الجمهورية العربية السورية
جـامـعـة دمـشـق
كـلـيـة الـزراعـة
قـسـم عـلـوم الـتـربـة

دراسة مقارنة للانجراف المائي للتربة في عدد من المساقط المائية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط باستخدام النمذجة الرياضية

Comparison Soil Water Erosion from different Mediterranean Watershed areas using Mathematical modeling

رسالة أُعدت لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية
(اختصاص علوم تربة)

إعـــداد الطالبة

ليلى بلال أحمد

المشرف العلمي
د. أكرم البلخي
الأستاذ المساعد في قسم علوم التربة
كلية الزراعة - جامعة دمشق

المشرف المشارك
د. يونس ادريس
مدير بحوث في الهيئة العامة
للاستشعار عن بعد

دمشق 2020م

المحتويات

العنوان	الصفحة
قائمة الجداول	**V**
قائمة الأشكال	**VIII**
الملخص باللغة العربية	**XII**
الفصل الأول: المقدمة وأهداف البحث	**1**
1- المقدمة	2
2- مبررات الدراسة	4
أهداف الدراسة	4
الفصل الثاني: الدراسة المرجعية	**5**
2-1- الانجراف المائي	6
2-2- العوامل المؤثرة في الانجراف المائي	7
2-3- أشكال الانجراف المائي للتربة	10
2-4- الأضرار الناجمة عن الانجراف المائي	11
2-5- الانجراف المائي في حوض البحر الأبيض المتوسط	12
2-5-1- الانجراف المائي في فرنسا	13
2-5-2- الانجراف المائي في سورية	13
2-6- طرائق وأدوات تقدير وقياس الانجراف المائي	15
2-6-1- النماذج وأنواعها	16
2-7- الدراسة المرجعية حول استخدام نموذج GeoWEPP	19
الفصل الثالث: مواد وطرائق البحث	**23**
3-1- مناطق الدراسة	24
3-1-1- المسقط الأول (Roujan، فرنسا):	25
3-1-1-1- الموقع والمساحة	25
3-1-1-2- الظروف المناخية	26
3-1-1-3- الخصائص الجيولوجية	28
3-1-1-4- الخصائص الجيومورفولوجية	29
3-1-1-5- خصائص التربة	30
3-1-1-6- الغطاء النبتي واستعمالات الأراضي	31
3-1-2- المسقط الثاني (حويضة الشيخ بدر، سورية):	33
3-1-2-1- الموقع والمساحة	33
3-1-2-2- الظروف المناخية	35

3-1-2-3- التضاريس	36
3-1-2-4- خصائص التربة	36
3-1-2-5- الأهمية البيئية لمنطقة الشيخ بدر	37
3-1-2-6- استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي	37
3-2- مواد الدراسة	38
3-2-1- نموذج Geospatial water Erosion Prediction Project (GeoWEPP)	38
3-2-1-1- طرائق المحاكاة داخل النموذج GeoWEPP . Cochrane (1999)	40
3-2-1-2- برمجية TOPAZ Garbrecht و Martz (1999)	41
3-2-2- نموذج Water Erosion prediction Project(WEPP)	43
3-2-2-1- المفاهيم الأساسية لنموذج WEPP:	44
3-2-2-2- معالجة مدخلات النموذج	45
3-2-2-3- بناء ملفات الإدخال input files:	47
3-2-3- برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS	50
3-2-4- القيمة Tolerable value(T)	51
3-2-5- إعداد البيانات الخاصة بمنطقتي الدراسة لاستخدامها في المحاكاة بالنموذج GeoWEPP	52
3-2-5-1- إعداد الخرائط	52
3-2-5-2- انشاء الملفات	60
3-2-6- المحاكاة باستخدام نموذج GeoWEPP	63
3-2-6-1- تقييم فعالية وكفاءة النموذج GeoWEPP لمحاكاة الانجراف المائي في منطقتي الدراسة	63
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة	**66**
4-1- تشغيل النموذج Modeling simulation	67
4-2- نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في حوض روجان –فرنسا	68
4-2-1- القسم الأول من النتائج والمناقشة في حوض روجان–فرنسا	68
4-2-1-1- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 1997	68
4-2-1-2- توزيع معدلات الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2002	75
4-2-1-3- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2005	81
4-2-1-4- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2009	85
4-2-1-5- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2012	89
4-2-1-6- أداء النموذج	95

4-2-2- القسم الثاني من النتائج والمناقشة في حوض روجان-فرنسا	98
4-2-2-1- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 1997	98
4-2-1-2- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2002	104
4-2-1-3- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2005	112
4-2-1-4- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2009	120
4-2-1-5- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2012	128
4-3- نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في حويضة الشيخ بدر - سورية	137
4-3-1- القسم الأول من النتائج والمناقشة في حويضة الشيخ بدر- سورية	137
4-3-1-1- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2010	137
4-3-1-2. توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2019	145
4-3-1-3- أداء النموذج	148
4-2-3- القسم الثاني من النتائج والمناقشة في حويضة الشيخ بدر	152
4-2-3-1- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2010	152
4-2-3-2- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2019	157
الاستنتاجات والتوصيات	**167**
1- الاستنتاجات	168
2- التوصيات	170
المراجع العلمية	**172**
1- المراجع الأجنبية	173
الملحق	**183**
الملخص باللغة الانكليزية	**190**

قائمة الجداول

عنوان الجدول	الصفحة
الجدول 1: يبين قيم التبخر –النتح الشهري للفترة الممتدة بين (1993-2003)	**28**
الجدول 2: أنواع الترب السائدة في منطقة الدراسة Darwish Sami وأخرون (1986)	**37**
الجدول 3: تقييم أداء النموذج WEPP وفق Saghafian وآخرون (2014)	**65**
الجدول 4: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية	**69**
الجدول 5: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية	**70**
الجدول 6: النسب المئوية لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة	**71**
الجدول 7: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي و كمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2002	**75**
الجدول 8: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية	**77**
الجدول 9: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2002	**77**
الجدول 10: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2005	**81**
الجدول 11: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2005	**82**
الجدول 12: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي و كمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2009	**85**
الجدول 13: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية 2009	**87**
الجدول 14: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي و كمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2012	**89**
الجدول 15: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية 2012	**91**
الجدول 16: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية	**91**
الجدول 17: التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج روجان للسيناريوهات الخمسة باستخدام GeoWEPP	**93**
الجدول 18: القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حوض روجان	**95**
الجدول 19: يبين المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب	**96**
الجدول 20: القيم المقدرة والحقلية لكمية الجريان السطحي في حوض روجان	**96**
الجدول 21: المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي السنوي	**97**
الجدول 22: أنماط استعمالات الأراضي في روجان بما يلائمها من تسميات نموذجGeoWEPP	**98**

الجدول 23: يبين رقم الصف ومقدار الانجراف المائي الحاصل من كل مسقط مائي	**101**
الجدول 24: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 1997	**103**
الجدول 25: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2002	**106**
الجدول 26: مصفوفة التغيرات بين عامي 1997 و2002	**107**
الجدول 27: تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي	**109**
الجدول 28: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002	**111**
الجدول 29: مساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2005	**114**
الجدول 30: مصفوفة التغيرات بين عامي 2002 و2005	**115**
الجدول 31: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و2005	**119**
الجدول 32: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقاً لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2009	**122**
الجدول 33: مصفوفة التغيرات بين عامي 2005 و2009	**123**
الجدول 34: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009	**127**
الجدول 35: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقاً لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2012	**130**
الجدول 36: مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي بين عامي 2009 و2012	**131**
الجدول 37: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012	**135**
الجدول 38: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2010	**138**
الجدول 39: التوزيع المكاني للترب في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية	**139**
الجدول 40: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2010	**140**
الجدول 41: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2019	**145**
الجدول 42: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2019	**146**
الجدول 43: يبين التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج حويضة الشيخ بدر	**148**

للسيناريوهات المدروسة باستخدام GeoWEPP	
الجدول 44: القيم الحقلية لكل من الجريان السطحي والتربة المنجرفة وفق (كبيبو وآخرون، 2014)	**148**
الجدول 45: القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حويضة الشيخ بدر	**149**
الجدول 46: يبين المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب	**149**
الجدول 47: القيم المقدرة والحقلية لكمية الجريان السطحي في حويضة الشيخ بدر	**150**
الجدول 48: المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي السنوي	**151**
الجدول 49: أنماط استعمالات الأراضي الواردة في جدول الشريحة بما يلائمها من تسميات نموذج GeoWEPP	**152**
الجدول 50: صفوف كميات الانجراف المائي وفقا" لشريحة استعمالات الأراضي لعام 2010	**154**
الجدول 51: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2010	**156**
الجدول 52: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2019	**159**
الجدول 53: مصفوفة تغيرات استعمالات الاراضي بين عامي 2010و 2019 لحويضة الشيخ بدر	**161**
الجدول 54: تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019	**163**
الجدول 55: المساحات ونسبتها المئوية لتأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي عامي 2010 و2019	**164**

قائمة الأشكال

عنوان الشكل	الصفحة
الشكل 1: خريطة توضح مواقع مناطق الدراسة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط (R-OSMed)	25
الشكل 2: الموقع الجغرافي والصورة الفضائية لحوض روجان	26
الشكل 3: معدل الهطل السنوي للفترة بين (2014–1993) في حوض روجان	27
الشكل 4: تغيرات الحرارة الشهرية الصغرى والعظمى للفترة المرجعية بين(2014–1993) في حوض روجان	28
الشكل 5: مقطع عرضي نموذجي يوضح والطبوغرافية أنواع الترب مع الوحدات الجيومورفولوجية لحوض روجان	30
الشكل 6: الوحدات الجيومورفولوجية لحوض روجان	31
الشكل 7: نوع الغطاء النبتي السائد في روجان	32
الشكل 8: إزالة الأعشاب ميكانيكاً	32
الشكل 9: إزالة الأعشاب كيميائياً	33
الشكل 10: الموقع الجغرافي لمنطقة الشيخ بدر	34
الشكل 11: الصورة الفضائية لحويضة منطقة الدراسة– الشيخ بدر بمحافظة طرطوس	34
الشكل 12: متوسط الهطل السنوي للفترة المرجعية (33) سنة	35
الشكل 13: تغيرات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة المرجعية(33) سنة	36
الشكل 14: الواجهة الرسومية للنموذجGeoWEPP	39
الشكل 15: مفاتيح اتجاه الجريان	42
الشكل 16: توليد شبكة القنوات والأحواض الفرعية باستخدام TOPAZ	43
الشكل 17: الواجهة الرسومية للنموذج WEPP windows interface	44
الشكل 18: ملف المعطيات التي يولدها CLIGEN	48
الشكل 19: صفوف القيمة T عتبة فقد التربة المسموح به (Tolerable value)	51
الشكل 20: خريطة الارتفاعات الرقمية لحويضة في الشيخ بدر	53
الشكل 21: خريطة الارتفاعات الرقمية لروجان	53
الشكل 22: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 1997	55
الشكل 23: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2002	56
الشكل 24: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2005	56
الشكل 25: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2009	57
الشكل 26: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2012	57
الشكل 27: خريطة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر لعام 2010	58
الشكل 28: خريطة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر لعام 2019	58
الشكل 29: خريطة التربة لحوض روجان	60

الشكل 30: خريطة التربة لحويضة الشيخ بدر	60
الشكل 31: معطيات التربة ضمن النموذج WEPP	62
الشكل 32: يبين المسقط المائي رقم 131	72
الشكل 33: يبين المسقط المائي رقم52	72
الشكل 34: يبين المسقط المائي رقم 22	73
الشكل 35: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 1997	74
الشكل 36: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 1997	74
الشكل 37: يبين المسقط المائي رقم 32	78
الشكل 38: يبين المسقط المائي رقم 52	78
الشكل 39: يبين المسقط المائي رقم 113	79
الشكل 40: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2002	80
الشكل 41: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2002	80
الشكل 42: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2005	84
الشكل 43: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2005	84
الشكل 44: علاقة الجريان السطحي مع محصة الراسب لعام 2009	87
الشكل 45: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2009	88
الشكل 46: يبين المسقط المائي رقم 101	91
الشكل 47: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2012	92
الشكل 48: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2012	93
الشكل 49: التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج روجان للسيناريوهات الخمسة	94
الشكل 50: مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم محصلة الراسب الحقلية	95
الشكل 51: مقارنة قيم الجريان السطحي المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم الجريان السطحي الحقلية	97
الشكل 52: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 1997 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP	100
الشكل 53: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي لعام 1997 لروجان حسب GeoWEPP	101
الشكل 54: خريطة الانجراف المائي لروجان باستخدام GeoWEPP لعام 1997	102
الشكل 55: النسب المئوية لكميات الانجراف المائي في روجان لعام 1997	103
الشكل 56: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2002 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP	104
الشكل 57: النسب المؤية لاصناف استعمالات الأراضي لعام 2002 لروجان حسب GeoWEPP	105
الشكل 58: خريطة الانجراف المائي لروجان باستخدام GeoWEPP لعام 2002	105

الشكل 59: النسب المئوية لكميات الانجراف المائي في روجان لعام 2002	106
الشكل 60: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين العامين 1997 و2002	107
الشكل 61: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002 في روجان	108
الشكل 62: خارطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و.2002	110
الشكل 63: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002	111
الشكل 64: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2005 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP	112
الشكل 65: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2005	113
الشكل 66: خارطة الانجراف المائي في روجان لعام 2005	113
الشكل 67: النسب المئوية لصفوف الانجراف في روجان لعام 2005	114
الشكل 68: مقارنة النسب المئوية لاصناف استعمالات الأراضي لروجان بين عامي 2002 و2005	116
الشكل 69: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف في روجان بين عامي 2002و2005	117
الشكل 70: تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و 2005 في روجان	118
الشكل 71: النسب المئوية لدرجات تأثير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين 2002 و 2005	119
الشكل 72: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2009 حسب GeoWEPP	120
الشكل 73: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي لعام 2009 في روجان	121
الشكل 74: خريطة الانجراف المائي لروجان حسب محاكاة GeoWEPP لعام 2009	121
الشكل 75: النسب المئوية لصفوف الانجراف في روجان لعام 2009	122
الشكل 76: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين عامي2005و2009	124
الشكل 77: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 2005 و2009	125
الشكل 78: تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و 2009	126
الشكل 79: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009	127
الشكل 80: خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2012لروجان حسب GeoWEPP	128
الشكل 81: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2012	129
الشكل 82: خارطة للانجراف المائي لروجان لعام 2012	129
الشكل 83: النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في روجان للعام 2012	130
الشكل 84: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين عامي 2009 و2012	132
الشكل 85: مقارنة النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في روجان لعامي 2009 و2012	133
الشكل 86: خارطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2009 و 2012	134
الشكل 87: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012	135
الشكل 88: يبين المسقط المائي رقم 172	141

الشكل 89: يبين المسقط المائي رقم 173	141
الشكل 90: يبين المسقط المائي رقم 153	142
الشكل 91: يبين المسقط المائي رقم 121	142
الشكل 92: يبين المسقط المائي رقم 102	143
الشكل 93: الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2010	144
الشكل 94: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2010	144
الشكل 95: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2019	147
الشكل 96: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2019	147
الشكل 97: مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع القيم الحقلية في حويضة الشيخ بدر	149
الشكل 98: مقارنة قيم محصلة الجريان السطحي المقدر باستخدام نموذج GeoWEPP مع القيم الحقلية في حويضة الشيخ بدر	150
الشكل 99: خارطة استعمالات الأراضي للعام 2010 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP لحويضة الشيخ بدر	153
الشكل 100: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2010 في حويضة الشيخ بدر	154
الشكل 101: خريطة الانجراف لحويضة الشيخ بدر باستخدام GeoWEPP لعام 2010	155
الشكل 102: النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في حويضة الشيخ بدر لعام 2010	156
الشكل 103: خارطة استعمالات الأراضي للعام 2019 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP لحويضة الشيخ بدر	157
الشكل 104: النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 2019	158
الشكل 105: خارطة للانجراف المائي لحويضة الشيخ بدر لعام 2019 باستخدام GeoWEPP	158
الشكل 106: النسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2019	160
الشكل 107: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين 2010 و2019	161
الشكل 108: مقارنة النسب المئوية لصفوف الانجراف في منطقة الدراسة بين عامي 2010 و2019	162
الشكل 109: خريطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف في منطقة الدراسة بين عامي 2010 و2019	164
الشكل 110: النسب المئوية لدرجات تأثير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019	165

الملخص

تعتبر نماذج التنبؤ بالانجراف المائي أدوات مفيدة من أجل تقييم تأثير الممارسات الزراعية المختلفة في انجراف التربة، بالإضافة الى تقديرها لكميات التربة المنجرفة والجريان السطحي، تهدف هذه الدراسة إلى

اختبار كفاءة النموذج GeoWEPP في تقدير انجراف التربة والجريان السطحي وتقييم تأثير الممارسات الزراعية على الانجراف المائي للتربة. في مسقطين مائيين في حوض المتوسط (فرنسا /روجان) و(سورية/ الشيخ بدر) للحصول على معلومات مفيدة لتوجيه تخطيط المحافظة على التربة وإدارتها. تم تحديد أكثر وحدات التربة عرضة للانجراف إلى جانب أنماط استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي المرتبطة بمعدلات انجراف عالية. سمح تحليل نتائج تقييم الانجراف خارج الموقع في الحوض، بتحديد أكثر الأحواض الفرعية مساهمة بالانجراف. والتي ارتبطت بكروم العنب في حوض روجان وبساتين الزيتون في الشيخ بدر والمنحدرات الشديدة في كلا المنطقتين.

تم تطبيق النموذج GeoWEPP الذي يعمل ضمن بيئة ArcGis لتقييم التوزع المكاني للانجراف المائي للتربة في منطقتي الدراسة باستخدام البيانات اللازمة لتشغيل النموذج (بيانات مناخية، بيانات تربة واستعمالات الأراضي وخرائط التربة، خرائط استعمالات الأراضي، خريطة الارتفاعات الرقمية ، صورة فضائية) لمنطقتي الدراسة ولسيناريوهات استعمالات أراضي مختلفة، ودراسة علاقة الجريان السطحي مع محصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لكلا المنطقتين، وتقييم أداء النموذج، بمقارنة نتائج المحاكاة باستخدام النموذج GeoWEPP مع البيانات الحقلية المرصودة. أظهرت النتائج بأن العلاقة كانت شبه طردية بين الجريان السطحي وكلا من محصلة الرواسب وكمية التربة المفقودة في كلا منطقتي الدراسة، وأظهرت نتائج المحاكاة في حوض روجان ارتباطا جيدا مع القيم الحقلية حيث سجلت قيمة RMSE (Root Mean Square Error) (0.87) لمحصلة الرواسب، وكانت (4.91) للجريان السطحي، يعطي ذلك مؤشر إيجابي على فعالية النموذج في تقدير محصلة الراسب والجريان السطحي في حوض روجان. أما في حويضة الشيخ بدر فقد أبدى النموذج GeoWEPP كفاءة عالية في تقديره لكمية التربة المنجرفة حيث كانت RMSE (5.02). بينما أظهر فعالية منخفضة في تقديره للجريان السطحي حيث كانت RMSE (79.65). كما أشارت نتائج المحاكاة إلى حدوث تحول كبير في المشهد الطبيعي لمنطقتي الدراسة. وجد في حوض روجان ارتفاع في مساحة الأراضي العشبية بنسبة 5.3%. خلال الفترة (2012-1997).

بينما كانت نسبة بساتين كروم العنب تتأرجح بين زيادة ونقصان خلال فترة الدراسة، فقد تناقصت في عامي 2002 و2005مقارنة بعام 1997 بمعدل (0.8 و1.5) % على التوالي. وازدادت بمعدل 1.6% في 2009 مقارنة مع 2005. وارتفعت بنسبة 1.1% في عام 2012 مقارنة مع 2009. ترجم ذلك

بانخفاض واضح في كلا من الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في 2002 مقارنة مع 1997. وثباتاً في الفترة ما بين 2002 ولغاية 2005. ثم يعود الانجراف بالارتفاع في عام 2009و2012. أما في حويضة الشيخ بدر فقد أظهرت نتائج تحليل تغير الغطاء الأرضي منذ عام 2010 ولغاية 2019 زيادة مساحة الأراضي المزروعة بالزيتون بنسبة 6.5%، معظمها كان على حساب مساحة أراضي المراعي، والتي انخفضت بمقدار 6.1%. وانخفاض مساحة المحاصيل بمقدار 1.2%. أدى ذلك إلى زيادة في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي جدا" أكثر من 10 طن/هكتار بمقدار 22.7%، وانخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي بين 4 و10طن/هكتار بمقدار 13.7%، بمقارنة التغير في مستويات انجراف التربة مع خريطة التغيير في الغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة كان من الواضح أن المساحات المزروعة بالزيتون وخاصة على المنحدرات الشديدة تعاني من خطر الانجراف العالي.

الكلمات المفتاحية: الانجراف المائي، حوض روجان/ فرنسا، الشيخ بدر/ سورية، GeoWEPP، ArcGIS، RMSE، استعمالات الأراضي، كروم العنب، بساتين الزيتون.

الفصل الأول
المقدمـة وأهداف البحث
INTRODUCTIO
&
OBJECTIVES

1- المقدمة:

تعد التربة من أهم الموارد الطبيعية على الإطلاق، فلا حياة بدون تربة، ويعد انجراف التربة Soil Erosion منذ زمن بعيد من أخطر عوامل ضياع التربة وخسارتها، والأكثر خطورة في وقتنا الحاضر، فمن وجهة نظر علم التربة فإن انجرافها يعد عملية مضادة لاكتمال تكوينها وتطورها، ويمكن القول بان الانجراف يعمل على إبقاء التربة وكأنها حديثة التكوين (حبيب، 2008).

يصنف Ganget وآخرون (2015) الانجراف من بين المشاكل الكبرى التي يواجهها الإنتاج الزراعي، لأنه يسبب فقد العناصر الخصوبية في التربة (N,P,K والحبيبات الناعمة)، ويؤدي إلى انخفاض القدرة الإنتاجية للتربة، فقد أصبحت حوالي 10 ملايين هكتار من الأراضي الزراعية في العالم غير منتجة والكثير منها أصبح خارج الاستثمار. ويسبب الانجراف المائي للتربة أضرارا" في نفس الموقع، تتجلى في انخفاض إنتاجية التربة بسبب فقد الطبقة السطحية والعناصر الغذائية، وكذلك بعيداً عن الموقع تتمثل بتدهور المسطحات المائية، بسبب وصول نواتج الانجراف إليها Tingting وآخرون (2008)، كما تؤدي معدلات الانجراف العالية إلى تغيير في الدورات الهيدرولوجية والبيولوجية، والجيوكيميائية Berendse وآخرون (2015).

يمتاز النظام البيئي في المناطق المتوسطية بمنظر معقد، تتشابك فيه الأراضي المزروعة وغير المزروعة مع الأراضي المغطاة بغطاء طبيعي، وقد أدت التبدلات في استعمالات الأراضي كالزراعات المكثفة، والرعي الجائر، فضلا" عن الحرائق، إلى تدهور الأراضي Thomes (2007).

يشكل الانجراف المائي خطرا" يهدد إنتاجية الأراضي الزراعية في المناطق المتوسطية، وهو من العوامل المحددة لاستدامة الأنظمة البيئية في تلك المناطق De Paz وآخرون (2006). تتصف ترب المناطق المتوسطية بعدم التجانس المكاني من حيث خواصها Corbane وآخرون (2008). كذلك تختلف قيم عامل الحت المطري، وقيم عامل قابلية التربة للانجراف، وبشكل معنوي خلال السنة في هذه المناطق Lopez-Vicente وآخرون (2008).

يختلف تأثير الانجراف المائي على التربة حسب عدة عوامل: خواص التربة (محتواها من المادة العضوية والطين، بناءها، ناقليتها الهيدروليكية، خصائص المطر (الشدة المطرية، التعاقب المطري، كميات الهطل)، الطبوغرافية والغطاء النبتي Dengiz وآخرون (2009) وعمليات الحراثة.

تعاني الترب السورية من مشكلة الانجراف لا سيما المناطق الساحلية وخاصة الجبلية منها حيث يلعب المناخ السائد في سورية الدور الرئيسي في التأثير على الأتربة السورية من حيث اختلاف عوامله بين الساحل والداخل، وعلى مدى مسافات غير طويلة ويرتبط الانجراف والحت، بالتوزع المطري، وكمية الهطل واستجابة التربة لهذه العوامل، كما يعتبر الانجراف المائي للتربة في الساحل السوري، من أهم المشاكل التي تواجه التربة الزراعية، اذ أنّ تشكل التربة بطيء على الصخور الكلسية القاسية فيصبح من الصعب تعويض التربة المفقودة، ومن جهة أخرى فإنّ تدهور الغطاء النبتي في المناطق الحراجية يرافقه باستمرار تدهور التربة مما ينعكس على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، كبيبو ونيصافي (1997).وقد أشارت خريطة الانجراف المائي التي أعدتها منظمة الأغذية والزراعة FAO (Food and Agriculture Organization) وبرنامج الأمم المتحدة البيئي UNEP ومنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة UNESCO (1980) ، إلى أنّ كميات التربة المفقودة تتراوح بين 50و200 طن/هـ/سنة. كما ذكر التقرير النهائي من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد (2004) لمشروع تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان أن نسبة المناطق المستقرة في منطقة القرداحة 42% ونسبة المناطق غير المستقرة 16% بينما تشكل نسبة المناطق المستقرة في الشيخ بدر 54% ونسبة المناطق غير المستقرة 38%. وبالنتيجة فإنّ الانجراف المائي يؤدي إلى فقدان أهم مصدرين ضروريين لاستمرار البشرية هما التربة والمياه، ولهذا يعد تحديد مناطق خطورة الانجراف المائي وتقييمها أمرا" ضروريا" من أجل وضع استراتيجيات خاصة لصيانة كل من التربة والمياه، لا سيما قرب التجمعات المائية Schiettectte وآخرون (2007).

ويعد تقدير خطر الانجراف المائي للتربة والتوزع المكاني لهذا الخطر، أحد أهم العناصر الرئيسية للتقييم الناجح لانجراف التربة، حيث يمكننا من وضع سياسات ناجحة للحد من فقد التربة، آخذين بعين الاعتبار الظروف الجغرافية المتنوعة للمنطقة المدروسة Panagopoulos و Ferreira (2010).

2- مبررات الدراسة:

1. تعتبر منطقة حوض البحر الابيض المتوسط من أكثر المناطق عرضة للانجراف لأنها تتعرض لفترات جفاف متبوعة بهطولات مطرية مرتفعة مما يجعل مورد التربة عرضة للتدهور.
2. تتطلب التنمية المستدامة في المساقط المائية تضمين التربة كمورد أساسي ومن ضمنه انجراف التربة.
3. قلة شبكات مراقبة الانجراف المائي (قياس الجريان السطحي وكمية التربة المنجرفة) في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط.
4. ارتباط عمليات الصيانة بتقييم ومراقبة الانجراف وكذلك النمذجة الرياضية.
5. تمكن النمذجة الرياضية من دراسة المساقط المائية كاملةً، وبالتالي وضع تصور لتأهيل المساقط بحيث يخفف من الانجراف المائي للتربة.

3- أهداف الدراسة:

1. تقييم مجموعة متنوعة من سيناريوهات استعمالات الأراضي باستخدام النموذج GeoWEPP لمنطقتي الدراسة.
2. تحليل تأثير تغيير الغطاء الأرضي على انجراف التربة، والخروج بخارطة توضح درجة حساسية التربة في المناطق المدروسة للانجراف المائي، وإظهار القيمة المضافة التي يقدمها النموذج GeoWEPP بتحديد المناطق الأكثر تضررا ومساهمة بالانجراف، والتي تمكن من إدارة أفضل للمسقط المائي.
3. اختبار فعالية النموذج GeoWEPP في محاكاة الانجراف المائي للتربة في منطقتي الدراسة، بمقارنة نتائج المحاكاة بنتائج دراسات حقلية.
4. توطين تقانة النمذجة الرياضية في دراسات صيانة التربة.

الفصل الثاني
الدراسة المرجعية
LITERATURE REVIEW

2-1- الانجراف المائي Water Erosion:

يعرف الانجراف المائي للتربة بأنه محصلة التداخل الحاصل بين عامل المطر وعامل التربة، اذ ينتج بفعل اصطدام قطرات المطر بسطح التربة أو بفعل جريان المياه السطحية الأمر الذي يؤدي إلى تخريب الطبقة السطحية للتربة ونقل جزء منها أو كلها من مكان وجودها إلى أماكن قد تكون قريبة أو بعيدة عن مناطق انفصالها، وتزيد النشاطات الزراعية في بعض الأحيان من حدة هذه الظاهرة من خلال الممارسات الخاطئة في إدارة كل من التربة والمياه والنبات Kerttész و Gergly (2011)، كما أن كمية التربة المنجرفة مرتبطة إلى حد كبير بالغطاء النبتي، حيث يلعب هذا الغطاء دورا" فعالا" في حماية سطح التربة من الاصطدام المباشر لقطرات المطر فيقلل بذلك من الطاقة الحركية لهذه القطرات مضعفاً من القدرة التهديمية لحبيبات التربة، كما تقوم البقايا النباتية والمجموع الجذري بتثبيت التربة وتحسين مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية والحيوية (فارس، 1992؛ شوقي وآخرون، 1994)

وضح Jebari وآخرون (2008) آلية حدوث الانجراف المائي للتربة، والتي تبدأ باصطدام قطرات المطر بسطح التربة فتتحطم التجمعات الترابية السطحية Aggregate بفعل الطاقة الحركية لقطرات المطر إلى حبيبات فردية، وقد يحدث تحطم التجمعات الفردية بفعل الترطيب السريع عند هطول الأمطار بعد فترات جفاف طويلة، اذ يزداد انضغاط الهواء المحبوس داخل المسامات، ويحصل الانفجار وفي كلا الحالتين يتم تفريق تجمعات التربةAggregate إلى حبيبات فردية ينتقل قسم منها وخاصة الحبيبات الناعمة ليغلق المسامات فيقل معدل الرشح وتصبح التربة غير قادرة على امتصاص ماء المطر لانخفاض معدل الارتشاح infiltration مقارنة بمعدل الهطل فيحدث الجريان السطحي لتبدأ المرحلة الثانية (Transport) من الانجراف، حيث يتم انتقال أجزاء من مكونات التربة بمياه الجريان السطحي، وتختلف الفترة اللازمة لتشكل الجريان السطحي حسب عوامل عديدة منها نفاذية التربة، ودرجة انحدارها، وشدة الهطل المطري، ونسبة التغطية النباتية. أما المرحلة الأخيرة من الانجراف فهي مرحلة الترسيب Deposition والتي تحصل نتيجة لبطء حركة المياه عند وصولها إلى أراضي قليلة الانحدار أو مستوية أو إلى التجمعات المائية والسدود وبالتالي تفقد قدرتها على حمل الرواسب مسببة ترسب الغرويات والمواد العالقة معها كالأسمدة والمبيدات.

2-2- العوامل المؤثرة في الانجراف المائي:

يتأثر الانجراف المائي للتربة بالعديد من العوامل أهمها:

1. **خصائص الهطل المطري:** من أهم خصائص الهطل المطري المحددة لإمكانية حدوث الانجراف المائي هي كمية الهطل وشدته وتوزيعه وتتابعه. وتعتبر كميات الأمطار (500-1000) مم الأكثر ضرراً في إحداث الانجراف المائي، وتتسم أمطار منطقة البحر الأبيض المتوسط من حيث كميتها وشدتها وتكرارها وتوزعها بأنها ذات قدرة عالية على إحداث الانجراف المائي، إذ تصل كمية التربة المنجرفة إلى أكثر من 100طن/هـ سنوياً (F.A.O، 1980)، كبيبو ونيصافي (1997).
2. **العوامل التضاريسية Relief:** يؤثر شكل التضاريس الأرضية المتمثل بزاوية الانحدار، وطول المنحدر واتجاه الانحدار وشكل المنحدر على عملية الانجراف، اذ تزداد شدتها بزيادة طول الميل نتيجة لزيادة مسافة الجريان السطحي Wu و Wang (2011). أما زيادة درجة الميل فتزيد من سرعة الجريان السطحي، وبالتالي تزداد كميات التربة المفقودة Dengiz وآخرون (2009). ويكون الانجراف في المنحدرات المحدبة أكثر منه في المنحدرات المقعرة بسبب زيادة كل من طول ودرجة الميل في المنحدرات المحدبة Lacaze (2004).
3. **خصائص التربة:** إن قابلية التربة للانجراف تتأثر بعدة عوامل أهمها قوام التربة، وبناؤها، ومحتواها من المادة العضوية، ورطوبتها.

- **قوام التربة:** يؤثر قوام التربة في درجة نفاذية وسرعة الرشح فيها. حيث تتميز الأراضي الطينية بانخفاض معدل الرشح فضلاً عن ظروف طبقة تحت التربة، والتي قد تعوق الرشح، وبالتالي تصبح هذه الأراضي قابلة للانجراف المائي خاصة في وجود بنية غير ثابتة. أما في وجود بنية جيدة فإن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تصل إلى حوالي 85% من ماء المطر وحتى درجة انحدار 17% مما يقلل من فرص حدوث الانجراف المائي Irvem (2010)، وهذا ما أكده نحال ودرمش (1986) حيث وجدا أن المجمعات الترابية الكبيرة والثابتة تجعل التربة أكثر صعوبة على الفصل والنقل كما تجعلها أقل نفوذية للماء. وإن الأتربة جيدة التحبب الطينية تسمح بمعدل حركة للماء أسرع من تلك الضعيفة التحبب ذات نفس القوام.
- **بناء التربة:** يحدد البناء طريقة ارتباط حبيبات التربة مع بعضها ويحدد مسامية التربة وحجم المسام التي تؤثر بدورها على معدل رشح الماء في التربة، وتزداد مقاومة التربة للانجراف بزيادة التجمعات الترابية

الثابتة التي يزيد قطرها عن 0.25 مم، وهي تكثر في الترب الغنية بالطين والمادة العضوية والتي يكون معقد ادمصاصها مشبعاً بالكاتيونات الثنائية Chowdary وآخرون (2012).

- **محتوى التربة من المادة العضوية وكربونات الكلسيوم:** تؤدي المادة العضوية دور محوريا" في زيادة مقاومة التربة للانجراف المائي، حيث تقوم بربط حبيبات التربة في تجمعات ترابية كبيرة وثابتة وتزيد من مسامية التربة Joseph وآخرون (2008). مما يساعد على تحسين بناء التربة، وبالتالي زيادة إنتاجية التربة بالإضافة إلى أن المادة العضوية تساعد في عملية التبادل الكاتيوني وتحسن نمو جذور النبات، وزيادة الكائنات الحية في التربة Wardle وآخرون (2004).
- يؤدي انخفاض نسبة المادة العضوية في التربة إلى انخفاض المسامية وزيادة في الكثافة وتناقص معدل الرشح والتوصيل الهيدروليكي Tisdall وOades (1982) خصوصا" ضمن ظروف منطقة البحر الأبيض المتوسط شبه الجافة، مما يؤدي إلى زيادة معدل الجريان السطحي وانجراف التربة في الظروف المطرية الشديدة.
- تشكل القشرة السطحية للتربة: إن الترب ذات المحتوى العالي من الطين أو المحتوى اللومي (لا تقل نسبة الطين عن 20%) هي الأكثر عرضة لتشكل القشرة من الترب الرملية الخشنة.
- **المحتوى الرطوبي للتربة:**

يؤثر المحتوى الرطوبي للتربة على معدل التسرب والجريان السطحي وبالتالي انفصال وانجراف التربة بشكل كبير، لأن المحتوى المنخفض لماء التربة قبل حدوث العاصفة المطرية يجعل التجمعات الترابية الجافة هوائياً أكثر عرضة للتفريق من التجمعات الرطبة لأن الترطيب السريع للتجمعات الجافة تؤدي إلى تحرر سريع لحرارة الترطيب وحصر الهواء مؤدياً إلى تفكك أسرع مما هو عيه بالتجمعات الرطبة وبالتالي يشجع انفصال التربة بواسطة تأثير قطرة المطر ونقلها بواسطة الجريان السطحي Le Bisssonais وArrouays (1997).

- **الخصائص الهيدروليكية للتربة:** تعد دراسة الخصائص الهيدروليكية للتربة وتوزعها ضمن المسقط المائي، ذو أهمية، إذ تكون دليلا" لحركة الماء في التربة، فضلاً عن تأثيرها بشكل مباشر على عملية الجريان السطحي، والذي يعد المسبب الرئيس لانجراف التربة (Dongli وآخرون، 2010).

أشار الباحثون El Garouani وآخرون (2005) في دراسة لهم أجريت بالمغرب لتقييم الانجراف المائي وتحديد الرشح في المساقط المائية وجود علاقة ارتباط عالية بين معدل الرشح وكمية التربة المفقودة، وقد بين النائب (2005) أن تحسين الخصائص الهيدرولوجية للتربة عن طريق الإدارة الملائمة لها تعمل على

الحد من انجراف التربة ومن فقد العناصر الغذائية، وذلك بتخفيف الجريان لسطحي للمياه والمحافظة على نوعية التربة وديمومة قابليتها للزراعة.

4. **الغطاء النبتي:** يؤدي الغطاء النبتي دورا" كبيرا" في حماية التربة من الانجراف فهو يخفف من حدة التصادم الحاصل بين قطرات المطر وسطح التربة، ويمد التربة بالمخلفات النباتية التي تتحول فيما بعد إلى مادة عضوية تربط بين حبيبات التربة مع بعضها في تجمعات ثابتة وتحسن من مسامية التربة وتزيد من خشونة سطح التربة فيقل الجريان السطحي، كما أن جذور النباتات ولا سيما أشجار الغابة تثبت حبيبات التربة وتمنعها من الانجراف Estoque و Murayama (2011)، وتؤدي إزالة الغطاء النبتي كما في قطع أشجار الغابات والرعي الجائر والحرائق وكذلك الممارسات الزراعية الخاطئة كالحراثة باتجاه المنحدر وغير ذلك إلى زيادة الانجراف بشكل كبير Fadhil (2009).

يأتي الغطاء النبتي في مقدمة أساليب صيانة التربة لما له من تأثير فعال (سواء كان حراجيا" أو محاصيل زراعية أو مراعي طبيعية) في مقاومة شدة الهطل المطري، ويعتبر أقل كلفة بالمقارنة مع طرائق صيانة التربة الأخرى. وتعد الغابات المتوازنة من أفضل أنواع الغطاء النبتي في صيانة التربة ومقاومة الانجراف المائي خاصة في الأراضي الشديدة الميول حيث يشكل مجموعها الخضري الكبير مظلة واقية للتربة من خطر الهطولات المطرية القوية والشديدة، كما يقوم مجموعها الجذري الذي يتعمق داخل التربة إلى مسافات كبيرة بمسك التربة النائب (2005).

يعد الحفاظ على غطاء نبتي كافي أهم طريقة للحد من الانجراف المائي للتربة، وقد أظهرت الدراسات أن زيادة 20-30% في الغطاء الأرضي ستقلل الانجراف وبشكل مثالي بنسبة 80-90% عبر مجموعة من أنواع التربة واستخدامات الأراضي Freebarin وآخرون (2009).

5. **استعمالات الأراضي:** تزيد بعض الأنشطة البشرية فعالية الانجراف المائي، نذكر منها: الرعي الجائر، قطع الغابات، حراثة الأراضي باتجاه الميل، عدم وجود دورة زراعية، اتباع دورة تكنولوجية زراعية خاطئة تؤدي إلى تدهور الغطاء النبتي والأراضي، الإضافات الخاطئة للأسمدة المعدنية، الإدارة الخاطئة واتباع طرائق زراعية غير صحيحة. الحراثة التقليدية. إلى جانب ذلك هناك أنشطة بشرية إيجابية تسهم في إيقاف الانجراف المائي نذكر منها: الحراثة وفق الكنتور والابتعاد عن الحراثة باتجاه الميل واضافة الأسمدة العضوية والمعدنية، استصلاح الأراضي الغدقة والمالحة والقلوية- إضافة الجبس والمركبات الكيميائية المساعدة على زيادة درجة التحبب. العسكر والمسبر (2018).

2-3- أشكال الانجراف المائي للتربة:

- **الانجراف الصفائحي** Sheet erosion: يحدث هذا الشكل من الانجراف في الترب ناعمة القوام منتظمة الميل ويكون مقدار الانجراف متماثل على كامل سطح التربة، ويسبب إزالة الطبقات السطحية الخصبة ويؤدي إلى تقليص قطاع التربة. وقد أظهرت دراسة قام بها الباحثون Hazwani وآخرون (2013) في ماليزيا إلى أنّ الانجراف الصفائحي من أهم الأسباب التي أدت إلى انخفاض عمق التربة وتدهور خصائصها الفيزيائية والكيميائية.
- **الانجراف المائي الجدولي (الانجراف بالأخاديد الصغيرة)** Rill erosion: يحدث هذا الشكل من الانجراف بعد هطول الأمطار حيث تتشكل على **الأراضي** المنحدرة في البداية جداول مائية صغيرة مختلفة الشدة لا تلبث أن تتجمع في سواقي أكبر رئيسية في أسفل منطقة التجمع وتسبب ظهور ظاهرة الأخاديد الصغيرة في التربة يصل عمقها (50-100) سم. ونتيجة للقوة الكبيرة للانجراف المائي الناتج عن تركيز التيار المائي في حيز ضيق فإنّ هذا النوع من الانجراف يمكن أن يكون مسؤول عن ضياع معظم التربة من المنحدرات، كما أنه لا يقتصر ذلك على حت التيار المائي في الأخدود نفسه وإنما يتعداه إلى نقل مواد التربة التي يتم انتزاعها من المسافات المتواجدة بين الأخاديد (interrill) ونقلها إلى تلك الأخاديد بمياه الجريان السطحي أو بفعل قطرات المطر الهاطلة، فقد وجد أن نصف مواد التربة المزاحة من المسافات المحصورة بين الأخاديد يتم نقلها إلى تلك الأخاديد حيث تواصل مسيرها باتجاه أسفل المنحدر Gabriels وآخرون (1977). وكلما ضاقت هذه المسافة وزاد تركيز شبكة الأخاديد كلما زاد خطر هذا النوع من الانجراف، بينما اتساع هذه المسافة يعطي أهمية أكبر للانجراف بمياه الجريان السطحي. وسيركز في هذه الدراسة على هذا النوع من الانجراف.
- **الانجراف المائي الأخدودي** Gully erosion: يمكن لمياه السيول أن تحدث أخاديد يصل عمقها إلى أكثر من 100 سم وتصبح العمليات الزراعية مستحيلة وغير ممكنة لزيادة وعورة سطح التربة. وهو من أخطر أشكال الانجراف المائي. العسكر والمسبر (2018). يتسبب الانجراف المائي الأخدودي بتحطيم بناء التربة، وهو المسؤول عن انخفاض القدرة الإنتاجية لها في مناطق واسعة من العالم، اذ تشكل مساحة الأراضي المتأثرة بهذا الشكل من الانجراف 25% من المساحة الكلية لهنغاريا Kertész و Gergely (2011).

2-4- الأضرار الناجمة عن الانجراف المائي:

يسبب الانجراف المائي أضراراً كبيرة يتركز بعضها في نفس الموقع، ويسمى بالتأثير الموضعي للانجراف on-site effect إذ تفقد التربة والعناصر الغذائية ويتهدم البناء، ويتغير القوام فتنخفض سماكة مقطع التربة، وبالتالي تنخفض انتاجيتها بسبب ضياع جميع مقومات هذه الإنتاجية Rouxa وآخرون (2007)، وأجرى الباحثان Kefi وYoshino (2010) دراسة لتقدير أثر الانجراف المائي للتربة على الإنتاجية الزراعية داخل وخارج المساقط المائية وذلك لدراسة التأثيرات البيئية في أحد المساقط المائية بتونس، وبينت الدراسة إمكانية إدارة الوضع البيئي للمساقط المائية من خلال دراسة العوامل البيئية المؤثرة في عملية انجراف التربة بمساعدة التقانات الحديثة. وقد تتجاوز الأضرار الموقع إلى مناطق بعيدة عن مكان حدوثه، وهذا ما يسمى بالتأثير السلبي للانجراف خارج الموقع off-site effect فيعمل على تلويث المسطحات المائية، إذ تصل نواتج انجراف التربة إلى الأحواض المائية المغلقة وتسبب ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication، فتفقد تلك الأحواض المائية أهميتها الحيوية والصناعية Baban وآخرون (2011). وقد أشار بعض الباحثين إلى الخطر الذي قد يلحق بالمسطحات المائية بسبب انجراف التربة، ووجهوا النداء إلى أصحاب القرار لاتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية تلك المسطحات من خطر التلوث Najm وآخرون (2013).

2-5- الانجراف المائي في حوض البحر الأبيض المتوسط:

تعزى معدلات الانجراف العالية التي تحدث في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط إلى النظام المناخي Lagbein و Schumm (1958) وإلى ضعف الغطاء النبتي الموجود عموماً. حيث أظهرت العديد من الدراسات أن التغير في كميات الجريان السطحي والعائد من الرواسب في أحواض الصرف يعزى إلى التغير في الغطاء النبتي، وإدارة استعمالات الأراضي Bryan وCampbell (1986).

تقتصر مناطق البحر الأبيض المتوسط الشاسعة المزروعة بالمحاصيل البعلية مثل الحبوب والكروم والزيتون بشكل أساسي على الأراضي الجبلية ذات التربة الضحلة والحساسة للانجراف، وتعد كمية الهطل وشدته وتوزيعه من العوامل الرئيسية المحددة لإنتاج الكتلة الحيوية من الحبوب Kosmas (1993). تصبح هذه المناطق عرضة للانجراف بسبب انخفاض حماية الغطاء النبتي في تقليل شدة الأمطار الفعالة على

سطح الأرض Faulkner (1990)، انخفاض معدل النفاذية الناتج عن الضغط من الآلات الزراعية Fullen (1985)، وتشكيل القشرة السطحية Casenave وValentin (1992).

في ظل التغيرات السريعة لكلا من المناخ واستعمالات الأراضي تظهر أهمية مراقبة وتقييم الانجراف المائي للتربة على المستوى المتوسطي وكذلك استخدام نهج موضوعي يمكن من تزويدنا بتقييم التكاليف الإجمالية منسوبة للانجراف تحت الشروط الحالية والمستقبلية والمساحات المحددة بموضوعية والتي تحتاج إلى دراسة مفصلة أكثر وتحتاج إلى إجراءات علاجية مستعجلة Antoni وآخرون (2006).

قام عدد من الباحثين في عدد من بلدان البحر الأبيض المتوسط وبغرض تقييم الانجراف المائي بتجهيز عدد من المساقط المائية بتجهيزات حقلية من (محطات مناخية، تجهيزات لقياس الجريان السطحي، تجهيزات لقياس الرسوبيات المحمولة بالجريان) Raclot وآخرون (2010).

يمثل الانجراف المائي في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط مشكلة خطيرة تواجه القطاع الزراعي وذلك بسبب تراجع مساحة الأراضي المزروعة، والانحسار التدريجي للغابات بالإضافة للأمطار الغزيرة التي تهطل بكميات كبيرة خلال فترات قصيرة وتدني درجة ثباتيه بناء التربة، علماً أن عمليات تشكل التربة بطيئة جدا" وتحدث بمعدل (0.1-0.01) مم/سنة، معتمدة على الوضع الجيولوجي والظروف البيئية Stockmann وآخرون (2011).

ويعد من أهم مسببات تدهور التربة في حوض البحر الأبيض المتوسط الانحدارات الشديدة، انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية وبالتالي انخفاض ثباتيه البناء فضلاً عن الهطولات المطرية العالية Novara وآخرون (2011).

2-5-1- الانجراف المائي في فرنسا:

أوضحت دراسة أجريت في (Roussillon، فرنسا) تأثير طبيعة الغطاء النبتي على الانجراف المائي للتربة، حيث وجد بأن تربة كروم العنب تكون أكثر عرضة للأمطار لأنها لا تغطي بالكامل التربة العارية، كما وتؤثر الممارسات الزراعية المختلفة مثل الحراثة وتطبيق مبيدات الأعشاب على قدرة نفاذية التربة حيث في مزارع العنب في Roussillon عادة ما يتم حرث التربة مرتين في الربيع وتخضع لعلاج مبيدات الأعشاب سنوياً. حيث وجد أن كمية الانجراف كانت 4.6 طن/هكتار/سنة. وكان الانحدار بين (5-10) %. ووصلت نسبة الجريان السطحي إلى 30.8% من متوسط الهطل والذي بلغ 582 مم C.Kosmas وآخرون (1997)، كما وبين أن الجمع بين العواصف المطرية ووجود قشرة على سطح التربة يؤدي إلى

زيادة الجريان السطحي. وتعتبر تشكل قشرة على سطح التربة عاملاً رئيسياً في حدوث الجريان السطحي والانجراف المائي في فرنسا.

2-5-2- الانجراف المائي في سورية:

يعتبر الانجراف المائي أحد المشاكل الرئيسية في أماكن عديدة من القطر العربي السوري، إلا أن المنطقة الساحلية وخاصةً الجبلية منها تعتبر الأكثر تعرضاً لهذه المشكلة على مستوى القطر، حيث الهطلات المطرية العالية، وتكرار حدوث العواصف الرعدية الشديدة، ونموذج الهطل السائد والمدعو بالانهمار، والمنحدرات الطويلة والشديدة، إضافة لحساسية التربة الناتجة عن النشاطات البشرية الخاطئة، والانتهاكات والتعديات على الغابات وغيرها من الممارسات البشرية والتي أسهمت في رفع معدلات الانجراف كالاستغلال الجائر لهذه التربة وخاصةً خلال العقدين الأخيرين حيدر (2009).

كما أكدت بعض الدراسات أن انجراف التربة في المناطق الساحلية السورية بلغ بين 50 و200 طن للهكتار، بسبب تدهور الغطاء النبتي الذي يحمي التربة في المناطق شبه الرطبة. من خلال دراسة تأثير النسيج لبعض الترب السورية اتضح أن التربة المحتوية على 40-60% سلت هي أكثر قابلية للانجراف، وفي نفس الوقت فإن قدرة التربة الرملية على رشح الماء خلال طبقاتها تقلل من قيم الجريان السطحي، ومن ناحية أخرى الترب الطينية تتميز بانخفاض معدل الرشح، فضلاً عن طبيعة الطبقة التحتية التي تعيق الرشح، وبالتالي تصبح هذه التربة قابلة للانجراف المائي خاصةً في وجود بناء غير ثابت كما هو الحال في منطقة الشيخ بدر (تربة ثقيلة القوام)، أما في وجود بناء جيد فإن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تصل إلى نحو 85% من ماء المطر وحتى درجة انحدار 17% مما يقلل من فرص حدوث الانجراف المائي لذا فإن عملية الانجراف المائي تفقد التربة مصادرها الرئيسية للخصوبة لذا من الضروري الانتباه لهذا الجزء الناعم من التربة لحفظ التربة وصيانتها من التدهور والانجراف سلوم (2012).

أجريت دراسة في منطقة حمام واصل بمحافظة طرطوس لدراسة تأثير عمليات تحضير التربة وإدارة مخلفات المحاصيل في الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة في تربة طينية لا يزيد انحدارها عن 15% باستخدام ثلاثة أنماط زراعية، تبين أن عينات التربة المنجرفة ولا سيما في معاملة الزراعات التقليدية احتوت نسبة عالية من الحبيبات الناعمة ومن المادة العضوية (8.1)%. وأن وجود 50% من بقايا محصول القمح على سطح التربة، خفض كمية التربة المفقودة بنسبة 67%، مقارنة بمعاملة الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة حسن (2015).

وفقاً لما جاء في دراسة Abed (2000)، فإن انتشار خطورة الانجراف تحدث على الجبال العالية الشرقية والشمالية في محافظة اللاذقية حيث توجد الجبال الجرداء والهطل المطري الغزير، والمنحدرات الشديدة، تقع هذه المناطق بالقرب من صلنفة وفي مناطق متفرقة كشمال مدينة ربيعية وجنوب غرب منطقة كسب، حيث تصل معدلات الانجراف إلى (275) طن/هـ/سنة. أما بالنسبة للمناطق الأخرى التي تعاني من مشاكل الانجراف فهي الأراضي الجرداء التي تقع إلى الشمال والجنوب من مدينة القرداحة، بينما معدل الانجراف في منطقة السهل الساحلي يتراوح بين (0–50) طن/هـ/سنة، أما في الجبال الشمالية يتراوح المعدل بين (10–70) طن/هـ/سنويا.

2-6- طرائق وأدوات تقدير وقياس الانجراف المائي:

إن التأثيرات السلبية الكبيرة لانجراف التربة والمتمثلة بتدهور الأراضي، وانخفاض الإنتاجية الزراعية، وتدني نوعية الماء، والنظام الهيدرولوجي والبيئي، تم التأكيد عليها في دراسات كثيرة كونها من المشاكل التي تهدد استمرار البشرية، لكن تقدير كمية التربة المفقودة غالبا" صعب بسبب التداخل المعقد للعوامل التي تؤثر على انجراف التربة كالمناخ، الغطاء الأرضي، التربة، الطبوغرافية، والنشاطات البشرية. ولإدراك الباحثين بأن إيجاد الطرائق اللازمة لصيانة التربة وحمايتها من الانجراف المائي للتربة يحتاج إلى معرفة معدلات الانجراف، ويتطلب دراية بالعوامل المسببة له، مما دفعهم لاستخدام الطرائق الكمية التي اعتمدت على التجارب الحقلية في تقدير كميات التربة المفقودة باستخدام الأحواض، وقد أعطت تلك التجارب الحقلية نتائج جيدة، كما أعطت فكرة عن التداخل الكبير والمعقد بين العوامل المسببة للانجراف Wischmeier وآخرون (1971). ولكنها تحتاج إلى بذل الكثير من الجهد والوقت. لذا بدأ البحث خلال العقدين الأخيرين من القرن الماضي عن طرائق مساعدة للتجارب الحقلية تكون قادرة على التنبؤ بمعدل الانجراف المائي للتربة وقابلة للتطبيق على نطاق واسع، وبدأت بذلك مرحلة جديدة من البحث اعتمدت على الطرائق الرياضية Sadegzi وآخرون (2009). كانت أولها المعادلة الرياضية للتنبؤ بمعدل الانجراف والتي وضعها العالم الأمريكي Zing عام 1940. ثم عدلت هذه المعادلة عام 1965 من قبل Simth وWischmeier لتشمل أراضي المحاصيل، وبمساعدة Foster وDissmyere تم تطويرها لتصلح لجميع الأراضي، ونشرت بشكلها النهائي عام 1978 مطلقا" عليها تسمية المعادلة العالمية لفقد التربة USLE (Universal Soil Loss Equation). غير أن استخدام التقانات الحديثة مثل تقانة نظم المعلومات

الجغرافية ودمجها مع بعض النماذج، سهل وساعد في عملية التنبؤ بكميات التربة المفقودة Mbugua (2009).

أجريت العديد من الدراسات التي أجريت في عدد من مناطق العالم فمنها التجريبي لقياس كميات التربة المنجرفة وتقييم الانجراف ومنها باستخدام النمذجة الرياضية.

وفقاً لـ De Roo و Jetten (1999) فإن النتائج الكمية المتعلقة بمعدلات فقدان التربة واستراتيجيات الحفظ لا تتوفر عادةً للمناطق التي تعاني من مشاكل الانجراف. ومع ذلك، فإن تقييمات الانجراف الكمي والاستراتيجيات المحتملة لإدارة الأحواض ضرورية لكل من التخطيط المحلي والوكالات الحكومية المرتبطة بالتنمية المستدامة، وبالتالي، فإن نماذج محاكاة الانجراف، وخاصة النماذج الموزعة، مفيدة لتقييم الاستراتيجيات المختلفة لاستخدامات الأراضي وتحسين إدارة التربة في هذه الأحواض.

2-6-1- النماذج وأنواعها:

لا يوجد تعريف محدد ومتفق عليه بين كافة الدارسين والاختصاصيين للنموذج model أو المعادلة الرياضية. فهناك العديد من التعاريف لكلمة نموذج لتدل على مجموعة من المعادلات الرياضية التي تحول نظام معقد مثل (التربة) بمجموعة من المدخلات (هطول مطري، درجات حرارة وممارسات زراعية) إلى مخرجات (معدلات تدفق) سواء كانت سائلة (جريان سطحي) أم صلبة (تربة منجرفة ورواسب). Thomas و Hugget (1980) ، وقد يكون النموذج تطبيقي أو تجسيمي، وبذلك تكمن فائدة تطبيق النماذج في المساعدة في فهم سلوك النظام القائم على العديد من العناصر المعقدة والمتداخلة فيما بينها والتي لا يمكن تناولها بصورة متجزئة في العالم الحقيقي، ورغم المعاني المتعددة للنماذج وأغراضها المتباينة نجدها في نهاية الأمر عبارة عن تركيب مبسط للواقع، يهدف إلى تجسيد وتمثيل العالم الحقيقي كما يشاهد، مما يساعد على فهمه ودراسته والتعرف على سلوكه منذ أوائل العام 1960 كان هناك تقدم واضح في تركيب المعادلات الرياضية والنماذج وذلك كمنهج وتقنية تستخدم في العديد من الدراسات وأغراض البحث العلمي بصورة عامة وعلوم الدراسات المكانية على وجه الخصوص مثل: دراسات الطقس والمناخ، ودراسات المياه السطحية والجوفية والإنتاج الزراعي، ودراسات تدهور التربة، ودراسات خصائص باطن الأرض، ودراسات نمو المدن وتمددها وإدارة مرافقها. وعلى الرغم من صعوبة نمذجة انجراف التربة، بسبب التداخل المعقد بين العوامل المؤثرة على الانجراف، فقد وضعت العديد من النماذج والتي كان الهدف منها إما القدرة على التنبؤ أو التفسير لهذه الظاهرة التي استخدمت في تقييم خطورة الانجراف وذلك نتيجة الجهود الكبيرة التي بذلت من أجل تطوير نماذج انجراف التربة.

بناء على طبيعة ونوعية البيانات المستخدمة في بناء النموذج والدراسة التي يتم فيها تطبيقه يمكن تصنيف النماذج والمعادلات الرياضية التي تستخدم في دراسة الظواهر المكانية للمجموعات التالية:

المجموعة الأولى:

- النماذج الشمولية (Lumped models): يتضمن النموذج عدد من الخصائص التي تعد ثابتة تحت ظروف معينة، وفي النماذج الشمولية تؤخذ قيم متوسطة لهذه الخصائص بحيث تأخذ كل خاصة قيمة ثابتة لكامل المسقط. يتطلب هذا النوع من النماذج بيانات محدودة ليتم تطبيقها على الأحواض المائية من أكثرها شيوعاً نموذج تحديد الوحدة الهيدروغرافية Unit hydrograph وعنصر تتبع الأمطار والتبخر وبيانات تدفق المجاري Jacke Man و Hornberger (1993).
- النماذج التوزيعية (Distribution models): تأخذ هذه النماذج التغيرات المكانية للخصائص بعين الاعتبار، حيث يتم فيها التوزيع المكاني لقيمة كل خاصة على عكس النماذج الشمولية، فإن النماذج التوزيعية تتطلب قدراً كبيراً من البيانات. ووفقاً لـ Beven (2001) تعتبر النماذج التوزيعية كواحدة من النماذج الهيدرولوجية عالية الدقة بالتنبؤ، وذلك كونها تقسم الحوض المائي إلى عدد من المساحات الشبكية (grid square). ومن أشهرها نذكر Soil Water Assessment Tool (SWAT).
- يوجد نماذج تجمع النموذجين السابقين معا وتدعى نماذج شبه توزيعية (Semi-distributed models) حيث يتم تقسيم المسقط المائي إلى مساقط جزئية يطبق النموذج الشمولي عليه دون المساقط الجزئية الأخرى.

المجموعة الثانية:

- النماذج العشوائية stochastic models: يستخدم هذا النوع من النماذج في بناء ودراسة العلاقة بين البيانات المتوفرة لاستنتاج بيانات عن خصائص ظواهر أخرى لم تكن متوفرة من قبل، مثال ذلك استخدام عامل الارتباط أو العلاقة المتبادلة بين الكثافة السكانية ودرجة تكثيف الزراعة في استخدام الأرض الزراعية. هذه النماذج التي لا تعطي دائما نفس المخرجات مقابل نفس المعطيات لذلك تدعى بالنماذج العشوائية (غير المحددة).
- النماذج المحددة (Deterministic models) تعطي هذه النماذج بشكل دائم نفس المخرجات لنفس المعطيات.

المجموعة الثالثة:

- نماذج تعمل لعاصفة مطرية واحدة (One event-based models).

- نماذج مستمرة (Continuous models): تعمل هذه النماذج بشكل مستمر مع الزمن ولأكثر من عاصفة مطرية متتالية.

المجموعة الرابعة:

- النماذج الثابتة (Static models): تستخدم هذه النماذج في دراسة العلاقة بين عناصر الظواهر المكانية واستخراج بيانات إضافية من واقع مقارنة البيانات المتعلقة بتلك العناصر التي تم تجميعها وتحليلها.
- النماذج المتحركة dynamic models: تعتمد هذه النماذج على المعرفة بالعوامل والعمليات التي تتم في الظاهرة المكانية مثل التربة والمياه والغطاء النبتي وتفاعل العناصر والعوامل المختلفة.

المجموعة الخامسة:

- النماذج المبنية على القوانين الفيزيائية(physically based models) : تقوم هذه النماذج على قوانين حفظ الكتلة والطاقة التي تتحكم في الظواهر، وتعتمد على الفهم الفيزيائي للعمليات المعنية بالظاهرة المدروسة، وتستخدم المعادلات التفاضلية (معادلات الاستمرارية) لوصف التوازن لكتلة الرواسب الخارجة من المنحدر hillslope ويذكر منها مشروع التنبؤ بالانجراف المائي WEPP (Water Erosion Prediction Project) والنموذج المطور عنه GeoWEPP.
- النماذج التجريبية empirical models: تقوم هذه النماذج على التجريب أو الخبرة المكتسبة من الدراسات والبحوث السابقة على المستوى العام أو في منطقة محددة، لقد ظهرت بعض المحددات في تطبيق هذا النوع من النماذج والتي تعيق استخدامها كالحاجة إلى توفر بيانات دقيقة عن خصائص الظواهر والعوامل التي تتحكم فيها، وتعد المعادلة العالمية للتنبؤ بدرجة فقد التربة بالانجراف المائي universal soil loss equation (USLE) من أشهر أنواع النماذج التجريبية. والمعادلة المعدلة Renard (RUSLE) وآخرون (1996). والنموذج EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) نموذج حساب تأثر الإنتاجية بالانجراف. (Van Keulen وWolf، 1987; Foster وLane، 1977; Beasly وآخرون، 1977; Arnoldus، 1977)

لقد أصبحت النماذج والمعادلات الرياضية أحد المناهج والطرائق والأسس التي يعتمد عليها البحث في الدراسات المكانية في دراسة الظواهر الطبيعية والبشرية وما ينتج عن التفاعل بينها. وسيتم في هذه الدراسة استخدام النموذج الفيزيائي الهيدرولوجي الموزع مكانياً GeoWEPP.

2-7- الدراسة المرجعية حول استخدام نموذج GeoWEPP:

تم تطوير العديد من الأدوات في أواخر القرن العشرين محاولة للتنبؤ بكميات الانجراف، من هذه الأدوات نموذج WEPP و GeoWEPP للعمل سوياً، بهدف تزويد المستخدم بالمعلومات الضرورية والمخططات اللازمة لتحديد المساحة الأكثر عرضة للانجراف ضمن المسقط المائي، GeoWEPP & WEPP نماذج فيزيائية تقوم بحساب الجريان السطحي والانجراف المائي للتربة من خلال خوارزميات ومعادلات رياضية. يتعامل النموذج WEPP مع منحدر (hillslope) أو عدة منحدرات يتم تمثيل كل مساحة متشابه منها بمضلع (polygon) توصف كل منها بغطائها النباتي، طبيعة التربة وميلها وخصائصها المناخية. بينما نموذج GeoWEPP المطور عن النموذج WEPP يأخذ المسقط المائي كشبكة مؤلفة من مساحات صغيرة كل مساحة يتم توصيفها من حيث الميول، التربة، الغطاء النبتي والخصائص المناخية، هذه المساحة تصب في مساحة أخرى أو العكس، في نموذج GeoWEPP يتم تقدير الجريان التراكمي والانجراف والترسيب التراكمي وبدقة أكبر ولكن يتطلب ذلك توفر بيانات أكثر دقة وتفصيل.

تم تطوير النموذج GeoWEPP عن WEPP من خلال ادخال تحسينات على النموذج، بحيث يعمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS وذلك باستخدام اللاحقة (extension)، بمساعدة النموذج الأساسي WEPP وبرمجية TOPAZ وNET Framework. وتم تجريب النموذج على العديد من مناطق الولايات المتحدة الامريكية، ثم تم استخدامه في مناطق أخرى من الولايات الامريكية لتقييم أدائه بمقارنة نتائج المحاكاة باستخدام النموذج مع القيم الحقلية، حيث أظهرت النتائج كفاءة وفعالية النموذج، وبذلك تم اعتماده ليصبح نموذجاً أساسياً لدراسة الانجراف المائي والجريان السطحي ومحصلة الراسب في الولايات المتحدة الأمريكية، ولاحقاً تم وضعه في الاستخدام العالمي، ولقي استحسان من قبل الكثير كأداة فعالة في تقدير الانجراف المائي. وفيما يلي نسلط الضوء على أهم الدراسات والأبحاث التي استخدم فيها النموذج GeoWEPP:

قام كلاً من Kharistya وNorifumi (2018) بدراسة قابلية تطبيق النموذج GeoWEPP في المستجمعات المائية الجبلية Agatsuma في اليابان للكشف عن الأضرار الناجمة عن الترسيب في المنطقة، من أجل تمكين اتخاذ إجراءات صيانة سريعة، وذلك من خلال مقارنة نتائجها مع بيانات الرصد الميداني، أظهرت النتائج فعالية النموذج GeoWEPP في تقييم محصلة الرواسب في مستجمعات المياه الجبلية. كما أكد Nigus D. Melaku (2018)، على فعالية النموذج GeoWEPP في التنبؤ بكمية

الجريان السطحي والعائد من الرواسب في المرتفعات الجبلية في شمال اثيوبيا، حيث كانت نتائج المحاكاة والقيم الحقلية مرضية متقاربة.

أشار محمد (2016) أن النموذج WEPP فعال إحصائياً في تقدير كميات التربة المنجرفة مقارنة بالقيم الحقلية، حيث تراوحت قيمة NSE بين 0.5 و0.97 باختلاف الميل (8% أو20%) في دراسة أجراها في منطقة الشيخ بدر، بينما أظهر النموذج فاعلية منخفضة في تقديره للجريان السطحي حيث لم تصل قيمة NSE إلى القيم الحدية لاعتماده.

أجريت دراسة في جنوب الصين باستخدام النموذج GeoWEPP لمحاكاة أربعة استعمالات نموذجية للأراضي (غابات، أراضي زراعية، بساتين، أراضي بور) لتقييم آثارها على انجراف التربة، وأشارت النتائج إلى أداء جيد للنموذج في تقدير محصلة الرواسب، وكانت الأراضي الزراعية هي الأكثر مساهمة في انجراف التربة، لذلك فالتخطيط المناسب لاستعمالات الأراضي ذو أهمية كبيرة لصيانة التربة. Zhanyu Zhang وآخرون (2015).

بين جسار (2014) عند دراسة الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر باستخدام نموذج GeoWEPP إلى أن كمية التربة المنجرفة ترتفع في بعض المناطق إلى 35.1 طن/هـ/سنة وفي مناطق أخرى يقل هذا المعدل ليصل إلى 0.8 طن/هـ/سنة، وأن المناطق الأكثر عرضة للانجراف هي المناطق الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة والتي أطلق عليها المناطق غير المستقرة وتمثل ما نسبته 38% من المساحة الكلية.

أظهر Alhassan Abubakari (2014) فعالية النموذج GeoWEPP في الكشف عن المناطق الحساسة للانجراف المائي والجريان السطحي عندما قام باستخدام GeoWEPP لمحاكاة تأثير التغير في استعمالات الأراضي على الانجراف المائي والجريان السطحي في حوض خزان تونو (المنطقة الشرقية العليا لغانا) لثلاثة سيناريوهات لاستعمالات الأراضي للأعوام 1991-2005-2013 وأظهرت النتائج تغير كبير في الغطاء الأرضي حيث انخفضت مساحة الأراضي الشجيرية بنسبة 8%، وزادت مساحة الأراضي الزراعية المحروثة بنسبة 9.1%. أدى ذلك إلى تراكم الطمي في الخزان وانخفاض في سعته التخزينية بنسبة 1.74% سنوياً. وأن الانجراف الذي يحدث في الأراضي الزراعية يتم ترسيبه في المناطق المنخفضة.

كما قام كلاً من Flanagan وآخرون (2012)، بتطوير مدخلات النموذج GeoWEPP من خلال دراسة بعنوان التطبيق المكاني لنموذج مشروع التنبؤ بالانجراف المائي للتربة (الخرائط الطبوغرافية، DEM، ملفات التربة، المناخ، الادارة)، بحيث تكون متوفرة وبصورة أكثر قابلية للاستفادة، اضافةً لواجهات نظم

المعلومات الجغرافية ArcGIS، بهدف الاستفادة أكثر من النموذج، ولا يزال العمل جاريا من أجل توسيع هذه الأدوات لتسمح للمستخدمين للتخصيص المدخلات الخاصة بهم عن طريق الإنترنت وربط GeoWEPP مع نظام GIS من خلال شبكة الإنترنت.

أظهر Reis.M وآخرون (2012) دور أساليب الصيانة الملائمة في حماية التربة من التدهور من خلال تطبيق النموذج GeoWEPP على نوعين من الأراضي في حوض كرمان مراس Kahramanmaras Keklik في تركيا، النوع الأول أرض تم فيها إجراء الصيانة كالتشجير والأخرى لم يتم فيها أي إجراء صيانة والتي كانت تتعرض لرعي الجائر.

أجريت دراسة في منطقة مزار القطرية في اللاذقية، لتقييم نموذج WEPP من خلال مقارنة قيم معدلات الانجراف المائي والجريان السطحي التي قدرها النموذج مع تلك التي تم الحصول عليها من الأحواض التجريبية. أظهرت النتائج بان نموذج WEPP قد قدر بشكل جيد الجريان السطحي بينما أبدى كفاءة أقل في تقدير كمية التربة المنجرفة (حيدر، 2009).

أجرى Ahmadi واخرون (2008) دراسة في ايران بعنوان: نمذجة الجريان السطحي ومحصلة الراسب في البيئات النصف قاحلة، بهدف تقييم كفاءة النموذج GeoWEPP للتنبؤ بالجريان السطحي ومحصلة الراسب على نطاق مصب مائي في منطقة نصف قاحلة–أورزان، أشارت نتائج المقارنة بين القيم المقدرة باستخدام النموذج والقيم الحقلية بكفاءة النموذج GeoWEPP في التنبؤ بمحصلة الراسب وحجم الجريان السطحي، حيث كانت القيم المقدرة والقيم الحقلية متقاربة جداً، ولكن يفتقر النموذج GeoWEPP لبيانات الادخال لتشغيله والتي تُشكل تحدي هام في شروط إيران بشكل خاص، والمناطق النصف قاحلة بشكل عام. وفي عام 2006 قام Baigorria وآخرون، بإضافة اللاحقة GEMSE، من أجل التكامل بين برنامج نظم المعلومات الجغرافية والنموذج GeoWEPP، لتقييم الانجراف المائي للتربة في الأماكن الساخنة في المسقط المائي Andean في أمريكا. أظهرت الرسوم التوضيحية الناتجة عن محاكاة الجريان السطحي والتربة المنجرفة بأن التوزع المكاني لهذه العمليات مع هذه الرسوم لا يعطي إجمالي الجريان السطحي والتربة المنجرفة على مستوى المسقط المائي، ولكنها تستخدم لتمييز المناطق الساخنة التي تساعد صناع القرار من تقديم التوصيات والمخططات للمحافظة على التربة والمياه. ميزة إيجابية لاستخدام النموذج أكدها YÜKSEL وآخرون (2006) من خلال دراسة الانجراف المائي للتربة في مسقط كرمان مراس–تركيا، أن النموذج GeoWEPP واحد من أغلب النماذج التي لا تتنبأ فقط بمحصلة الراسب وإنما تظهر أماكن حدوث الانجراف والترسب. إضافةً إلى قدرة النموذج GeoWEPP للعمل ضمن بيئة نظم المعلومات

الجغرافية ArcView, ArcGIS، كما يُمكن مدراء المساقط أن يقرروا إجراءات صيانة التربة وحفظ المياه المناسبة استنادا على مخرجات النموذج النصية والاشكال التخطيطية، حيث أشارت النتائج إلى فعالية وكفاءة النموذج GeoWEPP. وقام Pudasaini وآخرون (2004) باختبار فعالية النموذج WEPP في التنبؤ بانجراف التربة من عواصف مطرية معزولة في استراليا فحصلوا على درجة كفاءة النموذج بين (-90 72) %.

الفصل الثالث
مواد وطرائق البحث
MATYERIALS & METHODS

3-1- مناطق الدراسة Study Areas

تعد ظاهرة الانجراف المائي للتربة الشغل الشاغل لمعظم دول العالم. من بينها دول حوض البحر الأبيض المتوسط، مما حدى بهذه الدول انشاء شبكة سميت شبكة مراقبة انجراف التربة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط Observatory Network of catchments research on soil Erosion in Mediterranean (R-OSMed) لدراسة الانجراف المائي في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط والتي تضم ثماني دول (اسبانيا، تونس، مغرب، فرنسا، ايطاليا، برتغال، سورية، لبنان)، وتضم (10) مواقع للدراسة تتألف من عدة مساقط مائية تجريبية، المساقط التي مساحاتها تتراوح بين (1-10) كم^2 تجهز لأن تراقب عمليات الانجراف بينما التي تزيد مساحاتها عن (100كم^2) تكون معدة لمراقبة التأثيرات البيئية لانجراف التربة. تهدف هذه الشبكة إلى: دراسة الانجراف المائي في منطقة حوض المتوسط، وتقييم تأثير التغير في المناخ والأنشطة البشرية (الممارسات الزراعية، استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي) على توازن المياه والانجراف المائي للتربة.

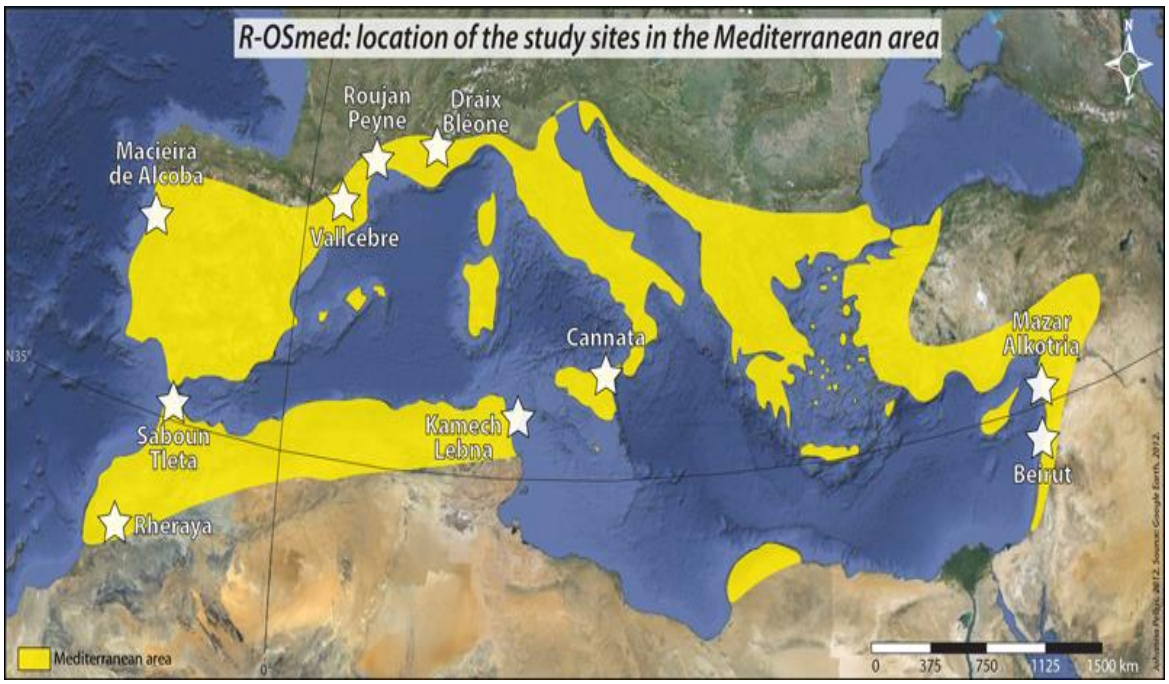
كما وركز العمل على جمع البيانات والمتغيرات العديدة للحصول على قاعدة بيانات هيدرولوجة ومناخية في عدة أحواض مرجعية إلى شمال وجنوب المتوسط. واستخدام هذه البيانات بالصور الفضائية والنمذجة وعمليات المحاكاة الخاصة بتغير المناخ وسيناريوهات الغطاء الأرضي، ووضع منهجية تقييم مخاطر الانجراف المحلية، ورسم خرائط خطر الانجراف.

مرصد البحوث البيئية الريفية OMERE (Mediterranean Observatory Of Water and Rural Environments):

يعتبر هذا المرصد جزء من المشروع السابق (R-OSMed)، يتألف من حوضين زراعيين تجريبيين حوض Kamech في تونس وحوض روجان في جنوب فرنسا (France،Roujan) والذي تم رصده منذ عام 1992. وقد تم اختيار حوض روجان 0.91كم^2 من هذا المرصد ليكون أحد مناطق الدراسة في هذا البحث. أما المسقط المائي الثاني فسيتم اختيار حويضة (Sub-catchment) في منطقة الشيخ بدر/ سورية بحدود (10-1) كم^2. كونها منطقة رائدة في التعرض للانجراف المائي في الساحل السوري (الهيئة الاستشعار عن بعد في سورية).

تم الاعتماد على نتائج التجارب الحقلية من المرصد OMERE بالنسبة لحوض روجان. وتم تجهيز كل قطعة تجريبية حقليا بمقياس للهطول المطري، وأقنية فنتورية يتم تجميع الجريان السطحي ضمنها، مما

يسمح بقياس معدلات الجريان المختلفة لأي ارتفاع أو عمق مقاس في القناة. ولتقدير كمية المواد الصلبة المنجرفة والموجودة على شكل معلق تم تركيب آلات أوتوماتيكية لجمع العينات لقياس كمية المواد الصلبة العالقة في تدفق العينات. كما تم الحصول على جميع البيانات اللازمة بما فيها الخرائط (الصورة الفضائية للحوض، خريطة الارتفاعات الرقمية، خريطة التربة، خرائط استعمالات الأراضي)، والبيانات المناخية. وكميات الجريان السطحي والانجراف المائي الميدانية المقاسة. والشكل (1) يوضح مواقع الدراسة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط لشبكة (R-OSMed).

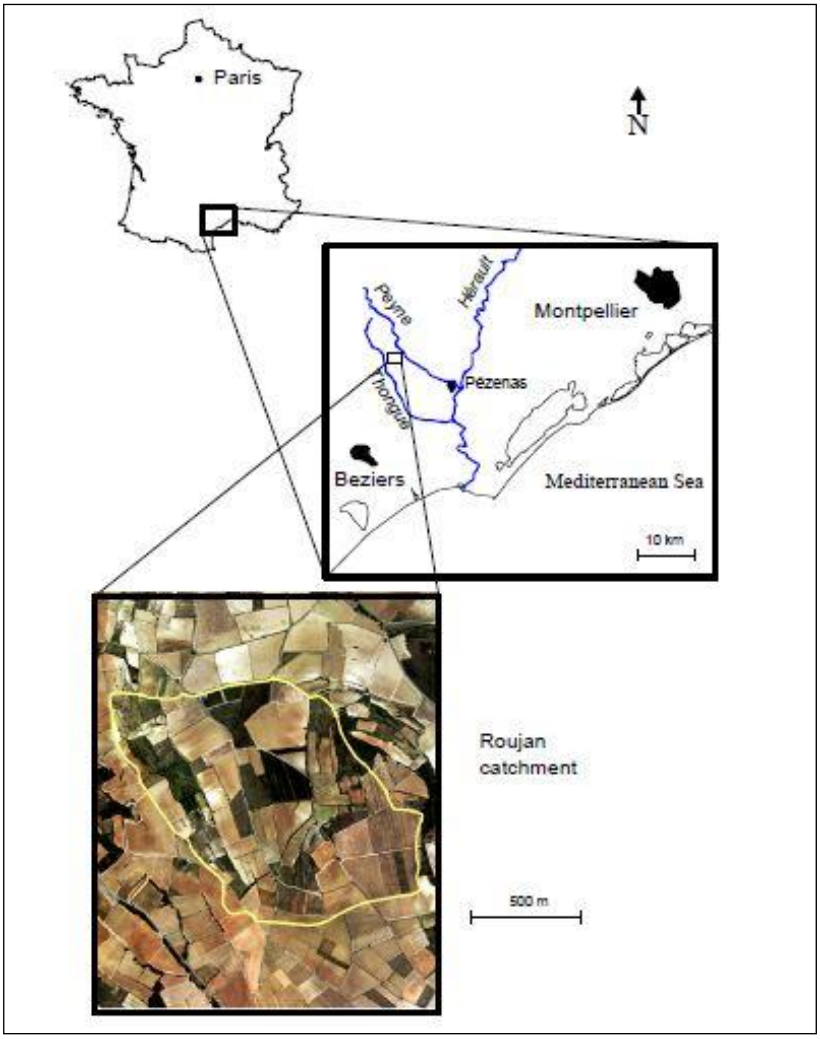


الشكل 1: خريطة توضح مواقع مناطق الدراسة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط (R-OSMed)

3-1-1- المسقط الأول (Roujan، فرنسا):

3-1-1-1- الموقع والمساحة:

حوض روجان حوض زراعي تسود فيه زراعة الكرمة لإنتاج النبيذ، يقع جنوب فرنسا على بعد 60كم غرب مونبيليه. تبلغ مساحته 91هكتار (0.91كم^2). متوسط ارتفاعه عن سطح البحر 100م. يقع في مقاطعة أرولت (Herault) في سهل لانغدوك روسيون (Languedoc-Roussillon) وعلى بعد (40) كم شمال شرق (Beziers)، وتمتد ما بين 43° 49° شمالاً و03° 32° شرقاً. ويوضح الشكل (2) الموقع الجغرافي والصورة الفضائية لحوض روجان.

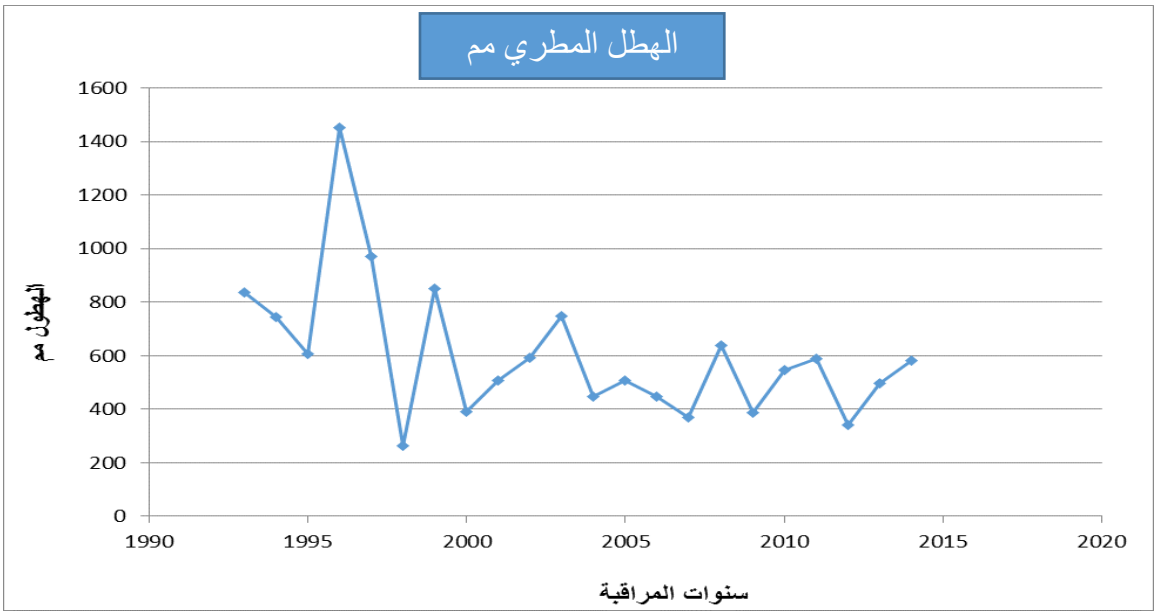


الشكل 2: الموقع الجغرافي والصورة الفضائية لحوض روجان

3-1-1-2- الظروف المناخية:

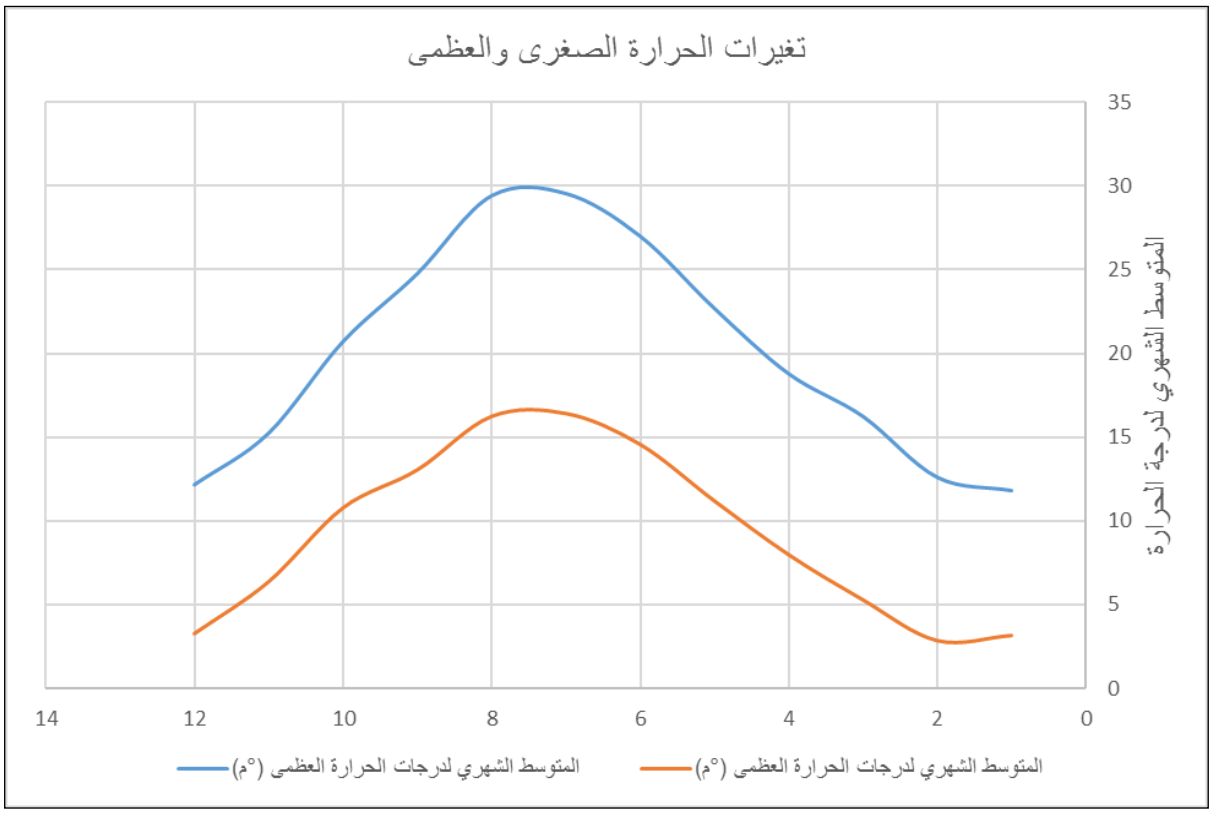
يخضع حوض روجان إلى مناخ البحر الأبيض المتوسط شبه الرطب مع موسم جفاف لفترات طويلة في الصيف، معدل هطل الامطار السنوي من (700-800) مم. يتميز نظام الهطل المطري بتقلبات عالية في الموسم وسنوياً، مع ذروتين للأمطار واحدة في فصل الربيع وأخرى في فصل الخريف. يبلغ معدل الهطل في الجزء السفلي من الحوض 600مم، و1200مم في الجزء العلوي.

يعتبر النظام المطري من النوع الغزير مع كثافة قوية تنخفض مع الوقت، مترافق بفترات مطرية وفترات جفاف طويلة. يمتاز الخريف بهطولات مطرية غزيرة مترافقة مع اضطرابات جوية واسعة النطاق. تتوضع الكتل الهوائية الساخنة على ارتفاعات عالية وتواجه كتل هوائية باردة قطبية المنشأ. اجتماع مناخين متناقضين حرارياً بشكل كبير يولد مناطق منخفضات جوية قوية التي تعتبر منشأ العواصف المطرية الشديدة. يوضح الشكل (3) معدل الهطل السنوي للفترة بين (1993-2014) في حوض روجان.



الشكل 3: معدل الهطل السنوي للفترة بين (1993–2014) في حوض روجان

بلغ معدل درجة الحرارة العظمى السنوية خلال الفترة بين (1993-2014) 26.30 درجة مئوية، ومعدل الصغرى 9.20 درجة مئوية. لوحظ أن عام 2010 كان الأبرد سنة خلال الفترة المرجعية لـ (22) سنة حيث كان متوسط درجة الحرارة السنوية (13.9°) م وكان شهر نيسان، حزيران، آب. أكثر سخونة من متوسطات الفترة المرجعية والأشهر الأخرى كانت أكثر برودة أو قريبة من معدلات السنة المرجعية. وثاني أكثر برودة هو عام 1993 حيث كانت درجة الحرارة (14°) م. يوضح الشكل (4) تغيرات درجات الحرارة الشهرية الصغرى (Tmin) والعظمى (T max) للفترة المرجعية بين (1993-2014) في حوض روجان.



الشكل 4: تغيرات الحرارة الشهرية الصغرى والعظمى للفترة المرجعية بين (1993–2014) في حوض روجان.

كان التبخر –نتح حوالي (1000) مم ويبلغ الحد الاقصى في شهر تموز والحد الادنى في شهر كانون الأول. يتراوح معدل التبخر– نتح اليومي بين (0–7.5) مم. ويبين الجدول (1) قيم التبخر –نتح الشهري للفترة الممتدة بين (1993-2003). وقد كان التبخر –نتح المرجعي أعلى باستمرار من التي تمت ملاحظتها خلال الفترة المرجعية.

الجدول 1: يبين قيم التبخر –النتح الشهري للفترة الممتدة بين (1993–2003)

الشهر	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Au.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
التبخر–نتح (مم)	22	37	76	93	127	163	178	144	88	49	25	15	1017

3–1–1–3– الخصائص الجيولوجية:

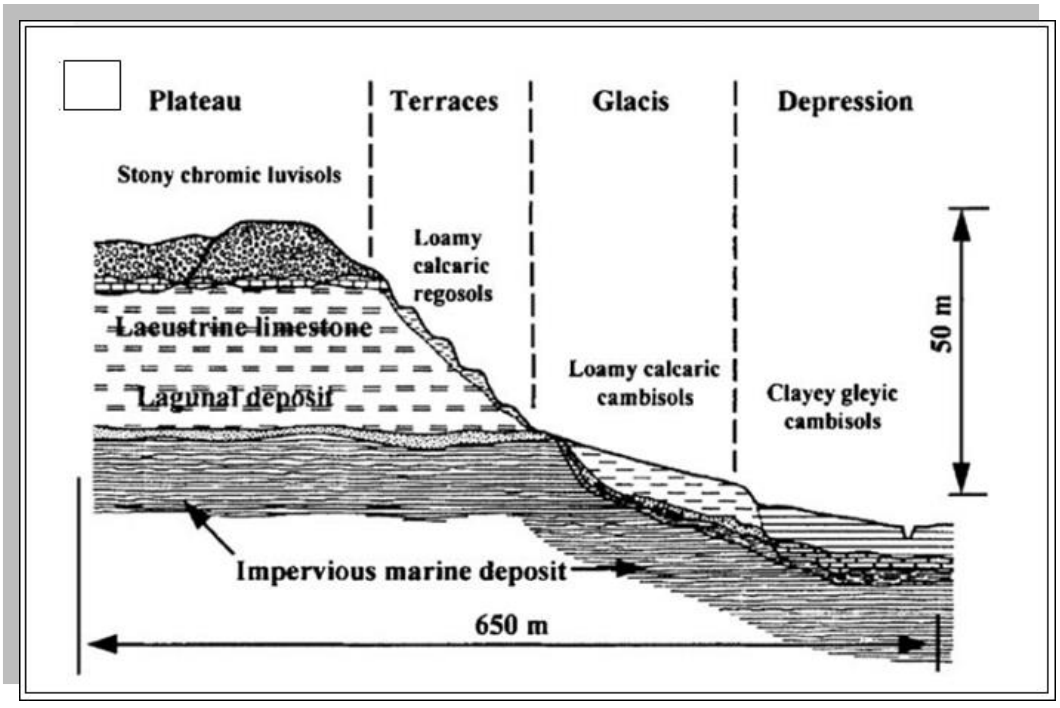
يرجع التشكل الجيولوجي لحوض روجان إلى انهيار سلسلة البحر الابيض المتوسط. حيث تراجع البحر تدريجياً قبل نهاية عصر الميوسين، مؤدياً الى التشكلات الجيومورفولوجية الحالية خلال عصري البليوسين والعصر الرباعي. يتنوع التركيب الجيولوجي خلال عصر الميوسين بين المارن الرملي والرمل الناعم يتخلله توضعات معزولة من كربونات الكلسيوم. بالإضافة الى ذلك تتواجد تشكيلات جيولوجية صغيرة من الحصى

بطول يتجاوز (1.5) م. كما ظهرت تشكيلات جيولوجية حديثة على سطح الأحواض مغطية التشكيلات الجيولوجية السابقة بمستوى أقل من (100) م من الشاطئ. أوضحت الاستكشافات الجيولوجية وجود ماء أرضي حر تلتقي هذه المياه مع المياه السطحية للحوض بواسطة شبكة من الخنادق وفق آلية معقدة نسبياً.

3-1-1-4- الخصائص الجيومورفولوجية:

يتكون الحوض من أربع وحدات جيومورفولوجية chanhinian (2004):

- منطقة الهضاب والمرتفعات (plateau) تغطي 27% من مساحة الحوض، ما يعادل (0.25) كم^2، تبلغ ذروة ارتفاعها125 وتبلغ نسبة الحصى والحجارة 13%.
- منطقة المنحدرات (terraces) تغطي 33%من مساحة الحوض، ويعادل (0.24) كم^2 تتميز بانحدار حاد (10-25) % وتبلغ نسبة الحصى والحجارة 8%.
- المنحدرات الالطف والأقل انحداراً من سابقتها (2-7) % (glacis) تغطي27%من مساحة الحوض أي ما يعادل (0.3) كم^2. وتبلغ نسبة الحصى والحجارة 5%.
- منطقة المنخفضات (depression) وتقع على ارتفاع 75م من سطح البحر مع انحدار بسيط (<2%)، وهو منسوب أخفض نقطة من المستجمع وتعتبر مخرج الحوض (outlet)، وتغطي 24% من مساحة الحوض الإجمالي. وتبلغ نسبة الحصى والحجارة 2.5%. والشكل (5) يبين مقطع عرضي نموذجي يوضح الوحدات الجيومورفولوجية والطبوغرافية لحوض روجان.



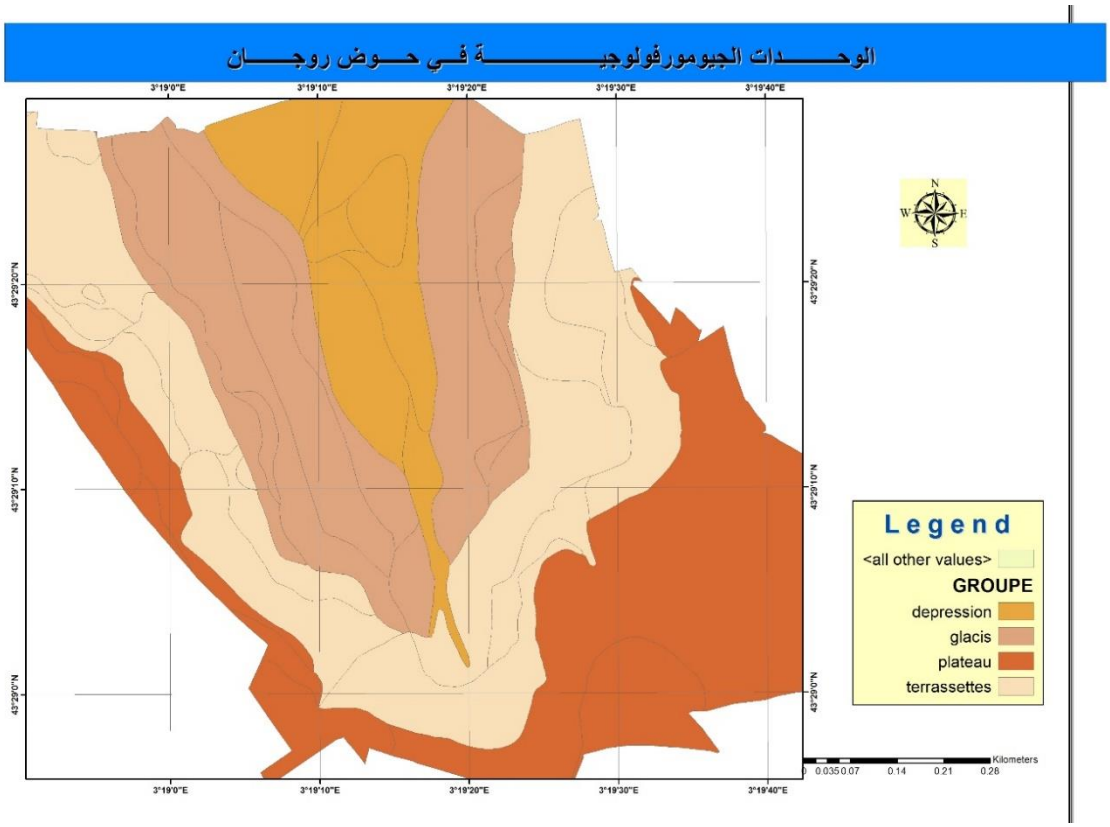
الشكل 5: مقطع عرضي نموذجي يوضح الطبوغرافية و أنواع الترب مع الوحدات الجيومورفولوجية لحوض روجان.

3-1-1-5- خصائص التربة:

تشكلت تربة الحوض فوق مواد رسوبية من أصل نهري وبحري Andrieux وآخرون (2001) وهي تربة جيرية الأساس تأتي من توزيع مواد الميوسين البحرية، وتشكل الأساس الذي يقوم عليه سهل لانغدوك الزراعي.

يلاحظ وجود الوحدات البيدولوجية التالية في حوض روجان: (FAO، 1983)

- تربة الهضاب (Plateau) يمكن ملاحظتها بشكل مميز من خلال موقعها التضاريسي، فهي تشكل كيان مستقل بحد ذاته وتتألف من نوعين من التربة:
- الترب المحجرة الكربوناتية ذات اللون الاحمر، ويمكن أن تكون حامضية بشكل موضعي.
- الترب البنية الكلسية.
- ترب المنحدرات (glacis): تربة كلسية فقيرة بالمادة العضوية.
- تربة المنخفضات (depression): تربة كلسية ذات قوام ناعم إلى متوسط. تسود في هذه التربة عملية التغدق (gleyic cambisol) وذلك بسبب وجود مستوى ماء ارضي مرتفع بشكل دائم وتضاريس منبسطة. والشكل (6) يبين الوحدات الجيومورفولوجية لحوض روجان.



الشكل 6: الوحدات الجيومورفولوجية لحوض روجان

3-1-1-6- الغطاء النبتي واستعمالات الأراضي:

يخضع الحوض وبشكل شديد لتدخلات مختلفة من قبل الإنسان وذلك من أجل الحاجات الزراعية، حيث تبلغ المساحة الكلية للحوض (91) هكتار. حيث تم تقسيم الحوض إلى 237قطعة زراعية، صغيرة الحجم وذات أشكال غير منتظمة إلى حد ما. الغالبية مزروعة بكروم العنب بنسبة 75%كما هو موضح في الشكل (7)، وفي المنبع نجد سيادة للغطاء الحراجي وبشكل رئيسي شجر السنديان، أما في المنحدرات نجد سيادة لأشجار الزيتون، وهناك بعض المحاصيل الحقلية ولكن بشكل أقل أهمية. ونذكر استعمالات الأراضي السائدة في حوض روجان: الكروم والبساتين، تليها الأراضي المراحة، أراضي المراعي، الشجيرات، الطرقات والأجسام المائية، وكل من الغابات المتساقطة والأراضي العشبية. Andrieux وآخرون (1993).



الشكل 7: نوع الغطاء النبتي السائد في روجان

يسود نمطين من الممارسات الزراعية لإزالة الأعشاب الضارة: Biarnes وآخرون (2004)

1. إزالة الأعشاب ميكانيكاً: بنسبة 26.5%باستخدام آلات الحراثة التي تمتد إلى (0.01-0.05)، كما هو موضح بالشكل (8).

يتم اجراء عمليتي حراثة:

- باستخدام محراث قدم البطة وبدون قلب التربة في الربيع والصيف (أذار ونيسان).
- واحدة في فصل الخريف.



الشكل 8: إزالة الأعشاب ميكانيكاً

2. إزالة الأعشاب كيميائياً: بنسبة 62.5 % برش مبيدات الأعشاب على طول صفوف الكرمة الشكل (9).



الشكل 9: إزالة الأعشاب كيميائياً.

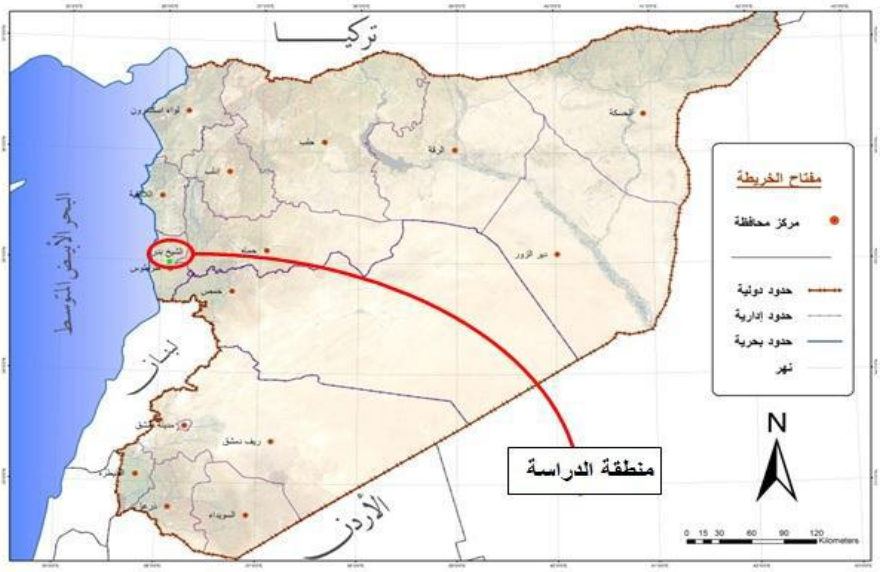
أما 10% المتبقية فهي تمثل ممارسة انشاء غطاء عشبي في مزارع الكروم حيث كانت هذه الممارسة وسيلة فعالة لتحسين استدامة التربة، وذلك بانخفاض معدل الانجراف المائي للتربة وزيادة العمر المتوقع للتربة.

ولكن أغلب المزارعون لا يعتمدون هذه الممارسة لاعتقادهم أنها تولد منافسة في الماء والازوت مع كروم العنب.

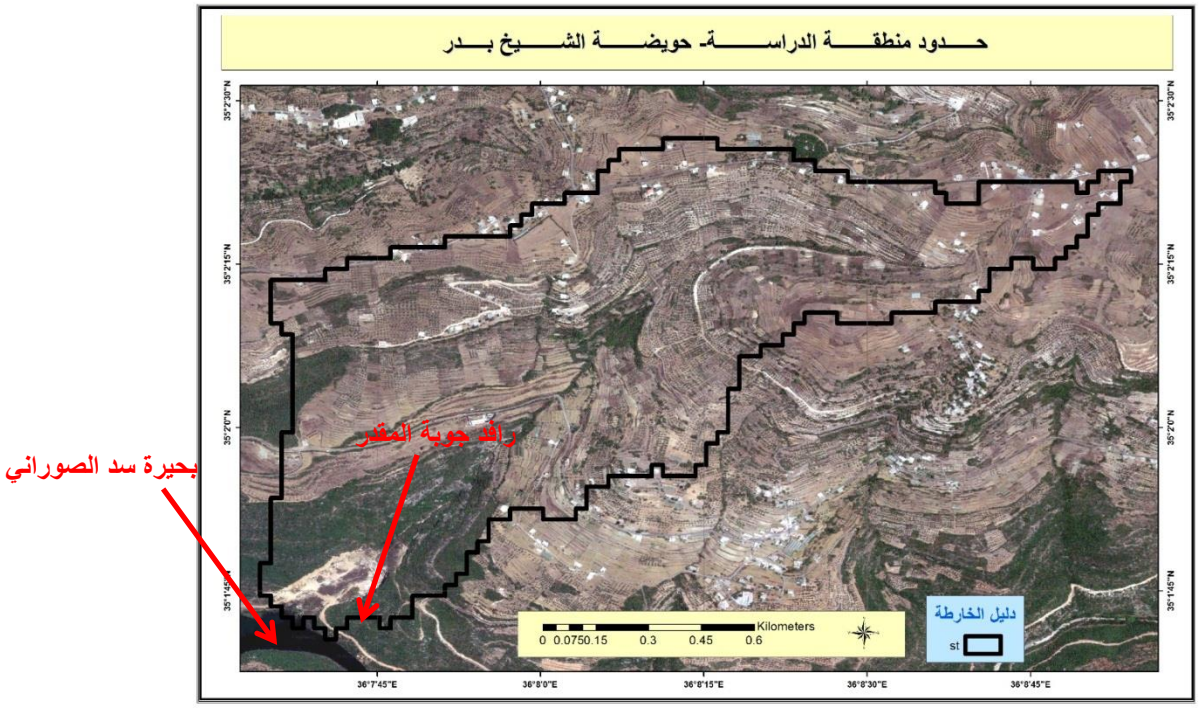
3-1-2- المسقط الثاني (حويضة الشيخ بدر، سورية):

3-1-2-1- الموقع والمساحة:

تم اختيار إحدى الحوضيات (Sub-catchment) الواقعة في الريف الشرقي لمنطقة الشيخ بدر، التابعة لمحافظة طرطوس، مساحتها 1.2 كم^2. تقع على ارتفاع (378-789) م عن سطح البحر. بين خطي طول 36° وعرض 34°. تضم الحوضة مجموعة من القرى (جوبة المقدر، السموقة وخربة المحاسن) والتي تصل مخلفاتها غير المعالجة إلى بحيرة سد الصوراني، وتضم مجموعة من الروافد الدائمة الجريان التي تغذي بحيرة السد إضافة إلى الروافد المؤقتة التي تجف صيفا". ويعتمد السكان على مياه هذه الروافد في ري بعض المزروعات مثل رافد جوبة المقدر. تم اختيار هذه المنطقة لأنها تعاني من تعديات كبيرة ومتنوعة بفعل النشاط البشري في زيادة مساحات الأراضي المزروعة بالزيتون واستخدام بعض الممارسات الزراعية الخاطئة. كما ويعد سد الصوراني من السدود الهامة في الساحل السوري وقد تم تنفذه في المنطقة بغرض تأمين مياه الشرب. لكن تعددت مصادر الملوثات الواردة إلى بحيرة السد، حالت دون استخدامه لأغراض الشرب ومن أهم الملوثات انجراف التربة والأسمدة والأدوية الزراعية وبالتالي ينبغي التحقق من مساهمة الانجراف المائي للتربة في تلوث مياه البحيرة والروافد التي تصب فيها، ويوضح الشكل (10) الموقع الجغرافي لمنطقة الشيخ بدر، طرطوس. والشكل (11) يبين الصورة الفضائية للحويضة المختارة من منطقة الشيخ بدر.



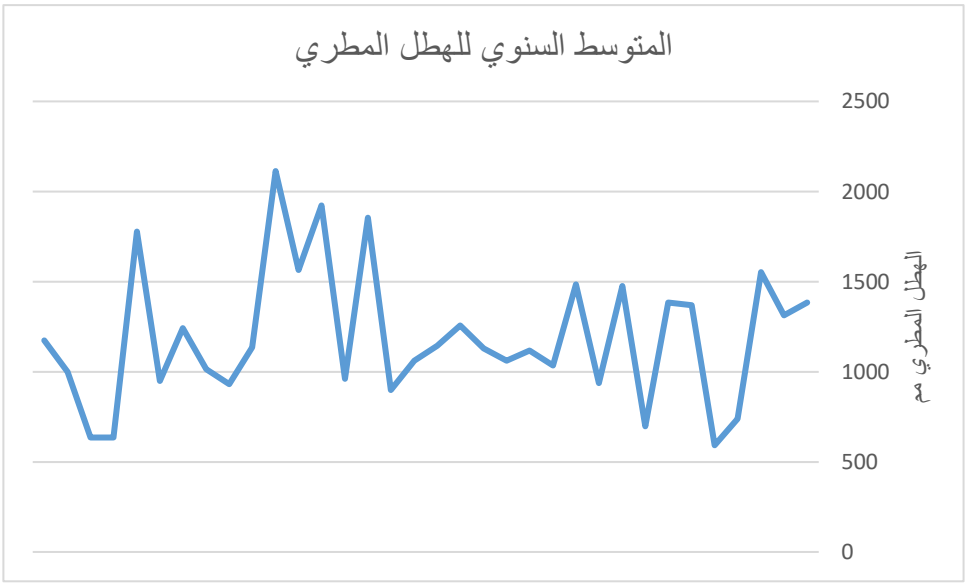
الشكل 10: الموقع الجغرافي لمنطقة الشيخ بدر



الشكل 11: الصورة الفضائية لحويضة منطقة الدراسة- الشيخ بدر بمحافظة طرطوس.

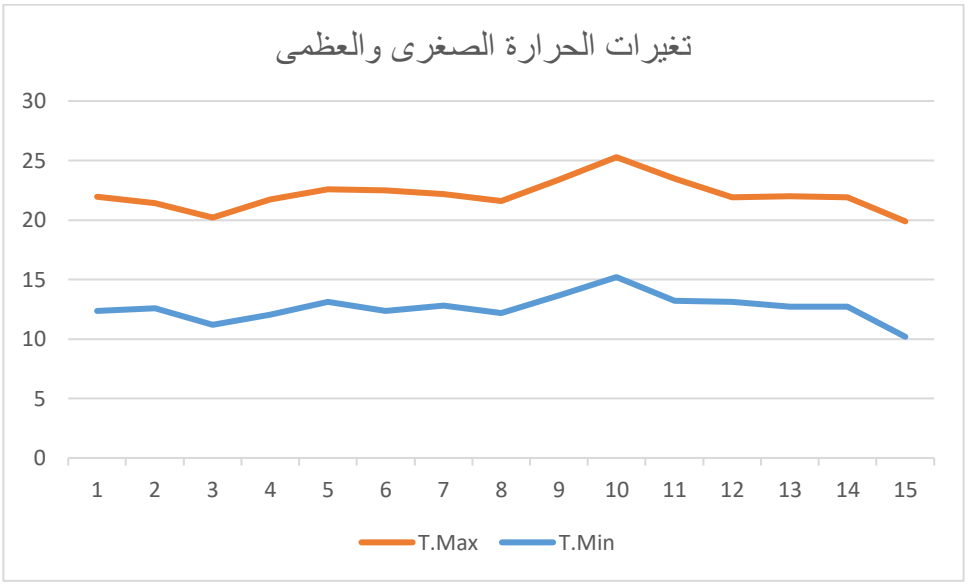
3-1-2-2- الظروف المناخية:

تمتاز منطقة الشيخ بدر بمناخ البحر الأبيض المتوسط الرطب والذي يتميز بصيف حار رطب وشتاء ماطر دافئ، ويلعب المناخ دوراً رئيسياً في تكوين الترب في سورية وتحديد مسار تطورها أبو نقطة (2004)، ويلعب دوراً رئيسياً في تباين الغطاء النبتي وتوزعه من منطقة لأخرى. ويتميز بالأمطار العاصفية والرعدية المتفاوتة من عام لأخر والتي يكون لها تأثير كبير في انجراف التربة المكشوفة حيث بلغ متوسط الهطل المطري السنوي للفترة المرجعية الممتدة من (1986-2018) 1192.15مم. وذلك وفقاً لبيانات محطة الشيخ بدر (الهيئة العامة للموارد المائية، دمشق) والشكل (12) يوضح الهطل السنوي للفترة المرجعية (33).



الشكل 12: متوسط الهطل السنوي للفترة المرجعية (33) سنة

أما درجة الحرارة المطلقة للشهر الأكثر برودة فقد كانت (5.3°) ودرجة الحرارة العظمى المطلقة للشهر الأكثر حرارة (29.5°). والشكل (13) يبين تغيرات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة الممتدة بين (2018-1986).



الشكل 13: تغيرات الحرارة العظمى والصغرى خلال الفترة المرجعية(33) سنة

تتميز بارتفاع نسبة الرطوبة النسبية على مدار العام حيث يبلغ المعدل الشهري 66% ويمكن أن يصل إلى 75%. بلغت معدل الرطوبة النسبية السنوية 70%. أما بالنسبة للرياح عموماً تسود شتاءً شمالية شرقية إلى شرقية في فصل الشتاء، بينما تسود في بقية الفصول الرياح الجنوبية الغربية إلى الجنوبية، حيث يبلغ معدل سرعة الرياح السنوية 3.7 م/ثانية في صافيتا قرب الشيخ بدر.

ويبلغ معدل معدل التبخر السنوي 1600مم. وأصغر معدل شهري للتبخر–نتح في كانون الثاني 80مم في طرطوس، بينما أكبر معدل شهر للتبخر– نتح في تموز وآب بين (120–160) مم.

3–1–2–3– التضاريس:

تتميز باختلاف تضاريسها حيث تتوزع بين هضبة وجبلية، يليه الصخرة الأم المتكونة من كلس قاسي متشقق تتغلغل فيه جذور النباتات الشجرية.

3–1–2–4– خصائص التربة:

تسود ترب حوض البحر الأبيض المتوسط في المنطقة الساحلية مع وجود ترب Vertisol وAlluvial. RAC/PAP (1992)، وتُعد ترب هذه المنطقة ذات قوام طيني ولومي تختلف في العمق ففي بعض المناطق يتجاوز عمق التربة 1م، وتتواجد الترب الخصبة ذات النوعية الجيدة في الأجزاء الغربية مستفيدة من الهطل المطري الجيد، وفرة المياه الجوفية، سهولة حركة الآليات الزراعية، سهولة المواصلات ووجود شبكة البنى التحتية. ويمكن حصر الترب السائدة في منطقة الشيخ بدر بالأنواع التالية الجدول (2) يبين الترب في الشيخ بدر (مصلحة الأراضي في طرطوس). Darwish Sami وأخرون (1986).

الجدول 2: أنواع الترب السائدة في الشيخ بدر Darwish Sami وآخرون (1986)

نوع التربة	العمق(سم)	الخصائص الفيزيائية	الخصائص الكيميائية	الوصف
Alluvial Soils	100–50	طبيعة النسيج: طيني البنية: كتلي معدل الرشح: متوسط، اللون: بني	درجة الحموضة PH: ضعيفة القلوية المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	تحتل أقدام التلال توجد صخور كلسية وحصى على سطح التربة وضمن النسيج
Hill Soils	50–25	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: كتلي معدل الرشح: جيد، اللون: بني	درجة الحموضة PH: 7.3 المادة العضوية: متوسطة المحتوى بالمادة العضوية	توجد على التلال مع تكشفات صخرية وحصى ضمن نسيج التربة
Valley and Drainage Soils	>100	طبيعة النسيج: رملي لومي طيني إلى لومي البنية: حبيبي معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: متوسطة المحتوى بالمادة العضوية	توجد مختلطة بالحصى وطبقات الرمل الخشن ربما توجد بسماكات معينة ضمن التربة
Low Mountain Soils	100–50	طبيعة النسيج: لومي البنية: حبيبي على السطح وكتلي مع العمق معدل الرشح: متوسط	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	قليلة العمق في بعض البقع(25–50سم) توجد مختلطة بالحصى والحجارة، تستعمل بشكل رئيس مزارع زيتون
High Mountain Soils	50–25	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: بني غامق معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	العمق يقل عن 25 سم حيث الصخور البازلتية مع أحجار وحصى مختلفة الاحجام، تستخدم بشكل رئيس مزارع زيتون
Steep Slope Soils	40–20	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: بني إلى بني غامق معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	شديدة الانحدار 50–75%، توجد على الصخور الكلسية، الانجراف عالي جداً
Summit Soils	<20	طبيعة النسيج: طيني، طيني لومي البنية: حبيبي معدل الرشح: جيد اللون: بني محمر	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	ترب ضحلة جداً مع حصى و صخور كلسية

3-1-2-5- الأهمية البيئية لمنطقة الشيخ بدر:

لابد من الإشارة إلى أن تصنيف التكوينات النباتية يتبع خطي الطول والعرض والارتفاع عن سطح البحر في المقام الأول لان هذين العاملين يحددان غالبا" الخصائص المناخية للمنطقة Dansereau (1957). تعد منطقة الشيخ بدر من المواقع الحراجية التي يسودها ماكي السنديان بشكل أساسي، وهي منطقة انتقالية (Ecotone) بين المناطق الساحلية الجبلية التي يسودها تكوين نباتي غابوي ومنطقة البوادي التي يسودها تكوين نباتي عشبي. وفيما يخص الارتفاع عن سطح البحر تتميز هذه المنطقة بتباين واضح على الرغم من صغر مساحتها. حيث نجد فيها مناطق لا يتجاوز ارتفاعها 200 متر في المنخفضات ومجاري الأنهار في حين نجد فيها مواقع يصل ارتفاعها لأكثر من 1000 متر في المواقع الجبلية .أما معظم مناطقها فإن ارتفاعها يصل 600م وسطياً وهي التلال والسهول .والصخر الأم كلسي متكشف في العديد من المواقع بسبب الانجراف التابع لعامل الميل عن الأفق والأنشطة البشرية من قطع للأشجار واستزراع الأراضي الحراجية.

3-1-2-6- استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي:

إن ربع مساحة الشيخ بدر تصنف حراجياً ونصفها زراعياً، ومن أهم الأشجار المزروعة فيها الحمضيات والزيتون والرمان والجوز حيث يكون تواجد أشجار الزيتون في الأماكن المرتفعة في حين يوجد الدلب الشرقي والنعناع المائي واللوف فقط في المواقع المنخفضة القريبة من المجاري النهرية. أما أهم المحاصيل الحقلية فهي التبغ والقمح والشعير والباقي مساحة مشغولة بالأبنية العمرانية ومن أهم أنشطة السكان المحليين الزراعة. وخاصة زراعة الزيتون والقمح والتبغ، أما الغطاء الحراجي فإن جله تكوين ماكي السنديان ناتج عن بقايا تكوين غابي انحسر تدريجيا" تحت عوامل التدهور والتغير المناخي .كما يولي السكان أهمية للنشاط السياحي، وقد أقيم حديثاً سد الصوراني في هذه المنطقة. أما بالنسبة للحويضة المختارة من الشيخ بدر فهي تضم أرضي زراعية (بساتين زيتون ومحاصيل)، مراعي، غابات السنديان العادي، الأراضي الحضرية (مباني وطرائقات) والمياه (المجاري المائية الدائمة والمؤقتة).

3-2- مواد الدراسة:

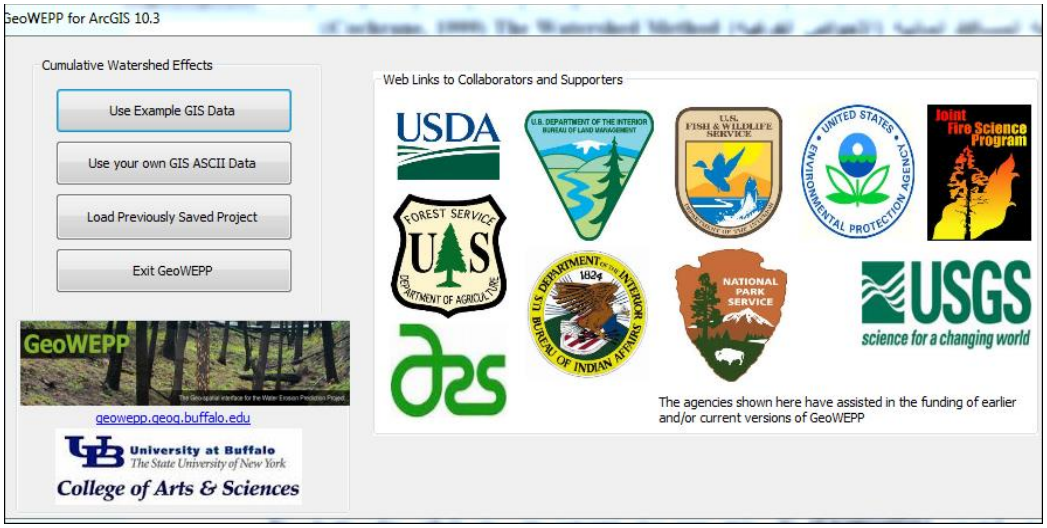
3-2-1- نموذج Geospatial water Erosion Prediction Project (GeoWEPP):

تعني GeoWEPP الواجهة الجغرافية المكانية لنموذج(Water Erosion Prediction (WEPP Project مشروع التنبؤ بالانجراف المائي للتربة، وهو نموذج فيزيائي مكتوب بلغة برمجة VB.Net يحتاج إلى تنزيل برمجيات مساعدة إلى جهاز الحاسوب حتى يعمل النموذج Assisting Software

(arcGIS.exe, Net Framework.exe ،WEPP/TOPAZ) شريطة أن يكون هناك توافق ما بين نسخ البرمجيات المساعدة ونموذج GeoWEPP.

GeoWEPP نموذج قائم بذاته ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10.3، يستخدم الخوارزميات الحسابية والمعادلات الرياضية للنموذج WEPP لإجراء تحليل للبيانات المكانية ذات المرجع الجغرافي والمكاني Renschler وآخرون (2003).

طور نموذج GeoWEPP كمشروع تعاوني مشترك بين دائرة البحوث الزراعية الامريكية ومخبر أبحاث انجراف التربة الوطني (USDA-ARS) وجامعة Purdue، حيث يسمح للمستخدم user باستيراد البيانات المطلوبة لإجراء تحليل انجراف التربة كطبقات Flanagan GIS (2013). والشكل (14) يبين الواجهة الرسومية للنموذج GeoWEPP.



الشكل 14: الواجهة الرسومية للنموذجGeoWEPP

GeoWEPP نموذج فيزيائي حاسوبي يتألف من مجموعة من نوافذ ادخال غير مستقلة عن النموذج، من حيث قدرتها على التحليل والتنبؤ المكاني بمخاطر الانجراف المائي للتربة والجريان السطحي، طور نموذج GeoWEPP عن نموذج WEPP ليؤدي نفس الغرض ولكن بإمكانية أكثر دقة وعلى مساحات واسعة، حيث يتم التعامل مع خرائط DEM، ليتم تجزئة المسقط المائي لمساحات صغيرة (hillslopes)، ليتم قياس الجريان السطحي والانجراف ضمن تلك المساحة الصغيرة ، ثم الانتقال للمساحات التي تليها وجمعها مع سابقتها بحيث تغطي كامل مساحة المسقط المائي المدروس أما في نموذج WEPP تؤخذ كامل مساحة المسقط المائي كوحدة واحدة وعلى مساحات أقل.

يتضمن نموذج GeoWEPP ثلاثة أجزاء، برنامج ArcGIS، أداة TOPAZ (Topographic Parametrization) وبرنامج TopWEPP. Flanagan و Laflen وآخرون (2001). وعملياتها الأساسية هي:

أولاً: مدخلات النموذج: وهي إعداد خريطة الارتفاعات الرقمية digital elevation map (DEM)، وخريطة استعمالات الأراضي (land use map)، وخريطة توزيع التربة (soil map)، وذلك من خلال أداة التحليل المكاني Spatial analysis في ArcGIS، وبنظام UTM وبالصيغة التي يطلبها النموذج Ascii. وإنشاء أربعة ملفات النصية هي: Landcov.txt، Landusedb.txt، Soilmap.txt وSoilsdb.txt، والتي تعتبر جسر تعريفي بين بيانات الخرائط وGeoWEPP & WEPP/TOPAZ.

ثانياً: يتم تحليل بيانات DEM لتشكيل شبكة المسيلات، ثم يتم تحديد مخرج الحوض (outlet). وبعدها يأتي دور أداة TOPAZ لاشتقاق الأحواض الفرعية.

ثالثاً: إعداد ملفات أساسية للنموذج وهي ملف المناخ، ملف التربة، ملف استعمالات الأراضي، وملف الانحدار ضمن نموذج WEPP.

وأخيراً: يتم تشغيل النموذج والحصول على نتائج المحاكاة. حيث يتم من خلاله حساب وتوصيف مكاني للجريان السطحي والانجراف المائي للتربة. حيث تكون المخرجات على شكل شرائح Grid Layer

3-2-1-1- طرائق المحاكاة داخل النموذج GeoWEPP . Cochrane (1999):

يستخدم نموذج GeoWEPP طريقتين لمحاكاة الانجراف المائي للتربة والجريان السطحي:

- **طريقة المساقط المائية (الأحواض الفرعية) Watershed Method:**

تأخذ هذه الطريقة كل المنحدرات التلية التي تم تشكيلها والتي يسميها النموذج (hillslope). ثم يقوم بتعيين نوع التربة لكل (hillslope) ونمط استعمالات الأراضي فيه. ويعتمد تشكيل كل (hillslope) على مسار الجريان (Flowpaths) لكل واحد منها ويتم تجميعها. ثم يتم تشكيل ملف تعريف لكل (hillslope) حيث يقوم النموذج بتعيين التربة لكل منحدر تلي وأيضاً نمط استعمال الأراضي فيه ويضعها في ملف من أجل عملية المحاكاة.

يتم الحساب لكل منحدر تلي (hillslope) عند إجراء عملية المحاكاة ثم يتم تجميع النتائج. وتسمى هذه الطريقة التقييم خارج الموقع (offsite) حيث تشير القيم الناتجة من المحاكاة إلى كمية الرواسب Absolute Sediment Yield (Abssy)بوحدة مساحة المنحدر التلي والتي تصل إلى نقطة مخرج الحوض (outlet). يجب ألا يزيد عدد المنحدرات التلية عن 2900 منحدر وعدد المسيلات 1000 مسيل.

- **طريقة المسيل المائي Flowpath Method:**

تركز هذه الطريقة على مسار الجريان في المسيلات المائية (Flowpaths) فقط، على عكس طريقة Watershed Method ولكن تستخدم المنحدرات التلية التي تعتمد عليها طريقة Watershed Method في المحاكاة، لكل مسيل مائي (Flowpath) منبع (مصدر) ومصب (اتجاه جريان)، ولا يوجد مسيلين لهما نفس المصدر، ولكن يمكن أن تلتقي المسيلات المائية وبالتالي يحدث لدينا تجمع.

تسمى هذه الطريقة (التقييم في الموقع) onsite حيث تشير القيم الناتجة إلى مقدار الانجراف أو الترسيب في كل مسيل ضمن المنحدر التلي (sub-catchment). ولا يوجد عدد محدد للمسيلات المائية.

- **الاختلاف بين طريقتي المسقط والمسيل المائي:**

تعطي طريقة المسقط المائي Watershed Method كمية الانجراف والجريان السطحي في كامل منطقة الدراسة، بينما طريقةFlowpath Method تعطي كمية التربة المفقودة لكل جزء من المسيل المائي.

تُظهر طريقة المسقط المائي Watershed Method المنحدرات التلية التي تكون سبب المشكلة بينما توضح طريقة المسيل المائي Flowpath Method أي الأجزاء من المنحدر والتي تساهم أكثر في عملية الانجراف.

الوقت الذي يستغرقه النموذج في المحاكاة:

- طريقة Watershed Method أسرع لأنها تجري بمحاكاة واحدة لكل منحدر تلي (hillslope).
- طريقة Flowpath Method تستغرق وقت أطول في المحاكاة لأنها تجري المحاكاة لكل مسيل مائي flowpath من المنحدر (hillslope)، وبعدها تقوم بتجميع النتائج.

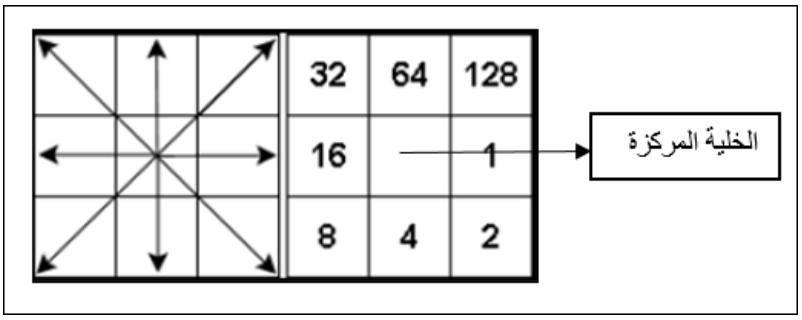
على سبيل المثال لو كان لدينا 10000 مسيل مائي سوف يستغرق التشغيل 1.5–2 ساعة للمحاكاة الواحدة، بينما باستخدامWatershed Method تستغرق المحاكاة 10 دقائق فقط.

3-2-1-2- برمجية TOPAZ Garbrecht و Martz (1999):

برمجية Topography Parameterization software (TOPAZ) هي مجموعة خوارزميات مكتوبة بلغة FORTRAN، تم تطويرها من أجل التوصيف الطبوغرافي، وتحديد شبكة الصرف، والأحواض الفرعية (sub-catchments) أو ما يسميها GeoWEPP بـ(hillslopes) وذلك باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية DEM. تعتمد خوارزمية TOPAZعلى طريقةD8، ومفهوم توجيه التدفق باتجاه الميل الأقل، ومفهوم مساحة الصرف الأدنى المشكلة للقناة (منطقة تصريف اللازمة لبدء قناة دائمة) (CSA)

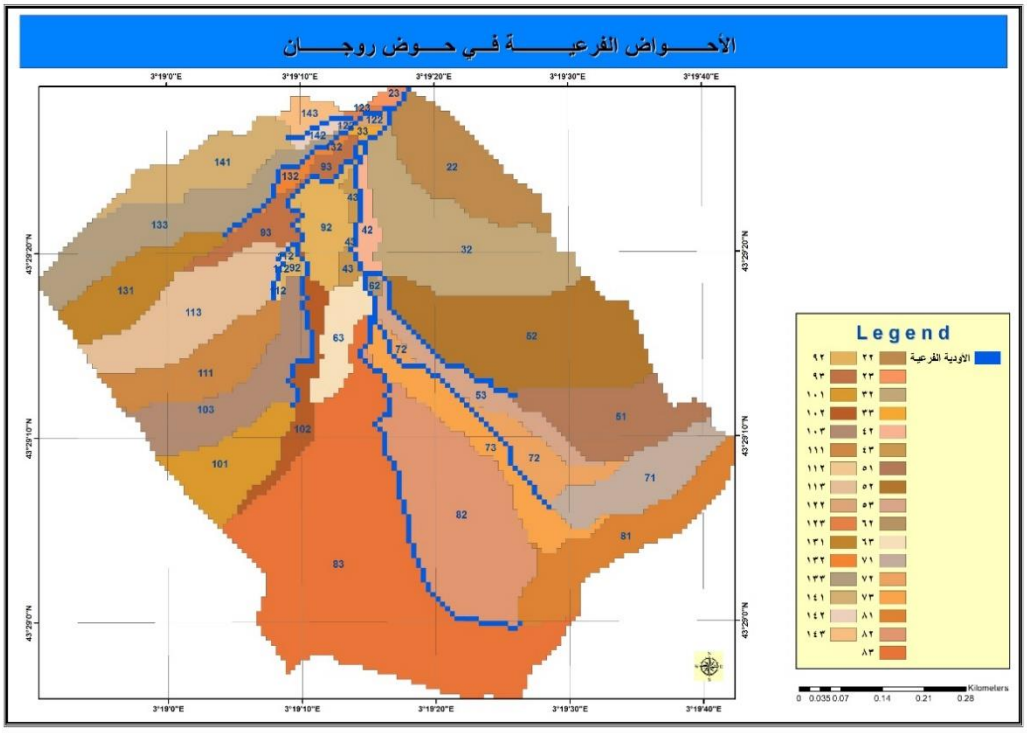
Critical Source Area، ومتوسط طول قناة الصرف الأدنى Mean Source Channel (MSCL) Length .

تحدد طريقة D8 اتجاه الجريان من خلال تقييم ارتفاع كل خلية بخلاياها الثمانية المجاورة، ويقوم المعالج بتحديد أي الخلايا أكثر انخفاضاً بالنسبة للخلية المركزة ويقرر اتجاه الجريان. وينتج عن ذلك طبقة Grid فيها قيم محددة (كود) لكل خلية تحدد اتجاه الجريان وكودات اتجاه الجريان موضحة بالشكل (15). ومن خلال ذلك يمكن بسهولة تحديد الأماكن من الحوض المعرضة لخطر الفيضان في أوقات العواصف المطرية وهي خلايا ال Grid التي تتراكم فيها أكبر كمية من المياه Garbrecht وMartz (1997).



الشكل 15: مفاتيح اتجاه الجريان

تعد قيمتي CSA وMSCL من البارامترات التي تحدد دقة نتائج TOPAZ في تجزئة المسقط المائي إلى أحواض فرعية وقنوات، وكلما كانت القيم منخفضة زادت كثافة شبكة القنوات، وبالتالي تزيد دقة TOPAZ.وبعد انتاج شبكة القنوات يستطيع المستخدم تحديد مخرج الحوض (outlet) بدقة. وبالتالي سيولد TOPAZ الأحواض الفرعية التي تشكل المسقط المائي، حيث أن كل حوض فرعي يمثل المنطقة المساهمة مباشرة في كل جانب من التصريف. الشكل (16) يبين توليد شبكة القنوات والأحواض الفرعية باستخدام TOPAZ. كما وترتبط دقة TOPAZالمصمم لدعم النمذجة الهيدرولوجية ولاشتقاق الأحواض الفرعية بدقة نموذج الارتفاعات الرقمية DEM. Martz (1999).



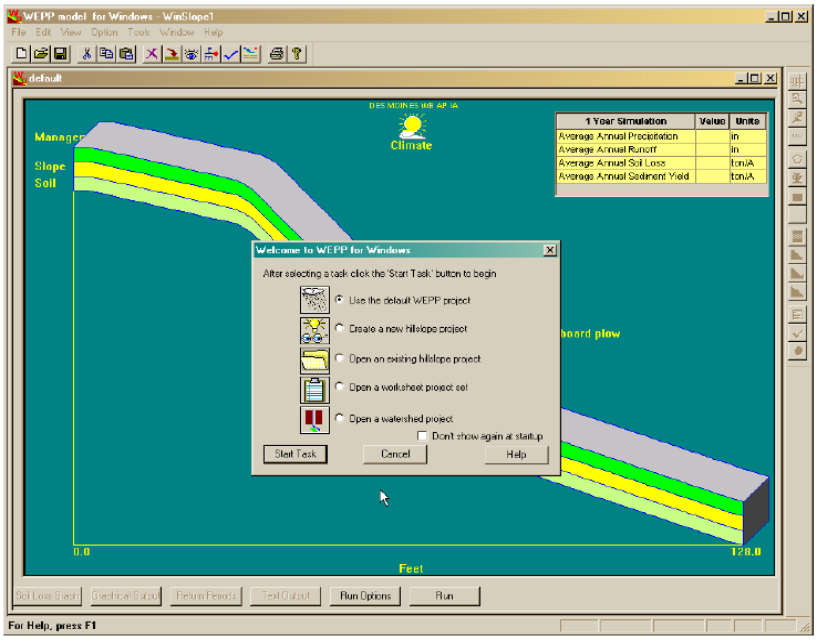
الشكل 16: توليد شبكة القنوات والأحواض الفرعية باستخدام TOPAZ

بعد أن يتم تحديد الأحواض الفرعية بواسطة TOPAZ، يصل GeoWEPP لمرحلة النموذج WEPP. لإعداد الملفات: ملف المناخ، ملف التربة، ملف استعمالات الأراضي، وملف الانحدار.

3-2-2- نموذج Water Erosion prediction Project(WEPP):

مشروع التنبؤ بالانجراف المائي، وهو نموذج فيزيائي من النماذج التوزيعية يعمل على محاكاة الجريان السطحي والانجراف المائي للتربة داخل الأحواض الصبابة أو على المنحدرات التلية Laflen وآخرون (1991) محاكاة مستمرة أو على مستوى العاصفة المفردة Flanagan وآخرون (1995).

يمثل النموذج WEPP تقنية للتنبؤ بالانجراف استنادا" إلى أسس التوليد العشوائي لبيانات الأرصاد الجوية ونظريات النفاذية والهيدرولوجيا. تم تطويره في الولايات المتحدة الأمريكية في مبادرة تعاون بين دائرة البحوث الزراعية (ARS)، وخدمة صيانة الموارد الطبيعية (NRCS) وخدمة الغابات في الولايات المتحدة (USFU) ومكتب إدارة الأراضي (BLM). (NSERL، 1995; Laflan وآخرون، 1991). والشكل (4) يبين الواجهة الرسومية للنموذج WEPP windows interface.



الشكل 17: الواجهة الرسومية للنموذج WEPP windows interface

بدأ المشروع عام 1984 لتطوير تقنية جديدة للتنبؤ بكمية الانجراف المائي لتفادي القيود التي تحد من استخدام النموذج التجريبي USLE . Flanagan وآخرون (2007). تم إطلاق هذا النموذج بشكل رسمي في حزيران 1995 في (Des Moines, Lowa) للتنبؤ بالانجراف المائي للتربة من الأراضي الزراعية (Zhang وآخرون، 1995a; Zhang وآخرون، 1995b). وأراضي المراعي Savabi وآخرون (1995). وأراضي الغابات Elliot و Hall (1997). ومواقع البناء والمناطق الحضرية Flanagan وآخرون (1995).

كان النموذج مكتوبا" بلغة FORTARAN وواجهة بدائية تعتمد على نظام Dos مكتوبة بلغة C واستجابة لطلبات مستخدمي النموذج تم إنشاء واجهة مكتوبة بلغة C^{++}. Flanagan وآخرون (1995).

3-2-2-1- المفاهيم الأساسية لنموذج WEPP:

إن نموذج WEPP هو مجموعة من النوافذ الحاسوبية المستقلة من حيث قدرتها على العمل، والمترابطة مع بعضها عن طريق الخوارزميات والمعادلات. صمم النموذج للتنبؤ بالانجراف المائي الجدولي Rill Erosion (الناتج عن مرور الماء ضمن أخاديد التربة)، والانجراف المائي بين الجداول Interrill Erosion (الانجراف المائي الصفائحي) في أراضي المنحدرات Hillslopes والأحواض المائية الصغيرة الصبابة Small Watersheds، وكذلك يقدر معدل الجريان السطحي، ويصف تفريغ حمولة الرواسب على طول المنحدر أيضاً. ويتألف الهيكل النموذجي لـ WEPP من ثمانية مكونات (Components

WEPP) داخلية مترابطة معا"، لكل منها معادلة وخوارزمية تعالج بيانات مدخلات النموذج لإنتاج المخرجات على شكل جريان سطحي (مم)، ومحصلة رواسب (طن/هـ/سنة)، وهي المناخ والشتاء والانجراف والتربة والجريان السطحي والهيدرولوجيا والنمو النباتي وتفسخ البقايا النباتية. بالإضافة إلى ملفات الادخال (input files) الأربعة (ملف المناخ، ملف التربة، ملف الانحدار وملف الإدارة والغطاء الأرضي. Foster وآخرون (1987).

3-2-2-2- معالجة مدخلات النموذج:

أولاً: تقدير الارتشاح والجريان السطحي:

يقدر الجريان السطحي بواسطة نموذج WEPP ضمن النموذج الفرعي الهيدرولوجي (المكون الهيدرولوجي). حيث يعتبر الجريان السطحي عامل مهم يساهم في انجراف التربة. يعتمد المكون الهيدرولوجي على معادلة الموازنة المائية، والتي تأخذ بعين الاعتبار هطول الأمطار والارتشاح والجريان السطحي وتخزين مياه التربة.Shen وآخرون (2009).

يتم حساب الجريان السطحي باستخدام معادلات الموجة الحركية (Solution of the kinematic wave equation). أما عمق الارتشاح لهطول الأمطار فيتم حسابه باستخدام تطبيق (GAML) Green – Ampt Mein Larson (Savabi وآخرون، 1995). وتعطى بالصيغة التالية:

$$f = K_e + \left(1 + \frac{N_e}{F}\right)$$

f: معدل الارتشاح (cm/hour).

K_e: الناقلية الهيدروليكية المشبعة (cm/h).

N_e: الجهد الشعري (cm).

F: الارتشاح (cm).

ثانياً: تقدير محصلة الرواسب ونقلها:

اعتمدت معادلة الاستمرارية العامة بتتبع الرسوبيات Steady State Sediment Continuity Equation خلال المسقط المائي كأساس في هذا النموذج. والتي تعطى بالصيغة التالية:

$$\frac{dG}{dx} = (Df + Di)$$

G: حمولة الرواسب ($kg/s/m^2$).

X: مسافة الجريان (m).

Df: كمية الانجراف الجدولي بفعل الجريان ($kg/s/m^2$).

Di : كمية الانجراف ما بين الجداول ($kg/s/m^2$).

1. حساب تركيز الرواسب الناتجة عن الانجراف بين الجداول (*Interrill Erosion*):

لما كانت عمليات الانجراف والفصل هي سلسلة متعاقبة من العمليات المتفاعلة مع بعضها البعض فإن حساب فصل التربة يتم لكل وحدة مساحة والناتج عن ارتطام قطرة المطر بسطح التربة Interril Detachment ($Kg/s/m^2$). باعتماد المعادلة التالية:

$$Di = K\ I\ \ Ie\ Sf\ \ SDR$$

Di: معدل تركيز الرسوبيات الناتجة عن الأمطار ($Kg/s/m^2$).

K: معامل انجراف التربة بين الجداول ($Kg/s/m^4$).

I: شدة الأمطار (m/s).

Ie: معدل الجريان السطحي بين الجداول (m/s).

Sf : الميل الطولي.

SDR: نسبة الرسوبيات الناتجة عن الأمطار.

2. حساب الانفصال لحبيبات التربة بفعل الجريان السطحي في الجداول:

أما قابلية فصل التربة الناتجة عن الجريان السطحي (Rill detachment) فتحسب عندما يكون إجهاد القص الهيدروليكي للجريان أكبر من إجهاد قص التربة الحرج .وعندما تكون حمولة الرواسب أقل من قدرة نقل الرواسب NSERL (1995). يتم حساب كمية الانجراف الجدولي وفق المعادلة التالية:

$$Df = Dc\left(1 - \frac{G}{T_c}\right)$$

Df: معدل تركيز الرسوبيات الناتجة عن الجريان ($Kg/s/m^2$).

Dc : قدرة الانفصال ($Kg/s/m^2$)

G : حمولة الراسب (kg).

Tc: سعة الناقل ($Kg/s/m$)

3. قدرة النقل والقص:

ترتبط القدرة على نقل حبيبات التربة (Sediment transport capacity) (TC) بإجهاد القص الهيدروليكي وحجم حبيبات التربة وتحسب بالعلاقة:

$$TC = K_t\ \ \tau f\ \ x^{2/3}$$

τf: إجهاد القص الهيدروليكي (pa). K_t : معامل النقل ($m^{0.5}\,kg^{-0.5}$).

ويتم حساب جهد القص الهيدروليكي للجريان السطحي على جزيئات التربة وفق المعادلة التالية:

$$\tau f = \gamma R sin\alpha \left(\frac{f_s}{f_t}\right)$$

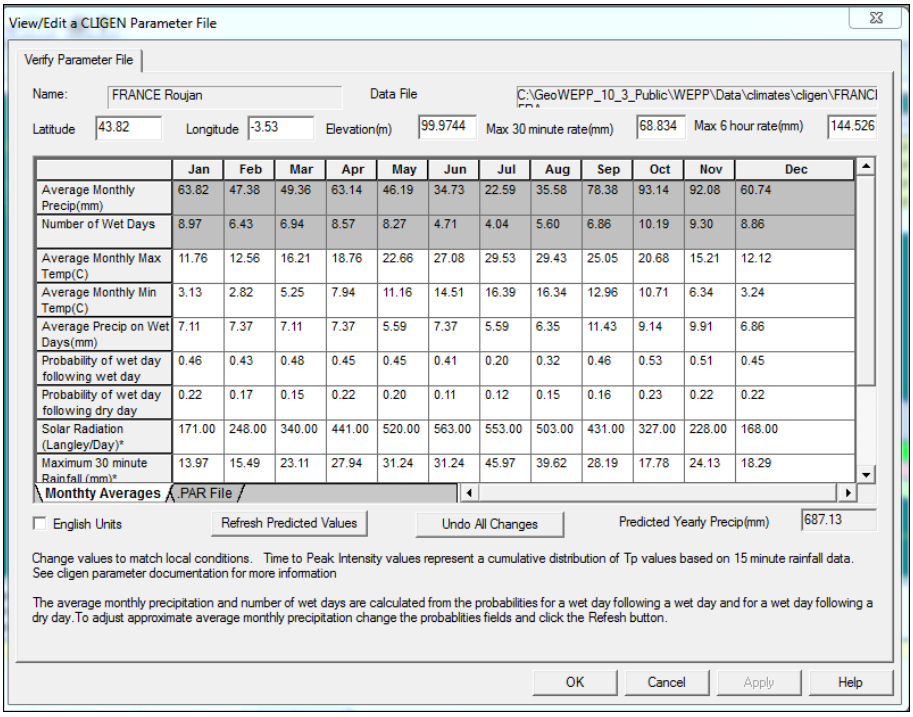
γ:الوزن النوعي للماء (Kg/m^2s^2). R: نصف القطر الهيدروليكي.

$sin\alpha$: جيب زاوية الميل. f_s: عامل التجزئة للتربة، f_t: عامل التجزئة الكلية.

3-2-2-3- بناء ملفات الإدخال input files:

أولاً: بناء ملف المناخ Climate file:

يمكن توليده داخل نموذج WEPP بتطبيق النموذج الفرعي للمناخ Climate Generator (CLIGEN- V5.3) لتوليد الطقس العشوائي (Stochastic Weather generator). حيث تنتج (CLIGEN) سلسلة زمنية من البارامترات المناخية اليومية المستمدة من القيم اليومية التي تم رصدها في الموقع لعدد من السنوات (الهطل، درجات الحرارة الصغرى والعظمى) استناداً إلى مقارنتها مع قاعدة البيانات المناخية الموجودة في النموذج WEPP والتي تضم أكثر من 2600 محطة مناخية موجودة في جميع أنحاء الولايات المتحدة، لإيجاد المحطة المناخية المشابهة للموقع. يسمح هذا النهج بإنشاء أنماط الطقس التمثيلية ولفترات زمنية يمكن للمستخدم اختيارها وذلك باستخدام بارامترات ادخال قليلة نسبياً. والشكل (18) يبين ملف البارامترات التي يولدها CLIGEN



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average Monthly Precip(mm)	63.82	47.38	49.36	63.14	46.19	34.73	22.59	35.58	78.38	93.14	92.08	60.74
Number of Wet Days	8.97	6.43	6.94	8.57	8.27	4.71	4.04	5.60	6.86	10.19	9.30	8.86
Average Monthly Max Temp(C)	11.76	12.56	16.21	18.76	22.66	27.08	29.53	29.43	25.05	20.68	15.21	12.12
Average Monthly Min Temp(C)	3.13	2.82	5.25	7.94	11.16	14.51	16.39	16.34	12.96	10.71	6.34	3.24
Average Precip on Wet Days(mm)	7.11	7.37	7.11	7.37	5.59	7.37	5.59	6.35	11.43	9.14	9.91	6.86
Probability of wet day following wet day	0.46	0.43	0.48	0.45	0.45	0.41	0.20	0.32	0.46	0.53	0.51	0.45
Probability of wet day following dry day	0.22	0.17	0.15	0.22	0.20	0.11	0.12	0.15	0.16	0.23	0.22	0.22
Solar Radiation (Langley/Day)*	171.00	248.00	340.00	441.00	520.00	563.00	553.00	503.00	431.00	327.00	228.00	168.00
Maximum 30 minute Rainfall (mm)*	13.97	15.49	23.11	27.94	31.24	31.24	45.97	39.62	28.19	17.78	24.13	18.29

الشكل 18: ملف البارامترات التي يولدها CLIGEN

عادة ما يقوم مستخدمي WEPP بتشغيل (CLIGEN) لمدة 30 عام أو 100 عام على الأكثر لحساب الطبيعة العشوائية لمدخلات المناخ، ومع ذلك وجد (Baffaut وآخرون، 1996) عند استخدامه ل (CLIGEN) للحصول على معدل تشغيل ثابت لفقد التربة السنوي أنه لم يكن 30 عام من المحاكاة كافياً، لذلك تراوحت فترة المحاكاة بين 50 إلى 100عام. كما يمكن توليد المناخ من خلال الموقع http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fsWEPP التابع لهيئة الأبحاث الأمريكية، باستخدام التطبيق the rock climate لحساب التغير المناخي المكاني في البيئات الجبلية (Elliot وآخرون، 2003). والذي يستخدم قاعدة البيانات المناخية الموجودة في الموقع والتي تتضمن عدداً من المحطات الموجودة في المناطق الجبلية، حيث يسمح التطبيق rock climate للمستخدم بإدخال قيم المتوسط الشهري للهطول المطري ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى وعدد الأيام الرطبة للموقع، ولفترة زمنية مرجعية، ثم يتم تحميل الملف المناخي المولد إلى قاعدة بيانات مناخ WEPP بصيغة (.cli) ضمن المسار (WEPP/data/climates/cligen). لاستخدامها في المحاكاة.

ثانياً: بناء ملف الانحدار Slope File:

يحتاج WEPP معلومات حول المنحدرات التلية من أجل حساب معدلات الانجراف. تتضمن الميل وشكل المنحدر، الاتجاه على طول المنحدر لإنشاء الملف التعريفي للميل يستخدم GeoWEPP ملفات تعريف الأحواض الفرعية التي تم انشاؤها بواسطة TOPAZ، وتسمح بتعيين نوع التربة والإدارة لكل حوض فرعي. أما في نموذج WEPP القياسي يمكن تقسيم كل منحدر إلى 10 مناطق (OFE_S) overland flow elements. إن (OFE) عبارة عن قسم من المنحدر التلي بطول مرغوب يمكن تخصيصه ببارامترات فردية للتربة والإدارة من أجل خلق تمثيل وواقعية للتغير المكاني داخل كل منحدر (Flanagan & Livingston، 1995)، ولكن جميعها تخضع لنفس المناخ وهو مناخ الحوض، ولكن لا يتوافق استخدام (OFE) مع المخرجات الرقمية التي انشأتها GeoWEPP ولا يمكن استخدامها، لذلك فإنه يمكن لمستخدمي GeoWEPP تمثيل التباين المكاني بين الأحواض الفرعية وليس داخلها.

ثالثاً: بناء ملف التربة (Soil file):

يتم تحضير ملف التربة ضمن النموذج WEPP وذلك بإدخال بارامترات التربة (Soil parameters) التالية:

أولاً: وصف ملف التربة: والذي يمثله اسم الملف وقوام التربة.

ثانياً– البارامترات الستة: قابلية التربة للانجراف الجدولي، قابلية التربة للانجراف بين الجداول، التوصيل الهيدروليكي الفعال وجهد القص الهيدروليكي، يمكن تقديم هذه البارامترات من قبل المستخدم أو يمكن حسابها تلقائياً بواسطة WEPP بناء على خوارزميات موجودة ضمن النموذج. بالإضافة الى مستوى التشبع الأولي.

ثالثاً– الوصف النصي لطبقات التربة: (العمق، % للرمل، % الطين، %المادة العضوية، % الحصى، السعة التبادلية الكاتيونية ميلي مكافئ/100غ تربة).

رابعاً– بناء ملف الإدارة (Management file):

يقوم النموذج بمحاكاة نمو النبات في كل من الأراضي الزراعية والمحاصيل والغابات وأراضي المراعي، والممارسات الزراعية المتبعة. وذلك بالاعتماد على النموذج الفرعي لنمو النبات (EPIC Plant Growth Module). (Erosion Productivity Impact Calculator). حيث يعد هذا النموذج أن لخصائص التربة التأثير الأكبر في الانجراف والإنتاجية. (Williams وآخرون، 1996).

خامساً– بناء الملفات النصية TXT Files:

يحتاج GeoWEPP لربط بيانات Gis مع النموذج WEPP أربعة ملفات نصية تحمل اللاحقة Text:

- ملف استعمالات الأراضي (landcov.txt) وملف التربة (soilmap.txt).

تسمح هذه الملفات للنموذج GeoWEPPبالتعرف على المعلومات داخل طبقات الGis وتحميلها للنموذج WEPP، حيث تربط بين محتوى وقيمة الخلية في الخريطة.

- ملف قاعدة بيانات استعمالات الأراضي (landusedb.txt) وملف قاعدة بيانات التربة (soilsdb.txt). هذه الملفات تقوم بتحميل ملفات التربة والإدارة من WEPP إلى WEPP/TOPAZ TRASLATOR.

3-2-3- برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information System):

يعرف الـ GIS: بأنه من برمجيات شركة ازري ESRI الأمريكية المتخصصة في أنظمة المعلومات الجغرافية وأحدث تقنية متبعة باستخدام الحاسوب لإجراء عمليات المعالجة والتحليل المكاني ثم إظهارها على شكل خرائط أو جداول أو مخططات. كما يمكن أن يعرف بأنه برنامج حاسوبي يربط بين المعلومات الجغرافية مع معلومات وصفية وله القدرة على إظهار عدة شرائح لمعلومات مختلفة، وتتكون هذه النظم من برامج خاصة يتم تشغيلها عن طريق الحاسوب وأشخاص يقومون بالعمل لمعالجة وتحليل البيانات وإظهار نتائج التحليل (ESRI، 2002).

تمتاز تقانة نظم المعلومات الجغرافية GIS بسهولة وسرعة الوصول إلى كم هائل من البيانات اللازمة للتمثيل الدقيق لمنطقة الدراسة. تسمح بربط البيانات الوصفية مع البيانات المكانية بطريقة دقيقة وفاعلة (عودة، 2005)

تتطلب الدراسات المتعلقة بانجراف التربة تكاليف باهظة وتحتاج إلى بذل الكثير من الجهد والوقت، كما أن استخدام الطرائق التقليدية في تقدير الانجراف لا يعطي صورة واضحة عن حجم وتوزع خطر انجراف التربة (Vaidya وآخرون، 2013) لذا تم استخدام تقانات حديثة مثل GIS والاستشعار عن بعد، مع النماذج والموديلات الرياضية لأنها وسائل أكثر فاعلية مقارنة مع استخدام المعادلات بالطرائق التقليدية.

يتميز نموذج GeoWEPP بقدرته على العمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS، حيث تكون المخرجات على شكل شرائح Grid layers تمثل أماكن التربة المنجرفة بوحدة المساحة كنسبة من عتبة فقد التربة المسموح به (the Tolerable Soil Loss TSL) والمساحات التي تنتج قيم فقد أكبر أو أقل من فقد التربة المسموح TLS، حيث تنتج بيانات محصلة الراسب والجريان السطحي لكل بكسل في ملفات نصية ورسوم توضيحية، تشير الملفات النصية إلى المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي و محصلة الراسب لكل المساقط المائية الفرعية ولكامل المسقط المائي.

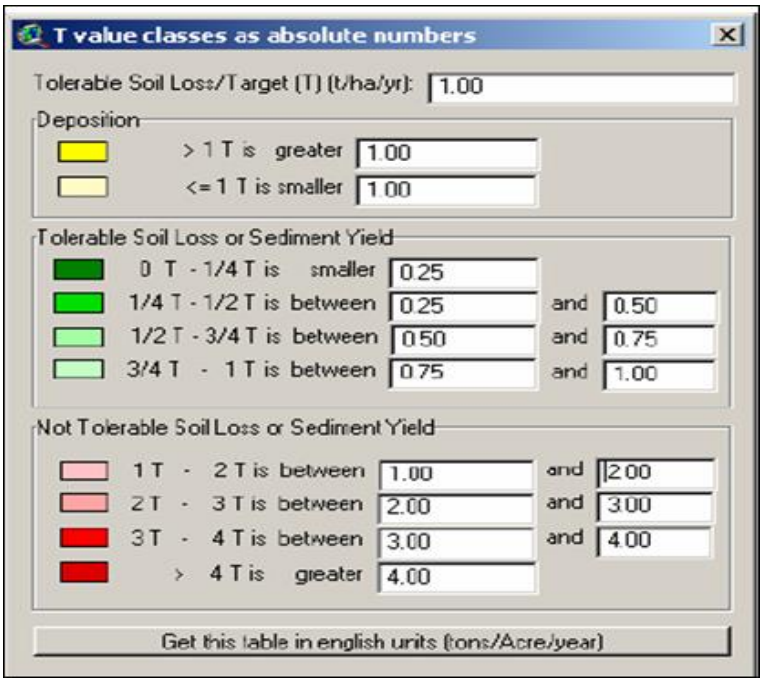
3-2-4- القيمة Tolerable value(T):

يستخدم GeoWEPP تجزئة الحوض إلى أحواض فرعية لإجراء التحليلات بشكل دقيق، كالتحليل المكاني للانجراف المائي ومحصلة الرواسب، حيث يعتمد التصور الخاص بالتوزيع المكاني للتربة المفقودة وترسبها على مفهوم قيمة عتبة فقد التربة المسموح به T (Tolerable value) والمقدرة بـ طن /هكتار/ سنة.

توضع قيمة T في ثلاث صفوف رئيسية:

1. صف الترسبات (Deposition) التي تحتفظ بجميع قيم الترسب، تعطى اللون الأصفر.
2. صف التربة المفقودة ومحصلة الراسب (Tolerable soil loss or sediment yield) وتعطى تدرجات اللون الأخضر. ويكون فيها الترسيب مساويا أو أصغر من 1 طن /هكتار/ سنة.
3. صف القيمة غير المقبولة لفقد التربة وعائد الرواسب (Not Tolerable soil loss or sediment yield) وتعطى تدرجات اللون الأحمر.

كل صف رئيسي يتألف من صفوف فرعية، وبالتالي نحصل على 10 صفوف كما هي موضحة بالشكل (19) وسنجد هذه الصفوف لاحقا في خرائط الانجراف التي نحصل عليها بعد المحاكاة.



الشكل 19: صفوف القيمة T عتبة فقد التربة المسموح به (Tolerable value)

يعتبر كلاً من الغطاء الأرضي/ استعمالات الأراضي، الانحدار، المناخ، التربة للمسقط المائي هي ملفات الإدخال الاساسية ضمن نموذج GeoWEPP وربطها مع نموذج WEPP، اضافةً للخرائط الغرضية (خرائط استعمالات الأراضي، التربة، الانحدار، DEM)، ندرج فيما يلي المدخلات التي تم استخدامها وتجهيزها قبل إجراء المحاكاة لكل منطقة على حدا:

3-2-5- إعداد البيانات الخاصة بمنطقتي الدراسة لاستخدامها في المحاكاة بالنموذج GeoWEPP:

3-2-5-1- إعداد الخرائط:

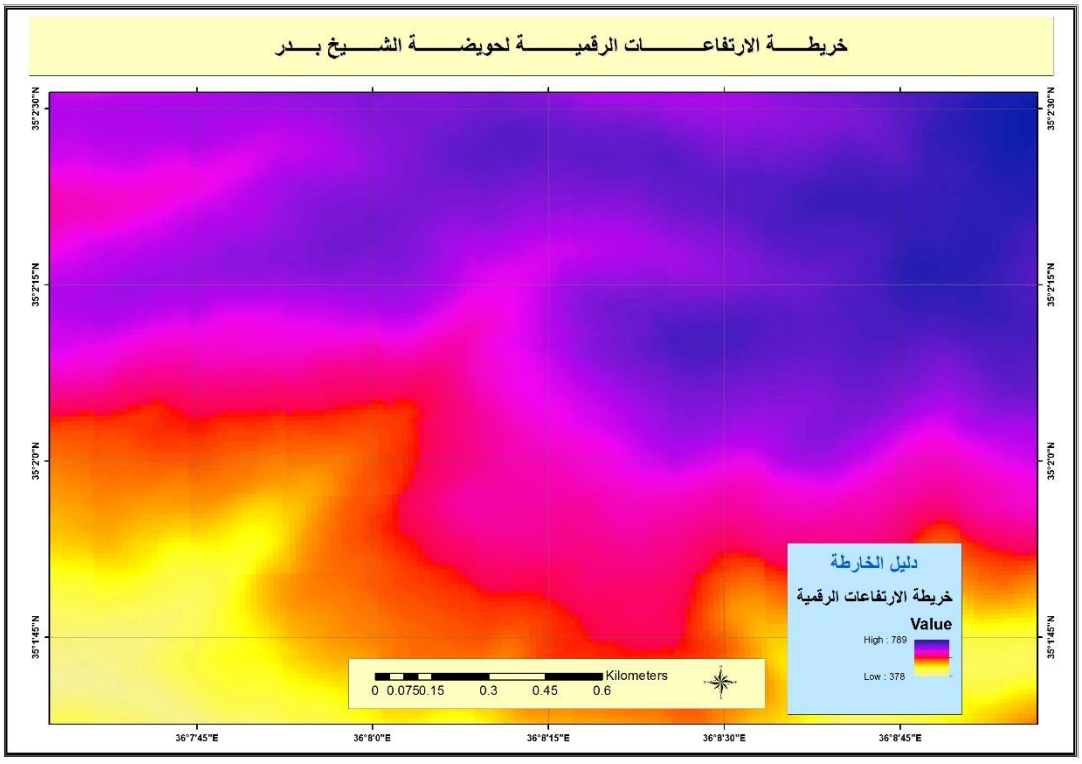
1- إعداد ملف الارتفاعات الرقمية (DEM):

يستخدم ملف الارتفاعات الرقمية (DEM) في عملية التحليل لشبكة المسيلات (Channel Network) والأحواض الفرعية (Subcatchment) وتشكيل طول وقيمة الانحدار لكل حوض فرعي (Hillslope) لإدخالها لنموذج WEPP. ويتم استخراج بيانات ملف الانحدار من ملف الارتفاعات الرقمية (DEM) الذي يعتبر الأساس في تشغيل GeoWEPP. يجب أن يكون ملف الارتفاعات الرقمية ذو إحداثيات مترية (UTM). بعد ذلك يتم تحويلها إلى الصيغة (ASCII) التي يقرأها النموذج GeoWEPP ويتم حفظه كملف dem.asc.

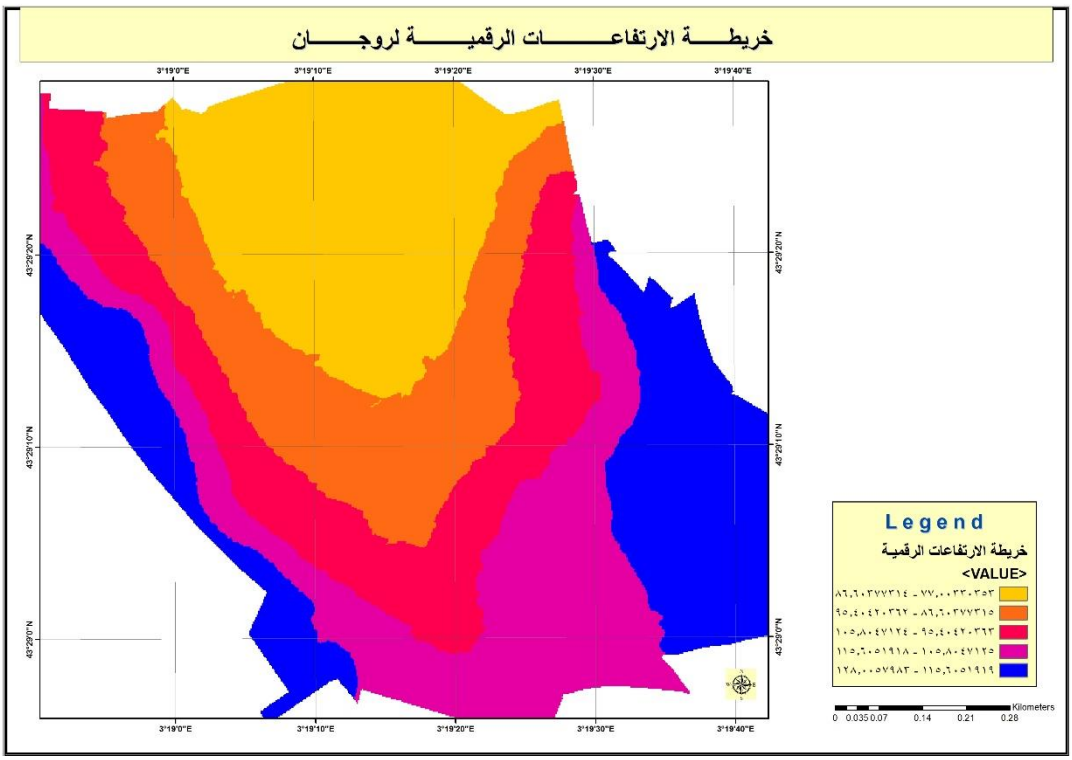
<u>بالنسبة لحوض روجان</u>: باستخدام أدوات برنامج ArcGIS 10.3 نقوم بتحميل ملف الارتفاعات الرقمية الخاص بحوض روجان DEM2m (مصدرها OMERE). ثم نختار الاسقاط الخاص لروجان

WGS_1984_UTM_Zone_31N، وبالتالي نحصل على خريطة الارتفاعات الرقمية ذات إحداثيات مترية UTM. ولكن ملف الارتفاعات الرقمية ذو امتداد واسع ومنطقة دراستنا (حوض روجان) جزء منه، وذلك سيأخذ وقتا" في عمل تحليل DEM لإنتاج شبكة المسيلات لذلك لا بد من اقتطاع منطقة الدراسة فقط، ويتم ذلك من خلال الأداة (Clip)، وهي موجودة ضمن أدوات (Analysis Tools). وذلك بناء على خريطة حدود الحوض. وبذلك نكون قد وصلنا للمرحلة الأخيرة من تحضير ملف DEM. وهي التحويل من صيغة Raster Grid إلى الصيغة ascii.

أما <u>بالنسبة لحويضة الشيخ بدر</u>: تم تحميل DEM بقدرة تمييز 12.5 متراً تغطي الحويضة المختارة من الشيخ بدر من الموقع الالكتروني Earth Explorer وباستخدام أدوات ArcGIS10.3 تم استخدام الإسقاط WGS84-UTM zone 37N. ثم اقتطاع DEM وفقا لخريطة حدود الحويضة المختارة. بعدها يتم تحويل الملف إلى الصيغة ascii. وبهذا يكون ملف الارتفاعات الرقمية DEM لمنطقتي الدراسة جاهز لإدخالها إلى النموذج GeoWEPP. والشكل (20) و(21) يبين خريطة الارتفاعات الرقمية لمنطقتي الدراسة.



الشكل 20: خريطة الارتفاعات الرقمية لحويضة في الشيخ بدر



الشكل 21: خريطة الارتفاعات الرقمية لروجان.

2- إعداد خريطة استعمالات الأراضي (Land Use Map):

<u>اعداد خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان:</u>

تم اعداد خمس شرائح رقمية لحوض روجان shapfile للأعوام (2010,2009,2005,2002, 1997). (مصدرها OMERE). باستخدام أدوات برنامج ArcGIS 10.3 وذلك بتحميل الخرائط الخمس ثم نختار الإسقاط الخاص لروجان WGS_1984_UTM_Zone_31N، وبالتالي نحصل على خرائط ذات إحداثيات مترية UTM. ولها نفس اسقاط طبقة dem. بعد إتمام عملية تغيير إحداثيات الشرائح Shape file أصبح بالإمكان أن نقوم بتحويله إلى صيغة Raster. والخطوة الأخيرة هي التحويل من Raster إلى صيغة ascii حتى نستطيع استخدامها في النموذج GeoWEPP، وحفظها كملف landuse.asc. والاشكال (22،23،24،25،26) تبين خرائط استعمالات الأراضي لروجان المستخدمة في المحاكاة للأعوام (2012,2009,2005,2002,1997).

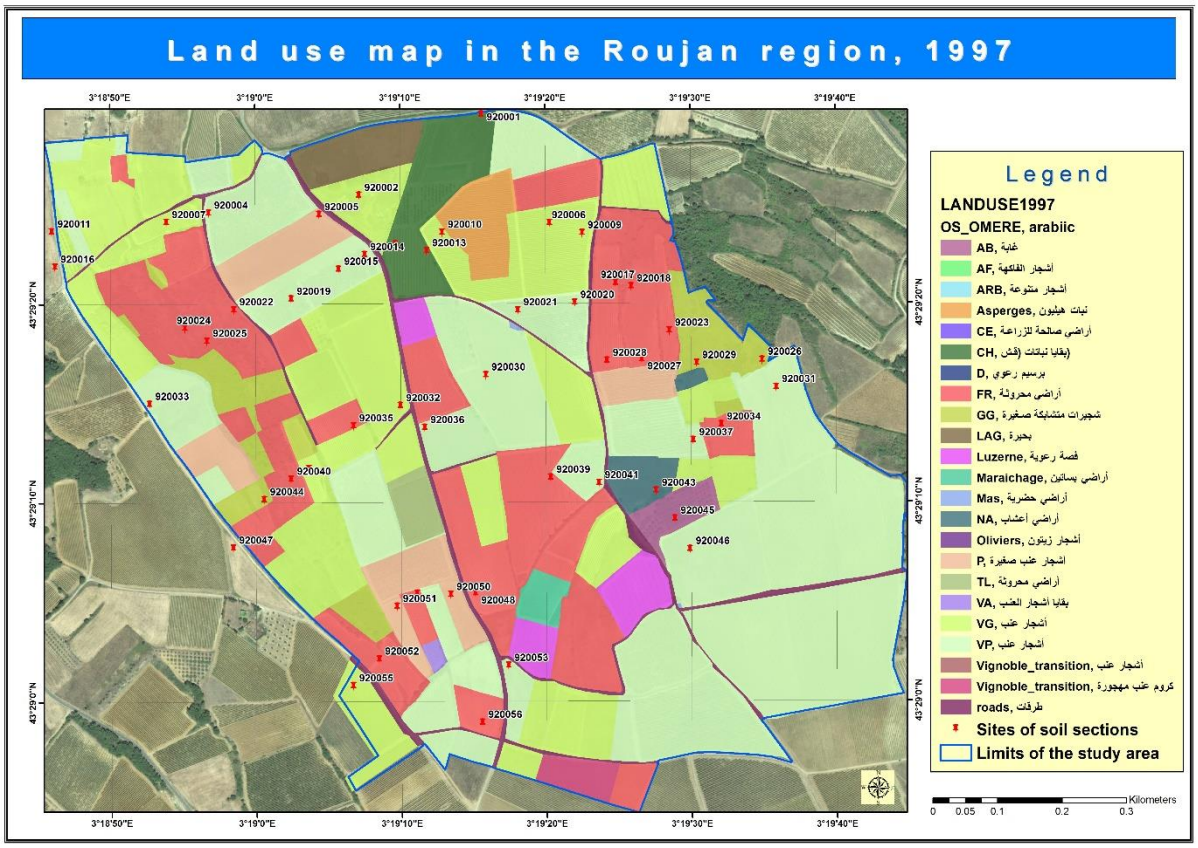
<u>اعداد خريطة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر:</u>

تم استخدام التفسير البصري لصور مشتقة من Google Earth لعامي 2019&2010 لرسم خرائط استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر، إن الدقة المكانية العالية للصورة والمعلومات التاريخية لمنطقة الدراسة ساعدت في تحديد فئات استخدام الأراضي بشكل أكثر تمثيلا للتضاريس الحقيقية، وباستخدام

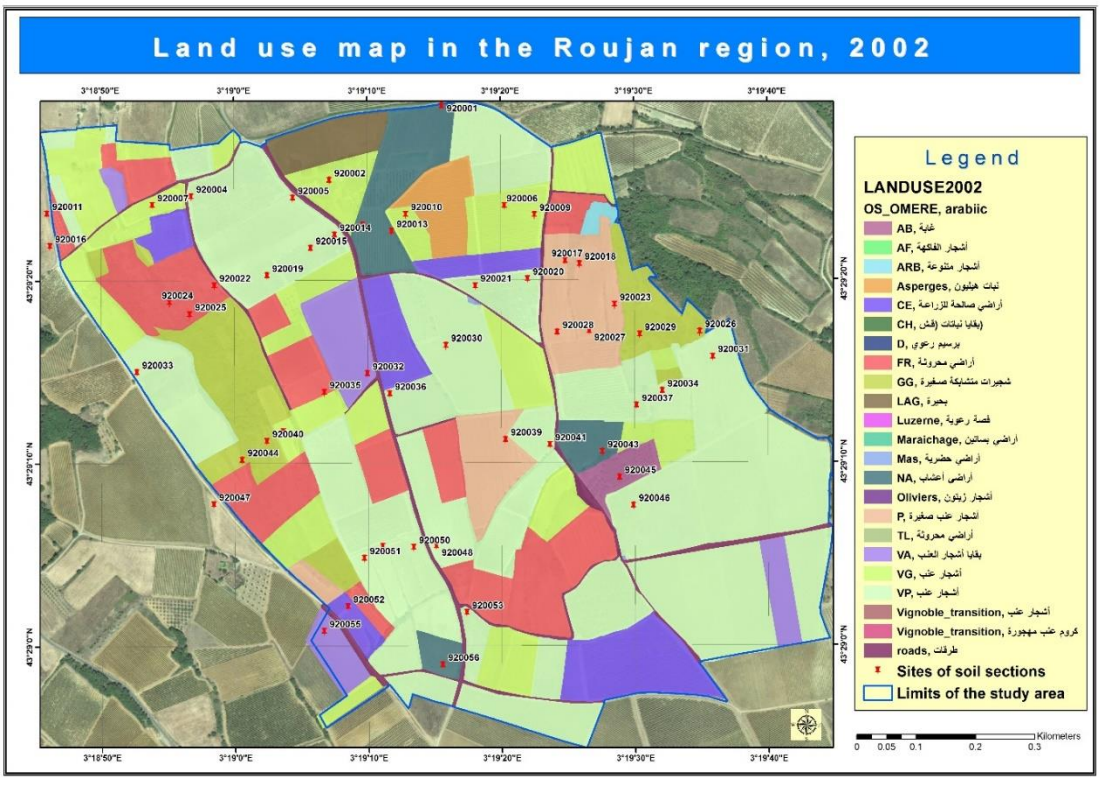
أدوات برنامج ArcGIS 10.3تم رقمنة المضلعات المقابلة لفئات استخدام الأراضي المختلفة. عندها يتم انشاء خريطة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة من النوع Shape file. بعد ذلك يتم ارجاع تلك الخرائط إلى الإسقاط WGS_1984_UTM_Zone_37N. ثم التحويل إلى Raster. وبعدها التحويل إلى صيغة ascii.

وبذلك يتم الانتهاء من تحضير بيانات استعمالات الأراضي لتصبح جاهزة لإدخالها للنموذج. GeoWEPP. ويبين الشكلين (27، 28) خرائط استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر المستخدمة في المحاكاة.

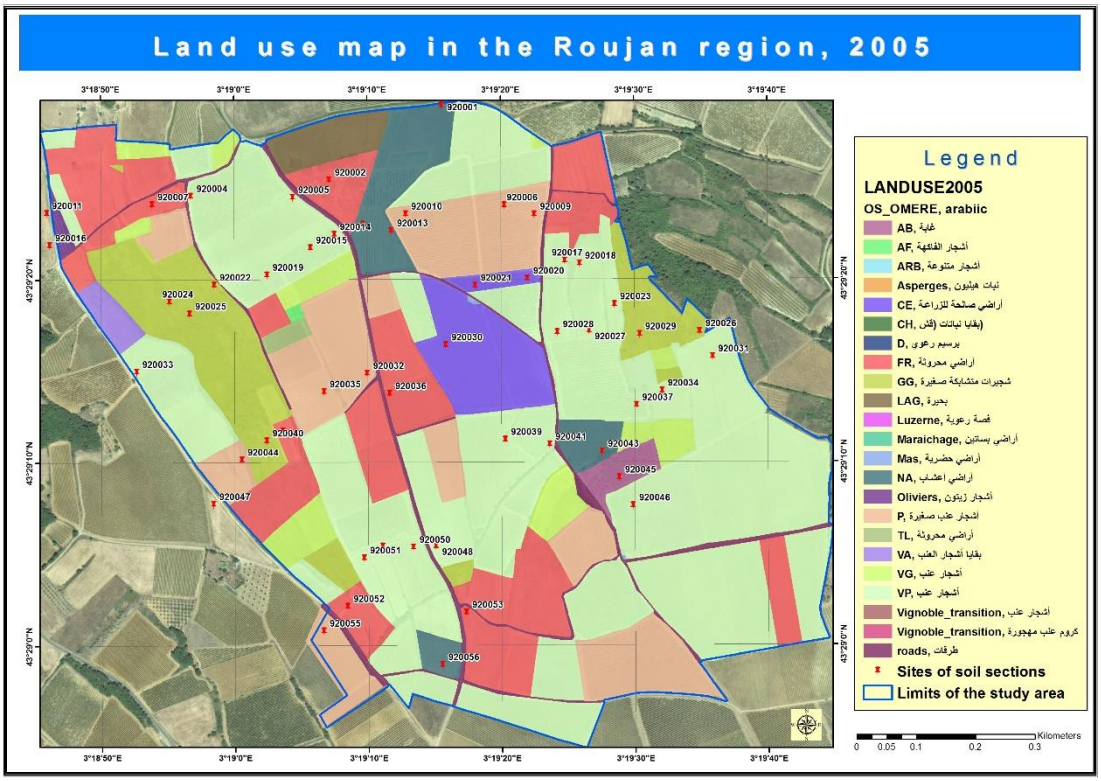
أثناء إعداد طبقة خريطة استعمالات الاراضي لواجهة GeoWEPP باستخدام ArcGIS. يتم إنشاء الملفات النصية لشريحة استعمالات الأراضي بما يتوافق مع محاكاة GeoWEPP لكلا منطقتي الدراسة (landcove.txt, landusedb.txt) والتي تعمل كجسر بين خريطة استعمالات الأراضي ونموذج GeoWEPP وWEPP/TOPAZ. والملحقات (1،2،3،4) تبين الملفات النصية لشريحة استعمالات الأراضي لروجان ولحويضة الشيخ بدر. الملف landcove.txt يربط بين محتوى وقيمة الخلية بالخريطة، مزود برقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في طبقة الخريطة بينما الوصف يكون لمحتوى الخلية النقطية للخريطة على الواقع، أما الملف landusedb.txt فهو يربط بين قيمة الخلية والوصف مع ملف معاملات نموذج WEPP/TOPAZ أثناء عملية المحاكاة وبالتالي يتعرف النموذج GeoWEPP على ما تحويه الخرائط على أرض الواقع وبالتالي إجراء المحاكاة والتحليل واعطاء النتائج.



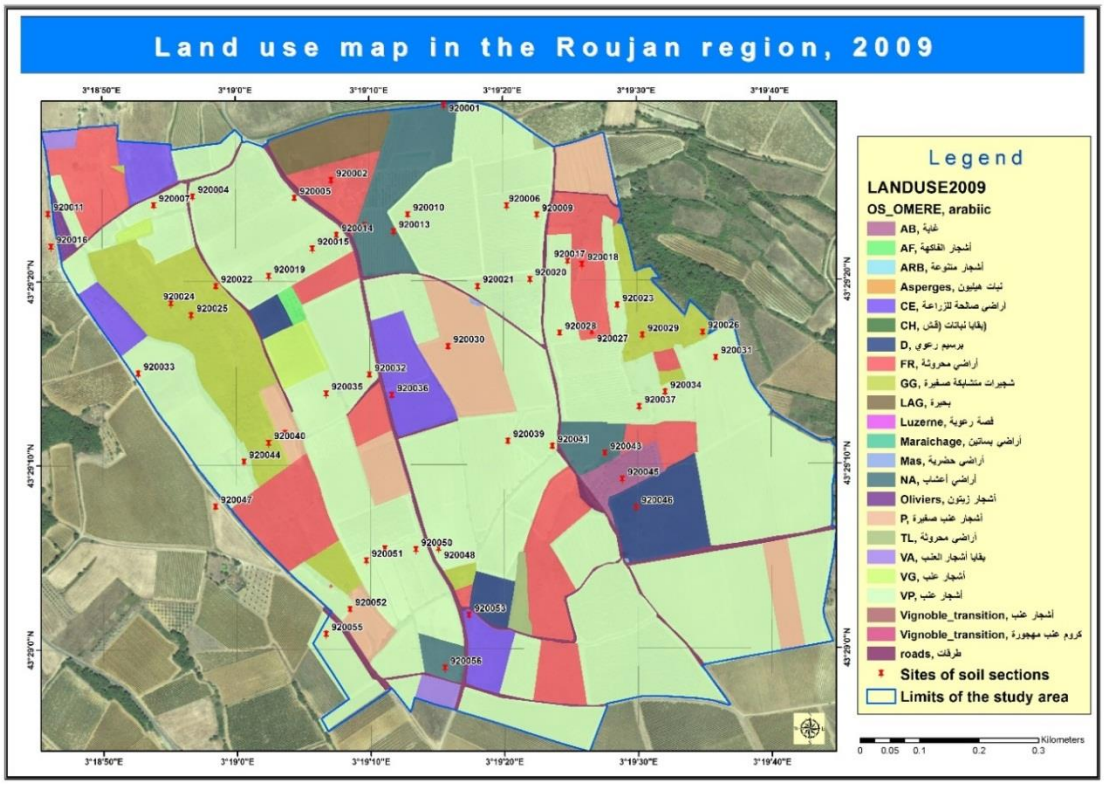
الشكل 22: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 1997.



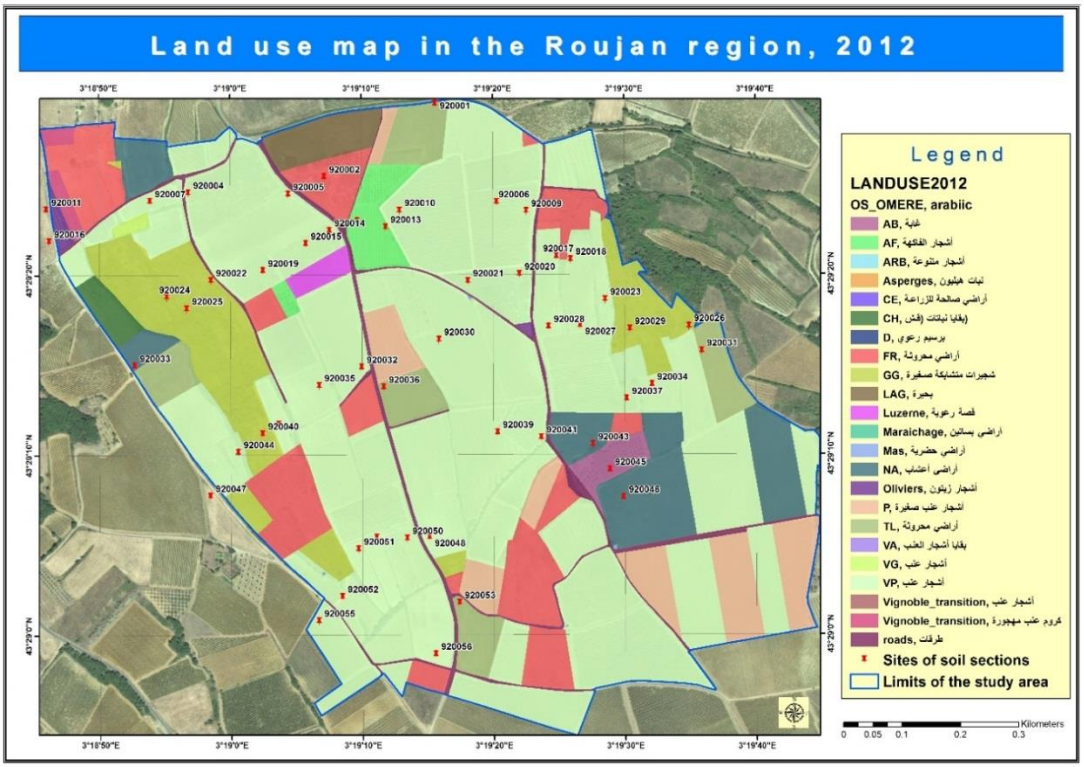
الشكل 23: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2002



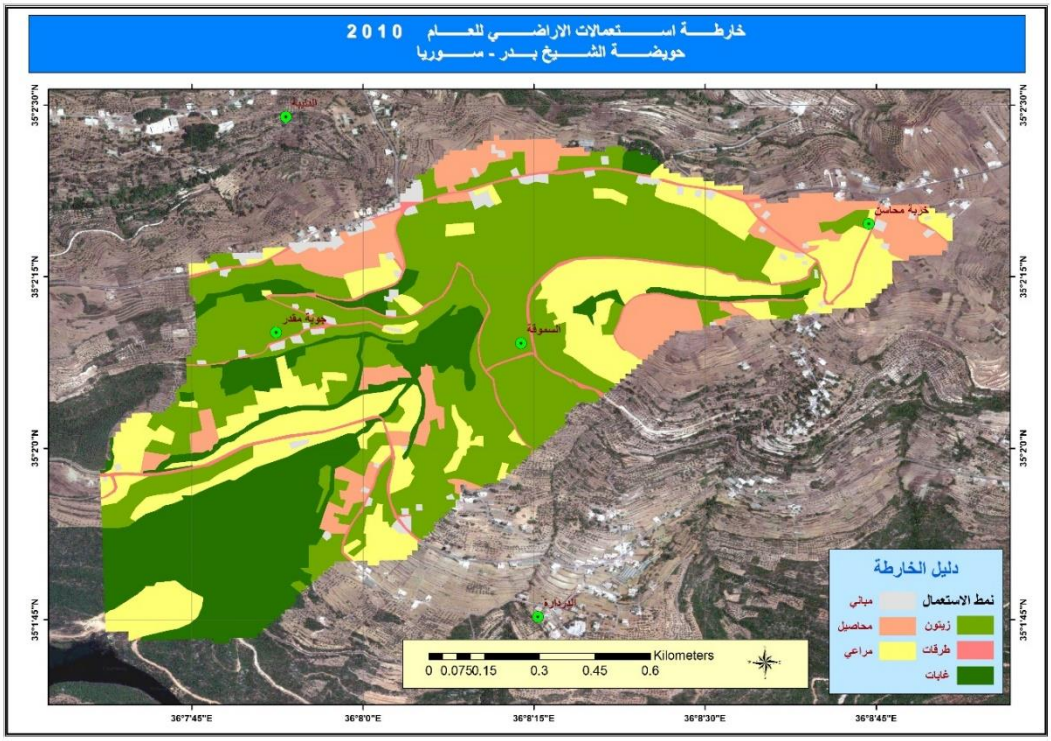
الشكل 24: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2005.



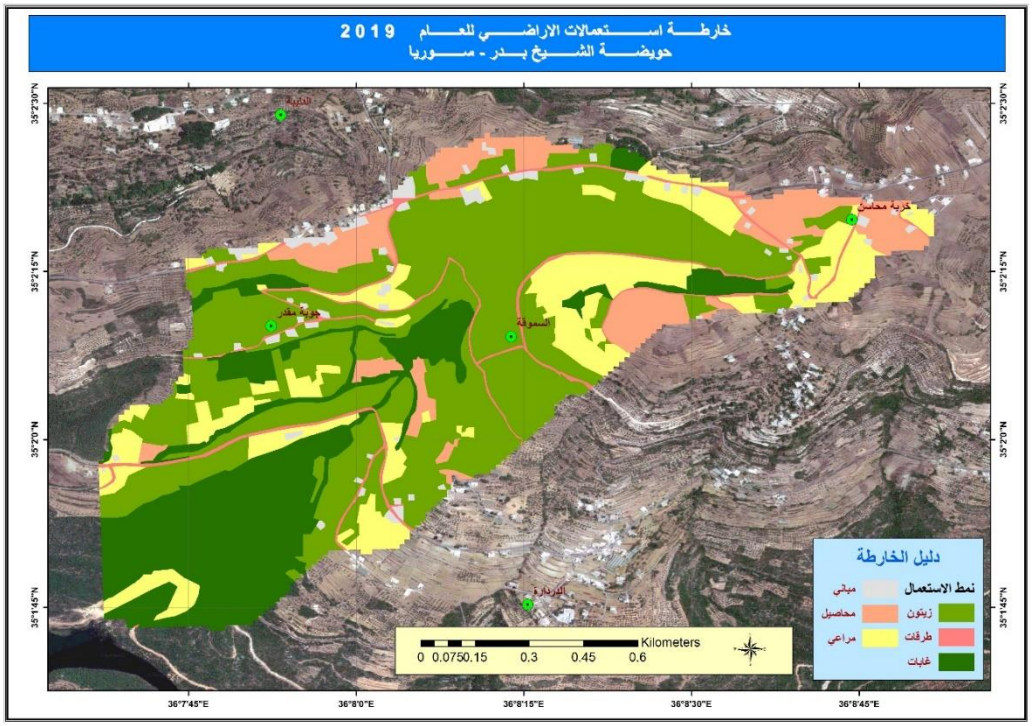
الشكل 25: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2009.



الشكل 26: خريطة استعمالات الأراضي لحوض روجان لعام 2012.



الشكل 27: خريطة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر لعام 2010.



الشكل 28: خريطة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر لعام 2019.

3- إعداد خريطة التربة (Soil Map):

<u>اعداد خريطة التربة لحوض روجان:</u>

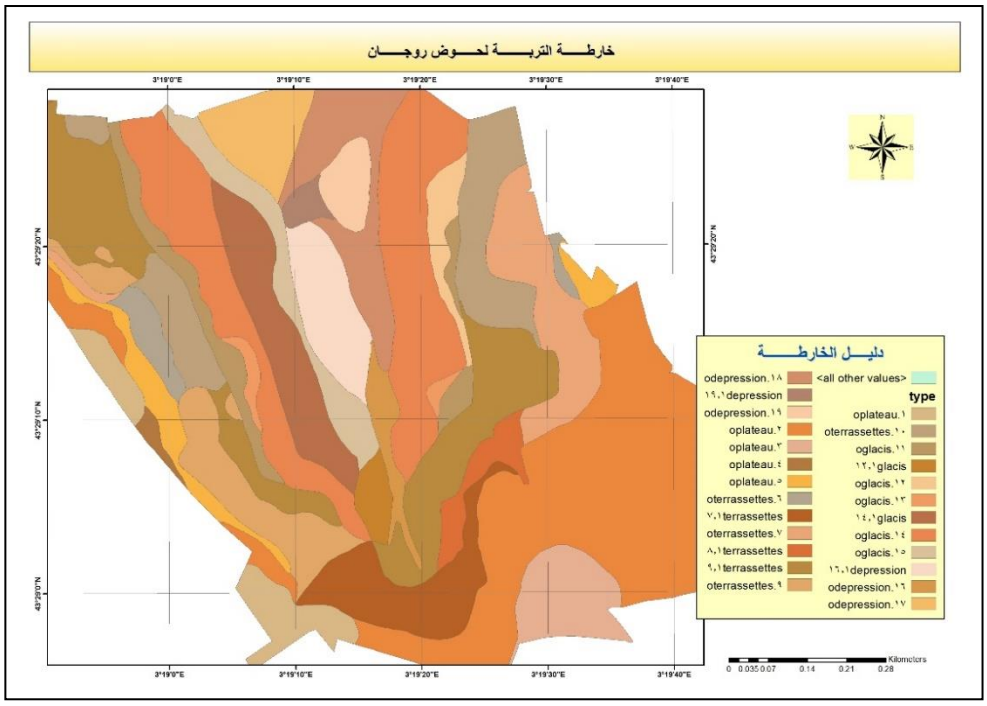
تستخدم واجهة GeoWEPP خرائط التربة الرقمية التي تمثل فيها المضلعات وحدات التربة المختلفة لكامل منطقة الدراسة. يجب إعداد ملفات التربة المطابقة لوحدات التربة في نموذج WEPP. تم الحصول على بيانات التربة (النسبة المئوية لكل من الرمل والطين، المادة العضوية، الحصى والحجارة، بالإضافة الى السعة التبادلية) من المرصد البيئي (OMERE). حيث تم إنشاء طبقة خريطة التربة لواجهة GeoWEPP على شكل vector polygon map، ثم تم تحويل خريطة المضلعات هذه إلى صيغة Raster بالاعتماد على البيانات الموجودة في خريطة vector. بعدها تم تحويل الخريطة الناتجة الى صيغة ascii وحفظها كملف soilsmap.asc. تم اتباع الاجراءات الموضحة في Minkowski (2008) في إنشاء طبقة خريطة التربة.

وبذلك تكون الخرائط الغرضية لروجان (DEM، استعمالات الأراضي، التربة) جاهزة لإدخالها للنموذج GeoWEPP. ويبين الشكل (29) خريطة التربة لروجان.

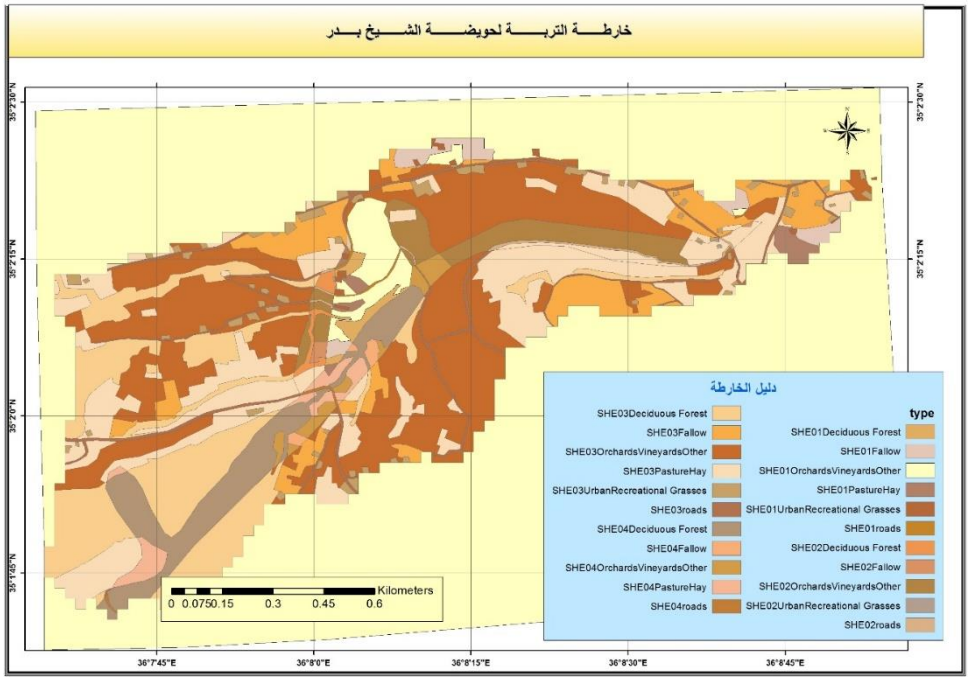
إعداد خريطة التربة لحويضة الشيخ بدر :

لإعداد خريطة التربة لحويضة الشيخ بدر تم اتباع نفس خطوات انشاء وتحويل خريطة التربة لروجان. وقد تم الحصول على بيانات التربة (النسبة المئوية لكل من الرمل والطين، المادة العضوية، الحصى والحجارة، بالإضافة الى السعة التبادلية) من مسح ميداني للمنطقة والتحليل المخبري للعينات المأخوذة من وحدات التربة الرئيسية. ويبين الشكل (30) خريطة التربة لحويضة الشيخ بدر.

أثناء إعداد طبقة خريطة التربة لواجهة GeoWEPP باستخدام ArcGIS. وملف التربة في WEPP يتم إنشاء الملفات النصية لشريحة التربة بما يتوافق مع محاكاة GeoWEPP لكلا المنطقتين (Soilsmap.txt, Soilsdb.txt) والتي تعمل كجسر بين خريطة التربة ونموذج GeoWEPP وWEPP/TOPAZ. والملحقات (8،7،6،5) تبين الملفات النصية لشريحة التربة لروجان ولحويضة الشيخ بدر. Soilsmap.txt الملف Soilsmap.txt يربط بين محتوى وقيمة الخلية بالخريطة، مزود برقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في طبقة الخريطة بينما الوصف هو وصف محتوى الخلية النقطية للخريطة على الواقع المدروس. بينما يربط الملف Soilsdb.txt بين قيمة الخلية والوصف مع ملف معاملات نموذج WEPP/TOPAZ أثناء عملية المحاكاة وبالتالي يتعرف النموذج GeoWEPP على ما تحويه الخرائط على الواقع وبالتالي إجراء المحاكاة والتحليل واعطاء النتائج.



الشكل 29: خريطة التربة لحوض روجان



الشكل 30: خريطة التربة لحويضة الشيخ بدر

3-2-5-2- انشاء الملفات:

1- ملف المناخ Climate File:

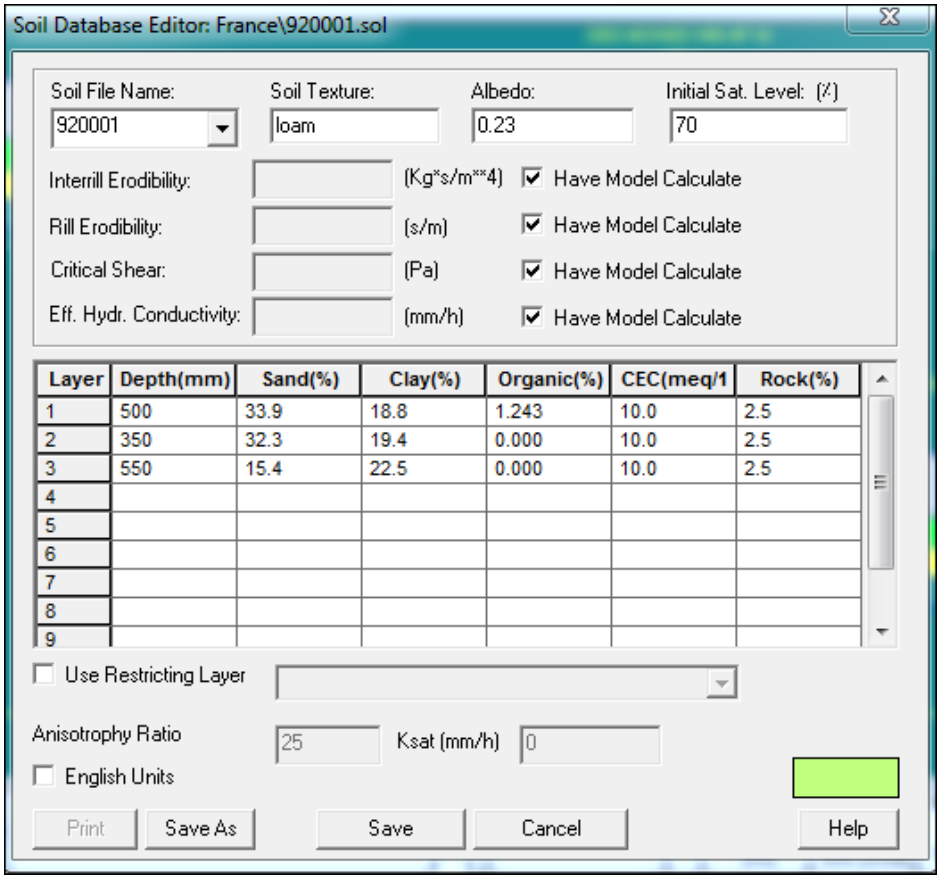
نظراً لعدم وجود قاعدة بيانات مناخية لكل من فرنسا وسورية في قاعدة البيانات المناخية ضمن النموذج WEPP، تم توليد الملف المناخي من الموقع http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fsWEPP باستخدام التطبيق Rock Climate، لكلا المنطقتين. حيث تم ادخال قيم المتوسطات الشهرية لكل من الهطل المطري ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى، وعدد الأيام المطيرة، والارتفاع عن سطح البحر، والاحداثيات الجغرافية لكل منهما. ومن ثم تم تحميل الملف المناخي المولد لمئة عام إلى قاعدة بيانات مناخ WEPP بصيغة (.cli) ضمن المسار (WEPP/data/climates/cligen) لاستخدامها في المحاكاة. والملحقين (9،10) يوضحان الملفات النصية لتوليد ملف المناخ لمنطقتي الدراسة. وقد تم الحصول على هذه البارامترات المناخية من المحطة المناخية للشيخ بدر (مصدر البيانات الهيئة العامة للموارد المائية-دمشق)، ومن (OMERE) بالنسبة لروجان. والجدولين (1و2) في الملحقات يبين قيم المتوسطات الشهرية لكل من الهطل المطري ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى، وعدد الأيام المطيرة لروجان للفترة (1993-2014). وللشيخ بدر للفترة المرجعية (1982-2018).

2- ملف الانحدار:

يُنشأ ملف الانحدار من خريطة DEM استناداً على مؤشرات هامة للمنحدر كالميل، شكل المنحدر، الاتجاه على طول المنحدر بواسطة برمجية TOPAZ، حيث يستطيع النموذج GeoWEPP تحديد منسوب كل منحدر ضمن المسقط المائي بناءً على المؤشرات السابقة.

3- ملف التربة:

<u>ملف التربة لحوض روجان</u>: تم الحصول على بارامترات التربة التي يطلبها ملف التربة Soil Database Editor في النموذج WEPP (النسبة المئوية لكل من المادة العضوية، الرمل، الطين ونسبة الحصى والحجارة، بالإضافة إلى السعة التبادلية مقدرة ب ميلي مكافئ/100ترية). لـ 54 قطاع تربة مأخوذة من الحوض التجريبي. يبين الجدول (3) في الملحقات بارامترات التربة لحوض روجان. وذلك من المرصد البيئي (OMERE)، (وبناء على هذه البارامترات تم إنشاء طبقة خريطة التربة كما ورد في أعلاه). كما هو موضح في الشكل (31).



الشكل 31: بارامترات التربة ضمن النموذج WEPP

<u>ملف التربة لحويضة الشيخ بدر</u>: تم تنفيذ زيارات حقلية لمنطقة الدراسة، حيث تم حفر 4 مقاطع ترابية، بالاعتماد على خطوط الكنتور وعمق التربة، ووحدات التربة المنتشرة في موقع الدراسة التي تم تحديدها

بالمنطقة بتقرير مسح وتصنيف الأراضي للمنطقة (Darwish Sami, et al,1986)، أنواع الترب في الشيخ بدر (مصلحة الأراضي في طرطوس).

أخذت عينات التربة من المقاطع الترابية، بالاعتماد على عمق التربة وتغير اللون، وتم نقلها إلى مخبر التربة في محطة بحوث بيت كمونة بطرطوس، وجففت هوائيا، ومن ثم تم نخلها بمنخل قطر فتحاته 2مم وأخذ الجزء الناعم لإجراء التحاليل المخبرية التالية:

- التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدرومتر: وباستعمال مادة هيكسا ميتا فوسفات الصوديوم كمادة مفرقة، وتم تحديد قوام التربة باستخدام مثلث قوام التربة حسب التصنيف الأمريكي Gupta (2000).
- السعة التبادلية الكاتيونية CEC (ميلي مكافئ/100غ تربة): قدرت بطريقة أسيتات الامونيوم Chapman (1965).
- المادة العضوية OM%: قدرت بطريقة جاكسون Jackson (1985).

والجدول (4) في الملحقات يبين قيم بارامترات التربة الأساسية لحويضة الشيخ بدر وفق متطلبات WEPP. وبالنسبة لنسبة التشبع الأولي لرطوبة التربة فقد تم افتراضها 70% وذلك في 1/ كانون الثاني من سنة المحاكاة لكلا المنطقتين WEPP (1995).

نجد تباين قوام الترب المدروسة فقد تراوحت بين المتوسط والثقيل حيث ساد القوام الطيني اللومي والطيني في معظم الطبقات، فقد وصلت نسبة الطين إلى 41.47%. كما أن وجود المادة العضوية في القطاع الثالث والرابع يعزى إلى الاستثمار الزراعي في المنطقة بإضافة المواد العضوية. بينما سجلت سعة التبادل الكاتيوني أعلى قيمة لها 38.11% في القطاع الثالث ويعود ذلك لغنى التربة بالمادة العضوية.

3-2-6- المحاكاة باستخدام نموذج GeoWEPP (Model simulation):

تم تنفيذ عملية المحاكاة المستمرة لمنطقتي الدراسة (روجان والشيخ بدر) باستخدام طريقة المسقط المائي Watershed Method. باستخدام ملف المناخ الخاص بكل منطقة. تولد المحاكاة تقديرات حول متوسط الجريان السطحي السنوي وكمية التربة المفقودة وإنتاجية الرواسب. وإنتاج تقارير للمحاكاة (reports).

كما ينتج المكون TopWEPP في GeoWEPP المتوسط السنوي لخسارة التربة ومحصلة الرواسب على شكل خرائط باستخدام Tolerable Soil Loss(T). تساعد خريطة توزيع فقد التربة الناتجة على تصور المناطق الأكثر عرضة للتآكل. تم استخدام مستوى فقد التربة المسموح به وهو 1 طن/هكتار/السنة، لرسم خريطة توزيع معدلات فقد التربة في الأحواض الفرعية الناتجة. قمنا بشكل منهجي بتقييم حجم الانجراف

والجريان السطحي خارج الموقع على مستوى مقياس الحوض المائي. من خلال اختيار مخرج للحوض outlet.

3-2-6-1- تقييم فعالية وكفاءة النموذج GeoWEPP لمحاكاة الانجراف المائي في منطقتي الدراسة:

من أجل الوصول إلى تحديد فعالية نموذج GeoWEPP في تقدير الجريان السطحي ومحصلة الراسب تم استخدام المعاملات الإحصائية التالية:

1. معامل كفاءة النموذج Nash و Sutcliffe (1970).

$$\mathbf{NSE} = \mathbf{1} - \sum_{1}^{N}(\boldsymbol{Yobs} - \boldsymbol{Ypred})^{2}/(\boldsymbol{Yobs} - \boldsymbol{Ymean})^{2}$$

حيث:

NSE كفاءة النموذج Model efficiency.

$Yobs$: القيمة الحقلية المقاسة

$Ypred$: القيمة المقدرة باستخدام النموذج GeoWEPP.

Ymean: المتوسط الحسابي لجميع القيم الحقلية.

N : عدد أزواج القيم.

يعتبر NSE أفضل مؤشر احصائي يوصى به ليعكس مدى التوافق بين القيم الحقلية والقيم المقدرة. تتراوح قيمة NSE بين] -∞،1-].

القيمة NSE=1 هي القيمة المثالية وعندها تتساوى القيمة الحقلية مع القيمة المقدرة. وبالتالي كلما اقتربت القيمة من الواحد دل على أن القيم الحقلية تقترب من القيم المقدرة باستخدام النموذج GeoWEPP ودل ذلك على كفاءة أداء النموذج. أما القيم السالبة فهي تشير إلى الأداء غير المقبول للنموذج، حيث تكون القيمة الحقلية عندها أفضل من القيمة المقدرة.

2. الجذر التربيعي لمتوسط مجموع مربعات الخطأ Root Mean Square Error

$$\boldsymbol{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(\boldsymbol{Pi} - \boldsymbol{Oi})^{2}/\boldsymbol{N}}$$

تم استخدام هذا المؤشر الإحصائي في العديد من الدراسات للتحقق من صحة توقعات النموذج WEPP\GeoWEPP لأنه يحتوي على نفس الواحدات لكل من القيم الحقيقة، المقدرة من قبل النموذج، حيث تشير قيمته إلى مدى الاختلاف بينهما، ينتج من الجذر التربيعي لمتوسط مجموع مربعات الفروق بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة من قبل النموذج المقابلة لها. Covert Susan Ashley (2003). حيث:

RMSE: الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ. واحدته من واحدة القيم الحقلية والمقدرة

N: عدد الملاحظات المشاهدة.

Oi: القيمة الحقيقية الملاحظة (قيمة تجريبية في الحقل).

Pi: القيمة المقدرة من قبل نموذج GeoWEPP.

تتراوح قيمة RMSE بين 0−100، كلما انخفضت القيمة لأقل من 100، يعني أن هناك توافق جيد بين القيم الحقيقة والقيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي كفاءة النموذج عالية، وعلى العكس كلما ارتفعت القيمة دل على ان هناك فروقات كبيرة بين القيم المقدرة من قبل النموذج والقيم الحقيقية.

3. النسبة المئوية للانحراف Percent Bias:

يقيس هذا المؤشر الاحصائي اتجاه قيم المحاكاة مقارنة مع القيم الحقلية (أكبر أو أصغر).

تتراوح قيمة $PBIAS$ بين0−100 كلما اقتربت القيمة باتجاه الصفر كانت نتيجة المحاكاة أفضل.

(Saghafian وآخرون، 2014). ويعطى بالصيغة التالية:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yobs - Ypred)}{\sum_{i=1}^{n} Yobs} * 100$$

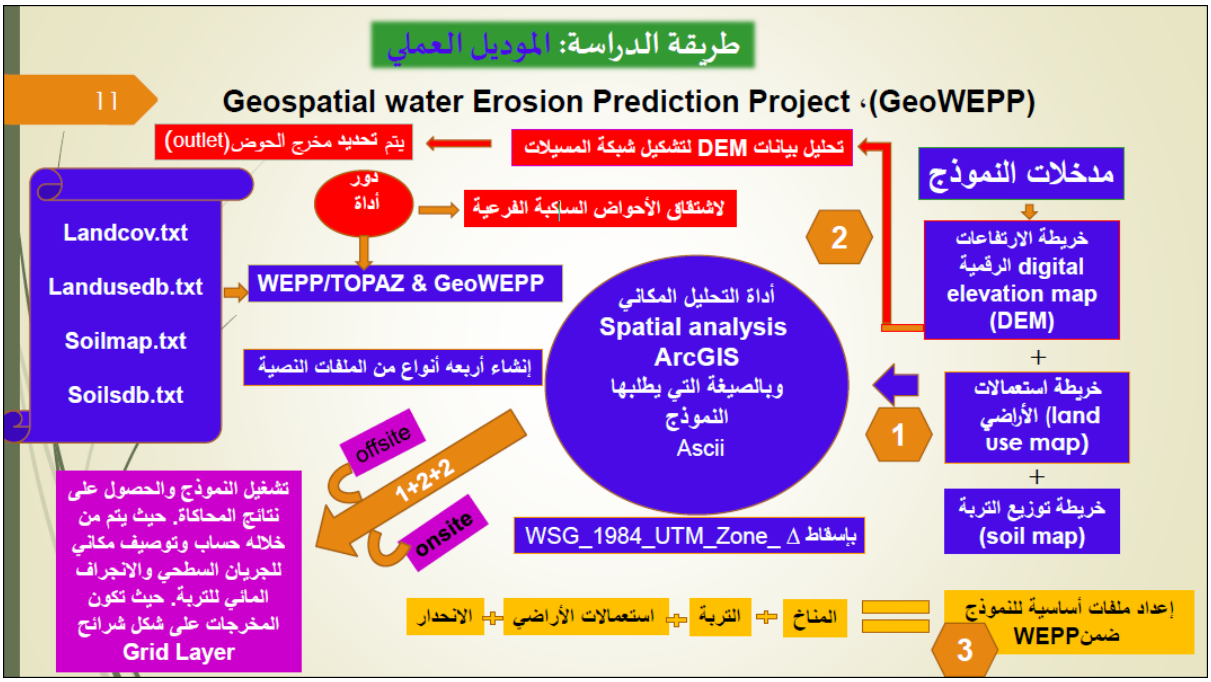
$Yobs$: القيمة الحقلية المقاسة. $Ypred$: القيمة المقدرة باستخدام النموذج GeoWEPP.

ويبين الجدول (55) قيم $PBIAS$ في تقييم أداء النموذج.

الجدول 3: تقييم أداء النموذج WEPP وفق Saghafian وآخرون (2014)

تقييم الاداء	PBIAS	
	كمية التربة	الجريان السطحي
very good جيد جدا	$PBIAS \geq \pm 15$	$PBIAS \geq \pm 10$
good جيد	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Satisfactory مقبول	$\pm 30 \leq PBIAS \leq \pm 55$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Un Satisfactory غير مقبول	$PBIAS \geq \pm 55$	$PBIAS \geq \pm 25$

ملخص طريقة العمل للبدء بتشغيل النموذج والحصول على نتائج المحاكاة



الفصل الرابع
النتائج والمناقشة
RESULTS & DISCUSSION

4-1- تشغيل النموذج Modeling simulation:

بعد إنشاء ملفات الإدخال المطلوبة للنموذج GeoWEPP، تم حساب القيم المتوقعة لفقد التربة ومحصول الرواسب باستخدام طريقة المساقط المائية (خارج الموقع) للمحاكاة (watershed method) (offsite). تم انشاء شبكة المسيلات عن طريق تعيين CSA (المساحة الصغرى للمسقط المائي) عند 2ha وMSCL (الحد الأدنى لطول المسيل) على مسافة 100 متر، وتم اختيار المخرج الرئيسي outletللحوض بالكامل على النحو الأمثل بعد عدة محاولات لتضمين أقصى مساحة ممكنة من منطقتي الدراسة.

لقد تم تطبيق القيمة 1 طن /هـ/سنة للقيمة T للحد المسموح به، بشكل موحد عبر الحوض بكامله على منطقتي الدراسة. لتظهر لدينا المساحات التي يقل انجرافها عن 1 طن /هـ/سنة. على الرغم من أن القيمة T كمعامل ليس واحد للتربة المختلفة أو حتى للتربة نفسها في ظل ممارسات إدارة مختلفة (Maalim وآخرون، 2013). وتم اجراء المحاكاة باستخدام النموذج GeoWEPP لسنة واحدة.

بفضل الأداة zonal في برنامج ArcGIS10.3، تم استخدام خريطة توزيع فقد التربة بطريقة خارج الموقع لمنطقتي الدراسة بأكملها، لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية (تربة مفقودة) على قيم المدخلات للأنماط المختلفة لاستعمالات الأراضي.

يتم تنظيم قسم النتائج والمناقشة على النحو التالي. لكل منطقة تتم المناقشة على جزأين:

في الجزء الأول: سنقوم بتقييم منهجي Systematically لحجم الجريان السطحي ومحصلة الرواسب بطريقة خارج الموقع لمنطقتي الدراسة وذلك:

- على مستوى الأحواض الفرعية: حيث يقوم النموذج بحساب كمية التربة المفقودة ومحصلة الرواسب والجريان السطحي التي تصل إلى مخرج كل حوض فرعي ويتم لاحقاً نقلها خارج حدود الأحواض الفرعية وهنا يكمن أثر الانجراف خارج الموقع على الموارد المائية. كما سيتم تسليط الضوء على أكثرها تضرراً، وتحديد العوامل المساهمة في ذلك. وبالتالي توجيه تخطيط صيانة التربة في تلك الأحواض المتضررة من قبل صناع القرار. وأيضاً دراسة العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية.
- على مستوى الحوض: وذلك بتحديد مخرج للحوض (outlet)، حيث يتم اعداد التقارير وتلخيص النتائج المتعلقة بالمتوسط السنوي للجريان السطحي ومحصلة الرواسب في مخرج الحوض تلقائيا" بعد كل محاكاة.

- تقييم أداء النموذج.

وفي الجزء الثاني: سيتم تحديد التغيرات في الغطاء الأرضي / استخدامات الأراضي في منطقتي الدراسة باستخدام أدوات برنامج ArcGIS، ثم يتم مناقشة نتائج محاكاة الانجراف مع تغيير الغطاء الأرضي بموجب عدة سيناريوهات لاستعمالات الأراضي لمنطقتي الدراسة. ثم دراسة تأثير تغير استخدامات الأراضي /الغطاء الأرضي في الانجراف من خلال مقارنة نتائج كل عامين.

4-2- نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في حوض روجان -فرنسا:

4-2-1- القسم الأول من النتائج والمناقشة في حوض روجان-فرنسا:

استنادًا إلى مخرج الحوض المحدد، تم محاكاة انجراف التربة باستخدام GeoWEPP في كل بكسل من المنطقة التي يتم صرفها من خلال ذلك المخرج، والحصول على كميات الانجراف المائي من كل مسقط مائي (حوض فرعي) والتي بلغ عددها 33 مسقط مائي و13 قناة.

تم اجراء المحاكاة خمس مرات حيث كان العامل المتغير هو شريحة استعمالات الأراضي للأعوام 1997 و2002 و2005 و2009 و2012.

4-2-1-1- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 1997:

يقدم نموذج GeoWEPP تقارير تفصيلية عن كميات الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة ومحصلة الرواسب على مستوى المساقط المائية (الأحواض الفرعية)، استنادا إلى ذلك تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 1997 في الجدول (4) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي بالمتر المكعب والكميات بالطن/هكتار/سنة.

الجدول 4: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الرواسب للمساقط المائية الفرعية لعام ١٩٩٧ لحوض روجان						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%	كمية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	%	محصلة الراسب طن/هـ/سنة	%
23	76	0.2	0.1	0.0	0.11	0.0
22	6267	18.5	259.0	20.4	146.51	14.7
33	53	0.2	0.1	0.0	0.11	0.0
32	2982	8.8	25.5	2.0	25.53	2.6
42	252	0.7	0.5	0.0	0.55	0.1
43	189	0.6	0.4	0.0	0.41	0.0
53	1110	3.3	4.0	0.3	4.03	0.4
52	3523	10.4	51.0	4.0	51.02	5.1
51	1451	4.3	18.0	1.4	17.97	1.8
63	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
62	38	0.1	0.1	0.0	0.08	0.0
72	673	2.0	1.4	0.1	1.38	0.1
73	1211	3.6	2.8	0.2	2.75	0.3
71	1154	3.4	3.4	0.3	3.43	0.3
83	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
82	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
81	1567	4.6	3.9	0.3	3.85	0.4
93	378	1.1	0.8	0.1	0.84	0.1
92	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
102	373	1.1	1.1	0.1	1.14	0.1
103	928	2.7	12.2	1.0	12.25	1.2
101	2126	6.3	17.2	1.4	17.24	1.7
113	1847	5.4	35.5	2.8	35.53	3.6
112	16	0.0	0.0	0.0	0.04	0.0
111	1285	3.8	23.0	1.8	22.98	2.3
123	38	0.1	0.1	0.0	0.08	0.0
122	61	0.2	0.1	0.0	0.13	0.0
133	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
132	145	0.4	0.3	0.0	0.30	0.0
131	5034	14.8	799.8	63.1	638.75	64.3
143	122	0.4	0.1	0.0	0.06	0.0
141	973	2.9	6.1	0.5	6.07	0.6
142	80	0.2	0.2	0.0	0.17	0.0
المجموع	33951	100	1267	100	993	100
اجمالي المساحة الى مخرج الحوض المائي (هكتار)					70.01	
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					6.4	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					49.15	

استناداً الى النتائج الواردة في الجدول (4):

- نجد التباين في فقد التربة والجريان السطحي بين المساقط المائية، نتيجة للتباين في أنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في حوض روجان، ويتوافق ذلك مع ما أشار إليه (Mekki وآخرون، 2006).
- ويتصدر المسقط المائي رقم 22 بأعلى حجم للجريان السطحي بنسبة 18.5% من مجموع كميات الجريان السطحي، يليه المسقط رقم 131 بنسبة مقدارها 14.8% من مجموع كميات الجريان السطحي، ثم المسقط رقم 52 بنسبة 10.4%.

- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 131 بنسبة 63.1% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 22 بنسبة 20.4% من مجموع التربة المفقودة، أما المسقط رقم 52 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 4 % من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 131 بنسبة 64.3% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 22 بنسبة 14.7% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 52 بنسبة 5.1% من محصلة الراسب الكلية. نلاحظ نفس الترتيب عند اعتبار قيم التربة المفقودة. ولكن الترتيب اختلف في حالة قيم الجريان السطحي.
- نجد أن الأحواض الفرعية (22،52،131) هي الأكثر تضرراً ومساهمة بالانجراف المائي في منطقة الدراسة. الاشكال (32 و33 و34) تبين ملف الانحدار للأحواض المتضررة.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي والوحدات الجيومورفولوجية. ولكن سيتم تحليل النتائج فقط للأحواض الأكثر مساهمة في الانجراف. كما هو موضح في الجداول (5 و6).

الجدول 5: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية

GROUPE	رقم الحوض الفرعي		
	22	52	131
terrassettes	32.66	62.40	54.95
plateau	–	11.53	21.09
glacis	63.29	24.45	23.96
depression	4.05	1.61	–
المجموع	100	100	100

الجدول 6: النسب المئوية لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة.

رقم الحوض	أنماط استعمالات الأراضي					
	أراضي مراحه	أراضي عشبية	كروم العنب	أراضي مراعي	طرائقات	شجيرات
22	51.35	-	43.47	2.93	1.80	0.45
52	13.84	2.31	71.51	–	1.15	11.19
131	41.85	–	43.77	–	1.60	12.78

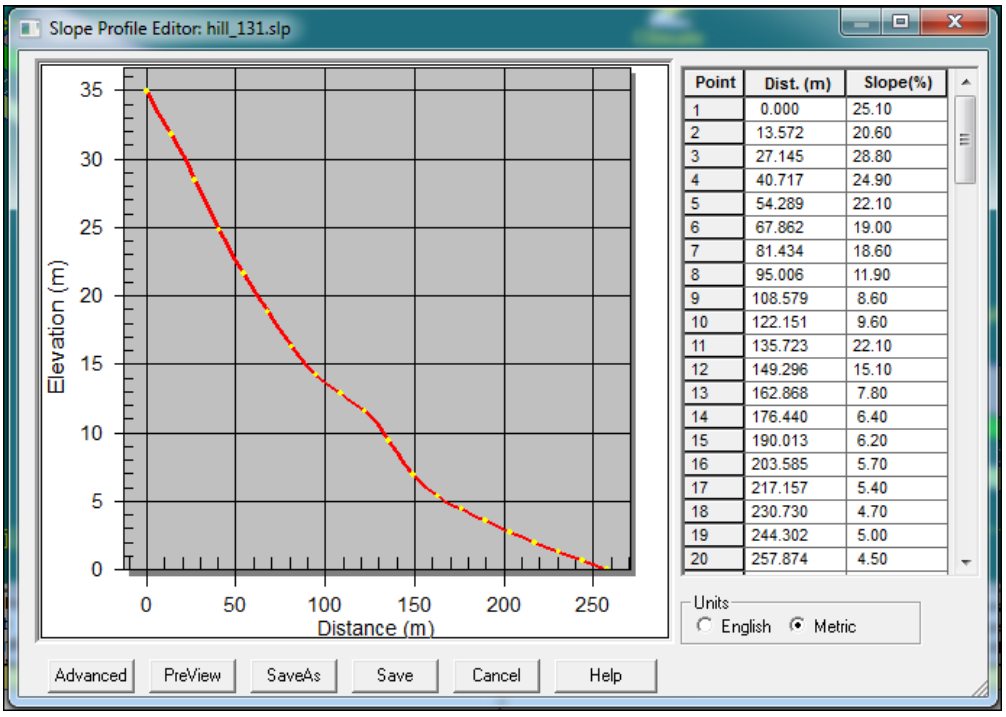
نجد أن هذه الأحواض تشترك بالخصائص التالية:

- بالوحدة الجيوموفولوجية glasis وterraces الأكثر عرضة للانجراف حيث التربة الكلسية والفقيرة بالمادة العضوية WRB (1998).
- الغالبية من مساحتها مزروعة بكروم العنب.ولكن نجد في المسقطين (22،131) تشغل الأراضي المراحة) (fallow) نسب مرتفعة 51.35% و 41.85% على التوالي.

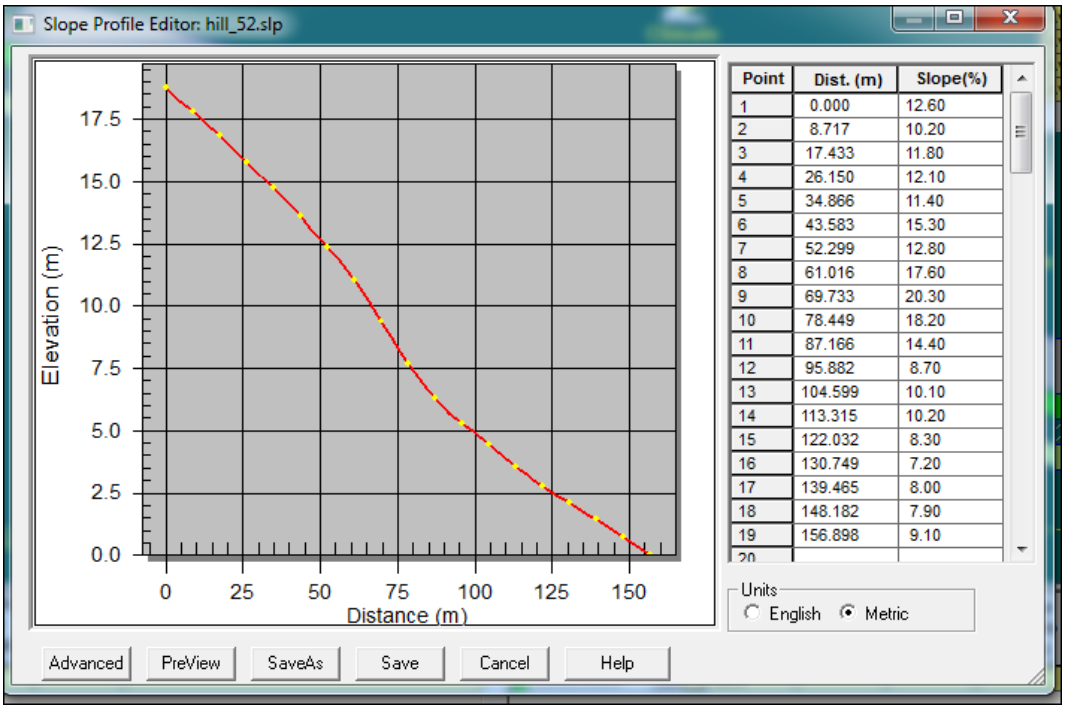
نجد أن قيمة الانجراف المائي في المسقط رقم131 مرتفعاً مقارنة بالمسقطين (22 و52). يعزى ذلك إلى أنه يسيطر على هذا المسقط الوحدات الجيومورفولوجية (glacis وterraces وplateau) ذات الانحدار الشديد، كما هو واضح في الشكل (32) أن الانحدار يصل الى 28.80% عند الطول 27.145م. كما أنه يمثل أطول الأحواض المتضررة 284.2 م. وهذا يدل على حسن أداء النموذج في المناطق الأكثر انحداراً. ويتوافق ذلك مع ما توصل إليه (علي، 2009) أن النموذج WEPP يملك أداءً أفضل في المناطق الأكثر انحداراً.

تعزى معدلات الجريان والانجراف العالية في هذه الأحواض إلى الممارسات الزراعية فيها المتمثلة بحراثة التربة مرتين في الربيع وتخضع لعلاج مبيدات الأعشاب سنوياً، مما يؤدي إلى الانشاء التدريجي للقشرة السطحية والتي تتكثف خلال كل هطول مطري وبالتالي تصبح القشرة سميكة ويؤدي ذلك إلى حدوث الجريان السطحي والانجراف.

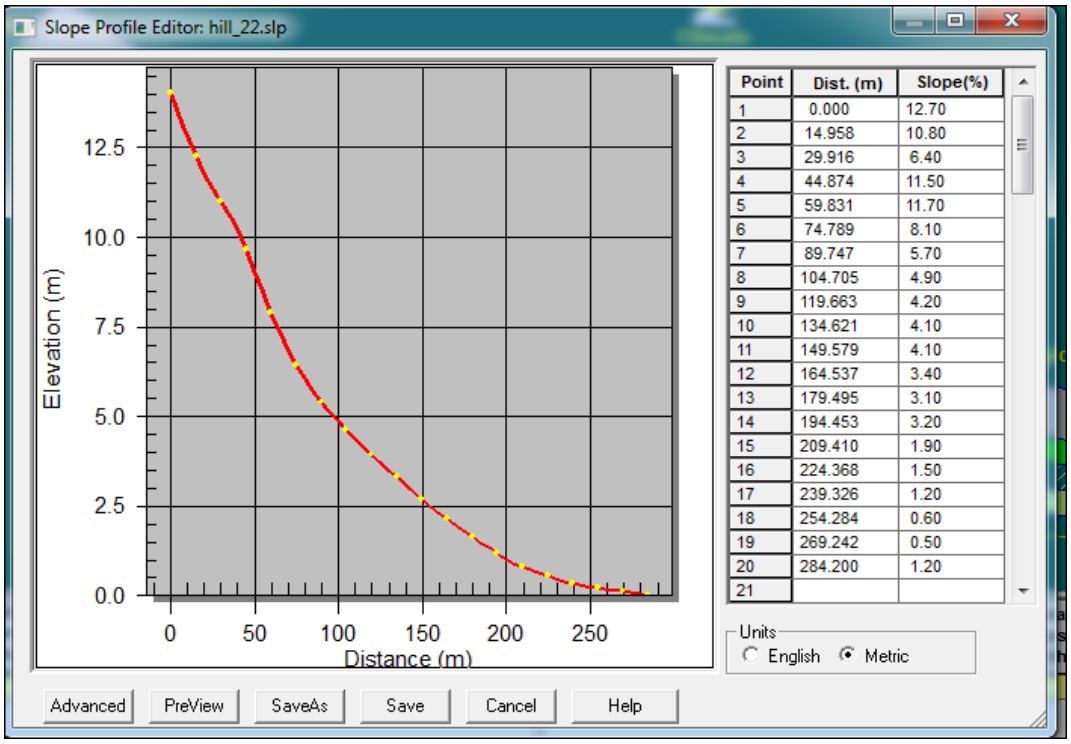
وهذا يتوافق مع دراسة أظهرت أن معدل الانجراف المائي في روجان كان عالياً في عام 1997 نتيجة استخدام مبيدات الأعشاب الكيميائية، حيث تم قياس تلوث المياه بمبيدات الأعشاب الديورون على دورة المحاصيل 1997. فقد لوحظ تلوث المياه بالمبيدات عند مخرج الأحواض الفرعية المعالجة (Bairnes وآخرون، 2004).



الشكل 32: يبين المسقط المائي رقم 131



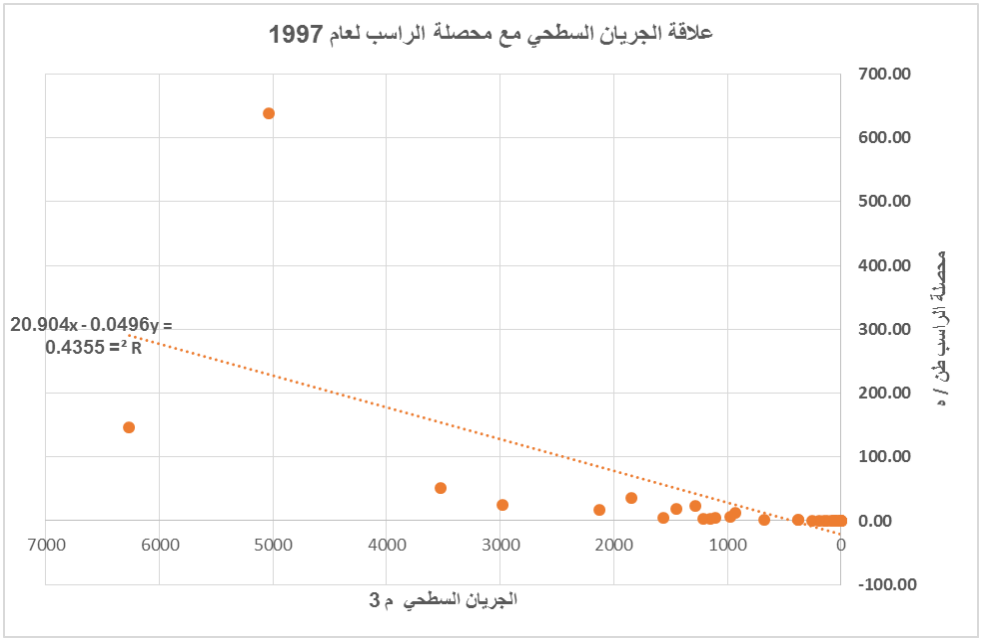
الشكل 33: يبين المسقط المائي رقم52



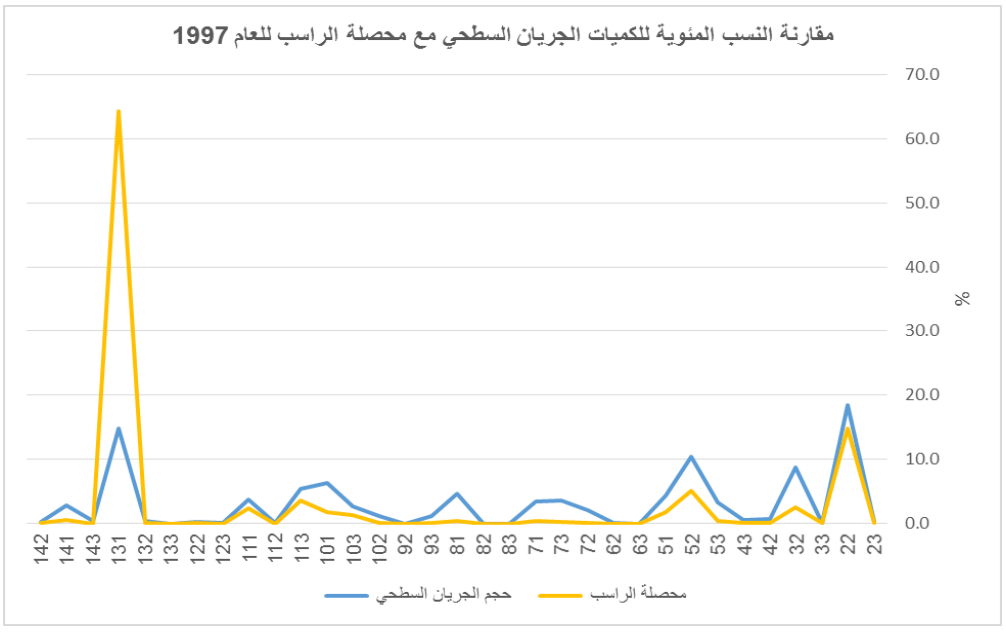
الشكل 34: يبين المسقط المائي رقم 22

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لروجان في عام 1997:

ومن ناحية أخرى تم دراسة العلاقة بين حجم الجريان السطحي ومحصلة الراسب في الأحواض الفرعية. يلاحظ أن العلاقة ليست طردية دائما في العام 1997 مما يعني أن هناك عوامل أخرى غير الجريان السطحي تؤثر على محصلة الراسب ومقدار التربة المفقودة أهمها نمط استعمالات الأراضي/ الغطاء الارضي، حيث تبدي مزارع الكروم معدلات انجراف عالية فالمسافات الكبيرة بين الأشجار، والتي تجعل التربة عارية ومعرضة بشكل مباشر للفعل العدواني لهطول الأمطار. كذلك اتباع عمليات الإدارة السيئة كاستخدام عمليات الحراثة الخاطئة والتي تؤدي الى ضغط التربة، وتماسك الطبقة السطحية مؤدية الى اغلاق المسام مما تضعف نفاذية التربة، وتزيد الجريان السطحي (Mekki وآخرون، 2006). بالإضافة إلى قلة استخدام المواد العضوية، كما أن كلاً من طول وشدة الانحدار عوامل مهمة تؤثر في قابلية التربة للانجراف. والشكل (35) يبين معادلة الارتباط الخطي بين الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الاحواض الفرعية لحوض روجان لعام 1997. والشكل (36) يبين مقارنة بين النسب المئوية للجريان السطحي ومحصلة الرواسب في العام 1997.



الشكل 35: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 1997



الشكل 36: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 1997

4-2-1-2- توزيع معدلات الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2002:

يقدم نموذج GeoWEPP تقارير تفصيلية عن كميات الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية (الأحواض الفرعية)، استنادا إلى ذلك تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2002 في الجدول (7) حيث تم تقدير حجم الجريان بالمتر المكعب والكميات بالطن/هكتار/سنة.

الجدول 7: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2002

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الراسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠٠٢ لحوض روجان						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%	كمية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	%	محصلة الراسب طن/هـ/سنة	%
23	76	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
22	1827	7.1	8.8	4.2	8.8	4.2
33	53	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
32	2982	11.5	25.5	12.3	25.5	12.3
42	212	0.8	0.4	0.2	0.4	0.2
43	189	0.7	0.4	0.2	0.4	0.2
53	1110	4.3	4.0	1.9	4.0	1.9
52	3523	13.6	51.0	24.6	51.0	24.6
51	1451	5.6	18.0	8.7	18.0	8.7
63	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
62	38	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
72	673	2.6	1.4	0.7	1.4	0.7
73	1211	4.7	2.8	1.3	2.8	1.3
71	1154	4.5	3.4	1.7	3.4	1.7
83	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
81	1567	6.1	3.9	1.9	3.9	1.9
93	378	1.5	0.8	0.4	0.8	0.4
92	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	373	1.4	1.1	0.6	1.1	0.6
103	928	3.6	12.2	5.9	12.2	5.9
101	1847	7.1	2.3	1.1	2.3	1.2
113	1871	7.2	35.5	17.2	35.4	17.1
112	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	990	3.8	4.0	1.9	4.0	1.9
123	38	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
122	61	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
133	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132	145	0.6	0.3	0.1	0.3	0.1
131	1381	5.3	20.3	9.8	20.3	9.8
143	758	2.9	4.2	2.0	4.2	2.0
141	973	3.8	6.1	2.9	6.1	2.9
142	80	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
المجموع	25899	100	207	100	207	100
اجمالي المساحة الى مخرج الحوض المائي (هكتار)					70.01	
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					1.81	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					37.51	

استناداً الى ملخص نتائج المحاكاة الواردة في الجدول (7):

- نجد التباين في فقد التربة والجريان السطحي بين المساقط المائية، نتيجة للتباين في أنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في منطقة الدراسة.
- إن أعلى حجم للجريان السطحي حدث في المسقط المائي رقم 52 بنسبة مئوية 13.6% من مجموع كميات الجريان السطحي، يليه المسقط رقم 32 بنسبة مقدارها 11.5% من مجموع كميات الجريان

السطحي، ثم المسقط رقم 113 بنسبة 7.2% يليه المساقط 22 و101 بنسبة مقدارها 7.1% لكل منهما.

- كما وتصدر المسقط المائي رقم 52 بأعلى كمية تربة مفقودة بنسبة 24.6% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 113 بنسبة 17.2% من مجموع التربة المفقودة، اما المسقط رقم 32 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 12.3% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 52 بنسبة 24.6% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 113 بنسبة 17.1% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 32 بنسبة 12.3% من محصلة الراسب الكلية.
- نجد أن الأحواض الفرعية (32،52،113) هي الأكثر تضرراً ومساهمة بالانجراف المائي في منطقة الدراسة. الاشكال (3،4،5) تبين ملف الانحدار للأحواض المتضررة.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي والوحدات المورفولوجية. والجدولين (8) و (9) يوضحان التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية وأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المتضررة.

الجدول 8: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية

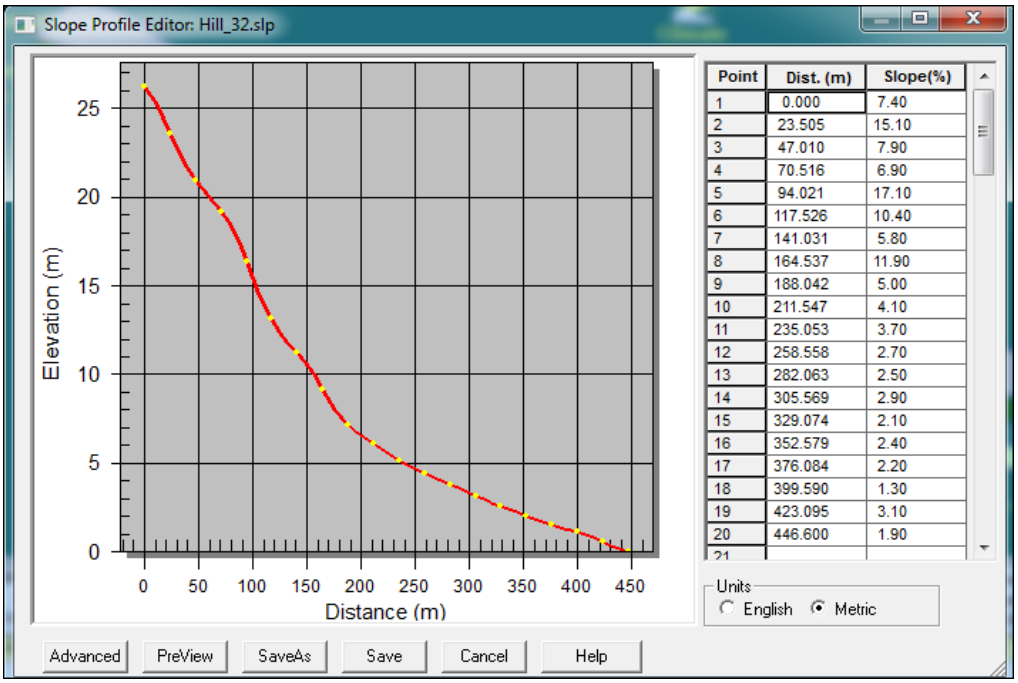
رقم الحوض المتضرر	الوحدة الجيومورفولوجية			
	terrassettes	plateau	glacis	depression
52	62.4	11.53	24.45	1.61
32	37.69	-	47.07	15.24
113	35.71	14.09	50.2	-

الجدول 9: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2002

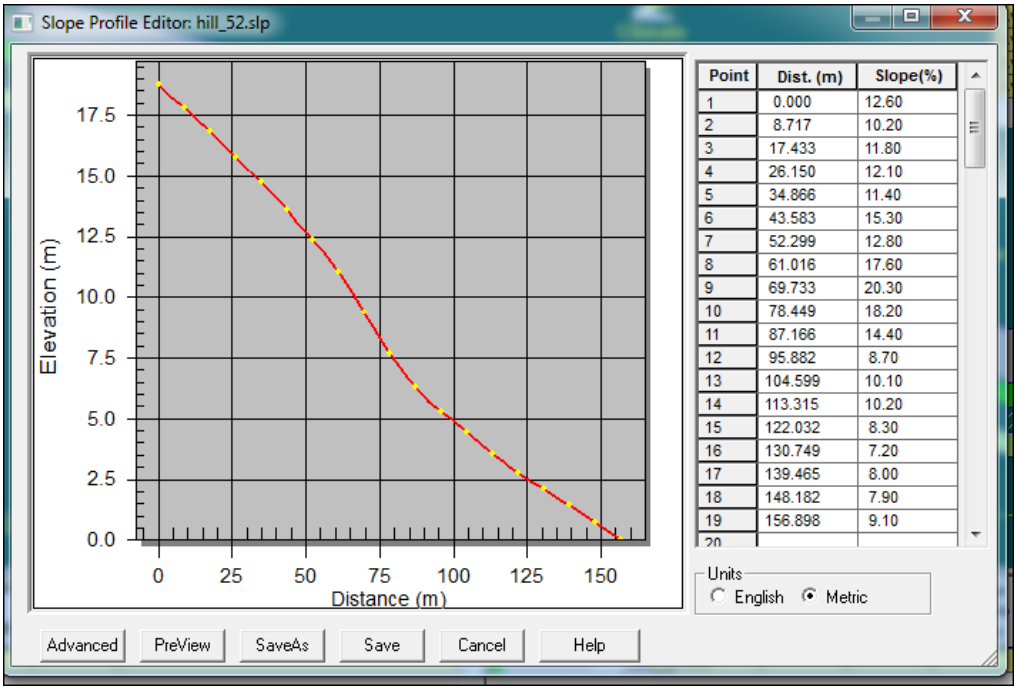
رقم الحوض	أنماط استعمالات الأراضي					
	أراضي مراحه	كروم العنب	مراعي	طرقات	شجيرات	أراضي حضرية
32	11.56	65.17	15.78	1.63	5.71	0.14
52	-	85.35	–	1.15	13.49	-
113	50.16	48.60	–	–	1.25	-

نجد أن هذه الأحواض تشترك بالخصائص التالية:

- الغالبية من مساحتها تحتله الوحدة الجيوموفولوجية terraces و glasis الأكثر عرضة للانجراف حيث التربة الكلسية والفقيرة بالمادة العضوية WRB (1998).
- بالإضافة إلى سيطرة بساتين الكروم على معظم مساحتها.
- يتصدر الحوض (52) بأعلى نسبة جريان وانجراف وذلك لأن: 85.35% من مساحته تشغله بساتين الكروم، وتحتل الوحدة الجيومورفولوجية terraces الشديدة الانحدار نسبة 62.40%. بالإضافة إلى أنه يمثل أكبر الأحواض مساحة (5.717 هـ). وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Tarolli وآخرون، 2014) أنه من بين الأراضي الزراعية ظهرت مخاوف حول مزارع العنب والزيتون في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط لأنه بغض النظر عن كونها تمثل أهم المحاصيل من حيث الدخل والعمالة، فقد أثبت بأنها شكل من أشكال الأراضي الزراعية التي تسبب أعلى خسائر للتربة، حيث الممارسات الزراعية الخاطئة، بالإضافة إلى المسافات العارية بين أشجار الكروم والتي تجعل التربة مهددة بالانجراف تحت فعل قطرات المطر.
- أما المسقط رقم 32 تبلغ مساحته (4.846 هـ)، وتشغل 37.69% من مساحته أن terraces و47.07% glacis. وتحتل مزارع الكروم 65.17% من مساحته. وكما هو واضح من الشكل (37) أن طول المنحدر (hillslope) يصل الى 446.6 م. حيث تساهم المنحدرات الطويلة مع درجة الميل في زيادة سرعة الجريان السطحي وبالتالي في قوة جرف التربة، وفي مثل هذه الحالة فإن تأثير هذا العامل على الانجراف يعتمد وبشكل كبير على نوع استخدام الأراضي / الغطاء الأرضي، وبالنسبة للأراضي الزراعية يعتمد ذلك على الممارسات الزراعية.

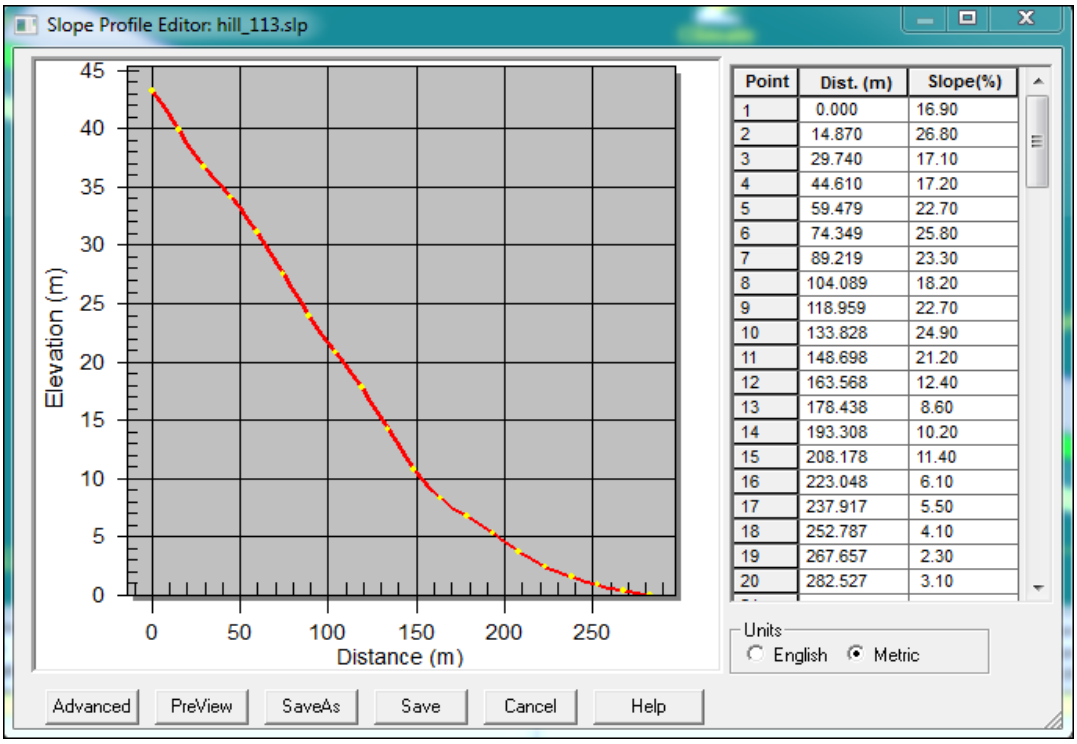


الشكل 37: يبين المسقط المائي رقم 32



الشكل 38: يبين المسقط المائي رقم 52

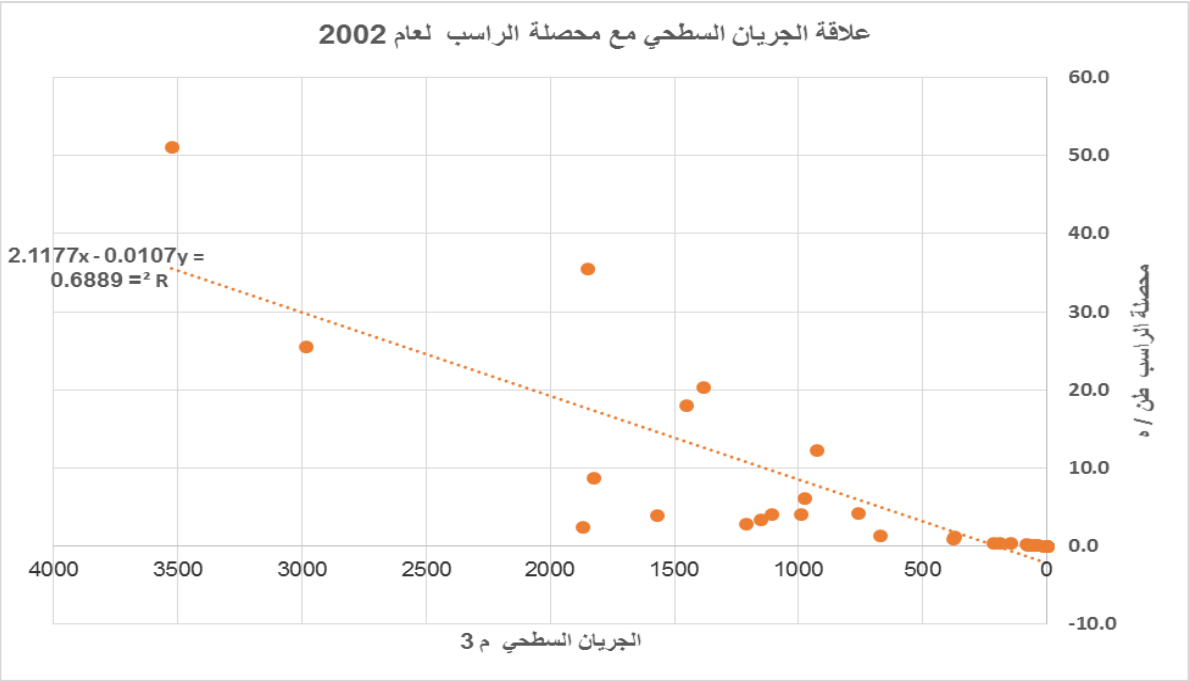
وكما هو واضح من الشكل (39) أن المسقط المائي رقم (113) يبلغ طوله (282.5 م)، أما مساحته كانت (3.323 هـ). تشغلها 35.7% terracesو 50.2% glacis. تحتل الأراضي المراحة 50.16% بينما كانت كروم العنب تشغل 48.60%.



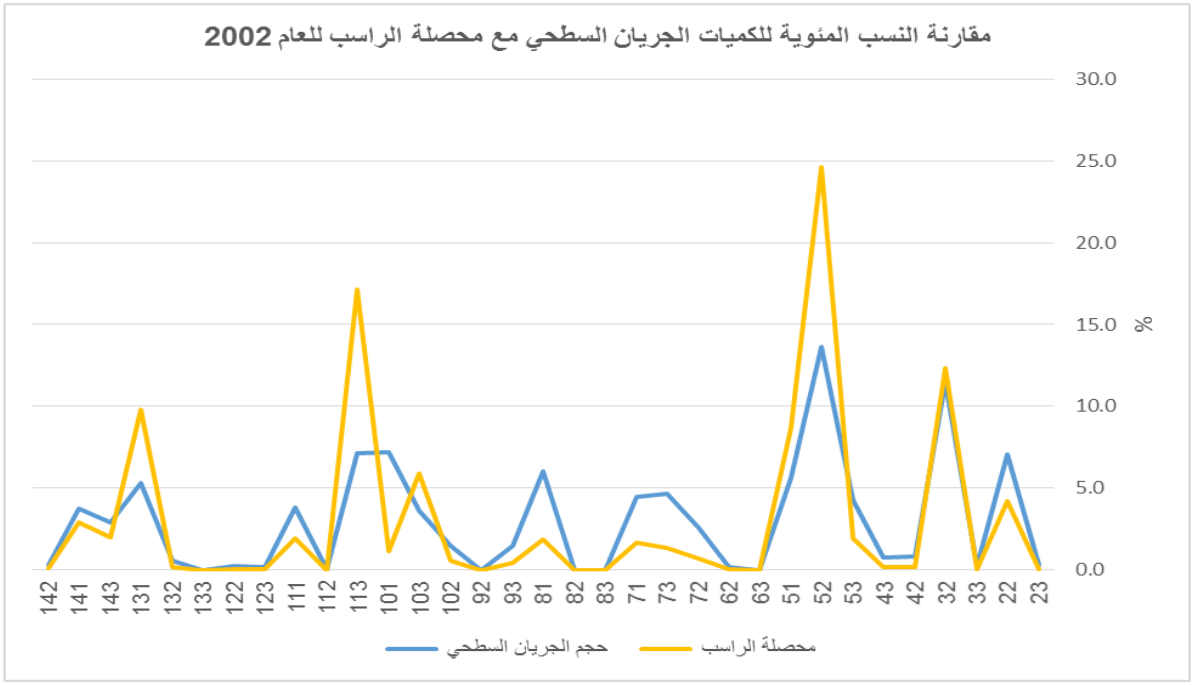
الشكل 39: يبين المسقط المائي رقم 113

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2002:

يتضح لنا من خلال معادلة الارتباط الخطي بين الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الاحواض الفرعية لحوض روجان لعام 2002 كم هو واضح في الشكل (40): أن العلاقة أصبحت شبه طردية، حيث كان معامل الارتباط (R=0.83) هذا يعني أن الجريان السطحي يلعب دورا" كبيرا" في المساهمة بالانجراف. ويبين الشكل (41) مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2002.



الشكل 40: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2002



الشكل 41: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2002

4-2-1-3- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2005:

يقدم نموذج GeoWEPP تقارير تفصيلية عن كميات الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية (الأحواض الفرعية)، استنادا إلى ذلك تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2005 في الجدول (10) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي بالمتر المكعب والكميات بالطن/هكتار/سنة.

الجدول 10: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2005

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الراسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠٠٥ لحوض روجان						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%	كمية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	%	محصلة الراسب طن/هـ/سنة	%
23	76	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
22	1827	7.0	8.8	4.1	8.8	4.1
33	53	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
32	2982	11.5	25.5	12.1	25.5	12.1
42	252	1.0	0.5	0.3	0.5	0.3
43	189	0.7	0.4	0.2	0.4	0.2
53	1083	4.2	2.2	1.1	2.2	1.1
52	3523	13.6	51.0	24.2	51.0	24.2
51	1451	5.6	18.0	8.5	18.0	8.5
63	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
62	31	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
72	673	2.6	1.4	0.7	1.4	0.7
73	1211	4.7	2.8	1.3	2.8	1.3
71	1154	4.5	3.4	1.6	3.4	1.6
83	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
81	1567	6.0	3.9	1.8	3.9	1.8
93	378	1.5	0.8	0.4	0.8	0.4
92	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	264	1.0	0.5	0.2	0.5	0.2
103	928	3.6	12.2	5.8	12.2	5.8
101	1847	7.1	2.3	1.1	2.3	1.1
113	1871	7.2	35.5	16.8	35.5	16.8
112	16	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
111	1285	5.0	23.0	10.9	23.0	10.9
123	38	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
122	61	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
133	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132	145	0.6	0.3	0.1	0.3	0.1
131	1202	4.6	7.5	3.5	7.5	3.5
143	758	2.9	4.2	2.0	4.2	2.0
141	973	3.8	6.1	2.9	6.1	2.9
142	80	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
المجموع	25918	100	211	100	211	100
اجمالي المساحة الى مخرج الحوض المائي (هكتار)					70.01	
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					1.84	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					37.67	

استناداً الى ملخص نتائج المحاكاة الواردة في الجدول (3):

- نجد التباين في التوزيع المكاني لكل من حجم الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في المساقط المائية، نتيجة للتباين في شكل المنحدر، وأنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في منطقة الدراسة.
- كان أعلى حجم للجريان السطحي في المسقط المائي رقم 52 بنسبة مئوية 13.6% من مجموع كميات الجريان السطحي، يليه المسقط رقم 32 بنسبة مقدارها 11.5% من مجموع كميات الجريان السطحي، ثم المسقط رقم 113 بنسبة 7.2% يليه المساقط ،101 22 بنسبة مقدارها 7.1 و7% على التوالي.
- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 52 بنسبة 24.2% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 113 بنسبة 16.8% من مجموع التربة المفقودة، اما المسقط رقم 32 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 12.1% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 52 بنسبة 24.2% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 113 بنسبة 16.8% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 32 بنسبة 12.1% من محصلة الراسب الكلية.
- نجد أن الأحواض الفرعية (32،52،113)، الأكثر مساهمة بالانجراف المائي في حوض روجان لعام 2005 هي نفسها لعام 2002.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي لعام 2005 والجدول (11) يوضح التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المتضررة لعام 2005. بينما التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية لم تتغير خلال كل سنوات المحاكاة.

الجدول 11: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2005

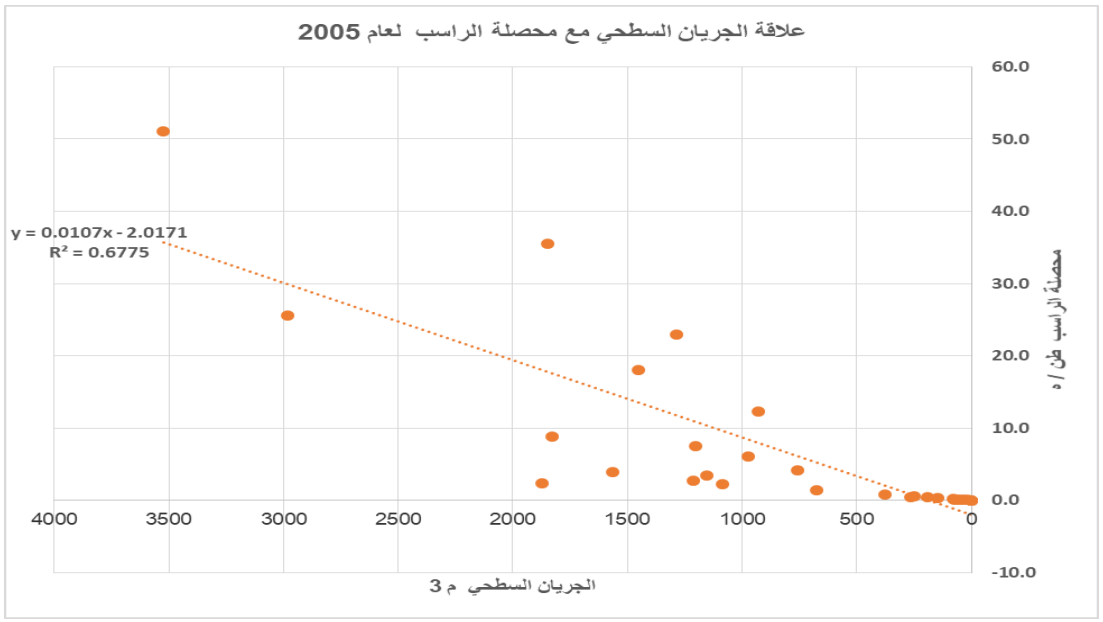
رقم المسقط المائي	أنماط استعمالات الأراضي				
	أراضي مراحه	بساتين كروم	طرائقات	شجيرات	أراضي حضرية
32	25.18	61.94	1.63	11.11	0.14
52	14.79	70.56	1.15	13.49	-
113	47.04	51.71	-	1.25	-

- نجد غياب للأراضي المراعي في عام 2005.

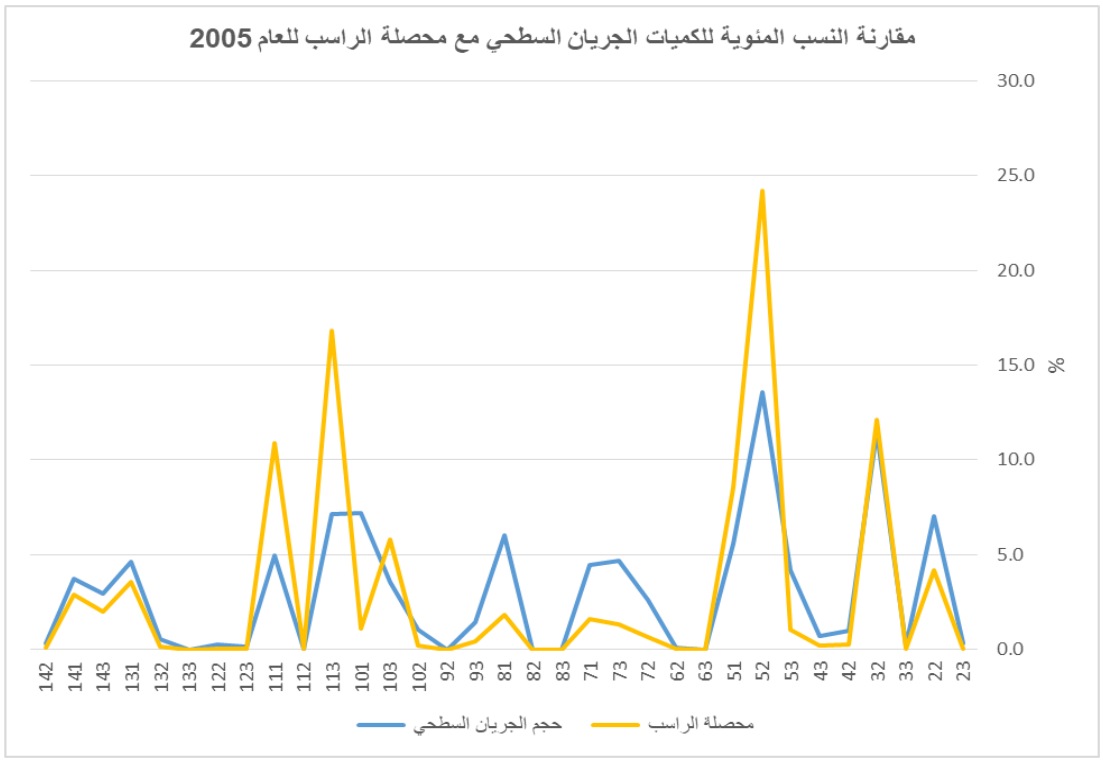
- بمقارنة النسب التي ساهمت فيها الأحواض المتضررة ما بين العامين 2002 و2005 نجد:
- بقي المسقط رقم 52 المتصدر في المساهمة ولكن انخفضت نسبة مساهمته بالانجراف من 24.6% إلى 24.2% أي بمقدار 0.4% ويعود ذلك لانخفاض نسبة مساحة الكروم من 85.35% الى 82.31%. بينما نسبة مساهمته بالجريان لم تتغير.
- أما المسقط رقم 32 فقد حافظ على نسبة مساهمته للجريان السطحي، بينما نجد انخفاض نسبة مساحة الكروم من 65.17% الى 61.94% أي بمقدار 4.77%، ترجم ذلك بانخفاض نسبة الانجراف من 12.3% الى 12.1% أي بمقدار 0.2%.
- من خلال ما سبق نجد أن إجراء تحليل شامل لتوزيع فقد التربة في الأحواض الفرعية بناءً على نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP، من شأنه أن يساعد في معالجة الفجوة المعرفية فيما يتعلق بالتنبؤ الدقيق للتغيرات المحلية في الأحواض الفرعية والتي تؤثر على حمولة الرواسب المقاسة عند مخرج الحوض المائي الكبير. (Singh وآخرون، 2011).

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2005:

وجد من خلال مقارنة كميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب والتربة المفقودة أن العلاقة ظلت شبه طردية في العام 2005، كما هو واضح في الشكل (42). مما يعني أن الجريان السطحي له دور هام في الانجراف، بالإضافة الى عوامل أخرى كعامل الطبوغرافية وتأثير استعمالات الأراضي. ويبين الشكل (43) مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2005.



الشكل 42: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2005



الشكل 43: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2005

4-2-1-4- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2009:

يقدم نموذج GeoWEPP تقارير تفصيلية عن كميات الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية (الأحواض الفرعية)، استنادا إلى ذلك تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2009 في الجدول (12) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي بالمتر المكعب والكميات بالطن/هكتار/سنة.

الجدول 12: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي و كمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2009

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الراسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠٠٩ لحوض روجان						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%	كمية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	%	محصلة الراسب طن/هـ/سنة	%
23	182	0.7	0.2	0.1	0.2	0.1
22	1821	6.9	11.8	3.5	11.5	3.4
33	129	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1
32	3091	11.7	23.6	7.0	23.5	7.0
42	252	1.0	1.4	0.4	1.4	0.4
43	189	0.7	1.0	0.3	1.0	0.3
53	1110	4.2	7.2	2.1	7.2	2.1
52	4074	15.4	87.9	26.0	87.9	26.0
51	1431	5.4	29.7	8.8	29.7	8.8
63	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
62	38	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
72	515	2.0	2.6	0.8	2.6	0.8
73	1211	4.6	6.8	2.0	6.8	2.0
71	900	3.4	5.9	1.7	5.9	1.7
83	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
81	1499	5.7	6.9	2.1	6.9	2.1
93	348	1.3	1.6	0.5	1.6	0.5
92	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	313	1.2	1.8	0.5	1.8	0.5
103	887	3.4	16.9	5.0	16.9	5.0
101	1674	6.3	11.0	3.3	11.0	3.3
113	2756	10.4	56.5	16.7	56.5	16.7
112	16	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
111	1285	4.9	36.7	10.9	36.7	10.9
123	80	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
122	101	0.4	0.3	0.1	0.3	0.1
133	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132	145	0.5	0.8	0.2	0.8	0.2
131	1002	3.8	9.4	2.8	9.4	2.8
143	198	0.7	7.9	2.3	7.9	2.3
141	971	3.7	8.9	2.6	8.9	2.6
142	178	0.7	0.4	0.1	0.4	0.1
المجموع	26395	100	338	100	338	100
اجمالي المساحة الى مخرج الحوض المائي (هكتار)					70.01	
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					3.14	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					37.69	

استناداً الى ملخص نتائج المحاكاة الواردة في الجدول (12):

- نجد التباين في التوزيع المكاني لكل من حجم الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في المساقط المائية، نتيجة للتباين في شكل المنحدر، وأنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في منطقة الدراسة.
- من الجدول السابق يتبين ان أعلى حجم للجريان السطحي قد حدث في المسقط المائي رقم 52 بنسبة 15.4% من مجموع كميات الجريان السطحي، يليه المسقط رقم 32 بنسبة مقدارها 11.7% من مجموع كميات الجريان السطحي، ثم المسقط رقم 113 بنسبة 10.4%.
- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 52 بنسبة 26% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 113 بنسبة 16.7% من مجموع التربة المفقودة، أما المسقط رقم 32 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 7% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 52 بنسبة 26% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 113 بنسبة 16.7% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 32 بنسبة 7% من محصلة الراسب الكلية.
- نجد أن الأحواض الفرعية (32،52،113)، كانت الأكثر مساهمة بالانجراف المائي في حوض روجان للأعوام 2002 و2005 و2009.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي لعام 2009 والجدول (13) يوضح التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المتضررة لعام 2009. بينما التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية لم تتغير خلال كل سنوات المحاكاة.

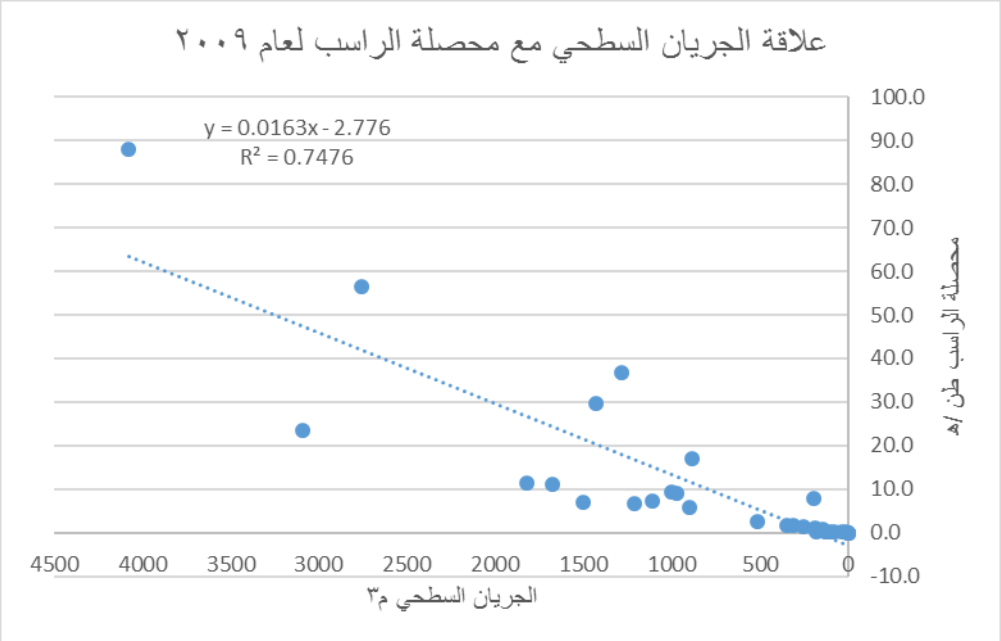
الجدول 13: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية 2009

رقم المسقط المائي	أنماط استعمالات الأراضي				
	أراضي مراحه	بساتين كروم	طرائقات	شجيرات	أراضي حضرية
32	13.61	78.91	1.63	5.71	0.14
52	4.61	80.74	1.15	13.49	–
113	36.14	62.62	–	1.25	–

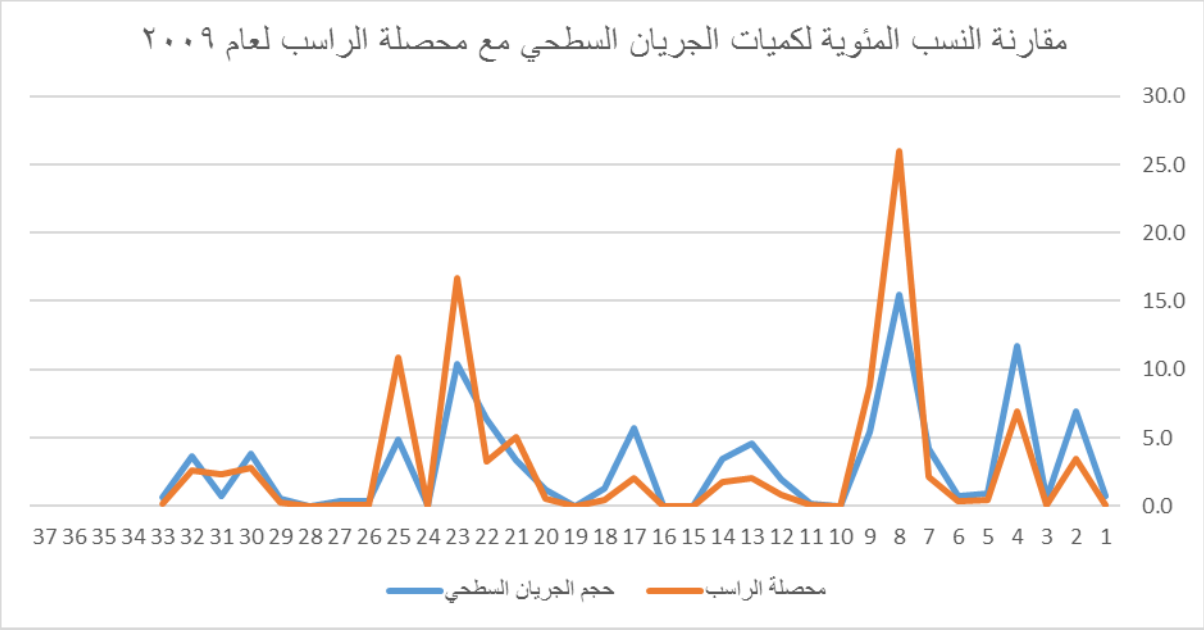
- نجد أيضاً غياب للأراضي المراعي في عام 2009.
- بقي المسقط رقم 52 المتصدر في المساهمة بالانجراف والجريان خلال الأعوام 2002 و2005 و2009. ارتفعت نسبة مساهمته بالجريان من 13.6%إلى 15.45% أي بمقدار 1.85%. في مقابل ذلك ارتفعت نسبة مساهمته بالانجراف مقارنة مع عام 2005، من 24.2% إلى 26% أي بمقدار 1.8%، ويعود ذلك لزيادة نسبة مساحة الكروم من 70.56% إلى 80.74%.

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2009:

وجد من خلال مقارنة كميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب والتربة المفقودة أن العلاقة ظلت شبه طردية في العام 2009، الشكل (44). حيث كان معامل الارتباط (r=0.86). ويبين الشكل (45) مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2009.



الشكل 44: علاقة الجريان السطحي مع محصة الراسب لعام 2009



الشكل 45: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2009

4-2-1-5- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2012:

يقدم نموذج GeoWEPP تقارير تفصيلية عن كميات الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة ومحصلة الراسب على مستوى المساقط المائية (الأحواض الفرعية)، استنادا إلى ذلك تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2012 في الجدول (14) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي بالمتر المكعب والكميات بالطن/ه/سنة.

الجدول 14: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2012

	النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الرواسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠١٢ لحوض روجان					
%	محصلة الراسب طن/ه/سنة	%	كمية التربة المفقودة طن/ه/سنة	%	حجم الجريان السطحي م٣	رقم المسقط المائي
0.1	0.89	0.1	0.91	0.3	99	23
0.9	8.76	0.8	8.76	7.3	2373	22
0.1	0.85	0.1	0.85	0.2	70	33
9.9	96.42	9.9	101.90	10.4	3349	32
0.1	0.55	0.1	0.55	1.1	344	42
0.0	0.41	0.0	0.41	0.8	259	43
0.4	4.03	0.4	4.03	4.1	1317	53
26.8	262.14	27.0	279.11	15.5	5020	52
1.7	16.99	1.7	17.97	5.6	1810	51
0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0	63
0.0	0.08	0.0	0.08	0.2	51	62
0.1	0.94	0.1	0.94	2.3	733	72
0.3	2.75	0.3	2.75	5.0	1623	73
0.2	2.02	0.2	2.02	4.3	1385	71
0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0	83
0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0	82
0.4	3.85	0.4	3.85	5.3	1708	81
0.1	0.84	0.1	0.84	1.2	386	93
0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0	92
0.1	1.14	0.1	1.14	1.1	349	102
1.3	12.25	1.2	12.25	2.8	898	103
36.5	356.86	36.5	377.15	7.5	2413	101
16.8	164.43	17.0	175.85	7.9	2542	113
0.0	0.04	0.0	0.04	0.1	18	112
2.4	22.98	2.2	22.98	5.2	1685	111
0.1	0.73	0.1	0.73	0.2	51	123
0.1	1.14	0.1	1.14	0.2	80	122
0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0	133
0.0	0.30	0.0	0.30	0.6	195	132
0.8	7.49	0.7	7.49	4.6	1501	131
0.0	0.44	0.0	0.44	2.3	732	143
0.6	6.07	0.6	6.07	3.7	1208	141
0.2	1.52	0.1	1.52	0.3	106	142
100	977	100.0	1032	100	32306	المجموع
	70.01		اجمالى المساحة الى مخرج الحوض المائى (هكتار)			
	3.8		المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/ه/سنة			
	42.5		المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)			

استناداً الى ملخص نتائج المحاكاة الواردة في الجدول (14):

- نجد أيضاً في هذه المحاكاة التباين في التوزيع المكاني لكل من حجم الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في المساقط المائية، نتيجة للتباين في شكل المنحدر، وأنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الأراضي الموجودة في منطقة الدراسة.
- إن أعلى حجم للجريان السطحي قد حدث في المسقط المائي رقم 101 بنسبة 16.2% من مجموع كميات الجريان السطحي، يليه المسقط رقم 52 بنسبة 15.5% من مجموع كميات الجريان السطحي، ثم المسقط رقم 32 بنسبة 10.4% يليه المسقط 113 بنسبة 5.9%.
- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 101 بنسبة 36.5% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 52 بنسبة 27% من مجموع التربة المفقودة، يليه المسقط 113 بنسبة 17%، أما المسقط رقم 32 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 9.9% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 101 بنسبة 36.5% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 52 بنسبة 26.8% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 113 بنسبة 17% من محصلة الراسب الكلية. اما المسقط رقم 32 فقد كانت نسبة محصلة الراسب 9.9% من محصلة الراسب الكلية.
- نجد أن الأحواض الفرعية الأكثر مساهمة بالانجراف المائي للتربة في حوض روجان لعام 2012 هي نفسها في الأعوام السابقة (32،52،113) بالإضافة إلى الحوض رقم 101 والذي لوحظ بأنه ساهم في أعلى نسبة لكل من الجريان السطحي والانجراف المائي لعام 2012.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي لعام 2012 والجدول (15) يوضح التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض الأربعة المتضررة لعام 2012. بينما التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية لم تتغير خلال كل سنوات المحاكاة.

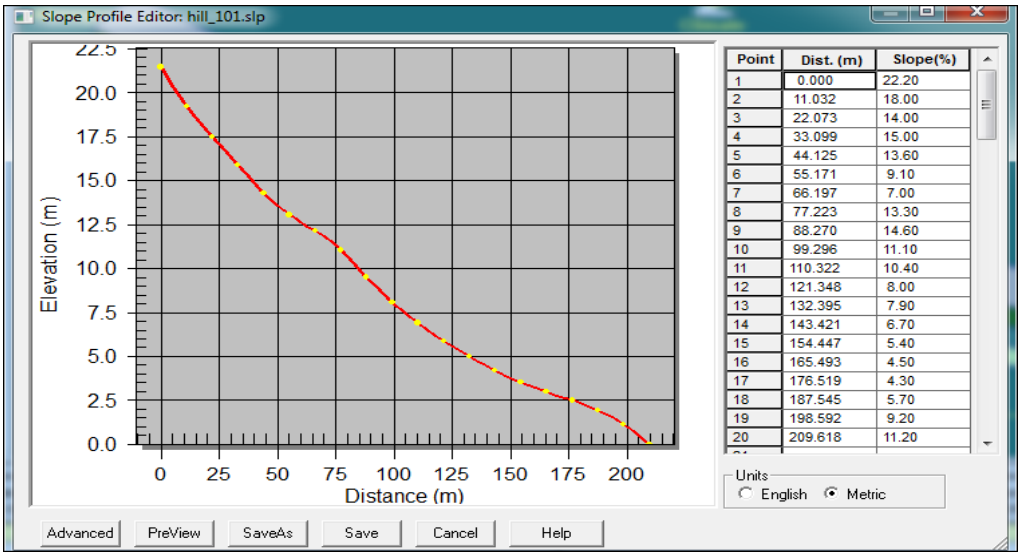
الجدول 15: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية 2012

رقم المسقط المائي	أنماط استعمالات الأراضي					
	أراضي مراحه	بساتين كروم	مراعي	طرائقات	شجيرات	أراضي حضرية
32	12.11	80.29	–	1.63	5.44	0.14
52	2.32	83.04	-	1.15	13.49	-
101	38.83	56.07	-	-	5.10	-
113	27.54	53.81	15.13	-	3.52	-

الجدول 16: التوزيع المكاني للوحدات الجيومورفولوجية في الأحواض المتضررة بنسبها المئوية

رقم المسقط	الوحدة الجيومورفولوجية			
	terrassettes	plateau	glacis	depression
32	37.69	–	47.07	15.24
52	62.40	11.53	24.45	1.61
101	60.75	8.72	30.53	–
113	35.71	14.09	50.20	-

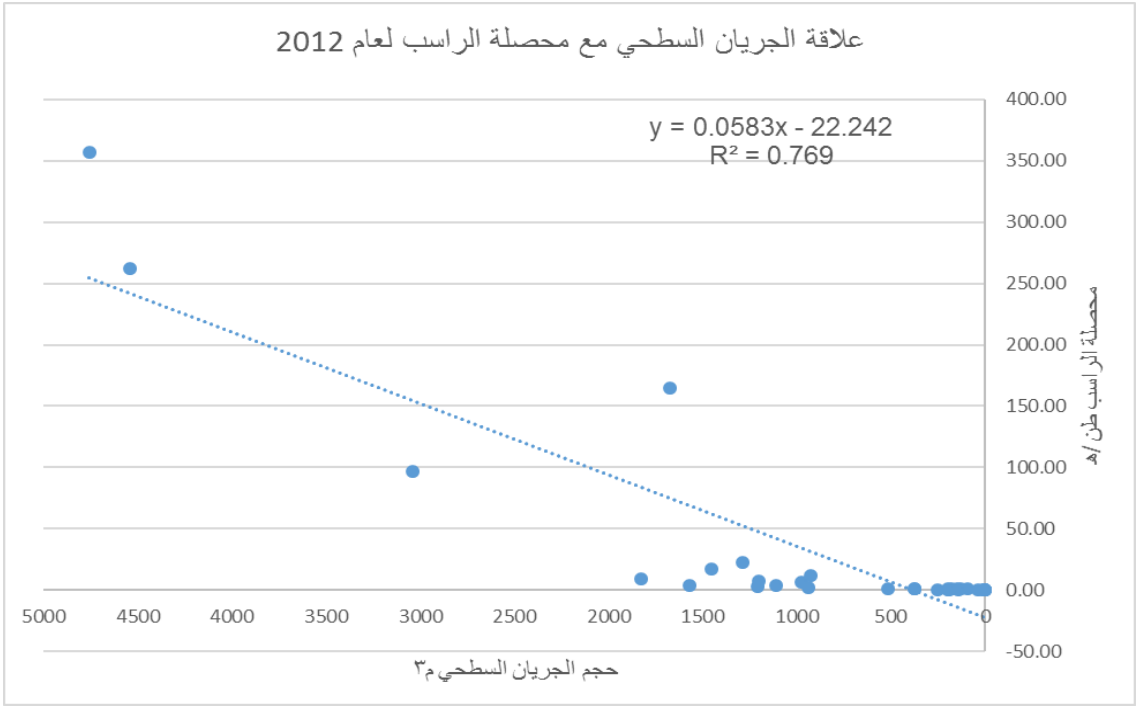
- نجد ظهور للأراضي المراعي في عام 2012.
- كما نجد أنه في عام 2012، تصدر المسقط رقم 101 بأعلى نسبة جريان سطحي والانجراف المائي. والذي يبلغ طوله 209.618م، كما هو واضح في الشكل (46) يبين ملف الانحدار للمسقط 101. ومساحته 2.116 هكتار. ويعزى ذلك إلى أن 56.07% من مساحته تشغله بساتين كروم العنب، و38.83% أراضي مراحه. وتحتل الوحدة الجيومورفولوجية terraces الشديدة الانحدار نسبة 60.75%، وتشغل 30.53% من مساحته الوحدة glacis.



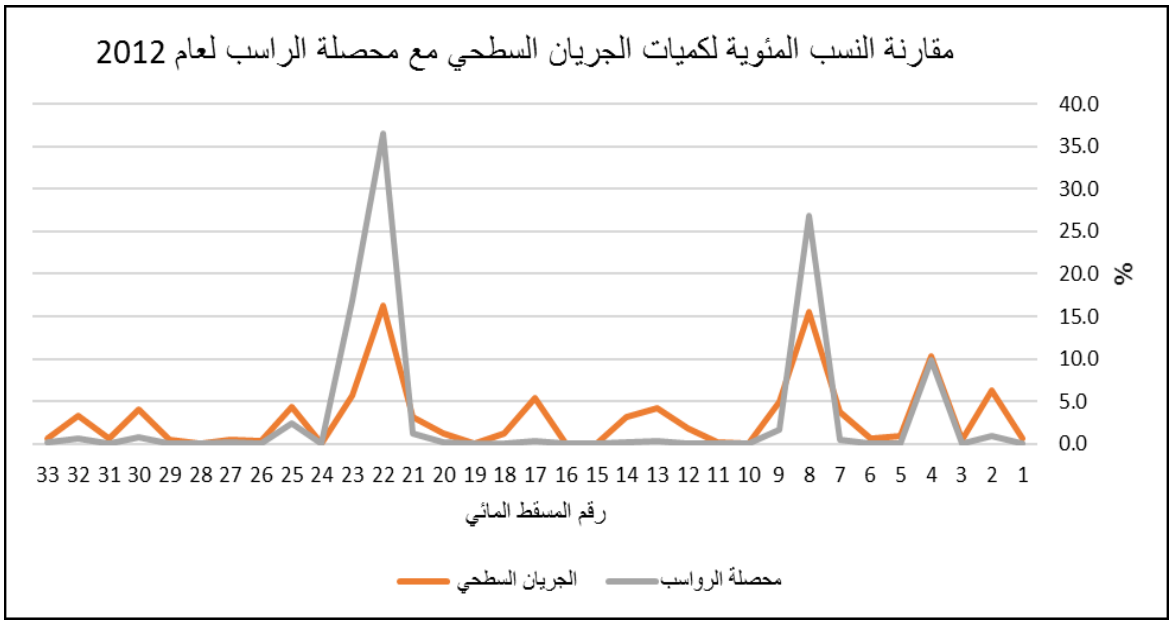
الشكل 46: يبين المسقط المائي رقم 101

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لروجان في عام 2012:

وجد من خلال مقارنة كميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب والتربة المفقودة أن العلاقة ظلت شبه طردية في العام 2012حيث معامل الارتباط (r=0.88) الشكل (47). مما يعني ان الجريان السطحي له دور بارز في الانجراف، بالإضافة الى عوامل أخرى كعامل الطبوغرافية وتأثير استعمالات الأراضي. ويبين الشكل (48) مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2012.



الشكل 47: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2012



الشكل 48: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2012

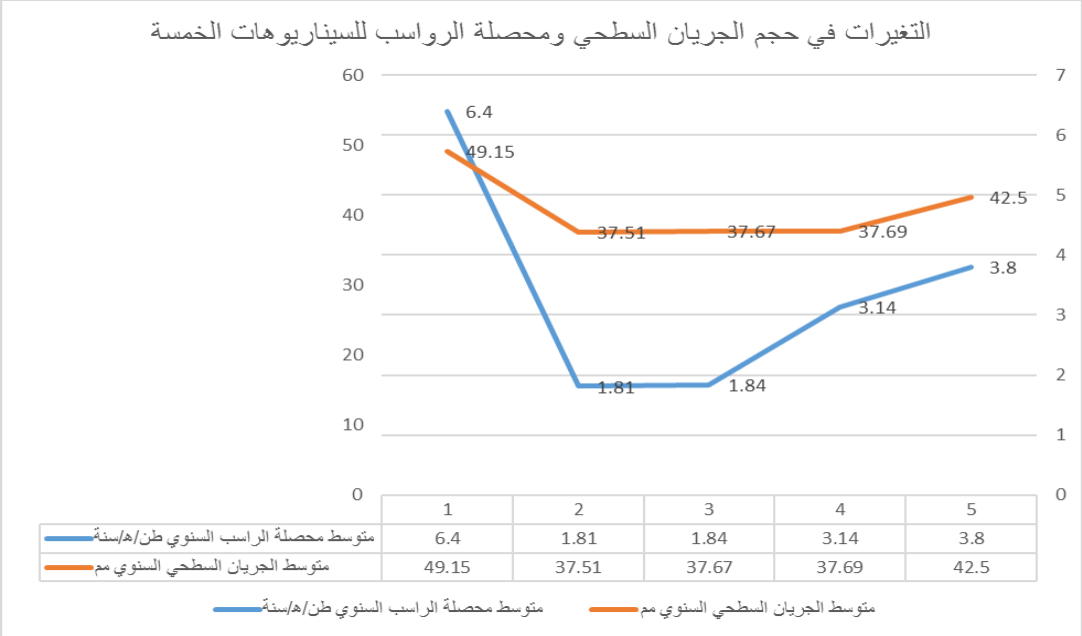
فيما سبق أجري تحليل لتوزيع فقد التربة في الأحواض الفرعية الناتجة بعد اجراء المحاكاة باستخدام GeoWEPP وتم تسليط الضوء على أكثرها تضرراً بالانجراف وتحديد العوامل المساهمة في ذلك. كذلك يقدم النموذج GeoWEPP تقرير ملخص عن المتوسط السنوي لكل من الجريان السطحي، مقدار التربة المفقودة وكمية الرسوبيات التي تصل إلى مخرج الحوض، ويبين الآثار الضارة للانجراف المائي للتربة على الموارد المائية وعلى استدامة التربة. والجدول (17) يبين التغيرات في متوسط الجريان السطحي السنوي والمتوسط السنوي لمحصلة الراسب في مخرج حوض روجان للسيناريوهات الخمسة.

الجدول 17: التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج روجان للسيناريوهات الخمسة باستخدام GeoWEPP

رقم السيناريو	العام	متوسط الجريان السطحي السنوي مم	محصلة الراسب طن/ه/سنة
1	1997	49.15	6.4
2	2002	37.51	1.81
3	2005	37.67	1.84
4	2009	37.69	3.14
5	2012	42.5	3.8

من الجدول (17) نجد أنه يبلغ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي لحوض روجان تحت السيناريوهات المدروسة 49.15مم و37.51مم و37.67مم و37.69مم و42.5مم على التوالي. تكشف مقارنة متوسط الجريان السطحي السنوي أن هناك انخفاضًا بنسبة 23.68٪ في متوسط الجريان السطحي السنوي بموجب السيناريو 2 مقارنة بالسيناريو 1، وانخفاض بنسبة و23.35٪ بموجب السيناريو 3و4 مقارنة بالسيناريو 1.

أما السيناريو 5 فقد كان الانخفاض بنسبة 13.53% مقارنة بالسيناريو 1. ترجم ذلك إلى انخفاض في محصلة الراسب في مخرج الحوض بالنسب 71.71%، 71.25%، 50.93%، 40.62% على التوالي بموجب السيناريوهات 2 و 3 و 4 و5 مقارنة بالسيناريو 1. نجد أنه هناك انخفاض واضح في كلا من الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في عام 2002 مقارنة مع عام 1997 وذلك يعود إلى زيادة مساحة الأراضي العشبية وانخفاض في مساحة كروم العنب. كما نجد تقريبا" ثباتا" في الجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الفترة ما بين عام 2002 ولغاية 2005 وذلك نتيجة للاستقرار النسبي في أنماط استعمالات الأراضي كما هو واضح في الشكل (49) يبين التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج روجان للسيناريوهات الخمسة. ثم يعود الانجراف بالارتفاع في عام 2009 و2012 وذلك نتيجة زيادة مساحة كروم العنب، مما يبرز تأثير تغير استخدام الأراضي. تربة كروم العنب أكثر عرضة للأمطار لأنها لا تغطي بالكامل التربة العارية في المسافات البينية، أيضاً تؤثر الممارسات الزراعية مثل الحراثة وتطبيق منتجات وقاية النبات على قدرة النفاذية للتربة حيث يتم في مزارع العنب، حرث التربة مرتين في الربيع وتخضع لعلاج مبيدات الأعشاب سنوياً.



الشكل 49: التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج روجان للسيناريوهات الخمسة

4-2-1-6- أداء النموذج:

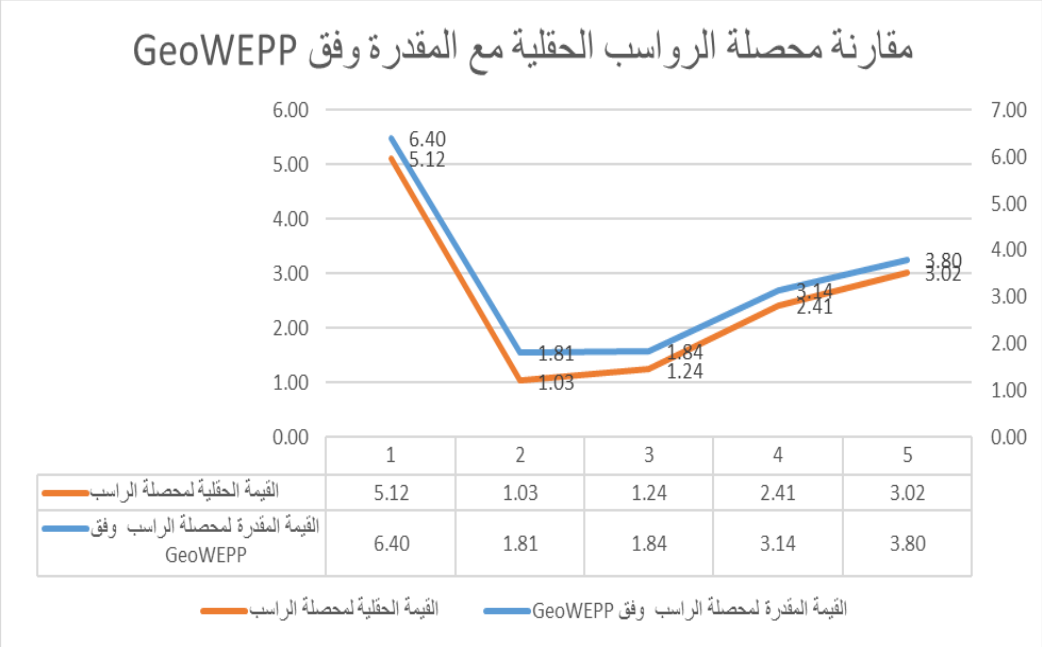
تعد بيانات المدخلات ودقتها من العوامل الرئيسية التي تؤثر على جودة تنبؤ النموذج GeoWEPP (Pandey وآخرون، 2016). تم الاعتماد على نتائج التجارب الحقلية من المرصد OMERE لتحديد جودة التوافق بين القيم الحقلية والقيم المقدرة بالنموذج GeoWEPP في حوض روجان.

1- فعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بالانجراف المائي للتربة:

يعرض الشكل (50) مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم محصلة الراسب الحقلية. وفق قيم الجدول (18) الذي يبين القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حوض روجان

الجدول 18: القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حوض روجان

العام	القيمة المقدرة لمحصلة الراسب وفق GeoWEPP	القيمة الحقلية لمحلة الراسب
1997	6.40	5.12
2002	1.81	1.03
2005	1.84	1.24
2009	3.14	2.41
2012	3.80	3.02
المتوسط	3.40	2.57



الشكل 50: مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم محصلة الراسب الحقلية

أظهرت نتائج المحاكاة ارتباطا جيدا" مع القيم الحقلية، كما هو موضح في الجدول (19) الذي يبين ملخص إحصائي لمقارنة القيم الحقلية مع المقدرة باستخدام GeoWEPP. حيث كانت قيمة NSE (0.66) والتي تبين أن كفاءة النموذج جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب بوحدة المساحة، وتدعم قيم

RMSE، PBIAS، الفكرة ذاتها والتي هي (0.87و 32.52-) على التوالي حيث قيمة RMSE المنخفضة تدل على أداء جيد للنموذج، أما قيمة PBIAS فقد أعطى تقييم مقبول للنموذج في التنبؤ بالانجراف. وبالتالي يمكن القول بأن نموذج GeoWEPP ذو فعالية ومقدرة جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة في حوض روجان.

الجدول 19: يبين المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب

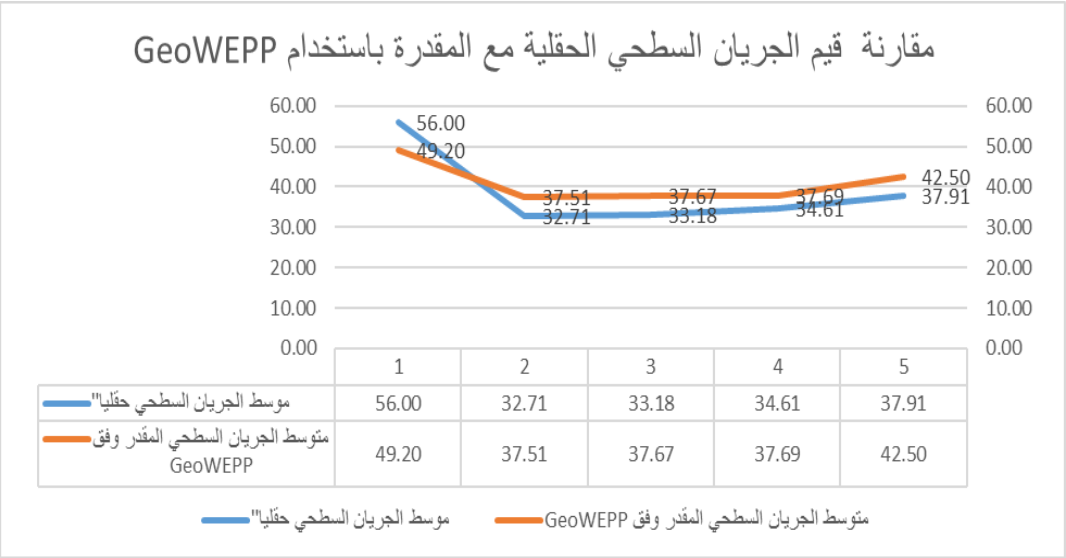
المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب والتربة المنجرفة		
NSE	RMSE	PBIAS
0.66	0.87	-32.52

2- فعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بالجريان السطحي:

يعرض الشكل (51) مقارنة قيم الجريان السطحي المقدر باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم الجريان السطحي الحقلية. وفق قيم الجدول (20) الذي يبين القيم المقدرة والحقلية لكمية الجريان السطحي في حوض روجان.

الجدول 20: القيم المقدرة والحقلية لكمية الجريان السطحي في حوض روجان

العام	متوسط الجريان السطحي حقلياً (مم)	متوسط الجريان السطحي المقدر وفق GeoWEPP (مم)
1997	56.00	49.20
2002	32.71	37.51
2005	33.18	37.67
2009	34.61	37.69
2012	37.91	42.50
المتوسط	**38.88**	**40.90**



الشكل 51: مقارنة قيم الجريان السطحي المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم الجريان السطحي الحقلية

أظهرت نتائج المحاكاة ارتباطاً جيداً مع القيم الحقلية، كما هو موضح في الجدول (21) يبين ملخص إحصائي لمقارنة القيم الحقلية مع المقدرة باستخدام GeoWEPP. حيث كانت قيمة NSE (0.69) والتي تبين أن كفاءة النموذج جيدة في التنبؤ بالجريان السطحي، ويؤكد ذلك قيمة RMSE المنخفضة (4.91). أما تقييم PBISA لأداء النموذج كان جيد جدا. تشير هذه النتيجة إلى فعالية وكفاءة النموذج GeoWEPP في حوض روجان في التنبؤ بالجريان السطحي.

الجدول 21: المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي السنوي

المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي		
PBIAS	RMSE	**NSE**
-5.22	4.91	**0.69**

نستنتج مما سبق بأن النموذج GeoWEPP ذو كفاءة وفعالية جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب والجريان السطحي في حوض روجان. ويتوافق ذلك مع ما توصلت اليه دراسة في منطقة (Emameh) في إيران حيث سجلت قيمة المعامل NSE 0.99 بالنسبة لتقدير كميات التربة المنجرفة. بينما سجلت 0.76 عند تقدير الجريان السطحي (Akbari وآخرون، 2015). وتوافقت ذلك مع دراسات عديدة ببلدان العالم: شمال اثيوبيا Nigus D. Melalu (2018). (Yuksel وآخرون، 2008).

4-2-2- القسم الثاني من النتائج والمناقشة في حوض روجان-فرنسا:

مناقشة نتائج الانجراف مع تغيير استخدام الأراضي/ الغطاء الأرضي Landuse\Landcover:

4-2-2-1- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 1997:

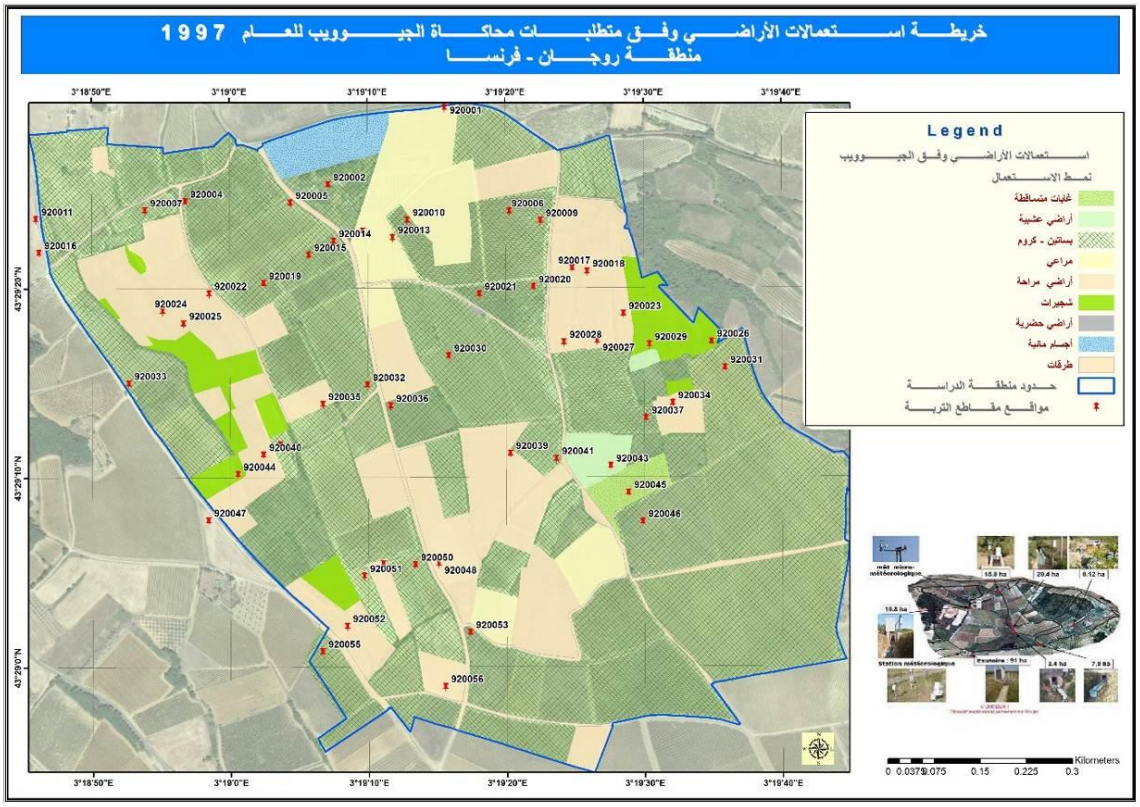
تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة روجان للعام 1997، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP وفق الجدول (22) الذي يبين كيفية تسمية كل صنف من أصناف استعمالات الأراضي الواردة في جدول الشريحة بما يلائمها من تسميات نموذج GeoWEPP.

الجدول 22: أنماط استعمالات الأراضي في روجان بما يلائمها من تسميات نموذجGeoWEPP

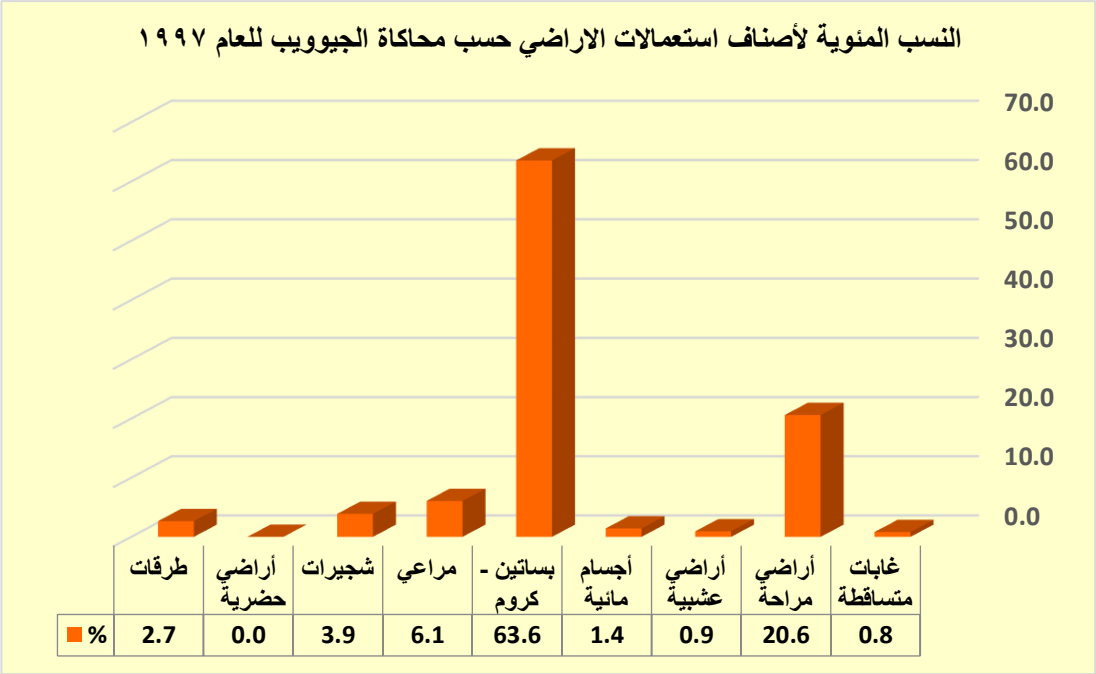
م	رمز الاسم في شريحة استعمالات الاراضي	الاسم العربي	الاسم وفق متطلبات GeoWEPP	الاسم العربي حسب GeoWEPP
1	AB	غابة متساقطة الأوراق	Deciduous Forest	غابات متساقطة الأوراق
2	AF	أشجار الفاكهة	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
3	ARB	أشجار متنوعة	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
4	Asparagus	نبات هليون	Pasture/Hay	مراعي
5	CE	أراضي صالحة للزراعة	Fallow	أراضي مراحه
6	CH	بقايا نباتات (قش)	Pasture/Hay	مراعي
7	D	برسيم رعوي	Pasture/Hay	مراعي
8	FR	أراضي محروثة	Fallow	أراضي مراحه
9	GG	شجيرات متشابكة صغيرة	Shrub land	شجيرات
10	LAG	بحيرة	Open Water body	أجسام مائية
11	Luzerne	فصة رعوية	Pasture/Hay	مراعي
12	Maraichage	أراضي بساتين	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
13	Mas	أراضي حضرية	Urban/Recreational Grasses	أراضي حضرية
14	NA	أراضي أعشاب	Grasslands/Herbaceous	أراضي عشبية
15	Oliviers	أشجار زيتون	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
16	P	أشجار عنب صغيرة	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
17	TL	أراضي محروثة	Fallow	أراضي مراحه
20	VA	بقايا أشجار العنب	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
21	VG	أشجار عنب	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
22	VP	أشجار عنب	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
23	Vignola transition	كروم عنب مهجورة	Orchards/Vineyards/Other	بساتين – كروم
24	roads	طرقات	roads	طرقات

استناداً الى التصنيف السابق تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 1997 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (52).

تشكل أراضي البساتين والكروم حوالي 64 % من مساحة منطقة الدراسة يليها الأراضي المراحه بنسبة 20% أما باقي الأصناف تشكل ما يقارب 16% تتوزع على النحو التالي: أراضي المراعي 6% والشجيرات 4% والطرائقات 2.7% والاجسام المائية 1.4% وتشكل كل من الغابات المتساقطة والأراضي العشبية حوالي 2% من مساحة منطقة الدراسة، والشكل (53) يبين النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 1997.



الشكل 52: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 1997 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP



الشكل 53: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي لعام 1997 لروجان حسب GeoWEPP

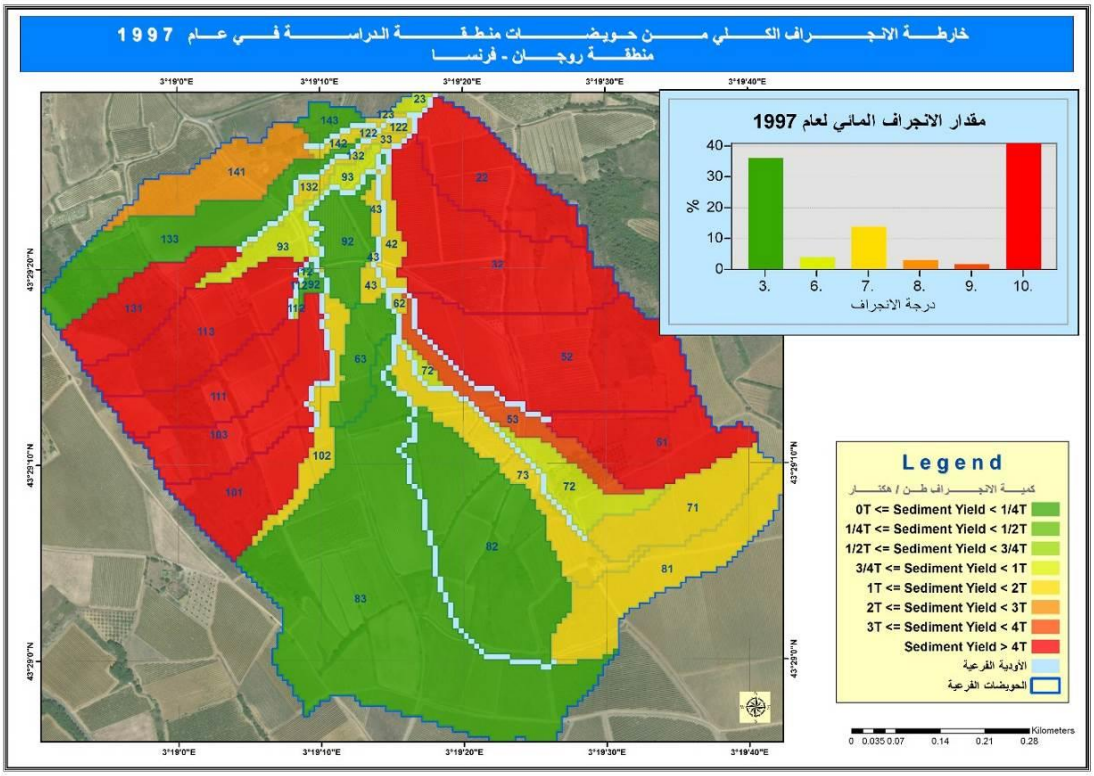
إن استخدام نموذج GeoWEPP مكننا من إنتاج شريحة تبين كميات الانجراف المائي من المساقط المائية في منطقة الدراسة.

ونتيجة للمحاكاة التي تم اجرائها وفق كافة شرائح استعمالات الأراضي تم تقسيم قيم الانجراف المائي إلى ثمان صفوف، الجدول (23) يبين رقم الصف ومقدار الانجراف المائي.

الجدول 23: يبين رقم الصف ومقدار الانجراف المائي الحاصل من كل مسقط مائي

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار
1	3	Less than 0.25
2	4	0.25 – 0.50
3	5	0.50 – 0.75
4	6	0.75 - 1
5	7	1 - 2
6	8	2- 3
7	9	3- 4
8	10	More than 4

من جهة ثانية تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لحوض روجان وفق شريحة استعمالات الأراضي للعام 1997 كما هو واضح من الشكل (54). حيث يتم التعبير عن نتائج تشغيل النموذج للمحاكاة المستمرة لسنة واحدة، على كل بكسل من DEM بالقيمة طن/هـ/سنة. تساعد خريطة توزيع فقدان التربة المشتقة على تصور المناطق الأكثر عرضة للانجراف.



الشكل 54: خريطة الانجراف المائي لروجان باستخدام GeoWEPP لعام 1997

يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 1997 أن حوالي 41% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي يزيد عن 4 طن/هكتار/سنة، ومعظمها متركزة في الأراضي المزروعة بالكروم، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه (Kosmas et al., 1997) إلى أن زراعة كروم العنب تمثل أحد استخدامات الأراضي في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط التي تؤثر بشكل كبير على معدلات الجريان السطحي وخسارة التربة، حيث تقنيات إدارة التربة في الصفوف البينية، تعرض التربة للتدهور ويؤدي إلى اضطراب التربة، وبالتالي تؤدي إلى نشوء طبقة القشرة السطحية والتي يساهم في حدوث الجريان السطحي وانجراف التربة.

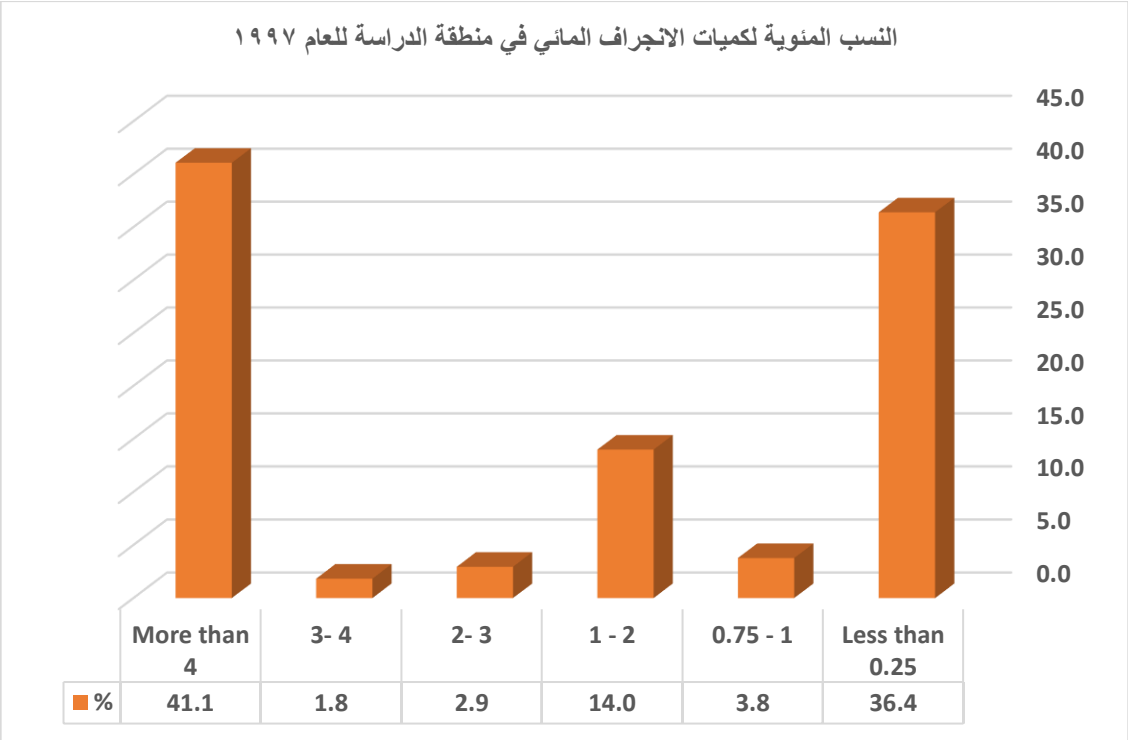
في حين أن حوالي 37% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف قليل أقل من ربع طن / هكتار.

ويتعرض حوالي 14% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن / هكتار.

الجدول (24) والشكل (55) يبين المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 1997.

الجدول 24: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 1997

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	253320	36.4
2	6	0.75 - 1	26242	3.8
3	7	1 - 2	97319	14.0
4	8	2- 3	20506	2.9
5	9	3- 4	12725	1.8
6	10	More than 4	285892	41.1
المجموع			696004	100

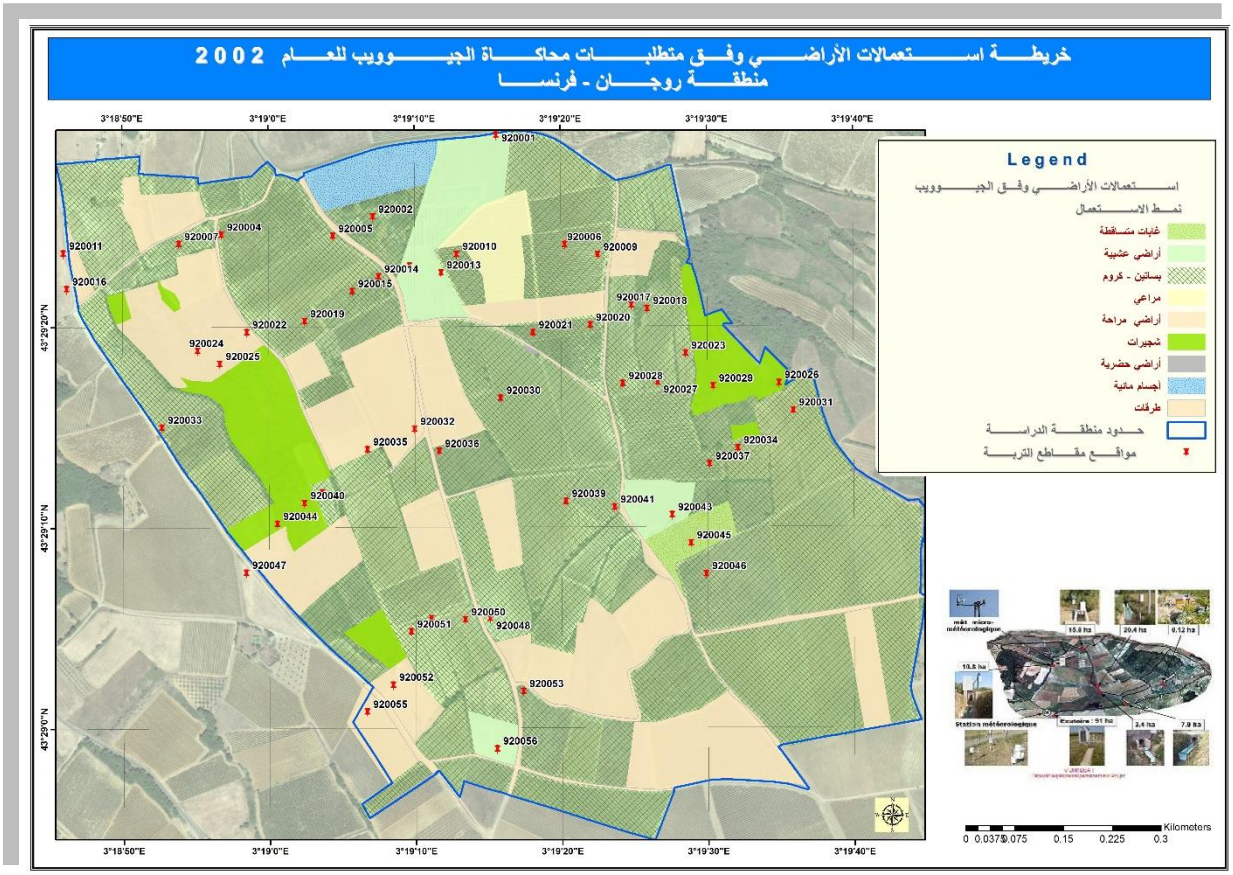


الشكل 55: النسب المئوية لكميات الانجراف المائي في روجان لعام 1997

4-2-1-2- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2002:

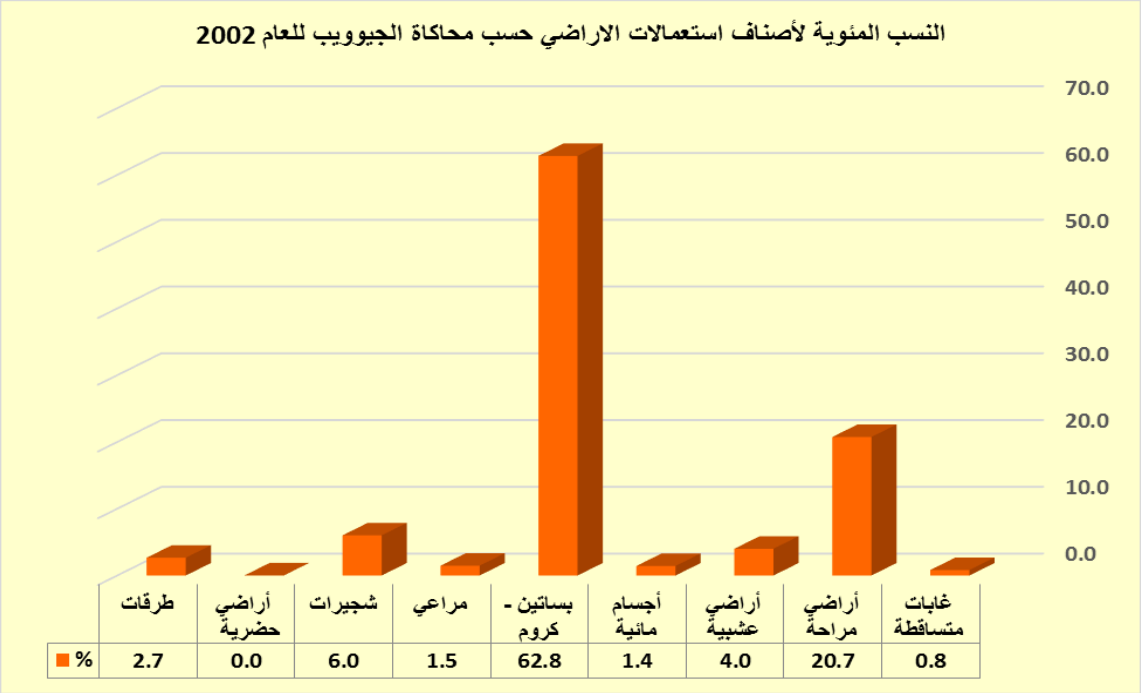
تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة روجان للعام 2002، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP.

استناداً الى التصنيف الوارد في الجدول (22) تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2002 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (56).



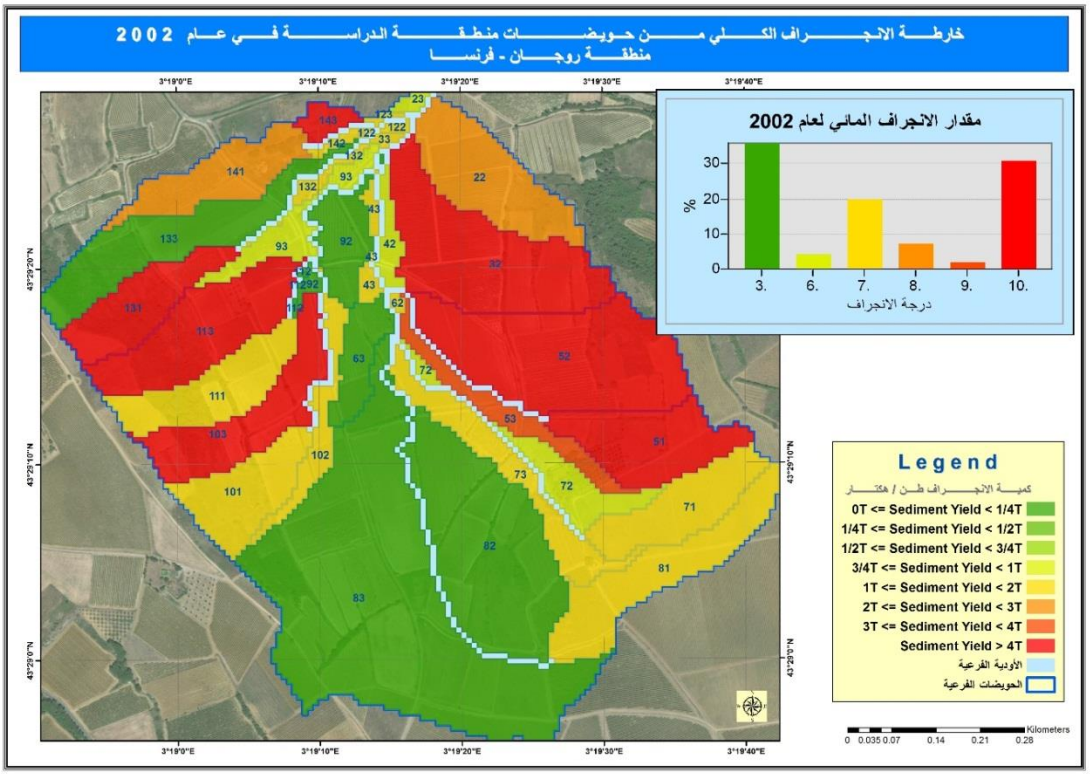
الشكل 56: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2002 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP.

تشكل أراضي البساتين والكروم حوالي 62% من مساحة منطقة الدراسة، أما الأراضي المراحة فقد شكلت ما نسبته 20% في مقابل ذلك شكلت الأصناف المتبقية ما يقارب 18% تتوزع على النحو التالي: الشجيرات 6% والأراضي العشبية 4% والطرائقات 2.7% والاجسام المائية 1.4%، وشكلت كل من الغابات المتساقطة الأوراق والمراعي حوالي 3% من مساحة منطقة الدراسة. الشكل (57) يبين النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 2002.



الشكل 57: النسب المؤية لاصناف استعمالات الأراضي لعام 2002 لروجان حسب GeoWEPP

من خلال استخدام نموذج محاكاة GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي للعام 2002 تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة حسب تقسيم المساقط المائية التي يعتمدها النموذج كما هو واضح من الشكل رقم (58).



الشكل 58: خريطة الانجراف المائي لروجان باستخدام GeoWEPP لعام 2002

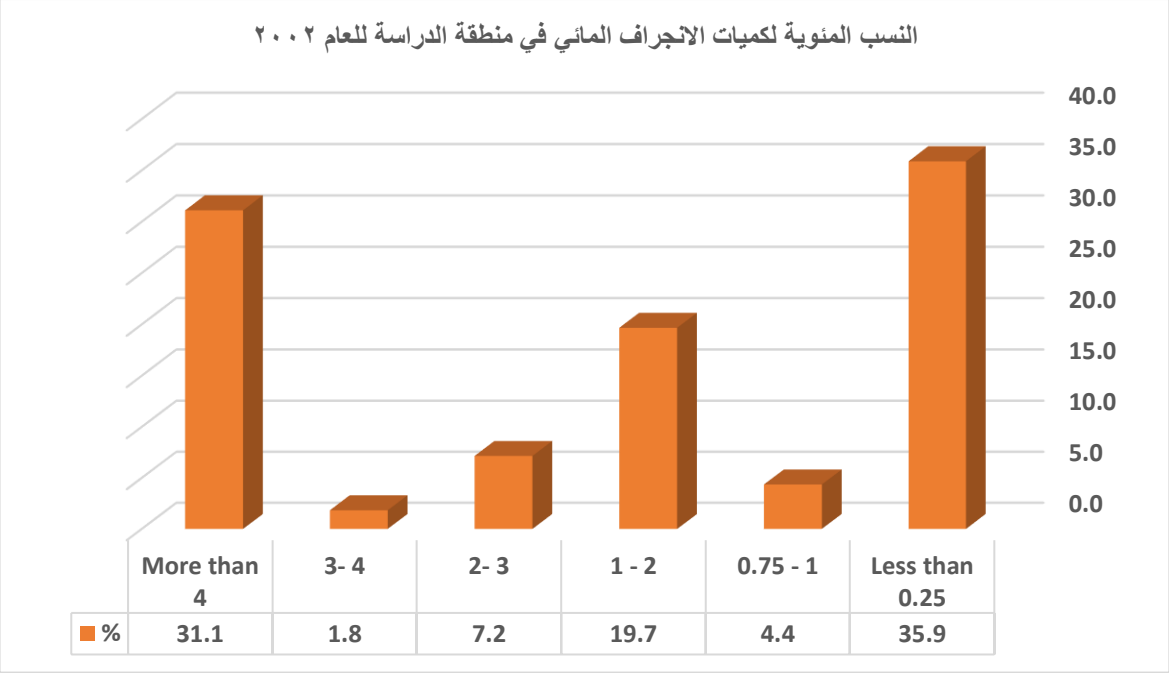
يتبين من خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2002 أن حوالي 31% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي يزيد عن 4 طن/هكتار، في حين أن حوالي 36% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف قليل أقل من ربع طن/هكتار.

ويتعرض حوالي 20% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن /هكتار.

الجدول (25) والشكل (59) يبين المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقاً لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2002.

الجدول 25: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2002

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	249760	35.9
2	6	0.75 - 1	30330	4.4
3	7	1 - 2	136880	19.7
4	8	2- 3	49780	7.2
5	9	3- 4	12725	1.8
6	10	More than 4	216529	31.1
المجموع			696004	100



الشكل 59: النسب المئوية لكميات الانجراف المائي في روجان لعام 2002

من أجل وضوح أفضل للنتائج تم عمل مصفوفة "MATREX" تبين التغيرات التفصيلية التي طرأت على مساحات أصناف استعمالات الأراضي بين عام 1997 و2002 وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- انخفاض في مساحة البساتين والكروم من 63.6 % إلى 62.8 % بمقدار 0.8 %

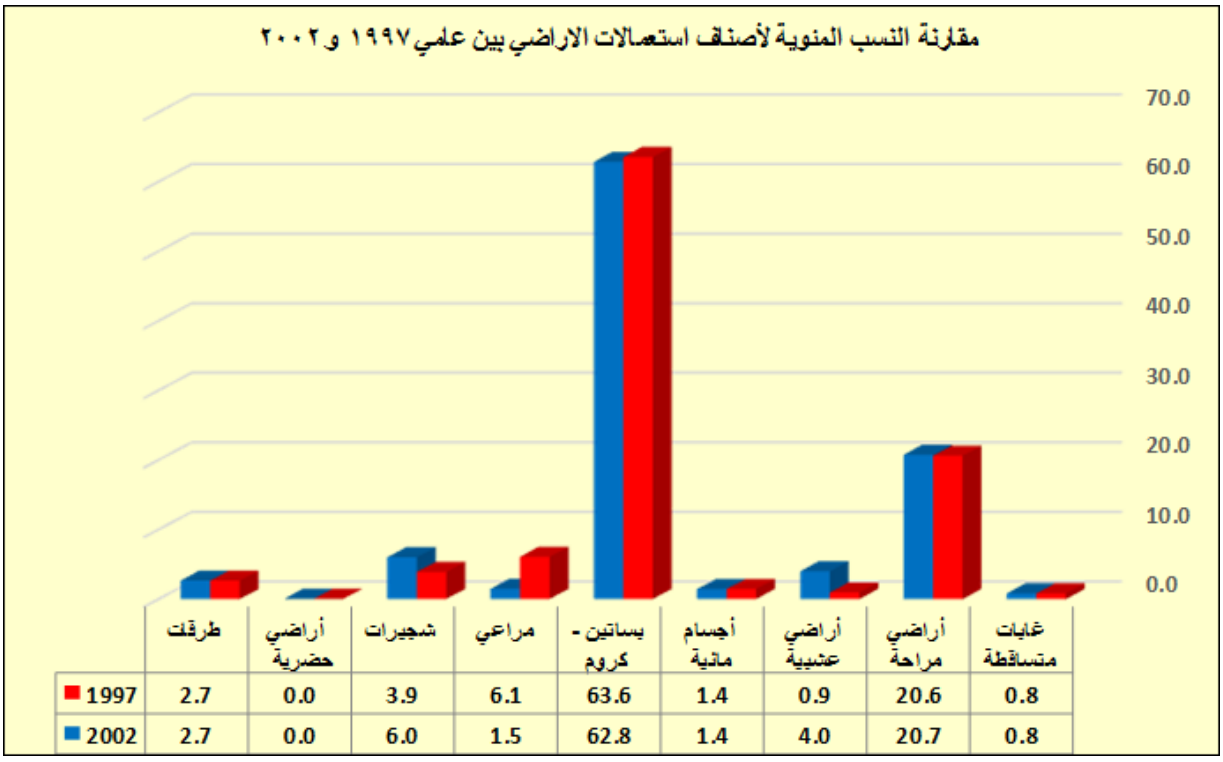
- ارتفاع في نسبة أراضي الشجيرات من 3.9 % إلى 6 % بمقدار 2.1 %.
- انخفاض نسبة أراضي المراعي من 6.1 % إلى 1.5 % بمقدار 4.6 %.
- ارتفعت نسبة الأراضي العشبية من 0.9 % إلى 4 % بمقدار 3.1 %.
- بقيت نسب كل من الطرائقات والغابات المتساقطة والأراضي المراحة ثابتة بين عامي 1997 و2002

الجدول (26) يبين مصفوفة التغيرات بين عامي 1997 و2002 يليه الشكل (60) الذي يبين التغيرات الحاصلة على أصناف استعمالات الأراضي بين عامي 1997و2002.

الجدول 26: مصفوفة التغيرات بين عامي 1997 و2002

مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي التفصيلي بين عامي 1997 و 2002

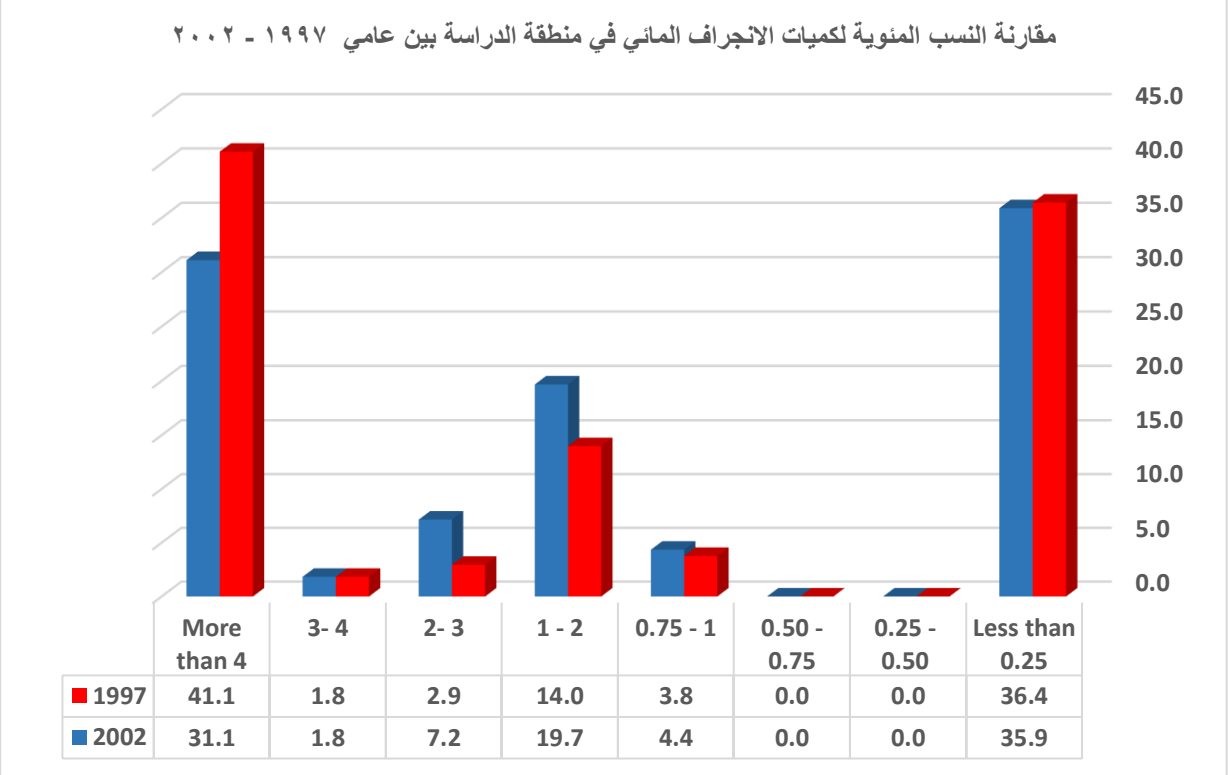
1997		2002										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		%
		غابات متساقطة	أراضي مراحة	أراضي عشبية	أجسام مائية	بساتين - كروم	مراعي	شجيرات	أراضي حضرية	طرقات	المجموع	
1	غابات متساقطة	7557	0	0	0	0	0	0	0	0	7557	0.8
2	أراضي مراحة	0	81474	4488	0	85825	0	18804	0	0	190591	20.6
3	أراضي عشبية	0	0	7468	0	0	0	1233	0	0	8700	0.9
4	أجسام مائية	0	0	0	13206	0	0	0	0	0	13206	1.4
5	بساتين - كروم	0	92584	0	0	494829	220	0	0	0	587633	63.6
6	مراعي	0	17390	25072	0	399	13343	0	0	0	56204	6.1
7	شجيرات	0	360	0	0	0	0	35563	0	0	35922	3.9
8	أراضي حضرية	0	0	0	0	0	0	0	196	0	196	0.0
9	طرقات	0	0	0	0	0	0	0	0	24622	24622	2.7
	المجموع	7557	191808	37028	13206	581053	13563	55599	196	24622	924631	100
	%	0.8	20.7	4.0	1.4	62.8	1.5	6.0	0.0	2.7		



الشكل 60: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين العامين 1997 و2002

في مقابل ذلك تم مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 1997 و2002 الذي يظهر النتائج التالية:

- انخفاض كبير في نسبة الأراضي التي تتعرض إلى انجراف أكثر من 4 طن للهكتار من 41.1% في عام 1997 إلى 31.1% في عام 2002 بمقدار 10%.
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 1–2 طن للهكتار من 14% إلى 19.7% بمقدار 5.7%.
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 2–3 طن للهكتار من 2.9% إلى 7.2% بمقدار 4.3%
- تغيرات طفيفة شهدتها باقي درجات التأثير كما هو مبين من الشكل (61).



	More than 4	3- 4	2- 3	1 - 2	0.75 - 1	0.50 - 0.75	0.25 - 0.50	Less than 0.25
1997	41.1	1.8	2.9	14.0	3.8	0.0	0.0	36.4
2002	31.1	1.8	7.2	19.7	4.4	0.0	0.0	35.9

الشكل 61: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002 في روجان

الخلاصة النهائية: نلاحظ تراجع مساحات الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي ناتج عن تغير إيجابي في استعمالات الأراضي تمثل في زيادة مساحة الأراضي العشبية التي تعمل على صيانة التربة من الانجراف.

- **تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و 2002:**

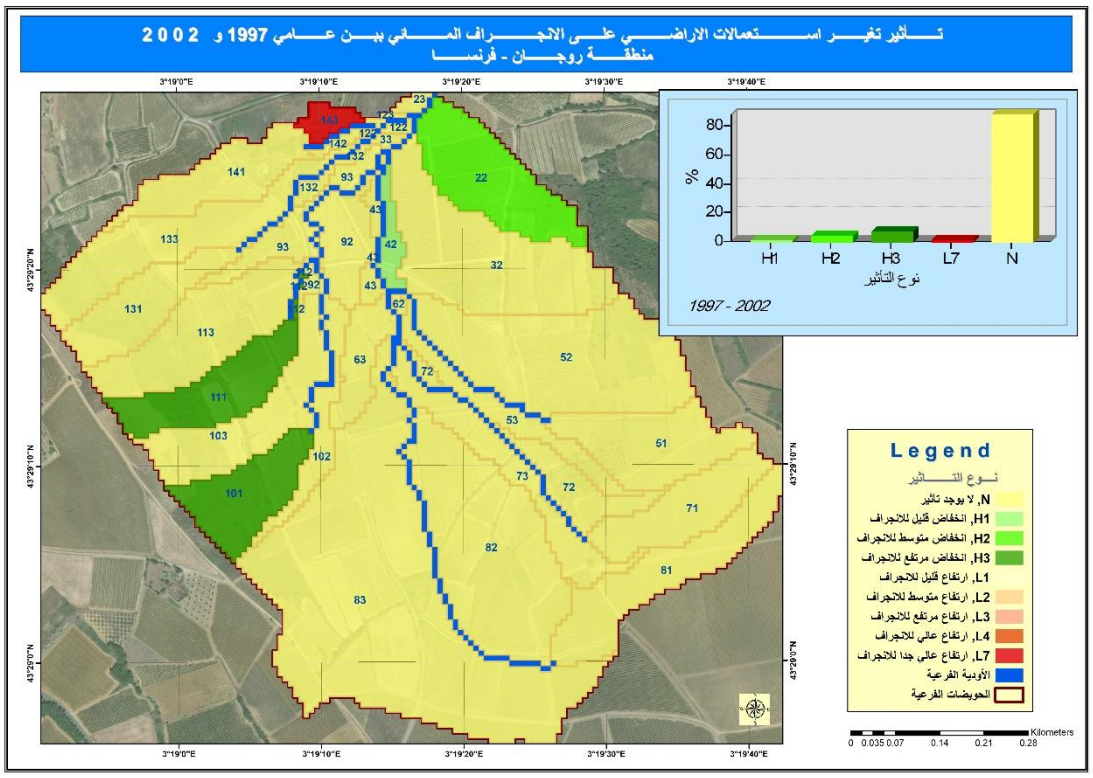
استناداً إلى العوامل التي تم إدخالها ضمن نموذج محاكاة GeoWEPP فإن نوع استعمال الأرض يعتبر عامل ذو أهمية في زيادة أو نقصان مقدار الانجراف المائي في منطقة الدراسة، من هنا كان لابد من اظهار هذا دور هذا العامل في النتائج النهائية.

لذلك تم إنتاج خارطة تبين تأثير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي في منطقة الدراسة اعتماداً على منهجية مقاطعة كل شريحتين من الانجراف المائي الناتجة عن نموذج محاكاة GeoWEPP وذلك تبعاً لشريحة استعمالات الأراضي المقابلة لكل عام من أعوام الدراسة وقد تم تقسيم درجات تأثير تغير استعمالات الأراضي إلى تسع درجات وفق الجدول (27) الذي يبين مقدار الفارق بعد طرح درجات التأثير من بعضها تبعا لكل عامين متتالين.

الجدول 27: تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي

م	مقدار الفارق لدرجات التأثير	نمط التأثير الحاصل	الرمز
1	0	لا يوجد تغيير	N
2	1-	انخفاض قليل للانجراف	H1
3	2-	انخفاض متوسط للانجراف	H2
4	3-	انخفاض مرتفع للانجراف	H3
5	1	ارتفاع قليل للانجراف	L1
6	2	ارتفاع متوسط للانجراف	L2
7	3	ارتفاع مرتفع للانجراف	L3
8	4	ارتفاع عالي للانجراف	L4
9	7	ارتفاع عالي جدا للانجراف	L7

استناداً إلى التقسيم السابق فقد تم إنتاج خارطة لتأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002، الشكل (62) يبين المساقط المائية التي حدث عليها تغير في مقدار الانجراف المائي سواء أكان التغير إيجابي "درجات اللون الأخضر" على شكل انخفاض في مقدار الانجراف، أو كان تغير سلبي "درجات اللون الأحمر" على شكل ارتفاع في مقدار الانجراف المائي.



الشكل 62: خارطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و.2002

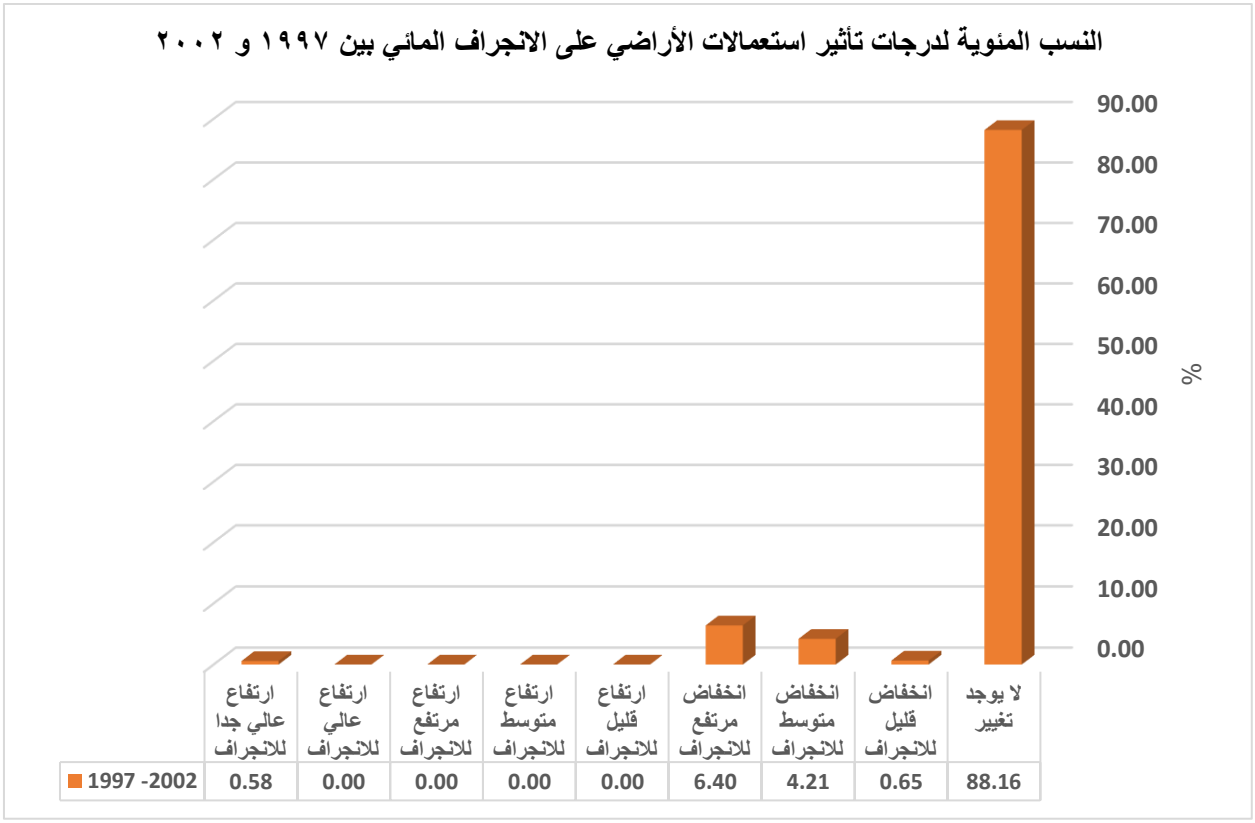
يتبين لنا من خلال حساب مساحات أصناف التغير أن حوالي 88 % من مساحة منطقة الدراسة لم يطرأ عليها أي تغيير في كميات الانجراف بين عامي 1997 و2002. في حين أن حوالي 11% من مساحة منطقة الدراسة قد تراجعت فيها كميات الانجراف بين المتوسط والمرتفع كنتيجة للتغيير الإيجابي في استعمالات الأراضي.

يقابل ذلك اقل من 1% من مساحة منطقة الدراسة ازداد فيها الانجراف بدرجة عالية جداً.

الجدول (28) والشكل (63) يوضحان النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002.حيث المساحات مقدرة بالمتر المربع.

الجدول 28: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002.

تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 1997 و 2002			
الرمز	نمط التأثير الحاصل	المساحة	%
N	لا يوجد تغيير	613586	88.16
H1	انخفاض قليل للانجراف	4549	0.65
H2	انخفاض متوسط للانجراف	29275	4.21
H3	انخفاض مرتفع للانجراف	44572	6.40
L1	ارتفاع قليل للانجراف	0	0.00
L2	ارتفاع متوسط للانجراف	0	0.00
L3	ارتفاع مرتفع للانجراف	0	0.00
L4	ارتفاع عالي للانجراف	0	0.00
L7	ارتفاع عالي جدا للانجراف	4022	0.58
	المجموع	696004	100

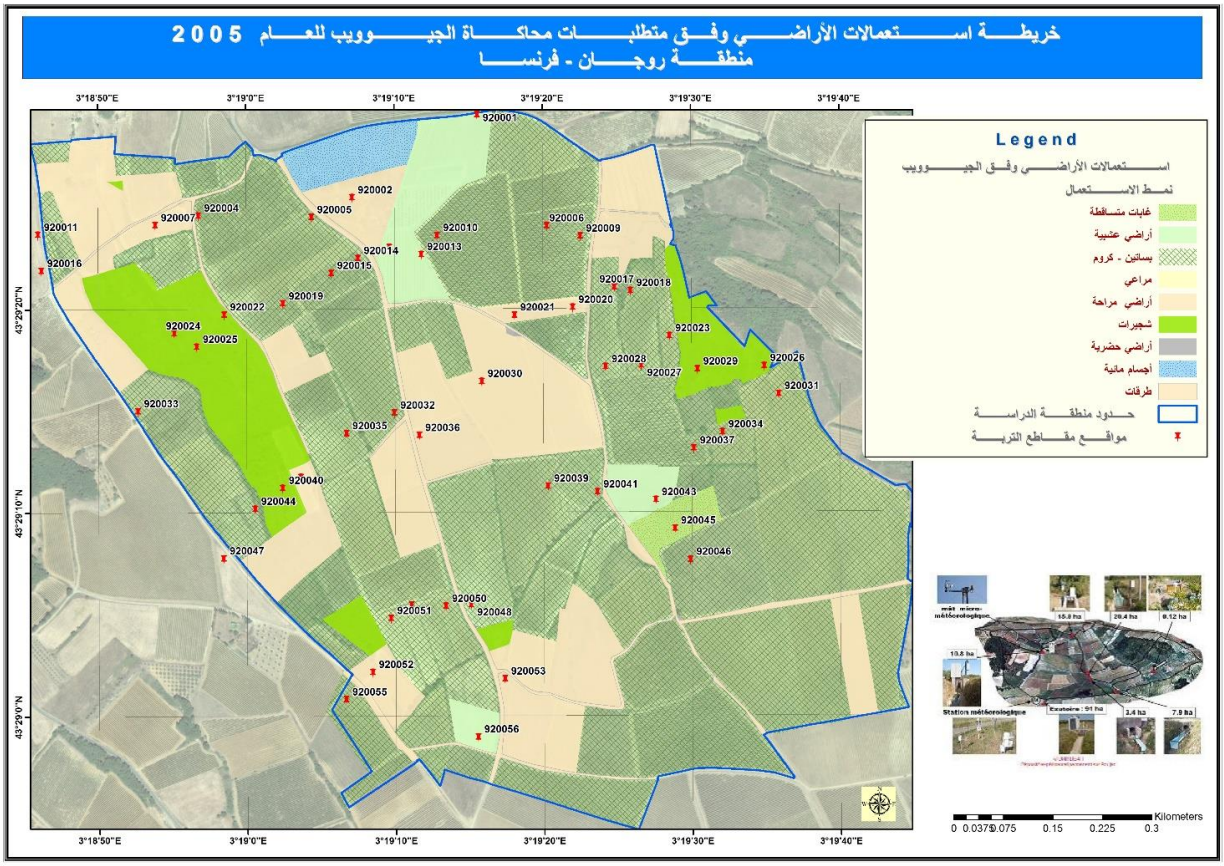


الشكل 63: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 1997 و2002

4-2-1-3- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2005:

تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة روجان للعام 2005، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP.

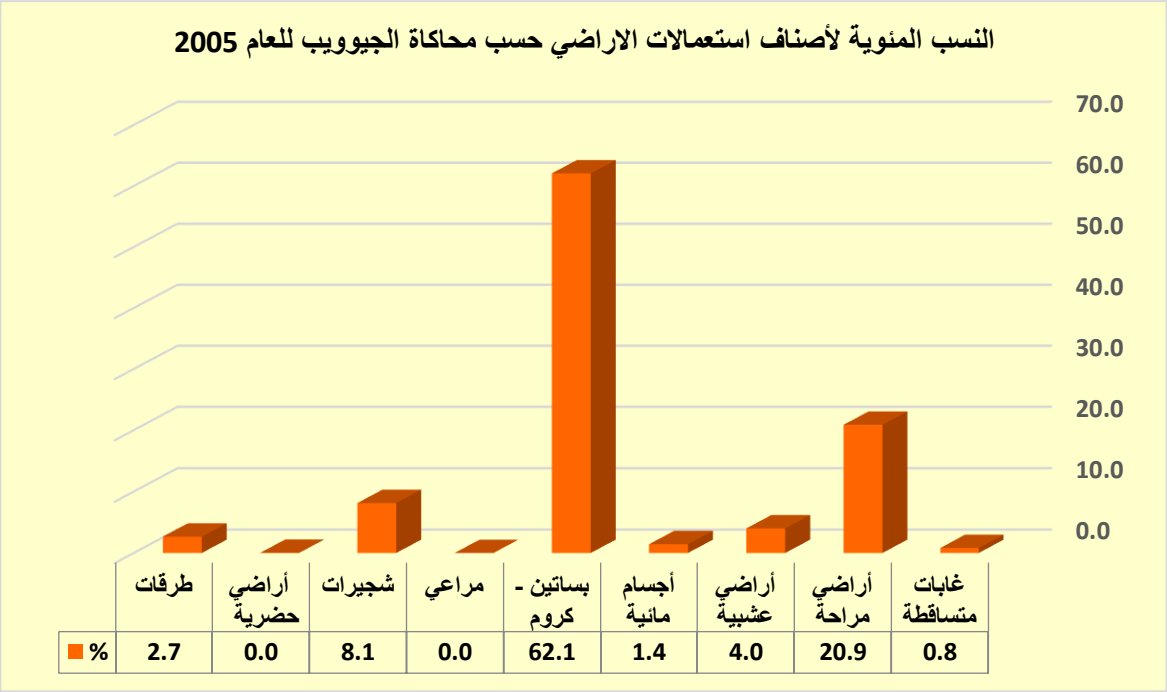
استناداً إلى التصنيف الوارد في الجدول (22) تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2005 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (64).



الشكل 64: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2005 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP

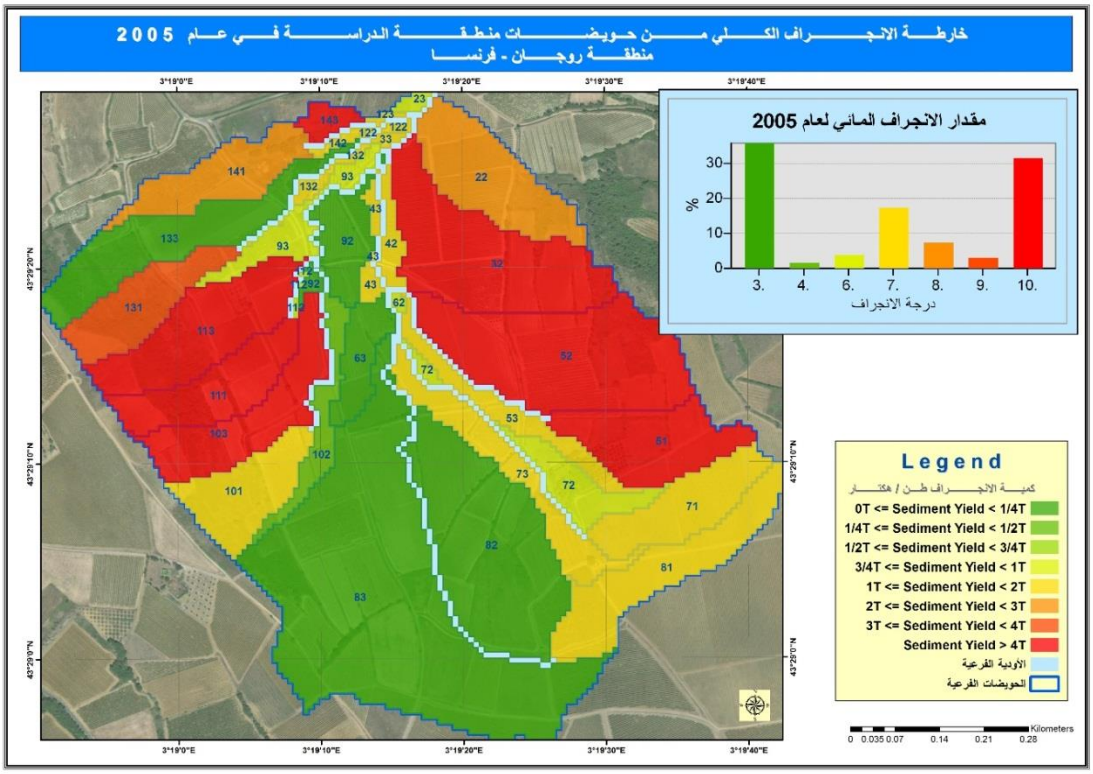
حيث تشكل أراضي البساتين والكروم بحدود 62% من مساحة منطقة الدراسة، أما الأراضي المراحة فقد شكلت حوالي 21% من المساحة الكلية. في مقابل ذلك شكلت أراضي الشجيرات ما نسبته 8.1% من مساحة منطقة الدراسة.

تتوزع 9% المتبقية على النحو التالي: الأراضي العشبية 4% و2.7 % للطرائقات و1.4% أجسام مائية و0.8% أراضي غابات متساقطة. الشكل (65) يبين النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2005 في روجان.



الشكل 65: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2005

من خلال استخدام نموذج محاكاة GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي للعام 2005 تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة حسب تقسيم المساقط المائية التي يعتمدها النموذج كما هو واضح في الشكل (66).



الشكل 66: خارطة الانجراف المائي في روجان لعام 2005

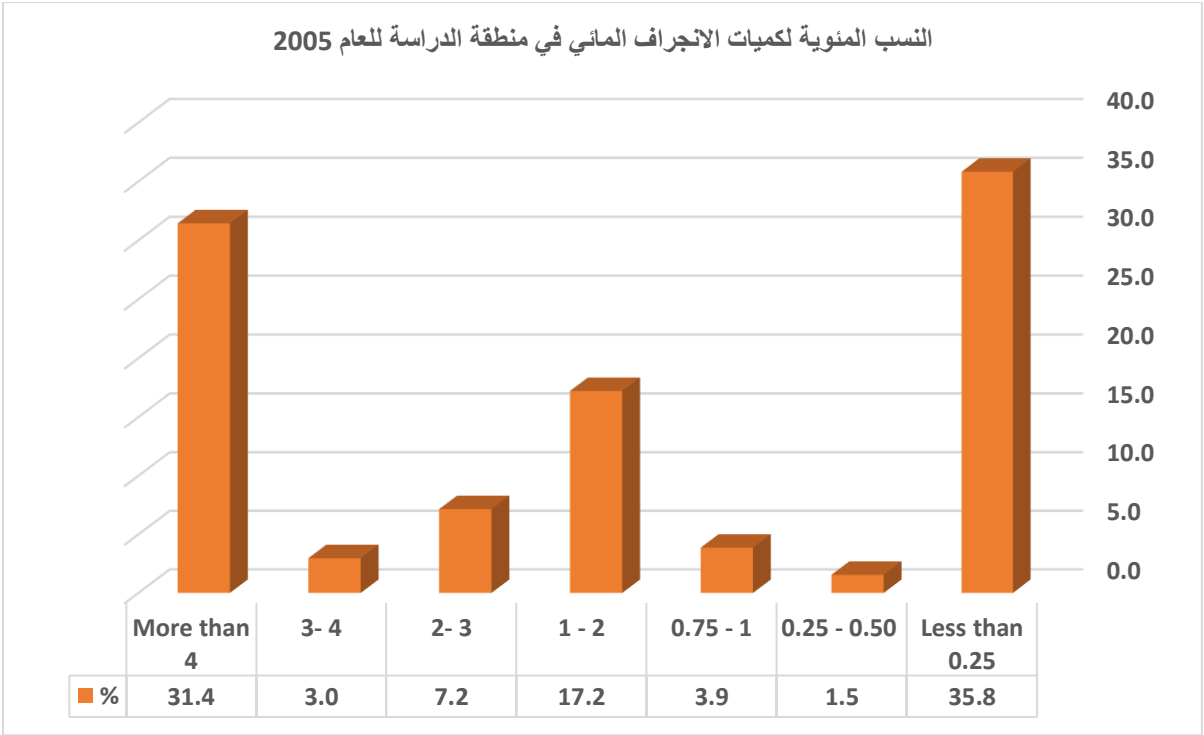
يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2005 أن حوالي 31% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي يزيد عن 4 طن /هكتار، في حين أن حوالي 36% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف قليل أقل من ربع طن /هكتار.

ويتعرض حوالي 17% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن /هكتار.

الجدول (29) يبين مساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2005. يتبعه الشكل (67) الذي يبين صفوف كميات الانجراف على اعتمادا على النسب المئوية لكل صف.

الجدول 29: مساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2005

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	249298	35.8
2	4	0.25 - 0.50	10747	1.5
3	6	0.75 - 1	26901	3.9
4	7	1 - 2	119803	17.2
5	8	2- 3	49780	7.2
6	9	3- 4	20637	3.0
7	10	More than 4	218836	31.4
المجموع			696004	100



الشكل 67: النسب المئوية لصفوف الانجراف في روجان لعام 2005

من أجل وضوح أفضل للنتائج تم عمل مصفوفة "MATREX" تبين التغيرات التفصيلية من حيث المساحة التي طرأت على أصناف استعمالات الأراضي بين عام 2002 و2005 وقد ظهرت النتائج التالية:

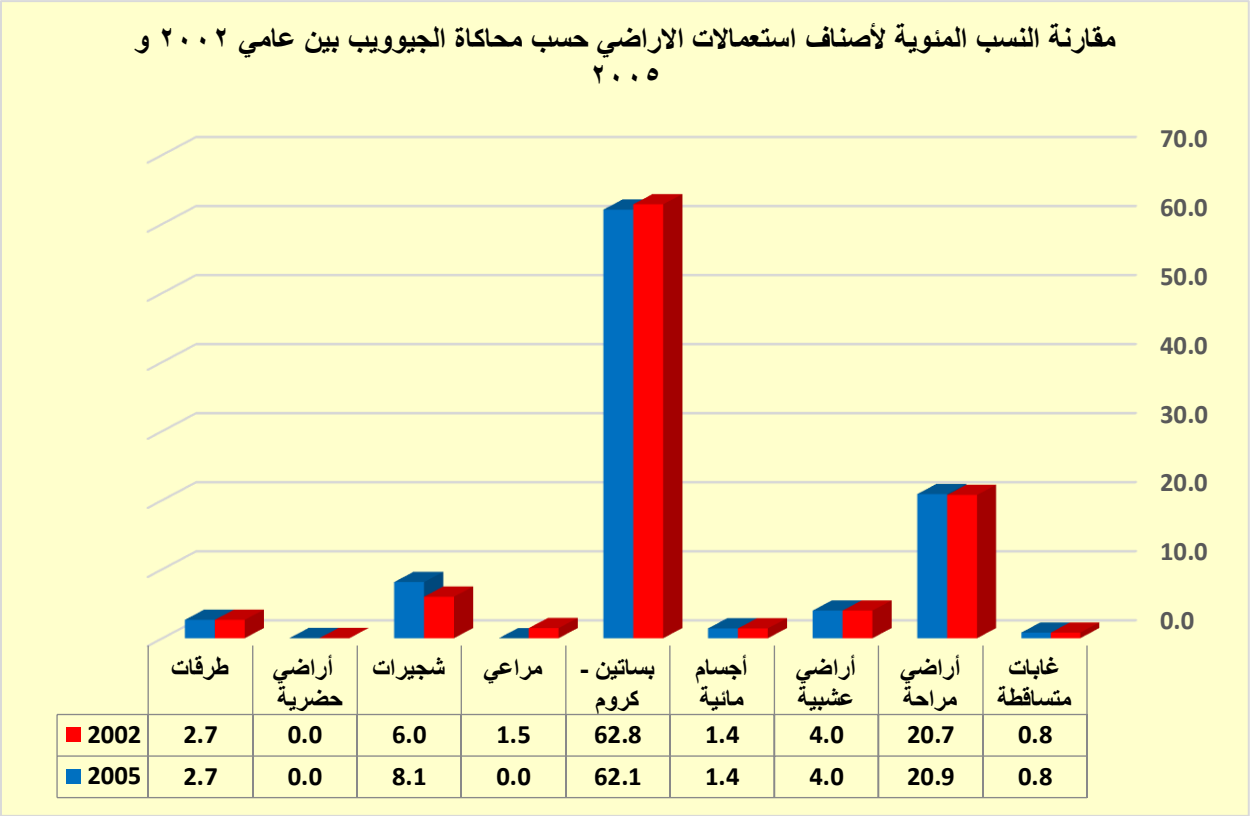
- انخفاض طفيف في مساحة البساتين والكروم من 62.8% إلى 62.1% بمقدار أقل من 0.7% بين عامي 2002 و2005
- ارتفاع في نسبة أراضي الشجيرات من 6% إلى 8.1% بمقدار 2.1% بين عامي 2002 و2005.
- انخفاض نسبة أراضي المراعي من 1.5% إلى الصفر بين عامي 2002 و2005.
- بقيت نسب كل من الطرائقات والغابات المتساقطة والأراضي المراحة والأراضي العشبية ثابتة بين عامي 2002 و2005

الجدول (30) يبين مصفوفة التغيرات بين عامي 2002 و2005 يليه الشكل (68) يبين التغيرات الحاصلة على أصناف استعمالات الأراضي.

الجدول 30: مصفوفة التغيرات بين عامي 2002 و2005

مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي التفصيلي بين عامي 2002 و 2005

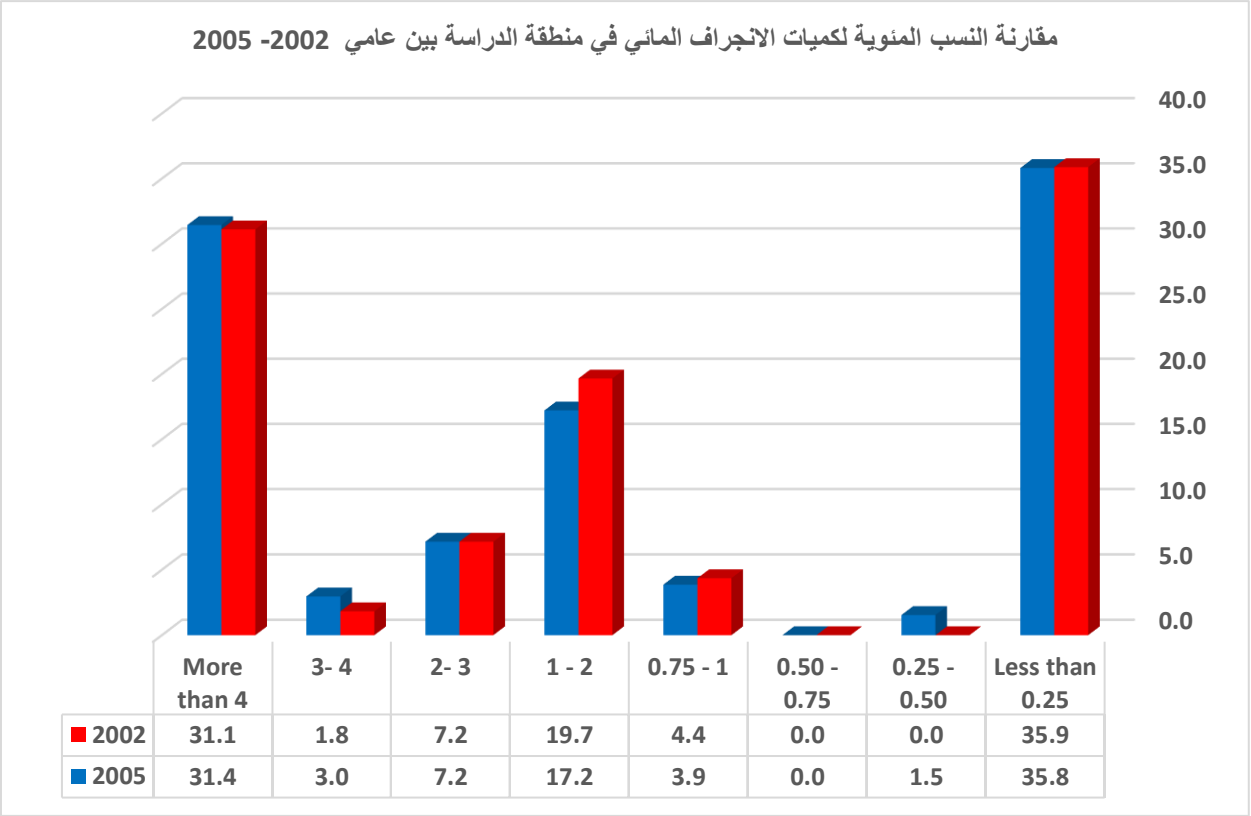
			2005										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		%
			غابات متساقطة	أراضي مراحة	أراضي عشبية	أجسام مائية	بساتين - كروم	مراعي	شجيرات	أراضي حضرية	طرقات	المجموع	
2002	1	غابات متساقطة	7557	0	0	0	0	0	0	0	0	7557	0.8
	2	أراضي مراحة	0	77180	0	0	91573	0	23054	0	0	191808	20.7
	3	أراضي عشبية	0		37028	0	0	0	0	0	0	37028	4.0
	4	أجسام مائية	0	0	0	13206		0	0	0	0	13206	1.4
	5	بساتين - كروم	0	115762			465291	0	0	0	0	581053	62.8
	6	مراعي	0	0	0	0	13563	0	0	0	0	13563	1.5
	7	شجيرات	0	0	0	0	3462	0	52137	0	0	55599	6.0
	8	أراضي حضرية	0	0	0	0	0	0	0	196	0	196	0.0
	9	طرقات	0	0	0	0	0	0	0	0	24621	24621	2.7
		المجموع	7557	192943	37028	13206	573889	0	75191	196	24621	924631	100
		%	0.8	20.9	4.0	1.4	62.1	0.0	8.1	0.0	2.7		



الشكل 68: مقارنة النسب المئوية لاصناف استعمالات الأراضي لروجان بين عامي 2002 و2005

في مقابل ذلك تم مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 2002 و2005الذي يظهر النتائج التالية:

- ارتفاع طفيف جداً في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف أكثر من 4 طن/هكتار من 31.1% في عام 2002 إلى 31.4% في عام 2005 بمقدار 0.3%.
- انخفاض طفيف جداً في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف أقل من 0.25 طن/هكتار بمقدار 0.1%.
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 3–4 طن/هكتار من 1.8% إلى 3% بمقدار 1.2%.
- ظهور نسبة من الأراضي تتعرض لانجراف 0.25–0.5 طن/هكتار بمقدار 1.5% في عام 2005 حيث أنها كانت معدومة في عام 2002.
- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 0.75–1 طن/هكتار من 4.4% إلى 3.9% بمقدار 0.6%
- ثبات نسب باقي درجات التأثير كما هو مبين من الشكل (69).

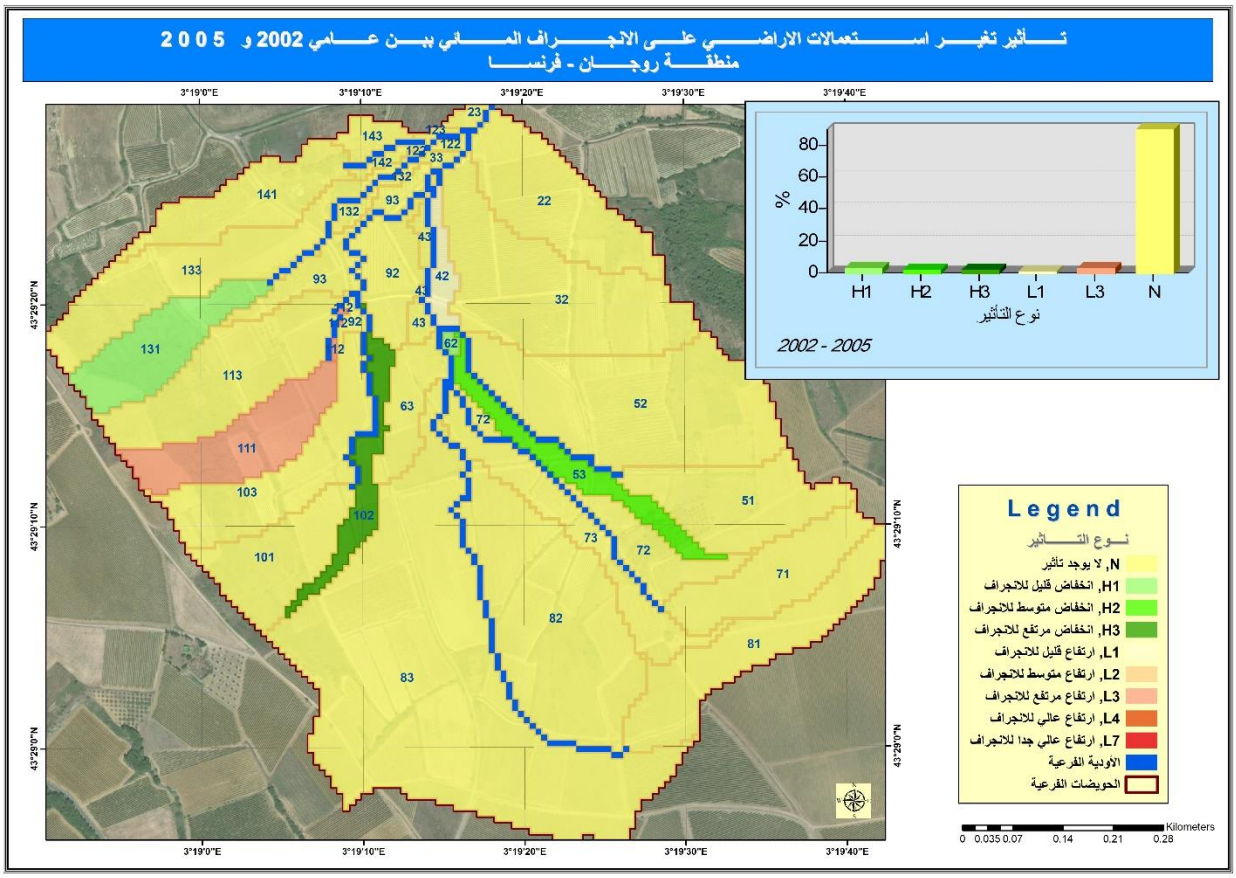


الشكل 69: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف في روجان بين عامي 2002و2005

الخلاصة النهائية: نلاحظ عدم وجود تفاوت كبير بين عام 2002 و2005 من حيث درجات الانجراف والنسب المئوية لها ناتج عن الاستقرار النسبي في أنماط استعمالات الأراضي.

- **تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و 2005:**

استناداً إلى التقسيم في جدول الشكل (69) فقد تم إنتاج خارطة لتأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2002 و2005، الشكل (70) يبين المساقط المائية التي حدث عليها تغير في مقدار الانجراف المائي. سواء أكان التغير إيجابي "درجات اللون الأخضر" على شكل انخفاض في مقدار الانجراف، أو كان تغير سلبي "درجات اللون الأحمر" على شكل ارتفاع في مقدار الانجراف المائي.

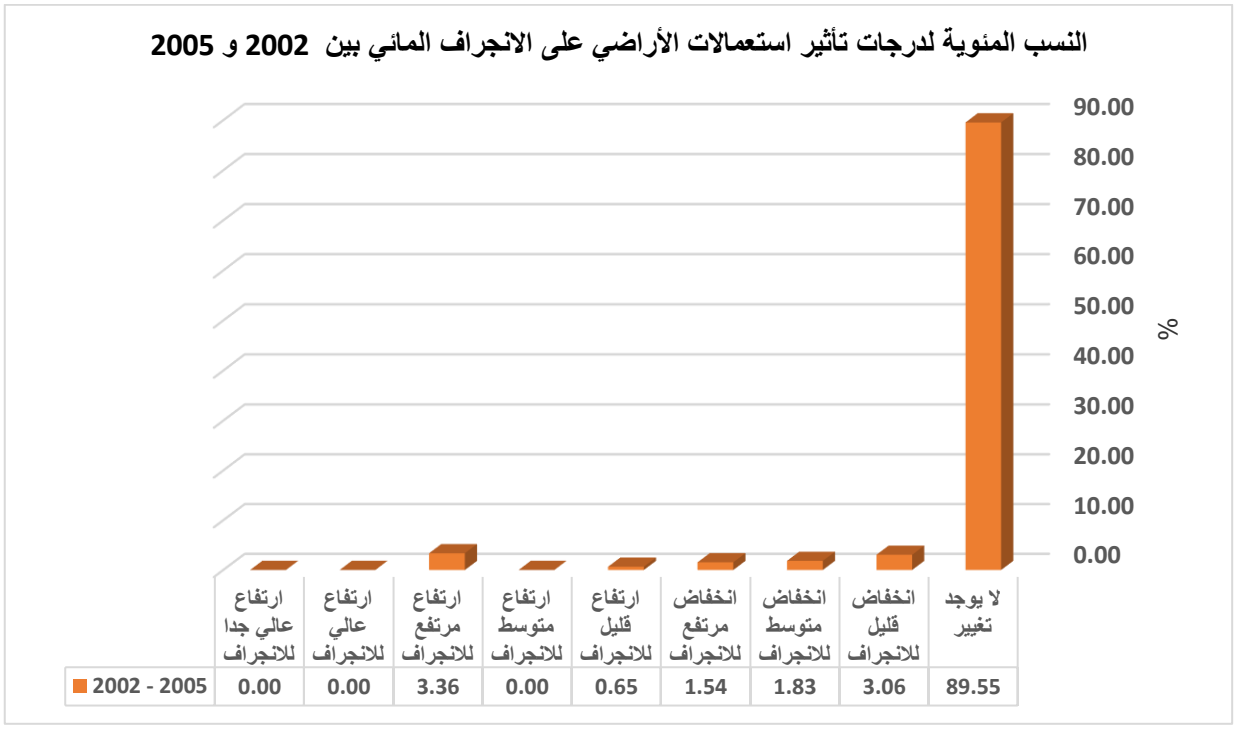


الشكل 70: تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و 2005 في روجان

يتبين لنا من خلال حساب مساحات أصناف التغير أن حوالي 90% من مساحة منطقة الدراسة لم يطرأ عليها أي تغيير في كميات الانجراف بين عامي 2002 و2005. في حين أن حوالي 6% من مساحة منطقة الدراسة قد تراجعت فيها كميات الانجراف بين القليل المتوسط والمرتفع كنتيجة للتغيير الإيجابي في استعمالات الأراضي. يقابل ذلك حوالي 3% من مساحة منطقة الدراسة ازداد فيها الانجراف بدرجة مرتفعة. الجدول (31) والشكل (71) يوضحان النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و2005.

الجدول 31: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2002 و2005.

تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 1997 و 2002			
الرمز	نمط التأثير الحاصل	المساحة	%
N	لا يوجد تغيير	623278	89.55
H1	انخفاض قليل للانجراف	21297	3.06
H2	انخفاض متوسط للانجراف	12725	1.83
H3	انخفاض مرتفع للانجراف	10747	1.54
L1	ارتفاع قليل للانجراف	4549	0.65
L2	ارتفاع متوسط للانجراف	0	0.00
L3	ارتفاع مرتفع للانجراف	23407	3.36
L4	ارتفاع عالي للانجراف	0	0.00
L7	ارتفاع عالي جدا للانجراف	0	0.00
	المجموع	696004	100

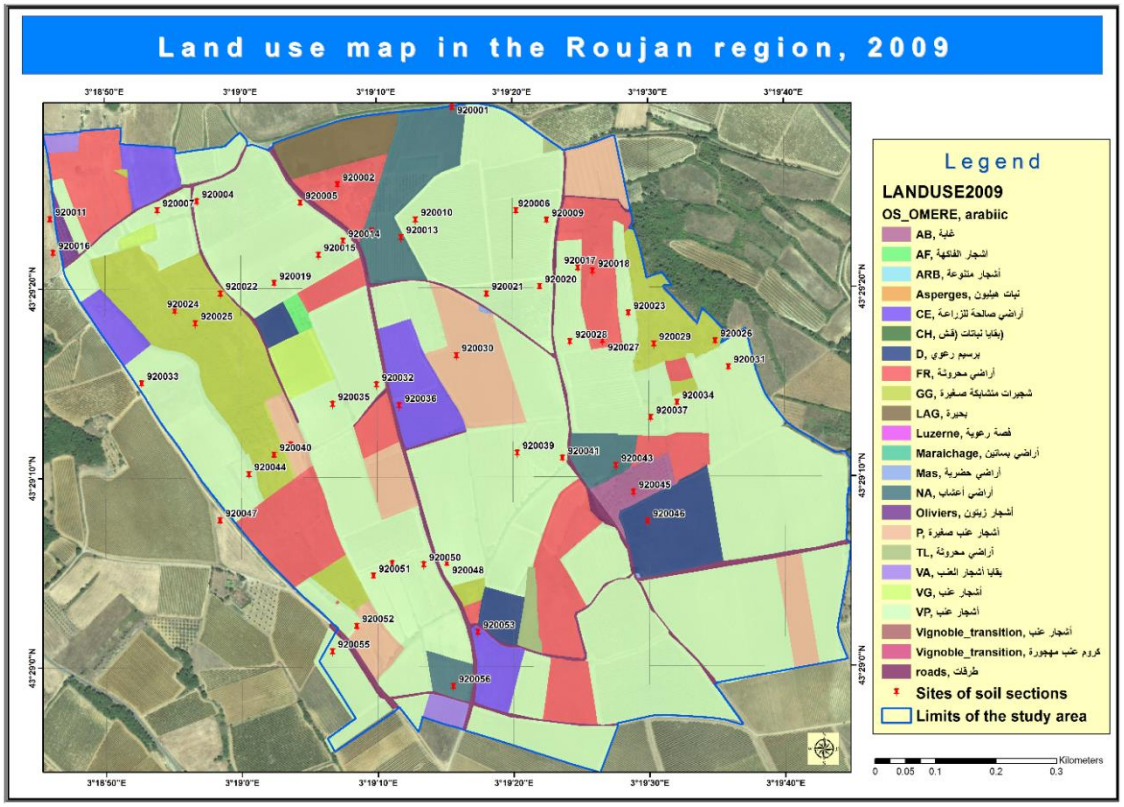


الشكل 71: النسب المئوية لدرجات تأثير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين 2002 و 2005

4-2-1-4- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2009:

تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة روجان للعام 2009، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP.

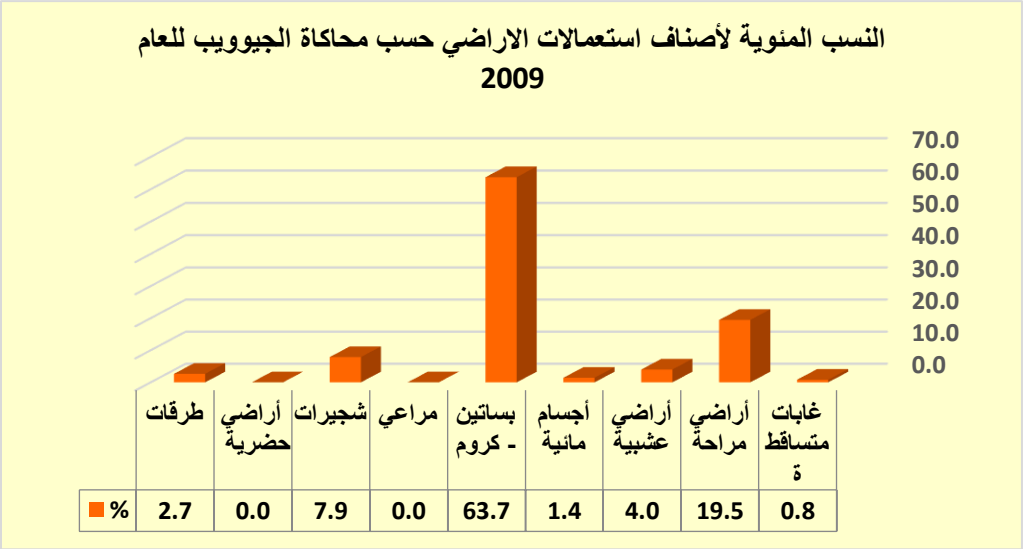
استناداً إلى التصنيف الوارد في الجدول (22) تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2009 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (72).



الشكل 72: خريطة استعمالات الأراضي لروجان لعام 2009 حسب GeoWEPP

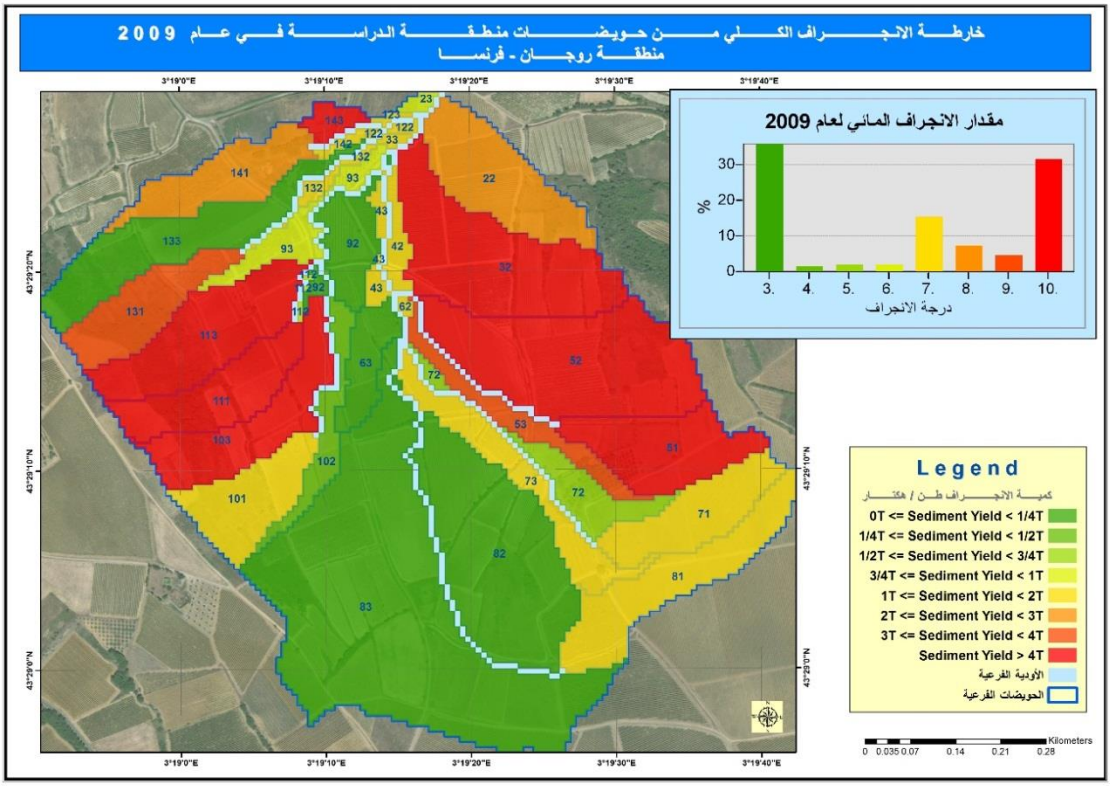
تشكل أراضي البساتين والكروم 63.7% من مساحة منطقة الدراسة، أما الأراضي المراحة فقد شكلت حوالي 20% من المساحة الكلية. في المقابل ذلك شكلت أراضي الشجيرات ما نسبته 7.9% من مساحة منطقة الدراسة.

تتوزع الـ 9% المتبقية على النحو التالي: أراضي عشبية 4% و2.7% للطرائقات و1.4% أجسام مائية و0.8% أراضي غابات متساقطة. الشكل (73) يبين النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي لعام 2009.



الشكل 73: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي لعام 2009 في روجان

من خلال استخدام نموذج محاكاة GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي للعام 2009 تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة حسب تقسيم المساقط المائية التي يعتمدها النموذج كما هو واضح من الشكل (74).



الشكل 74: خريطة الانجراف المائي لروجان حسب محاكاة GeoWEPP لعام 2009

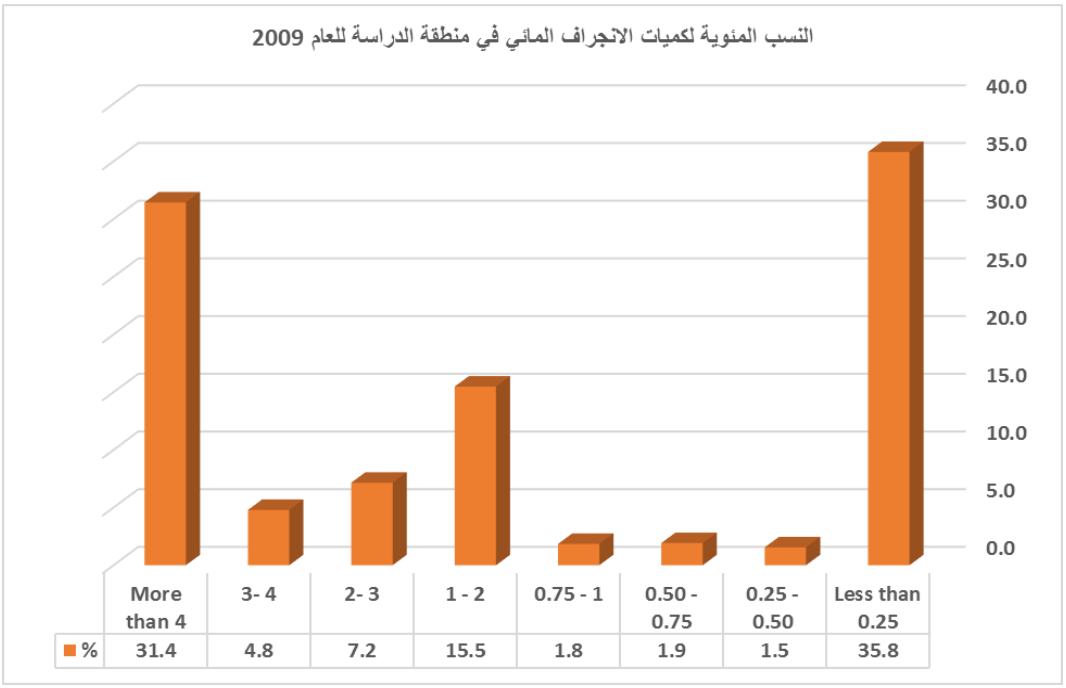
يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2009 أن حوالي 31% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي يزيد عن 4 طن/هكتار، في حين أن حوالي 36% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف قليل أقل من ربع طن/هكتار.

ويتعرض حوالي 15% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن/هكتار. و7.2% من منطقة الدراسة تتعرض لانجراف بين 2 و3 طن/هكتار. كما يتعرض 4.2% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف بين 3 و4 طن/هكتار.

يبين الجدول (32) والشكل (75) المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2009.

الجدول 32: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقاً لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2009

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	249298	35.8
2	4	0.25 - 0.50	10747	1.5
3	5	0.50 - 0.75	13385	1.9
4	6	0.75 - 1	12857	1.8
5	7	1 - 2	107737	15.5
6	8	2- 3	49780	7.2
7	9	3- 4	33363	4.8
8	10	More than 4	218836	31.4
المجموع			696004	100



الشكل 75: النسب المئوية لصفوف الانجراف في روجان لعام 2009

من أجل وضوح أفضل للنتائج تم عمل مصفوفة "MATREX" تبين التغيرات التفصيلية من حيث المساحة التي طرأت على أصناف استعمالات الأراضي بين عام 2005 و2009 وقد ظهرت النتائج التالية:

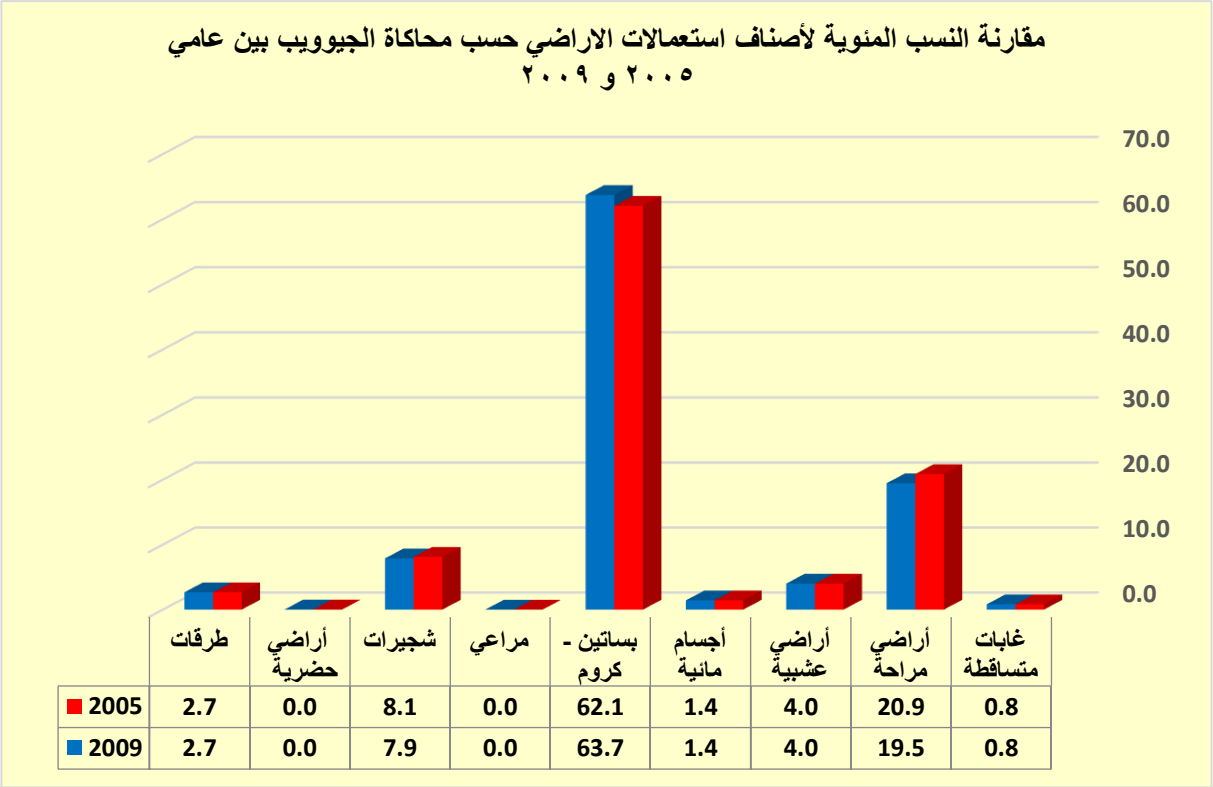
- ارتفاع في مساحة البساتين والكروم من62.1% إلى 63.7% بمقدار 1.6% بين عامي 2005 و2009
- انخفاض طفيف في نسبة أراضي الشجيرات من 8.1% إلى 7.9% بمقدار 0.2% بين عامي 2005 و2009
- انخفاض في نسبة الأراضي المراحة 20.9 إلى 19.5% بمقدار 1.4% بين عامي 2005 و2009.
- بقيت نسب كل من الطرائقات والغابات المتساقطة الأوراق والأراضي العشبية ثابتة بين عامي 2005 و2009

الجدول (33) يبين مصفوفة التغيرات بين عامي 2005 و2009 يليه الشكل (76) الذي يبين النسب المئوية للتغيرات الحاصلة على أصناف استعمالات الأراضي بين عامي 2005 و2009.

الجدول 33: مصفوفة التغيرات بين عامي 2005 و2009

مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي التفصيلي بين عامي 2005 و 2009

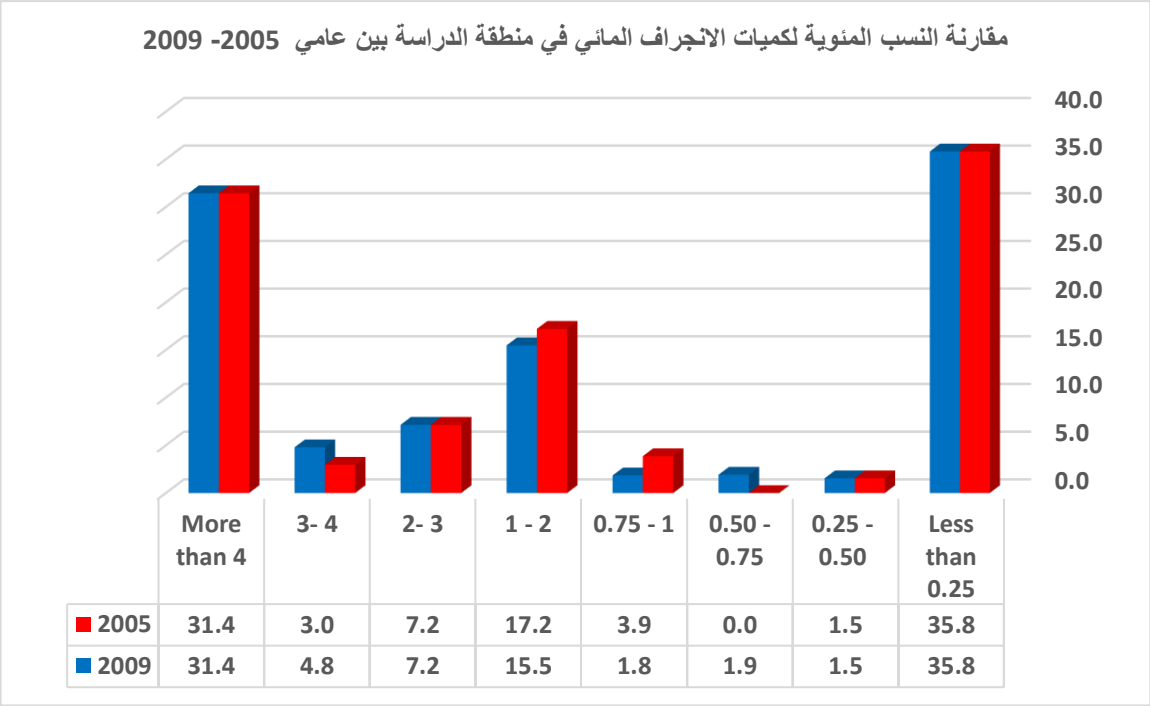
2005		2009										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		%
		غابات متساقطة	أراضي مراحة	أراضي عشبية	أجسام مائية	بساتين - كروم	مراعي	شجيرات	أراضي حضرية	طرقات	المجموع	
1	غابات متساقطة	7557	0	0	0	0	0	0	0	0	7557	0.8
2	أراضي مراحة	0	107366	0	0	85577	0	0	0	0	192943	20.9
3	أراضي عشبية	0	0	37028	0	0	0	0	0	0	37028	4.0
4	أجسام مائية	0	0	0	13206	0	0	0	0	0	13206	1.4
5	بساتين - كروم	0	72507	0	0	501382	0	0	0	0	573889	62.1
6	مراعي	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0.0
7	شجيرات	0	0	0	0	2294	0	72897	0	0	75191	8.1
8	أراضي حضرية	0	0	0	0	0	0	0	196	0	196	0.0
9	طرقات	0	0	0	0	0	0	0	0	24621	24621	2.7
	المجموع	7557	179873	37028	13206	589252	0	72897	196	24621	924631	100
	%	0.8	19.5	4.0	1.4	63.7	0.0	7.9	0.0	2.7		



الشكل 76: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين عامي2005و2009

في مقابل ذلك تم مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 2005و2009 الذي يظهر النتائج التالية:

- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف من 1–2 طن/هكتار من 17.2% إلى 15.5% بمقدار 1.7%.
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 3–4 طن/هكتار من 3% إلى 4.8% بمقدار 1.8%.
- ظهور نسبة من الأراضي تتعرض لانجراف 0.5–0.75 طن/هكتار بمقدار 1.9% في عام 2009 بعد أن كانت معدومة في الأعوام السابقة.
- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 0.75–1 طن/هكتار من 3.9% إلى 1.8% بمقدار 2.1%
- ثبات نسب باقي درجات التأثير كما هو مبين من الشكل (77).

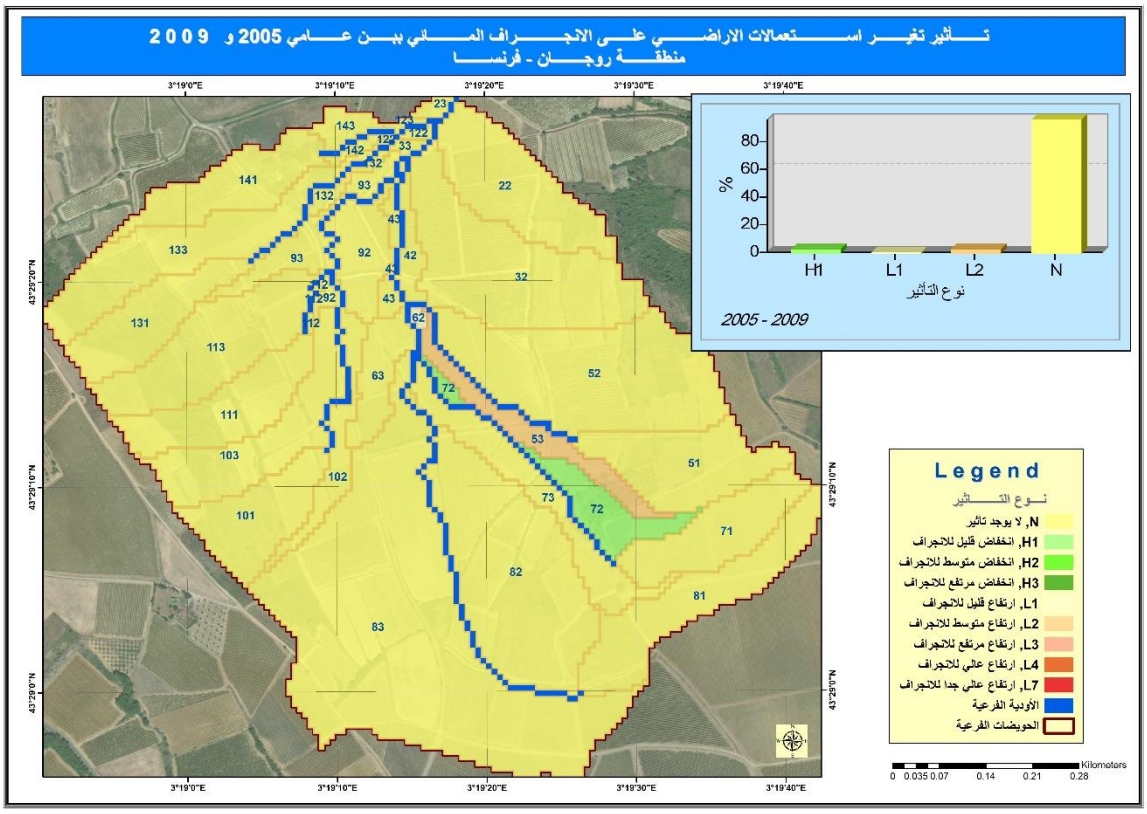


الشكل 77: مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 2005 و2009

الخلاصة النهائية: نلاحظ الثبات في قيم أغلب درجات الانجراف بين عام 2005 و2009 نتيجة الثبات التقريبي في أصناف استعمالات الأراضي. بينما كان هناك تزايد ملحوظ على مساحة الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي ناتج عن زيادة مساحة الأراضي المزروعة بالكروم.

- **تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و 2009**

استناداً إلى التقسيم في جدول الشكل (77)، فقد تم إنتاج خارطة لتأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009، والشكل (78) يبين المساقط المائية التي حدث عليها تغير في مقدار الانجراف المائي سواء أكان التغير إيجابي "درجات اللون الأخضر" على شكل انخفاض في مقدار الانجراف، أو كان تغير سلبي "درجات اللون الأحمر" على شكل ارتفاع في مقدار الانجراف المائي.



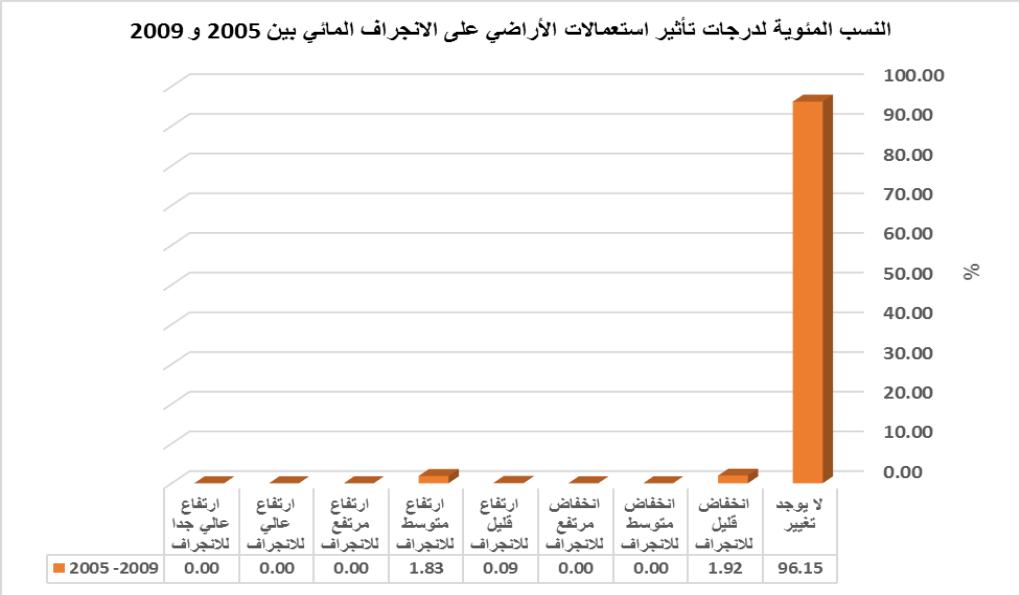
الشكل 78: تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و 2009

يتبين لنا من خلال حساب مساحات أصناف التغير أن حوالي 96% من مساحة منطقة الدراسة لم يطرأ عليها أي تغيير في كميات الانجراف بين عامي 2005 و2009. في حين أن حوالي 2% من مساحة منطقة الدراسة قد تراجعت فيها كميات الانجراف بشكل قليل كنتيجة للثبات الإيجابي في استعمالات الأراضي. يقابل ذلك حوالي 2% من مساحة منطقة الدراسة ازداد فيها الانجراف بدرجة متوسطة.

الجدول (34) والشكل (79) يوضحان النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009.

الجدول 34: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009.

تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 2005 و 2009			
الرمز	نمط التأثير الحاصل	المساحة	%
N	لا يوجد تغيير	669234	96.15
H1	انخفاض قليل للانجراف	13385	1.92
H2	انخفاض متوسط للانجراف	0	0.00
H3	انخفاض مرتفع للانجراف	0	0.00
L1	ارتفاع قليل للانجراف	659	0.09
L2	ارتفاع متوسط للانجراف	12725	1.83
L3	ارتفاع مرتفع للانجراف	0	0.00
L4	ارتفاع عالي للانجراف	0	0.00
L7	ارتفاع عالي جدا للانجراف	0	0.00
	المجموع	696004	100

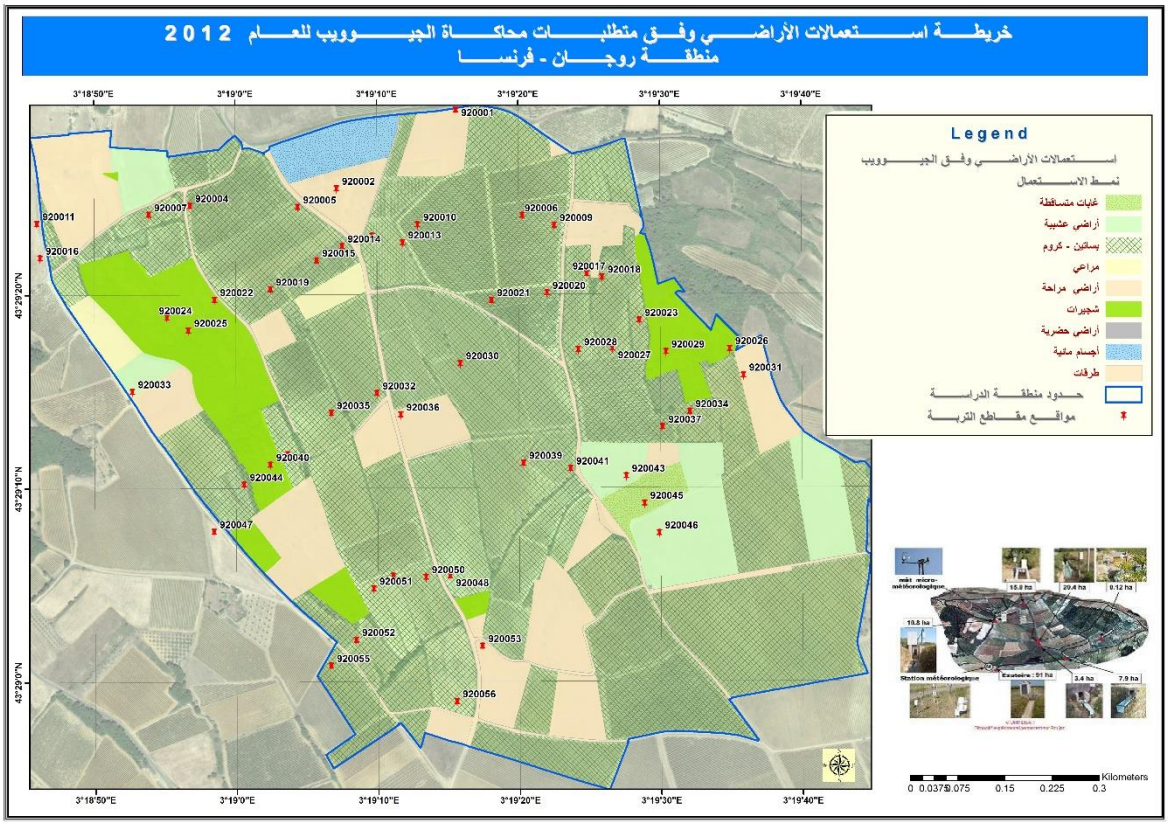


الشكل 79: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2005 و2009

4-2-1-5- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2012:

تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة روجان للعام 2012، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP.

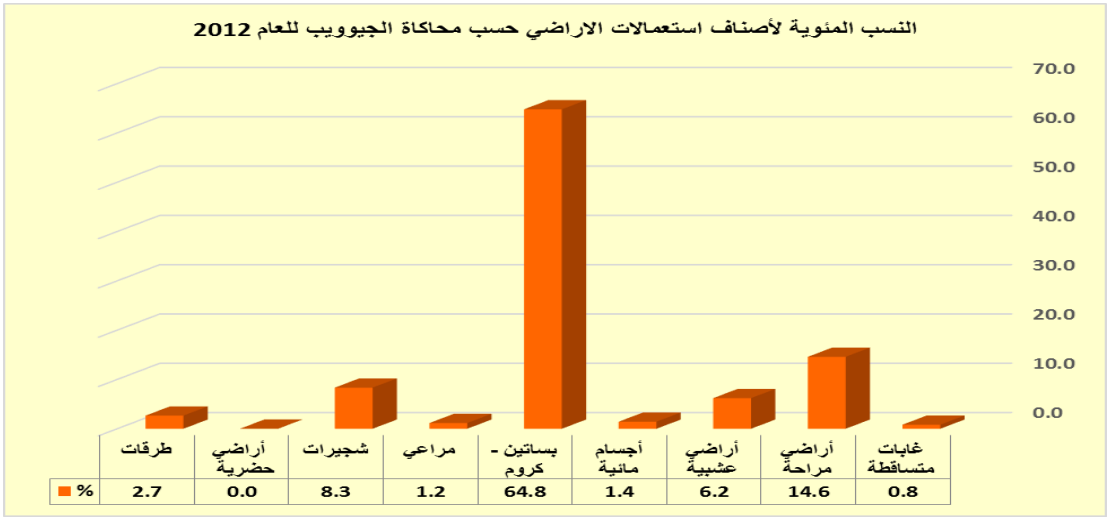
استناداً الى التصنيف الوارد في الجدول (22) تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2012 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (80).



الشكل 80: خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2012لروجان حسب GeoWEPP

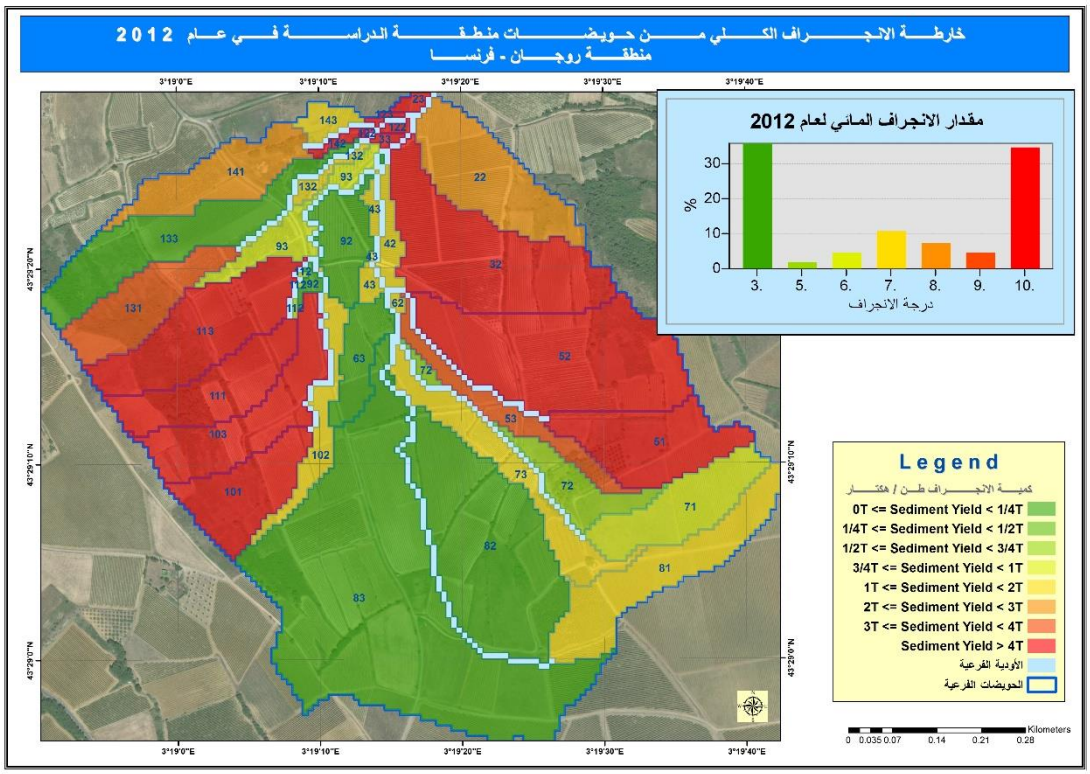
تشكل أراضي البساتين والكروم 64.8% من مساحة منطقة الدراسة، أما الأراضي المراحة فقد شكلت حوالي 14.6% من المساحة الكلية. بالمقابل شكلت أراضي الشجيرات ما نسبته 8.3% من مساحة منطقة الدراسة.

تتوزع الـ 12% المتبقية على النحو التالي: أراضي عشبية 6.2% و2.7% للطرائقات و1.4% أجسام مائية و0.8% أراضي غابات متساقطة بالإضافة إلى 1.2% أراضي مراعي. الشكل (81) يبين النسب مئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2012.



الشكل 81: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2012

تم المحاكاة باستخدام GeoWEPP بإدخال شريحة استعمالات الأراضي للعام 2012، وتم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة حسب تقسيم المساقط المائية التي يعتمدها النموذج كما هو واضح في الشكل (82).



الشكل 82: خارطة للانجراف المائي لروجان لعام 2012

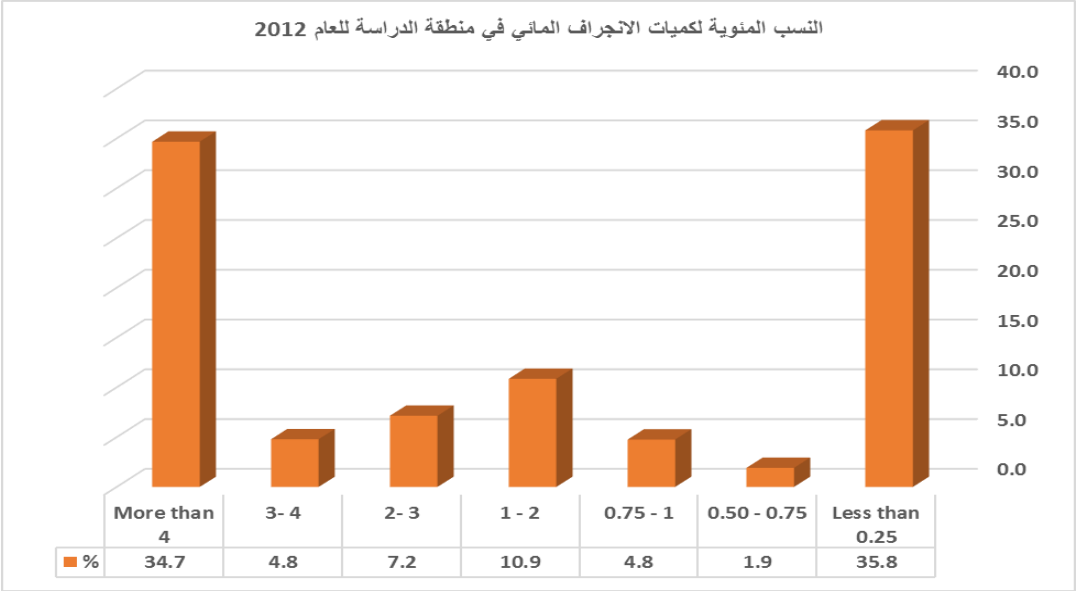
يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2012 أن حوالي 34.7% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي يزيد عن 4 طن/هكتار، في حين أن حوالي 36% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف قليل أقل من ربع طن/هكتار.

ويتعرض حوالي 11% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن/هكتار. و7.2% من منطقة الدراسة تتعرض لانجراف بين 2 و3 طن/هكتار. كما يتعرض 4.2% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف بين 3 و4 طن/هكتار.

الجدول (35) والشكل (83) يبين المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2012لروجان.

الجدول 35: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقاً لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2012

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة	%
1	3	Less than 0.25	249298	35.8
2	5	0.50 - 0.75	13385	1.9
3	6	0.75 - 1	33165	4.8
4	7	1 - 2	75627	10.9
5	8	2- 3	49780	7.2
6	9	3- 4	33363	4.8
7	10	More than 4	241386	34.7
المجموع			696004	100



الشكل 83: النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في روجان للعام 2012

من أجل وضوح أفضل للنتائج تم عمل مصفوفة "MATREX" تبين التغيرات التفصيلية من حيث المساحة التي طرأت على أصناف استعمالات الأراضي بين عام 2009 و2012 وقد ظهرت النتائج التالية:

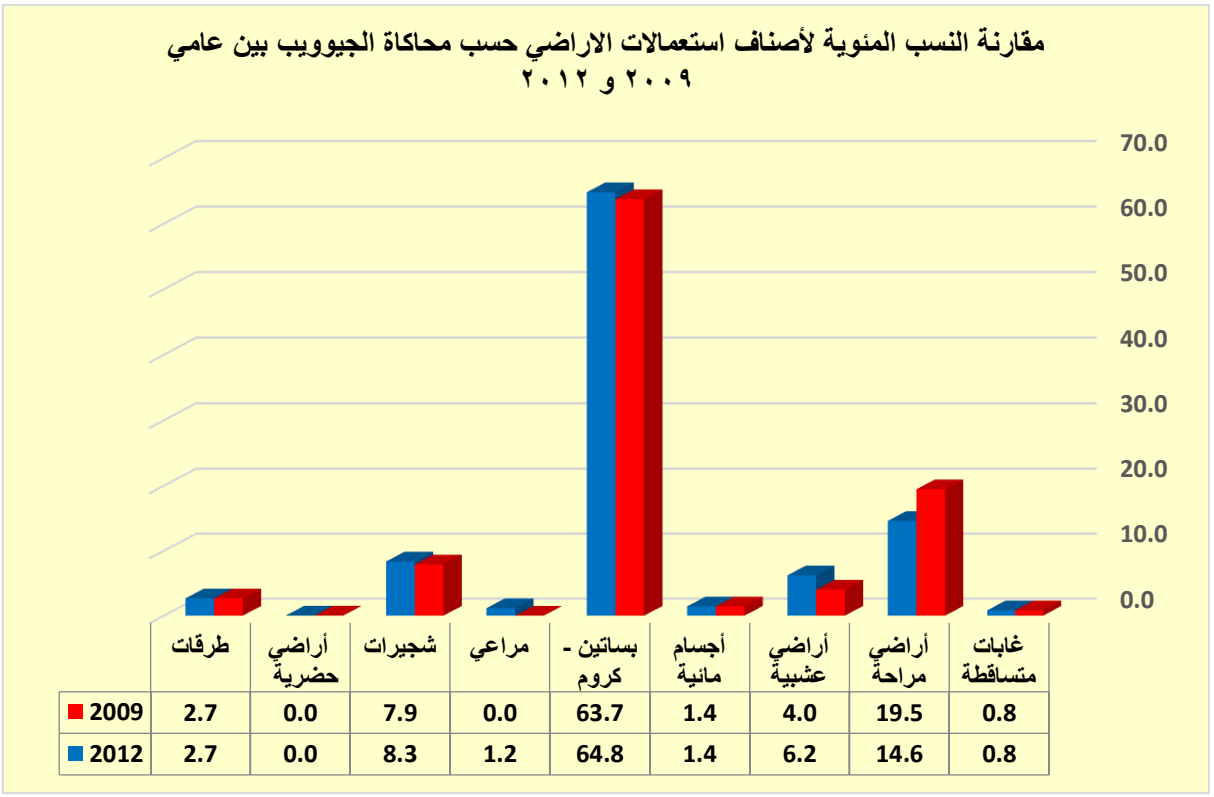
- ارتفاع في مساحة البساتين والكروم من 63.7% إلى 64.8% بمقدار 1.1% بين عامي 2009 و2012
- ارتفاع في نسبة أراضي الشجيرات من 7.9% إلى 8.3% بمقدار 0.4% بين عامي 2009 و2012
- انخفاض كبير في نسبة الأراضي المراحة 19.5 إلى 14.6% بمقدار 4.9% بين عامي 2009 و2012.
- ارتفعت نسبة الأراضي العشبية من 4% إلى 6.2% بمقدار 2.2 % بين عامي 2009 و2012.
- ظهرت مساحات جديدة من المراعي شكلت ما نسبته 1.2% من مساحة منطقة الدراسة
- بقيت نسب كل من الطرائقات والغابات المتساقطة ثابتة بين عامي 2009 و2012

الجدول (36) يبين مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي بين عامي 2009 و2012 يليه الشكل (84) الذي يبين النسب المئوية للتغيرات الحاصلة على أصناف استعمالات الأراضي.

الجدول 36: مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي بين عامي 2009 و2012

مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي التفصيلي بين عامي 2009 و 2012

2009		2012										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		%
		غابات متساقطة	أراضي مراحة	أراضي عشبية	أجسام مائية	بساتين - كروم	مراعي	شجيرات	أراضي حضرية	طرقات	المجموع	
1	غابات متساقطة	7557	0	0	0	0	0	0	0	0	7557	0.8
2	أراضي مراحة	0	105452	32079	0	27077	10680.9	4584	0	0	179873	19.5
3	أراضي عشبية	0	9836	7569	0	19624	0	0	0	0	37028	4.0
4	أجسام مائية	0	0	0	13206	0	0	0	0	0	13206	1.4
5	بساتين - كروم	0	19584	17751		551618	0	299	0	0	589252	63.7
6	مراعي	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7	شجيرات	0	0	0	0	691	0	72206	0	0	72897	7.9
8	أراضي حضرية	0	0	0	0	0	0	0	196	0	196	0.0
9	طرقات	0	0	0	0	0	0	0	0	24621	24621	2.7
	المجموع	7557	134872	57399	13206	599010	10680.9	77089	196	24621	924631	100
	%	0.8	14.6	6.2	1.4	64.8	1.2	8.3	0.0	2.7		

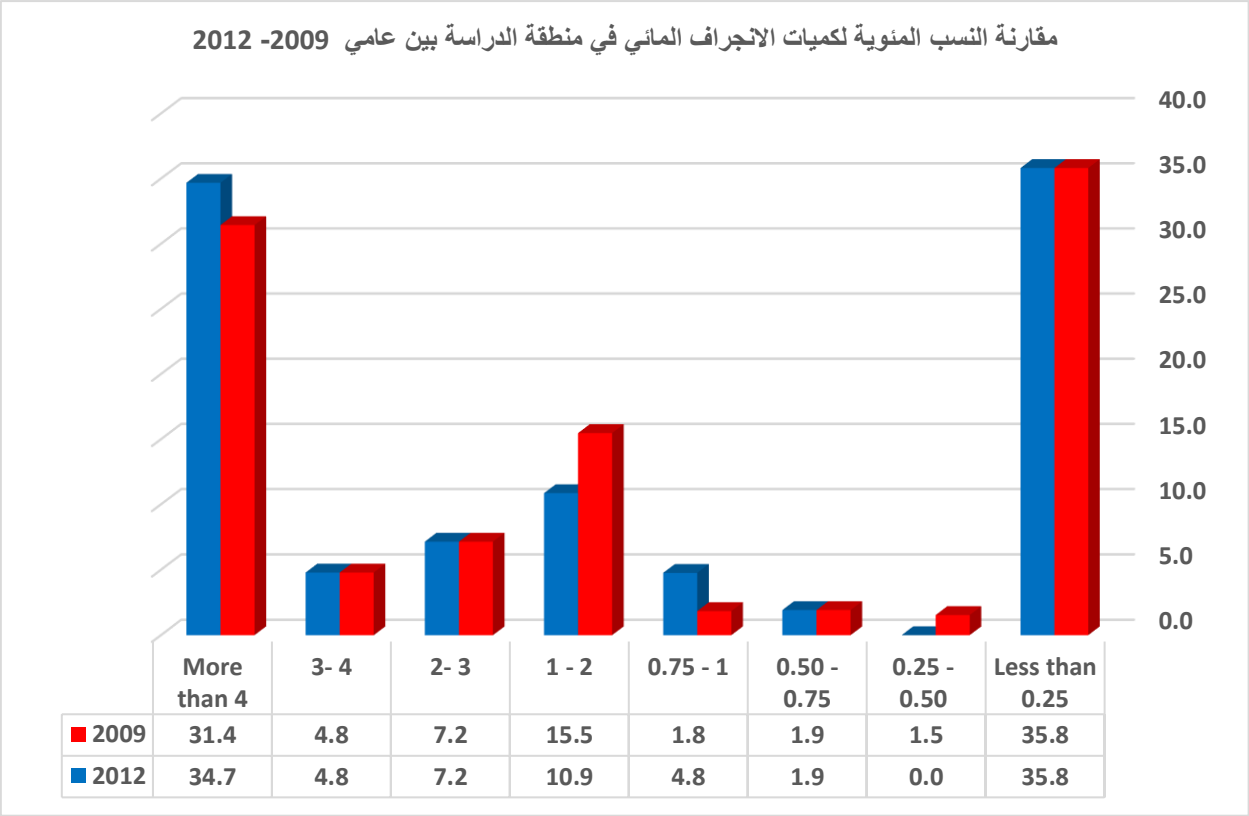


	طرقات	أراضي حضرية	شجيرات	مراعي	بساتين - كروم	أجسام مائية	أراضي عشبية	أراضي مراحة	غابات متساقطة
2009	2.7	0.0	7.9	0.0	63.7	1.4	4.0	19.5	0.8
2012	2.7	0.0	8.3	1.2	64.8	1.4	6.2	14.6	0.8

الشكل 84: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين عامي 2009 و2012

في مقابل ذلك تم مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي2009 و2012 الذي يظهر النتائج التالية:

- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف أكثر من 4 طن/هكتار من 31.4% إلى 34.7% بمقدار 3.3%.
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 0.75–1 طن/هكتار من 1.8% إلى 4.8% بمقدار 3%.
- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف 1–2 طن/هكتار من 15.5% إلى 10.9% بمقدار 4.6%.
- اختفاء صف الأراضي التي تتعرض لانجراف 0.25 –0.5 طن/هكتار بنسبة قدرها 1.5%.
- ثبات نسب باقي درجات التأثير كما هو مبين من الشكل (85).

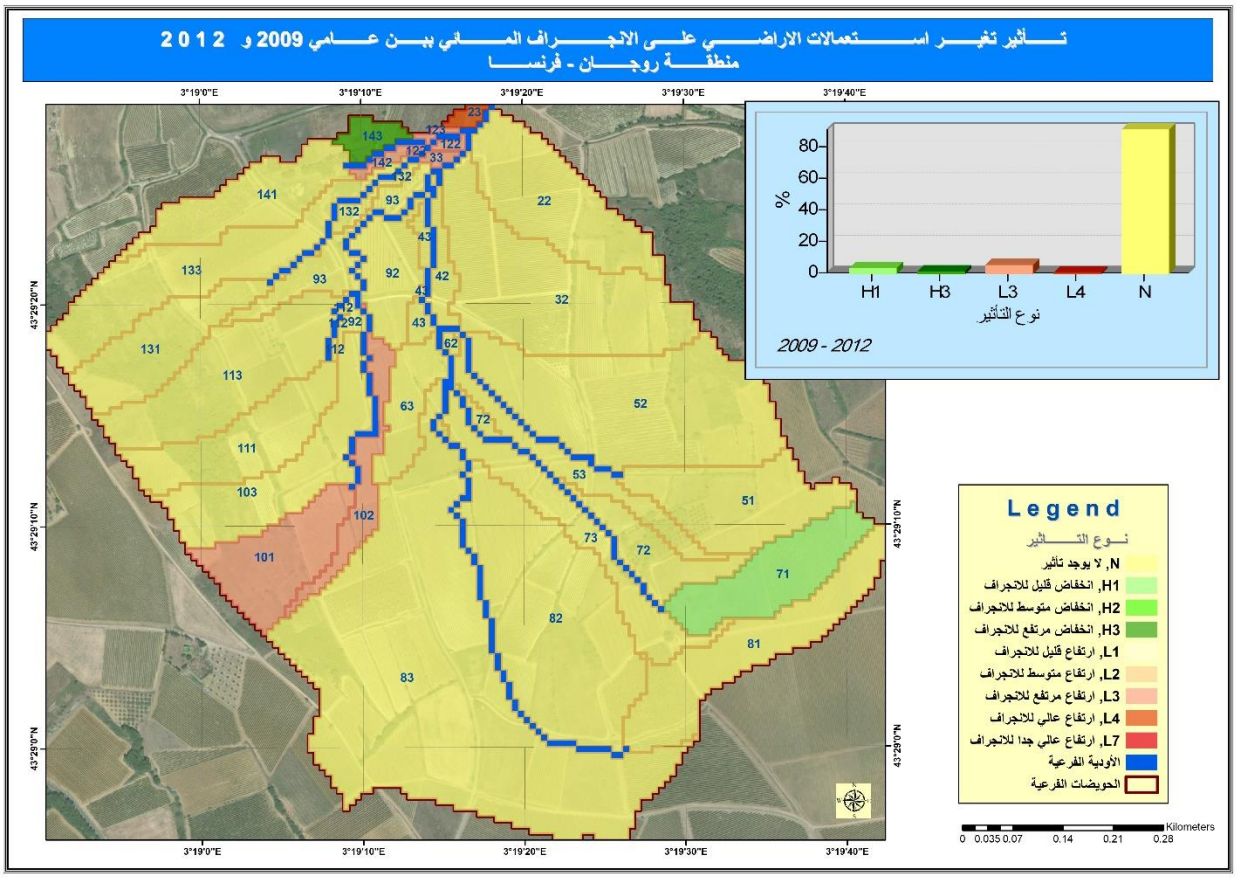


الشكل 85: مقارنة النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في روجان لعامي 2009 و2012

الخلاصة النهائية: نلاحظ ارتفاع نسب الانجراف في الدرجات العليا عام 2009و 2012 نتيجة الزيادة في زراعة الكروم والبساتين على حساب الأراضي المراحة، وهذا يؤكد على دور نمط استعمالات الأراضي في درجة الانجراف.

- **تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و 2012**

استناداً إلى التقسيم في جدول الشكل (85)، فقد تم إنتاج خارطة لتأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012، الشكل (86) يبين المساقط المائية التي حدث عليها تغير في مقدار الانجراف المائي سواء أكان التغير إيجابي "درجات اللون الأخضر" على شكل انخفاض في مقدار الانجراف، أو كان تغير سلبي "درجات اللون الأحمر" على شكل ارتفاع في مقدار الانجراف المائي.



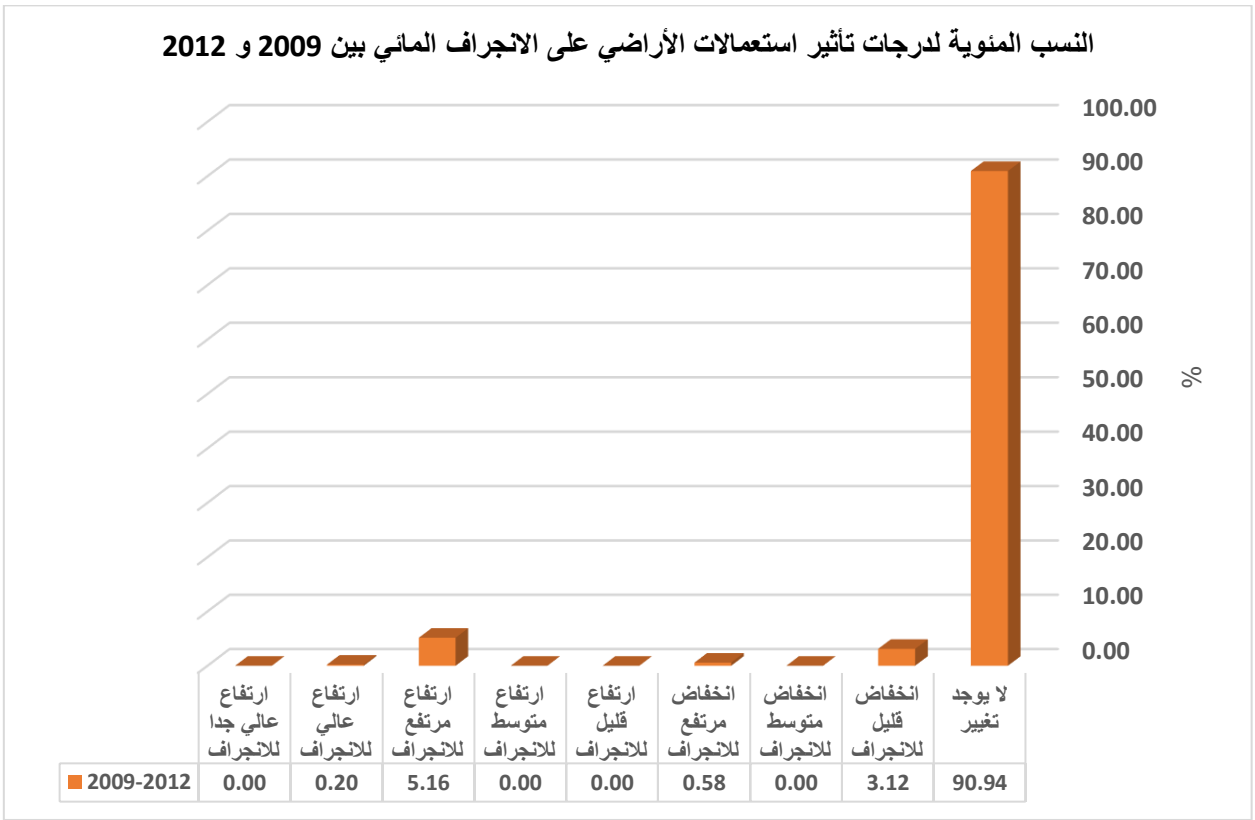
الشكل 86: خارطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2009 و 2012

يتبين لنا من خلال حساب مساحات أصناف التغير أن حوالي 91 % من مساحة منطقة الدراسة لم يطرأ عليها أي تغيير في كميات الانجراف بين عامي 2009 و2012. في حين أن حوالي 4 % من مساحة منطقة الدراسة قد تراجعت فيها كميات الانجراف بين القليل والمرتفع؟، يقابل ذلك حوالي 5 % من مساحة منطقة الدراسة ازداد فيها الانجراف بدرجة مرتفعة كنتيجة زيادة مساحات البساتين والكروم.

الجدول (37) والشكل (86) يوضحان النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012.

الجدول 37: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012

تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 2009 و 2012			
الرمز	نمط التأثير الحاصل	المساحة	%
N	لا يوجد تغيير	632970	90.94
H1	انخفاض قليل للانجراف	21692	3.12
H2	انخفاض متوسط للانجراف	0	0.00
H3	انخفاض مرتفع للانجراف	4022	0.58
L1	ارتفاع قليل للانجراف	0	0.00
L2	ارتفاع متوسط للانجراف	0	0.00
L3	ارتفاع مرتفع للانجراف	35934	5.16
L4	ارتفاع عالي للانجراف	1385	0.20
L7	ارتفاع عالي جدا للانجراف	0	0.00
	المجموع	696004	100



الشكل 87: النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2009 و2012

إن ما توصلنا اليه من نتائج محاكاة السيناريوهات الخمس، يؤكده ما توصل إليه (Kosmas وآخرون، 1997) أن زراعة كروم العنب تمثل أحد استخدامات الأراضي التي تؤثر بشكل كبير على معدلات الجريان السطحي ومحصلة الرواسب، وخاصة في دول البحر الأبيض المتوسط، حيث تؤثر عمليات

اضطراب التربة وتسوية الأرض أثناء زراعة الكروم بشدة على كميات الجريان السطحي ومحتوى ماء التربة والانجراف المائي للتربة.

كما أشار (Pandey وآخرون، 2016) بأنه لا يمكن تقدير انجراف التربة وإنتاجية الرواسب من خلال النظر في كامل منطقة الحوض الصباب في نفس الوقت لتنفيذ تدابير مكافحة الانجراف. في مثل هذه الحالة، لا تساعد النماذج الموزعة distribution models على تحديد مجالات الأولوية على أساس غلة الرواسب فحسب، بل تساعد أيضاً في تقييم أفضل ممارسات الإدارة (BMPs) Best Management Practices لمستجمعات المياه الفرعية ذات الأولوية.

وأيضاً كشفت دراسة شاملة للتطبيقات العالمية للنماذج Soil Water Assessment Tool (SWAT) و(WEPP) Water Erosion Prediction Project وGeoWEPP و Agricultural(AGNPS) Areal Nonpoint Source (ANSWERS)وNonpoint Source Pollution Model Watershed Environment Response Simulationأنها الأكثر واعدة لمحاكاة عمليات الانجراف ونقل الرواسب، وبالتالي يمكن استخدامها لتنفيذ أفضل ممارسات الإدارة (BMP). (Pandey وآخرون، 2016).

4-3- نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في حويضة الشيخ بدر - سورية:

4-3-1- القسم الأول من النتائج والمناقشة في حويضة الشيخ بدر- سورية:

استنادًا إلى مخرج الحوض المحدد، تم محاكاة انجراف التربة باستخدام GeoWEPP في كل بكسل من المنطقة التي يتم صرفها من خلال ذلك المخرج، والحصول على كميات الانجراف المائي من كل مسقط مائي (حوض فرعي) والتي بلغ عددها 47 مسقط مائي و4 قناة.

تم اجراء المحاكاة مرتين حيث كان العامل المتغير هو شريحة استعمالات الأراضي لعامي 2010 و2019.

4-3-1-1- توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2010:

استنادا إلى المحاكاة باستخدام GeoWEPP تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2010 في الجدول (38) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي بالمتر المكعب والكميات بالطن/هـ/سنة.

الجدول 38: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2010

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الراسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠١٠ لحويضة الشيخ بدر						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%جريان سطحي	كمية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	تربة مفقودة%	محصلة الراسب طن/هـ/سنة	محصلة رواسب%
22	278.07	0.13	4.06	0.76	4.06	0.76
23	100.28	0.05	0.59	0.11	0.59	0.11
32	487.40	0.24	10.57	1.97	10.57	1.97
33	236.39	0.11	15.34	2.85	15.34	2.85
41	4081.06	1.98	29.36	5.46	29.36	5.46
42	2199.55	1.06	1.96	0.36	1.96	0.36
43	2155.37	1.04	1.97	0.37	1.97	0.37
52	5595.96	2.71	19.37	3.60	19.37	3.60
53	3503.08	1.70	29.42	5.47	29.41	5.47
71	1364.83	0.66	13.62	2.53	13.62	2.53
72	1172.56	0.57	1.28	0.24	1.28	0.24
82	5126.45	2.48	33.50	6.23	33.50	6.23
83	5.76	0.00	0.04	0.01	0.04	0.01
91	4996.63	2.42	34.25	6.37	34.25	6.37
92	1387.42	0.67	0.88	0.16	0.88	0.16
93	113.12	0.05	0.16	0.03	0.16	0.03
101	2898.69	1.40	28.38	5.28	28.38	5.28
102	10833.60	5.25	16.35	3.04	16.35	3.04
103	586.59	0.28	0.32	0.06	0.32	0.06
112	2171.99	1.05	2.05	0.38	2.05	0.38
113	5237.98	2.54	14.30	2.66	14.30	2.66
121	4007.74	1.94	35.06	6.52	35.01	6.51
122	875.61	0.42	1.32	0.25	1.32	0.25
123	72.87	0.04	0.09	0.02	0.09	0.02
133	978.39	0.47	3.11	0.58	3.11	0.58
142	2495.62	1.21	2.86	0.53	2.86	0.53
143	13.71	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
152	9755.55	4.72	25.30	4.71	25.30	4.71
153	8625.38	4.18	40.25	7.49	40.25	7.49
161	1720.19	0.83	9.14	1.70	9.14	1.70
162	2399.32	1.16	3.83	0.71	3.83	0.71
163	427.96	0.21	0.33	0.06	0.33	0.06
171	2894.08	1.40	3.41	0.63	3.41	0.63
172	63897.62	30.94	91.05	16.94	91.05	16.94
173	35873.86	17.37	15.26	2.84	15.26	2.84
181	2337.55	1.13	17.54	3.26	17.54	3.26
182	41.63	0.02	0.07	0.01	0.07	0.01
183	193.14	0.09	0.15	0.03	0.15	0.03
201	2181.60	1.06	15.21	2.83	15.21	2.83
202	3863.83	1.87	1.67	0.31	1.67	0.31
203	344.76	0.17	0.17	0.03	0.17	0.03
211	2752.53	1.33	2.83	0.53	2.83	0.53
212	3255.11	1.58	1.28	0.24	1.28	0.24
213	75.85	0.04	0.05	0.01	0.05	0.01
221	2367.82	1.15	8.56	1.59	8.56	1.59
222	446.57	0.22	0.82	0.15	0.82	0.15
223	104.98	0.05	0.36	0.07	0.36	0.07
المجموع	206536.04	100.00	537.52	100.00	537.46	100.00
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					29.72	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					180.41	

استناداً الى النتائج الواردة في الجدول (38):

- نجد التباين في فقد التربة والجريان السطحي بين المساقط المائية، نتيجة للتباين في أنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في منطقة الدراسة. ويتوافق ذلك مع (Mekki وآخرون، 2006).
- كما نجد ان أعلى حجم للجريان السطحي قد حدث في المسقط المائي رقم 172 بنسبة 30.94% من مجموع كمية الجريان السطحي الكلي، يليه المسقط رقم 173 بنسبة مقدارها 17.37% من مجموع كمية الجريان السطحي الكلي، ثم المسقط رقم 102 بنسبة 5.25%.
- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 172 بنسبة 16.94% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 153 بنسبة 7.49% من مجموع التربة المفقودة، اما المسقط رقم121 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 6.52% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 172 بنسبة 16.94% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 153 بنسبة 7.49% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 121 بنسبة 6.51%من محصلة الراسب الكلية. نلاحظ نفس الترتيب عند اعتبار قيم التربة المفقودة. ولكن الترتيب اختلف في حالة قيم الجريان السطحي.
- نجد أن الأحواض الفرعية (173،121،153،172) هي الأكثر تضرراً ومساهمة بالانجراف المائي في منطقة الدراسة. الأشكال (88 و89 و90 و91) تبين ملف الانحدار للمساقط المتضررة.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis فيArcGIS 10.3.

تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي و فئات التربة. ولكن سيتم تحليل النتائج فقط للاحواض الأكثر مساهمة في الانجراف. كما هو موضح في الجداول (39 و40).

الجدول 39: النسب المئوية للتوزيع المكاني للترب في الأحواض المتضررة

نوع التربة	رقم الحوض الفرعي				
	102	121	153	172	173
SHE01	4.23	1.97	-	21.25	9.4
SHE02	0	56.58	-	8	26.56
SHE03	95.77	40.13	80	70.43	62.77
SHE04	-	1.32	20	0.31	1.27
المجموع	100	100	100	100	100

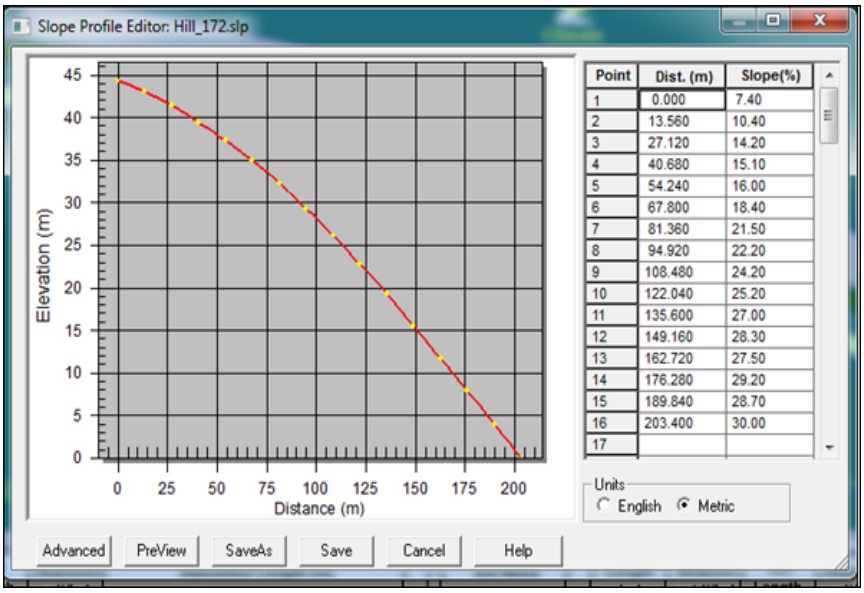
الجدول 40: النسب المئوية للتوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة لعام 2010

رقم الحوض	نمط استعمال الأراضي					
	زيتون	محاصيل	مراعي	غابات	طرقات	مباني
102	34.15	7.04	28.87	17.61	3.52	8.8
121	40.79	13.82	24.34	18.42	2.63	–
153	50.99	7.47	17.58	20.88	3.08	-
172	65.29	11.33	13.8	2.27	2.98	4.31
173	25.92	10.55	49.68	11.05	8.13	0.51

تشترك الأحواض الفرعية الخمسة الأكثر تضرراً في شيئين:

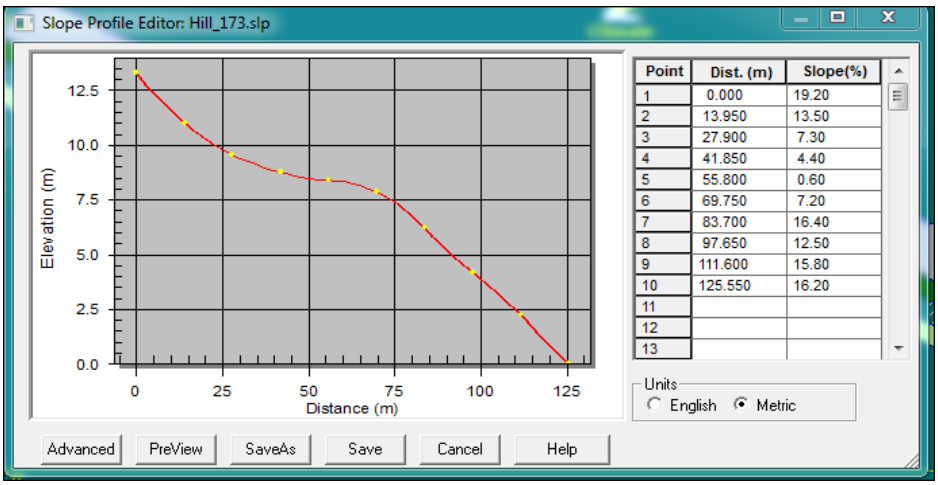
1. أكثر من 50% من مساحة كل منها مغطاة باشجار الزيتون الجدول(40).
2. أكثر من 50% من مساحتها واقعة تحت نوع التربة SHE03والمتشكلة على المنحدرات المتموجة إلى الشديدة في الجدول(39).

إن أكثر هذه الأحواض ضررا هو الحوض رقم 172: حيث أعلى نسبة جريان وانجراف. تبلغ مساحته 19.22هكتار، تسيطر SHE03 على الغالبية منها بنسبة (70.43%) من المساحة الكلية ، وكذلك نجد (21.25%) من مساحة الحوض تغطيها وحدة التربة SHE01 (أتربة المرتفعات والمنحدرات الشديدة ذات القابلية العالية للانجراف)، كما تغطيها وحدة التربة SHE02 المتشكلة على الوديان الجبلية ذات القوام لومي طيني بنسبة(8%). وسيطرة زراعة الزيتون على الحوض بنسبة 65.29% من مساحته. 45.79% منها كانت واقعة على وحدة التربة SHE03، و15.44% واقعة على الوحدة SHE01، كما شغلت أراضي المراعي نسبة 11.54% من مساحته. اذا" تعزى معدلات الانجراف العالية في الحوض 172 إلى الأراضي الشديدة الانحدار والتي تصل إلى 30% كما هو واضح من الشكل (88)، والمزروعة بالزيتون وكذلك أراضي المراعي، حيث تتبع الممارسات الزراعية التقليدية في هذه الأراضي، والفلاحات المتكررة والمغلوطة. حيث رغم المزايا الإيجابية للحراثة، والمتمثلة في القضاء على الأعشاب الضارة ودفن الأسمدة وتقليل تبخر ماء التربة، إلا أنها يمكن أن تؤدي الى تدهور بنية التربة، وتقلل من نفوذية الماء ،وتؤدي الى خسائر عالية في الكربون العضوي. وبالتالي تؤدي الى تعرية التربة عندما تمارس بالشكل الخاطئ ويتوافق ذلك مع دراسة قام بها (كبيبو وآخرون، 2004) أثبتت بأن الانجراف الفعلي في مناطق انتاج الزيتون مرتفع وخاصة في الأراضي المنحدرة.



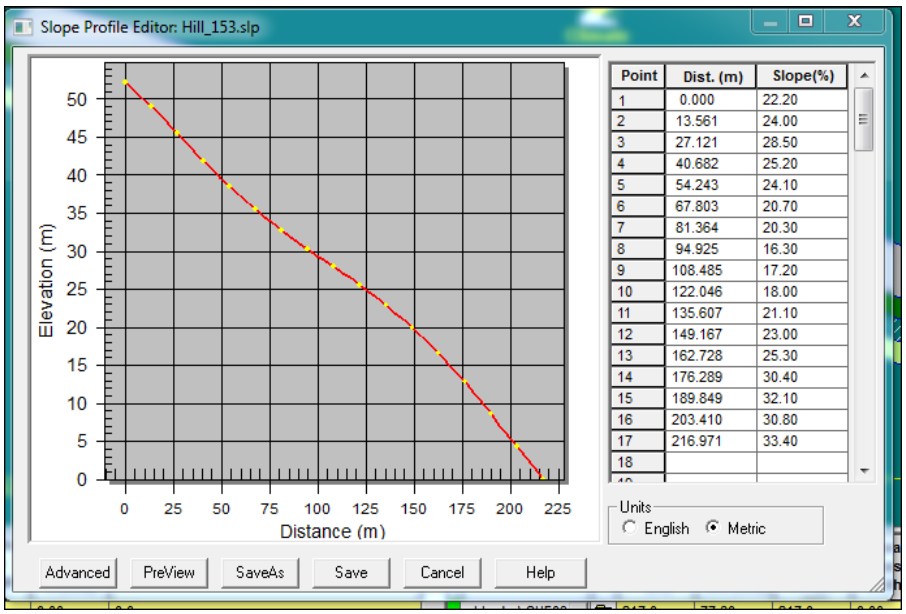
الشكل 88: يبين المسقط المائي رقم 172

أما بالنسبة للحوض الفرعي 173: الشكل (89). مساحته 12.297 هكتار، فهو يسهم بنسبة 17.37% بالجريان السطحي من محصلة الجريان الكلي بينما نسبة مساهمته بالانجراف قليل 2.84%. حيث نجد من الشكل أن طوله 125.55م، وأنه عند المسافة 55.8م من طول المنحدر (hillslope, sub catchment). يصبح الانحدار 0.6%. وهنا يحدث ترسيب (-deposition) داخل الحوض، وهذا دليل على أن الجريان السطحي ليس العامل الرئيسي المؤثر على الانجراف، وانما هناك عوامل أخرى كالانحدارات التي تصل الى 19.2% ، وكذلك نمط الغطاء الأرضي حيث نجد سيطرة المراعي بنسبة 49.68% من مساحة الحوض، 40.28% منها واقعة على وحدة التربة SHE03، أما الزيتون فيحتل 25.92% من مساحة الحوض، 15.06% منها واقعة على وحدة التربة SHE03.

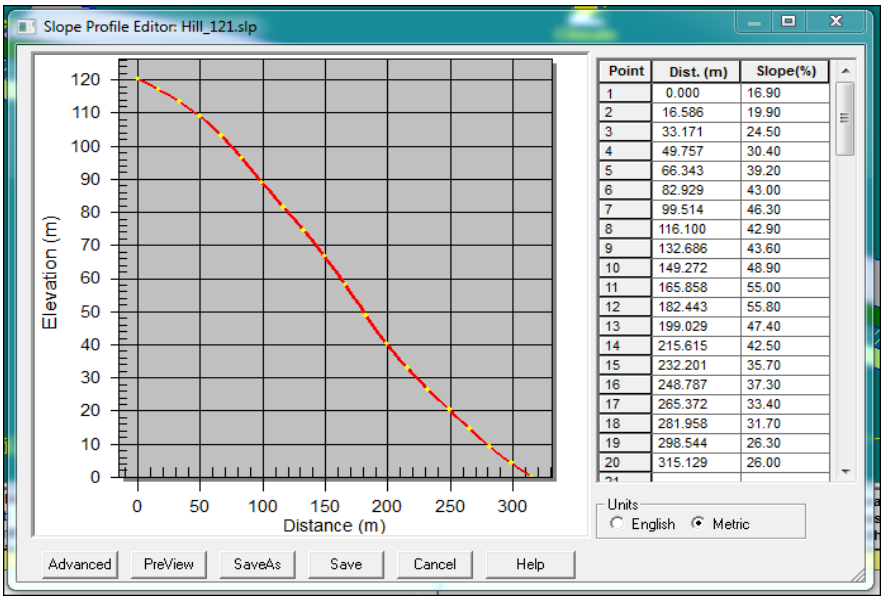


الشكل 89: يبين المسقط المائي رقم 173

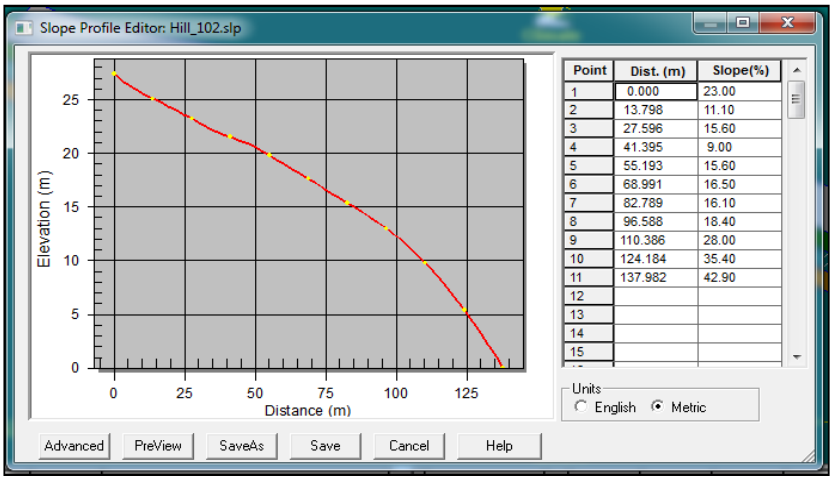
أما المسقط 153، الشكل (90): طوله 216.97م، وتبلغ مساحته 12.297 هكتار، التي يشغلها الزيتون بنسبة 50.99%، الواقعة معظمها على وحدة التربة SHE03 وتشغل أراضي المراعي نسبة 17.58%. وكذلك تسود زراعة الزيتون بنسبة 40.39% والمراعي بنسبة 24.34% من المساحة الكلية في المسقط رقم 121. الذي يبلغ مساحته 2.375 هكتار، التي تحتلها وحدة التربة SHE02 بنسبة 56.58%، ووحدة التربة SHE03 بنسبة 40.13%. الشكل (91) يبين شدة 55% وطول المنحدر 315 م في المسقط 121.



الشكل 90: يبين المسقط المائي رقم 153



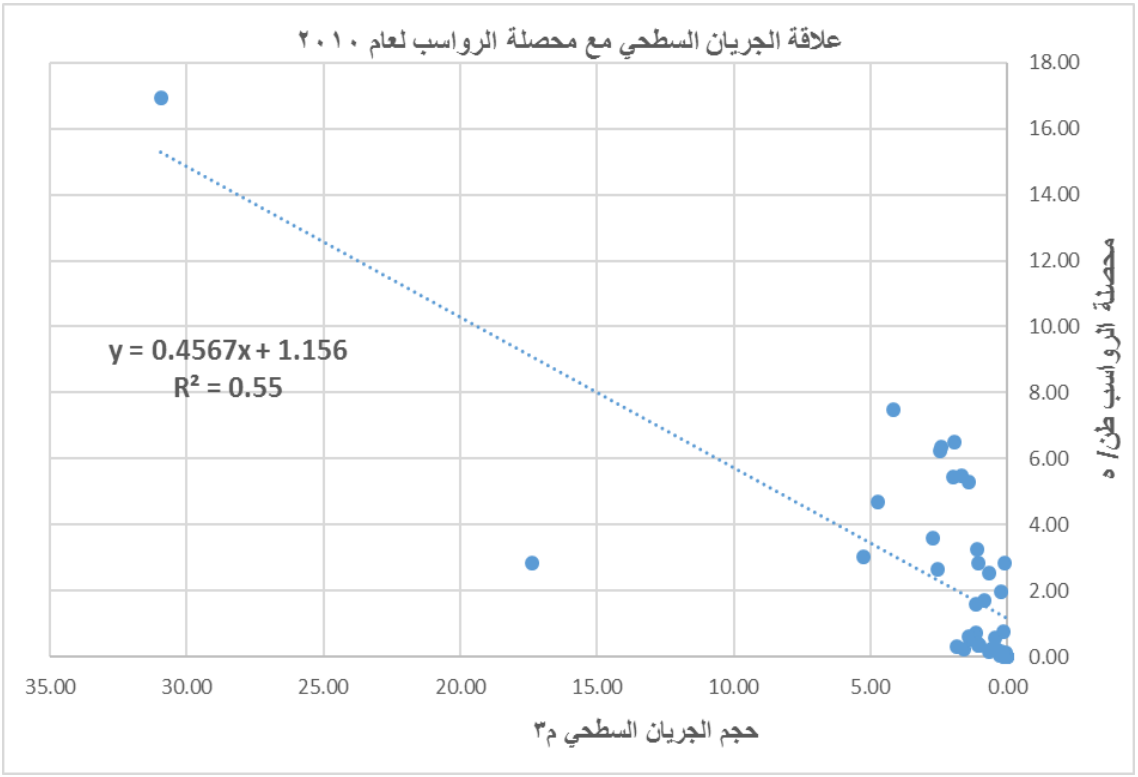
الشكل 91: يبين المسقط المائي رقم 121



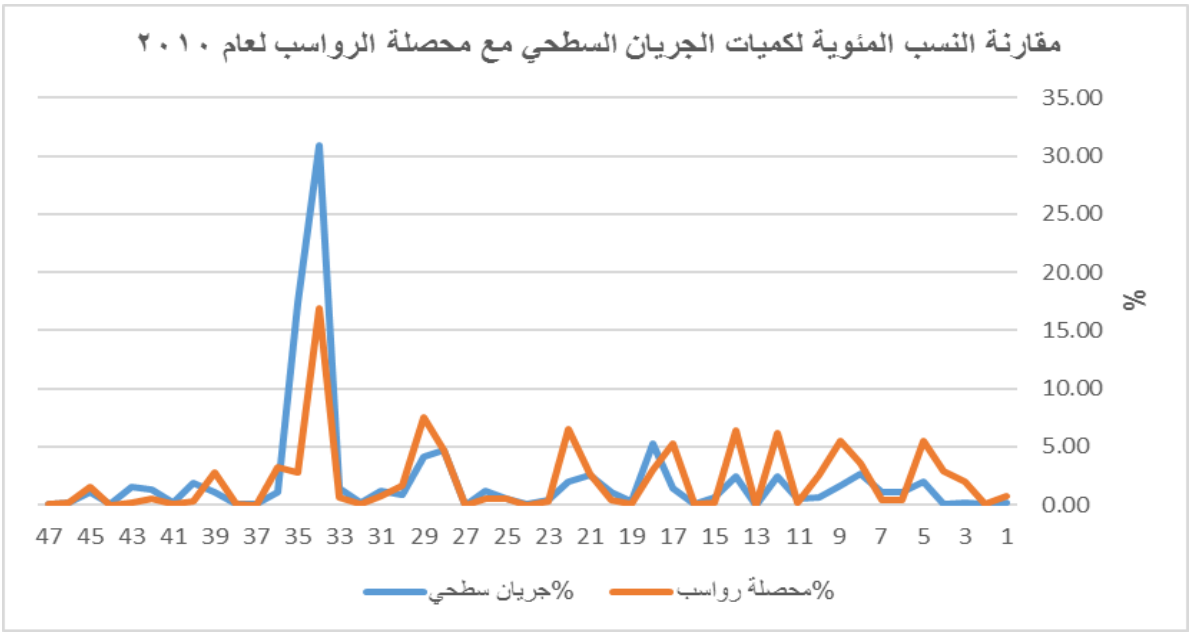
الشكل 92: يبين المسقط المائي رقم 102

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لحويضة الشيخ بدر في عام 2010:

يتضح من خلال مقارنة كميات الجريان مع محصلة الراسب والتربة المفقودة أن العلاقة شبه طردية في العام 2010، فقد أظهرت معادلة الارتباط الخطي الموضحة في الشكل (93) أن معامل الارتباط (r=0.55). مما يعني أن الجريان السطحي ليس العامل الأساسي المؤثر على محصلة الراسب ومقدار التربة المفقودة. وإنما هناك عوامل أخرى مساعدة للجريان السطحي تؤدي إلى زيادة الانجراف متمثلة بطول وشدة الانحدار، الشدة المطرية واستمراريتها، ودرجة التغطية لسطح التربة، وبشكل خاص النشاط البشري المخرب والمساهم في عدم ثبات الغطاء النبتي الطبيعي في المنطقة والمتمثل بالمساحات المقتطعة منها لأهداف عدة منها (الزراعية، الصناعية، والسكنية والمنشآت الخدمية واستخراج الصخور)، وكذلك اتباع عمليات الإدارة السيئة كاستخدام الفلاحات المتكررة والمغلوطة (الحراثة في اتجاه المنحدر)، والمحاريث غير المناسبة(المحاريث القديمة على الماشية). وعدم صيانة المدرجات بعد إجراء الفلاحات، بالإضافة إلى قلة استخدام المواد العضوية. والشكل(94) يبين مقارنة بين النسب المئوية للجريان السطحي ومحصلة الرواسب.



الشكل 93: الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2010



الشكل 94: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2010

4-3-1-2. توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب في الأحواض الفرعية للعام 2019:

تم ترتيب نتائج المحاكاة للعام 2019 في الجدول (41) حيث تم تقدير حجم الجريان السطحي المكعب والكميات بالطن/هـ/سنة.

الجدول 41: النسب المئوية لحجم الجريان السطحي وكمية التربة المفقودة ومحصلة الراسب لعام 2019

النسب المئوية لحجم الجريان السطحي والتربة المفقودة ومحصلة الراسب للمساقط المائية الفرعية لعام ٢٠١٩ لحويضة الشيخ بدر						
رقم المسقط المائي	حجم الجريان السطحي م٣	%حجم الجريان السطحي	مية التربة المفقودة طن/هـ/سنة	%للتربة المفقودة	محصلة الراسب	%محصلة الرواسب
22	590.20	0.17	8.70	1.23	8.70	1.23
23	218.79	0.06	2.06	0.29	2.06	0.29
32	974.79	0.28	14.88	2.10	14.88	2.11
33	515.76	0.15	21.88	3.09	21.88	3.10
41	5936.08	1.70	34.90	4.93	34.90	4.94
42	3519.28	1.01	3.47	0.49	3.47	0.49
43	3023.12	0.86	3.70	0.52	3.70	0.52
52	9183.12	2.62	23.44	3.31	23.44	3.32
53	4670.77	1.33	35.87	5.06	35.87	5.07
71	2729.65	0.78	16.47	2.32	16.47	2.33
72	1980.32	0.57	2.54	0.36	2.54	0.36
82	8055.85	2.30	40.30	5.69	40.24	5.69
83	11.52	0.00	0.08	0.01	0.08	0.01
91	7925.69	2.26	40.20	5.67	40.20	5.69
92	2050.97	0.59	1.40	0.20	1.40	0.20
93	161.60	0.05	0.26	0.04	0.26	0.04
101	4363.63	1.25	33.55	4.74	33.45	4.73
102	18153.60	5.19	19.84	2.80	19.84	2.81
103	1035.15	0.30	0.56	0.08	0.56	0.08
112	3221.38	0.92	3.55	0.50	3.55	0.50
113	8571.24	2.45	19.08	2.69	19.08	2.70
121	8015.47	2.29	42.86	6.05	42.86	6.06
122	1253.96	0.36	2.14	0.30	2.14	0.30
123	104.10	0.03	0.12	0.02	0.12	0.02
133	1397.70	0.40	5.20	0.73	5.20	0.74
142	3523.23	1.01	4.23	0.60	4.23	0.60
143	18.28	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00
152	14865.60	4.25	30.17	4.26	30.17	4.27
153	15434.90	4.41	49.01	6.92	48.62	6.88
161	2911.09	0.83	11.88	1.68	11.88	1.68
162	4198.81	1.20	7.61	1.07	7.61	1.08
163	700.29	0.20	0.62	0.09	0.62	0.09
171	5788.16	1.65	6.82	0.96	6.82	0.96
172	117571.63	33.58	133.54	18.85	132.43	18.73
173	59639.67	17.03	19.60	2.77	19.60	2.77
181	4007.22	1.14	20.06	2.83	20.06	2.84
182	83.26	0.02	0.14	0.02	0.14	0.02
183	257.52	0.07	0.24	0.03	0.24	0.03
201	3272.40	0.93	19.28	2.72	19.28	2.73
202	5747.85	1.64	2.94	0.41	2.94	0.42
203	477.36	0.14	0.30	0.04	0.30	0.04
211	3503.22	1.00	5.19	0.73	5.19	0.73
212	4482.45	1.28	2.28	0.32	2.28	0.32
213	96.53	0.03	0.08	0.01	0.08	0.01
221	4735.64	1.35	15.12	2.13	15.12	2.14
222	893.14	0.26	1.64	0.23	1.64	0.23
223	229.05	0.07	0.71	0.10	0.71	0.10
المجموع	350101.02		708.54	100.00	706.88	
المتوسط السنوي لمحصلة الرواسب في مخرج الحوض طن/هـ/سنة					40.43	
المتوسط السنوي لحجم الجريان السطحي في مخرج الحوض(مم)					305.81	

استناداً الى جدول توزيع معدلات الجريان السطحي وفقد التربة ومحصلة الرواسب لعام 2019 نجد:

- التباين في التوزيع لفقد التربة والجريان السطحي بين المساقط المائية الفرعية لعام 2019، نتيجة للتباين في أنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الارضي الموجودة في منطقة الدراسة.
- الأحواض المتضررة هي نفسها نتيجة المحاكاة لعام 2010
- حيث كان أعلى حجم للجريان السطحي في المسقط المائي رقم 172 بنسبة 33.58% من مجموع كمية الجريان السطحي الكلي، يليه المسقط رقم 173 بنسبة مقدارها 17.03% من مجموع كمية الجريان السطحي الكلي، ثم المسقط رقم 102 بنسبة 5.19%.
- في مقابل ذلك كان أعلى كمية تربة مفقودة من المسقط رقم 172 بنسبة 18.85% من مجموع التربة المفقودة من منطقة الدراسة، يليه المسقط رقم 153 بنسبة 6.92% من مجموع التربة المفقودة، اما المسقط رقم121 فقد كانت نسبة التربة المفقودة 6.05% من مجموع كمية التربة المفقودة.
- من جهة ثانية كانت أعلى محصلة للراسب من المسقط المائي رقم 172 بنسبة 18.73% من محصلة الراسب الكلية من منطقة الدراسة. يليه المسقط المائي رقم 153 بنسبة 6.88% من محصلة الراسب الكلية ثم المسقط رقم 121 بنسبة 6.06% من محصلة الراسب الكلية.

من خلال استخدام أداة Zonal ضمن أدوات التحليل المكاني special analysis في ArcGIS 10.3 تم استخدام خريطة الأحواض الفرعية الناتجة من تشغيل النموذج لمنطقة الدراسة لاشتقاق التوزيع التكراري لقيمها الخلوية على مدخلات القيمة لأنماط استعمالات الأراضي لعام 2019 والجدول (22) يوضح التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المتضررة لعام 2019.

الجدول 42: التوزيع المكاني لأنماط استعمالات الأراضي في الأحواض المائية المتضررة وبنسبها المئوية لعام 2019

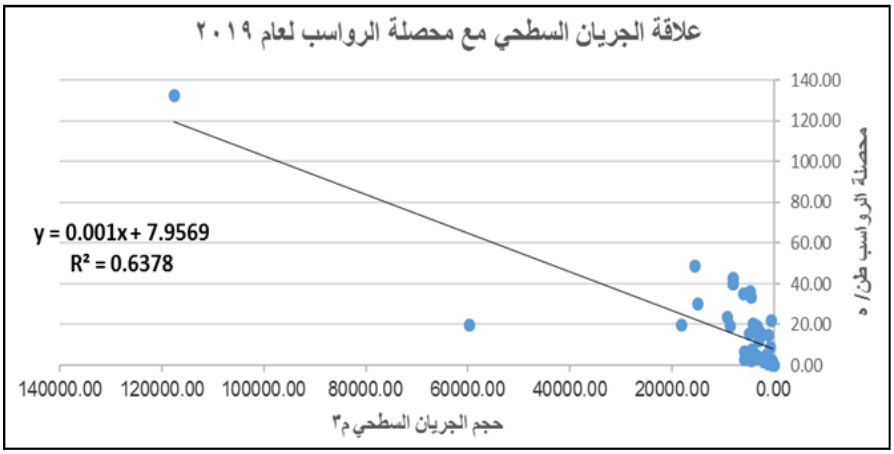
رقم الحوض	نمط استعمال الأراضي					
	زيتون	محاصيل	مراعي	غابات	طرائقات	مباني
102	50	7.04	13.03	17.61	3.52	8.8
121	65.13	13.82	8.55	9.87	2.63	-
153	52.75	7.47	15.82	20.88	3.08	-
172	67.65	11.33	11.45	2.27	2.98	4.31
173	28.34	10.55	41.17	11.05	8.13	0.76

بمقارنة الجدولين (40) و(42) نجد زيادة مساحة الأراضي المزروعة بالزيتون في كل الأحواض وذلك كان على حساب أراضي المراعي، وبالتالي أدى ذلك إلى زيادة معدلات الجريان والانجراف. وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Aghasi وآخرون، 2011) التي خلصت إلى أن تحويل المراعي إلى أراض زراعية في

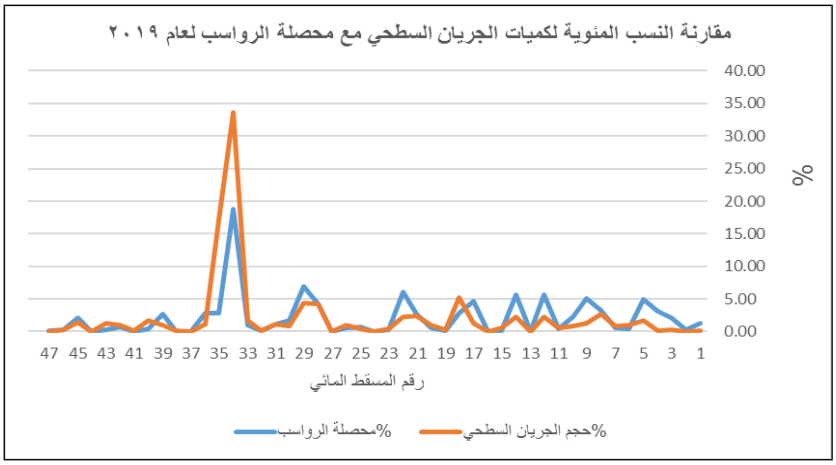
أحد المساقط المائية بأصفهان في إيران أدى إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والبيولوجية للتربة وبالتالي زادت قابليتها للانجراف.

العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في الأحواض الفرعية لحويضة الشيخ بدر في عام 2019:

كما يتضح لنا ومن خلال مقارنة كميات الجريان مع محصلة الراسب والتربة المفقودة أن العلاقة لم تتغير كثيراً وظلت شبه طردية في العام 2019. الشكل (95). مما يعني أن الجريان السطحي ليس العامل الأساسي المؤثر على محصلة الراسب ومقدار التربة المفقودة، وإنما هناك عوامل أخرى تم ذكرها في الأعلى. والشكل (96) مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2019.



الشكل 95: علاقة الجريان السطحي مع محصلة الراسب لعام 2019



الشكل 96: مقارنة النسب المئوية لكميات الجريان السطحي مع محصلة الراسب لكل مسقط مائي في العام 2019

كما ويقدم النموذج GeoWEPP تقرير ملخص عن المتوسط السنوي لكل من الجريان السطحي، التربة المفقودة وكمية الرسوبيات التي تصل إلى مخرج الحوض، والجدول (43) يبين التغيرات في كل من

المتوسط السنوي للجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج حويضة الشيخ بدر للسيناريوهات المدروسة باستخدام GeoWEPP.

الجدول 43: يبين التغيرات في الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مخرج حويضة الشيخ بدر للسيناريوهات المدوسة باستخدام GeoWEPP

رقم السيناريو	العام	متوسط الجريان السطحي السنوي مم	محصلة الراسب طن/هـ/سنة
1	2010	180.41	29.72
2	2019	305.81	40.43

من الجدول السابق نجد أن هناك ارتفاع بنسبة 69.5٪ في متوسط الجريان السطحي السنوي بموجب السيناريو 2 مقارنة بالسيناريو 1، قابله ارتفاع في محصلة الراسب في مخرج الحوض بنسبة 36.04%.

4-3-1-3- أداء النموذج:

تم تحديد جودة التوافق بين القيم الحقلية والقيم المقدرة بالنموذج GeoWEPP. وذلك بالاعتماد على النتائج الحقلية التي قام بها (كبيبو وآخرون، 2014) في المنطقة الساحلية "اللاذقية، طرطوس". الجدول (44).

الجدول 44: القيم الحقلية لكل من الجريان السطحي والتربة المنجرفة وفق (كبيبو وآخرون، 2014)

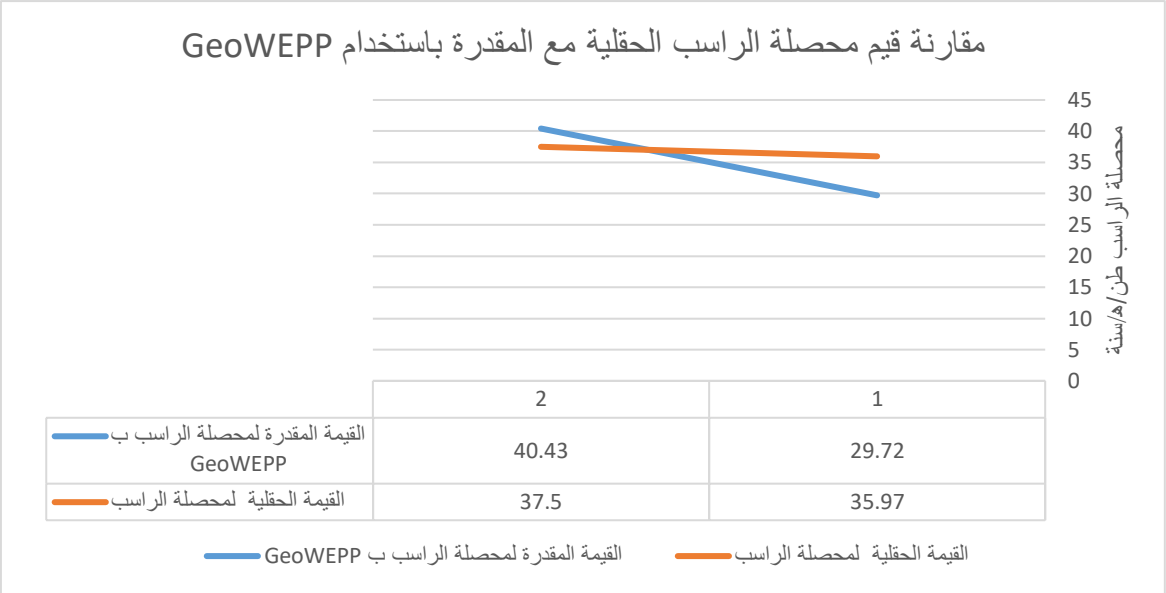
السيناريو		كمية التربة المنجرفة طن / هـ/ سنة	كمية الجريان مم
1	2010	35.97	184.59
2	2019	37.50	193.25

1- فعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بالانجراف المائي للتربة:

يعرض الشكل (97) مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيم محصلة الراسب الحقلية. وفق قيم الجدول (45) الذي يبين القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حويضة الشيخ بدر. حيث نلاحظ تقاطع الخط البياني الممثل للقيم الحقلية مع الخط البياني الممثل للقيم المقدرة ب GeoWEPP، دليل على كفاءة نموذج GeoWEPP في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة.

الجدول 45: القيم المقدرة والحقلية لمحصلة الراسب في حويضة الشيخ بدر

السيناريو		القيمة المقدرة لمحصلة الراسب وفق GeoWEPP	القيمة الحقلية لمحصلة الراسب
1	2010	29.72	35.97
2	2019	40.43	37.5



الشكل 97: مقارنة قيم محصلة الراسب المقدرة باستخدام نموذج GeoWEPP مع القيم الحقلية في حويضة الشيخ بدر

ويؤكد صحة ذلك قيمة NSE (0.84) والتي تبين أن كفاءة النموذج جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب بوحدة المساحة، وتدعمها قيم RMSE، PBIAS، والتي هي (3.32&5.02) على التوالي حيث قيمة RMSEالمنخفضة تدل على أداء جيد للنموذج، ووفق قيمة PBIAS يكون أداء النموذج جيد جدا. كما هو موضح في الجدول (11). وبالتالي يمكن القول بأن نموذج GeoWEPP لدية فعالية ومقدرة جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة في حويضة الشيخ بدر.

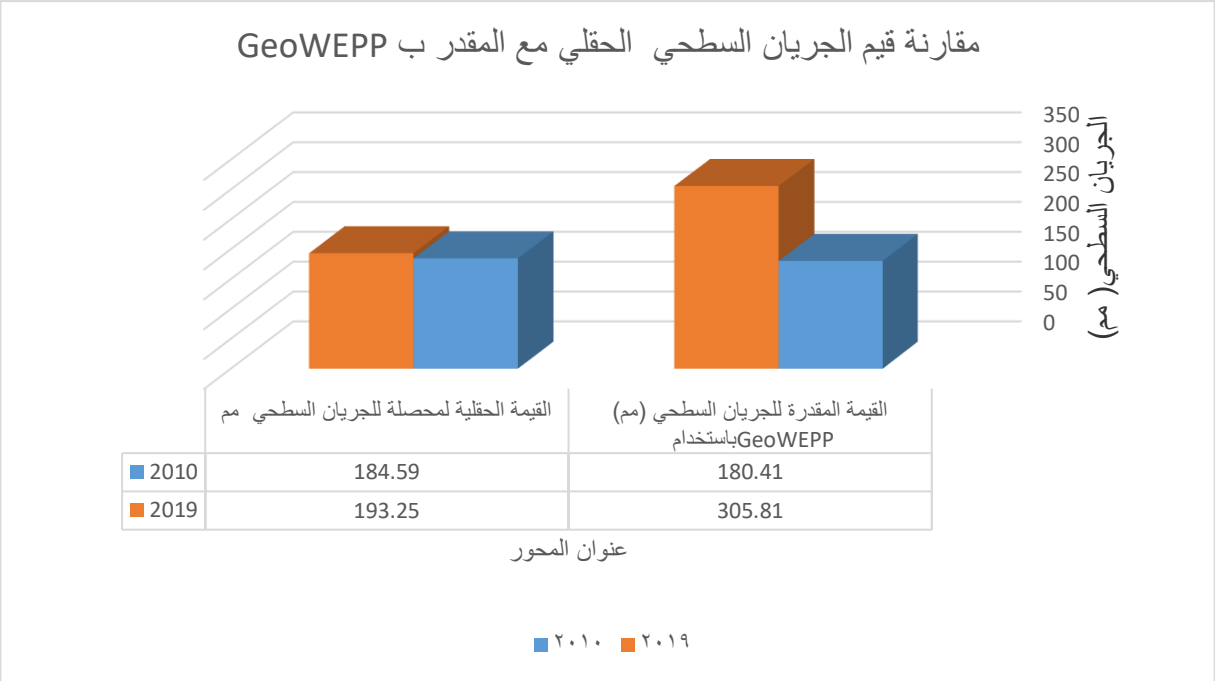
الجدول 46: يبين المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب

المؤشرات الإحصائية لمحصلة الراسب والتربة المنجرفة		
PBIAS	RMSE	NSE
3.32	5.02	0.84

وتوافق النتيجة التي حصلنا عليها من محاكاة نموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في منطقة الشيخ بدر، مع الدراسات السابقة للانجراف المائي بالساحل السوري على وجه العموم والشيخ بدر بخاصه، Abed (2000)، (محمد، 2016)، (عبدو، 2014)، (علي، 2009).

2- فعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بالجريان السطحي:

يعرض الشكل (98) مقارنة قيم المتوسط السنوي للجريان السطحي المقدر باستخدام نموذج GeoWEPP مع قيمها الحقلية. وفق قيم الجدول (47) الذي يبين القيم المقدرة والحقلية للمتوسط السنوي للجريان السطحي في حويضة الشيخ بدر.



الشكل 98: مقارنة قيم محصلة الجريان السطحي المقدر باستخدام نموذج GeoWEPP مع القيم الحقلية في حويضة الشيخ بدر

الجدول 47: القيم المقدرة والحقلية لكمية الجريان السطحي في حويضة الشيخ بدر

السيناريو		القيمة المقدرة للجريان السطحي وفق GeoWEPP	القيمة الحقلية لمحصلة للجريان السطحي
1	2010	180.41	184.59
2	2019	305.81	193.25

نجد تقارب بين كمية الجريان السطحي الحقلي لعام 2010مع قيمته المقدرة بالنموذج GeoWEPP، بينما في عام 2019 كانت الفروقات بين القيمتين الحقلية والمقدرة. أما بالنسبة للمؤشرات الإحصائية المستخدمة لاختبار فعالية النموذج فقد أعطت تقييم غير مقبول للنموذج في تقديره للجريان السطحي، حيث كانت قيمة NSE (-337.35) والتي تبين أن فعالية النموذج في التنبؤ بكمية الجريان السطحي غير مقبولة، فالقيم السالبة تدل على الفروقات الكبيرة بين القيم المقدرة والقيم الحقلية وتدعم قيمة RMSE (79.65) المرتفعة الفكرة ذاتها أما PBIAS مؤشر فقد أعطى تقييم غير مقبول أيضاً. وبالتالي يمكن القول بأن نموذج GeoWEPP أعطى تقييم للجريان السطحي في حويضة الشيخ بدر بفروقات واضحة بينها وبين القيم الحقلية. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (محمد، 2016)، عند استخدام النموذج WEPP لتقدير الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر حيث كانت قيمة NSE عند تقدير الجريان السطحي في عينة الشاهد ميل 8% و20% هي (-0.33,-98.04) على التوالي. وكانت قيمة

المؤشر PBIAS (-84.9,-38.51). والجدول (48) يبين ملخص إحصائي لمقارنة القيم الحقلية مع المقدرة باستخدام GeoWEPP

الجدول 48: المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي السنوي

المؤشرات الإحصائية لمعدل الجريان السطحي		
NSE	RMSE	PBIAS
-337.35	79.65	-28.68

لا تشير الاختلافات الملحوظة بين الجريان السطحي المقدر والحقلي إلى أن أداء النموذج GeoWEPP ضعيف مقارنة بالنماذج الأخرى. لكنه يكشف بأن تنبؤات الانجراف تحتوي عمومًا على عوامل خطأ كبيرة بسبب العوامل البيئية المعقدة والمتغيرة مثل الطبوغرافيا، والغطاء النبتي، والخصائص الهيدرولوجية، والمناخية وغيرها (Baffaut وآخرون، 1996).

4-2-3- القسم الثاني من النتائج والمناقشة في حويضة الشيخ بدر:

مناقشة نتائج الانجراف مع تغيير استخدام الأراضي/ الغطاء الأرضي Landuse\Landcover**:**

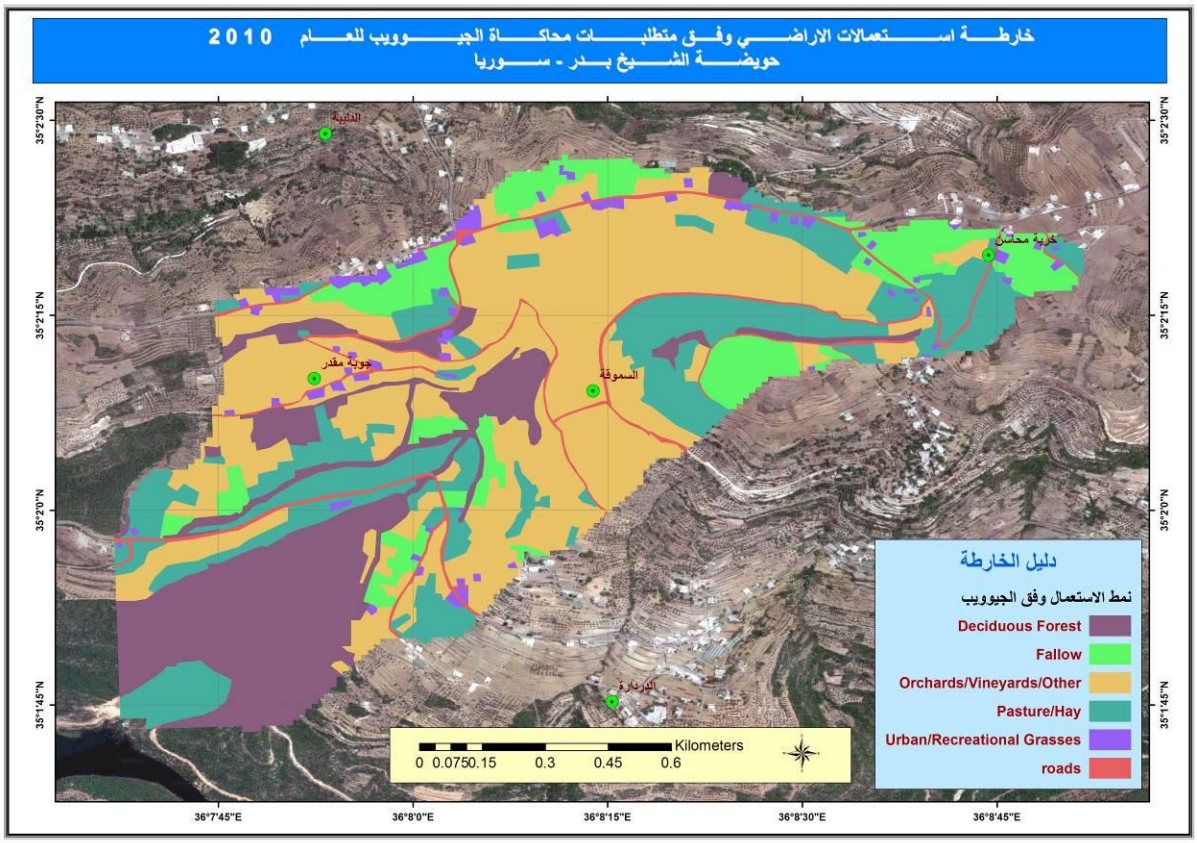
4-2-3-1- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2010:

تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة في الشيخ بدر لعام 2010، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP وفق الجدول (49) يبين أنماط استعمالات الأراضي الواردة في جدول الشريحة يما يلائمها من تسميات نموذج GeoWEPP.

الجدول 49: أنماط استعمالات الأراضي الواردة في جدول الشريحة يما يلائمها من تسميات نموذج GeoWEPP

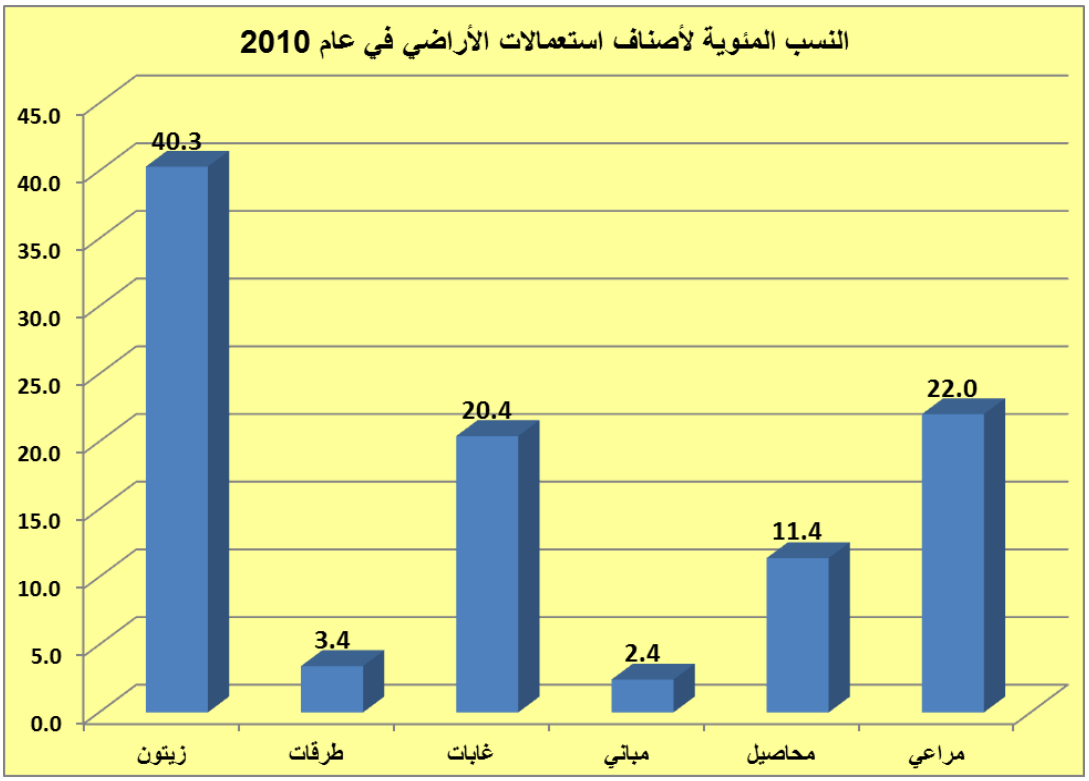
م	الاسم العربي	الاسم وفق متطلبات GeoWEPP
1	أشجار زيتون	Orchards/Vineyards/Other Orchards/Vineyards/Other
2	مراعي	Pasture/Hay
3	غابات	Deciduous Forest
4	أراضي متروكة للزراعة	Fallow
5	محاصيل	Fallow
6	أراضي حضرية	Urban/Recreational Grasses
7	طرائقات	roads

استناداً الى التصنيف السابق تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2010 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (99).



الشكل 99: خارطة استعمالات الأراضي للعام 2010 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP لحويضة الشيخ بدر

تشكل الأراضي المزروعة بالزيتون أكثر من 40% من مساحة منطقة الدراسة في الشيخ بدر يليها أراضي المراعي بنسبة تصل إلى 22% ثم الغابات بنسبة قدرها 20% فالمحاصيل حوالي 12% أما باقي المساحة فتتوزع بين المباني والطرقات بحوالي 6% من مساحة منطقة الدراسة. الشكل (100) يبين النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 2010.



الشكل 100: النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي للعام 2010 في حويضة الشيخ بدر

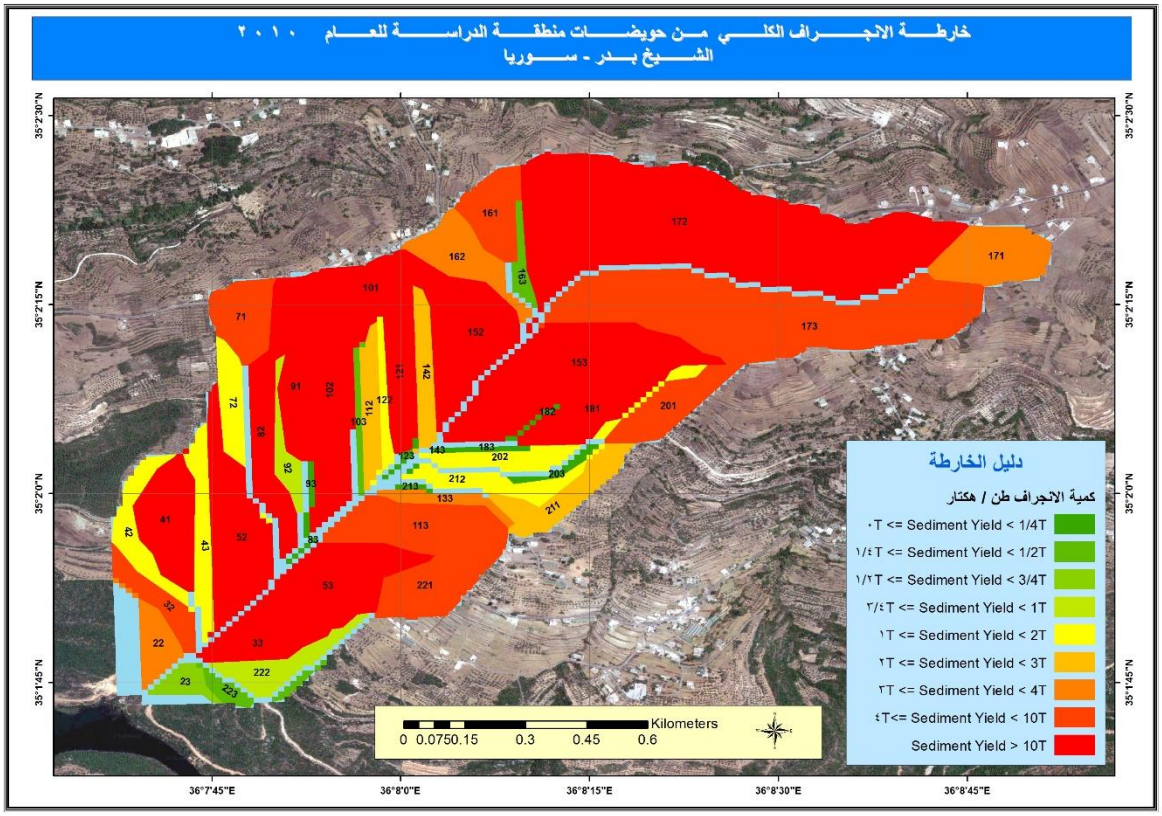
إن استخدام نموذج GeoWEPP مكننا من إنتاج شريحة تبين كميات الانجراف المائي من المساقط المائية في منطقة الدراسة.

ونتيجة للمحاكاة التي تم اجرائها وفق كافة شرائح استعمالات الأراضي تم تقسيم قيم الانجراف المائي إلى تسع صفوف، الجدول (50) يبين رقم الصف ومقدار الانجراف المائي الحاصل من كل مسقط مائي.

الجدول 50: صفوف كميات الانجراف المائي وفقا" لشريحة استعمالات الأراضي لعام 2010

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار
1	3	Less than 0.25
2	4	0.25 – 0.50
3	5	0.50 – 0.75
4	6	0.75 – 1
5	7	1 – 2
6	8	2- 3
7	9	3- 4
8	10	4 - 10
9	11	10 More than

كما تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة وفق شريحة استعمالات الأراضي للعام 2010 كما هو واضح من الشكل (101).



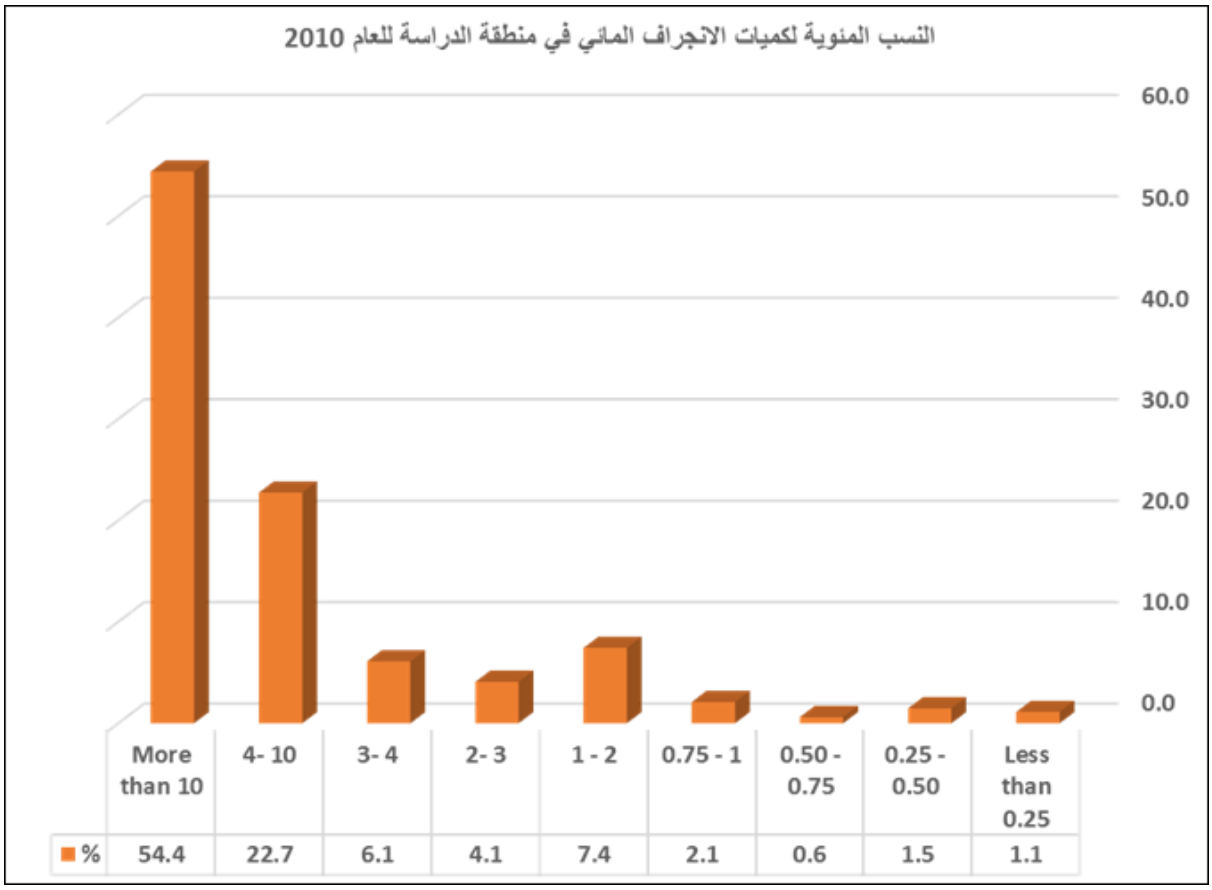
الشكل 101: خريطة الانجراف لحويضة الشيخ بدر باستخدام GeoWEPP لعام 2010

يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2010 أن حوالي 54% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي جدا يزيد عن 10 طن/هكتار، في حين أن حوالي 22% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف عالي يتراوح بين 4 و10 طن/هكتار. بمقابل ذلك يتعرض حوالي 8% إلى انجراف متوسط يتراوح بين 1 و2 طن/هكتار.

من جهة ثانية يتعرض حوالي 5% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف ضعيف أقل من 1 طن/هكتار الجدول (51) والشكل (102) يبين المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2010.

الجدول 51: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2010

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	12777	1.1
2	4	0.25 - 0.50	16777	1.5
3	5	0.50 - 0.75	6964	0.6
4	6	0.75 - 1	23959	2.1
5	7	1 - 2	85010	7.4
6	8	2- 3	46653	4.1
7	9	3- 4	69838	6.1
8	10	4- 10	260259	22.7
9	11	More than 10	622608	54.4
المجموع			**1144846**	**100**

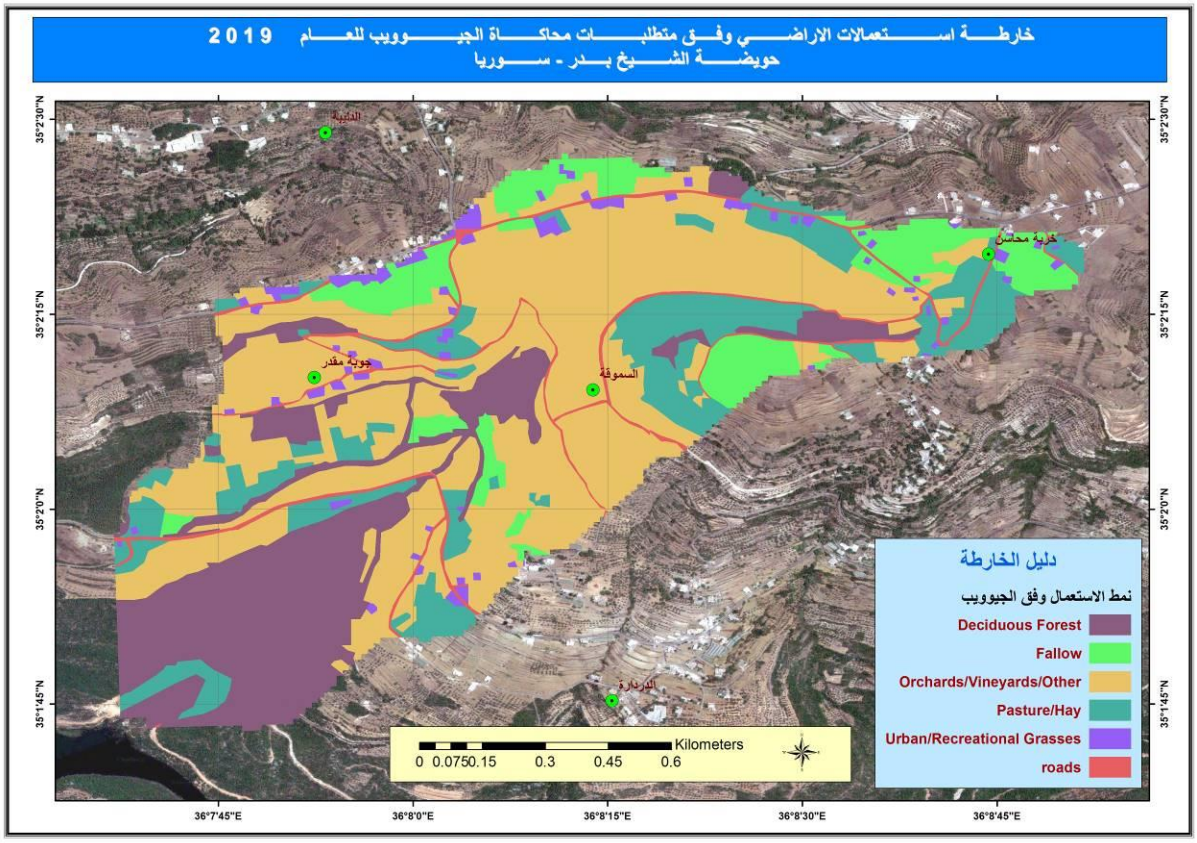


الشكل 102: النسب المئوية لصفوف الانجراف المائي في حويضة الشيخ بدر لعام 2010

4-2-3-2- المحاكاة وفق شريحة استعمالات الأراضي لعام 2019:

تم إجراء المحاكاة لنموذج GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة في الشيخ بدر للعام 2019، حيث تم تحويل خريطة استعمالات الأراضي لتتوافق مع متطلبات نموذج GeoWEPP.

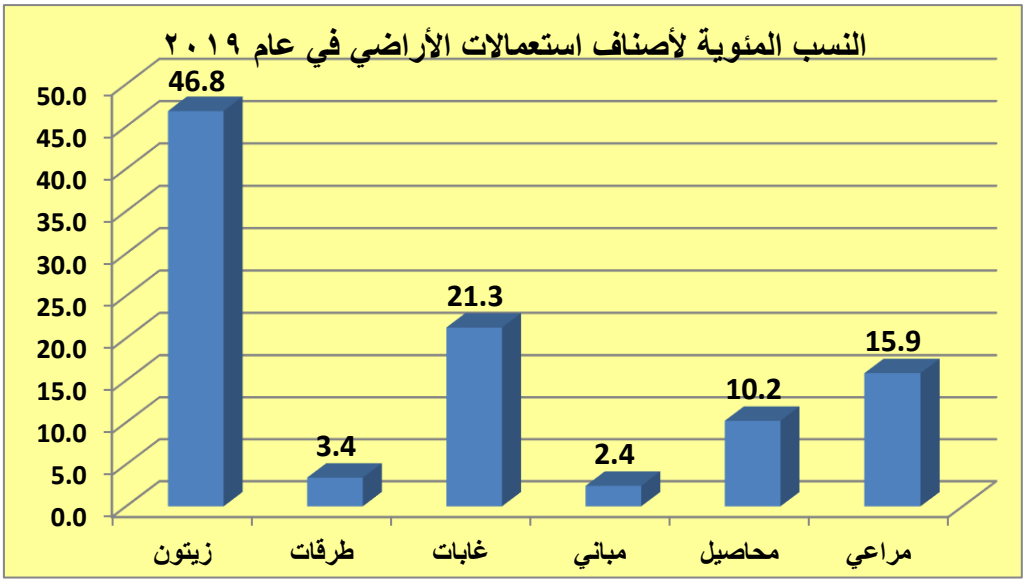
استناداً الى التصنيف الوارد في الجدول (49) تم إنتاج خارطة لاستعمالات الأراضي للعام 2019 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP كما هو واضح من الشكل (103).



الشكل 103: خارطة استعمالات الأراضي للعام 2019 وفق متطلبات نموذج GeoWEPP لحويضة الشيخ بدر

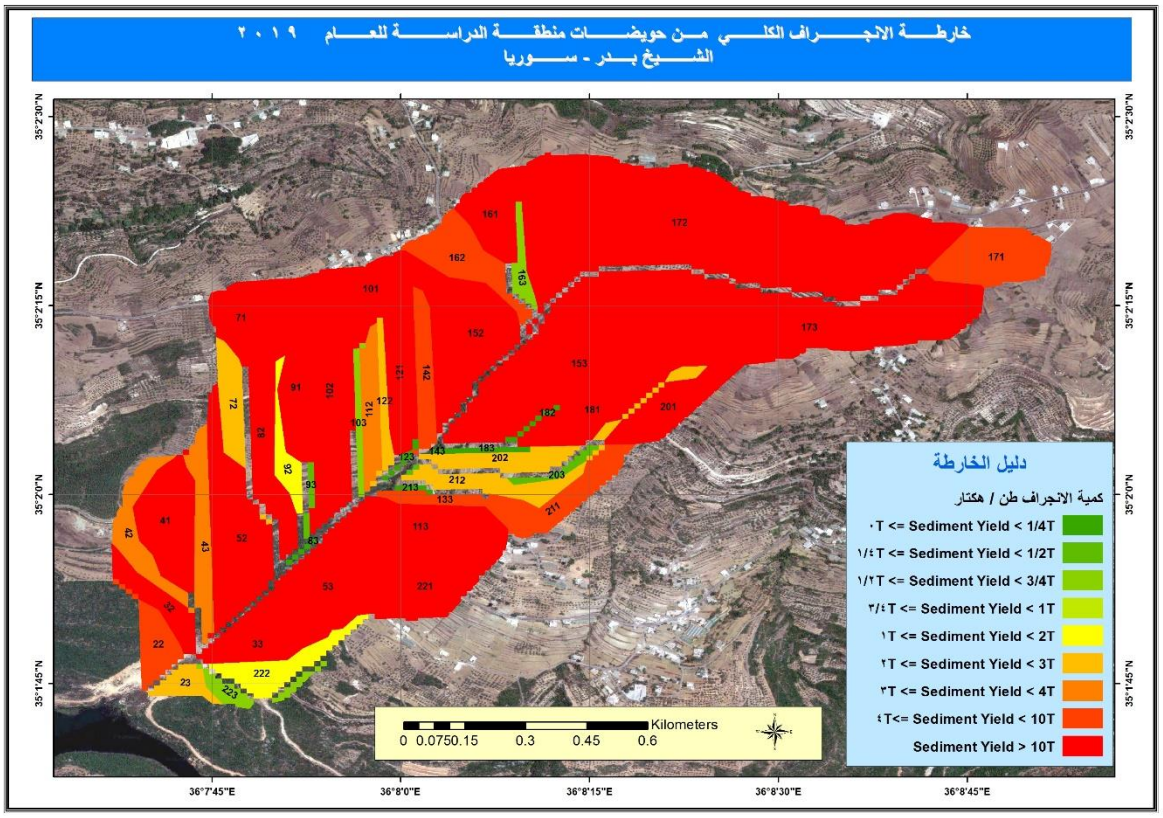
تشكل أراضي الزيتون حوالي 47% من مساحة منطقة الدراسة، أما أراضي الغابات فقد شكلت ما نسبته 21% في المقابل ذلك شكلت أراضي المراعي حوالي 16% من مساحة منطقة الدراسة تلتها المحاصيل بنسبة 10%.

أما باقي المساحة فتتوزع بين المباني والطرائقات بحوالي 6% من مساحة منطقة الدراسة. الشكل (104) يبين النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 2019.



الشكل 104: النسب المئوية لتوزع أصناف استعمالات الأراضي للعام 2019

من خلال استخدام نموذج محاكاة GeoWEPP باستخدام شريحة استعمالات الأراضي للعام 2019 تم إنتاج خارطة للانجراف المائي لمنطقة الدراسة حسب تقسيم المساقط المائية التي يعتمدها النموذج كما هو واضح من الشكل (105).



الشكل 105: خارطة للانجراف المائي لحويضة الشيخ بدر لعام 2019 باستخدام GeoWEPP

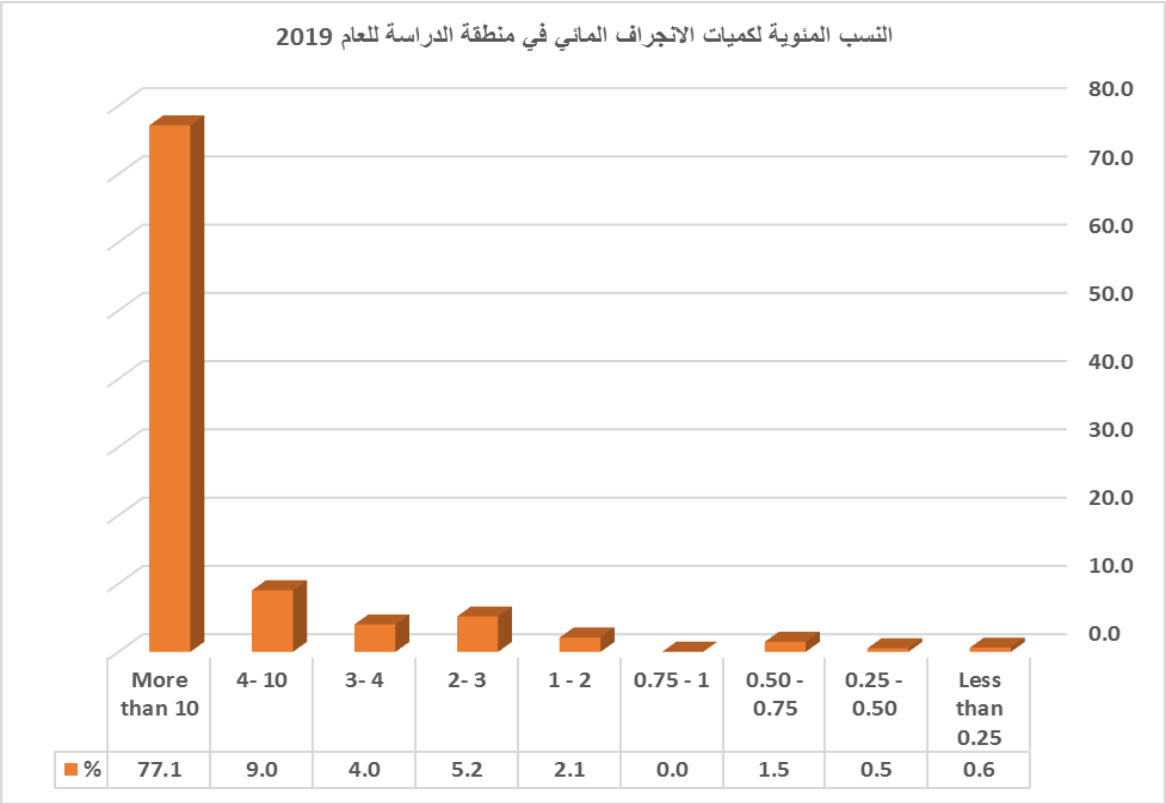
يتبين لنا ومن خلال خارطة الانجراف المائي للعام 2019 أن حوالي 77% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف مائي عالي جدا يزيد عن 10 طن/هكتار، في حين أن حوالي 9% من مساحة منطقة الدراسة تتعرض لانجراف عالي يتراوح بين 4 و10 طن/هكتار.

ويتعرض حوالي 11% من مساحة منطقة الدراسة لانجراف متوسط يتراوح بين 1 و4 طن/هكتار تتوزع على النحو التالي 4% انجراف 3–4 طن و5% انجراف 2–3 طن و2% بانجراف 1–2 طن. اما باقي منطقة الدراسة والتي تشكل حوالي 3% فتتعرض لانجراف قليل أقل من 1 طن/هكتار،

الجدول (52) والشكل (106) يوضحان المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2019.

الجدول 52: المساحات والنسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2019

م	الصف	كمية الانجراف طن / هكتار	المساحة م^2	%
1	3	Less than 0.25	7031	0.6
2	4	0.25 - 0.50	5746	0.5
3	5	0.50 - 0.75	16777	1.5
4	6	0.75 - 1	0	0.0
5	7	1 - 2	23959	2.1
6	8	2- 3	59316	5.2
7	9	3- 4	46025	4.0
8	10	4- 10	103125	9.0
9	11	More than 10	882868	77.1
المجموع			1144846	100



الشكل 106: النسب المئوية لصفوف كميات الانجراف المائي وفقا لشريحة استعمالات الأراضي للعام 2019

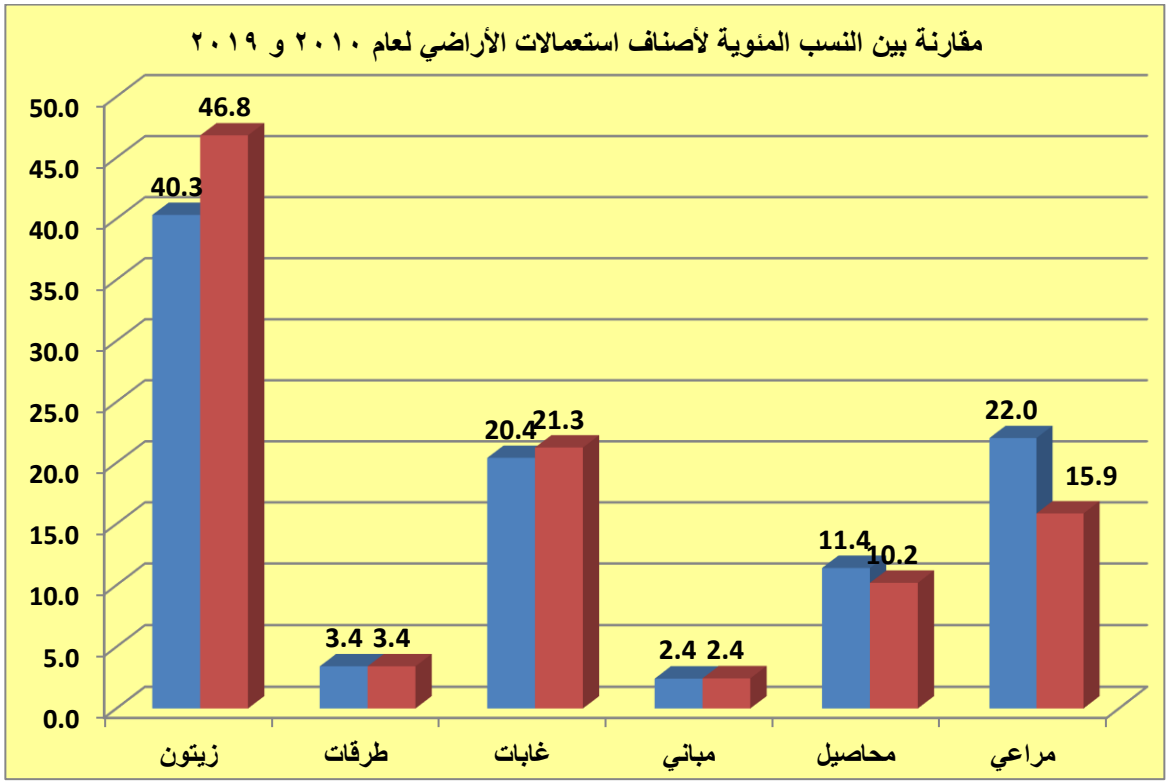
من أجل وضوح أفضل للنتائج تم عمل مصفوفة " MATREX" تبين التغيرات التفصيلية التي طرأت على مساحات أصناف استعمالات الأراضي بين عام 2010 و2019 وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- ارتفاع في مساحة أراضي الزيتون من 40.3% إلى 46.8% بمقدار أقل من 6.5% بين عامي 2010 و2019.
- ارتفاع طفيف في نسبة أراضي الغابات من 20.4% إلى 21.3% بمقدار 0.9% بين عامي 2010 و2019.
- انخفاض نسبة أراضي المراعي من 22% إلى 15.9% بمقدار 6.1% بين عامي 2010 و2019.
- انخفاض طفيف على مساحة المحاصيل من 11.4% إلى 10.2 % بمقدار 1.2%
- بقيت نسب كل من الطرقات المباني ثابتة بين عامي 2010 و2019.

الجدول (53) يبين مصفوفة تغيرات استعمالات الأراضي بين عامي 2010 و2019 يليه الشكل (107) يبين النسب المئوية للتغيرات الحاصلة على أصناف استعمالات الأراضي

الجدول 53: مصفوفة تغيرات استعمالات الاراضي بين عامي 2010و 2019 لحويضة الشيخ بدر

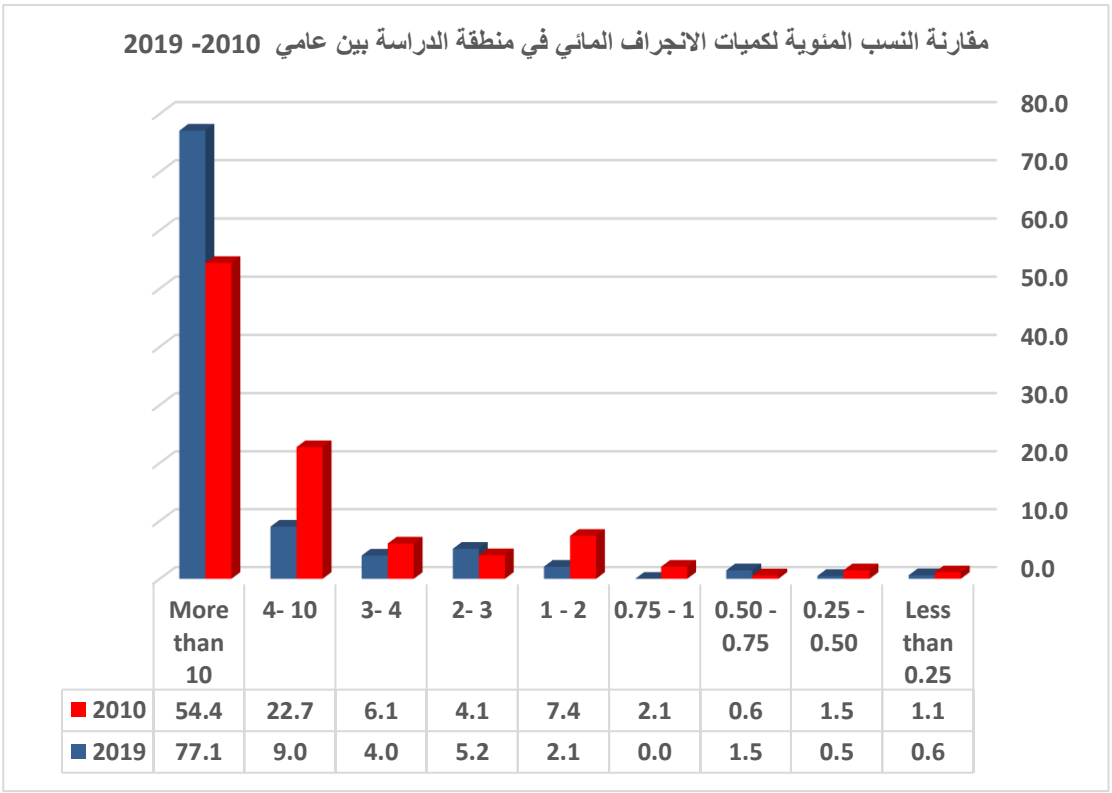
	2019								
	نمط استعمال الارض		زيتون	طرائقات	غابات	مباني	محاصيل	مراعي	المجموع
10	زيتون	المساحة	489999					3640	493639
		%	99.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	100
	طرائقات	المساحة		41875					41875
	غابات	المساحة	831		242828			6286	249945
		%	0.3	0.0	97.2	0.0	0.0	2.5	100
	مباني	المساحة				29645			29645
	محاصيل	المساحة	9698				123280	6622	139600
		%	6.9	0.0	0.0	0.0	88.3	4.7	100
	مراعي	المساحة	72859		17465	268	1494	177688	269774
		%	27.0	0.0	6.5	0.1	0.6	65.9	100
		المجموع	573386	41875	260293	29913	124774	194237	1224478



الشكل 107: مقارنة النسب المئوية لأصناف استعمالات الأراضي بين 2010 و2019

في مقابل ذلك تم مقارنة النسب المئوية لكميات الانجراف الاجمالية بين عامي 2010 و2019 الذي يظهر النتائج التالية:

- ارتفاع كبير في نسبة الأراضي التي تتعرض إلى انجراف عالي جدا أكثر من 10 طن/هكتار من 54.4% في عام 2010 إلى 77.1% في عام 2019 بمقدار 22.7%.
- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي بين 4 و10 طن/هكتار من 22.7% إلى 9% بمقدار 13.7%.
- انخفاض في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف من 1–2 طن /هكتار من 7.4% إلى 2.1 % بمقدار 5.3%
- ارتفاع في نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف من 2–3 طن/هكتار من 4.1% إلى 5.2% بمقدار 1.1%
- تغيرات طفيفة شهدتها باقي درجات التأثير كما هو مبين من الشكل (108).



	More than 10	4- 10	3- 4	2- 3	1 - 2	0.75 - 1	0.50 - 0.75	0.25 - 0.50	Less than 0.25
2010	54.4	22.7	6.1	4.1	7.4	2.1	0.6	1.5	1.1
2019	77.1	9.0	4.0	5.2	2.1	0.0	1.5	0.5	0.6

الشكل 108: مقارنة النسب المئوية لصفوف الانجراف في منطقة الدراسة بين عامي 2010 و2019

الخلاصة النهائية: نلاحظ زيادة مساحات الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي جدا ناتج عن تغير في استعمالات الأراضي تمثل في زيادة مساحة أشجار الزيتون على حساب أراضي المراعي.

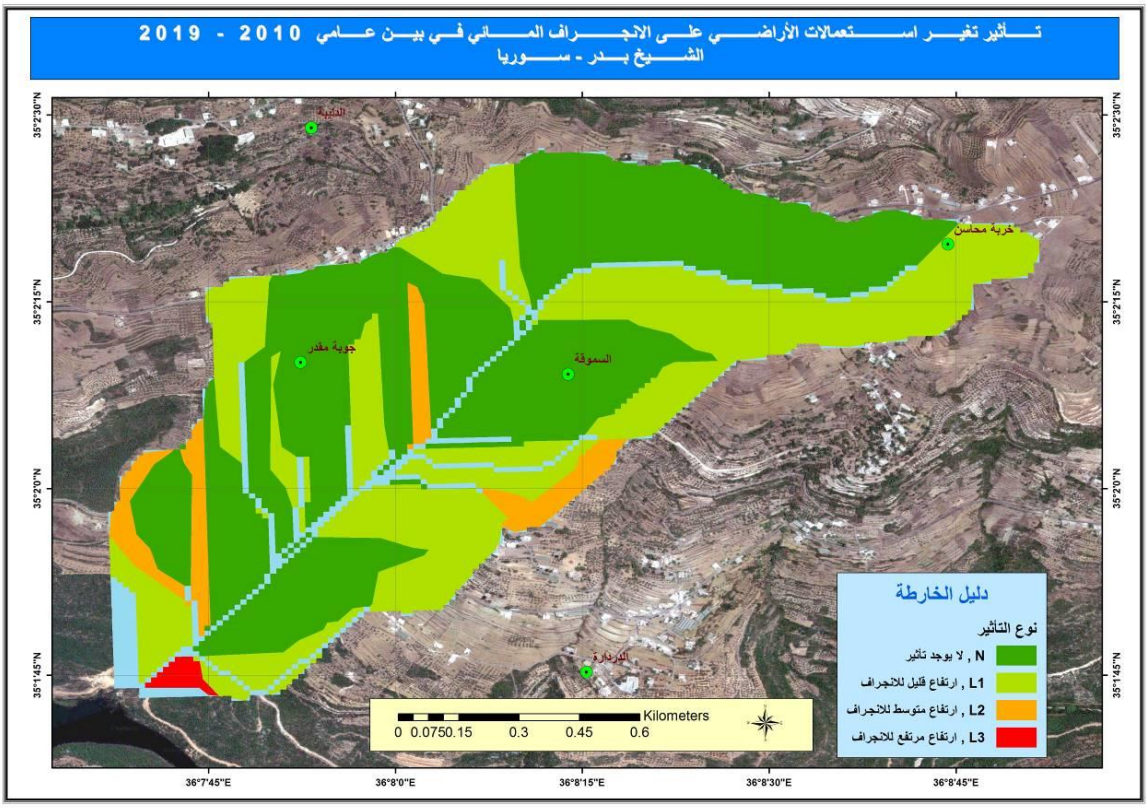
- **تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019**

تم إنتاج خارطة تبين تأثير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي في منطقة الدراسة اعتماداً على منهجية مقاطعة كل شريحتين من الانجراف المائي الناتجة عن المحاكاة باستخدام نموذج GeoWEPP وذلك تبعا لشريحة استعمالات الأراضي المقابلة لكل عام من أعوام الدراسة وقد تم تقسيم درجات تأثير تغير استعمالات الأراضي إلى عشر درجات وفق الجدول (54) يبين مقدار الفارق بعد طرح درجات التأثير من بعضها تبعا لعامي 2010 و2019.

الجدول 54: تأثير تغير استعمالات الأراضي على تقدير كميات الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019

م	مقدار الفارق لدرجات التأثير	نمط التأثير الحاصل	الرمز
1	0	لا يوجد تغيير	N
5	1	ارتفاع قليل للانجراف	L1
6	2	ارتفاع متوسط للانجراف	L2
7	3	ارتفاع مرتفع للانجراف	L3

استناداً إلى التقسيم السابق فقد تم إنتاج خارطة لتأثير تغير استعمالات الأراضي على مقدار الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019، الشكل (109) يبين المساقط المائية التي حدث عليها تغير في مقدار الانجراف المائي.



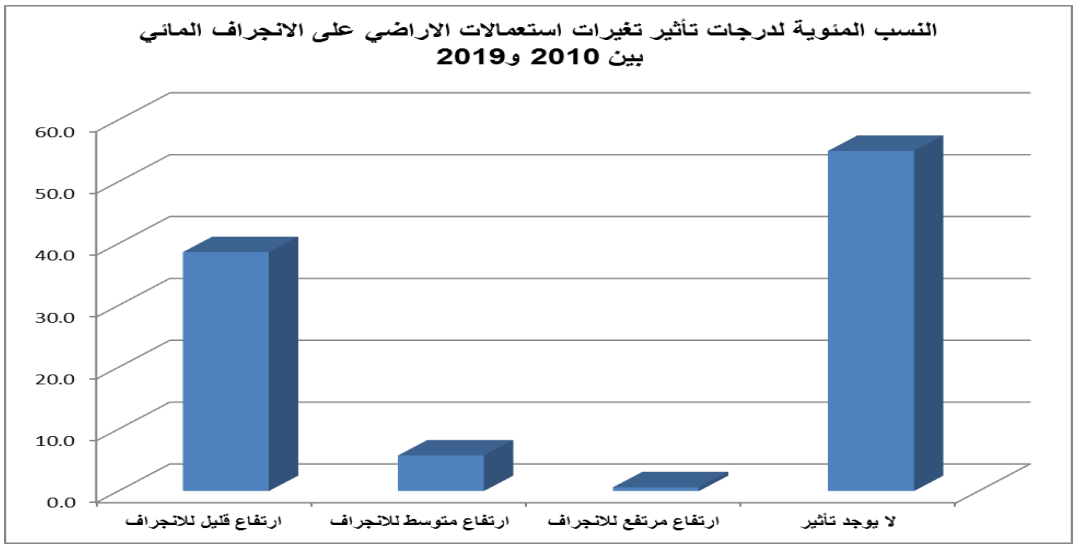
الشكل 109: خريطة تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف في منطقة الدراسة بين عامي 2010 و2019

يتبين لنا من خلال حساب مساحات أصناف التغير أن 55% من مساحة منطقة الدراسة لم يطرأ عليها أي تغيير في كميات الانجراف بين عامي 2010 و 2019. في حين أن حوالي 39% من مساحة منطقة الدراسة قد ازدادت فيها كميات الانجراف بدرجة قليلة. يقابل ذلك حوالي 6% من مساحة منطقة الدراسة ازداد فيها الانجراف بدرجة متوسطة. بمقابل 1% من مساحة منطقة الدراسة ازداد الانجراف فيها بدرجة عالية.

الجدول (55) والشكل (110) يوضحان النسب المئوية لدرجات تأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019.

الجدول 55: المساحات ونسبتها المئوية لتأثير تغير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي عامي 2010 و2019

الرمز	نمط التغير الحاصل	المساحة	%
L1	ارتفاع قليل للانجراف	442298	38.6
L2	ارتفاع متوسط للانجراف	65944	5.8
L3	ارتفاع مرتفع للانجراف	6964	0.6
N	لا يوجد تأثير	629640	55.0
المجموع		**1144846**	**100.0**



الشكل 110: النسب المئوية لدرجات تأثير استعمالات الأراضي على الانجراف المائي بين عامي 2010 و2019

تبين من خلال دراسة تأثير التغير في أنماط استعمالات الأراضي في الانجراف المائي للتربة في حويضة الشيخ بدر باستخدام النموذج GeoWEPP في فترة العقد الماضي (2010-2019):

- اختلاف التوزع المكاني لمعدل الانجراف المائي للتربة في وحدة المساحة للأحواض الفرعية، حيث نجد أن المناطق غير المستقرة والمعرضة للانجراف العالي تتركزفي المنحدرات الشديدة الانحدار، وخاصة المزروعة بالزيتون حيث أسفر تحول مساحة أراضي المراعي، على نطاق واسع في منطقة الدراسة إلى زراعة مكثفة عن تسارع الانجراف وتكوين الأراضي الوعرة ذات التربة الضحلة. وقد جاء ذلك نتيجة الممارسات الزراعية التقليدية في هذه الأراضي وللفلاحات المتكررة لها بشكل جعلها لم تتكيف مع التكثيف الزراعي والتوسع الأفقي في زراعة الزيتون.
- إن ظاهرة الانجراف المائي والتي تنتشر على مساحات واسعة في الساحل السوري تحتاج إلى تقييم كمي ونوعي لتحديد مدى خطورتها ومحاولة الحد منها، ولكننا نفتقر للدراسات الميدانية للتقييم الكمي لمعدلات فقد التربة والجريان السطحي، وبما أن تقييمات الانجراف والاستراتيجيات الممكنة لإدارة الأحواض ضرورية لكل من التخطيط المحلي والوكالات الحكومية المرتبطة بالتنمية المستدامة، فإن نماذج محاكاة الانجراف، وخاصة النماذج الموزعة، مفيدة لتقييم الاستراتيجيات المختلفة لاستخدام الأراضي وتحسين إدارة التربة لهذه الأحواض.

فالنموذج GeoWEPP مكننا من دراسة المنطقة بشكل معمق حيث أعطى دقة عالية في تحديد شبكة المسيلات والأحواض الفرعية، كذلك ساعد في فهم تأثير ممارسات الإدارة وماهي الممارسات التي تسرع الانجراف في منطقة الدراسة.

الاستنتاجات والتوصيات

CONCLUSIONS

&

RECOMMENDATION

1- الاستنتاجات:

1- قدم النموذج GeoWEPP نتائج مقبولة احصائيا. ففي حوض روجان أثبت GeoWEPP كفاءته في حساب عناصر الانجراف من كمية تربة مفقودة ومحصلة الراسب والجريان السطحي، حيث كانت قيمة NSE (0.66) لمحصلة الرواسب. وكانت (0.69) للجريان السطحي. أما في حويضة الشيخ بدر فقد كان النموذج GeoWEPP ذو كفاءة عالية في تقديره لكمية التربة المنجرفة فقد كانت قيمة NSE (0.84) بينما أظهر النموذج فعالية منخفضة في تقدير الجريان السطحي حيث NSE (-337.35).

2- باستخدام النموذج GeoWEPP تم تقدير الانجراف على مستوى الأحواض الفرعية وصولا" إلى تقديرها على مستوى الحوض ككل، حيث أن الدراسات التقليدية تحسب نواتج الانجراف من خلال قياسات حقلية أو نماذج تجريبية على مستوى الحوض ككل ممثلة في قيمة مفردة single value دون الاهتمام بالتباينات على مستوى الأحواض الفرعية. وبالتالي بناء قاعدة بيانات قوية للرجوع إليها لتقييم الأساليب المتبعة في إدارة الأحواض watershed management.

3- باستخدام النموذج GeoWEPP، تم تحديد المناطق الحساسة للانجراف والترسبات داخل الأحواض الفرعية، والتي يمكن استخدامها للتدخلات المستهدفة لتنفيذ تدابير الحفاظ على التربة والموارد المائية. ففي حوض روجان كانت الأحواض (113،101،32،131،52,22) الأكثر ضررا. وفي حويضة الشيخ بدر كانت الأحواض (121،153،173،172) هي الأكثر مساهمة بالانجراف.

4- أشار تحليل تغيير استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي من نمط لآخر باستخدام النموذج GeoWEPP إلى تحول في المشهد الطبيعي لمنطقتي الدراسة (روجان-فرنسا) و(الشيخ بدر- سوريا).

5- أشارت الدراسة الى الدور الإيجابي الذي يؤديه الغطاء الأرضي في حماية التربة من الانجراف، إذ انخفضت قيم الخطر الفعلي لانجراف التربة في حوض روجان في عام 2002 مقارنة بعام 1997. عند زيادة مساحة الأراضي العشبية، والذي أدى إلى تراجع مساحات الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي بمقدار 10 %.

6- أظهرت نتائج تحليل تغير الغطاء الأرضي منذ عام 2010 ولغاية 2019 في حويضة الشيخ بدر: انخفاض مساحة المراعي بمقدار 6.1%، وكذلك انخفاض مساحة المحاصيل بنسبة 1.2% لصالح

بساتين الزيتون التي ارتفعت مساحتها وخاصة في الأراضي الشديدة الانحدار بمعدل 6.5%. ترجم ذلك الى ارتفاع نسبة الأراضي التي تتعرض لانجراف عالي بمقدار 22.7%.

7. أشارت نتائج النموذج إلى أن تغيير استعمالات الأراضي / الغطاء الأرضي له تأثير كبير على انجراف التربة والهيدرولوجيا في منطقتي الدراسة.

حيث ظهرت مخاوف حول مزارع كروم العنب وبساتين الزيتون والتي تمثل أهم المحاصيل من حيث الدخل والعمالة في حوض البحر الأبيض المتوسط، فقد أثبتت بأنها شكل من أشكال الأراضي الزراعية التي تسبب أعلى خسائر للتربة بفعل الانجراف المائي للتربة.

8. أظهرت النتائج التباين في فقد التربة والجريان السطحي بين الأحواض الفرعية في كلا منطقتي الدراسة، نتيجة التباين في أنماط استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي.

9. يشبه اتجاه فقد التربة في مختلف استعمالات الأراضي / الغطاء الأرضي اتجاهًا متوقعًا للجريان السطحي.

10. واجهة GIS المستخدمة من قبل النموذج GeoWEPP لها فضل في فهم العلاقات التفاعلية لحدوث الجريان السطحي والانجراف عند محاكاة الانجراف في الاحواض المائية الأكبر.

2- التوصيات:

1. توطين استخدام النماذج الفيزيائية في دراسات التقييم الكمي لانجراف التربة.
2. مراقبة المناطق التي تعاني من معدلات انجراف تربة مرتفع بواسطة محطات مراقبة انجراف تخصص لهذا الغرض، والاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في عمليات الرصد والمراقبة.
3. عدم الاخلال بالتوازن البيئي في المناطق شديدة الانحدار بهدف زراعة الأراضي أو شق الطرائقات او إقامة المنشآت السكنية او السياحية او الصناعية.
4. يجب تبني إجراء سليم لتخطيط وإدارة الأحواض المائية لمواجهة زيادة انجراف التربة، لا سيما في المناطق المنحدرة، كالزراعة الكنتورية وإقامة المصاطب والمدرجات وزيادة فعاليات التشجير الحراجي.
5. تعد مشاركة السكان المحليين في إدارة التربة والموارد المائية من الإجراءات الرئيسية للحفاظ على استدامة التربة والموارد المائية. ويوصى بتوعية مستخدمي الأراضي بالنتائج السلبية لبعض الممارسات الزراعية على انجراف التربة وتأثيرها المصاحب على الموارد المائية.
6. يجب وقف التعدي على الغطاء النبتي الطبيعي.
7. الاستفادة من مياه الجريان السطحي خلال أوقات الهطل المطري من خلال إقامة سدات مائية صغيرة قاطعة الوديان الرئيسية والتي تسهم في تطوير وتنمية الأحواض المائية.
8. عند الاستمرار بزراعة الزيتون، ينبغي على المزارعين التحول من الإدارة التقليدية والفلاحات المغلوطة والمتكررة التي تزيد من قابلية التربة للانجراف إلى إدارة سليمة تحد من اضطرابات التربة. وأن يستغلوا بطون الأودية والأراضي المستوية فقط والابتعاد عن حرث الأراضي المنحدرة.
9. توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS لما له دور بارز ومهم في الحصول على نتائج عالية الدقة وخاصة في الدراسات الهيدرولوجية وبالتالي يمكِن متخذي وصناع القرار للاستفادة من النتائج.
10. يحتاج انشاء طبقات خرائط GIS (DEM, landuse map. Soil map) الى المزيد من التحقق من صحة ودقة بياناتها فيما يتعلق بالظروف الحقلية، لأداء أفضل لنموذج GeoWEPP.
11. الاهتمام بأنظمة الرصد المناخية والهيدرولوجية، لإنشاء قاعدة بيانات لها، وتوظيفها بشكل يخدم النمذجة الرياضية.

المراجع العلمية

REFERENCES

1- المراجع العربية:

1) تقرير المسح التفصيلي والتوصيات والاستراتيجيات لمنطقتي القرداحة والشيخ بدر (CoLD,2004)، مشروع تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان. تقرير الاتحاد الأوربي.

2) جسار، عبدو. 2013. دراسة الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر بمحافظة طرطوس باستخدام نموذج GeoWEPP. رسالة ماجستير. جامعة دمشق.

3) حبيب، حسن. 2008. نشأت التربة وتكوينها. القسم النظري، كلية الزراعة، مطبوعات جامعة دمشق.

4) حسن، شذا. 2015. تأثير النمط الزراعي في بعض خواص التربة المؤثرة في الانجراف المائي بمنطقة حمام واصل (محافظة طرطوس). رسالة ماجستير، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

5) سلوم، محمد .2012. دراسة معامل قابلية بعض أنواع الترب السورية للانجراف المائي. رسالة ماجستير. كلية الهندسة الزراعية. علوم التربة. جامعة دمشق.

6) شوقي، محمد وعصام الدين. 1994. صيانة التربة، جامعة القاهرة، 327 صفحة.

7) العسكر، محمود ووسيم المسبر .2018. صيانة التربة، الجزء النظري، منشورات جامعة دمشق، صفحة 149.

8) عودة، سميح وأحمد محمود.2005. أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية. ط1 عمان دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة، ص58.

9) فارس، فاروق .1992. أساسيات علم الأراضي، منشورات جامعة دمشق، الطبعة الثانية، 703 صفحات.

10) كبيبو، عيسى وإبراهيم نيصافي. 1997 .الانجراف المائي وخطورته على أتربة المنطقة الساحلية في القطر العربي السوري، منشورات مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ، المجلد (18) ، العدد السابع.

11) كبيبو، عيسى وجلول أحمد. 1994. دراسة تصنيف أتربة المنطقة الساحلية وفقا" لشدة الانجراف – تقرير مقدم إلى الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

12) كبيبو، عيسى وجهاد إبراهيم، عبد العزيز بوعيسى. 2014. دراسة انجراف التربة في المنطقة الساحلية" اللاذقية– طرطوس". وزارة الدولة لشؤون البيئة.

13) كبيبو، عيسى وزهير مصري وحسام النائب. 2004. دراسة أولية لتقدير الانجراف التربة في حقول الزيتون للمنطقة الشمالية الغربية من سورية (منطقة عفرين) تحت ظروف معاملات زراعية مختلفة وتأثيرها على خواص التربة. مجلة جامعة تشرين، المجلد 26، العدد 2.

14) محمد، صفوان .2016. تقدير الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر– طرطوس باستخدام النمذجة الرياضية (RUSLE, WEPP). رسالة ماجستير. جامعة تشرين.

15) النائب، حسام.2015 .الإدارة المستديمة لزراعة البقوليات والتسميد في حقول الزيتون شمال سورية وجدواها الاقتصادية وأثرها في الحد من انجراف التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، رسالة ماجستير في كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين، 127

16) نحال، إبراهيم وخلدون درمش. 1986. أساسيات صيانة التربة– منشورات جامعة حلب ص 197.

17) نحال، إبراهيم وخلدون درمش. 1986. أساسيات صيانة التربة، منشورات جامعة حلب، 304 صفحات.

18) يوسف علي، حيدر .2009. دراسة الانجراف المائي للتربة في منطقة مزار القطرية (محافظة اللاذقية) باستخدام النموذج WEPP. رسالة ماجستير. كلية الهندسة الزراعية. علوم التربة. جامعة دمشق.

2- المراجع الأجنبية:

1. Abed, M. (2000). The Development of Latakia GIS-Based Soil Database and Related Applied Model, Case Study: Latakia district, Syria. Ph. D. thesis. Zhejiang University, China. 133P.
2. Ahmadi. H., Taheri. S., feiznia. S., Azarnivand. H .2008. Runoff & Sediment Yield Modeling Using WEPP in A Semi-Arid Environment (case Study: Orazan Watershed). Desert Journal 16(2011). Tehran, Iran. P5-12.
3. Alhassan Abubakari. (2014). Impact of Land Use Changes on Soil Erosion and Sedimentation in the TONO Reservoir Watershed using GeoWEPP Model. A Thesis submitted to the Department of Agricultural Engineering, Kwame Nkrumah University of Science and Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Soil and Water Engineering Faculty of Mechanical and Agricultural Engineering College of Engineering.
4. Andérieux, P., Leonard, J.& .2001. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in southern France. Catena. 32, 209-223.
5. Andrieux P., Hatier, A., Asseline, J., de Nomi, G., & Voltz, M. 2001.Predicting infiltration rates by classifying soil surface features in a Mediterranean wine-growing area. International symposium on the significance of soil surface characteristics in soil erosion, Cost 623 "Soil erosion and global change" Workgroup, Strasbourg, France.
6. Antoni, V., Le bissonnais, Y., Thorette, J., Zaidi, N., Laroche, B., Barthès, S., Daroussin, J. and Arrouays, D. 2006. Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au ⅟250 000 et confrontation aux enjeux locaux. In: Etude et Gestion des Sols. Vol. 13, no. 3, pp. 201–222.
7. Arnoldus, H.M.J. (1977): Prediction Soil Losses Due to Sheet and Rill Erosion. FAO Conservation Guide No 1, PP. 99-124.
8. Baban, S., M. J, Kamaruzaman, and W, Yusof.2011. Modelling Soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems. Hydrological Scences-Journal- des Science Hydrological,46(2): 191-198.
9. Baffaut, C., M. A. Nearing, and A. D. Nicks. 1996. Impact of CLIGEN parameters on WEPP–predicted average annual soil loss. Trans. ASAE 39(2): 447–457.

10. Baigorria. Guillermo A., Romero. Consuelo C (2006). Assessment of Erosion Hotspots in A watershed: Integrating the WEPP Model & GIS in A Case Study in the Peruvian Andes. Science Direct International Journal of Environmental Modelling & Software 22. (2007). p1175-1183.
11. Beasly, D. B., Monke, E. J. and Huggins, L.P. (1977): The Answer Model: A Planning Tool for Watershed Planning. Rans ASAE 2364, PP.938-944.
12. Berendse, F., Vanruijven, J., Jongejans, E., KEESSTRA, S.2015. Loss of Plant Spices Diversity reduces Soil Erosion Resistance. Ecosystems, 18(5), PP:881-888.
13. Berendse, Frank & Ruijven, Jasper & Jongejans, Eelke & Keesstra, Saskia. (2015). Loss of Plant Species Diversity Reduces Soil Erosion Resistance. Ecosystems. 18. 10.1007/s10021-015-9869-6.
14. Biarnès A., Rio P., Hocheux A. (2004). Analyzing the determinants of spatial distribution of weed control practices in a Languedoc vineyard catchment, Agronomie 24,187–196.
15. Bryan, R.B. and Campbell, LA., 1986. Runoff and sediment discharge in a semi-arid drainage basin. Z. Geomorphol., 58: 121-143.
16. Casenave, A. and Valentin, C., 1992. A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa. J. Hydrol., 130: 23 l-249.
17. Chainan N. 2004. Paramétrisation multi-échelle d'un modèle hydrologique spatialisée de crue en milieu agricole. Thèse université Montpellier II 'Science de la terre et de I 'eau et la terre'. INRA/AGRO-Montpellier 238 p.
18. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange. In: Methods of soil analysis, (Ed. Black, C. A.), America soil of Agronomy Monograph, 9(2): 891-901.
19. Chowdary, V.M., V.R. Desai, M. Gupta A. Jeyarm1, Y.V.N.K. Murthy. (2012). Runoff simulation using distributed hydrological modeling approach, remote sensing and GIS techniques: A case study from an Indian agricultural watershed. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B8:203-207.
20. Cochrane, T.A., Flanagan, D.C. 1999. Assessing water erosion in small watersheds using WEPP with GIS and digital elevation models (Fourth Quarter 1999), Journal of Soil and Water Conservation, 678-685.
21. Corbane, C., D. Raclot, F. Jacob, J. Albergel, P. Andrieux. 2008."Remote sensing of soil surface characteristics from a multiscale classification approach." Catena, Vol. 75: 308-318.

22. Covert. Susan Ashley. (2003). Accuracy Assessment of WEPP-Based Erosion Models On Three Small, harvested & Burned Forest Watersheds. A thesis Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science with A major in Forest Resources, College of Graduate Studies, University of Idaho, USA.
23. Darwish Sami, Shankali M., Nokta A. Razak, Mokdad Y. 1986. Report on soil survey and classification in Tartous. Ministry of agriculture.
24. De Paz, J. M., Sanchez, J., and F. Visconti. 2006.combined use of GIS and environmental indicators for assessment of chemical, physical and biological soil degradation in Spanish Mediterranean region. Environ. Manage.79(2):150-162.
25. De Roo, A. P. J., & Jetten, V. G. (1999). Calibrating and validating the LISEM model for two data sets from the Netherlands and South Africa. *Catena*, *37*(3–4), 477–493. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00034-X.
26. Dengiz, O., T. Yakupoglu and O. Baskan. 2009. Soil erosion assessment using geographical information system (GIS) and remote sensing (R S) study from Ankara- Guvence, Turkey- Journal of Environmental Biology. Vol. 30(3):33-344.
27. Dongli, S., S. Ming an. H. Wei and Y. Shuang'en., (2010). Variability of soil water-physical properties in a small catchment of the Loess Plateau, China. African Journal of Agricultural Research Vol. 5(22): 3041-3049.
28. EL Garouani, AK, M. Abdelaziz., J. Raouf, M.R. Boussema, 2005. Spatial analysis of Sheet Erosion and soil infeltrability in Moroccan Pre-Rif, Télédétection, 2005, Vol.5, n° (1-2-3):69-80.
29. Elliot, W. J., and D. E. Hall. (1997). Water Erosion Prediction Project (WEPP) forest applications. General Technical Report INT-GTR-365. Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 11 pp.
30. Elliot. William J., Foltz. Randy B. (2003). The challenges in Developing the WEPP cumulative Effects Model. Project leader and Research Engineer, Rocky Mountain Research Station, Moscow, Idaho, USA.
31. F.A.O, UNEB, UNESCO. 1980. Provisional map of soil Degradation DES pisks, Scale; 1:500.000.
32. Fadhil, A. M. 2009. Land Degradation Detection Using Geo- Information Technology for Some Sites in Iraq. Journal of Al-Nahrain University Vol. 12(3): 94-108.

33. FAO .1983. Garder la terre en vie : l'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulletin pédologique 50-62p.
34. Faulkner, H., 1990. Vegetation cover density variations and infiltration patterns on piped alkali sodic soils: Implications for the modelling of overland flow in semi-arid areas. In: J.B. Thomes (Editor), Vegetation and Erosion, Processes and Environments. Wiley, Chichester, pp. 317-346.
35. Flanagan D, and Nearing M.1995. USDA – Water erosion prediction project; Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Report No. 10, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana
36. Flanagan De, Livingston J.A.D. Nicks, Nearing M.A. and Laflen J.M. 1995. USDA WEPP: Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Report No. Il USDA.
37. Flanagan, D. C., J. C. Ascough, M. A. Nearing, and J. M. Laflen. 2001. The Water Erosion Prediction Project (WEPP) model. In Landscape Erosion and Evolution modeling, 145-199. New York, N.Y.: Kluwer Academic/Plenum.
38. Flanagan, D. C.; Gilley, J. E.; Franti, T. G. 2007. Water erosion prediction. project: development history, model capabilities, and future enhancements Transactions of the ASABE, 50(5):1603-1612.
39. Flanagan, D.C.; Frankenberger, J.R.; Cochrane, T.A.; Renschler, C.S.; Elliot, W.J. (2013). Geospatial application of the water erosion prediction project (WEPP) model. Trans. ASABE, 56, 591–601.
40. Flanagan. D. C., Frankenberger. J. R., Cochrane. C. S., Renschler. C. S., Elliot. W. 2012. Geo spatial Application of the Water Erosion Prediction (WEPP) Model. American Society of Agricultural & Biological Engineers ISSN 2151-0032. USA. P591-601.
41. Foster, G.R., & L.J. Lane (1987). WEPP: User Requirements- USDA Water Erosion Prediction Project (WEPP). NSERL Report 1, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, West Lafayette, IN. U.S.A.
42. Freebrain, D. M., Wockner, G.H., Hamilton, N. A. and Rowland. P.2009. Impact of soil conditions on hydrology and water quality for a brown clay in the north- eastern cereal zone of Australia. Australian Journal of Research 47, 389-402.
43. Fullen, M.A., 1985. Soil compaction, hydrological processes and soil erosion on loamy sands in East Shropshire, England. Soil Tillage Res., 29(6): 17-29.

44. Gang. W. Honglei. J. Li Guo. Jian Zhuang., Lie Tang. (2015). Wind erosion control utilizing standing corn residue in Northeast China. Soil and Tillage Reseach. Vo153. Pa 112-119.
45. Garbrecht, J., Martz, W.L. 1997. The assignment of drainage direction over flat surface in raster digital elevation models, Journal of Hydrology 193, 204-213.
46. Garbrecht, J., Martz, W.L. 1999. TOPAZ Overview, Rep.# GRL 99-1, Grazinglands Research Laboratory, USDA, Agricultural Research Service, El Reno, Oklahoma
47. Gupta, P.K.2000.Soil, Plant, Water and fertilizer analysis. Agrobios (India). Jodhpur, New Delhi, India. P,438.
48. Hazwani., NK., Rohayu CO., Fathoni U., INZ Baharuddin., Azwin ZA.2013. Transmission tower classification based on landslide risk Map generated by Geographical information System (GIS) at Cameron Highlands, 4th Intermational Conference on Energy and Environment: 1-4.
49. Irvem, V. A., 2010. Estimating spatial Distribution of soil loss over Seyhan Reyhan River Basin in Turkey. J. Hydro., 336(1-2): 30.
50. Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis- advanced course, 2nd., Madison, WI, USA.
51. Jakeman, A. J. and Hornberger, G. M.1993. How much complexity is warranted in a rainfall–runoff model? Water Resource. Res., 29,2637–2649, 1993.
52. Jebari, S, R. Berndtsson, A. Bahri and M. Boufroua. 2008. Exceptional Rainfall Characteristics Related to Erosion Risk in Semiarid Tunisia. The Open Hydrology Journal, Vol. 1(3):1-9.
53. Jones C. A. and P. T. Dyke (1984) A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. American Society of Agricultural Engineers, 27.
54. Joseph, G., B. Maysoon, M. Mikha, and Merele. 2008. Organic carpon effects on soil physical and hydraulic properties in a semiarid climate, SSSAJ, N5: 1357-1362.
55. Joseph, G., Benjamin. Maysoon, M; Mikha; and Merele. (2008). Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semiarid climate, SSSAJ, N5:1357-1362.
56. Kefi, M., and K, Yoshino. 2010. Evaluation of the Economic Effects of Soil Erosion Risk on Agricultural Productivity Using Remote Sensing: Case of Watershed in Tunisia. International Archives of the photogrammetry, Remote

Sensing and Spatial Information Science, Vol. XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan:930-934.
57. Kerttész, A., J. Gergly. 2011. Gully erosion in Hungary, review and case study. Procedia Social and Behavioral Science,19: 693-701.
58. Kharistya. A., and Norifumi, H.2018. Application of GeoWEPP for Evaluating Sediment Yield in a Mountain Area: Agatsuma Watershed, Japan. Pages 1-14. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/ijece/-char/en.
59. Kosmas, C, Danalatos, N., Moustakas, N., Tsatiris, B., Kallianou, Ch. and Yassoglou, N., 1993. The impacts of parent material and landscape position on drought and biomass production of wheat under semi-arid conditions. Soil Technol., 6: 337-349.
60. Kosmas. C., Danalatos. N., Cammeraat. L.H., Chabart. M., Diamantopoulos.J., Farand.R., Gutierrez.L., Jacob. A., Marques. H., Martínez-Fernández., Mizara. A., Moustakas. N., Nicolau, J.M., Oliveros.C., Pinna. G., Puddu. R., Puigdefabregas. J., Roxo. M., A. Vacca. A. (1997). The effect of landuse on runoff and soil erosion under Mediterranean conditions. CATENA. P 45-59.
61. Lacaze, B. 2004. Remotely-Sensed Optical and Thermal Indicators of land Degradation. Proceedings of the 24th EARSEL Symposium, Dubrovnik, Croatia:25-27.
62. Laflen, J.M., Lane, L.J., Foster, G.R. 1991. WEPP—a next generation of erosion prediction technology. J. Soil Water Conserv. 46, 34–38.
63. Langbein. W.B. and Schumm, S.A. 1958. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. Am. Geophys. Union Trans., 39: 1076-1084.
64. Le Bissonnais, Y., Arrouays, D. (1997). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents Eur. J. Soil Sci., PP. 39-48.
65. Lopez- Vicente, M., Navas, A., and J. Machin. 2008. Identifying erosive periods by using RUSLE factors in mountain fields of the Central Spanish Pyrenees. Hydrol. Earth Syst Sc. 12(2):1-13.
66. Maalim, F.., Melesse, A.., Belmont, P., & Gran, K. (2013). Modeling the impact of land use changes on runoff and sediment yield in the Le Sueur watershed, Minnesota using GeoWEPP. *Catena*, *107*, 35–45. https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.004
67. Mekki, I., J. Albergel, N. Ben Mechlia, and M. Voltz. (2006). Assessment of overland flow variation and blue water production in a farmed semi-arid

water harvesting catchment. Physics and Chemistry of the Earth 31 pp: 1048-1061.

68. Najm. Z., N. Keyhani, Reznei, A. N. Nezamabad, S. H. Vaziri. 2013.Sedimemt Yield and Soil erosion assessment by using an empirical model of MPSIAC for Afjeh & Lavarack sub- watersheds, Iran. Earth Vol. Sciences 2(1): 14-22.
69. Nash, J. E., J. V. Sutcliffe. (1970). River flow forecasting through conceptual Models of Principles. J. Hydrol. 10(1): 282-290.
70. Nigus D. Melaku .2018. Application of SWAT and GeoWEPP model in predicting the impact of stone bunds on runoff and erosion processes in the Northern Ethiopian Highlands. Final report to Austrian Marshall Plan.
71. Novara. A., Gristina. L., Saladino. S. S., Santoro, A., Cerda, A. (2011). Soil érosion assessment on tillage and alternative soil managements à Sicilien vineyard. Soil Tillage Res. 117, 140-147.
72. Panagopoulos, T. and V. Ferrrira. 2010. Erosion Risk Map of a Foupana River Watershed in Algarve, Portugal. WSEAS. Transactions on Environment and Development, Vol.6(9):635-640.
73. Pandey, A., Himanshu, S. K., Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2016). Physically based soil erosion and sediment yield models revisited. Catena, 147, 595–620. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.002
74. PAP/RAC (1992). Coastal resources management plan vol. 2, technical report. Split, Croatia.
75. Pudasaini M, Shrestha S. and Riley S. (2004). Soil erosion control from construction sites: An important aspect of watershed conservation in Self Sustaining Solutions for Streams, Wetlands and Watersheds. American Society of Agricultural Engineers, St Paul, MN, USA.
76. Raclot, D. 2010. Le dispositif d'observation sur le bassin versant de Kamech (Cap Bon, Tunisie). In: OMERE [online]. 2010. Available from: http://www.umr-lisah.fr/omere/download.php?f=2010_11_LIVRET_KAMECH.pdf
77. Reis. Mahmut., Savaci. Gamze., Baltaci. Enis .2012. Determination of Soil Erosion Amount in Kahramanmaras Keklik Stream Basin Using Silt Fence. KSU J. Nat. Sci., Special Issue, 2012, Turkey.p261-270.
78. Renschler. C. S. (2003). Designing geo-spatial interfaces to Scale Process Models: The GeoWEPP approach. Department of Geography, University at Buffalo-the stat university of New York, Buffalo, NY 14261, USA. P1005-1017.

79. Rompaey V., J,J, Anton, B. R. Paolo, J.A. Jones, L, Montanarella, G, Govers. 2003. Validation of Soil erosion Risk Assessment in Italy. European Soil Bureau Research Report No.12, EUR20676 EN,25.
80. Rouxa, J, J. Le., T.S. Newbyb., P,D.Sumner. 2007. Monitorin Soil erosion in South Africa at a regional Scale : review and recommendations. South African Journal of Science. Vol. 103: 329-335.
81. Sadghi, S.H. R., KH. Jalili, D. Nikkami. (2009). Land use optimization in watershed scale. Land Use Policy. Vol. 26: 186-193.
82. Saghafian, Bahram., Amin Reza Meghdadi and Somayeh Sima.2014. Application of the WEPP model to determine sources of run-off and sediment in a forested watershed. Hydrological Processes, (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/hype. 10168.p:17.
83. Savabi, M. R., W. J. Rawls, and R. W. Knight. (1995). Water erosion prediction project (WEPP) rangeland hydrology component evaluation on a Texas range site. J. Range Mgmt. 48:535-541.
84. Schiettecatte, G., Cornelis. & Hofman. 2007."Enrichment of Organic Carbon in Sediment Transport by Interrill and Rill Erosion Processes." SSSAJ 72(2):50-55.
85. Shen, Z. Y., Gong, Y. W., Li, Y. H., Hong, Q., Xu, L., & Liu, R. M. (2009). A comparison of WEPP and SWAT for modeling soil erosion of the Zhangjiachong Watershed in the Three Gorges Reservoir Area. Agricultural Water Management, 96(10), 1435–1442. https://doi.org/10.1016/j.agwat.04.017.
86. Stockmann. U., B. Minasny and A. Mebratney. (2011). Quantifying Processes of pedogenesis. Advances in Agronomy 113,1-71.
87. Tarolli, P.; Preti, F.; Romano, N. 2014.Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment. Anthropocene. 6, 10–25.
88. Thomes, J.B.2007.Modeling Soil Erosion by Grazing: Recent Development and New Approaches.Geogr.Res.45(1):13-26.
89. Tingting, LV., Sun, Xiaoyua, Zang, Dandana, Xue, Zhenshana and Gong, Jianminga. 2008. "Assessment of Soil Erosion risk in northern Thailand. The International Archives of the photogrammetry." Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVII. Part B8:703-708.
90. Tisdall, J. M., Oades, J.M. (1982). Organic matter and Water Stable aggregate. In Soils. Sci. 33,141-163.

91. UNEP [United Nations Environment Programme]. Project funded by the European commission life third contries,"Improving Coastal Land Degradation monitoring in Lebanon and Syria,2004.
92. Vaidya, J.C. Kuniyal and R. Chauhan. (2013). Morphometric analysis using Geographic Information System (GIS) for sustainable development of hydropower projects in the Lower Satuj river catchment Himachal Pradesh, India. Informational Journal of Geometric and Geosciences Vol, 3, No3: 464-473.
93. Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomose, J.N., Setala. H., Putten, W.H., van der and Wall, D.H. (2004). Ecological linkages between aboveground and belowground biota, Science 304, 1629-1633.
94. Williams, J.R., Nearing, M.A., Nicks, A., Skidmore, E., Valentine, C., King, K., Savabi, R. 1996. Using soil erosion models for global change studies. Journal of Soil and Water Conservation 51 (5), 381– 385.
95. Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., CROSS, B.V., A soil erodibility nomograph for farmland and conservation. 26: 1971, pp (189-192).
96. WRB-FAO, 1998. World Reference Base for Soil Resources. FAO, Rome.
97. Wu, X. and X, Wang, 2011. Spatial Influence of Geographical Factor on Soil Erosion in Fu yang County, China. Procedia Environmental Sciences 10: 2128-2133.
98. Yuksel A., Sedaei L., Naderi M., Abu Samah A. 2015. The application of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for the estimation of runoff and sediment on a monthly time, resolution. Environ Earth Sci. DOI 10.1007/s12665-015-4600-7
99. Yüksel. Alaaddin., Akay. Abdullah., Reis. Mahmut., Gündoğan. Recep., Cetiner. Muzaffer. (2008). Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek watershed in Kahramanmaras, Turkey. International Congress of River Basin Management, Antalya, Turkey.p1222-1236.
100. Yüksel. Alaaddin., Akay. Abdullah., Reis. Mahmut., Gündoğan. Recep .2006. Using The WEPP Model to Predict Sediment Yield in A Sample Watershed in Kahramanmaras Region. International Congress On River Basin Management, Turkey. P12-22.
101. Yüksel. Alaaddin., Akay. Abdullah., Reis. Mahmut., Gündoğan. Recep., Cetiner. Muzaffer. (2008). Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek watershed in

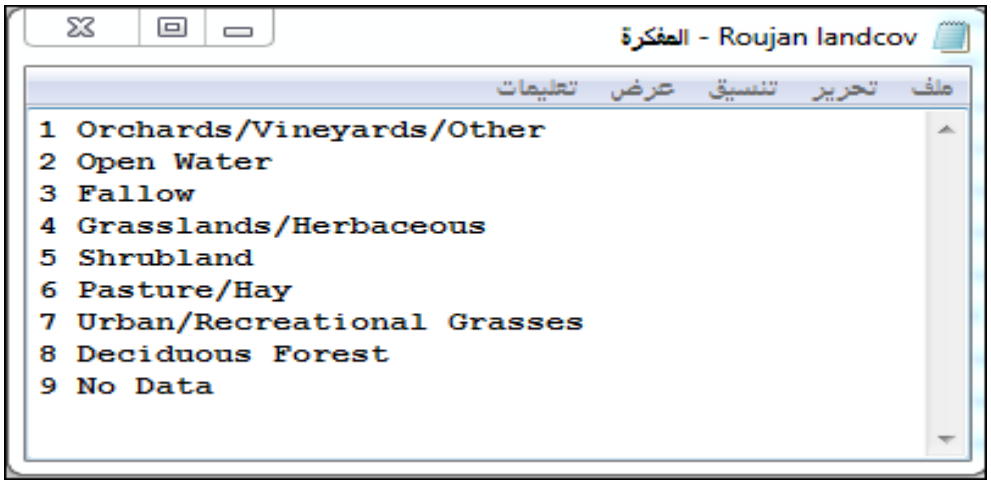
Kahramanmaras, Turkey. International Congress of River Basin Management, Antalya, Turkey.p1222-1236.

102. Zhang, X. C., M. A. Nearing, and L. M. Risse. (1995a). Estimation of Green-Ampt conductivity parameters: Part I. Row crops. Trans. ASAE. 38(4):1069-1077.

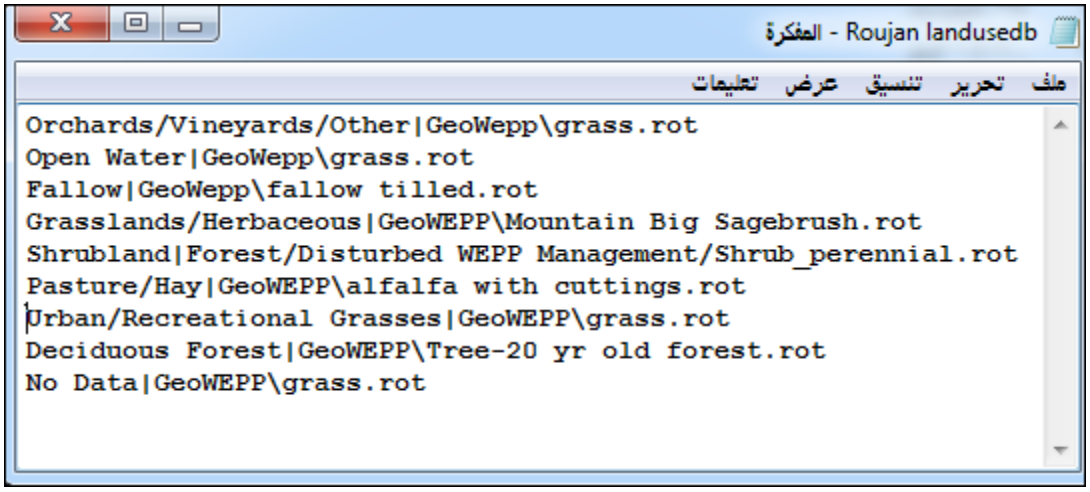
103. Zhang, X. C., M. A. Nearing, and L. M. Risse. (1995b). Estimation of Green-Ampt conductivity parameters: Part II. Perennial crops. Trans. ASAE. 38(4):1079-1087.

104. Zhanyu Zhang, Liting Shebg, Jie Yangm Xiao-An Chen, Lili Kong and Bakhtawar Wagan. (2015). Effect of Land Use and Slope Gradient on Soil Erosion in aRed Soil Hilly Watershed of Southern China. Sustainability (2015). p 14309-14325.

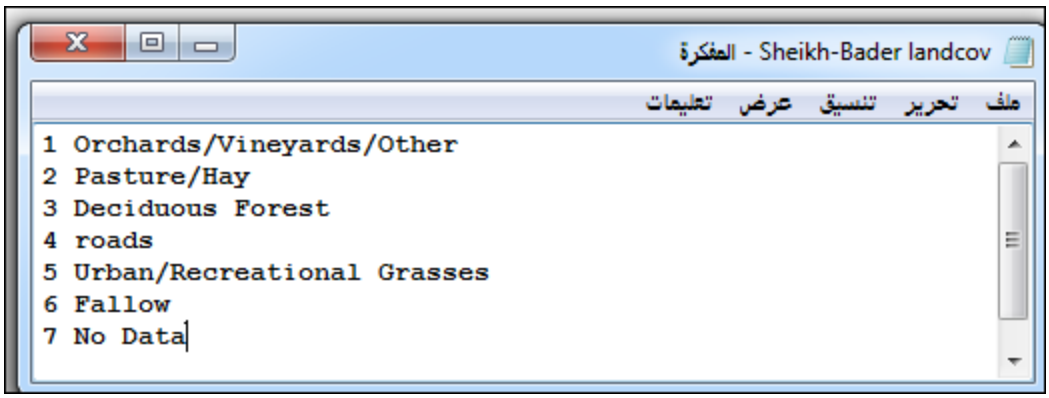
الملحق



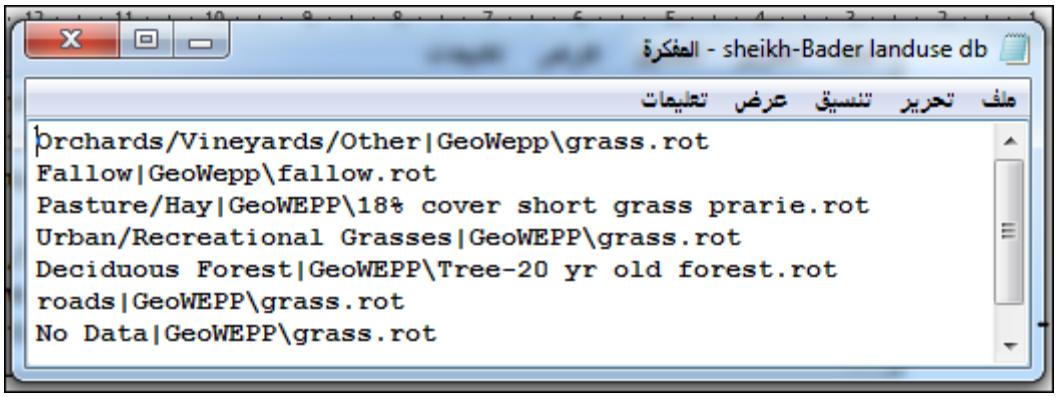
الملحق 1: الملف النصي لاستعمالات الأراضي لروجان حسب نمط التحويل لـ ASCii



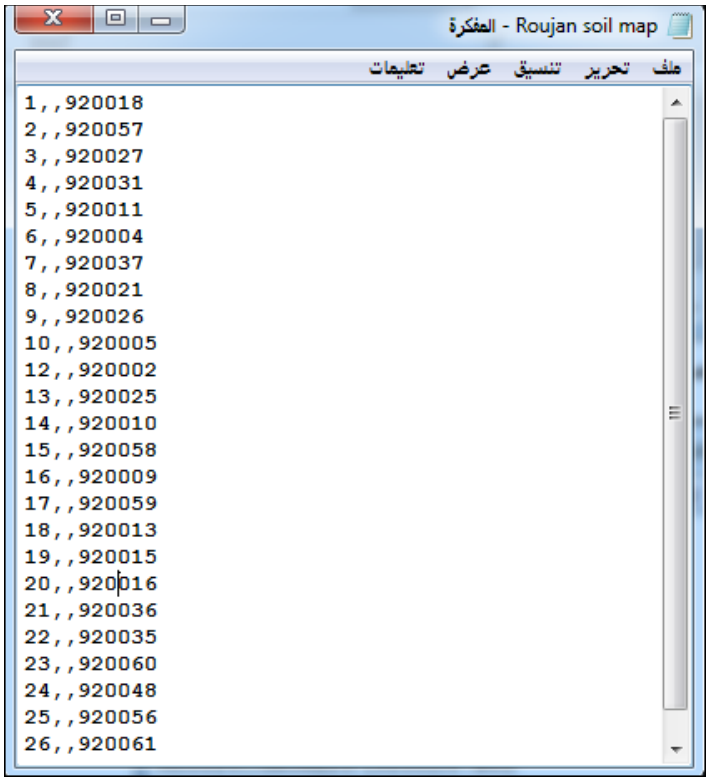
الملحق 2: الملف النصي لقاعدة استعمالات الأراضي لروجان حسب GeoWEPP



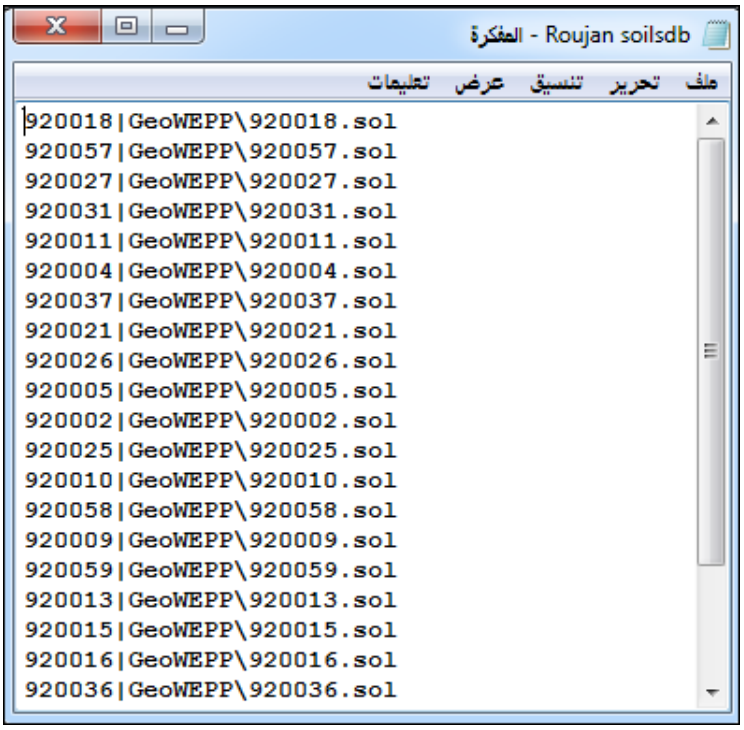
الملحق 3: الملف النصي لاستعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر حسب نمط التحويل لـ ASCii



الملحق 4: الملف النصي لقاعدة استعمالات الأراضي لحويضة الشيخ بدر حسب GeoWEPP



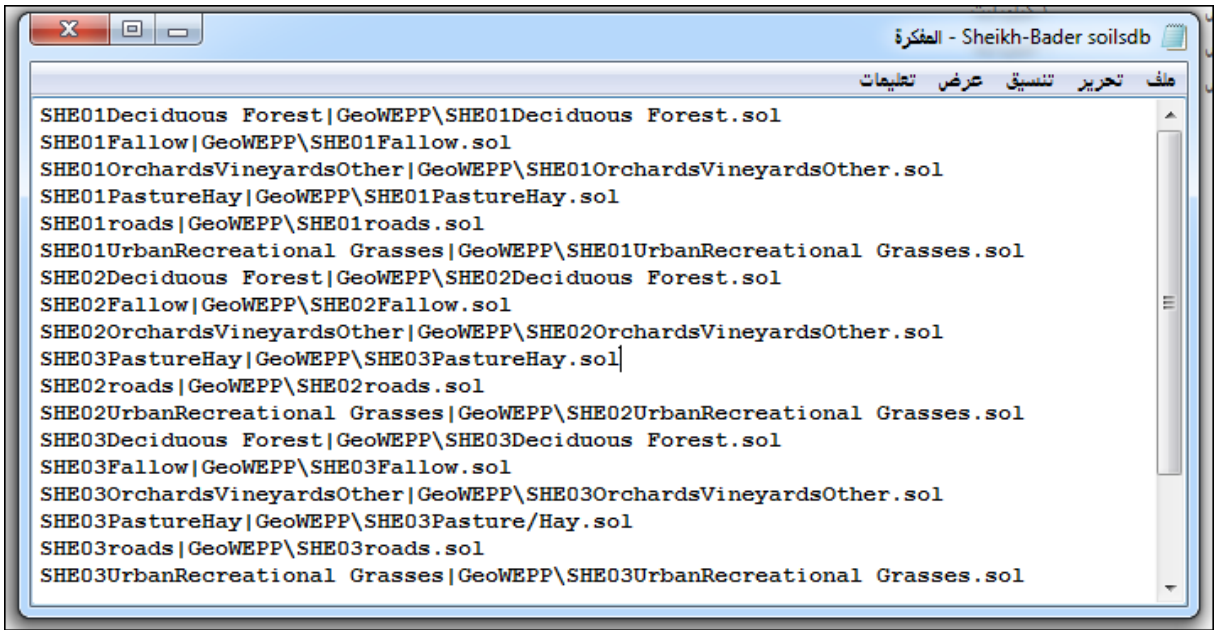
الملحق 5: الملف النصي للتربة soil map.txtلروجان حسب نمط التحويل لـ ASCii



الملحق 6: قاعدة البيانات للتربة soildb.txt لروجان حسب نمط التحويل لـ ASCii



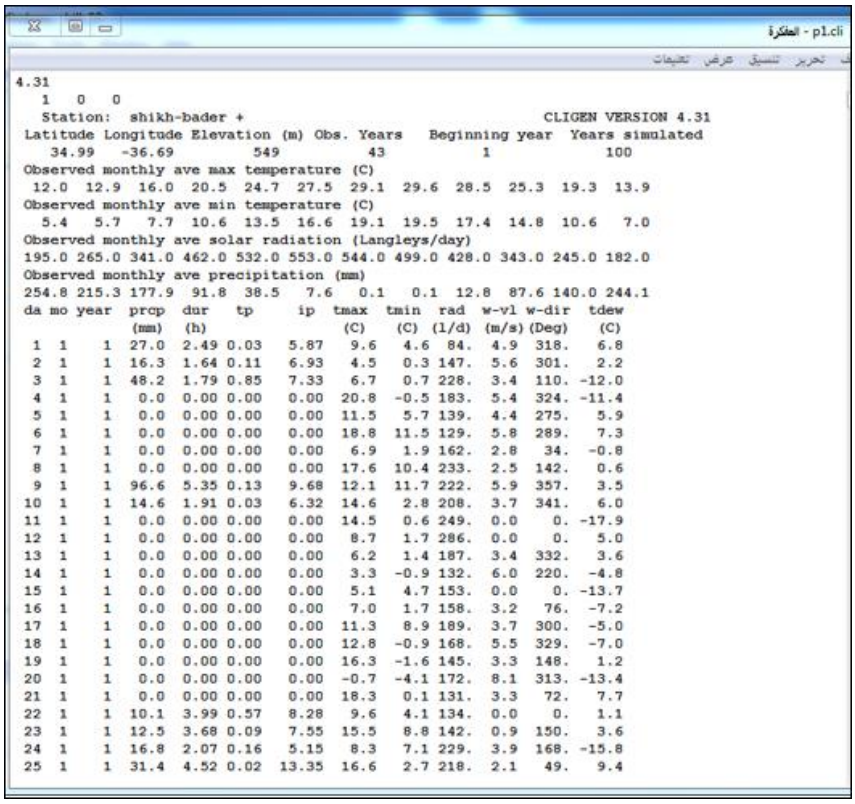
الملحق 7: الملف النصي للتربة soil map.txt لحويضة الشيخ بدر حسب نمط التحويل لـ ASCii



الملحق 8: قاعدة البيانات للتربة soildb.txtلحويضة الشيخ بدر حسب نمط التحويل لـ ASCii

```
4.30
  1   0   0
  Station:  FRANCE Roujan FRA                                  CLIGEN VERSION 4.3
Latitude Longitude Elevation (m) Obs. Years   Beginning year  Years simulated
   43.82    -3.53          99         22           1               1
Observed monthly ave max temperature (C)
 11.8  12.6  16.2  18.8  22.7  27.1  29.5  29.4  25.1  20.7  15.2  12.1
Observed monthly ave min temperature (C)
  3.1   2.8   5.3   7.9  11.2  14.5  16.4  16.3  13.0  10.7   6.3   3.2
Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)
171.0 248.0 340.0 441.0 520.0 563.0 553.0 503.0 431.0 327.0 228.0 168.0
Observed monthly ave precipitation (mm)
 63.8  47.4  49.4  63.1  46.2  34.7  22.6  35.6  78.4  93.1  92.1  60.7
da mo year  prcp  dur   tp     ip  tmax  tmin  rad  w-vl w-dir  tdew
            (mm)  (h)              (C)   (C) (l/d) (m/s)(Deg)   (C)
 1  1    1   3.8  2.42 0.02   5.81  10.5   2.6  74.  4.7  312.   5.3
 2  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   7.7  -0.1 129.  5.7  288.  -0.2
 3  1    1   2.1  1.64 0.08   6.93   8.9   0.2 200.  2.2  102.  -8.7
 4  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  16.5  -0.6 161.  5.2  321.  -8.3
 5  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  11.5   7.3 122.  3.5  240.   1.5
 6  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  15.4  12.6 113.  3.8  267.   2.3
 7  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   9.0   9.0 142.  4.1   26.  -2.3
 8  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  14.8   6.3 204.  1.9  158.  -1.5
 9  1    1  23.5  0.86 0.82   4.80  11.8   7.1 195.  5.8    0.   0.2
10  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  13.2   1.5 182.  3.9  338.   1.6
11  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  13.1   0.1 219.  0.0    0. -12.0
12  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  10.0   0.8 204.  0.0    0.   1.7
13  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   8.6   6.2 164.  3.5  331.   5.3
14  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   7.1   1.9 116.  8.3  205.  -4.6
15  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   8.0   2.7 134.  5.5  348.  -9.6
16  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   9.1   0.8 139.  2.2   42.  -5.9
17  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  11.4   5.4 166.  5.5  287.  -4.7
18  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  12.2  -0.9 147.  3.8  328.  -5.8
19  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  14.1  -1.3 127.  6.6  164.  -1.2
20  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   4.9   1.5 151.  4.9  305.  -9.5
21  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  15.1  -0.2 115.  0.4   40.   2.5
22  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  10.5   5.9 118.  0.0    0.  -1.3
23  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  13.6   9.8 125.  3.0  165.   0.2
24  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00   9.8   4.2 201.  2.6  177. -10.9
25  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  14.2   1.4 191.  4.6   31.   5.6
26  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  15.0   6.4 245.  2.9  314.   9.9
```

الملحق 9: توليد الملف المناخي لحوض روجان باستخدام CLIGEN لمائة عام



p1.cli - الحافظة

تحرير تنسيق عرض تعليمات

```
4.31
   1    0    0
   Station:  shikh-bader +                                  CLIGEN VERSION 4.31
 Latitude Longitude Elevation (m) Obs. Years   Beginning year  Years simulated
    34.99   -36.69          549          43             1             100
 Observed monthly ave max temperature (C)
  12.0  12.9  16.0  20.5  24.7  27.5  29.1  29.6  28.5  25.3  19.3  13.9
 Observed monthly ave min temperature (C)
   5.4   5.7   7.7  10.6  13.5  16.6  19.1  19.5  17.4  14.8  10.6   7.0
 Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)
 195.0 265.0 341.0 462.0 532.0 553.0 544.0 499.0 428.0 343.0 245.0 182.0
 Observed monthly ave precipitation (mm)
 254.8 215.3 177.9  91.8  38.5   7.6   0.1   0.1  12.8  87.6 140.0 244.1
 da mo year  prcp  dur   tp     ip  tmax  tmin  rad  w-vl w-dir  tdew
             (mm)  (h)                (C)   (C) (l/d) (m/s) (Deg)   (C)
  1  1    1 27.0  2.49 0.03   5.87   9.6   4.6  84.  4.9  318.   6.8
  2  1    1 16.3  1.64 0.11   6.93   4.5   0.3 147.  5.6  301.   2.2
  3  1    1 48.2  1.79 0.85   7.33   6.7   0.7 228.  3.4  110. -12.0
  4  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  20.8  -0.5 183.  5.4  324. -11.4
  5  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  11.5   5.7 139.  4.4  275.   5.9
  6  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  18.8  11.5 129.  5.8  289.   7.3
  7  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   6.9   1.9 162.  2.8   34.  -0.8
  8  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  17.6  10.4 233.  2.5  142.   0.6
  9  1    1 96.6  5.35 0.13   9.68  12.1  11.7 222.  5.9  357.   3.5
 10  1    1 14.6  1.91 0.03   6.32  14.6   2.8 208.  3.7  341.   6.0
 11  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  14.5   0.6 249.  0.0    0. -17.9
 12  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   8.7   1.7 286.  0.0    0.   5.0
 13  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   6.2   1.4 187.  3.4  332.   3.6
 14  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   3.3  -0.9 132.  6.0  220.  -4.8
 15  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   5.1   4.7 153.  0.0    0. -13.7
 16  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00   7.0   1.7 158.  3.2   76.  -7.2
 17  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  11.3   8.9 189.  3.7  300.  -5.0
 18  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  12.8  -0.9 168.  5.5  329.  -7.0
 19  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  16.3  -1.6 145.  3.3  148.   1.2
 20  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  -0.7  -4.1 172.  8.1  313. -13.4
 21  1    1  0.0  0.00 0.00   0.00  18.3   0.1 131.  3.3   72.   7.7
 22  1    1 10.1  3.99 0.57   8.28   9.6   4.1 134.  0.0    0.   1.1
 23  1    1 12.5  3.68 0.09   7.55  15.5   8.8 142.  0.9  150.   3.6
 24  1    1 16.8  2.07 0.16   5.15   8.3   7.1 229.  3.9  168. -15.8
 25  1    1 31.4  4.52 0.02  13.35  16.6   2.7 218.  2.1   49.   9.4
```

الملحق 10: توليد الملف المناخي لحويضة الشيخ بدر باستخدام CLIGEN لمائة عام

الجدول 1: يبين المتوسطات الشهرية للهطول المطري ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى وعدد الأيام الرطبة لمحطة روجان.

الشهر	متوسط الهطل الشهري(مم)	متوسط الحرارة العظمى الشهرية(°م)	متوسط الحرارة الصغرى الشهرية(°م)	عدد الأيام الرطبة
JAN	68.4	11.8	3.15	9.18
FEB	47	12.6	2.84	6.45
MAR	47.6	16.24	5.28	6.68
APR	61.2	18.79	7.98	8.4
MAY	47.1	22.7	11.2	8.4
JUNE	35.6	27.02	14.58	4.81
JULY	22.1	29.57	16.43	4
AUG	36.4	29.43	16.25	5.63
SEP	77.4	24.77	13.05	6.81
OCT	93.8	20.71	10.78	10.27
NOV	93	15.24	6.37	9.36
DEC	62.1	12.15	3.26	9

الجدول 2: يبين المتوسطات الشهرية للهطول المطري ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى وعدد الأيام الرطبة لمحطة الشيخ بدر.

الشهر	متوسط الهطل الشهري(مم)	متوسط الحرارة العظمى الشهرية(°م)	متوسط الحرارة الصغرى الشهرية(°م)	عدد الأيام الرطبة
JAN	253.9	12	5.4	13
FEB	213.2	12.9	5.7	12
MAR	178.2	16	7.7	11
APR	93.2	20.5	10.6	7
MAY	38.2	24.7	13.5	3
JUNE	8.3	27.5	16.6	1
JULY	1.6	29.1	19.1	0
AUG	2.3	29.6	19.5	0
SEP	12.7	28.5	17.4	2
OCT	88.6	25.3	14.8	6
NOV	141.5	19.3	10.6	8
DEC	245.6	13.9	7.0	13

الجدول 3: يبين بارامترات التربة لروجان حسب (OMERE) وفق متطلبات WEPP

Rock(%)	CEC	OM%	Soil Texture	Clay%	Sand%	Depth mm	NO_PROF
2.5	10	1.24	loam	18.8	33.9	500	920001
	10		loam	19.4	32.3	350	920001
2.5	7.5	0.88	sandy loam	16.4	52.4	550	920002
	10		loam	25.3	36.2	50	920002
5	10	1.05	loam	17.2	45.4	550	920003
	10		loam	18.4	49.1	650	920003
5	10	0.95	loam	19.1	40.9	270	920004
	10		loam	21.6	36.5	430	920004
	10		loam	18.3	39.5	750	920004
5	10	0.97	loam	19.6	44.9	350	920005
5	10	1.10	loam	20	41.7	550	920006
	10	0.00	loam	25.7	31.9	650	920006
8	10	0.67	silty loam	19.4	25.4	450	920007
	10		silty loam	26	4.9	650	920007
	10		silty loam	23.3	8.1	200	920007
5	10	0.88	loam	17.3	45.2	300	920009
	10		loam	25.5	28.2	500	920009
	10		silty loam	0.02	28.2	200	920009
2.5	22.5	1.71	sandy clay loam	20.5	54.9	300	920010
	7.5		sandy clay	38	45.8	400	920010
	22.5		clay loam	20	28.1	500	920010
13	10	0.91	loam	18.6	34.7	550	920011
	10		silty loam	17.9	23.9	100	920011
	7.5		sandy loam	5.4	65	200	920011
	6		silty	15.6	12.3	150	920011
2.5	10	0.91	silty loam	17.5	25	500	920012
	10	0.81	silty loam	18.1	29.4	150	920012
	10	0.78	loam	20.7	37	350	920012
	10		loam	22.1	30.2	100	920012
2.5	10	1.12	loam	26.4	39.7	600	920013
	22.5		clay loam	31.1	23.9	300	920013
	10		silty loam	18.9	22.6	300	920013
5	7.5	1.07	sandy loam	16.8	56.2	600	920014
	22.5		clay loam	30.6	38	300	920014
	22.5		clay loam	35.8	34.7	300	920014
5	10	1.64	loam	23.6	33.8	200	920015
	10		loam	22.1	37.8	500	920015
	10		loam	19.8	40.4	400	920015
	10		loam	18.1	44.7	400	920015
13	10	1.33	loam	16.5	43.4	200	920016
	10		loam	16.9	45.8	500	920016
	10		loam	15.5	46.7	300	920016

Rock(%)	CEC	OM%	Soil Texture	Clay%	Sand%	Depth mm	NO_PROF
8	10	1.71	silty loam	24.4	22.4	300	920017
	10		silty loam	26.1	24.2	350	920017
	10		loam	24.1	32.1	400	920017
	10		loam	24.4	39.4	100	920017
8	10	1.61	loam	24.1	27.9	450	920018
	10		loam	26.2	27.8	300	920018
	10		loam	23.5	32.7	300	920018
	10		loam	24.2	39.2	200	920018
5	10	0.98	loam	22	43.7	450	920019
	10		loam	23.1	39.3	400	920019
	10		loam	22	39.1	350	920019
5	10	1.35	loam	22.7	36.2	500	920020
	10		loam	25.8	32.6	300	920020
	10		loam	20.8	32.1	400	920020
5	10	1.50	loam	21	30.6	400	920021
	10		silty loam	22.1	27.3	300	920021
	10		silty loam	15.8	20.4	400	920021
8	22.5		sandy clay loam	22.5	52.6	500	920022
	10		loam	12.9	42.5	550	920022
8	22.5	1.55	clay loam	34.1	34	400	920023
	22.5	0.48	clay loam	31.2	28.9	200	920023
	22.5		clay loam	32.9	25.5	350	920023
8	22.5	1.33	sandy clay loam	25.7	54	350	920024
	22.5		sandy clay loam	27.4	49	650	920024
8	10	1.34	loam	25.8	45.8	300	920025
	22.5		clay loam	37.1	34.7	200	920025
	10		loam	24.5	37.9	450	920025
13	10	1.07	loam	19.9	48.6	150	920026
	10	1.24	loam	21	47.6	350	920026
	7.5		sandy loam	14.6	60.1	600	920026
8	7.5	2.59	sandy loam	14.9	58.5	200	920027
	7.5	0.66	sandy loam	19.6	53.7	500	920027
	10		loam	24.7	45	700	920027
8	10	0.97	loam	24.2	36.7	550	920028
	22.5		clay loam	32.8	33	300	920028
	22.5		clay loam	33.4	28.8	150	920028
8	10	0.98	loam	25.1	44.2	650	920029
	22.5		clay loam	31.5	37.4	250	920029
	22.5		clay loam	21.7	41.1	300	920029
2.5	10	1.14	loam	21.8	32.4	150	920030
	10		loam	22.3	33.7	450	920030
	10		silty loam	17.8	26.5	400	920030
13	15	1.36	sandy clay	25	50.4	400	920031

Rock(%)	CEC	OM%	Soil Texture	Clay%	Sand%	Depth mm	NO_PROF
			loam				
	15	0.40	sandy clay loam	21.1	52.4	350	920031
5	15	1.29	sandy clay loam	31.2	47	500	920032
	22.5		clay loam	29.5	40.7	300	920032
	10		silty loam	12.1	70.4	400	920032
13	15	1.19	sandy clay loam	23.9	53.8	250	920033
	15	1.12	sandy clay loam	24.3	54	400	920033
8	10	1.14	loam	21.8	48.7	200	920034
	10		loam	24.4	45.6	200	920034
	10		loam	20.2	49	250	920034
	10		silty loam	20	30	550	920034
5	10	1.60	silty loam	21.5	27.3	150	920035
	10		loam	19.2	35.9	250	920035
	7.5		sandy loam	8.6	59.9	400	920035
2.5	7.5	1.12	sandy loam	16.9	53	200	920036
	7.5		sandy loam	16.3	53	400	920036
	7.5		sandy loam	10.5	57.8	400	920036
8	7.5	1.00	sandy loam	19.5	55.1	200	920037
	15		sandy clay loam	22	51.7	400	920037
	7.5		sandy loam	17.8	56.8	700	920037
8	10	1.34	loam	24.9	46.5	150	920038
	15	0.93	sandy clay loam	26.5	50	350	920038
	10		loam	23.4	48.9	250	920038
5	22.5	1.34	clay loam	15.6	39.3	150	920039
	10		loam	16.1	39.2	350	920039
	10		loam	8.3	49.9	250	920039
	7.5		silty loam	11.7	27.5	550	920039
8	22.5	0.81	clay loam	30.4	40.8	450	920040
	22.5		clay loam	35.7	33	250	920040
	90		clay	40.1	28.2	500	920040
5	7.5		silty loam	12.8	28	150	920041
	7.5		silty loam	13.5	21.8	300	920041
	7.5		silty loam	26.7	1.2	300	920041
8	7.5	0.97	silty loam	21.8	41.5	400	920043
	7.5		loam	23.5	38	850	920043
	7.5		loam	22.7	37.7	850	920043
13	7.5	0.43	sandy loam	13.2	57.7	450	920044
	7.5		loamy sandy	5.7	81.1	800	920044
8	22.5	1.06	clay loam	28.4	40.9	200	920045
	22.5		clay loam	29.4	38.5	500	920045

Rock(%)	CEC	OM%	Soil Texture	Clay%	Sand%	Depth mm	NO_PROF
	10		loam	25	45.2	400	920045
13	22.5	1.07	clay loam	36.6	39.1	200	920046
	15		sand clay loam	28.3	52.1	500	920046
13	7.5	0.81	sandy loam	18.9	55.4	600	920047
	7.5		sandy loam	18.9	62.8	350	920047
	22.5		clay loam	30.7	41	350	920047
5	15	1.12	sandy clay loam	28.1	54.6	600	920048
	15		sandy clay loam	26.6	46.6	400	920048
	7.5		sandy clay	37.2	46.8	350	920048
8	10	1.14	loam	16.3	44.1	200	920049
	10		loam	18	40	400	920049
	10		loam	27.1	33.1	400	920049
5	15	1.32	sandy clay loam	24.4	49.7	200	920050
	10		loam	24	43.6	200	920050
	22.5		clay loam	31.8	42.9	500	920050
	15		sandy clay loam	21.6	54.8	400	920050
8	10	1.45	loam	12	43.7	150	920051
	10		loam	14.6	40.4	250	920051
	22.5		clay loam	28	29.4	300	920051
	90		clay	42.9	25.6	400	920051
13	10	1.02	loam	16.5	34	350	920052
	10		silty loam	18.6	10.2	250	920052
	10		silty loam	20.2	14.7	200	920052
	7.5		sandy loam	7.3	63.7	50	920052
8	7.5	4.12	sandy loam	19.3	53.7	200	920053
	7.5	0.98	sandy loam	16.9	52.6	200	920053
	7.5	1.12	sandy loam	18.4	53.9	200	920053
13	10	1.15	loam	18.6	38.4	300	920055
	10		silty loam	0.2	24.8	150	920055
	10		silty loam	26.1	6.8	750	920055
8	22.5	0.71	clay loam	36	27.5	550	920056
	22.5		clay loam	30.7	39	200	920056
8	10	1.10	loam	23.4	40	200	920057
	10		loam	24.2	37.5	450	920057
	10		loam	23.1	38.4	500	920057

الجدول 4: يبين قيم بارامترات التربة الأساسية لحويضة الشيخ بدر وفق متطلبات WEPP

Rock(%)	CEC	OM%	Soil Texture	Silt%	Clay%	Sand%	Depth mm	NO_PROF	
70	30.22	1.021	clay loam	39.375	35.51	25.115	200	SHE01	القطاع الأول
55	34.51	0.85	silty clay	45	38.5	16.5	200	SHE02	القطاع الثاني
-	32.51	0.7		45.22	40.62	14.16	250	SHE02	
20	38.11	2.31	clay loam	42.45	35.64	21.91	250	SHE03	القطاع الثالث
-	34.23	1.6	-	44.71	36.97	18.32	350	SHE03	
-	30.13	0.92	-	43.96	38.5	17.54	200	SHE03	
-	27.45	0.51	-	44.85	41.47	13.68	200	SHE03	
25	28.5	1.41	clay loam	40.09	30.41	29.5	200	SHE04	القطاع الرابع
-	27.53	1.2	-	40.36	30.3	29.34	300	SHE04	
-	27.21	0.95	-	41.44	30	28.56	350	SHE04	

Abstract

Soil erosion prediction models are useful tools for assessing the impact of different agricultural practices on soil erosion, in addition to their estimation of the quantities of soil loss and runoff. This study aims to test the efficiency of GeoWEPP model in estimating soil erosion and runoff and assess the impact of agricultural practices on soil erosion, in two catchments in the Mediterranean (France / Roujan) and (Syria / Sheikh Badr) to obtain useful information to guide soil conservation planning and management. The most susceptible soil units to erosion were identified along with the land use/landcover types associated with extremely high erosion rates. The analysis of offsite erosion assessment results across the catchments allowed us to identify the most critical sub- catchments, which was associated with vineyards in Roujan and the olive groves in Sheikh- Badr, and the steep slopes in both regions.

the GeoWEPP model operating within the ArcGis environment was applied to assess the spatial distribution of soil water erosion in the two study areas using the data needed to run the model (climate data, soil and land use data, soil maps, land use maps, DEM map, satellite image) for the study areas using different scenarios, and runoff relationship with sediment yield in the sub-catchments of both regions. The model performance was evaluated by comparing simulation results using the GeoWEPP model with the observed field data.

The results showed that the relationship was semi-direct between runoff, sediment yields and soil loss in both study areas. Simulation results in the Roujan showed a good correlation with field values, which gives a positive indication of the model's effectiveness in estimating sediment yield and runoff, the average Root Mean Square Errors (RMSE) between observed and predicted average annual sediment yield and runoff were 0.87 and 4.91. In Sheikh Badr's sub-catchment, the GeoWEPP model showed high efficiency in estimating

sediment yield where RMSE was (5.02), while it showed low efficacy in its estimation of runoff where RMSE was (79.65)

The simulation results also indicated a major shift in the natural landscape of the two study areas. In the Roujan, we find a 5.3% increase in the grassland. During the period (1997-2012). While the percentage vineyard orchards oscillated between increase and decrease during the study period, it decreased in 2002 and 2005 compared to 1997 at a rate of (0.8-and 1.5) %, respectively. It increased by an average of 1.6% in 2009 compared to 2005. It increased by 1.1% in 2012 compared to 2009. This translated into a clear decrease in runoff and sediment yields in 2002 compared to 1997. And persistence in the period between 2002 & 2005. Then it returns up in 2009 & 2012.

As for Sheikh Badr sub-catchment the results of the analysis of land cover change from 2010 to 2019 showed an increase in the area of land planted with olives by 6.5%. Most of them were at the expense of rangeland, which decreased 6.1%. The croplands decreased 1.2. This led to an increase in the percentage of lands exposed to very high erosion " more than 10 tons / ha " by 22.7%, and a decrease in the percentage of lands subject to high erosion between" 4 and 10 tons / hectares" by 13.7%. By comparing the change in levels of soil erosion with the map of change in land cover of the study area It was clear that the areas planted with olives, especially on the steep slopes, suffer from high risk erosion

Keyword: Water Erosion, Roujan\France, Sheikh Badr \Syria, GeoWEPP, ArcGIS, RMSE, Landuse, vineyard orchards, olives.