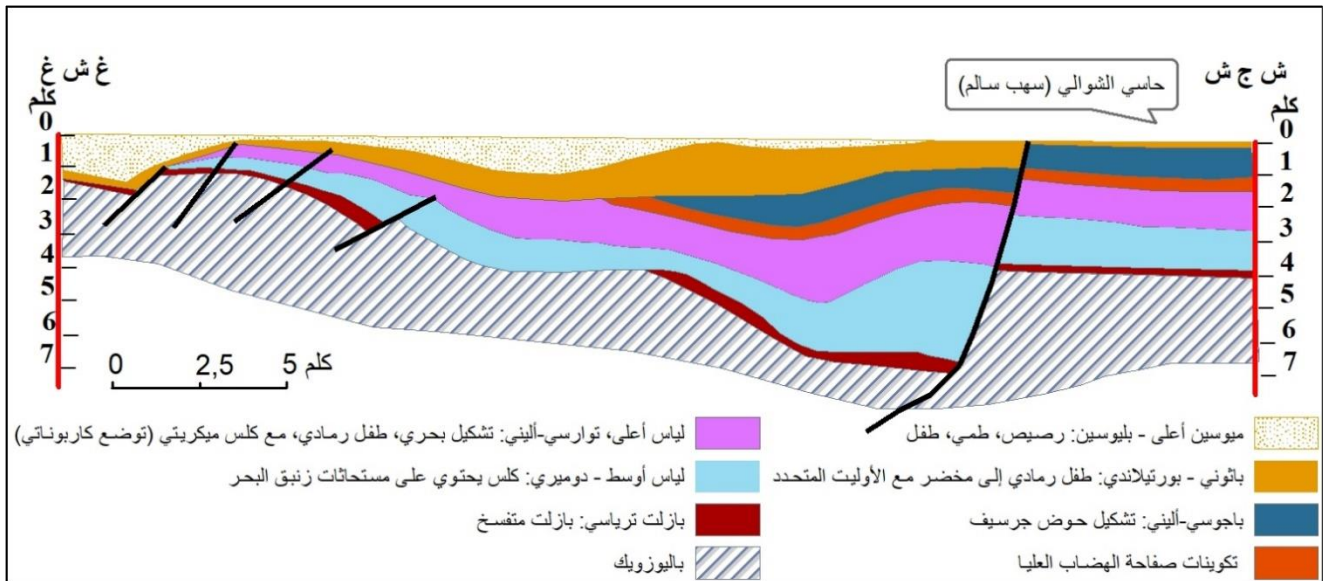
يعطي المقطعان فكرة عامة عن الأساس الصخري والأزمة الجيولوجية لطبقات الحوضين، من الجنوب نحو الشمال (الشكل رقم 117)، ومن الشرق نحو الغرب (الشكل رقم 118).



الشكل رقم 117: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب-الشرقي إلى شمال الشمال-الشرقي بسهل تفرطة

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 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 تفرطة

المصدر: (Zizi, 1996).

1_1: سحنات الزمن الأول

تظهر القاعدة الهيرسينية فى مناطق متعددة من عالية حوض اتلاغ (الشكل رقم 116) خاصة فى حافة الهامش الشمالى للهضاب العليا، كأحواض واد دبدو، وعالية حوضى واد بزوز ووزغت. وتتشكل هذه البروزات القديمة التى يعود تاريخها إلى البدايات الأولى للرفع، من سلسلة الفليش (شبيست دبدو والمقام). يشكل الشبيست والكوارتزيت محدبا مركبا كبيرا حيث تتوضعت على جوانب الطية بتنافر، مستويات متنوعة مشتقة من شبيست دبدو والمقام المنكشف، وتتمثل فى الكلس والترسبات البركانية المنتمية إلى الفيزى الأعلى-النمورى (Médioni, 1980).

كما هو موضح من خلال المقطعين (الشكل رقم 117 والشكل رقم 118) والخريطة الجىولوجية (الشكل رقم 116)، فإن الزمن الأول الفيزى الأعلى، يتضمن شبيست وكوارتزيت مع بقايا نباتية، متحجرة محليا، "سلسلة الزروك"، ثم مجمع بركانى رسوبى: ريوليت، وداسيت، وتراكي-أنديسيت، عبارة عن رصيص قاعدة وكلس على شكل مستويات.

الكربونى غير محدد (فيزى محتمل): شبيست دبدو والمقام: بسامنيت وشبيست صقيل مع بعض المستويات من الأركوز والرصيص الدقيق.

الهرسينى (تكوينات فلوش) عبارة عن تكوينات تعرضت لتشويهاة خفيفة، وهى ذات طابع فليشى، تظهر على شكل تعاقب مستويات من الحث الأركوزى والشبيست الأخضر ورصيص من مواد شبيستية تنتمى للمقام. فى قاعدة التكوينات، تظهر مستويات بها مستحاثات حفريات تعود للفيزى، وفى قمته، توجد مستويات النمورى. سمكها يقدر بحوالى 800م (Horon, 1953).

هناك كذلك نظام من الركائز مرتبط بجرانيت نهاية الهرسينى. يظهر الجرانيت الدقيق، والميكروكرانوديورى، والأبليت (Aplite)، والكوارتز (Q) بشكل جيد محليا ويرتبط بترسبات السترونتيوم المهمة فى سيدي لحسن وبمعدن الرصاص والزنك والنحاس بشكل عام.

تمتد البروزات الديقونية 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. فى حين تبرز سحنات الفيزى الأعلى-النمورى المكونة من السحنات الديقونية، بالهامش الشمالى لكتلة دبدو، وخاصة بمنطقة "فلوش"، عند سافلة الإفريزات الجوراسية، حيث يفوق سمك هذه السحنة 800 متر (Horon, 1953).

2_1: غطاء الزمن الثانى وتكوينات الزمن الثالث

بدأت سلسلة جرادة فى الانتهاض بشكل مبكر وانسطحت قبل الغمر اللياسى، تراجع البحر عنها نهائيا منذ أواسط الزمن الثانى، مما سمح بتعمق الأودية، إلى حد إفراغ المحدبات مع توسيع قعوورها وتفسخ صخورها (شاكر، 1998). كما تتميز فترة الزمن الثانى بتراكم تكوينات الحث-الطينى والبازلت الدولورى الضعيف والمتقطع خلال الترياس، أى البازلت الترياسى، الذى يحتوى على تكوينات ذات سمك يقدر بحوالى

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 الأعلى التي تبرز خصوصا في منخفضات التعرية بالهامش الشمالي والشمالي الغربي من كعدة دبدو وبمجال المجاري المائية التي تقطع حافة الهضبة (عثماني، 2015).

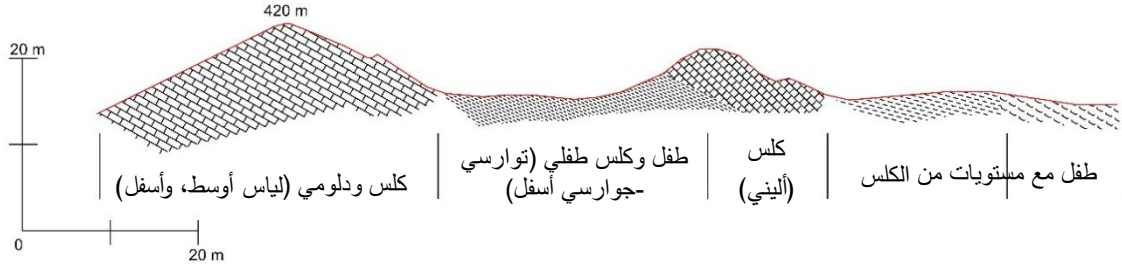
إضافة إلى تكوينات صفاحة الهضاب العليا، وهي عبارة عن تكوينات الرصيف القاري تأثرت بشكل أو بآخر بتكوين الدولومي المبكر (السمك: 200 إلى 400 م). التوارسي الأحمر عبارة عن دولومي طفلي يأخذ صبغة حمراء عند التفسخ (السمك: 0 إلى 60 م). الدوميري عبارة عن كلس دولوميتي، سمكه يقدر بـ 30 م، غير أنه يندم فوق نواة كتلة دبدو.

اللياس الأسفل الدولوميتي عبارة عن كتلة من الدولومي سمكها يتراوح بين 200 و 400 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 الكربوناتيية الجوراسية فوقها. وتوجد بقاعدة السحنات الترياسية الحمراء مستويات رصيفية 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 توضع الرواسب الأولى المنتسبة إلى اللوتاريني على بعد بضعة كيلومترات في اتجاه الشرق والغرب ثم لوتاريني-بليونسباشي بالشمال قرب "الجرانزة" 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 تاويريت) ظلت مغمورة إلى نهاية الجوراسي الأعلى، حيث بقاياها في أجزاء منخفضة (El Harradji, 1985).



الشكل رقم 119: مقطع جيولوجي من الكدية الزرقة إلى وادي العابد قرب حامة سيدي شافي

المصدر: (Bouziane, 1984)

أدت الحوادث التكتونية العامة باتجاه الأطلس المتوسط (جنوب غرب-شمال شرق) المحاذية لهذه الوحدة البنوية، إلى التشكيل المرفلوجي للأحواض الكبيرة والتطور المورفوتشكالي المتلاحق. تشكل حوض جرسيف بالشمال الغربي، وحوض واد الشارف-الحي بالجنوب الشرقي، واستقبالهما لأولى التراكمات المقترعة 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.

3_1: خصائص المخلفات الرباعية

العوامل المتحكمة في التشكيل بالمنطقة (الصخارة، والتكتونية...) وتوجيه الشبكة الهيدروغرافية 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 التراكبات الرباعية على المستويات الحديثة جدا (الغربية والسلطانية)، وبعض مؤشرات الظلفاء الرصيفية التي تبدو على شكل قشرة كلسية متصلة ومدفونة تحت

التكوينات الحديثة، والتي يمكن أن تنتمي إلى الرباعي الأوسط-القديم (Médioni, 1977) أو الرباعي الأوسط-الحديث (El Harradji, 1985) وحسب أحدث الدراسات (El Harradji, 2019).

1_3_1: توضعات الرباعي القديم

تمتد هذه التوضعات بسهل تفرطة على مساحات مهمة من فيضة سالم، مروراً بغم الواد وصولاً إلى كعدة سهب حمدون، بمساحات ذات امتداد واسع مقارنة مع ظهور هذه التوضعات في مناطق محددة بوسط حوض العابد (الشكل رقم 116).

ويتمتد كذلك بعضها بواد دبدو، حيث يتركز بروزها بأعماق الأودية الكبيرة، وبمجالات أقدام السفوح في أسفل التوضعات التانسيفتية، والسلطانية، والغربية، خاصة بالمجالات المنقطعة بشدة. تظهر هذه المستويات على شكل ظلفاء رصيصية بلحام أبيض وردي إلى وردي أسمر، تتكون أساساً 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 تفرطة عناصر فتاتية دقيقة، تظهر أساساً في بعض التقطيعات العميقة التي تعلوها مستويات تانسيفتية منفردة وذات قشرة كلسية مزدوجة.

بروز التكوينات القديمة بسافلة مناطق النشر، وعدم انتظام الشبكة الهيدرغرافية 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 حواوير متعددة الأجيال (Médioni, 1977) أو مخاريط وحواوير بمظهر تانسيفتي خاضعة للدينامية السلطانية والغربية، وأيضاً الحالية (El Harradji, 2006). احتلت تركات الرباعي القديم والأوسط، بطون الأودية والمنخفضات وأكسبتها نوعاً من الانبساط النسبي، مما جعل تركات الرباعي الحديث تتوج عملية الترسيب أكثر بالمنخفضات، فجاءت بذلك أكثر بروزاً في المشاهد الحالية (شاكر، 1998).

تنتشر بحوض دبدو توضعات رصاصية محدودة مجالياً، خاصة قرب العيون المائية، وهي عبارة عن تراكمات كربوناتية وصلبة مع بقايا النبات، وتتوضع على شكل أفرشة متدرجة بالسفوح، كما تلعب هذه الرصاصة دوراً هاماً في توفير مياه الشرب، رغم تغير صبيب هذه العيون أثناء تعاقب سنوات الجفاف (عثماني، 2015).

كما تنتشر توضعات البليو-فيلافرانشي³³ خاصة بسافلة حوض واد العابد (الشكل رقم 116)، وهي محدودة مجالياً. وهي عبارة عن رصيص وطنين وردي يشكل مخاريط انصباب كبيرة تغطي منخفضات

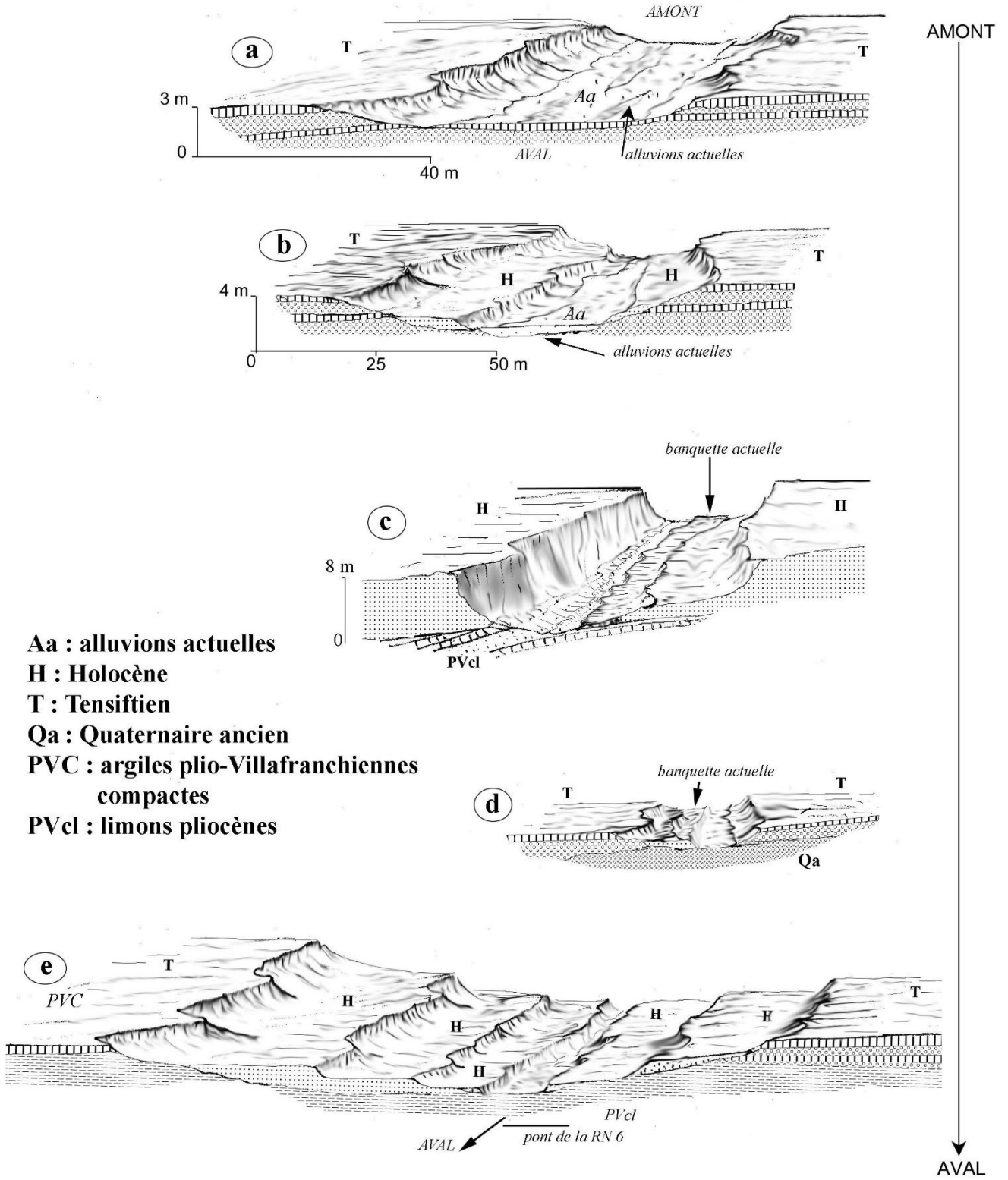
³³ انتماء هذا المستوى إلى البليوفلافرانشي لم يعد محط إجماع حيث ترجحه بعض الأبحاث الحديثة (El Harradji, 2019) إلى الرباعي الأوسط (العميري).

بسمك يمكن أن يصل إلى 100م. وهي امتداد لظهور التكوينات القديمة بمناطق النشر عند سافلة الحوض الإفرافي لبوصدان، التي تظهر على شكل مراوح انصباب، مروراً بجنوب تاويرت إلى سافلة حوض العابد.

1_3_2: توضعات مستويات الرباعي الأوسط

أ: المستوى العميري

يمتد على مساحات مهمة بحوض العابد خاصة بوسطه حيث يغلف الرباعي القديم أو يجاوره، كما يظهر على شكل حادورات ومخاريط خاصة عند أقدم حواف البروزات التي تظهر بالتلال المتقطعة بمنطقة "الكلب الحاير"، كما أنه يمتد على ضفاف واد صغوان، يتداخل مع المستوى الغربي والسطاني بمنخفضات وبطون الأودية المجاورة، كما هو واضح عند "رجمة الكرايط". نفس الشيء ينطبق على واد الفيضة حيث يمتد من "سيدي سعيد" غرباً، إلى "رجم أحمد موسى" شرقاً، مروراً "ببطمة اليهودي"، حيث يلتقي بصفاف واد تامعدرت، ثم يظهر على شكل أجزاء متقطعة باتجاه "بلاد سهب كُراة". أما بحوض اتلاغ، فيتميز بمحدودية مساحته حيث يظهر ببعضها كصفاف 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 المهيم بسافلة الحوض، ويشبه المستوى العميري بالهضاب العليا (El Harradji, 2019). يعلوه مستوى من الكلس المستتعي 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 الجيومورفولوجية والباليوغرافية قد تدعم هذا الترجيح (El Harradji, 2019).



الشكل رقم 120: تراتبية مستويات الكرونوستراتغرافية لوادي اتلاغ

المصدر: (El Harradji, 2019).

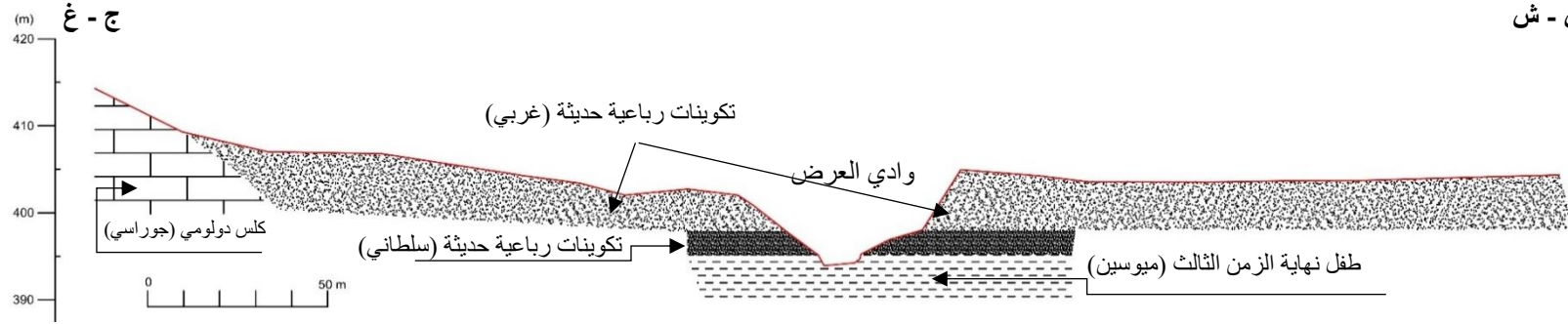


الصورة رقم 51: المستوى العميري تعلوه مستويات من الكلس المنقعي يعكس نهاية الطور الإرسابي البحيري
المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.
تبرز الصورة ظهور كلس منقعي في عالية المستوى العميري، كما يظهر من خلال المشهد أنه هو
المهمين بالمجال. ويتبين من خلال المقطع (الشكل رقم 122)، أن سمكه يتجاوز 10 متر، كما يحده
بالأسفل ظلفاء المستوى التانسيفتي (الصورة رقم 52)، يبرزها السيلان بفعل نقل المواد لتظهر هذه الظلفاء.

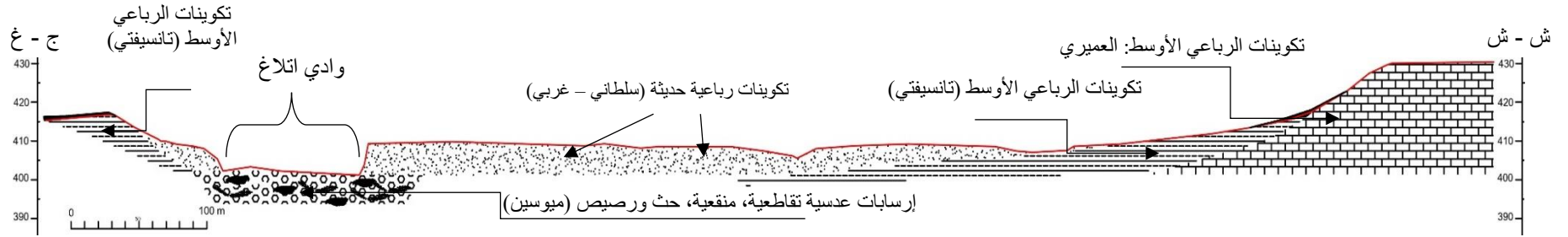


الصورة رقم 52: الظلفاء الكلسية التي تعلو المستوى التانسفتي، الذي ينحت المستوى العميري المشرف عليه، وتظهر
بفعل التعرية المائية للفسخة الحديثة التي تعلوه، بعد تهيئ المجال بعملية الحرث. سافلة واد اتلاغ.
المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

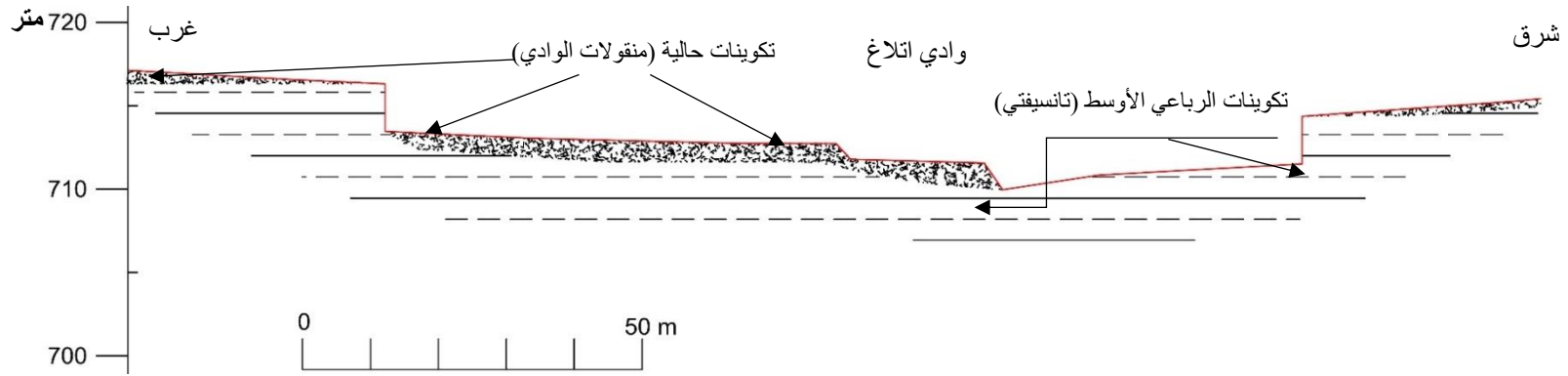
ش - ش



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 تقراطة، 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 بقم الواد (الصورة رقم 53)، وهي نقطة انقلاب الدينامية حيث في السافلة يختفي هذا المستوى تحت التراكات الحديثة، عكس العالية.



الصورة رقم 54: مستوى التانسيفتي بعالية واد اتلاغ - قم الواد

المصدر: عمل ميداني 11 نونبر 2021.

يظهر المستوى التانسيفتي بعالية واد اتلاغ، ويتميز ببنية عدسية وتقاطعية من ضمنها طمي ورسبيص (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 التانسفتي 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 عريضاً ويتميز بوجود منعطفات نظراً للانسباط، 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 أيضاً على مساحات مهمة خاصة المشكلة لقدم الحافة بالهوامش الشمالية الغربية لكتلة دبدو، ويظهر على شكل حوادر، ومخاريط، أو مصطبة متميزة بقشرة مزدوجة وردية أحياناً 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 (شاكور، 1998).

1_3_3: توضعات المستويات الرباعية الحديثة

أ: 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 تفرطة، وتغلف مواد النشر المكونة من الطمي الرملي والطيني الداكن أو الوردية بعض مجالات الجزء الأوسط من سهل تفرطة. يتشكل هذا المستوى على ضفاف الأودية من قاعدة حصوية وجلياميد فقيرة من اللحم 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 تفرطة 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 الشيسيتية، 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 بصفاف الأودية، كما تعرف هذه المستويات الهولوسينية تراجعاً كبيراً بسبب فيضانات الأودية التي تؤدي إلى تقويض الصفاف (الصورة رقم 58) نتيجة تزايد قوة الدينامية الحالية.



الصورة رقم 59: تكوينات حديثة هشة تعرف تراجعاً بفعل تقويض الصفاف 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 بسافة حوضي اتلاغ والعابد. تختلف التراكبات 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 التخذيد والتعرية بصفة عامة، كما أظهرت أن المجال يتميز بصخور رخوة في الغالب تغذي العمليات المورفودينامية الحالية، تتجلى أساسا في مسلسل التعرية التي تتعرض له مواد الردم التي تراكمت في بيئة بحيرية خلال الزمنين الثالث والرابع. إضافة إلى ما تم التطرق إليه 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 نسبية، والتي يمكن أن تعرقل وتكبح نشاط التعرية.

2_ دور التكوينات السطحية والغطاء التربى في هشاشة الدينامية البيئية

عادة ما توفر التغليفات السمكية والمتزنة، لنفسها ولركيزتها، نوعا من الاستقرار إزاء عوامل التعرية، لكن بفعل الدينامية الحالية التي أصبحت الظروف البشرية أساس تنشيطها، أصبحت التربات السمكية 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 سمكية 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 وضايف الأودية، وكلما اتجهنا نحو المنخفضات الشمالية لسهل تفرطة، إلا وأصبحت التربات غنية بالتراكومات 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 والحرق العشوائي.

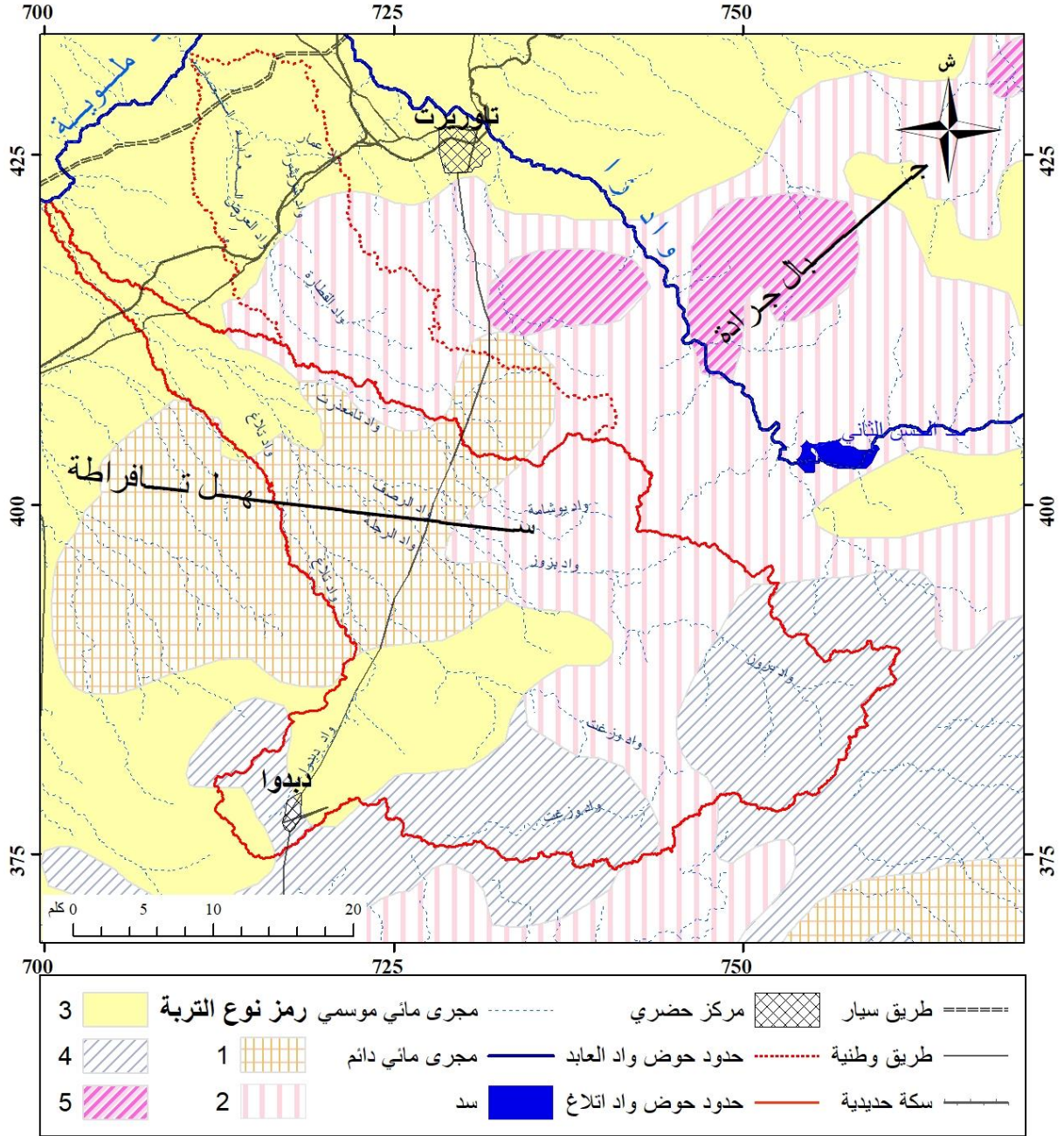
مادامت للظروف المناخية علاقة وطيدة بتوزيع التربات، فإن "العلاقة الموجودة بين تحلل المواد، والشروط البيومناخية تعمل بشكل كبير على تأثير المناخ في التفسخ" (Acherkouk et al. 2002)، حيث يصنف بعض الباحثين أنواع التربة (بالممر عموما) على الشكل التالي:

- تربات كلسية مغنيزية: وهي أكثر الأنواع انتشارا تتميز بالتعمق الضعيف، وتكسوها الأحجار المتوسطة والصغرى بسبب تكسير القشرة الكلسية، نتيجة عملية الحرق.

- تربات سدبالية (Isohumiques): تتميز بضعف المادة العضوية، فمعظم الأصناف النباتية التي تستقر على هذا النوع من التربات، من أصل تعايشي. 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 تقيي تربات حوضي اتلاغ والعابد (الشكل رقم 124) بناء على خريطة المغرب للتربة سنة 1950، وهي خريطة عامة ذات مقياس صغير³⁴.



الشكل رقم 124: تصنيف التربة بحوضي اتلاغ والعابد

- 1: تربة كستنائية-حمراء كستنائية وتربات أخرى آتية 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 ركانز كربوناتية، 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. ومعقدة وإلى حد ما صعبة لمطابقة الواقع، إلا أن غياب معطيات التربة، دفع إلى اعتمادها.

التكوينات السطحية والتربة 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 الجبلية

وهي المرموز لها في الخريطة برقم 4، وهي عبارة عن تربة ديجورية (podzolique) وتربة حمراء ديجورية، وتربة دكنا في الغابات الجبلية ذات أشجار بأوراق دائمة، وهي تربة موصولة شيئا ما وتحتوي على الكلس على السطح، وتربة من نوع الشرنوزيوم في الغابات الجافة ذات أوراق دائمة وفي الأعراس. هذه الأنواع من التربة تطورت فوق المواد المتفسخة لصخور الزمن الأول (الفحمي خصوصا) والصخور البركانية.

ثم التربة المصنفة في مفتاح الشكل رقم 124، تحت رقم 5، وهي تربة دكنا وحمراء في الغابات الجبلية، وتربة 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 تربة 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 تربة قسطلية وقسطلية فاتحة في المناطق القاحلة والمتأكلة 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 تربة قسطلية حمراء وتربة فاتحة وتربة 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 وفسحات) والتربة 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: التربة فوق الصخور الكربوناتيية

تبرز الصخور الكربوناتيية بالعالية (الهضبة) وتتميز بغلبة الكلس الدولوميتي، تعرف تفسخا كيمياويا خاصة على سطح الهضبة وحافتها الشمالية (عثماني، 2015). ومن بين أنواع هذه التربة:

- 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 بالتدريفة الريحية، نتيجة اجتثاث الغطاء النباتي والحرث بالجرار والرعي الجائر.
- التربة المتحسلة؛ تنتشر بحافة الهضبة على السفوح القوية الانحدار وتتطور على شكل فسحات طينية حمراء بالجيوب الكارستية وبالشفوق البنيوية وتختلط مع عناصر خشنة، تعرف بالتربات المتحسلة. 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 سفوحيات الأيطان الترياسية، مما يجعل المسكة السطحية غنية بالطين، وغسل الكربونات نحو الأعماق.

2_1_2: التربة فوق الكلس الدولومي المتفسخ والتكوينات الحثية الطينية

تظهر الصخور الترياسية على مجال ضيق ومتقطع بالحافة، وتتميز بتكوينات حثية طينية حمراء، غنية بفتاتات شبيستية نسبيا سميكة وأجزاء صخرية من الكلس الدولوميتي المتفسخ ضمن أفرشة من التربة المتحسلة المتحركة من العالية. كما تبرز التربة الطينية فوق صخور اللياس الأعلى. يشد الجفاف عند الهوامش، بسبب الظروف المناخية الجافة، وتظهر العناصر التبخرية بكثرة، كالجبس، والهاليت والملح الكتلي، إضافة إلى النيليت. بينما تتعدم هذه التراكمات في الأوساط المرتفعة من الهضبة، وينطبق نفس الشيء على درجة تواجد التلكس ما بين 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 التربة 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).

3_1_2: التربة فوق الصخور الشبيستية

توافق التربة فوق الصخور الشبيستية مجال انتشار هذه الصخور، خاصة بسفوح تلال ومتون وأعراف جبلية تتميز بقوة الانحدار. هذا الوضع التضاريسي لم يوفر الظروف الملائمة لاستقرار الفسحات وحدوث تطور ترابي، خاصة بعد تراجع الغطاء النباتي الطبيعي. لذلك فهي عبارة عن فسحات قليلة التطور تتعرض للتجديد باستمرار. وينعدم أحيانا تواجد التربة فوق هذه القواعد الشبيستية، 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 شيسيتية مسمرة، حيث تختلط مع التكوينات التانسيفيتية المقشرنة، وكذلك مع التوضعات السلطانية، ويصبح اللون أحمر معكوسا على الشيست (El Harradji, 1985 et 2019).

2_2: خصائص التربة سهل تفرطة

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 تعلق أفرشة رصيصية متكلسة جدا، مصدرها الحافة الشمالية لهضبة الركام وجبال دبدو، وتغلف مساحة مهمة حسب البنية المستوية والرتيبة لسهل تفرطة (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 نسيجاً مختلطاً، وألواناً متدرجة ومختلفة عن التربة الأم بالوسط المرتفع، وفي جهات أخرى تظهر بغلبة إحدى المواد، الشيء الذي يجعلها تتميز بألوان طاغية حمرة، مبيضة، أو بنية حمرة، وذلك حسب نوعية الصخور بمناطق التموين القريبة منها مجالياً.

وحسب دراسة (المكتب الجهوي للإستثمار الفلاحي لملوية) لمشروع تفرطة 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 ₂ O ppm	P ₂ O 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.

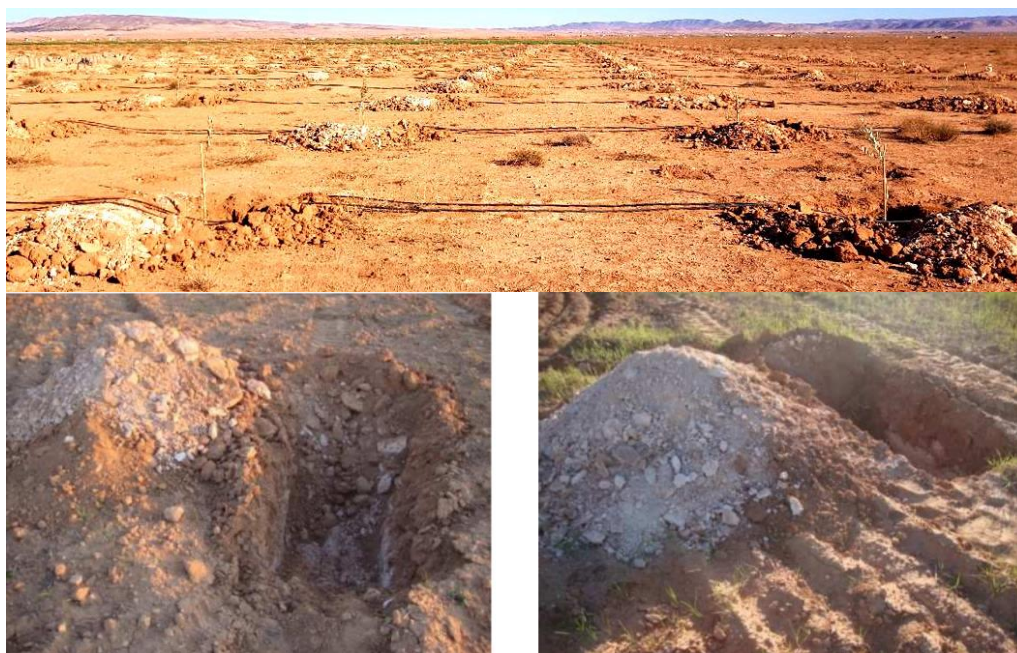
من خلال الجدول ولو أنها معلومات تقنية وليست بالضرورة ترابية لأنها منقولة من العالية وهي أغلبها بمناطق نشر، وهي عبارة عن مستويات إرسابية وليس بمسكات. يتبين من خلالها (الورقة التقنية بالجدول) أن خصائص التربة تتغير حسب العمق، لكنها تبقى متقاربة إلا أكسيد الفسفور حيث ينخفض في اتجاه العمق، عكس مجموع كاربونات 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 وحصي بنسبة 2 إلى 15%). المادة العضوية غير قابلة للكشف. يتخللها نشاط بيولوجي قوي مع وجود براز متحجر (coprolites)، ووقائع 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 وحصي 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 التربة أحيانا قشرة مطرية مكونة من الطمي والصلصال، ولكنها أكثر وضوحًا بشكل خاص خلال فصل الصيف والخريف. (الصورة رقم 61).



الصورة رقم 60: التربة الكلسمغيزية³⁵ بسهل تفرطة

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 الشرسانية Groupe des Rendzines

فئة هذه التربة كلسمغيزية وفرعها تربة كاربونية، من مجموعة (الشرساء)، ومجموعتها الفرعية الشرساء المحلية أو الجافة (Xérendzines)، وتتميز بخصائها كما هي موضحة بالجدول رقم 54، في حدود عمق 10 سم.

الجدول رقم 54: خصائص التربة الكلسية الشرسانية

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	الطيني	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 كلسمغيزية ولكن في الواقع هي رواسب نتاج للمورفودينامية وعبارة عن مستويات إرسابية متعاقبة وليس الترتب والمسكات وهذا ينطبق عن باقي الأصناف.

مسكة ذات لون 7,5 YR 3/4، بدون بقع وذات عناصر خشنة (حصيم وحصى وجلياميد 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 وجليطية (grumeleuse) مع فراغات مهمة ومسامية كبيرة، وبالتالي فهي قليلة الهشاشة. يوجد بها العديد من الجذور الدقيقة، انتقال غير منتظم ومموج. على السطح، تظهر هذه التربة أحياناً تنوعاً صخرياً من صفاحة كلسية متموجة وسميكة ومدعومة بمواد لاحمة، كما أنها تمثل حطام الصفاحة والكوارتزيت والصوان. (الصورة رقم 61).



الصورة رقم 61: التربة الكلسية الشرسائية، سهل تفرطة

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 التربة طموي- رملي مع غلبة العناصر الدقيقة (الطمي والرمل الناعمة). إنها منطقة ذات أنشطة رعوية بشكل رئيسي.

2_2_2: فئة التربة السدبالية Isohumiques

تصنف هذه التربة في السدبالية، وصنفها الفرعي هو تربة سدبالية ذات مركب مشبع (complexe saturé)، خاصة بالكلس. تنحدر من مجموعة تربة سدبالية دكناء ومجموعتها الفرعية "تربة 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 Tafraata, province de Taourirt. (Etude de reconnaissance des sols) phase II.

من إلى 30/25 سم: مسكة³⁶ 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 فائقة 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 شيئاً ما. يوجد بها بعض الجذور الدقيقة. (الصورة رقم 62).

³⁶ مسكة حسب التقرير التقني، والواقع ليست مساكات بفهموم التتر بل هي مستويات إرسابية.



الصورة رقم 62: التربة السدبالية بسهل تفرطة

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 أحياناً قشرة مطرية مكونة من الطمي، ولكنها أكثر وضوحاً بشكل خاص خلال فترات الجفاف. نسيج هذه التربة طموي في جميع المسكات تقريباً مع سيطرة الطمي الدقيق. توجد الترات السدبالية الدكناء بشكل أساسي في منطقة انتشار (فيضيات). وهي منطقة زراعة الحبوب (القمح الطري).

3_2_2: فئة التربة الضعيفة التطور Classe des sols Peu Evolués

تصنف هذه التربة ضمن الترات ضعيفة التطور، ومن مجموعة ترات المواد الغرينية. وتتميز بخصائصها كما هو موضح بالجدول رقم 56.

الجدول رقم 56: خصائص التربة الضعيفة التطور

K ₂ O ppm	P ₂ O 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 أحياناً قشرة مطرية مكونة من الطمي، ولكنها أكثر وضوحاً بشكل خاص خلال فترات الجفاف. نسيج هذه التربة طموي إلى طموي رملي في جميع المسكات تقريباً مع نسبة كبيرة نسبياً من الرمال في بعض المسكات. (الصورة رقم 63).



الصورة رقم 63: تربة ضعيفة التطور بسهل تفرطة

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 ترات المواد الغرينية، الضعيفة التطور بشكل أساسي لزراعية الحبوب (القمح الطري). الغلة المحققة على هذا النوع من الترات عالية جدًا مقارنةً بالترات الأخرى. (المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي، بركان. 2011).

هذه الدراسة تبقى تقنية محضة، تفيد المعد في اختيار أنواع المزروعات بهذا السهل، فيما يخص مشروع التهيئة الهيدروفيلاحية وبالتالي تثبيت التربة بفعل هذا النمط الاستغلالي. وتفيد في الدراسة من حيث نسيجها الذي يتحكم في معامل الجريان وسرعة انطلاق السيالان، 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 التتر، نظرا للدينامية الحالية السريعة. وهي عبارة عن مواد نشر حديثة. تغيب فيها مسكات التتر، بصفة عامة هي تربة ضعيفة التطور.

الغطاء التري السهلي هش يتعرض باستمرار للتعرية المائية والريحية. ثم تبين أن القشرة المطرية تظهر خاصة في الفترات الجافة من السنة، مما يشكل تهديدا بتسريع السيالان. خاصة في فصل الخريف الذي يتميز بالأطمار 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 السيالان 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 والمركزة 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 تهتم التربة مجال الدراسة، تم تشخيص التربة للإجابة عن دور الغطاء التربة في الهشاشة. وذلك من دراسة النسيج ونسبة المواد بهذه التربة، 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 التربة هو مظاهر تدهورها. وبالتالي إمكانية تجدها تحت الظروف، أصبحت صعبة، رغم أن ظروف التفسخ والتربة 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 العيامية الحالية بحوض اقلان والعابد

الهدف من دراسة المعطيات المناخية (تساقطات وحرارة وتبخر ورياح...) هو معرفة توزيع هذه المعطيات في الزمان والمكان، ودراستها دراسة إحصائية كمعرفة تكرارها وترددتها 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

معدل التساقطات السنوية بملم	فترة الرصد	الإحداثيات			المحطات
		الارتفاع Z	X	Y	
225	1980-2017	640	403650	755500	- سد الحسن الثاني (الغراس)
193	1980-2020	390	427500	731500	- تاوريرت
385	1980-2018	1340	376750	718250	- العين الكبيرة
165	1980-2017	360	403860	687950	- جرسيف

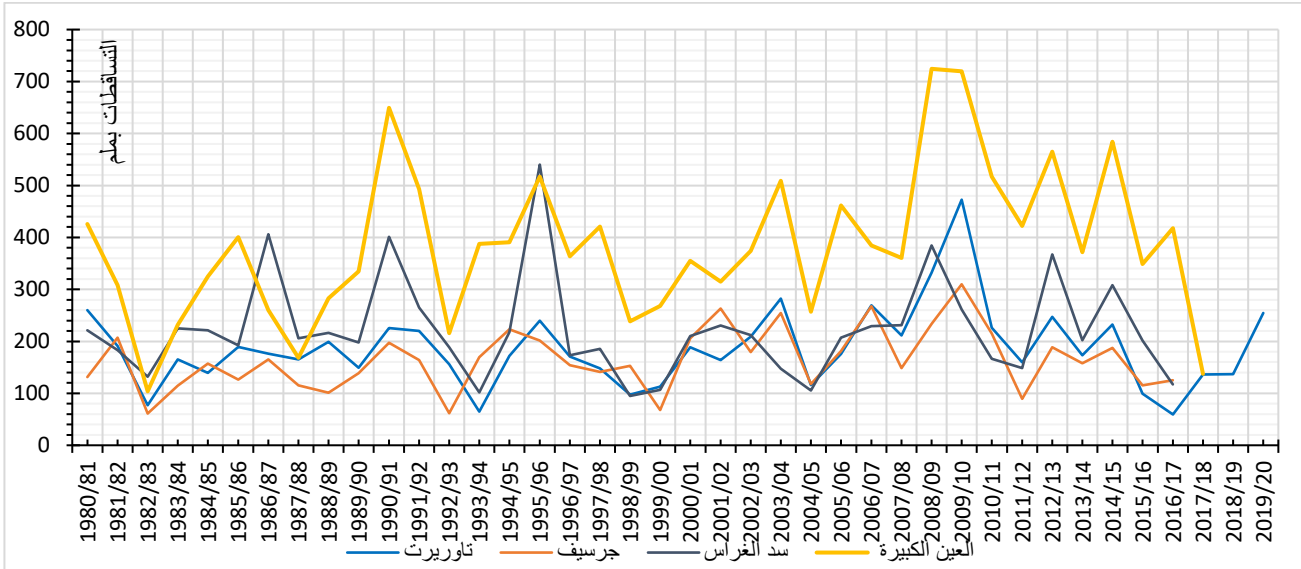
المصدر: المياه والغابات ومحاربة التصحر + مركز الأشغال + وكالة الحوض المائي ملوية + المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2020.

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 الفوهن³⁷ الذي يزيد من حدة جفاف المنطقة حيث تنخفض الرياح من مرتفعات السلاسل الجبلية إلى منخفض تاويرت (Laouina, 1990).



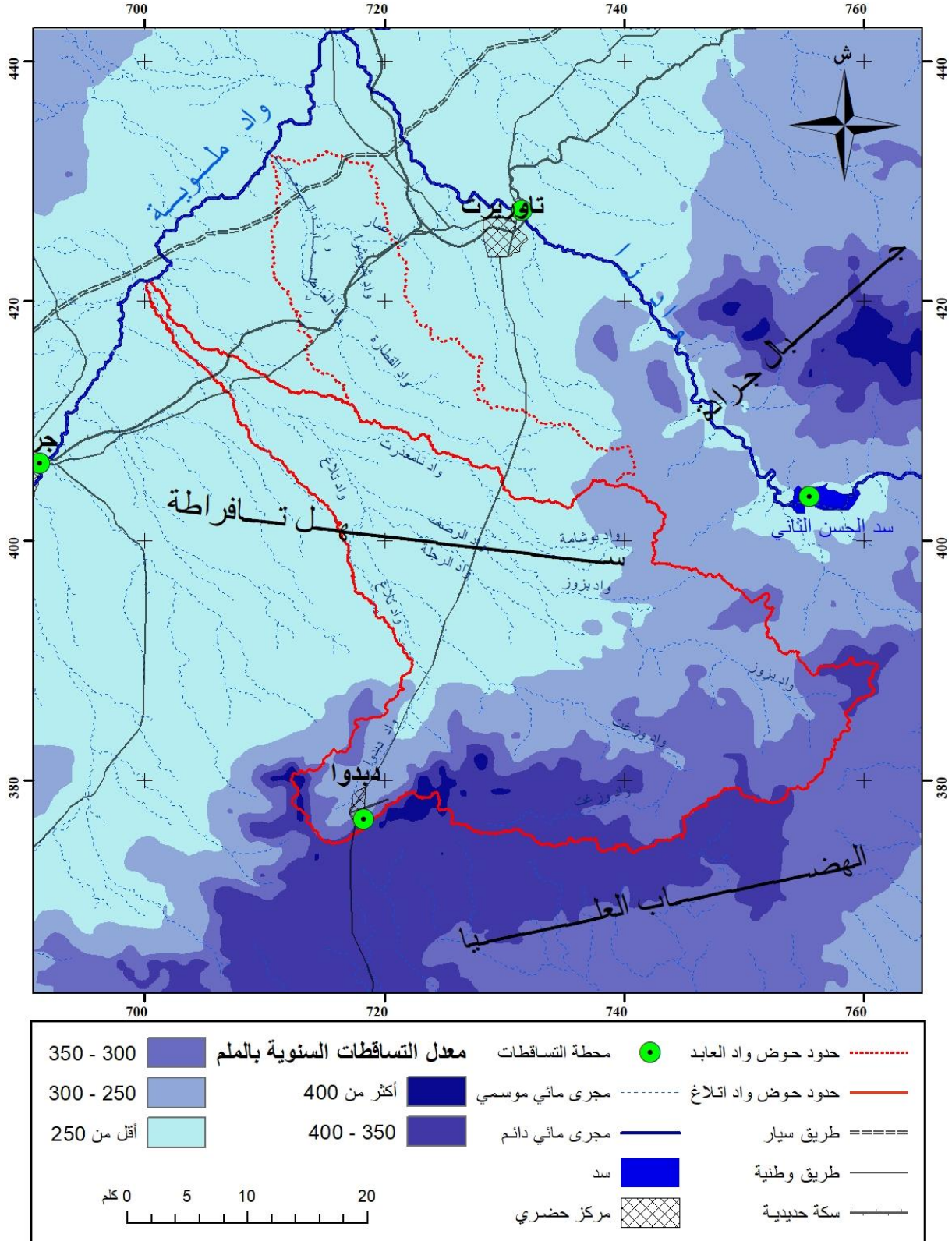
الشكل رقم 125: التوزيع السنوي لمعدل التساقطات المطرية، للفترة ما بين 1980-1981 إلى 2019-2020.

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 السطح 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 2000-1950

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 والفيضانات على تنشيط عملية التعرية وانجراف التربة، ينعكس سلبا على تطور الترب وتوحد حقينة السودان، حيث تراجعت حقينة سد محمد الخامس من 770 مليون م³ عند إنشائه سنة 1967 إلى 279 مليون م³ سنة 2008، بسبب قوة الحمولات الصلبة التي يحملها واد ملوية وروافده 38، بالإضافة إلى إتلاف المحاصيل الزراعية.

2_1: 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 تاويرت.

الجدول رقم 58: التوزيع الفصلي للتساقطات بمحطة تاويرت من موسم 1980-1981 إلى موسم 2019-2020

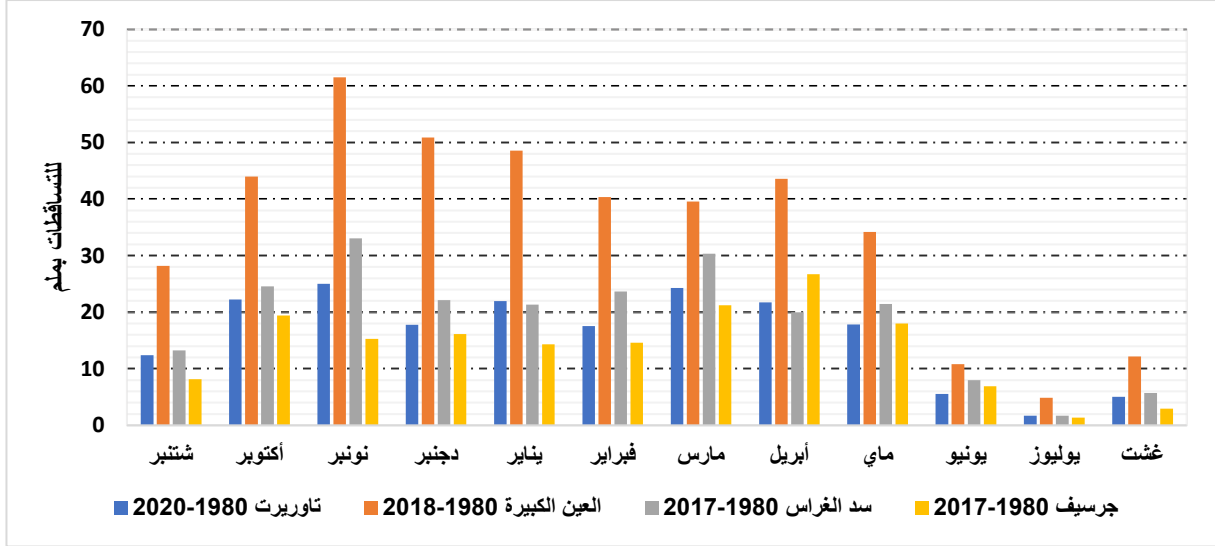
الفصول	الشهور	المتوسط السنوي بملم	النسبة المئوية
الخريف	شتنبر	12.4	30.90%
	أكتوبر	22.2	
	نونبر	25.0	
الشتاء	دجنبر	17.8	29.70%
	يناير	21.9	
	فبراير	17.6	
الربيع	مارس	24.3	33.06%
	ابريل	21.7	
	ماي	17.8	
الصيف	يونيو	5.5	6.38%
	يوليو	1.7	
	غشت	5.1	
المجموع		193.1	100%

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 تتشط خلالها عملية نقل المواد نحو الأودية والمنخفضات.

3_1: 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 + المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2020.

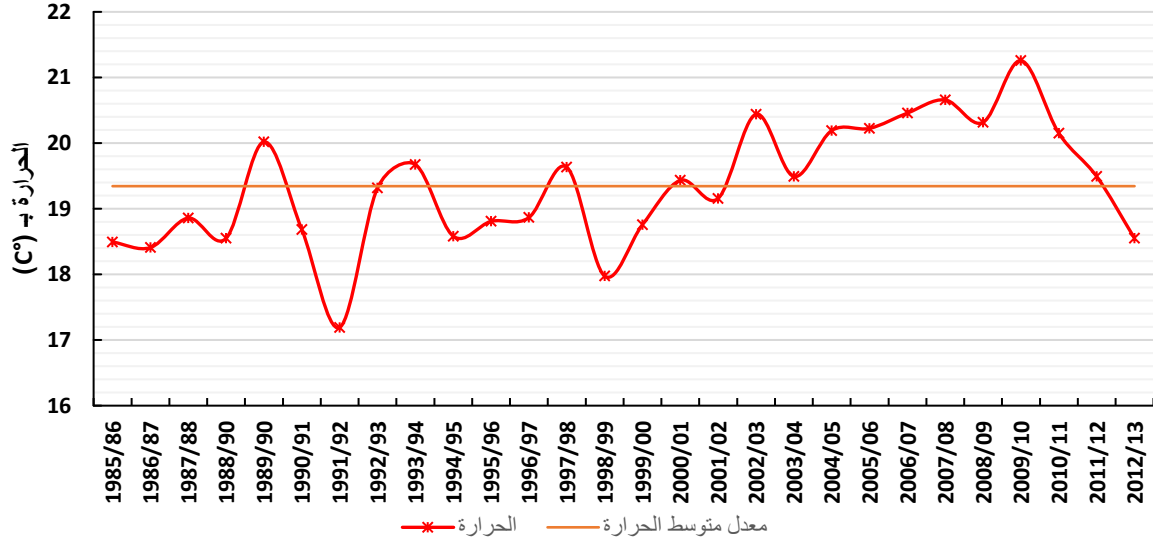
على العموم، يمكن تفسير قلة التساقطات المطرية بوجود سلسلتي جبال الريف والأطلس المتوسط الملثوي التي تقف حاجزا أمام وصول الكتل الهوائية الغربية والشمالية الغربية الرطبة، وعند نزولها عبر السفوح القارية تصبح جافة ومستقرة. وبذلك أغلب الاضطرابات الغربية لا تعطي إلا أمطارا ضعيفة في المغرب الشرقي، في حين أن الاضطرابات 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 ناتجا عن تداخل مجموعة من العوامل على رأسها عامل القارية، والارتفاع، والعرضية، ودرجة الشمس، وجفاف الغلاف الجوي...

1_2: 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.

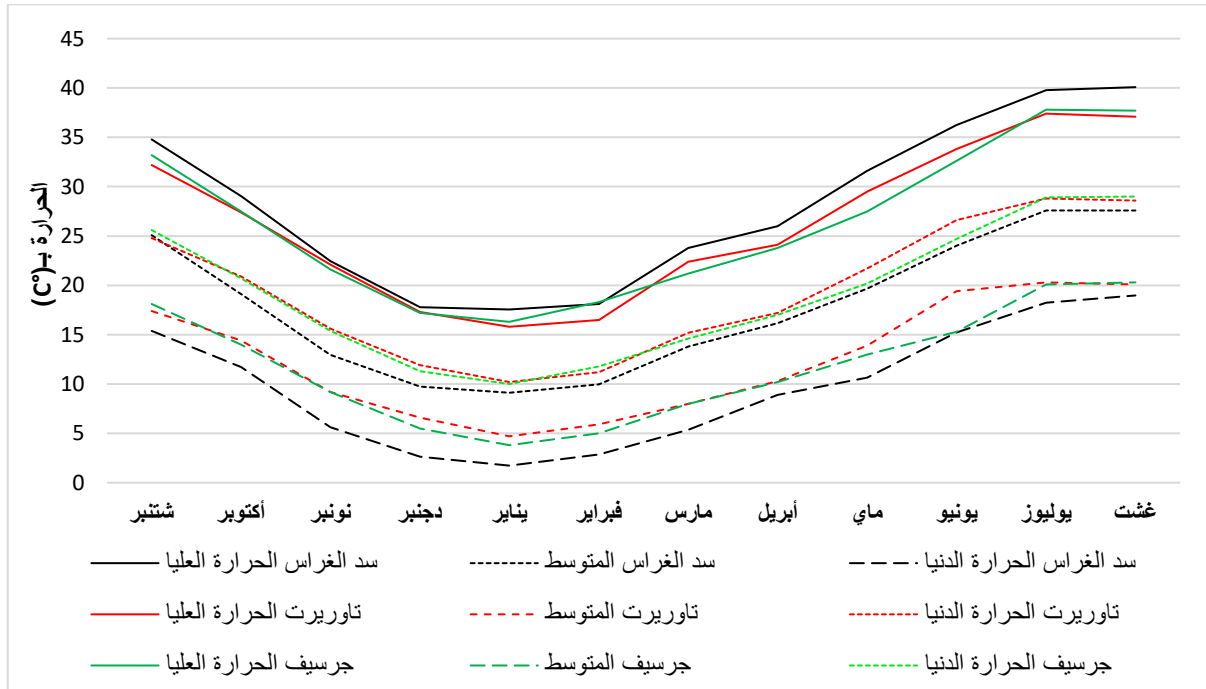


الشكل رقم 128: التوزيع السنوي لمتوسطات درجات الحرارة السنوية (محطة تاويرت) ما بين موسم 1986-1987 و 2012-2013

المصدر: وكالة الحوض المائي لملاوية، 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 مئوية، كما هو موضح بالشكل رقم 129.



الشكل رقم 129: التوزيع الشهري لمعدل درجات الحرارة الدنيا والمتوسطة والعليا

المصدر: وكالة الحوض المائي لملاوية، 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 الشرقي 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 ما بين 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 و5,8 م/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 (شاكور، 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 بترربة وغبار يزداد حجما في فترات الجفاف، مما سيكون لها تأثير سلبي على الوسط الطبيعي (التربة، والغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية). ويعتبر ممر تاويرت-جرسيف من أهم المجالات التي تعرف تدرية ريحية قوية، وأيضا، بعض المجالات الأخرى في العالية ككتلة دبدو والمقام التي بالرغم من تواجد مجالات غابوية بها تحمي تربتها إلا أنها تعرف تدرية 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 الشرقي، خاصة في العالية.

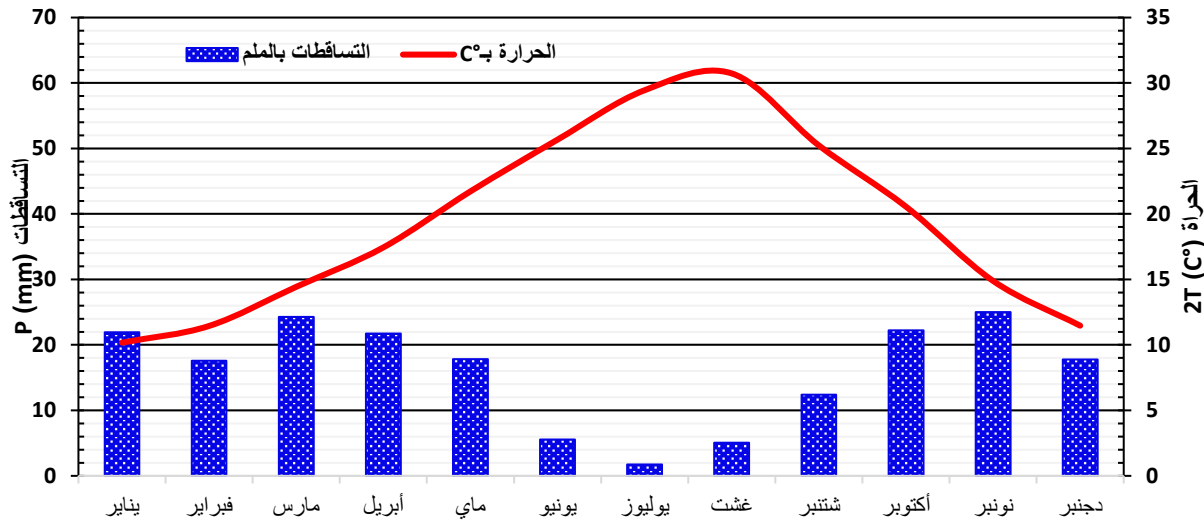
الرياح الشمالية الشرقية تأتي من البحر الأبيض المتوسط، فلا تهب على المنطقة إلا في بعض الحالات وتكون باردة (عثماني، 2015). وبالرغم من شدة وتردد الرياح الجافة المهيمنة على المنطقة، خاصة خلال فصل الربيع وبداية فصل الصيف، والتي تحد من النمو الطبيعي للمحاصيل الزراعية وتحقيق

مردود جيد، إلا أنه يمكن تسخيرها والاعتماد عليها في توليد الطاقة. حيث تقدر الطاقة التي يمكن توليدها عن طريق الرياح بالمغرب الشرقي ما بين 57 و245 واط/متر² (Sbai et al. 1994).

4- تصنيف المناخ السائد

ينتمي حوض 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، ويتذبذب 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.

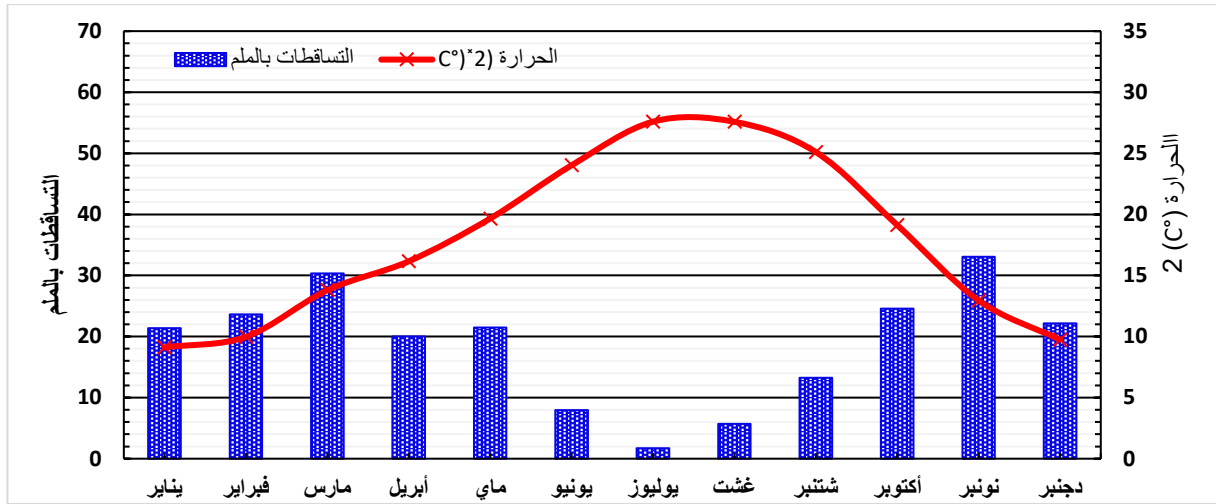
يرتكز تصنيف Gausson على تتبع التغيرات الحرارية والتساقطات خلال السنة. فالشهر الجاف حسب Gausson هو الشهر الذي يتجاوز فيه معدل الحرارة 20 درجة مئوية، والشهر الذي يكون فيه مجموع التساقطات الشهرية (P) يساوي أو يقل من ضعف متوسط الحرارة الشهري: $P \leq 2T C^\circ$. وانطلاقا من قاعدة Gausson، تم وضع منحنيات 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 لـ GAUSSEN، بمحطة تاويرت

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملاوية، 2020.

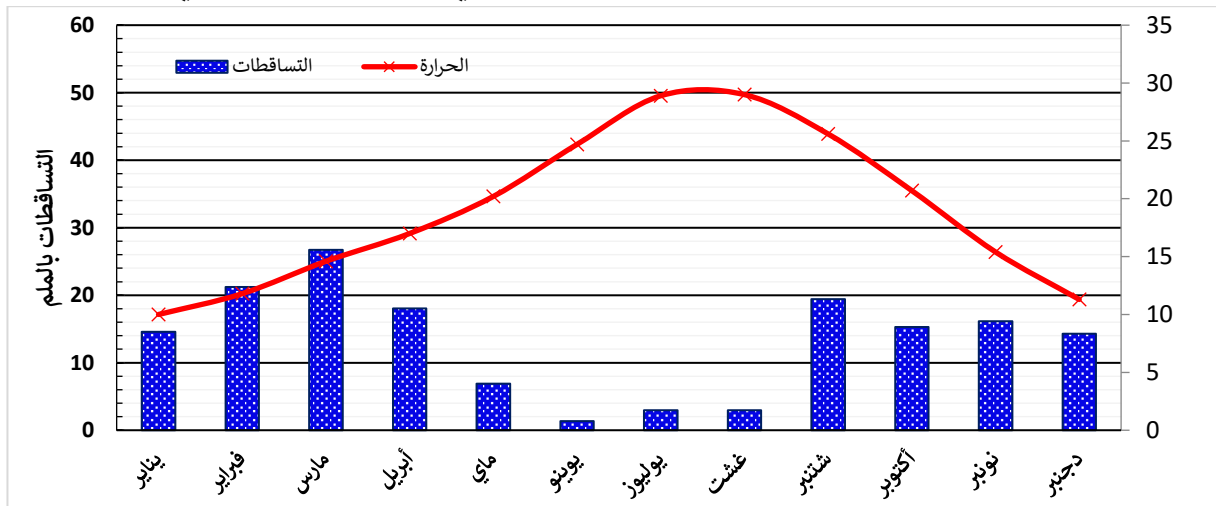
يظهر من خلال مبيان التساقطات والحرارة لمحطة تاويرت حسب Gausson، أن السنة كاملة تعرف شهورا جافة إلا شهر يناير، أي يمكن القول إن فصول السنة كلها جافة بهذه المحطة، مما يعبر عن بصمة الجفاف القوية التي تتسم بها منطقة تاويرت، وعدم جفاف يناير لا يعود إلى فائض التساقطات بقدر ما يرتبط بانخفاض درجة الحرارة.



الشكل رقم 131: المبيان المناخي لـ GAUSSEN، محطة سد الغراس

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2017.

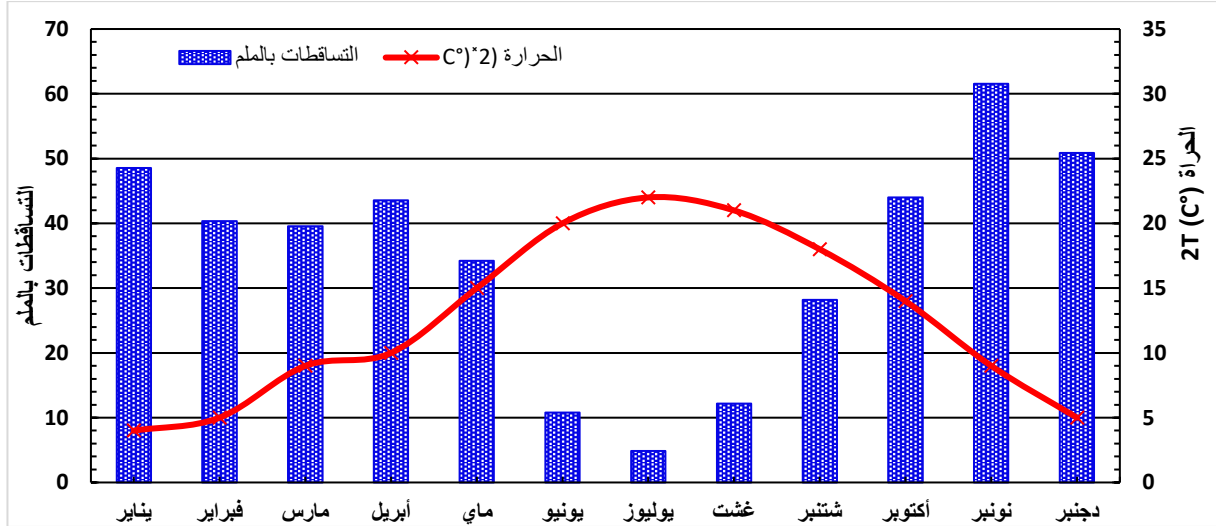
يتبين من خلال المبيان المناخي لمحطة سد الغراس أن الفترة من أبريل إلى أكتوبر كلها أشهر جافة، أي أكثر من نصف السنة (7 أشهر). بالرغم من تواجد المحطة في العالية، إلا أنها تقع في ظل المطر.



الشكل رقم 132: المبيان المناخي لـ GAUSSEN، محطة جرسيف

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لملوية، 2017.

يبرز مبيان التساقطات والحرارة لـ Gausсен، محطة جرسيف، أن السنة كاملة تعرف شهورا جافة إلا شهر فبراير ومارس، مما يدل على الجفاف الذي تعرفه المنطقة خاصة ممر تاويرت - جرسيف.

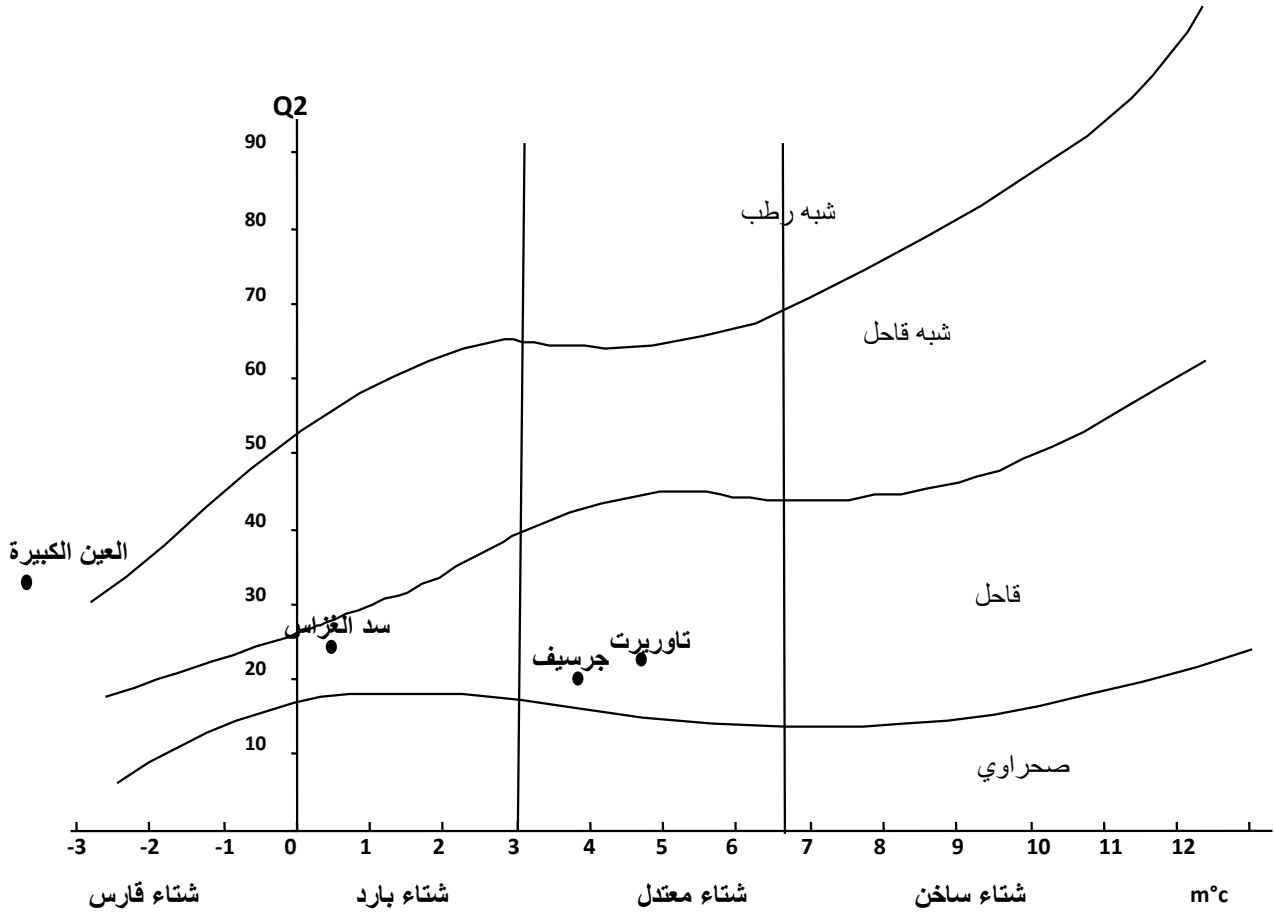


الشكل رقم 133: المبيان المناخي لـ GAUSSEN محطة العين الكبيرة

المصدر: معطيات وكالة الحوض المائي لمولوية، 2018

يتبين من خلال المبيان المناخي لـ Gausсен، بمحطة العين الكبيرة، أن الفصل الجاف يمتد خلال الفترة من يونيو إلى سبتمبر، 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 المتوسطة (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).



$$Q2 = \frac{1000 \cdot P}{\left(\frac{M + m}{2}\right)(M - m)}$$

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 البيومناخي حسب معامل أمبرجي

المناخ السائد بالمنطقة، يضيفي 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 بـ 100 كلم، يقدر التبخر الحقيقي بـ 309 ملم، بعجز يبلغ 1103 ملم، وبفارق نوعي يقدر بـ 161 ملم (Sbai et Laadoua, 1988)، (Sbai et Chenoufi, 2000).

هذا الوسط القاحل والمناخ الذي يتسم بالجفاف له سلبيات تزداد حداثها 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 باليات 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 وبنو بوزكو بالجنوب الشرقي، ثم سهل تفرطة 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 والمنقطعة ذات هشاشة كبيرة فحسب، وإنما تشمل حتى المجالات المستوية بالسافلة التي تمتاز عادة بتربة 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 وادي 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 تقادم 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 فلاح، 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 تاويرت - 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، تبعاً 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 معقنة، 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 الاستثمارات وتوزيعها مجالياً، لتغطية المجال.

تتعدد الطرق لحساب حجم العينة، وذلك حسب المجتمع الإحصائي، سواء كان محدوداً أم غير محدود. في حالتنا هذه، سوف ندرس المجتمع الإحصائي المحدود انطلاقاً من طريقة (Thompsو, 2012)، وذلك لبساطتها في الاستخدام.

$$n = \frac{N \times p(1 - p)}{[N - 1 \times (d^2 \div z^2)] + p(1 - p)}$$

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، انطلاقاً 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

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 أصبغا يتعاملان بشكل غير عقلاني مع الموارد الطبيعية. وقد ساهم هذا التعمير القديم في الاستغلال المبكر والمتنوع للموارد الطبيعية، والذي اعتمد على اقتصاد فلاح، 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 تاويرت 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 والامية.

1_1: نبذة عن تاريخ الاستقرار بالمنطقة

يعود الاستقرار بمناطق الجهة الشرقية إلى تاريخ قديم، ويدل على ذلك الاكتشافات الأركيولوجية، مثل مغارة "الحمام بجمال بني يزناسن" التي شهدت تعميرا منذ 90 ألف سنة؛ أي قبل الفترة العظيرية. وبواد اتلاغ، حيث كشفت عن وجود أدوات ترجع إلى عصر ما قبل التاريخ والمتمثلة في الصناعات الحجرية التي تم تأريخ انتمائها إلى الباليوليتيك 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 الموحيدين انطلاقا من الأراضي الرعوية حول ملوية في اتجاه السهول الخصبة لفاس ومكناس والغرب حيث دخلوا في صراع مع الموحيدين (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 تاويرت، باعتبارها بوابة أولى لمهاجمة بني زيان، فنزل فاس وعسكر بها واجتمعت حوله الحشود، وسلك على جرسيف ثم على تفرطة وتزاحف الفريقان بوادي اتلاغ والتقى بنو مرين وبنو عبد الواد بعساكر متعادلة تقريبا في التمرس والقتال، والتقى الأبطال بالأبطال واحتلظ الأمثال بالأمثال (ابن ابي زرع، 1973). هذه المواجهة العسكرية كان الهدف منها استرجاع تاويرت، حيث اعتبرها السلطان المريني بوابة نحو تلمسان، حسب حسن الوزران، يقول: "ما كاد يعقوب المريني يستولي

على مراكز حتى أسرع إلى تاويرت 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 التمهد للتأثير على الحياة الاقتصادية والاجتماعية للسكان، 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 والرعي ما بين المجال المرتفع وسهل تفرطة. 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 لقلّة 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، ونقسيم 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 تاويرت ذات أورايش لجمع الحلفاء (بني يعلى الزكارة)، وتصديرها إلى فرنسا وإنجلترا وإسبانيا، 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 الشذرات 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 الاشكاليات 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 وتغير عقلية الإنسان اتجاه الأرض وكل الموارد باعتبارها رأسمال يجب أن يستثمر للريح على حساب التوازن البيئية والطبيعي الأصلي.

2_1: التطور والتوزيع الديموغرافي

يعتبر العامل الديموغرافي من أهم العناصر الأساسية التي ساهمت في التحولات المجالية التي عرفها الحوضان، مما انعكس على التوازنات 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 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.

من خلال جدول تطور سكان جماعة أهل واد زا وقطيير وسيدي علي بلقاسم، وسيدي لحسن (الجدول رقم 61)، يتضح أن المنطقة عرفت نموا متزايدا، أي انخفاض في عدد الوفيات وارتفاع الولادات، هذا ما تؤكد الإحصائيات، حيث ارتفعت ساكنة جماعة القطيير 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 ما بين سنة 2004-2014.

الجدول رقم 61: تطور سكان جماعات حوضي اتلاغ والعابد ما بين 1994 و2014

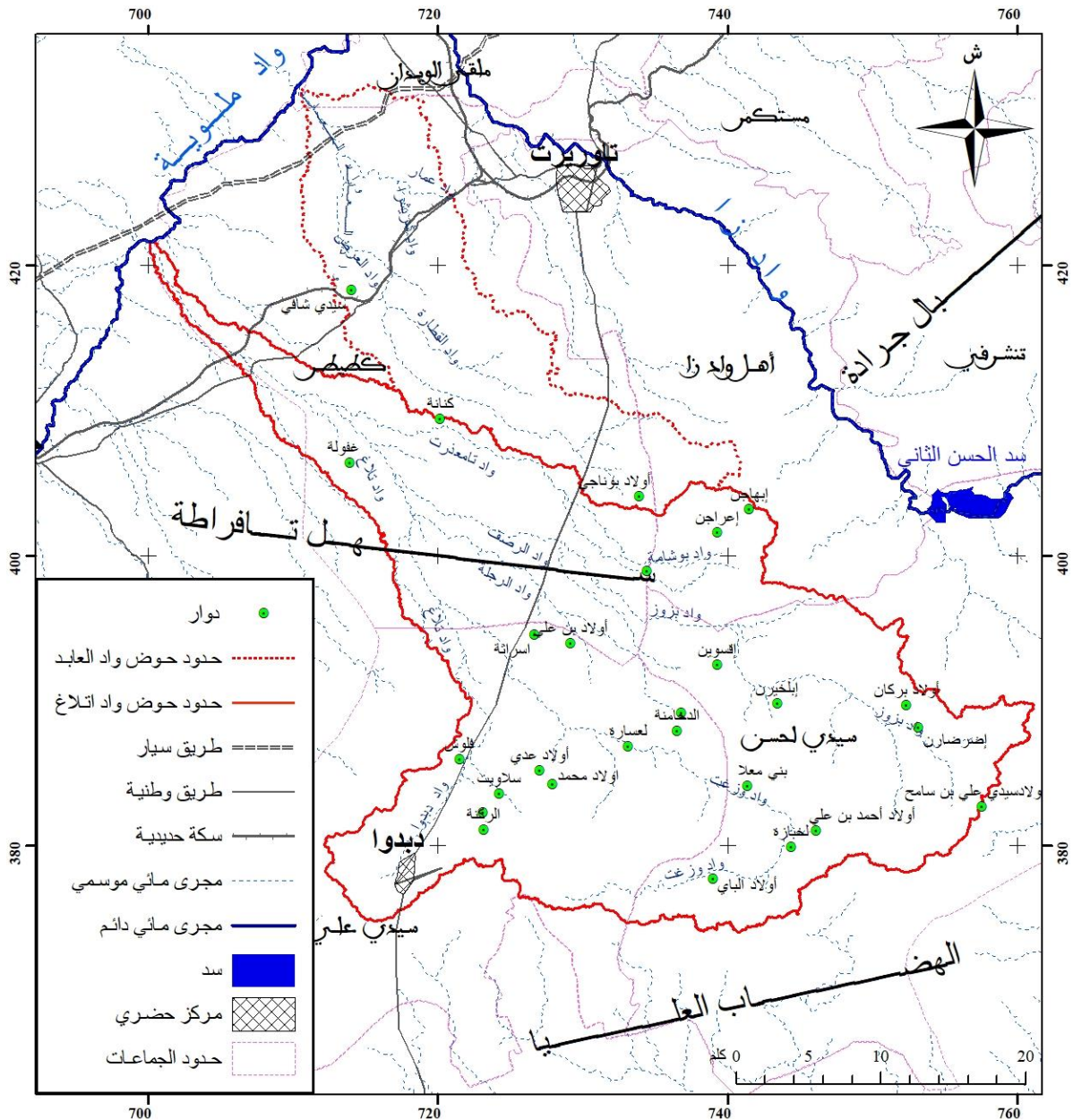
الجماعات	2014		2004		1994		معدل النمو (%) 2014-2004	معدل النمو (%) 2004-1994
	عدد الساكنة	عدد الأسر	عدد الساكنة	عدد الأسر	عدد الساكنة	عدد الأسر		
أهل واد زا	11931	1955	14202	2161	12706	1721	1.12	-1.73
القطيير	7303	1194	6732	946	5800	744	1.50	0.82
سيدي علي بلقاسم	14984	2185	13919	1876	11580	1562	1.86	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 تاويرت إلى المجال الحضري، علما أنه يتموضع داخل جماعة واد زا.

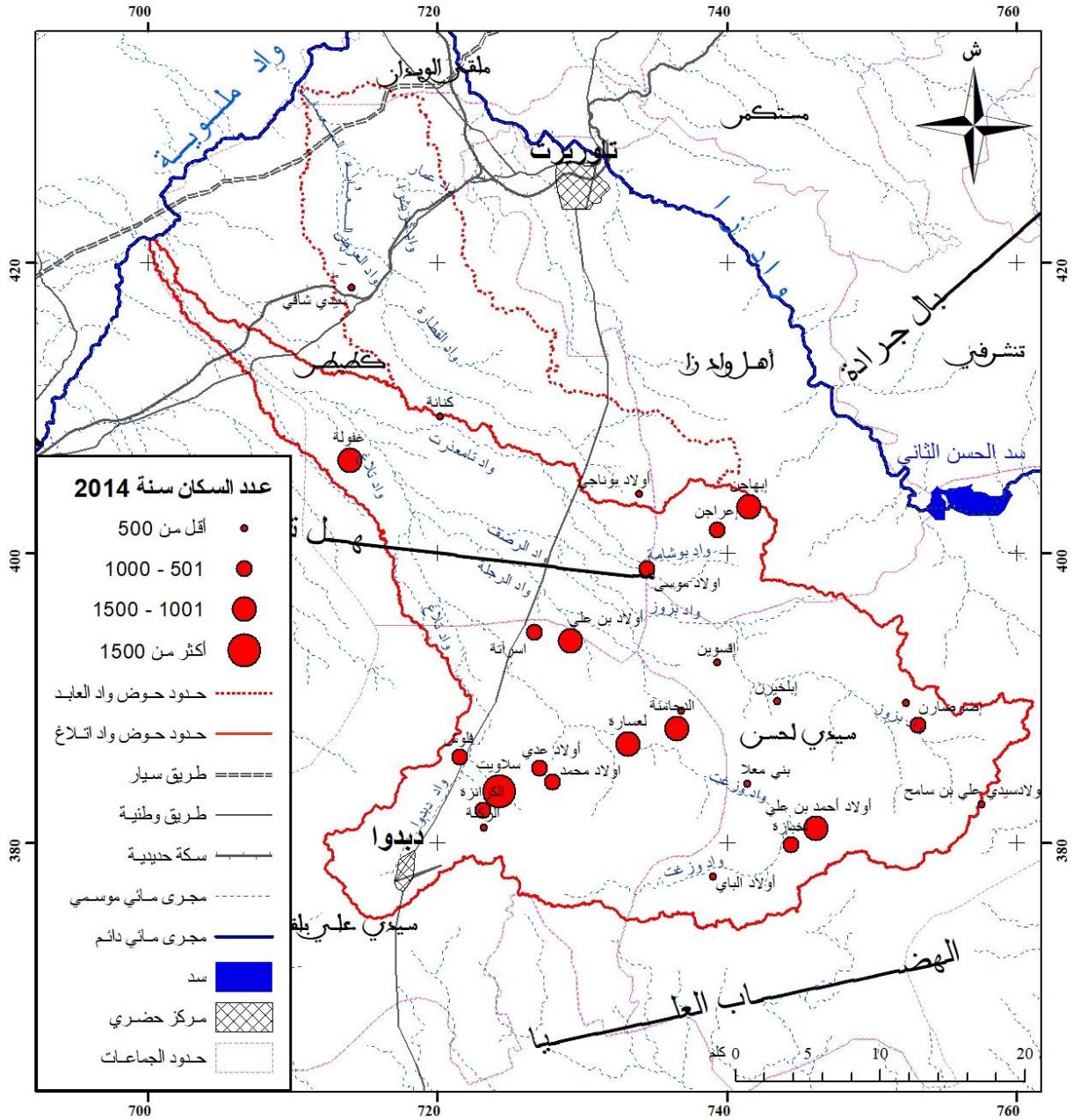
عرفت جماعة سيدي لحسن ركوزا في ساكنتها ما بين سنة 1994 و2004، حيث انتقلت من 1260 أسرة سنة 1994، إلى 1302 سنة 2004، ونسبة نمو 0.5-، ثم انتقل عدد الأسر إلى 1505 سنة 2014، ولكن بانخفاض عدد السكان من 9759 سنة 2004، إلى 9259 سنة 2014، وإنخفاض نسبة النمو حيث بلغت 0.52- ما بين سنة 2004 و2014.

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 والعايد 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).

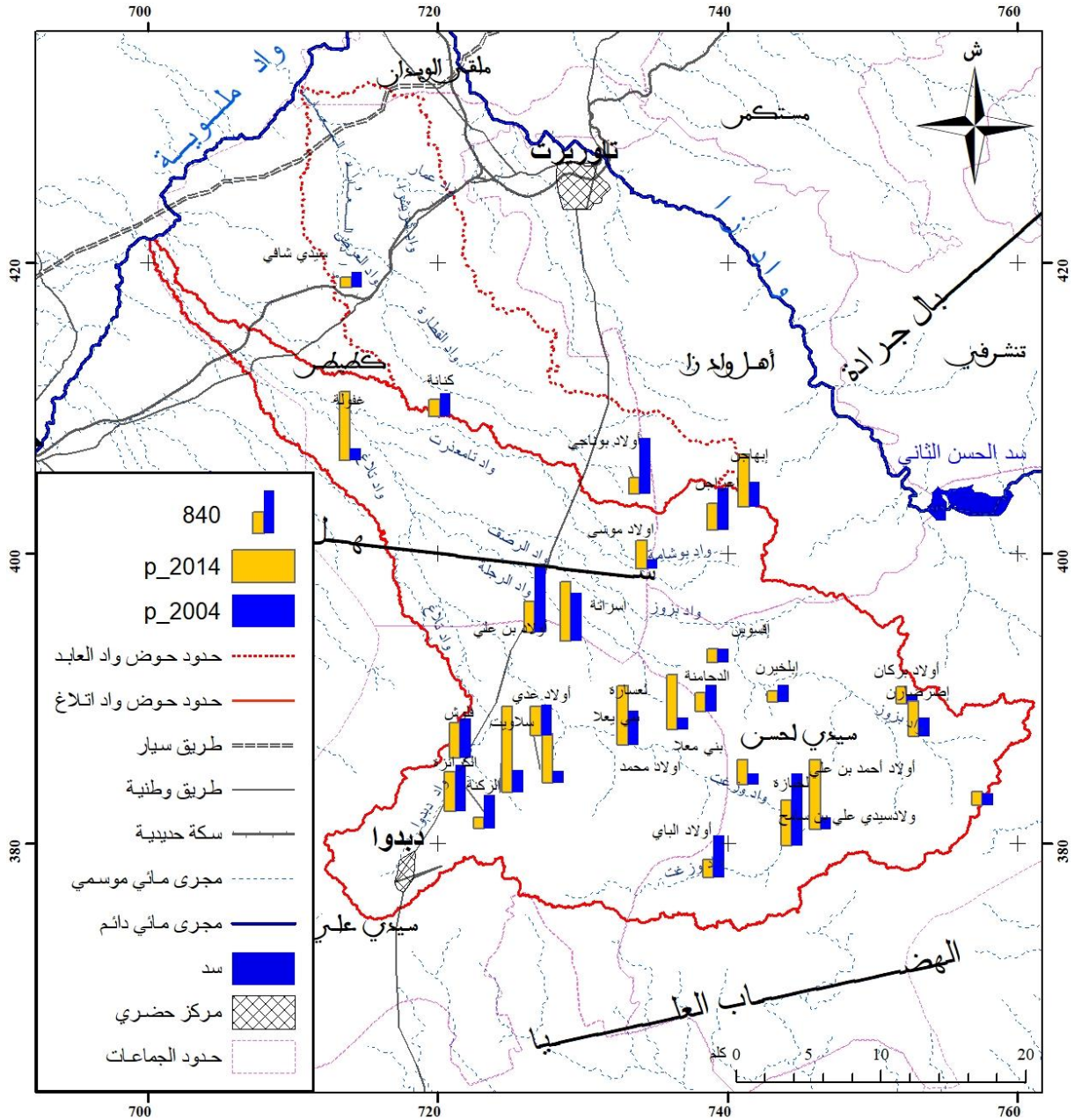


الشكل رقم 137: حجم السكان لدواوير منطقة الدراسة سنة 2014

المصدر: إحصاء سنة 2014.

يتباين حجم السكان بحوضي اتلاغ والعايد، ويتوزع إلى 11 دوار تقل ساكنتها عن 500 نسمة، وتسعة دواوير ما بين 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 ب 3502 نسمة، و708 أسرة، ويقدر متوسط حجم الأسر بهذه الدواوير ب 6.6 فرد لكل أسرة، حسب إحصاء 2014، بعضها يصل إلى 9 وآخر إلى 4.

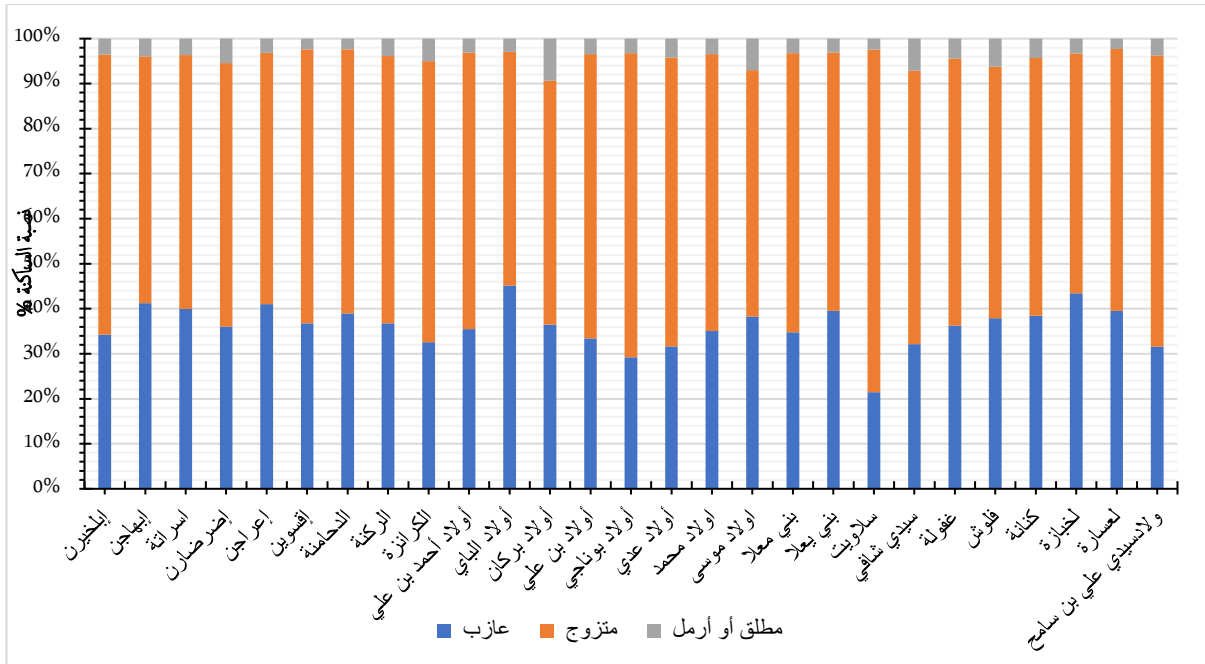
عرف حوضا اتلاغ والعابد خاصة والمنطقة عموما هجرة داخلية وخارجية عبر التاريخ، وذلك عندما كانت تعجز الموارد المحلية الهشة على تلبية الحاجيات الأساسية للسكان، خاصة خلال سنوات الجفاف، والتي كانت تجبر السكان على البحث عن موارد تكميلية خارج المنطقة لمواجهة أزمة شح التساقطات وانعكاسها على ضعف الإنتاج.

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 تاويرت، 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 مقتصرًا على العمل الفلاحي المحدود نوعيا وكميا. يزداد هذا العامل بتزايد الجفاف الذي يبقى هو الآخر من بين أهم العوامل الطارئة 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 بمدينة جرسيف وتاويرت، وتعليب وتحويل وتصبير المشمش والسلك بمدينة تاويرت. أصبحت هذه الوحدات تشغل معظم فتيات الأسر المهاجرة من أرياف المنطقة. بالإضافة إلى وجود سوقين أسبوعين كبيرين بمدينة تاويرت وجرسيف للتجارة وبيع رؤوس الماشية. كما اتضح من الاستمارة الميدانية أن من أهم أسباب الهجرة (67% من الإجابات) الجفاف، و43% ضعف المردودية³⁹، 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 بـ 27.5 سنة، ويتباين بين دواوير منطقة الدراسة (الشكل رقم 139).

³⁹ يمكن للمستوجب الإجابة بخيارين أو أكثر 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 بثلاثي ساكنته حالتها متزوج بمتوسط 59.7% من مجموع الساكنة، هذا ما يؤكد أن الساكنة المستقرة بهذه المجالات أغلبها متزوج، وهي نسب لا بأس 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%، وما بين 40 و 60 سنة تمثل 22%، وأكثر من 60 سنة تمثل 8%.

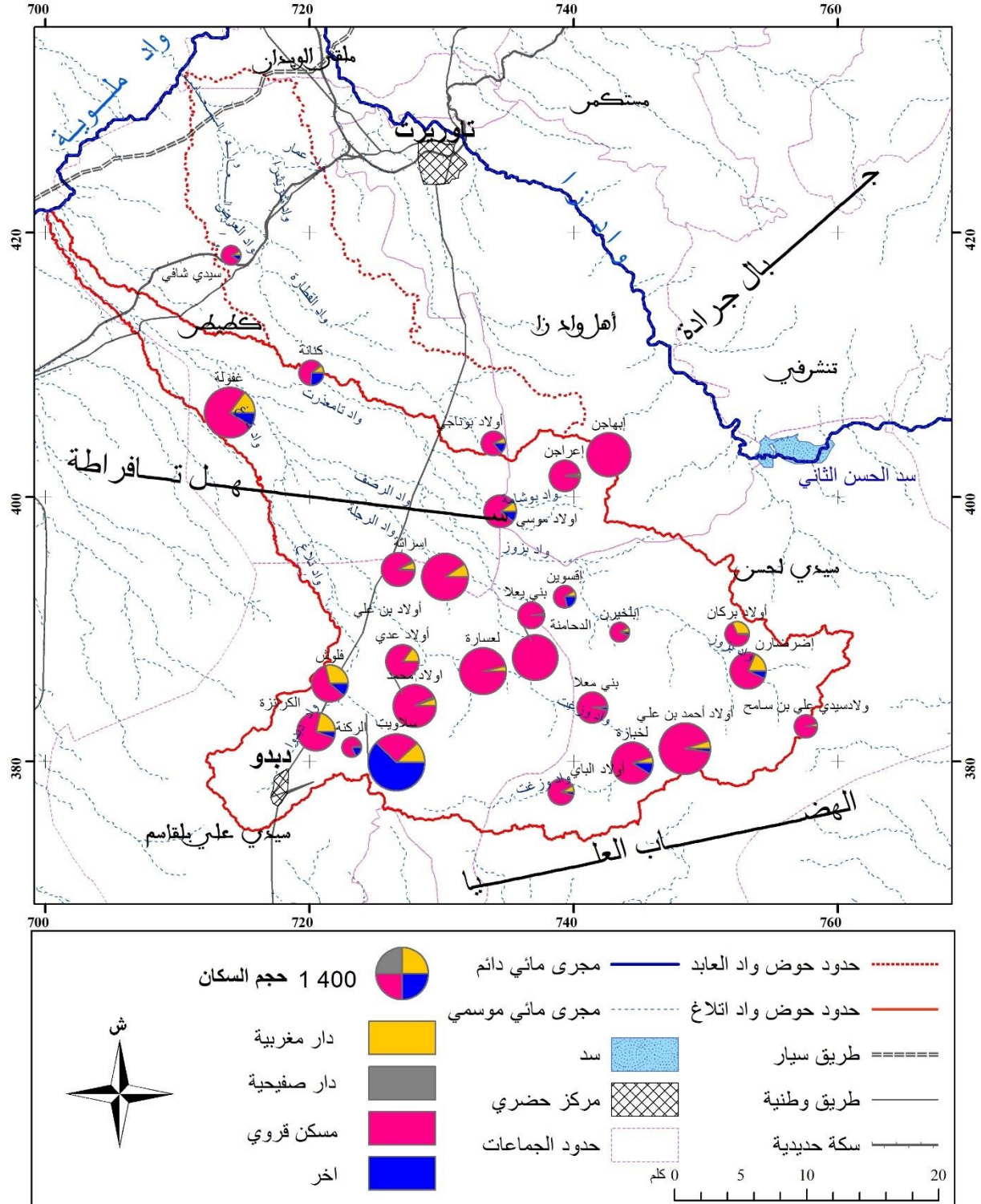
على عكس الفئة العازبة التي تمثل 36.2% حسب إحصاء 2014، 35% حسب الإستمارة، حيث يسهل عليها الهجرة إلى المدن المجاورة. والعزوف عن الزواج راجع بالأساس إلى الظروف الاقتصادية والاجتماعية الصعبة، كقلة فرص الشغل، والتخلي عن العمل في الفلاحة مقارنة مع الماضي (حسب الاستمارة).

3_1: هشاشة السكن وفق 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 المغربية⁴⁰، 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 صفيحية⁴¹ خاصة في دوار اسرارة ودوار أولاد محمد بني فشات، وبني يعلى بجماعة سيدي علي بلقاسم.

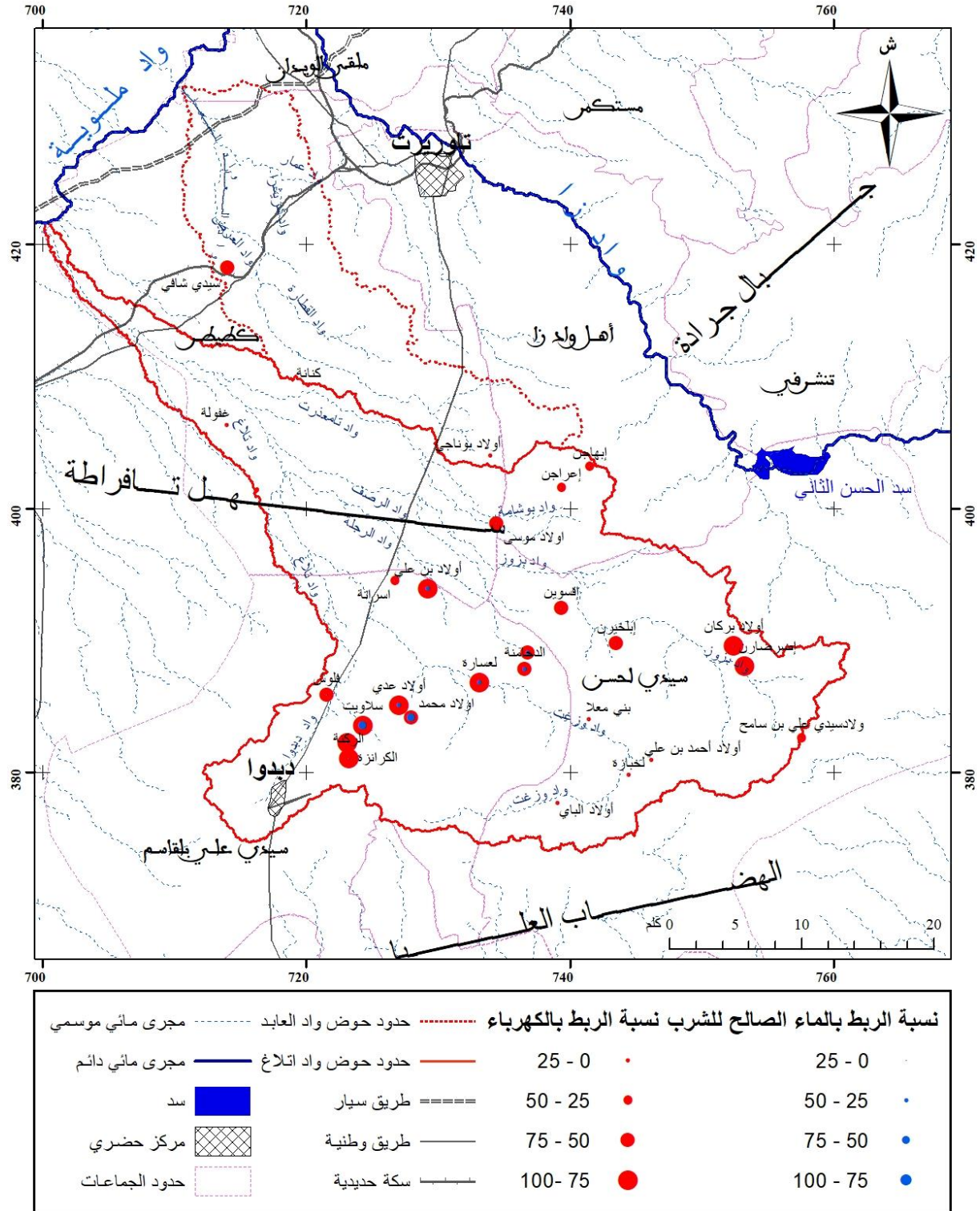


الشكل رقم 140: نوع السكن بدواوير حوضي اتلاغ والعابد

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 النباتات 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.

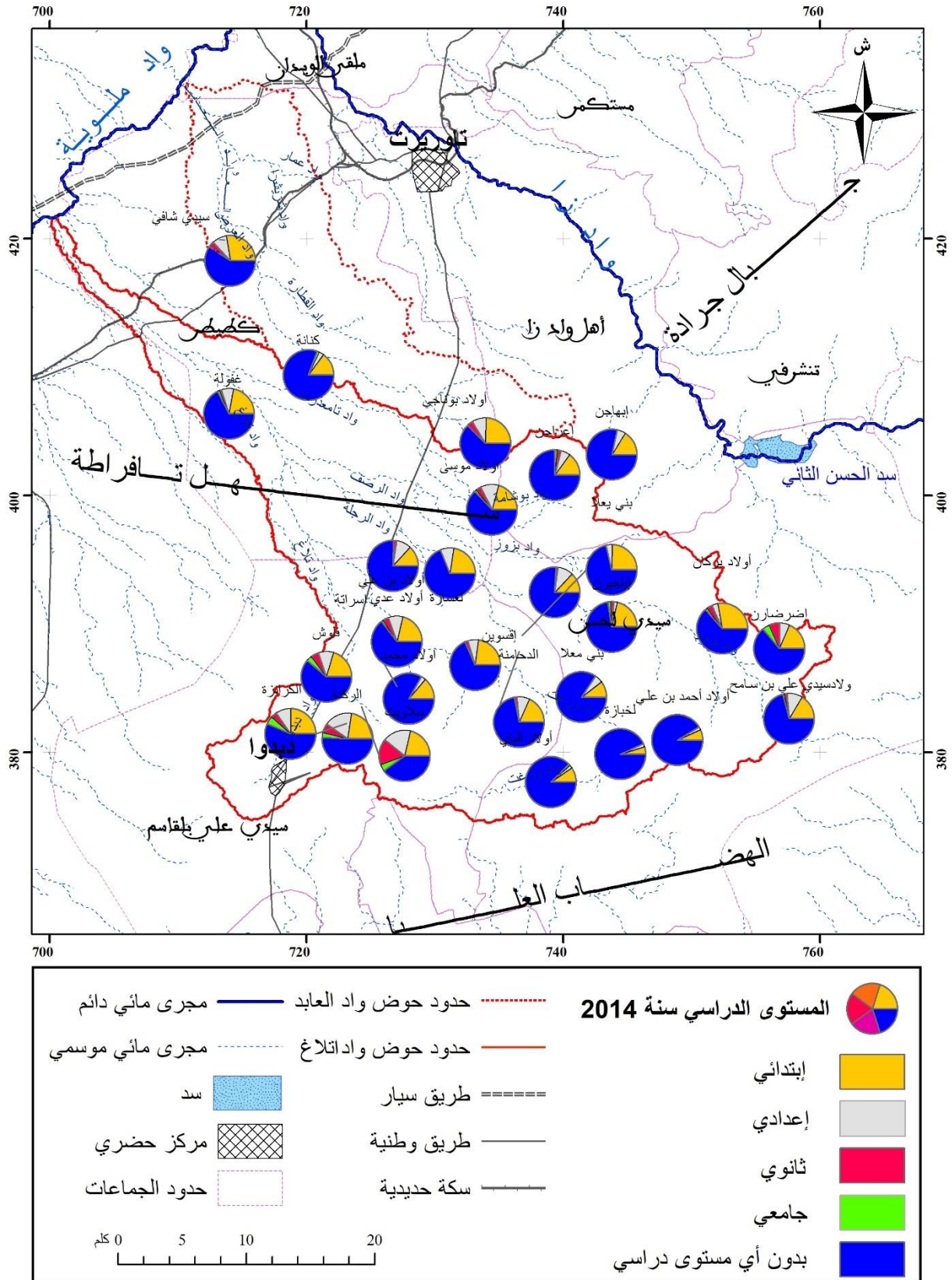
إضافة إلى عدم توفر هذه المساكن على المرافق الأساسية للعيش، حيث 25.7% فقط تتوفر على حمام من نوع محلي أو حمام عصري أو "دوش"، و45.1% عن مرحاض، و89.3% عن المطبخ. كما أن عمر المسكن يمثل 22.5% أقل من 10 سنوات، و23.7% ما بين 10-20 سنة، و39% 20-50 سنة، و14.9% أكثر من 50 سنة. أي أن أكثر من نصفها قديم وهش. متوسط عدد السكان بالغرفة الواحدة هو 2.4 شخص، ويصل في بعض الدواوير إلى 3.4 شخص بالغرفة.

1_4: مستوى تدرس السكان وضعف المستوى التعليمي

إن معظم سكان حوضي اتلاغ والعابد لم يتلقوا تعليماً مدرسياً حيث يتبين من الاستمارة أن 27.7% لم يلتحقوا بالمدرسة و33% المستوى الابتدائي، علماً أن المستجوبين كلهم ذكور، و70% منهم تقل أعمارهم عن 40 سنة. وهذا ما تؤكد معطيات المندوبية السامية للتخطيط في إحصاء 2014، حيث يتبين أن المستوى التعليمي لساكنة حوضي اتلاغ والعابد يعرف انخفاضاً كبيراً (الشكل رقم 142)، ويعزى هذا إلى قلة أو ندرة المؤسسات التعليمية.

تبين من خلال معطيات إحصاء 2014 أن 81.1% من الساكنة البالغة 15 سنة ما فوق، بدون مستوى تعليمي وبعض الدواوير 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 تدرس 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.



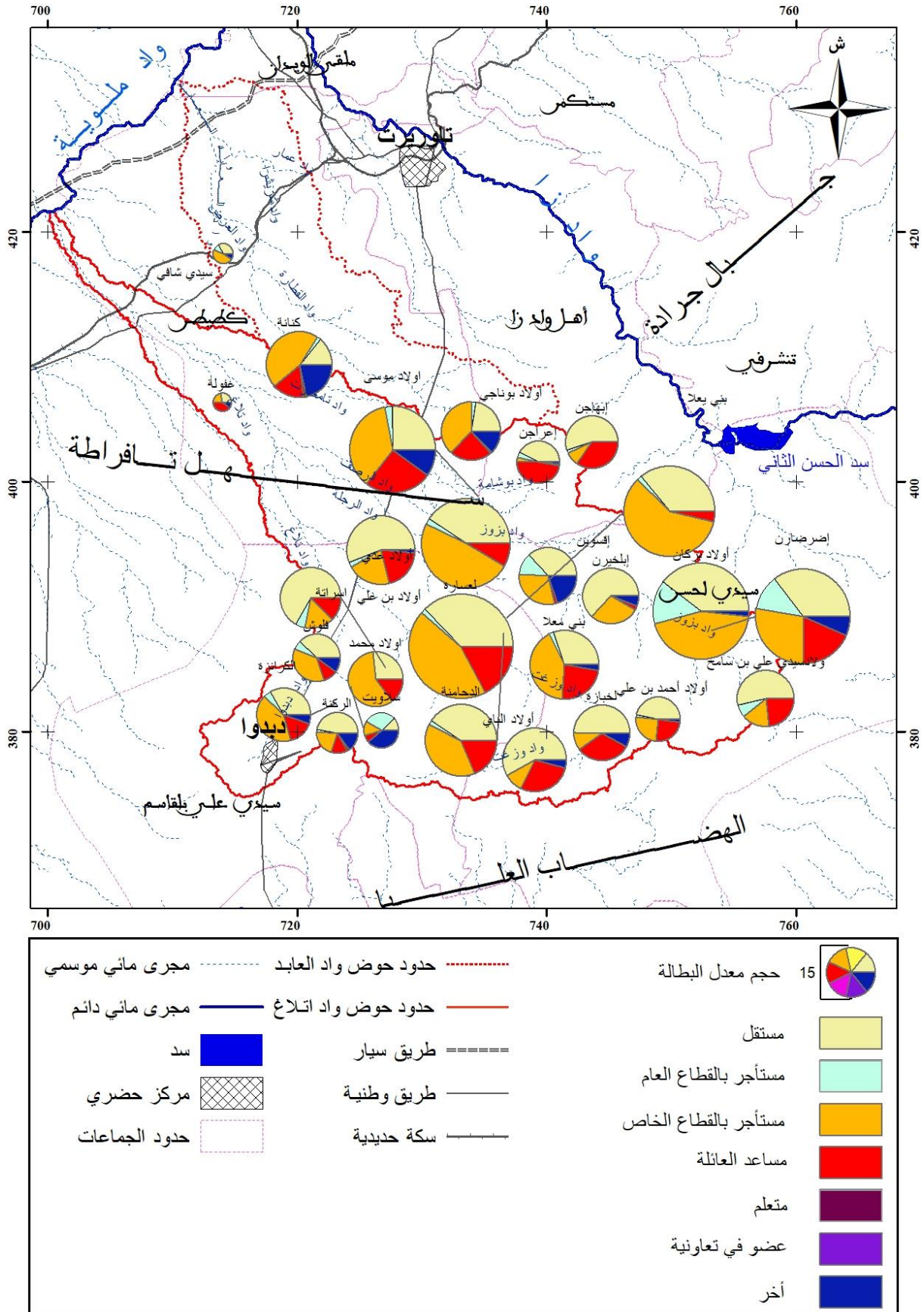
الشكل رقم 142: توزيع المستوى التعليمي بداواوير حوضي اتلاغ والعابد

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، و 7.1% أنشطة تجارية، و 14.3% هم عمال مأجورون، و 6.3% أجابوا بأنهم عاطلون عن العمل، والباقي يزوج 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%، وتقتضي 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.



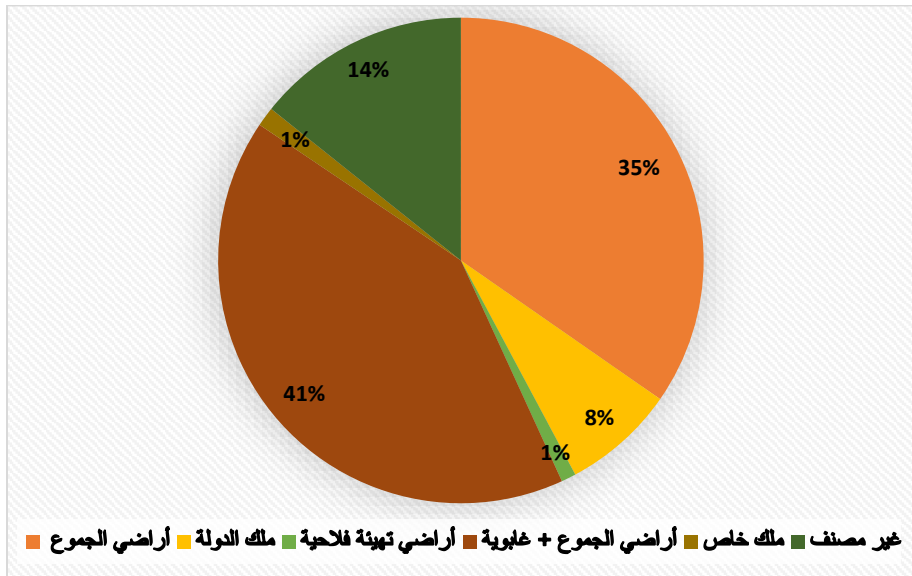
الشكل رقم 143: حجم معدل البطالة والحالة في المهنة للنشيطين المشتغلين بحوضي اتلاغ والعابد

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 الأتية 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

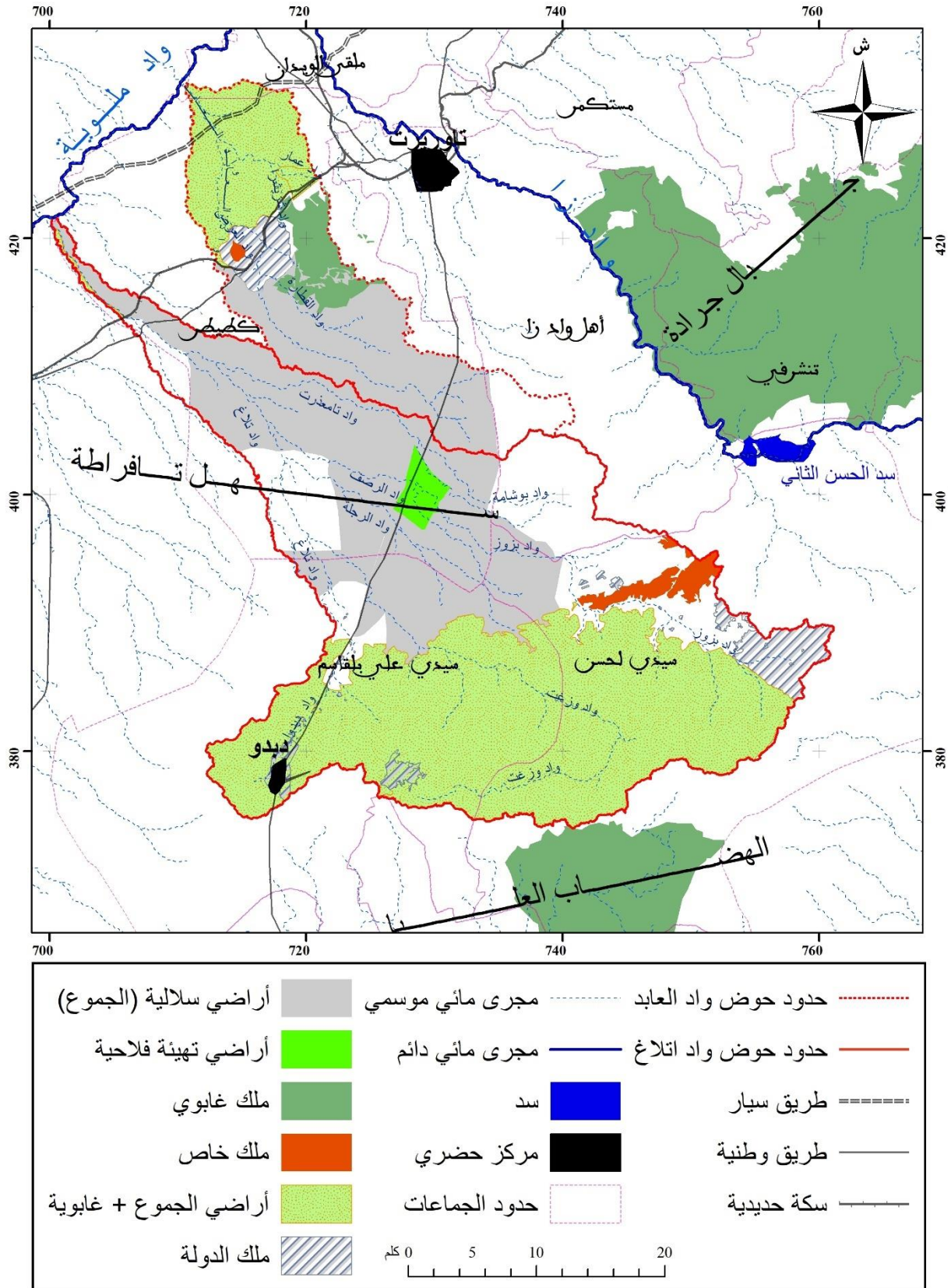
يغلب على الأراضي الصالحة للزراعة والرعي الطابع السلالي (الشكل رقم 144)، وتتوزع أراضي الجموع على تحديدين إداريين، الأول (التحديد الإداري للسجع وأولاد المهدي، وغفولة، بني شبل)، والثاني يضم أراضي بجماعة سيدي لحسن وسيدي علي بلقاسم، مضموم به أراضي المياه والغابات، وأراض بجماعة لقطيطر.



الشكل رقم 144: توزيع نسبة المساحة للبنية العقارية بحوضي اتلاغ والعابد

المصدر: الجماعات، والمحافظة العقارية تاويرت

تنقسم مساحات الأراضي بحوضي اتلاغ والعابد إلى أراضي سلالية تشكل 35% من مجال الدراسة، حوالي 49 ألف هكتار وتشمل أغلبها سهل تفرطة (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 تفرطة (المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي لمولوية)، 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.

7_1: 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 (زرور 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 لسكان المنطقة تعرف هشاشة اجتماعية مهمة (مواديلي وآخرون، 2019_ج)، وهذا تؤكد 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 2014-2004

معدل الفقر العام (%)، 2014	معدل الفقر متعدد الأبعاد (%)، 2014	مؤشر الفقر متعدد الأبعاد (%)، 2014	شدة حرمان الفقراء (%)، 2014	معدل الفقر متعدد الأبعاد (%)، 2004	مؤشر الفقر متعدد الأبعاد (%)، 2004	شدة حرمان الفقراء (%)، 2004	تقسيم الفقر حسب مصدر الحرمان (%) 2014				توزيع أشكال الفقر لسنة 2014 (%)			الجماعة
							التعليم	الصحة	ظروف الحياة		الفقر التقدي فقط	الفقر متعدد الأبعاد فقط	النواة الصلبة للفقر	
									الحصول على الماء والكهرباء	ظروف السكن				
44.6	32.2	14.7	45.6	69.2	32.9	47.5	50.7	3.7	25.4	20.2	12.1	21.9	10.6	سيدي علي بلقاسم
57.6	52.6	24.5	46.7	75.7	38.2	50.4	45.7	2.6	26.9	24.7	5.1	41.5	11.1	سيدي لحسن
37.5	27.8	12.5	45.1	54.4	27.0	49.6	50.3	5.7	27.4	16.6	9.7	21.9	5.9	أهل واد زا
41.2	30.9	14.0	45.3	57.2	27.2	47.6	58.2	7.8	22.6	11.4	10.1	25.8	5.2	قطيطر

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% و 41.2%، 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 بـ 23%. كما عرف انخفاضا بجماعة سيدي علي بلقاسم وأهل واد زا ولقطيطر، بين سنة 2004 و 2014، 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 بـ 18.2%، وفي سيدي لحسن بـ 13.7%، وأهل واد زا بـ 14.5%، قطيطر بـ 13.2%. 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 ما بين 45% بجماعة سيدي لحسن، و 58% بالقطيطر، ثم الصحة سجلت أدنى قيمة بسيدي لحسن 2.6 و 7.8 كأعلى قيمة بقطيطر، ثم ظروف الحياة المرتبطة بالربط بالكهرباء

والماء الصالح للشرب وظروف السكن تراوحت نسبها ما بين 11% و 27% بالجماعات المدروسة، ثم أن تراكم الفقر سجل أعلى قيمة بجماعة سيدي لحسن ب 11.1%، وأدنى قيمة بجماعة قطيتر حيث وصل إلى 5.2%.

اعتمادا على المعايير السالفة الذكر (تقني الأمية، ضعف النشاط المهني الأساسي، ضعف نسبة التمدن 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 للسكان 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 كالمطرق 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 بشبكاتي 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 تلبى 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 بتحويلات سريعة غير ملائمة مع الوسط الهش، لذا وجب تقييم تأثير هذه الأنماط على الأوساط الطبيعية خصوصا وعلى الوسط البيئي عموما، بهدف تشخيصها واستشراف مستقبلها.

1_2: الأنشطة السوسيواقتصادية (الفلاحة)

يرتكز النشاط الاقتصادي لسكان حوضي اتلاغ والعابد على الزراعة وتربية الماشية:

* الزراعة: يتميز القطاع الزراعي بزراعة مسقية وأخرى بورية.

* الرعي: يعتمد السكان القرويون على تربية الماشية بأنواعها.

1_1_2: 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، وضياح 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 شهدتها الحوضان خلال الفترة الأخيرة، ولهفة الكل عن إنشاء ضيعات فلاحية، من خلال الاستفادة من دعم الدولة، دون مراعاة المواد الطبيعية المتمثلة في الفرشة المائية والتربة قد يكون التحول والتدخل المعقلن والمدروس بالمجال؛ إيجابي نسبيا للتعرية المائية وذلك بتثبيت التربة بعد تهيئة 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 لتقراطة. وتعرف 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 وتربته فقيرة تشغل عادة في زراعة الشعير والقمح الطري، وتتشكل أغلبها بل جلها من أراضي الجموع. كانت الزراعة قديما تركز 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 محلي، 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 تلي 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، حيث تكون التربة خصبة وغنية بالمواد العضوية وعوامل أخرى سنذكرها فيما 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 مشاركة، أي يمكن استنتاج من هذه المعطيات أن متوسط المشاركة بالمجالات البورية هو ثلاث هكتارات فقط، وهذا ما يؤكد 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 المستريحة 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 والمعانة 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 مراعى 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 ما هو ضعيف الانحدار، أي مراعي السهوب ومنها مراعى جبلية أو غابوية خاصة في العالية (عبد السميع، 2015).

يمتد الصنف الأول على سهل تقراطة رغم الظروف المناخية الحالية التي لا تساعد على نمو وتجدد النباتات سواء الأصلية (الشيخ 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 معدومة، 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 لأبأس 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 التشكيلات 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 السهوية، 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.

4_1_2: 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 الاجتماعية

والاقتصادية للسكان، وعرف تحولات على مستوى بنيته وحجمه مما أدى إلى الضغط على المراعي التي تتراجع رقتها، 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 أثمان 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 استجابات 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 وزيادة 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 الكلاً (فصل الشتاء والخريف)، وقصد التسمين للبيع... والتنافس الجماعي القديم نسبيا حول اجتناث 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 لئبال بعض السفوح المنحدرة، أي إلى جهات أكثر تعرضا لعمليات التعرية خصوصا إثر السيالان.
- 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 شتبر 2017.

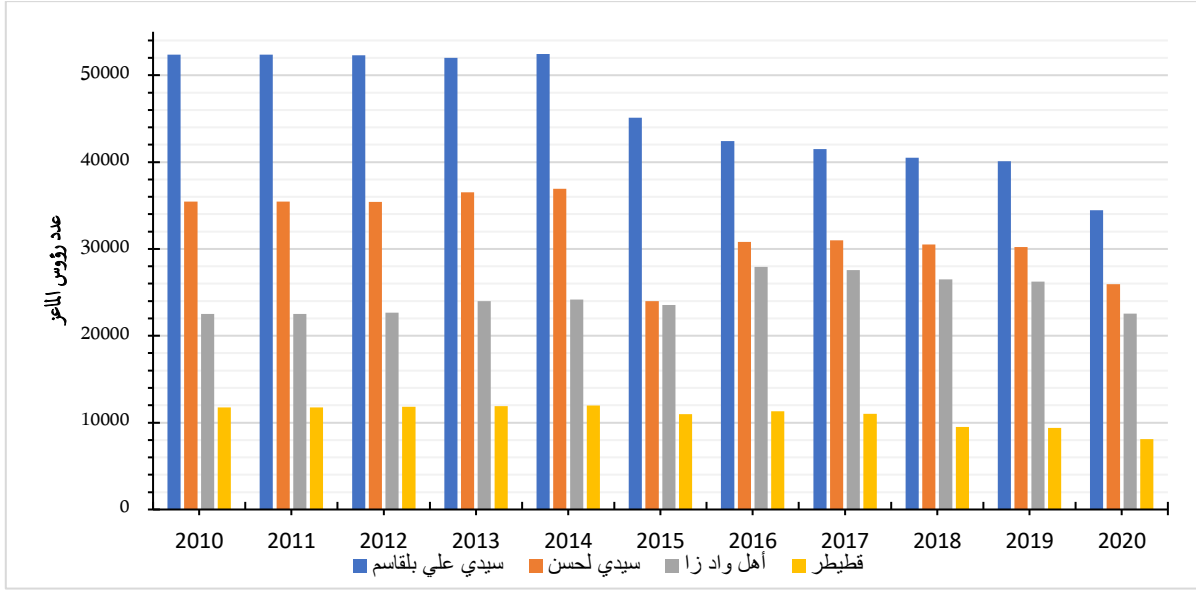
يتبين من خلال هذه الملاحظات الميدانية أن العمل الزراعي بالمجال المدروس له مردودية ضعيفة، ويتم توسيعه على حساب نباتات ذات دور هام في توفير التغذية للقطعان وحماية التربة من التعرية المائية والريحية، ويتبين أيضا أن توسيع الرقعة في الأماكن غير الملائمة لذلك يتسبب في اندلاع عمليات التعرية.

2_3: الضغط على المراعي من خلال تزايد عدد القطعان

يكتسي نشاط تربية الماشية لدى الساكنة مكانة متميزة، إذ قديما كان يعد امتلاك القطيع في 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 ما بين 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 بتاويريرت

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 بتاويريرت، علما أنه يتم تسجيل فقط المواشي التي تم تلقيحها⁴².

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.

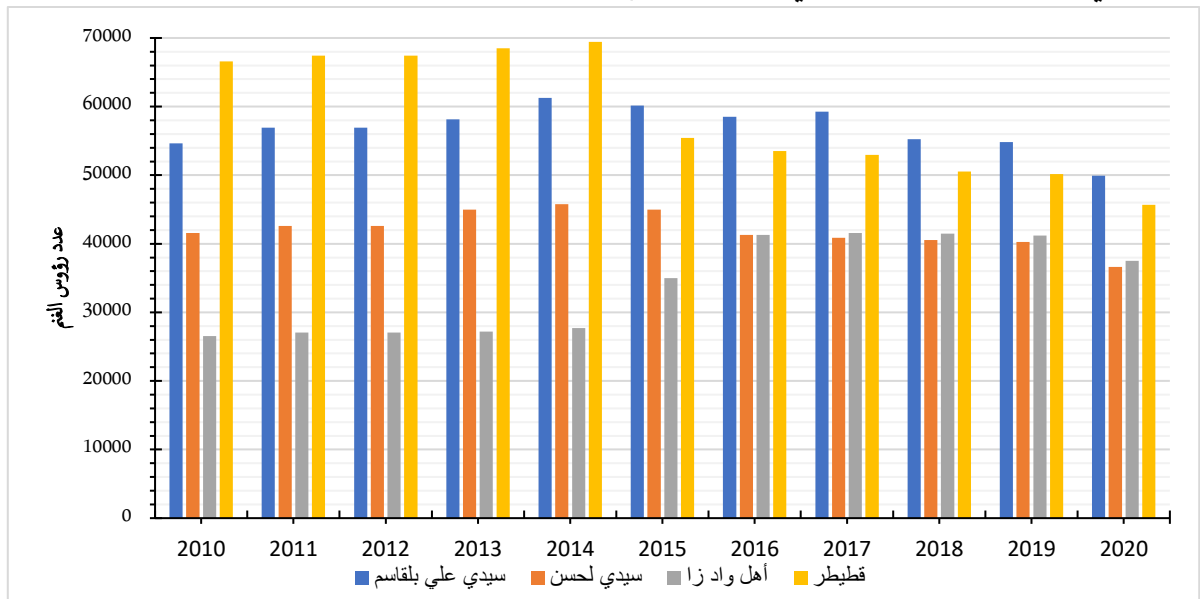
ثم في المرتبة الثالثة نجد من حيث حجم عدد رؤوس الماعز بالمجال، جماعة أهل واد زا التي يتميز كذلك جزء من مجالها بالمراعي الجبلية، وهي بدورها تعرف استقرارا في العدد منذ سنة 2010 إلى سنة 2015 يفوق 20 ألف رأس، وارتفع من سنة 2016 إلى سنة 2019 إلى حوالي 25 ألف رأس لينخفض سنة 2020 إلى نفس عدد 2010 وهذا قد يرجع إلى سبب جائحة كورونا 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 الملحة 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 ليقول 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.



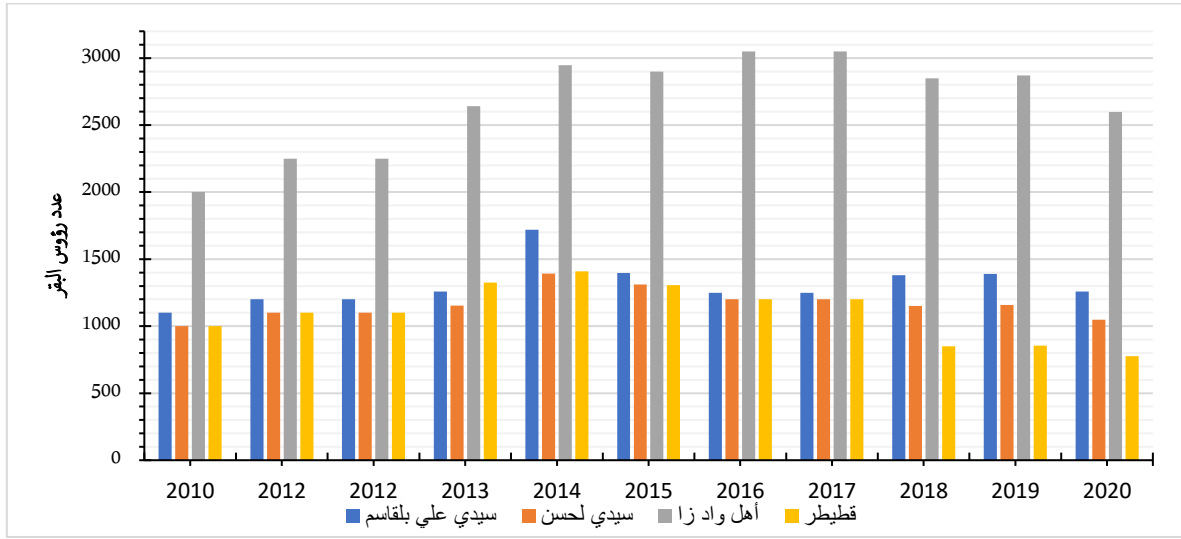
الشكل رقم 147: تطور رؤوس الأغنام بجماعات حوضي اتلاغ والعابد من سنة 2010 إلى سنة 2020.

المصدر: المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية بتاويريرت.

وقد عرفت جماعتي سيدي لحسن وواد زا منذ سنة 2016 تقريبا 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 بتاويريت

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 بتربية 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 تجددتها.

3_1: مشروع التنمية القروية لتاويرت - 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 تاويرت - تافوغالت والمتشابهة مع منطقة المشروع السابق الذكر (مشروع تحسين المراعي وتربية الماشية بالهضاب العليا)، وحيث أن المنطقة (تاويرت - 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 وتاويرت 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 لتاويرت - تافوغالت

الأقاليم	الدوائر	الجماعات القروية
تاويرت	العيون	مشرع حمادي، عين لحجر، تانشرفي ومستكار
	تاويرت	ملق الويدان، أهل واد زا والقططير
	دبدو	سيدي لحسن وسيدي علي بلقاسم
بركان	أكليم	تافوغالت، سيدي بوهريه 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 294 ملم، وتتراوح القيم القصوى والدنيا على التوالي ما بين 491 ملم سنة 1981 و109 ملم سنة 1998. كما تعرف المنطقة هبوب رياح الشرقي الحارة والجافة، مما يحد من إمكانية إدخال زراعات متنوعة. تتميز التربة 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 للاستغلالات الفلاحية وهي: الأراضي البورية الملائمة، والتي تشمل الجماعات القروية بتافوغالت، حيث يبلغ متوسط مساحة الاستغلالية الصالحة للزراعة بها حوالي 7.5 هكتار؛ الأراضي غير الملائمة وتنتمي إلى الجماعات القروية لإقليم تاويرت، لكونها تستقبل في المتوسط 200 ملم، 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، والقططير، وملقى الويدان بإقليم تاويرت، حيث تسود الاستغلالات 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 الشيوخة الظاهرة على العديد من شجيرات القطف الأسترالي.

وقد تم وضع الزراعة على وحدتين جيومورفولوجيتين:

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. تهيئ 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 (القبطير)

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.

2_3: مشروع الإعداد الهيدروفلاحي بسهل تفرطة

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 الهيدرولوجي لـ 1330 هكتار بسهل تَقْرَاطة (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، المشروع 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 الإنجابي" 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 الهيدرولوجي، والدعم والتأطير التقني.
- أشغال الإعداد الخارجي على مساحة 1330 هكتار.
- تحويل المياه من سد واد زا إلى سهل تَقْرَاطة 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 للمشاريع 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 تقاديا للتلوث والملح من جهة، وتوحد السدود التي تتقلص طاقة حقينتها 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 الجزرية. 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 تركز 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 وتقويت فرص نجاح المشاريع المهمة، التي رصدت لها ميزانيات كافية وكبيرة.

خلاصة

أمام تدهور الموارد الطبيعية، تم في هذا الفصل رصد العوامل البشرية المنشطة لدينامية الحالية، ورصد أنماط استغلال الأراضي، ودور مشاريع الدولة في تدبير هذه الموارد، ونتائج ذلك على الأوساط البيئية.

يتميز المجال بقدوم التعمير وتزايد النمو الديموغرافي، وتهيمن به الأنشطة الفلاحية، كما يتضح ارتفاع نسبة الأمية والبطالة، وارتفاع مؤشر ومعدل الفقر، ثم تبيين 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 السيول.

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 النباتية، 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 بنايات 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 بالآليات 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 والمنقطعة ذات هشاشة كبيرة فحسب، وإنما تشمل حتى المجالات المستوية بالسافلة التي تمتاز عادة بتريبات 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 وادي 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 تقادم حدة التدهور، إضافة إلى تعرض المنطقة لفترات جفاف تمتد على بضعة 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، وتهمين 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 السيالان.

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 مقارنة شمولية تأخذ بعين الاعتبار حاجيات ومتطلبات الساكنة.

خاتمة عامة

ظاهرة التعرية الطبيعية، 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 التربة 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 بالتوازنات البيئية. رغم أن الطبيعة دائما تبحث عن استعادة التوازن إلا أن الإنسان دائما ما يقوم بدور الإخلال بهذه التوازنات، وعدم تركها تتضج 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 والعباد 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 الراسي 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 تعرية 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 والعباد يمكن تقسيمهما إلى ثلاثة نطاقات تعرية، 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 كثافته 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 كليا 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 كلم² من مجموع 1406 كلم² 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، و 32.23 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، وكمية 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 و 197 كلم²، و 50 و 147 ألف طن؛ ويعزى هذا إلى عامل الانبساط وعوامل أخرى كطبيعة الاستغلال ونوع التربة... تتحصر كمية التربة المفقودة ما بين 10 و 50 طن/هـ/سنة، في أكثر من 45% من المجال المدروس؛ 43% من مساحة حوض واد اتلاغ و 52% من مساحة حوض العابد، وكمية 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، و 11% من مساحة حوض واد العابد، كما ترتفع قيم الانجراف نسبيا في جنوب حوض

واد العابد (الشمال الغربي لسلسلة جبال جردة)، وبعض التلال المتقطعة في الوسط، وجنوب حوض واد اتلاغ وخصوصا 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 كلم²، 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 13 كلم²؛ 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، و فقط 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 بـ 370 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 والمععم 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 المععم الذي تقابل أغلب مساحته التعرية المحتملة القوية.

كما نستخلص من نموذج PAP/CAR أن مساحات مهمة من الحوضين مهددة بخطر التعرية حيث سجلت نسبة 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 تَقْرَاطة، ثم مظاهر أخرى كالتخديد المععم والمتعمق، والتخديد الأولي حيث سجلت أعلى نسبة 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 التبلييل، 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 غطاءه النباتي الأصلي، وذلك مقارنة مع مشارات الغطاء النباتي والمشارات العارية، كما تساهم المكننة (جرارات، آلات الحصاد...) في اندكالك التربة ورسها، 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 تقفير التربة من هذه المادة التي لها دورها المهم في التلحيم والربط والشبك لهذه العناصر حتى لا تتفصل 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 غربة التربة لأن التعرية تأخذ على مستوى الحقول ما هو 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 تفرطة، وتتعرض لتعرية غشائية تفقد كل المواد الدقيقة وتبقى فيها فقط العناصر الخشنة أي قدرتها على إيدار الماء ضعيفة، ولا يحدث تترب أو خصوبة التربة لأن كل ما هو 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 السيول (يمكن أن تعطي فيضانا)، يعني من خلال هذه المشارات، يمكن تحديد بدقة ماهي المناطق التي تسرع السيول وتنفذ التربة، وهي التي يجب الانتباه إليها وتغيير 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 توحد مياه الجريان، وتغيرات مقادير هذا التوحد، ثم التدهور النوعي للأراضي من خلال هذه التجربة، وكذا تفاوت حجم النفاذية والسيول 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 تنتشر 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/ه/سنة، وأن بعض روافده تصل سرعة التسحل بها 4.83 م/سنة وبأعماق مختلفة تصل إلى 3م؛ ويفقد موقع سهب الفيضة 2041 طن/ه/سنة، وسرعة التسحل تصل إلى 7.42 م/سنة، بعمق يصل إلى 5 م؛ ثم موقع سهب الغزال الذي يفقد 1361 طن/ه/سنة، وبسرعة 2 م/سنة، لكن بعمق يصل إلى 6م.

متوسط الإقتلاع بهذه المواقع الثلاثة هو 1349 طن/ه/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/ه/سنة، وبمتوسط سمك 3.38 ملم/سنة، وأعلى قيمة سجلت بالمشاركة رقم 8 قرب حامة سيدي شافي بـ 464.83 طن/ه/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/ه/سنة بالنسبة لحوض اتلاغ، والفئة القوية جدا والأكثر اقتلاعا (أكثر من 100 طن/ه/سنة) تقدر بهذا الحوض ب 169.15 طن/ه/سنة. وبحوض العابد تعرف التربة المفقودة متوسطا يقدر ب 32.23 طن/ه/سنة، وبالنسبة للفئة القوية جدا (أكثر من 100 طن/ه/سنة) يبلغ متوسطها بهذا الحوض 165.38 طن/ه/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 لا بد 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 بنايات 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 بتربة 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 تقادم 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 السيول.

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، وانطلاقاً 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 واعياً بمدى هشاشتها. الطبيعية تخلق هذه التوازنات، لكن الإنسان هو الذي يأتي للنقض والإخلال بهذه التوازنات البيئية.

الببليوغرافيا

لائحة المراجع باللغة العربية

- ابن أبي زرع على الفاسي (1973)، الأنييس 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.
- أبهور محمد (2009)، إسهام في التقييم الكمي للتربة 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 وقرطام ميمون (2018)، أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاويرت) 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 البيئية للتصحّر بالجهة الشرقية. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرولوجية والجيومورفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهبئة. 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 تاويرت 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 ويونار صافية (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 المنضب (NDVI) ما بين سنة 2000-2017. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرولوجية والجيومورفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهبئة. 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.

الراى هاجر (2020)، تعرىة الضفاف بالواىء الحى وانعكاساتها على ءوئل السءوء (المغرب الشرقى). بءء لنلل شهادة الماسءر، كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة - وءة.

رءو مءمء (1999)، التعرىة فى مقءمة الرىف الأوسء: المنطقة البىنهرىة اللبىن-سبو-ورغة اسءمرار للءطور الطبقىى، منءوء مجءمعى. أطروءة لنلل ءكءوراه ءولة فى الجغرافىا، كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة - الرباط.

زروق حكىم وءواس عبء الإله وبوچى بلال ومواءللى عمر وعءوانى مءمء (2019)، كرطوغرافىة الهشاشة ببعض جماعاء السائل المءوسطى الشرقى للمغرب، مقارىة سوسىو اقءصاءىة وطبقىة. أعمال الندوة ءولىة ءول: المءاطر الطبقىة وءهىئةءءراب. وءة، 9-10 نونبر 2018. منءوراء ءامعة مءمء الأول، وءة. <http://www.ump.ma/>، ص 89-94.

ءاكر ملىوء (1998)، كءلة بوءوالى وسهل العىون (المغرب الشرقى)، ءىنامىة ءالىة لسطء ببىن الهشاشة الطبقىة والضغط البشرى، أى آفاق وأى اسءرائجىاء. بءء لنلل ءكءوراه ءولة فى الجغرافىا، كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة مءمء ءامس - الرباط.

ءاكر ملىوء (2010)، المغرب السمالى الشرقى، ءىنامىة الموارء الطبقىة، وءورةءءصر - كءلة بوءوالى وهوامشها السهوبىة نموءءا، منءوراء كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة مءمء ءامس بالرباط، سلسلة رقم 60.

شعوان ءمال (2015)، ءوظلف الاسءءعار عن بعء ونظم المءلومااء الجغرافىة فى ءراسةءءعرىة المائىة بالرىف الأوسط، ءوض أمزاز نموءءا. بءء لنلل شهادة ءكءوراه فى الجغرافىا. كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة سىءى مءمء بن عبء الله - فاس.

صباحى مءمء (2012)، ءبائى الصءارى والطبوغرافى بالمغرب وءأءىرهما على النفاءىة والءربان السطحمائى. منءوراء الكلىة، عءء 2012/17 ءطوان.

عبء السمىع بوسف (2015)، المءال الرعوى بممر العىون-ءاورىرء إمكائاء رعوىة مءوءة واسءءلال مكءف للموارء الرعوىة. بءء لنلل شهادة الماسءر فى الجغرافىا، كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة سىءى مءمء بن عبء الله، ساىس-فاس.

عبء الله كمال سارة (2020)، النظم القانونى للاءءءام المءنى للءائراء بءون طىار. بءء لنلل شهادة الماسءر فى القانون ءالص، كلىة القانون، ءامعة قطر.

عءمانى مصطفى (2015) ءىنامىة ءالىة لسطء ومظاهر ءءهور بسهل ءقراطة وهوامشه. بءء لنلل شهادة ءكءوراه، شعبه الجغرافىا، كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة مءمء ءامس، الرباط.

عقىلى رهام إىاء (2013)، ءءوئىق المءمارى والأءرى باسءءام النمءءة ءلاءىة الأبعاء. بءء لنلل شهادة الماسءر فى الهندسة المءمارىة، كلىة الهندسة المءمارىة، قسم ءأهىل المءن الإسلامىة، ءامعة ءلب، سورىا.

غزال مءمء (1996)، ءعءء أنشءة الأسر القروىة وءءولاء الآءماعىة المءالىة بممر ءاورىرء وءة وسهل ءرىفة (السالم الشرقى للمغرب). بءء لنلل ءبلوم ءراساءء العلىا فى الجغرافىة. كلىة الآءاب والعلوم الإنسانىة، ءامعة سىءى مءمء بن عبء 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. ط3. 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 تاويرت، 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.
- مواديلي عمر (2017)، أساليب وأشكال التعرية المائية بحوض واد العابد (منطقة تاويرت). بحث لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة محمد الأول، وجدة.
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر (2020)، أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تدهور التربة بحوض واد العابد (منطقة تاويرت) 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.
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر والحافظ إدريس والسعيدي عبد الواحد وعثماني مصطفى وبوعبدالله مصطفى (2019)، تقييم خطر التعرية المائية باستعمال المقلد المطري RAMP: دراسة للسلوك الهيدرولوجي وأنماط الاستغلال، حالة ممر تاويرت - 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.
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر والحرادجي عبد الرحمان والحافظ إدريس (2019)، خطر التعرية المائية بين هشاشة التوازنات البيئية والاستغلال البشري؛ حالة حوض واد العابد. أعمال الندوة الوطنية حول المخاطر الهيدرولوجية والجيومرفولوجية بشمال شرق المغرب: الحوادث والهشاشة والتهيئة. وجدة، 26 دجنبر 2017. منشورات جامعة محمد الأول، وجدة. <http://www.ump.ma/>، ص 65-76.
- مواديلي عمر واسباعي عبد القادر وحواس عبد الإله (2018)، إشكالية تدهور الغطاء النباتي، وتحديات التنمية بممر تاويرت - 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).

- مواديلي 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، سلسلة 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 ووظفة عبد الرحيم (2002)، التعرية المائية وأثرها في تدهور التربة، تحليل المظاهر ومناهج القياس. مجلة أبحاث، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية. العدد العاشر. المحمدية.
- وحد حسن (2004)، منطقة عالية الحوض الأعلى لواد أم الربيع: (الأطلس المتوسط الأوسط)، الحركية الطبيعية وإشكالية التنمية المستدامة. بحث لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا. كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة محمد الخامس - الرباط.
- الوزان الحسن (1980)، وصف إفريقي، ترجمة محمد الأخضر محمد حجي، الرباط، منشورات الجمعية المغربية للتأليف والترجمة والنشر، الجزء 2.

لائحة المراجع باللغة الأجنبية

- Abid, M. E. (2014). Drones, UAVs, and RPAs. (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute.)
- Acherkoug, 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 Boufrach (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 3^{ème} 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). RNSDI: 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 3^{ème} 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). 12^{ème} 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 Upsala, 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'érosion 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-Díaz, 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 minéraux 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'évaluation 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 télédétection 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'irrigation d'environ 1 000 Ha dans la plaine de Tafрата, 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'évaluation 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 à 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 ¹³⁷Cs 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'Information Géographique et de la télédétection 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 Préfif 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 prérfifaines and Guercif basin) (Doctoral dissertation, Rice University).

المواقع الإلكترونية الرئيسية

- 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 الاسكا الفضائية
 - Alaska <https://www.asf.alaska.edu>
- الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية، والخرائطية.
 - 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
 - Google 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؛ تاويرت، فريطيسة، جبل زنكل، لعقرب، سيدي لحسن، دبدو، حسيان الدياب، العوام.
1/100000؛ تاويرت، جرسيف، دبدو، حسيان الدياب.
- الخرائط الجيولوجية: 1/100000؛ تاويرت، دبدو، حسيان الدياب. 1/500000؛ وجدة. 1/1000000؛ المغرب.
خرائط المحافظة العقارية: 1/20000 تغطية إقليم تاويرت.
- 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 و 60 و 90 متر، للفترة مابين (1976-2021).
 - مرئيات (ESA) European Space Agency (MSI) Sentinel-2 MultiSpectral Instrument، بدقة تمييزية 10 متر، (2020).
 - النموذج الرقمي للارتفاعات MNT، (ASTER GDEM Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)، (Digital Elevation Model Global). بدقة تمييزية 30 متر، (2005).
 - النموذج الرقمي للارتفاعات MNT، (Alaska Satellite Facility (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 (DJI - Phantom Pro - Drone)، والمساح 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 تاويرت.
- المديرية الإقليمية للفلاحة بتاويرت.
- المديرية الإقليمية للمياه والغابات بتاويرت.
- المديرية الجهوية للفلاحة بوجدة.
- المديرية الجهوية للمياه والغابات بوجدة.
- المعهد الوطني للأبحاث الزراعية بوجدة.
- المكتب الجهوي للإستثمار الفلاحي ببران، وفرعه بتاويرت.
- مكتب الدراسات والأعمال الطبوغرافية "TOPORAMA"، بوجدة.
- المكتب الوطني للسلامة الصحية للمنتجات الغذائية-فرع تاويرت.
- المندوبية السامية للتخطيط بوجدة.
- وكالة الحوض المائي لملوية بوجدة.
- الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية والمسح العقاري والخرائطية بتاويرت.

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 2018-2001-1986..... 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 ل (MANRIQUE, 1988)..... 113
- الجدول رقم 15: قيمة مؤشر (K) حسب نسبة المادة العضوية ونسيج التربة ل (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: تفيي الانحدارات حسب نموذج PAP/CAR..... 133
- الجدول رقم 21: تصنيف مقاومة التربة والصخرة للتعرية حسب نموذج PAP/CAR..... 135
- الجدول رقم 22: قيم معامل قابلية الأراضي للتعرية حسب فئات الانحدار ونوع التربة والصخرة..... 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 السيلا..... 172
- الجدول رقم 31: تطور التسرب والسيلا، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات الأقل من 3 لتر من حجم السيلا..... 175
- الجدول رقم 32: تطور التسرب والسيلا، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات ما بين 3-6 لتر من حجم السيلا..... 178
- الجدول رقم 33: تطور التسرب والسيلا، وعمق وسمك التربة المبللة للمشارات أكثر من 6 لتر من حجم السيلا..... 182
- الجدول رقم 34: تغيرات مقادير التوحد حسب المشارات التجريبية..... 188
- الجدول رقم 35: فقدان التربة بالمشارات التجريبية (غ.م²)..... 194
- الجدول رقم 36: النتائج الكاملة للمشارات التجريبية (20 متغرة)..... 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 السيلا (المدة بالدقيقة)، وعلاقة ارتباطه بالمتغيرات الأخرى..... 201

- الجدول رقم 40: سمك التربة المبللة (بالسم) بعد العملية ومعامل ارتباطها بالمتغيرات الأخرى..... 202
- الجدول رقم 41: نسبة التربة الأقل من 2 ملمتر ونسبة ارتباطها بالعوامل الأخرى..... 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 للمهمة، 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 الظليلية والشمسية تبعا لزاوية تعريضها 271
- الجدول رقم 52: ترابط أشكال التعرية بتوجيه السفوح 274
- الجدول رقم 53: الخصائص التحليلية للمسكات CHARACTERISTIQUES 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 تاويرت 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 (THOMPSON, 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 2014-2004..... 335
- الجدول رقم 63: المناطق التي شملها مشروع التنمية القروية لتاويرت - 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 بتفراطة 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 تاويرت (ما بين سنة 1971 و2014)..... 58
- الشكل رقم 7: خطأ المنهجية المتبعة لاستخراج المؤشر التركيبي لتدهور التربة..... 61
- الشكل رقم 8: مجموعات تبيين 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 تبيين 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 تبيين 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 تبيين 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 أكتوبر 1986، 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 ما بين 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 ومشاركة 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 (1) 168
- الشكل رقم 65: حجم التسرب خلال مدة الرش وظهور القطرة الأولى - بداية السيلان بمشارة مساحتها 0.5م² 171
- الشكل رقم 66: حجم السيلان خلال مدة التبلييل 173
- الشكل رقم 67: حجم التسرب خلال مدة التبلييل 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 التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الأولى 190
- الشكل رقم 75: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثانية 191
- الشكل رقم 76: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة 191
- الشكل رقم 77: تغيرات مقادير التوحد حسب نوع استعمال التربة والزمن؛ الفئة الثالثة 192

- الشكل رقم 78: مقياس لوغاريتمي لمتوسط التوحد، 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 بالمشاركات التجريبية.....195
- الشكل رقم 81: تطور النفاذية بالمشاركات 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 للمشاركات 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 للسطح 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، ما بين 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 ما بين 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 والعابد.....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 تفرطة.....277
- الشكل رقم 118: مقطع جيولوجي من شرق الجنوب-الشرقي إلى غرب الشمال-الغربي بسهل تفرطة.....277

- الشكل رقم 119: مقطع جيولوجي من الكدية الزرقة 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 شافي285
- الشكل رقم 122: مقطع جيومورفولوجي - عرضي بسافة 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 ما بين 1981-1980 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 تاويرت) 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 تاويرت.....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 الاستثمارات بدواوير 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 بدواوير 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 تفرطة، تحجير بسبب التعرية الغشائية المائية والريحية.37
- الصورة رقم 2: حالة لمظهر القشرة المطرية التي ينشط بها السيلان الغشائي، بسافة 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 بصفاف الأودية.42
- الصورة رقم 8: مسيلات صغيرة غير واضحة تغذي التخديد في سافة حوض اتلاغ.43
- الصورة رقم 9: تخديد تراجمي؛ بعمق إلى الداخل، تعرية رأسية وعميقة، بسافة 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 قيطر 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، بسافة 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 التوحد السريع للسدود.51
- الصورة رقم 19: انهيار كتل كبيرة ومهمة بفعل التعرية الباطنية الجوفية، وجسور معلقة شاهدة قريبة من الانهيار.52
- الصورة رقم 20: انهيار أجزاء صخرية من العالية نحو الأسفل بتل لزرق، قرب حامة لقطيطر.52
- الصورة رقم 21: تدرج الصخور تبعا للانحدار، قرب حامة لقطيطر.53
- الصورة رقم 22: تشقق وانهايار 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 تفرطة.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 شبيست - عارية.169
- الصورة رقم 38: المشارة 34 و36 ذات غطاء نباتي طبيعي؛ حلفاء وإكليل الجبل.169

- 170..... الصورة رقم 39: المشاركة 18 ذات بقايا النبات؛ أوراق الصنوبر. والمشاركة 1، حصوية فوق قشرة كلسية
- 170..... الصورة رقم 40: المشارتان 5 و6؛ حرث متقاطع أو موازي مع الانحدارات
- 219..... 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.....
- 224..... الصورة رقم 43: الماسح الأرضي الليزري من نوع LEICA SCAN P40، ومكوناته
- 225..... الصورة رقم 44: واجهة شاشة الماسح الليزري P40، (الإعدادات والمسح).....
- 234..... الصورة رقم 45: إعداد جهاز DJI PHANTOM 4 PRO لطيران.....
- 235..... الصورة رقم 46: نقط مرجعية لرصدها بالطائرة بدون طيار بحوضي اتلاغ والعباد.....
- 236..... الصورة رقم 47: واجهة برمجية التحكم عن بعد، وخيارات الطيران.....
- 237..... الصورة رقم 48: واجهة برمجية التحكم عن بعد، إعداد خطة الطيران
- 238..... الصورة رقم 49: بدء عملية التصوير الجوي بمنطقة سهب الفيضة.....
- 251..... الصورة رقم 50: عمق الأجراف الترايبية بالأساحل قد يصل إلى 3م، رافد واد القطارة.....
- 284..... 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 تهئي المجال بعملية الحرث. سافلة واد اتلاغ.....
- 286..... الصورة رقم 53: المستوى التانسفتي بسافلة واد اتلاغ، تعلوه ظلفاء صلبة.....
- 286..... الصورة رقم 54: مستوى التانسفتي بعالية واد اتلاغ – فم الواد.....
- 287..... 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.....
- 288..... الصورة رقم 57: مستويات الرباعي الحديث على أساس صخري صلصالي، قرب حامة سيدي شافي.....
- 290..... الصورة رقم 58: مستويات التكوينات الحديثة فوق الأساس الصخري بسافلة وادي اتلاغ.....
- 290..... الصورة رقم 59: تكوينات حديثة هشة تعرف تراجعاً بفعل تقويض الضفاف ونجوخها، سافلة واد اتلاغ.....
- 298..... الصورة رقم 60: التربة الكلسمغنيزية بسهل تَفراطة.....
- 299..... الصورة رقم 61: التربة الكلسية الشرسائية، بسهل تَفراطة.....
- 301..... الصورة رقم 62: التربة السدبالية بسهل تَفراطة.....
- 302..... الصورة رقم 63: تربة ضعيفة التطور بسهل تَفراطة.....
- 303..... الصورة رقم 64: عملية التحجير نتيجة التعرية الغشائية، بسافلة حوض اتلاغ.....
- 337..... الصورة رقم 65: شجرة الزيتون شاهدة على تراجع التعرية، وتدخل الإنسان غير المعقلن.....
- 338..... الصورة رقم 66: وصول التعرية المائية إلى شجر الزيتون حديث الغرس، وضياح معدات الري بالتنقيط.....
- 338..... الصورة رقم 67: تدخل بوضع حواجز ترابية لمنع التعرية التراجعية بسهب الفيضة.....
- 343..... الصورة رقم 68: توسيع الرقع الزراعية على حساب المراعي والغابة، بجماعة سيدي لحسن.....
- 344..... الصورة رقم 69: توسيع المجال الزراعي وتهيئته باقتلاع الحجارة مما قد يساهم في نشاط التعرية.....

الملحق رقم 1: بطاقة المعلومات للمشاركة 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				
	Galleries				
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)
	1 ^{er} Goutte	

Temps (min)	(cm)	V. Infiltré
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
20		
25		
30		

Autres observations :

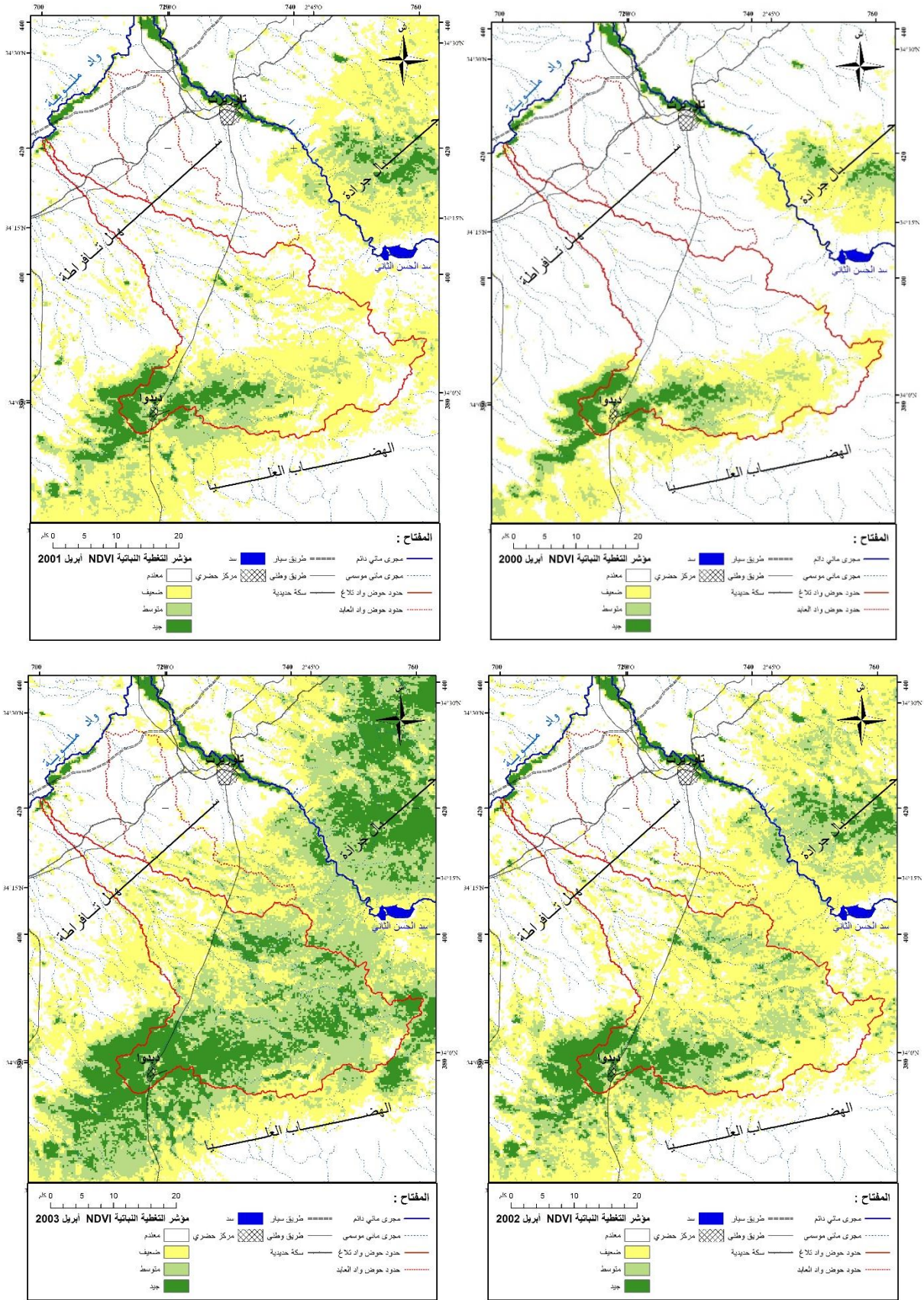
.....

.....

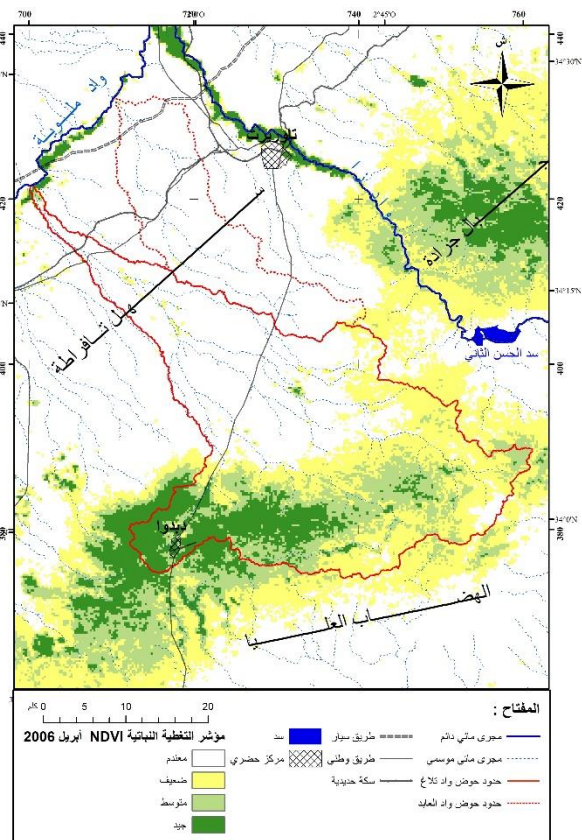
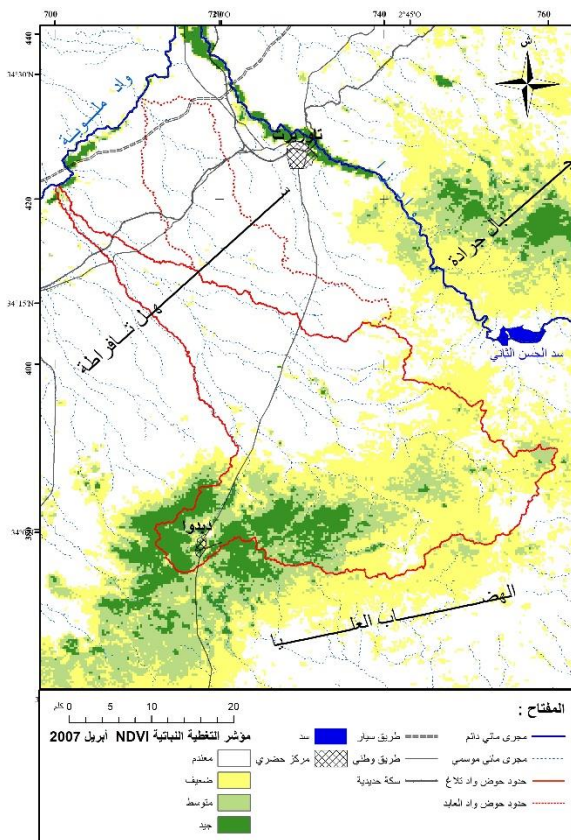
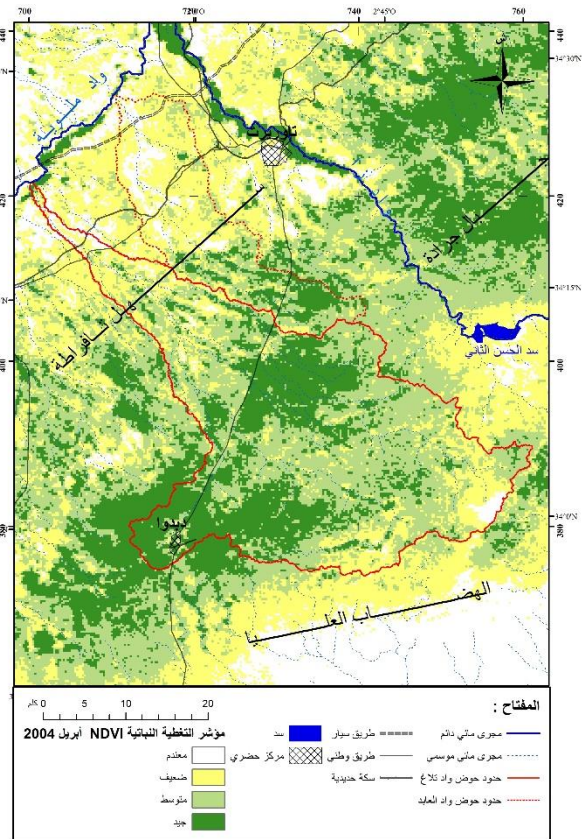
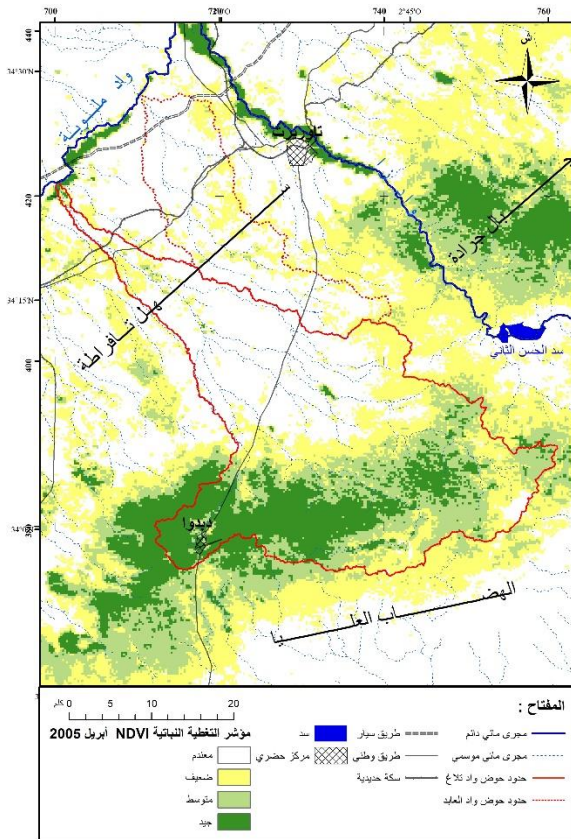
.....

.....

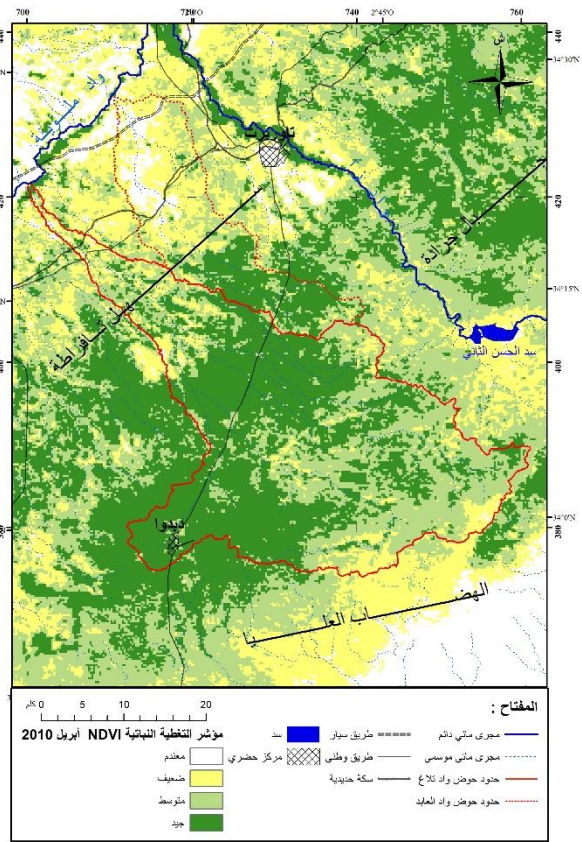
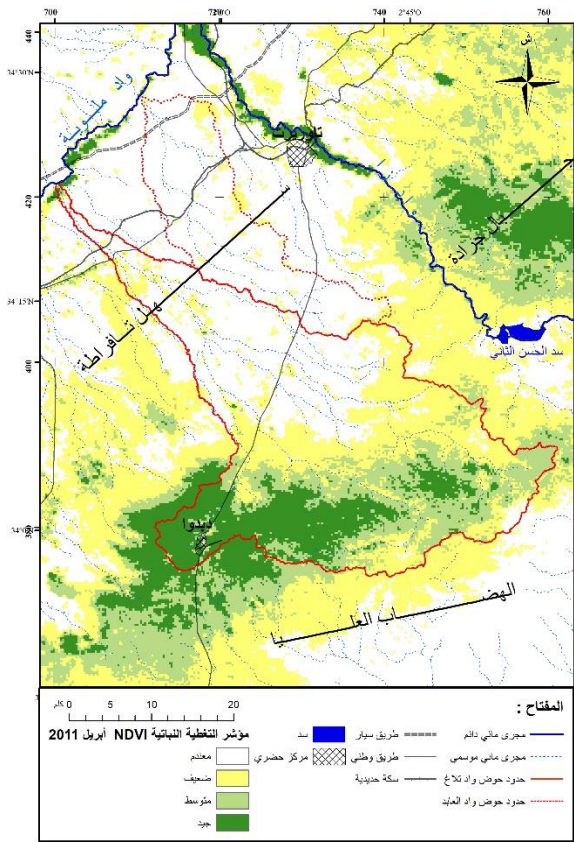
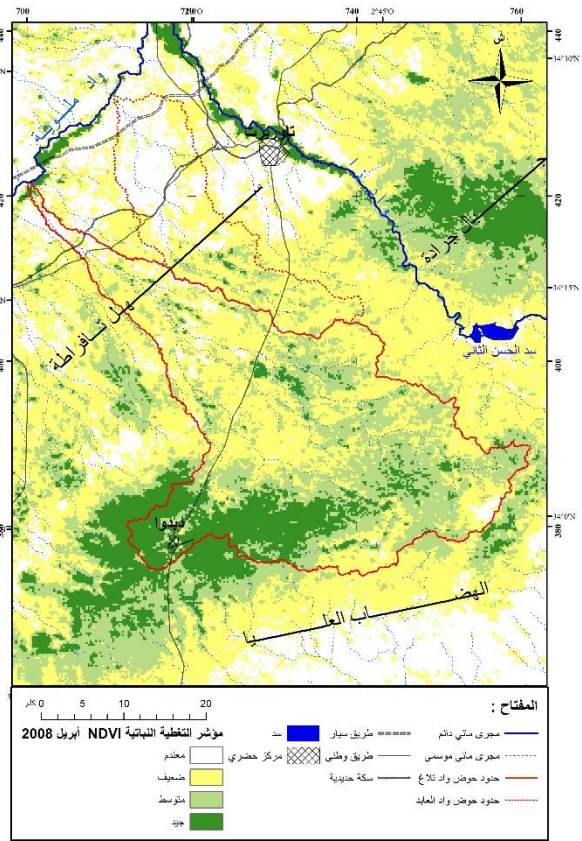
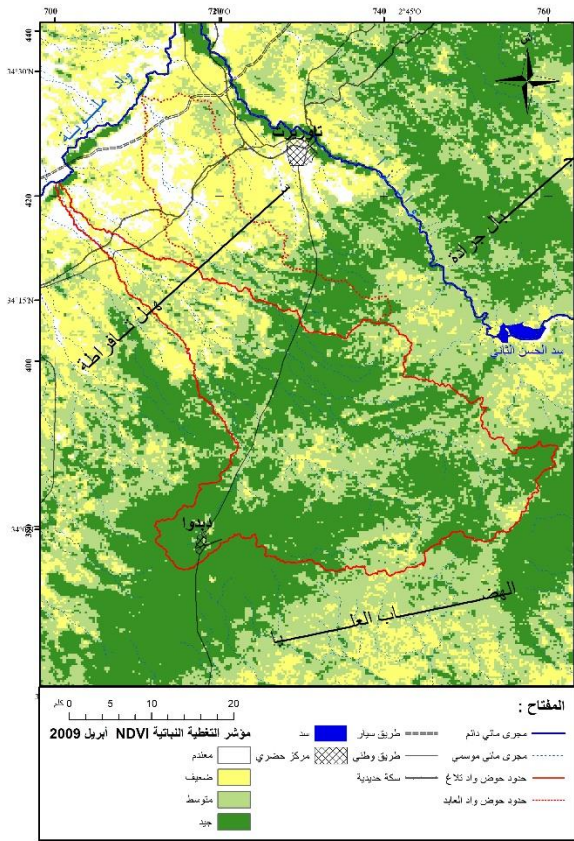
الملحق رقم 2: مؤشر التغطية النباتية للفترة ما بين سنة 2000 وسنة 2020.



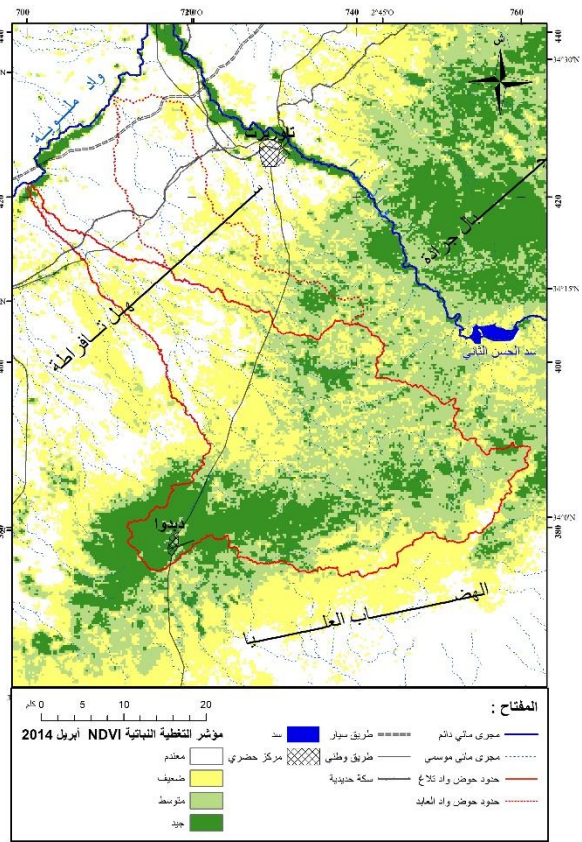
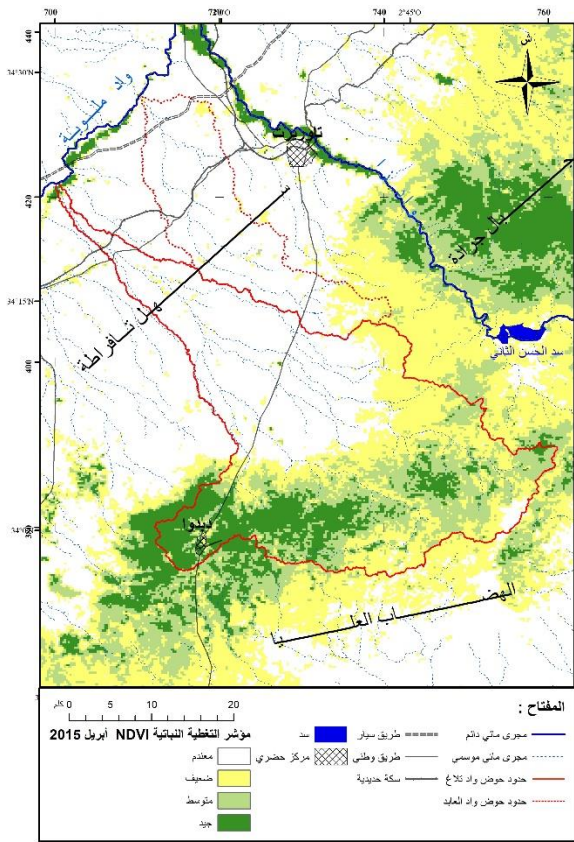
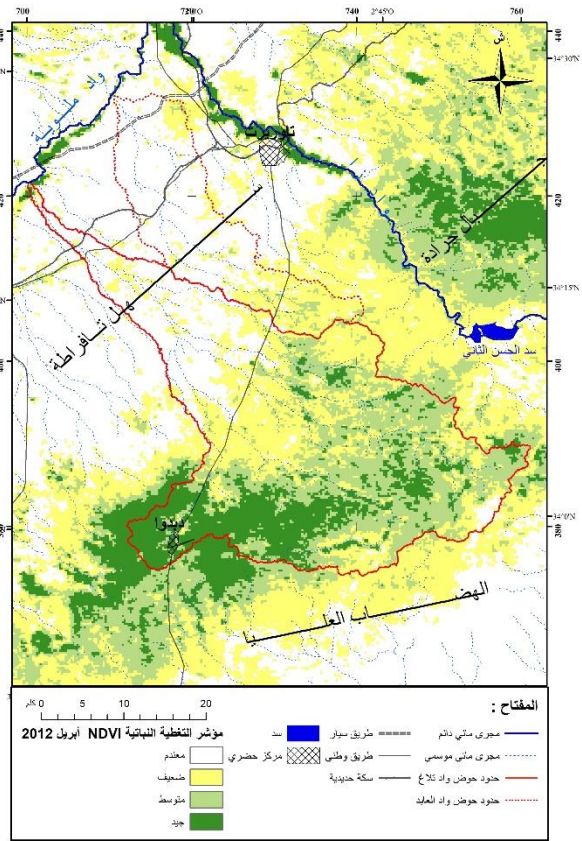
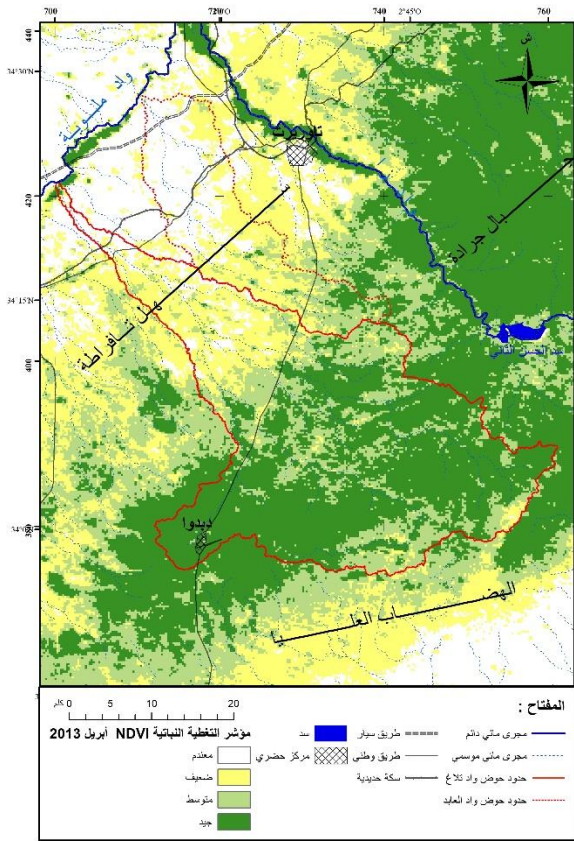
التربة المائية والعينامية البيئية في حوضي وادي اقلانغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



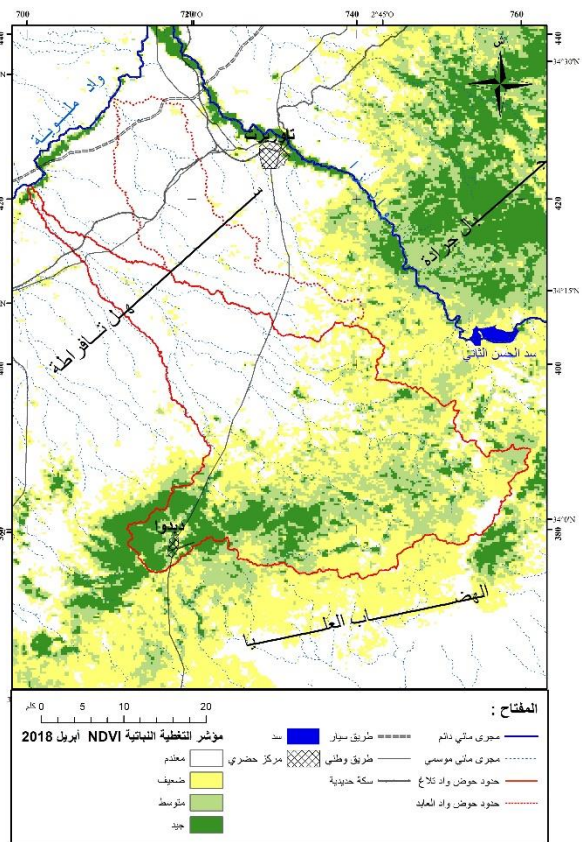
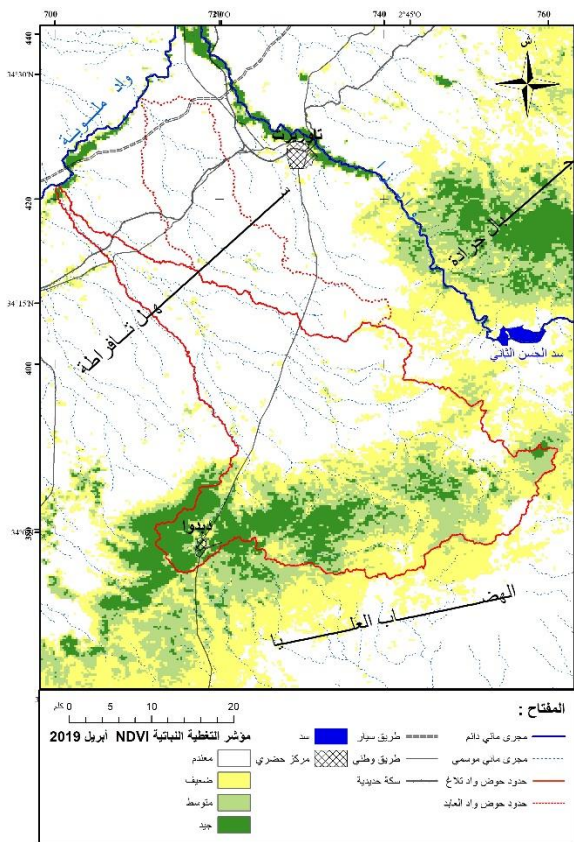
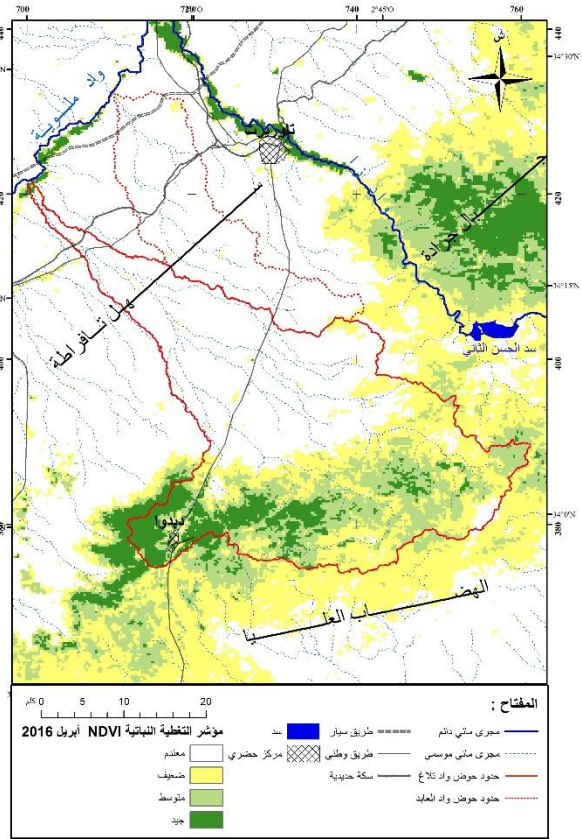
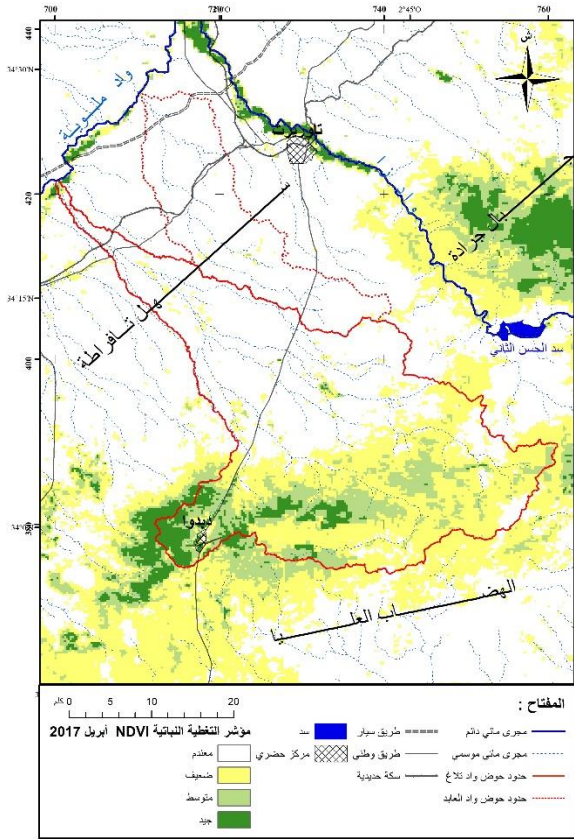
التربة المائية والعينامية البيئية في حوضي وادي اقلانغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



التربة المائية والعينامية البيئية في حوضي وادي اقلانغ وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



التربة المائية والعينامية البيئية في حوض وادي اقلانج وولدي العابد (تاويرت، المغرب الشرقي): مقاربات جيوماتية



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

⁴³ المصدر: الموقع الرسمي لاندسات

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

⁴⁴ المصدر: الموقع الرسمي موديس

⁴³ <http://landsat.gsfc.nasa.gov>

⁴⁴ https://lpdaac.usgs.gov/documents/103/MOD13_User_Guide_V6.pdf - صفحة 9

خصائص مرئيات القمر الاصطناعي سانتيل (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 2- ذات تربة عارية (بوار)



المشارة 1- عارية حصوية فوق قشرة كلسية



المشارة 4- غطاء نباتي *Artemisia herba-alba*



المشارة 3- غطاء نباتي *Anabasis Aphyllum*



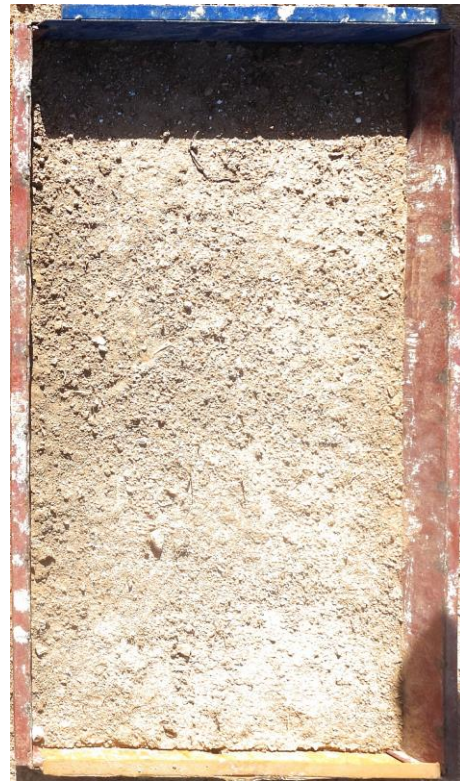
المشاركة 6- حرث موازي للانحدارات



المشاركة 5- حرث متقاطع مع الانحدارات



المشاركة 8- مستريحة بانحدار 20 درجة



المشاركة 7- مستريحة بانحدار 5 درجة

المصدر: عمل ميداني (المشاركة 1-8) بتاريخ 17 شتنبر 2017



المشاركة 10- حرث عكس الانحدار



المشاركة 9- حرث عكس مع الانحدار



المشاركة 12- بوار - مستريحة



المشاركة 11- غطاء نباتي



المشارة 14- غطاء نباتي



المشارة 13- حصوية



المشارة 16- مستريحة - بوار



المشارة 15- مستريحة - بوار

المصدر: عمل ميداني (المشارة 9-16) بتاريخ 14 أكتوبر 2018



المشارة رقم 18- أوراق الصنوبر



المشارة رقم 17- ابر الصنوبر



المشارة 20- تربة عارية



المشارة 19- عارية + بقايا نبات



المشارة 22- حصوية



المشارة 21- غطاء نباتي (الدرو)



المشارة 24- غطاء نباتي-شوكي

المصدر: عمل ميداني (المشارة 17-24) بتاريخ 29 شتنبر 2019



المشارة 23- غطاء نباتي - الزيتون البري



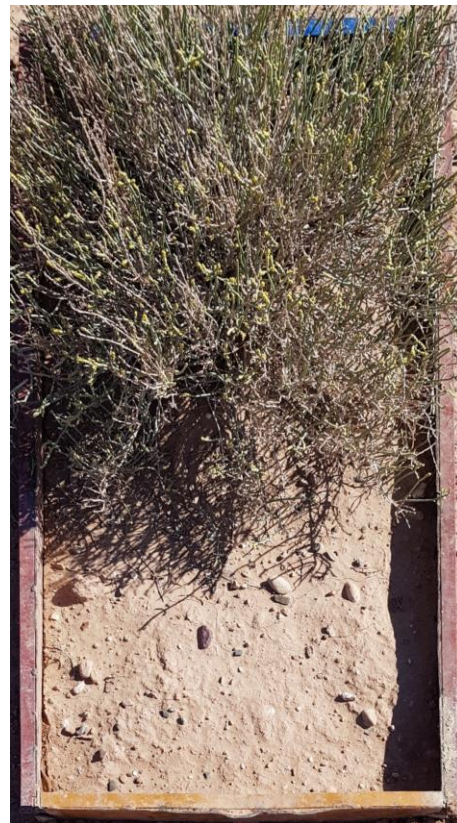
المشارة 27- مستريحة



المشارة 25-26- صلصال انحدار >30°



المشارة 29- محروثة



المشارة 28- غطاء نباتي

المصدر: عمل ميداني (المشارة 25-29) بتاريخ 6 أكتوبر 2019



المشاركة رقم 31- أوراق الصنوبر



المشاركة رقم 30- ابر الصنوبر



المشاركة 33- تربة عارية



المشاركة 32- عارية + بقايا نبات



المشاركة رقم 35- أوراق الصنوبر



المشاركة رقم 34- ابر الصنوبر



المشاركة 37- تربة عارية



المشاركة 36- عارية + بقايا نبات

المصدر: عمل ميداني (المشاركة 30-37) بتاريخ 8 نونبر 2020

الملحق رقم 5: رخصة الطيران بالطائرة المسيرة Drone UAV.

ROYAUME DU MAROC
MINISTÈRE DE L'INTERIEUR
PROVINCE DE TAOURIRT
DAI

Arrêté Gubernatorial
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°2.161.61 du 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 du 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.



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

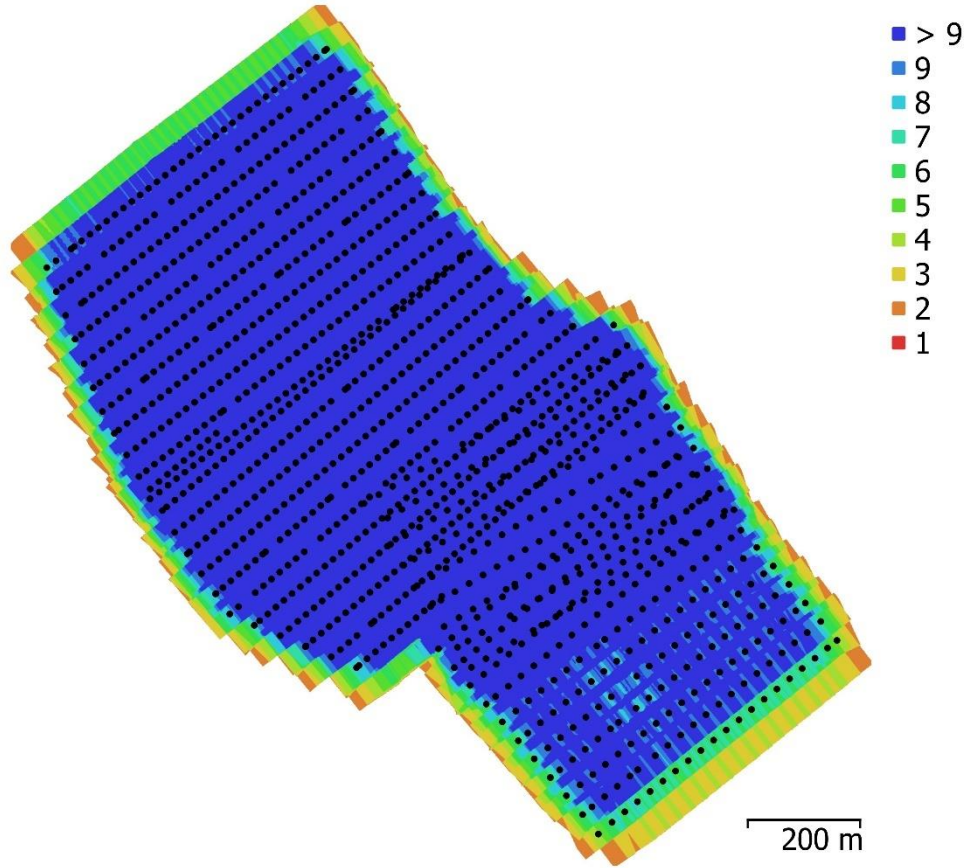


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

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 km ²	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

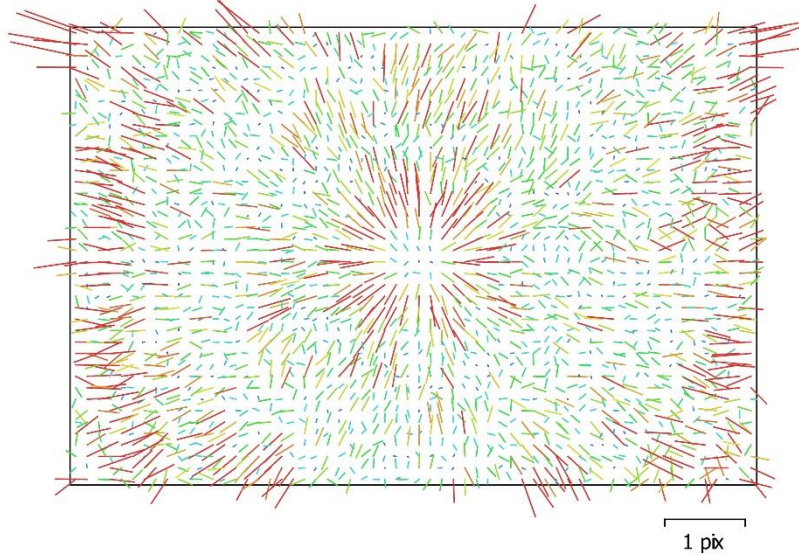


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

1221 images

Type **Frame** Resolution **5472 x 3648** Focal Length **8.8 mm** Pixel Size **2.41 x 2.41 μ m**

	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

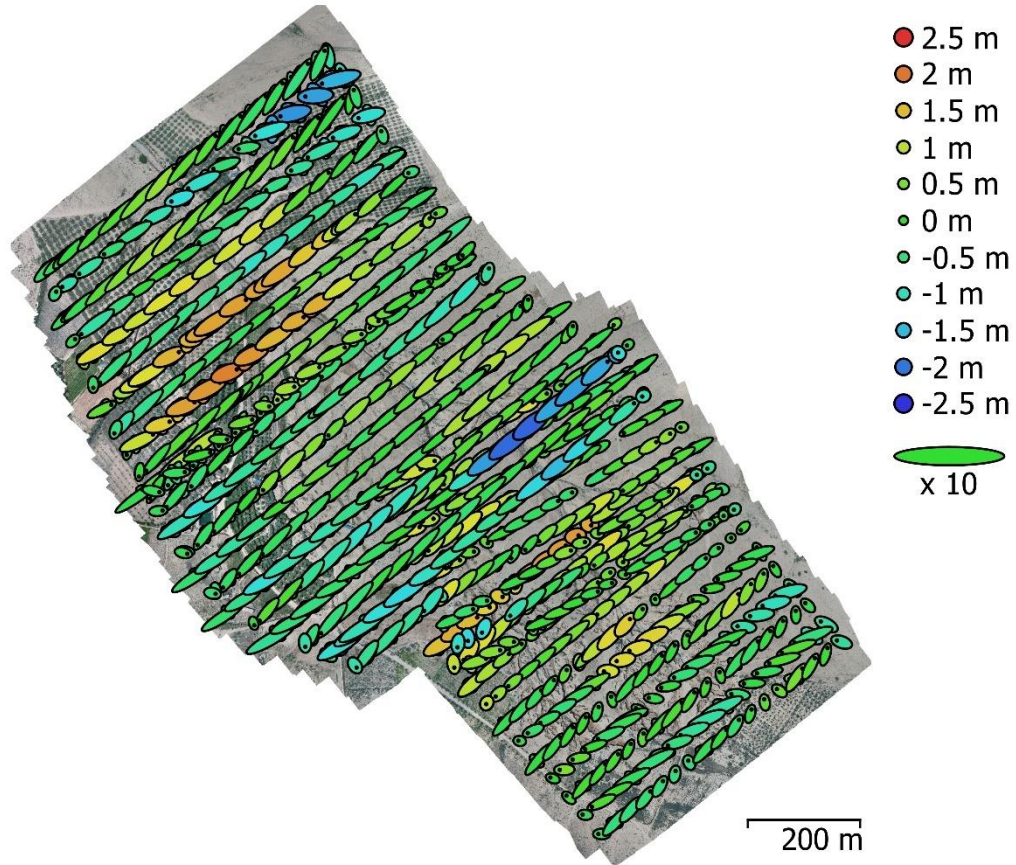


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

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

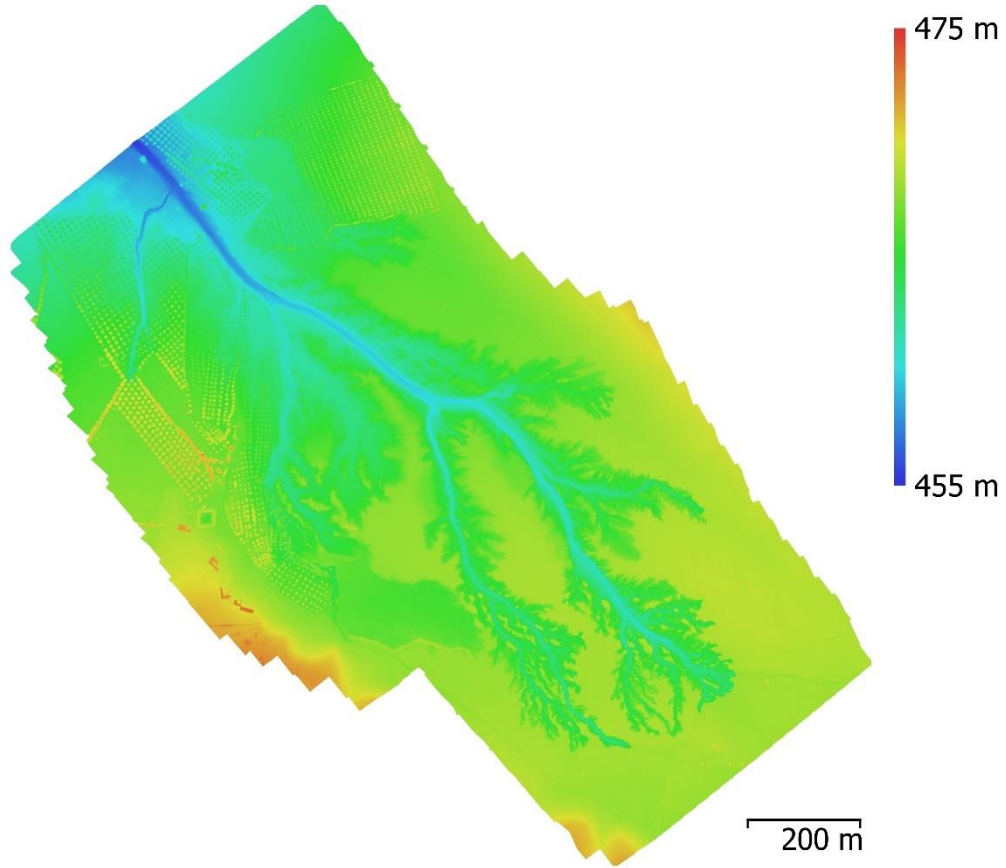


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

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

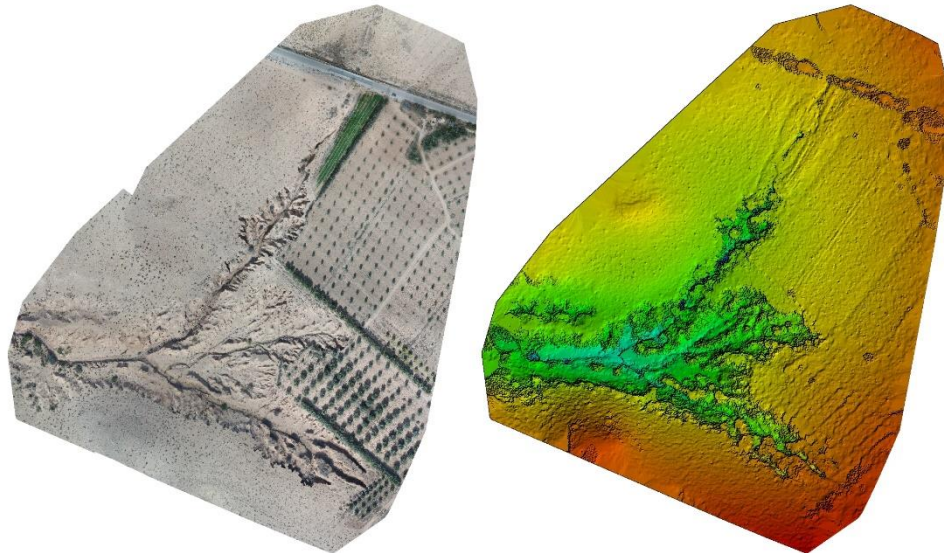


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	77 out of 77
Number of Geolocated Images	77 out of 77

Initial Image Positions

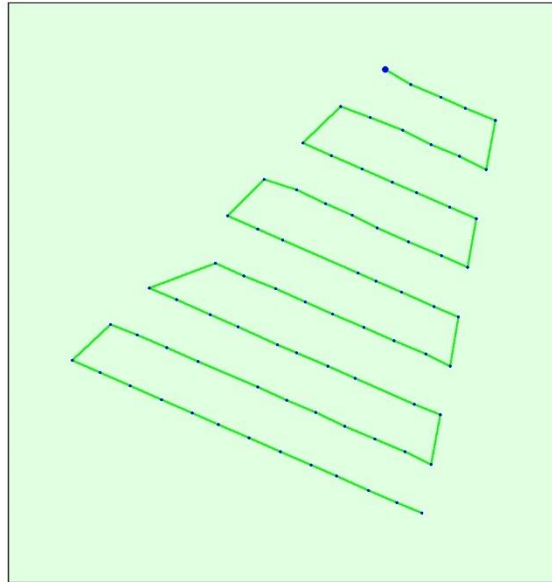
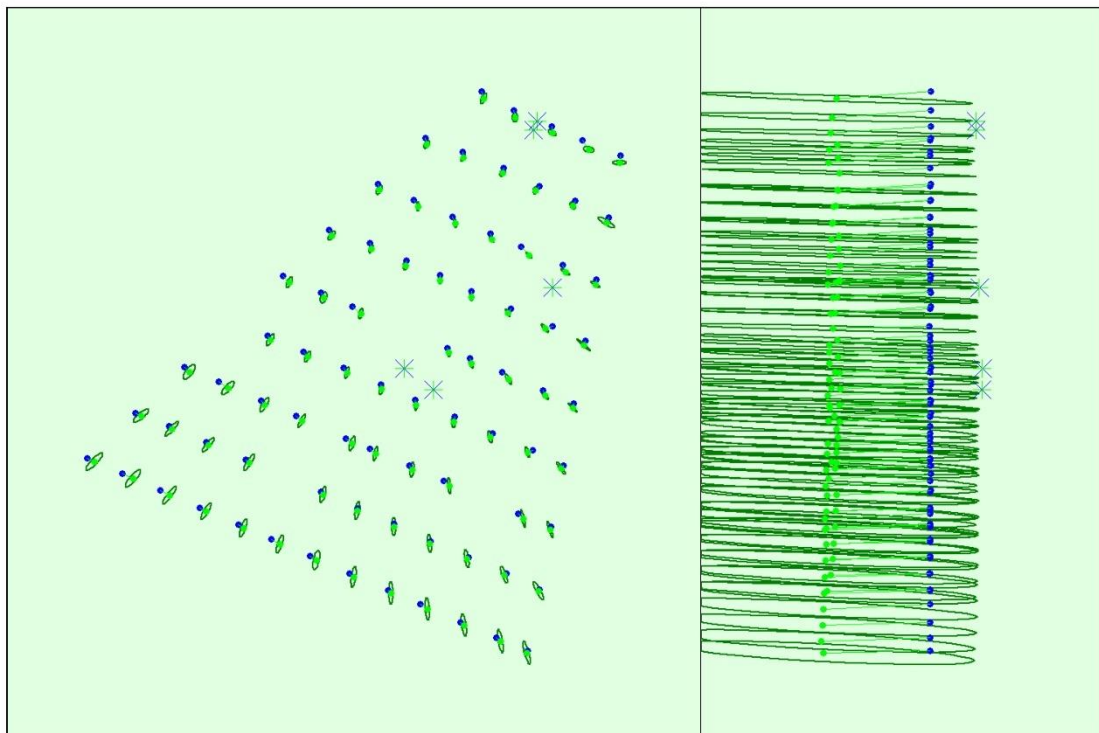
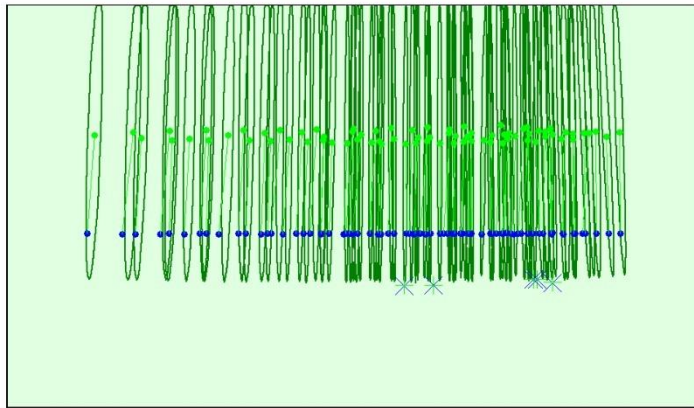


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 100x magnified

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.

2 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

2 Overlap

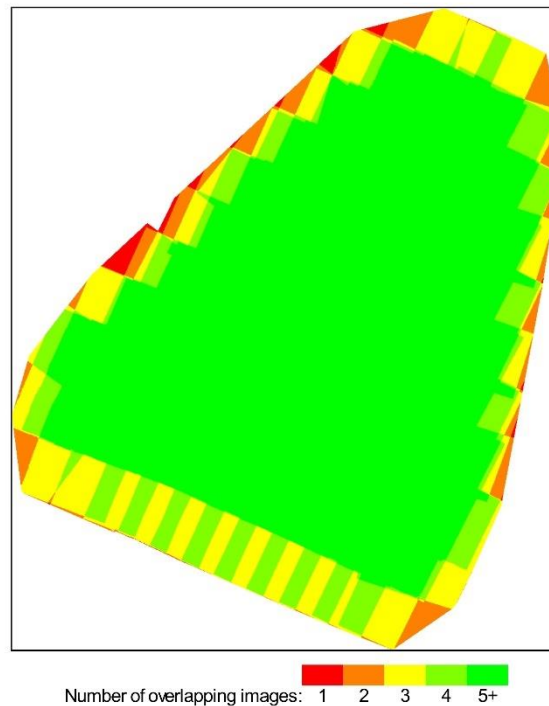


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

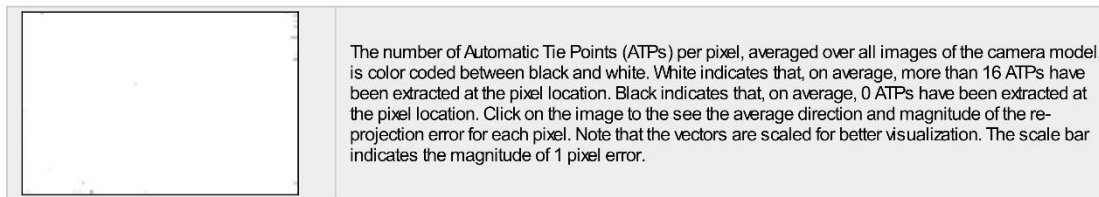
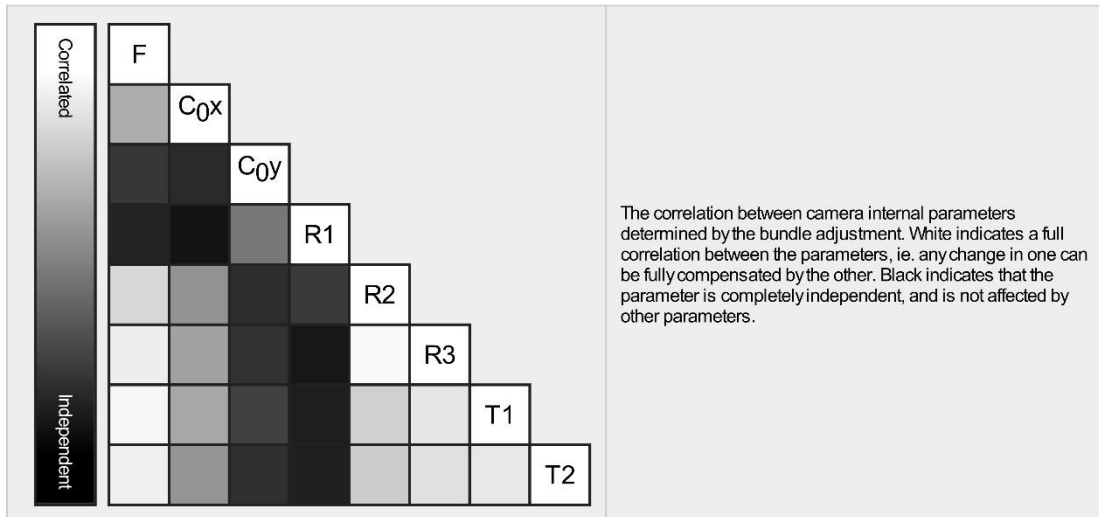
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	382944
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	123191
Mean Reprojection Error [pixels]	0.153

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



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

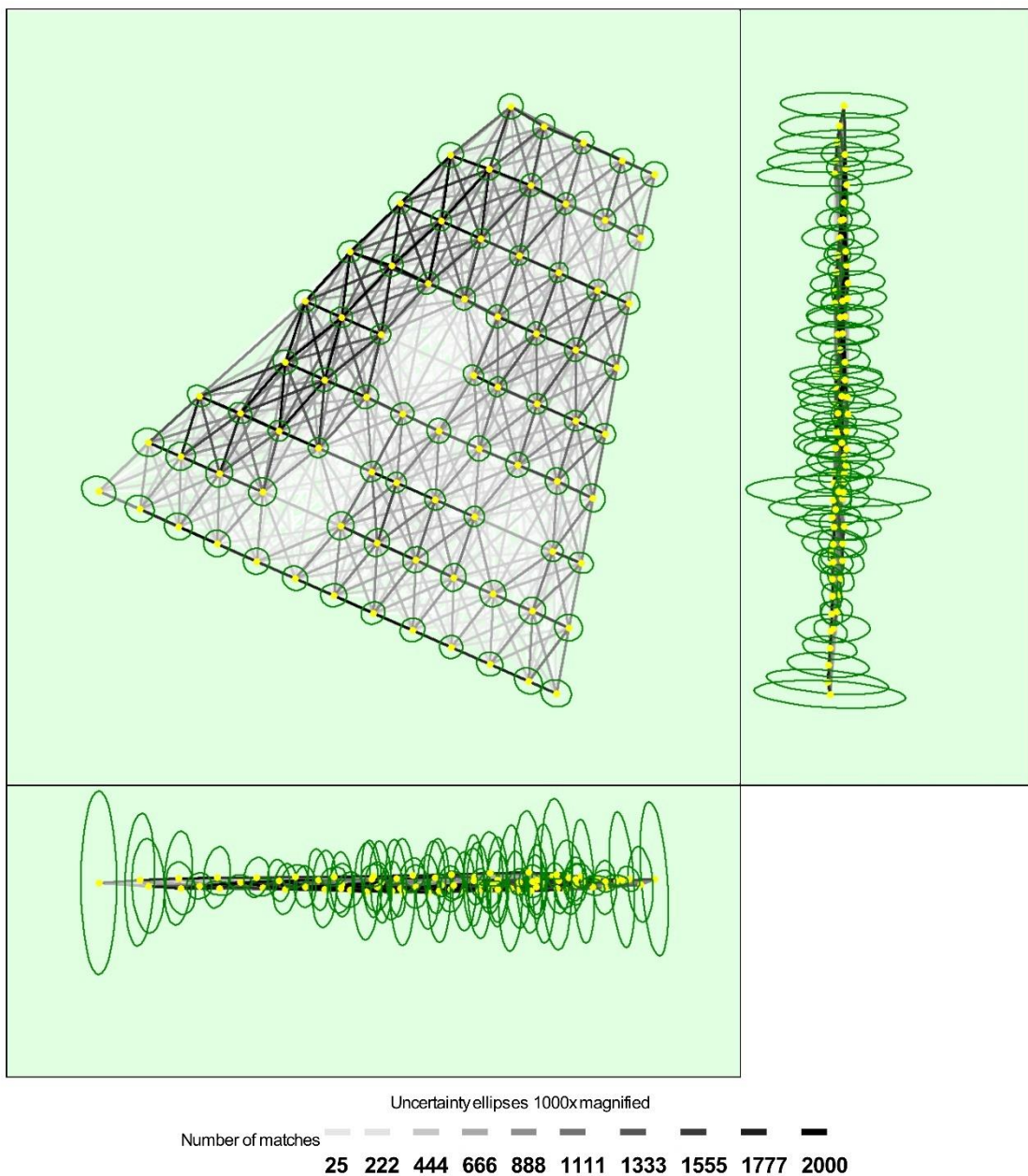


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty 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 XYZ [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 المشاركة	الاحداثيات		الارتفاع	النسيج %		
	N	X		Y	Z	ARGIL
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: الاستثمار الميدانية الموجهة لساكنة حوضي اتلاغ والعابد

شتنبر – أكتوبر 2021

جامعة محمد الأول

كلية الآداب والعلوم الإنسانية

شعبة الجغرافيا

استمارة مع ساكنة حوضي العابد وتلاغ، ممر تاويرت - جرسيف

استمارة رقم التاريخ: الدوار

الجزء الأول: أسئلة متعلقة بالسكن

1. منذ متى تقيم بالجماعة ؟
 - منذ الولادة
 - من سنة إلى 10 سنوات
 - من 11 إلى 20 سنة
 - من 21 إلى 30 سنة
 - أقل من 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 حبوب
14. هل تمارس الرعي؟ نعم لا
15. نوع الماشية؟ بقر غنم ماعز دواجن آخر
16. عدد قطع الأغنام
17. عدد قطع الماعز
18. عدد قطع 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 بالقطار في السنة؟
29. ما هو تقييمك للمراعي الطبيعية؟ في تحسين 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. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة (على العموم)
38. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للحبوب:
39. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للخضراوات:
40. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للمغروسات:
41. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للقطاني:
42. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجافة (على العموم)
43. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للحبوب:
44. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للخضراوات:
45. المرودية بالقطار / الهكتار في السنوات الجيدة بالنسبة للمغروسات:
46. المرودية بالقطار / 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 كيمياوي سماد عضوي
55. الزراعة المستفيدة الحبوب القطني الغرسة
56. استعمال المبيدات نعم لا
57. التكلفة لكل هكتار
58. التقنيات المستعملة في استغلال الأرض الحرث التقليدي (محرث 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 تهيئة 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 تدرية 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 قمت 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 اندكك 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
96. المهنة: فلاح حرفي تاجر مسؤول شركة إطار ومتقاف
97. المستوى الدراسي: شهادة ابتدائية ثانوي عامل متقاعد عاطل طالب آخر
- مستوى الجامعة تأهيل مهني بكالوريا