

N°d'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Saida- Dr. Moulay Tahar
Faculté des Sciences

Thèse

Présentée pour obtenir le diplôme de

Doctorat En Sciences

Spécialité : Biologie

Filière : Biologie

Par :

KESSAR Cherif

Thème :

**Contribution à l'étude de l'impact du changement de
l'occupation du sol par télédétection et SIG sur l'érosion
hydrique dans le bassin versant de l'Oued Saida**



Thèse soutenue le **13 Mars 2023** devant le jury composé de :

N°	Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
01	HASNAOUI Okkacha	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Président
02	NASRALLAH Yahia	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Rapporteur
03	HADDAD Ahmed	Prof.	Centre Universitaire Nour Bachir-El Bayadh	Examineur
04	SITAYEB Tayeb	Prof.	Université de Saida – Dr. Moulay Tahar	Examineur
05	MORSLI Boutkhil	MRA.	Institut National de Recherche Forestière - INRF	Examineur
06	ZAIDI Hachemi	MCA.	Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem	Examineur

Année Universitaire : 2022 -2023

REMERCEMENTS

Je réserve ces quelques lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé, de loin ou de près à la réalisation et à l'aboutissement de ce modeste travail.

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de thèse Monsieur. **NASRALLAH Yahia**, Professeur à l'université Dr. Moulay Tahar de Saida, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de diriger cette thèse. Pour ses orientations, ses conseils et ses encouragements tout au long du chemin.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude à Mr. **HASNAOUI Okkacha**, Professeur à l'Université de Saida – Dr. Moulay Tahar pour avoir accepté de présider mon jury de thèse.

Mes sincères remerciements aux membres du jury pour toute l'attention qu'ils ont bien voulu accorder à ce travail : Mr. **HADDAD Ahmed**, Professeur au centre universitaire Nour Bachir-El Bayadh, **Mr. SITAYEB Tayeb**, Professeur à l'Université de Saida – Dr. Moulay Tahar, **Mr. MORSLI Boutkhil**, Maître de Recherche à l'Institut National de Recherche Forestière –INRF et **Mr. ZAIDI Hachemi**, Maître de Conférences à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem.

Je voudrais remercier tout particulièrement mes deux chers amis et frères **Mr. Blissag Bilal** et **Mr. Beldjilali Bilal**, pour l'accompagnement et l'encouragement qu'ils m'ont accordé le long de la période de réalisation de ce travail.

DEDICACE

À la mémoire de mes chers parents que « **ALLAH** » les
accorde le paradis

À mes chers frères et Sœurs

À mes chers neveux et nièces

À tout mes amis sans exception

À mes collègues de travail

Résumé

La dégradation des sols est parmi les problèmes environnementaux majeurs dans le monde et plus particulièrement dans les zones à climat aride et semi-aride. L'irrégularité des précipitations et l'intensité des orages accélèrent ce phénomène et génèrent souvent de fortes inondations. Cette étude est menée sur le bassin versant de l'Oued Saïda d'une superficie de 624 km², avaient pour objectif la quantification et la cartographie des pertes de sol par l'utilisation des techniques SIG et de télédétection à travers l'équation universelle révisée des pertes de sol (RUSLE) et un modèle proposé basé sur le ruissellement érosif de surface (RUSLE_{Ruissellement}). Une autre approche est adoptée dans ce travail qui consiste au suivi spatio-temporel de l'occupation des sols sur le bassin versant de l'Oued Saïda et son impact sur la production des sédiments par la méthode du potentiel d'érosion (EPM). Ainsi, la projection des résultats sur l'année 2025 par l'utilisation des réseaux de neurones (RNA-PMC).

Les résultats ont montré que le bassin versant de l'Oued Saïda fait l'objet d'une intensité moyenne à modérément élevée de pertes des sols, généralement entre 0 et 10³ t/km/an. Les zones à forte pente (région de Sidi Boubkeur et les montagnes de Daïa), les pertes peuvent atteindre 3·10³ t/km/an. La comparaison entre le modèle (RUSLE) et celui proposé (RUSLE_{Ruissellement}) a montré une bonne corrélation avec $R = 0.95$ et un $REQM = 0.43$, ce qui nous mène à conclure que l'utilisation du paramètre de ruissellement érosif de surface est efficace pour estimer le taux de perte de sol dans les bassins versants. La cartographie de l'occupation des sols a montré que la superficie urbanisée augmente régulièrement durant la période (2010-2020) au détriment des sols nus et des broussailles avec 3.58% en totale.

L'application des réseaux de neurones artificiels par perceptron multicouche (RNA-PMC) nous a permis de réaliser deux modèles d'estimation du potentiel d'érosion à base du modèle empirique (EPM). Les résultats ont montré que l'utilisation du (NDVI) est plus performante en simulation et en projection du potentiel d'érosion avec R^2 (0.95 et 0.98). À l'opposer des classes d'occupation des sols avec R^2 (0.78 et 0.85). Les seuils maximaux du potentiel d'érosion varient entre 1080 et 1455 m³/km²/an pour le modèle (EPM_{NDVI}) et entre 2137 et 1864 m³/an/km² pour le modèle (EPM_{Occ-Sol}).

Le problème de l'érosion hydrique nécessite des interventions à grande échelle, notamment dans les bassins dont les perturbations et les paramètres climatiques agressifs sont reconnus. Le choix de bonnes pratiques agricoles, l'implication de la population rurale et la préservation des espaces forestiers jouent un rôle important dans la conservation des eaux et des sols.

Mots-clés : Bassin versant de l'Oued Saida, érosion hydrique, RUSLE, Occupation des sols, EPM, RNA-PMC

Abstract

Soil degradation is one of the main environmental problems in the world, particularly in areas with arid and semi-arid climates. Rainfall irregularity and the intensity of storms accelerate this phenomenon and often generate heavy flooding. This study is carried out on the watershed of Wadi Saïda with an area of 624 km², aimed to quantify and mapping of soil losses by the use of GIS and remote sensing techniques through the revised universal equation of soil losses (RUSLE) and a proposed model based on surface erosive runoff (RUSLE_{Runoff}). Another approach adopted in this work consists of Spatio-temporal monitoring of land use in the Wadi Saïda watershed and its impact on the production of sediments by the erosion potential method (EPM). Thus, the projection of the results on the year 2025 using neural networks (ANN-MLP).

The results showed that the Wadi Saïda watershed is subject to a medium to moderately high intensity of soil loss, generally between 0 and 10³ t/km²/year. In steeply sloping areas (Sidi Boubkeur region and the Daïa mountains), losses can reach 3.10³ t/km²/year. The comparison between the model (RUSLE) and the proposed one (RUSLE_{Runoff}) showed a good correlation with $R = 0.95$ and an $REQM = 0.43$, which leads us to conclude that, the use of the surface erosive runoff parameter is effective to estimate the rate of soil loss in watersheds. The mapping of the land use showed that urbanization increased by 3.58%, regularly during the period (2010-2020) to the detriment of bare land and brush.

Artificial neural networks by multilayer perceptron (ANN-MLP) application allowed us to carry out two models of estimation of the erosion potential based on the empirical model (EPM). The results showed that the use of (NDVI) is more efficient in simulation and the projection of the erosion potential with R^2 (0.95 and 0.98). In contrast to land cover classes with R^2 (0.78 and 0.85). The maximum erosion potential thresholds vary between 1080 and 1455 m³/km²/year for the model (EPM_{NDVI}) and between 2137 and 1864 m³/year/km² for the model (EPM_{LULC}).

The problem of water erosion requires large-scale interventions, especially in basins whose disturbances and aggressive climatic parameters are recognized. The choice of good agricultural practices, the involvement of the rural population and the preservation of forest areas play a crucial role to conserve water and soil.

Mots-clés: Wadi Saida watershed, Water erosion, RUSLE, LULC, EPM, ANN-MLP

المخلص

يعد تدهور التربة أحد المشاكل البيئية الرئيسية في العالم، لا سيما في المناطق ذات المناخ الجاف والشبه الجاف. يؤدي عدم انتظام هطول الأمطار وشدة العواصف في هذه المناطق إلى تسريع هذه الظاهرة وغالبًا ما يؤدي إلى حدوث فيضانات و سيول. من هذا المنطلق أجريت هذه الدراسة على مستجمعات المياه لوادي سعيدة التي تبلغ مساحتها 624 كم²، بهدف تحديد خسائر التربة ورسم خرائط لها عن طريق استعمال نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد من خلال المعادلة العالمية المعدلة لفقدان التربة (RUSLE) ونموذج مقترح يعتمد على تآكل التربة جراء الجريان السطحي. (RUSLE_{Ruissellement}) كذلك تم اعتماد منهجية أخرى في هذا العمل تعتمد على المراقبة المكانية والزمانية لاستخدام الأراضي في منطقة الدراسة وتأثيرها على إنتاج الرواسب وذلك باستعمال طريقة التعرية المحتملة (EPM)، إضافة لإسقاط النتائج على سنة 2025 باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (RNA-PMC).

أظهرت النتائج أن مستجمعات المياه في واد سعيدة تتعرض لكمية تعرية مائية تتراوح بين صفر و 10³ طن/كم²/سنة بدرجة متوسطة إلى عالية على العموم. يمكن أن تصل كميات الحت المائي في المناطق شديدة الانحدار على غرار منطقة سيدي بوبكر وجبال الضاية إلى 3.10³ طن/كم²/سنة. أظهرت المقارنة بين النموذج (RUSLE) والنموذج المقترح (RUSLE_{Ruissellement}) ارتباطًا جيدًا بينهما بمعامل تحديد 0.95 و متوسط جذر خطأ تربيعي 0.43، مما يقودنا إلى استنتاج أن استخدام معامل التآكل عن طريق الجريان السطحي فعال لتقدير كمية التعرية المائية في مستجمعات المياه. أظهر رسم خرائط استخدام الأراضي أن المساحة العمرانية إجمالاً تزداد بانتظام خلال الفترة (2010-2020) على حساب التربة الجرداء و الأحرش بنسبة 3.58%.

سمح لنا تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية بواسطة نموذج التصور متعدد الطبقات-RNA (PMC) بتنفيذ نموذجين لتقدير تآكل التربة بسبب الحت المائي على النموذج التجريبي (EPM)، حيث أظهرت النتائج أن استخدام مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) أكثر كفاءة في نمذجي المحاكاة و إسقاط إمكانية التآكل بمعامل ارتباط يساوي 0.95 و 0.98 على التوالي. على عكس نموذجي المحاكاة والإسقاط بالاعتماد على استخدامات الأراضي بمعامل ارتباط يساوي 0.78 و 0.85 على التوالي. تنحصر عتية التعرية القصوى والدنيا بين 1080 و 1455 م³/كم²/سنة بالنسبة للنموذج (EPM_{NDVI}) وبين 2137 و 1864 م³/كم²/سنة للنموذج (EPM_{Occ-Sol}).

تتطلب مشكلة التعرية المائية إجراءات واسعة النطاق، لا سيما في المستجمعات المائية التي تعرف اضطرابات هيدرولوجية وظروفا مناخية عدوانية. يلعب الاختيار الأمثل للتقنيات الزراعية الملائمة وإشراك سكان الأرياف والحفاظ على الثروة الغابية دورًا مهمًا في الحفاظ على المياه والتربة.

الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه لوادي سعيدة، الحت المائي نموذج التعرية المائية RUSLE، استخدام الأراضي، نموذج EPM، الشبكات العصبية الاصطناعية - نموذج التصور متعدد الطبقات

Abréviations

ANN-MLP. Artificial Neural Network-Multi-Layer Perceptron
ANRH. Agence Nationale des Ressources Hydraulique
AMC. Antecedent Moisture Condition
B : Brousse (classe d'occupation des sols)
CA. Cellular Automata
CCR. Centre Commun de Recherche
CK. Coefficients Kappa
Clay. Fraction de l'argile
CN. Curve Number
COS. Classes d'Occupation des sols
Cp. Code perméabilité
Cs. Code structure
CVSM. Classification de Vrai Semblance Maximale
DEM. Digital Elevation Models
DN. Digital Number
EAM. Erreur Absolue Moyen
EPM. Erosion Potential Method
EQM. Erreur Quadratique Moyenne
EQM. Écart Quadratique Moyen
ETM⁺. Enhanced Thematic Mapper Plus
FAO. Food and Agriculture Organisation
FC. Forêt Claire (classe d'occupation des sols)
FD. Forêt Dense (classe d'occupation des sols)
GHS. Groupes Hydrologiques des Sols
GPR. Gaussian Process Regression (régression par processus gaussien)
HWSD. Harmonized Word Soil Database
IDW. Pondération inverse à la distance
IASA. International Institute for Applied Systems Analysis
INRF. Institut National de Recherche Forestière
INSID. Institut National des Systèmes d'Irrigation et de Drainage
IRD. Institut de Recherche pour le Développement
ISSCAS. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences
ISRIC. International Soil Reference and Information Centre
LST. Land Surface Temperature
LR. Logistic Regression

MCE. Multi Criteria Evaluation

MO. Fraction de la matière organique

MOLUSCE. Modules for Land Use Change Simulations

MVS.Maximum de Vrai Semblance

NASA. National Aeronautics and Space Administration

NDVI.Normalized Difference Vegetation Index (Indice de végétation par différence normalisée)

OLI. The Operational Land Imager

PEAM. Pourcentage de l'Erreur absolue moyenne

PG. Précision Globale

PMC. Perceptron Multicouche

PP. Précision du Producteur

PU. Précision de l'Utilisateur

REQM. La Racine de l'Erreur Quadratique Moyenne

RNA. Réseau de Neurone Artificiel

RNA-PMC. Réseau de Neurone Artificiel-Perceptron Multicouche

RP. Retro-Propagation

RUSLE. Revised Universal of Soil Loss Equation

Sand. Fraction du sable

SCS-CN. Soil Conservation Service Curve Number

SIG. Système d'Information Géographique

Silt. Fraction du limon

SN. Sol Nu (classe d'occupation des sols)

SRTMGL1. Shuttle Radar Topography Mission Global 1arc second V003

SSGm. Spatial Snow Glide model

TIRS. Thermal Infrared Sensor Image

TM. Landsat Thematic Mapper

U. Urbanisme (classe d'occupation des sols)

USDA-ARS. United States Department of Agriculture - The Agricultural Research Service

USLE. Universal of Soil Loss Equation

USGS. United State Geological Survey

WoSIS. The World Soil Information Service

WoE. Weight of Evidence

ZA. Zone Agricole (classe d'occupation des sols)

Liste des figures

Figure 1. Régions affectées parla dégradation des sols dans le bassin méditerranéen	3
Figure 2. Carte de la variation mondiale des classes moyennes de la production des sédiments.....	4
Figure 3. Schéma simplifié du processus d'érosion hydrique	5
Figure 4. Processus d'érosion hydrique de sol	6
Figure 5. Stades de dégradation de la surface du sol et formation d'une « croûte de battance » sous l'action des pluies	6
Figure 6. Effet de l'érosion en nappe sur la couche superficielle du sol	7
Figure 7. Le processus simplifié du ruissellement érosif	13
Figure 8. Situation géographique du bassin versant de l'oued Saida	14
Figure 9. Variation interannuelle des précipitations (Période 1974-2012).....	15
Figure 10. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Saida (Période 1974-2012) par interpolation à l'aide de la méthode « IDW »	16
Figure 11. Répartition de la lame d'eau précipitée dans le bassin versant d'Oued Siada selon la méthode de Theissen	19
Figure 12. Carte Géologique du bassin versant de l'Oued Saida (D'après la carte géologique de l'Algérie au 1/200 000 de l'ANRH, 2008)	20
Figure 13. Extrait de la Carte Hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Saida (D'après la carte Hydrogéologique de l'Algérie au 1/200 000 de l'ANRH, 2008)	21
Figure 14. (a) Courbe hypsométrique selon , (b) Changements dans les courbes hypsométriques.....	22
Figure 15. Courbe hypsométrique de la zone d'étude	22
Figure 16. Hiérarchisation du réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Saida	25
Figure 17. Codage de la direction de flux selon la méthode (D8).....	26
Figure 18. Carte de la direction de flux selon le modèle de flux à huit directions (D8).....	26
Figure 19. Statistiques du réseau hydrographique de chaque ordre du bassin versant de l'Oued Saida	27
Figure 20. Statistiques du réseau hydrographique par rapport à leurs directions et à la hiérarchisation du bassin versant de l'Oued Saida.....	27
Figure 21. Schéma explicatif de la méthodologie adopté pour l'estimation de l'érosion hydrique	30
Figure 22. Illustration de la différence entre la longueur de la pente et la longueur de la voie d'écoulement en surface.....	32
Figure 23. Grille des points d'échantillonnage sous forme de quadrillage	41
Figure 24. Méthodologie de calcul de la température de surface	48
Figure 25. Méthodologie de réalisation du coefficient (Y) a l'aide de la base de données SoilGrid	50
Figure 26. Concept du Ré-échantillonnage	53
Figure 27. Schéma simplifié du principe (RNA).....	55
Figure 28. Modèle d'un neurone artificiel.....	55
Figure 29. Modèle d'un réseau de neurone artificiel.....	56
Figure 30. Schéma d'un réseau de neurone monocouche	58
Figure 31. Schéma d'un réseau de neurone multicouche (Perceptron multicouche)	59
Figure 32. Schéma d'un réseau de neurone bouclé	60
Figure 33. Résau d neurone de type perceptron à une couche cachée.....	60
Figure 34. Exemple d'algorithme de rétro-propagation	61
Figure 35. Schéma simplifié des étapes de modélisation du changement-prévision d'Occupation des sols par le module MOLUSCE.....	63
Figure 36. Carte du facteur érosivité des précipitations (R) dans le bassin versant de l'Oued Saida ...	67
Figure 37. (a) Les classes de pente, (b) la carte du facteur longueur de la pente (LS) dans le bassin versant de l'Oued Saida	68

Figure 38. Carte du facteur érodibilité du sol (K) dans le bassin versant de l'Oued Saida	69
Figure 39. (a) Indice de végétation Normalisé (NDVI) et (b) la carte de la gestion du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	70
Figure 40. Carte du facteur pratique de soutien (P) dans le bassin versant de l'Oued Saida	71
Figure 41. Carte du facteur de ruissellement érosif de surface (R_r) dans le bassin versant de l'Oued Saida	72
Figure 42. Carte du potentiel d'érosion (Modèle RUSLE) dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	74
Figure 43. Carte du potentiel d'érosion (Modèle $RUSLE_{\text{Ruissellement}}$) dans le bassin versant de l'Oued Saida	75
Figure 44. Relation Pente-Erosion dans le bassin versant de l'Oued Saida	76
Figure 45. Relation Précipitation-Erosion dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	77
Figure 46. La relation entre les deux modèles du potentiel d'érosion RUSLE et $RUSLE_{\text{Ruissellement}}$ dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	78
Figure 47. Répartition de potentiel des pertes de sol par le modèle RUSLE-R selon les classes d'Occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida	79
Figure 48. Répartition de potentiel des pertes de sol par le modèle RUSLE selon les classes d'Occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida	79
Figure 49. Les variables cartographiques utilisées dans le module MOLUSCE : (a) La pente (%) ; (b) Distance par rapport au réseau hydrographique ; (c) Densité du Réseau Routier ; (d) Élévation	83
Figure 50. Variable cartographique (Elevation) utilisé dans le module MOLUSCE	84
Figure 51. Courbes d'apprentissage et de validation de la simulation de l'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	85
Figure 52. Statistique de validation de la simulation des classes d'occupation des sols (2020) dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	85
Figure 53. Distribution spatiale des classes d'occupation des sols (2010-2015-2020 et prédiction 2025) dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	86
Figure 54. Changement périodique de la superficie des classes d'occupation des sols (2010-2025) en km^2 dans le bassin versant de l'Oued Saida	86
Figure 55. Changement cumulé de la superficie des classes d'occupation des sols (2010-2025) en km^2 dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	87
Figure 56. Cartes d'occupation des sols ; (a) 2010 ; (b) 2015 ; (c) 2020 et (d) prédiction 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	88
Figure 57. Cartes du paramètre de température (a) 2010 ;(b) 2015 et (c) 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	90
Figure 58. La carte du paramètre (Y) dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	91
Figure 59. Erreur moyen quadratique entre le modèle simulé et le modèle de prédiction (Wa_NDVI) sur 1000 scénario (epochs) de test.....	92
Figure 60. Résultat de la régression entre le modèle d'apprentissage et la validation des résultats du modèle prédictive d'érosion (Wa_NDVI)dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	93
Figure 61. La régression linéaire entre le modèle d'estimation et le modèle de la simulation par RNA du potentielle d'érosion (Wa_NDVI)par le modèle EPM_{NDVI} pour l'année 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	94
Figure 62. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (Wa_NDVI) en $\text{m}^3/\text{an}/\text{km}^2$ pour les années (2010, 2015, 2020, 2020 simulé par PMC-RNA) dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	95
Figure 63. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (Wa_NDVI) en $\text{m}^3/\text{an}/\text{km}^2$ projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida.....	96

Figure 64. Erreur moyen quadratique entre le modèle simulé et le modèle de prédiction (Wa_Occ_Sol) sur 885 scénarios (epochs) de test	96
Figure 65. Résultat de la régression entre le modèle d'apprentissage et la validation des résultats du modèle prédictive d'érosion (Wa_Occ_Sol) dans le bassin versant de l'Oued Saida	97
Figure 66. La régression linéaire entre le modèle d'estimation et le modèle de la simulation par RNA du potentielle d'érosion (Wa_Occ_Sol) par le modèle $EPM_{Occ-Sol}$ pour l'année 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saida	98
Figure 67. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (Wa_Occ_Sol) en $m^3/an/km^2$ pour les années (2010, 2015, 2020, 2020 simulé par PMC-RNA) dans le bassin versant de l'Oued Saida	99
Figure 68. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (Wa_OCC_Sol) en $m^3/an/km^2$ projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida	100
Figure 69. La distribution spatiale des classes des pertes de sol selon le modèle (EPM_{NDVI}) dans le bassin versant de l'Oued Saida	101
Figure 70. La distribution spatiale des classes des pertes de sol selon le modèle ($EPM_{Occ-Sol}$) dans le bassin versant de l'Oued Saida	101
Figure 71. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (Gy_{NDVI}) en m^3/an pour les années (2010, 2015, 2020, et 2020 simulé) dans le bassin versant de l'Oued Saida	103
Figure 72. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (Gy_{NDVI}) en m^3/an projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida	104
Figure 73. La distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon le modèle basé sur l'indice de végétation par différence normalisée dans le bassin versant de l'Oued Saida	105
Figure 74. La distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon le modèle basé sur les classes d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida	106
Figure 75. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (Gy_{Occ_Sol}) en m^3/an pour les années (2010, 2015, 2020, et 2020 simulé) dans le bassin versant de l'Oued Saida...	107
Figure 76. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (Gy_{Occ_Sol}) en m^3/an projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida	108

Liste des tableaux

Tableau 1. Les formes d'incision dues à l'érosion linéaire	8
Tableau 2. Coefficient d'irrégularité du régime des précipitations annuelles	16
Tableau 3. Variation des températures moyenne mensuelles de la station de Saida (1983-2012).....	17
Tableau 4. Type de climat selon l'indice d'aridité de De Maratone	17
Tableau 5. Calculs déterminant la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen	18
Tableau 6. La répartition des surfaces en fonction des altitudes	22
Tableau 7. Les caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Saida	24
Tableau 8. GHS basé sur la classification de Cronshey (1986)	40
Tableau 9. Répartition des classes de pertes en sol selon Gavrilovic (1972).....	44
Tableau 10. Les classes d'érosion en fonction du Coefficient (Z)	49
Tableau 11. Code de la structure des sols (a)	49
Tableau 12. Code de perméabilité des sols (b).....	50
Tableau 13. La classification du paramètre (Y) en fonction du type de résistance des sols a l'érosion	50
Tableau 14. Les intervalles du coefficient ($X\alpha$) selon la typologie d'occupation des sols.	51
Tableau 15. Valeurs du paramètre (φ) selon le type de l'étendue d'érosion.....	52
Tableau 16. Analogie entre le neurone artificiel et le neurone biologique.....	56
Tableau 17. Les différentes fonctions d'activation d'un RNA.....	57
Tableau 18. Classification des groupes hydrologiques	71
Tableau 19. Caractéristiques hydrologiques des groupes de sols et valeurs des numéros de courbe selon les classes d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Saida	73
Tableau 20. Caractéristiques des classes de perte de sol (modèle RUSLE) dans le bassin versant de l'Oued Saida	74
Tableau 21. Caractéristiques des classes de perte de sol (modèle RUSLE).....	76
Tableau 22. Distribution spatiale de potentiel d'érosion (RUSLE/RUSLE _{Ruissellement}) selon les classes d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida	80
Tableau 23. Évaluation de la précision de la classification supervisée	82
Tableau 24. Variabilité spatiale des classes d'occupation des sols (2010-2025)	86
Tableau 25. Matrice de transition entre les COS (2010-2020).....	89
Tableau 26. Statistique de la distribution spatiale des classes de perte de sol par les modèles (EPM _{Occ-Sol} et EPM _{NDVI})	100
Tableau 27. Statistiques de la distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon les modèles a base des classes d'occupation des sols et du l'indice de végétation.....	105

Table des matières

REMERCIEMENTS	I
RESUME	III
ABSTRACT	IV
الملخص	V
ABREVIATIONS	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	XI
TABLE DES MATIERES	XII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PARTIE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES ET DOMAINE D'ÉTUDE	1
I. CHAPITRE I : L'ÉROSION HYDRIQUE ET LE RUISSELLEMENT ÉROSIF	3
I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition de l'érosion	4
I.3 L'érosion hydrique.....	4
I.4 Processus de l'érosion hydrique.....	5
I.5 Types d'érosion hydrique	6
I.5.1 L'érosion par rejaillissement (Effet Splash).....	6
I.5.2 L'érosion en nappe	7
I.5.3 L'érosion linéaire (Rigole et Inter-Rigole/Rill-Interrill)	7
I.5.4 Erosion en masse.....	8
I.5.4.1 Les glissements lents (creeping)	8
I.5.4.2 Les glissements rapides	8
I.5.4.3 Les coulées boueuses	8
I.5.4.4 Les glissements rotationnels	9
I.6 Facteurs d'érosion hydrique	9
I.6.1 Le Climat.....	9
I.6.2 Activités humaines	9
I.6.3 La couverture végétale	10
I.6.4 La topographie.....	10
I.6.5 Le sol.....	11
I.6.6 Occupation des sols	11
I.7 Processus du ruissellement érosif	12
II. CHAPITRE II : DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA ZONE D'ÉTUDE	14
II.1 Situation Géographique	14
II.2 Cadre Climatique	14
II.2.1 Régime des précipitations	16
II.2.2 Analyse de la Température.....	17
II.2.3 Indice d'aridité de DE-MARTONNE	17
II.2.4 Calcul de la lame d'eau précipitée.....	18
II.3 Contexte Géologique	19
II.3.1 Cadre structural	19
II.3.2 Fissuration	20
II.4 Contexte Hydrogéologique	20
II.5 Caractéristiques Morpho-métriques du bassin versant	21
II.5.1 La Courbe hypsométrique	21
II.5.2 Indice de compacité de Gravelius (K_G)	23
II.5.3 L'altitude moyenne	23
II.5.4 Densité de drainage	23

II.5.5	Vitesse de ruissellement	23
II.6	Réseau Hydrographique	24
II.6.1	Extraction du réseau hydrographique hiérarchisé	24
II.6.2	Direction du Flux	25
II.6.3	Analyse statistique de distribution des directions du flux	26
III. CHAPITRE III : ESTIMATION ET CARTOGRAPHIE DES PERTES DE SOLS PAR TELEDETECTION ET SIG		29
III.1	Introduction	29
III.2	Évaluation du potentiel des pertes de sol par les modèles (RUSLE et $RUSLE_{Ruissellement}$)	29
III.2.1	Equation Universelle Révisée des pertes de sol (RUSLE)	29
III.2.1.1	Les facteurs du modèle (RUSLE)	31
III.2.2	Modèle proposé $RUSLE_{Ruissellement}$	36
III.2.3	Facteur de ruissellement érosif de surface ($R_{ruissellement}$)	36
III.2.3.1	Méthode SCS-CN	36
III.3	Évaluation statistique de la performance des modèles (RUSLE/ $RUSLE_{Ruissellement}$)	40
III.3.1	Création d'un réseau d'échantillonnages sous forme de quadrillage (Fishnet)	40
III.3.2	Coefficient de détermination (R^2)	41
III.3.3	Coefficient de corrélation simple (r)	42
III.3.4	L'erreur quadratique moyenne (EQM)	42
III.3.5	Racine de l'erreur quadratique moyenne (REQM)	42
III.3.6	Erreur absolue moyenne (EAM)	43
III.3.7	Le pourcentage de l'erreur absolue moyenne (PEAM)	43
III.4	Méthode du Potentiel d'érosion (EPM)	43
III.4.1	Volume annuel total de perte de sol (Wa)	44
III.4.1.1	Volume globale du transport solide (Gy)	44
III.4.1.2	Coefficient de la température (T)	45
III.4.1.3	Coefficient des précipitations (P_a)	48
III.4.1.4	Coefficient de l'érosion (Z)	49
III.5	Ré-échantillonner des données spatiales (La methode bilinéaire)	52
IV. CHAPITRE IV : GENERALITES SUR LES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS (RNA)		54
IV.1	Introduction	54
IV.2	Définition d'un RNA	54
IV.3	Neuronebiologique	55
IV.4	Neurone formel	56
IV.5	Fonctions d'activations	56
IV.6	Apprentissage RNA	57
IV.6.1	Apprentissage supervisé	57
IV.6.2	Apprentissage non supervisé	58
IV.7	Architecture des réseaux de neurones	58
IV.8	Les réseaux de neurones non bouclés	58
IV.8.1	Réseaux de neurones monocouches	58
IV.8.2	Réseaux de neurones multicouches	59
IV.9	Les réseaux de neurones bouclés	59
IV.10	Algorithme d'apprentissage	60
IV.10.1	Algorithme d'apprentissage Perceptron multicouche de retro propagation (RP)	60
IV.11	Application du RNA-PMC pour la prédiction du changement de l'occupation des sols	62
IV.11.1	Module de simulation de changement d'occupation de sols (MOLUSCE)	62
IV.11.1.1	Entrées (Inputs)	62
IV.11.1.2	Corrélation d'évaluation	62
IV.11.1.3	Détection du changement	63
IV.11.1.4	Modélisation du potentiel de transition	63

IV.11.1.5 Simulation d'automates cellulaires	63
IV.11.1.6 Validation	63
IV.11.2 Techniques de détection et évaluation des changements post-classification.....	64
IV.11.3 Évaluation de la précision	65
PARTIE II. MODÉLISATIONS ET DISCUSSION DES RÉSULTATS	66
I. CHAPITRE I : CARTOGRAPHIE DU POTENTIEL D'ÉROSION HYDRIQUE	
PAR LES MODELES RUSLE ET RUSLE_{RUISSELLEMENT}	66
I.1 Introduction.....	66
I.2 Facteur d'érosivité des précipitations (R).....	66
I.3 Facteur Longueur de la pente (LS)	67
I.4 Facteur d'érodibilité du sol (K)	68
I.5 Facteur de gestion de la couverture végétale (C).....	69
I.6 Facteur de pratique de soutien (P)	70
I.7 Facteur de ruissellement érosif de surface (R _r).....	71
I.8 Potentiel d'érosion selon le modèle RUSLE	73
I.9 Potentiel d'érosion selon le modèle proposé RUSLE _{Ruissellement}	74
I.10 Performance des résultats des deux modèles.....	76
I.11 Caractérisation des modèles du potentiel de perte de sol selon les classes d'occupation des sols	78
I.12 Conclusion	80
II. CHAPITRE II : QUANTIFICATION ET CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT DU CHANGEMENT DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LE POTENTIEL D'ÉROSION PAR LE MODELE EPM ET LES RESEAUX DE NEURONES	81
II.1 Introduction.....	81
II.2 Évaluation de la précision des classifications	81
II.3 Modélisation du Changement d'Occupation des sols	82
II.3.1 Variables utilisées dans la modélisation.....	82
II.3.2 Calibration et application du module MOLUSCE	84
II.4 Quantification et prévision du potentiel d'érosion par le modèle (EPM) et les réseaux de neurones (RNA-PMC).....	89
II.4.1 La cartographie du Volume annuel total de perte de sol (Wa).....	89
II.4.1.1 Les paramètres du modèle (EPM).....	89
II.5 Résultat et évaluation de la prédiction d'érosion par PMC-RNA.....	91
II.5.1 Estimation du Volume potentiel d'érosion par le modèle EPM _{NDVI}	91
II.5.1.1 Simulation de l'érosion par le modèle RNA-PMC/EPM _{NDVI}	93
II.5.2 Estimation du Volume potentiel d'érosion par le modèle EPM _{Occ-Sol}	94
II.5.2.1 Simulation de l'érosion par le modèle RNA-PMC/EPM _{Occ-Sol}	97
II.6 Analyse de la distribution spatiale des classes des pertes de sol selon les modèles EPM _{Occ- Sol} et EPM _{NDVI}	98
II.7 Analyse de la production annuelle des sédiments (G _y) dans le bassin versant de l'Oued Saida 102	
II.8 Conclusion	108
CONCLUSION GÉNÉRALE	110
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	112
ANNEXES	141

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le système terrestre est confronté à trop de problèmes écologiques qui nécessitent une réelle prise en charge pour assurer l'avenir et la durabilité des ressources naturelles. L'une des ressources naturelles les plus importantes à préserver est le sol, qui est une richesse non renouvelable et sous-estimée. La perte accélérée de la couche arable due à l'érosion des terres a été reconnue comme une menace majeure et la principale cause de la dégradation des ressources en sols du monde. La dégradation des terres, la perte de fertilité des sols et l'envasement des rivières sont des problèmes éco environnementaux causés par l'érosion des sols (Wang et al., 2018). Physiquement, l'érosion du sol est définie comme un détachement et un transport de matériaux du sol (Ellison 1947). Le processus mécanique de l'érosion est causé par l'action d'énergie cinétique du ruissellement, de la vitesse du vent, des caractéristiques morphométriques des bassins versants et d'autres forces externes. L'érosion des sols est un processus naturel qui a largement contribué à façonner le paysage physique d'aujourd'hui grâce à la distribution des matériaux altérés produits par les processus géomorphologiques. Lorsque le terme « érosion du sol » est utilisé dans le contexte d'une menace pour le sol, il fait référence à « l'érosion accélérée du sol », c'est-à-dire « l'érosion du sol, résultant d'une activité anthropique, dépassant les taux acceptés de formation naturelle du sol, provoquant la détérioration ou la perte d'une ou plusieurs fonctions du sol » (Morvan et al., 2008 ; Panagos et al., 2014).

À l'échelle mondiale, l'érosion des sols par l'eau est à l'origine de la plus grande perte de sols directement associée à d'autres facteurs de changement global, comme l'utilisation des terres, par exemple : intensification des pratiques agricoles et le changement climatique (Yang et al., 2003 ; Borrelli et al., 2017), et contribue de manière significative à la réduction de plusieurs avantages sociétaux liés au sol (Wall et Six 2015 ; Adhikari et Hartemink 2016).

Bien que l'érosion soit un processus physique, sa variabilité globale et sa fréquence sont prises en considération lorsqu'elle est influencée par d'autres éléments tels que les facteurs socio-économiques, politiques et institutionnels (Morgan 2005). Au niveau des bassins versants, les deux phénomènes hydrologiques les plus importants qui peuvent résulter des procédures pluviométriques sont le ruissellement de surface et l'érosion des sols (Gajbhiye et al., 2014 ; Kayet et al., 2018). La modélisation d'informations telles que le type de sol, l'utilisation des terres, la topographie et les données climatiques peuvent fournir la possibilité d'identifier les zones affectées par ce problème (Van Oost et al., 2007 ; Doetterl et al., 2012).

Différentes études ont été menées pour l'évaluation du ruissellement érosif sur les bassins versants. Le ruissellement est considéré comme un facteur déclenchant l'érosion. Selon (Gajbhiye et al., 2014), le ruissellement de surface et l'érosion des sols sont les deux réactions hydrologiques importantes depuis les procédures de précipitations sur les systèmes de bassins versants. (Gao et al., 2012) ont couplé deux modèles, le SCS-CN pour estimer le ruissellement érosif de surface et le modèle RUSLE modifié pour prédire les événements de ruissellement et la perte de sol résultant de la restauration des parcelles dans le Loess Plateau en Chine. Les résultats ont montré qu'une meilleure performance du modèle RUSLE-modifié est due à

l'impact du ruissellement pris en considération directement dans le modèle RUSLE-modifié à travers l'indice d'érosivité pluie-ruissellement, et à améliorer également la précision déduite de la prédiction du ruissellement des événements atteint par le modèle SCS-CN-modifié, empêchant la capacité de l'indice de l'érosivité des précipitations (EI_{30}) à prédire l'érosion des événements.

L'érosion hydrique accélérée est liée à un ruissellement excessif provoqué par des pratiques humaines qui déstabilisent et fragilisent le sol. Le surpâturage, le défrichement des forêts pour la satisfaction des besoins domestiques et pour l'extension des terrains agricoles, les pratiques culturales non adéquates, entre autres, ont eu pour conséquence une augmentation de la quantité de matériaux perdus par les sols et qui se retrouvent dans les cours d'eau, les retenues de barrages, les lacs et les zones de sédimentation.

Il existe de nombreux modèles pour étudier l'érosion des sols. Deux des modèles les plus largement utilisés pour estimer ce phénomène sont : l'équation universelle de perte de sol (USLE) et l'équation universelle révisée de perte de sol (RUSLE) (Wang et al., 2018).

Dans cette étude, des données multisources sont utilisées pour générer les paramètres nécessaires du modèle RUSLE. Le modèle de nombre de courbes du Service de conservation des sols (SCS-CN) est un modèle empirique utilisé pour estimer le ruissellement. L'avantage offert par ce modèle est sa simplicité et la diversité des paramètres utilisés reflétant la fonction de ruissellement sous le système hydrologique. Dans de vastes zones, l'application des techniques de télédétection et de systèmes d'informations géographiques (SIG) résout le problème de l'accès aux données et a permis d'évaluer l'érosion des sols et la répartition spatiale en raison de coûts raisonnables et d'une plus grande précision.

À l'échelle socio-économique, l'érosion peut laisser des conséquences assez remarquables auxquelles on peut citer :

- La dégradation et la perte des sols de qualité ce qui signifie la dégradation du potentiel agricole,
- La réduction de la capacité globale du stockage en eaux de surface par l'effet de l'envasement des barrages,
- Le changement de la qualité de l'eau dans les ouvrages de captages (augmentation des taux de sédiments),

Le présent travail a été réalisé dans le bassin versant de l'Oued Saida et se divise en deux parties. La première partie consiste à estimer la moyenne annuelle potentielle d'érosion du bassin versant de l'Oued Saida en utilisant le modèle RUSLE. Ce modèle est une révision de l'équation universelle des pertes de sols (USLE) et a été développé par des scientifiques du département américain de l'agriculture (USDA) dans les années 1970. Le modèle a été révisé plusieurs fois depuis lors. Pour réaliser ce modèle, plusieurs types de données (données spatiales et exogènes) ont été collectées et traitées. En outre, un modèle proposé (RUSLE-Ruissellement) a été utilisé pour améliorer l'estimation de l'érosion due au ruissellement en calculant le ruissellement érosif de surface. Ce modèle utilise cette estimation comme alternative au facteur d'érosivité des

précipitations. Le ruissellement érosif de surface a été calculé à partir d'une équation basée sur l'estimation du ruissellement direct en utilisant la méthode SCS-CN.

La deuxième partie du travail consiste en deux objectifs : premièrement, réaliser une projection pour 2025 de l'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida en utilisant le module MLOLUSCE (Methods Of Land Use Change Evaluation) basé sur les réseaux de neurones (Multicouche perceptron RNA-PMC) après avoir réalisé des cartes d'occupation des sols pour les années 2010, 2015 et 2020. Ces cartes ont été obtenues par une classification supervisée des images satellitaires (Landsat) en utilisant l'algorithme du maximum de vraisemblance. Deuxièmement, estimer et projeter le volume annuel des pertes de sols ainsi que le volume annuel de la production des sédiments en utilisant le modèle EPM (modèle d'érosion potentielle) pour les années 2010, 2015, 2020 et en effectuant une projection pour 2025. Ensuite, il sera possible d'observer statistiquement l'évolution du modèle en fonction des changements d'occupation des sols dans le bassin versant.

PARTIE I : APERÇUS BIBLIOGRAPHIQUES ET DOMAINE D'ÉTUDE

Chapitre I

L'érosion hydrique et le ruissellement érosif

I.1 Introduction

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays et particulièrement dans ceux de la Méditerranée (Bou Kheir et al., 2001) (**Figure 1**). Selon le rapport sur l'état des ressources en sols du monde (FAO 2015), l'éventail le plus probable de l'érosion mondiale des sols par l'eau est de 20 à 30 Gt/an, tandis que l'érosion due au travail du sol peut s'élever à environ 5 Gt/an. Entre 2000 et 2010, la corrélation de la dégradation des terres par l'érosion des sols montre que les pays d'Afrique du Nord sont les plus touchés parmi les pays sélectionnés (Wiebe 2003).

Depuis des siècles, les géographes ont considéré la zone du bassin Méditerranéen comme très sensible à l'érosion sous toutes ses formes (Roose et al., 2012) (**Figure 2**). L'Algérie fait partie des pays les plus touchés par l'érosion des sols. Le taux d'érosion dépasse 2000 t/Km²/an dans la plupart des bassins versants de l'Atlas Tellien. Il atteint 4000 t/Km²/an sur la chaîne côtière du Dahra et 5000 t/Km²/an dans le bassin très dégradé (Remini et Remini 2003). Selon (Achite et Ouillon 2016), l'analyse du transport solide de la zone nord-ouest algérienne montre des valeurs croissantes au cours des 40 dernières années en raison du changement climatique entraînant un changement du régime hydrologique. Par rapport aux régions du pays, l'intensité de l'érosion hydrique variait de 26% dans l'est du pays, 27% dans le centre et 47% dans l'ouest du territoire algérien (Hallouz et al., 2018).

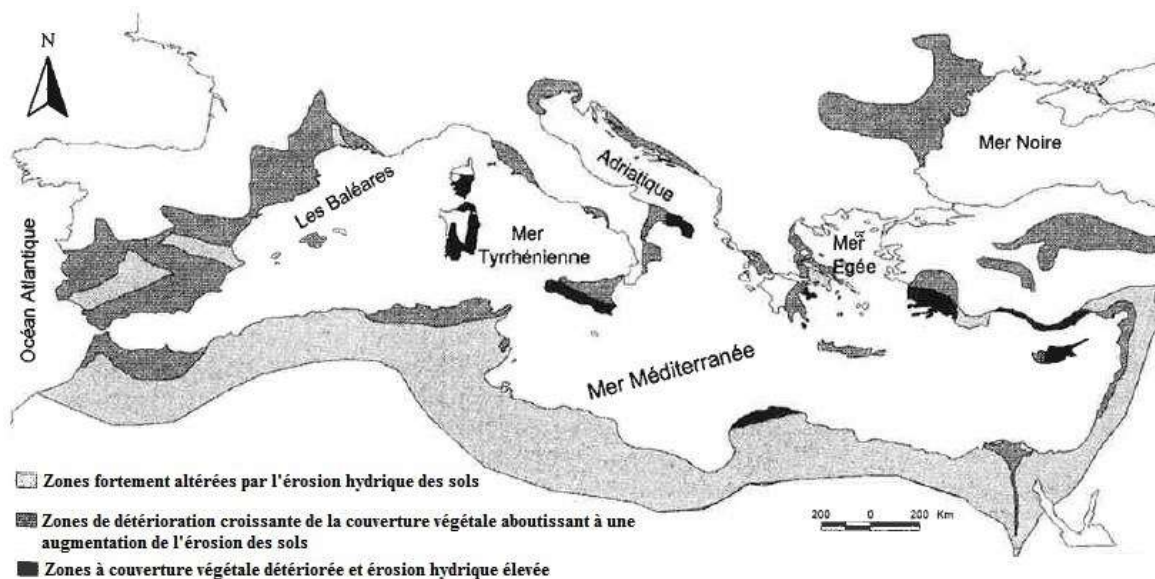


Figure 1. Régions affectées parla dégradation des sols dans le bassin méditerranéen (Bou Kheir et al., 2001)

Selon (Guerra et al., 2020), la protection contre l'érosion des sols au fil du temps dans les biomes terrestres est en baisse constamment, ce qui a entraîné une augmentation des taux d'érosion des sols de 11.7% à l'échelle mondiale. Ainsi, le risque d'érosion des sols a systématiquement augmenté entre 2006 et 2013 par rapport à l'année de référence 2001.

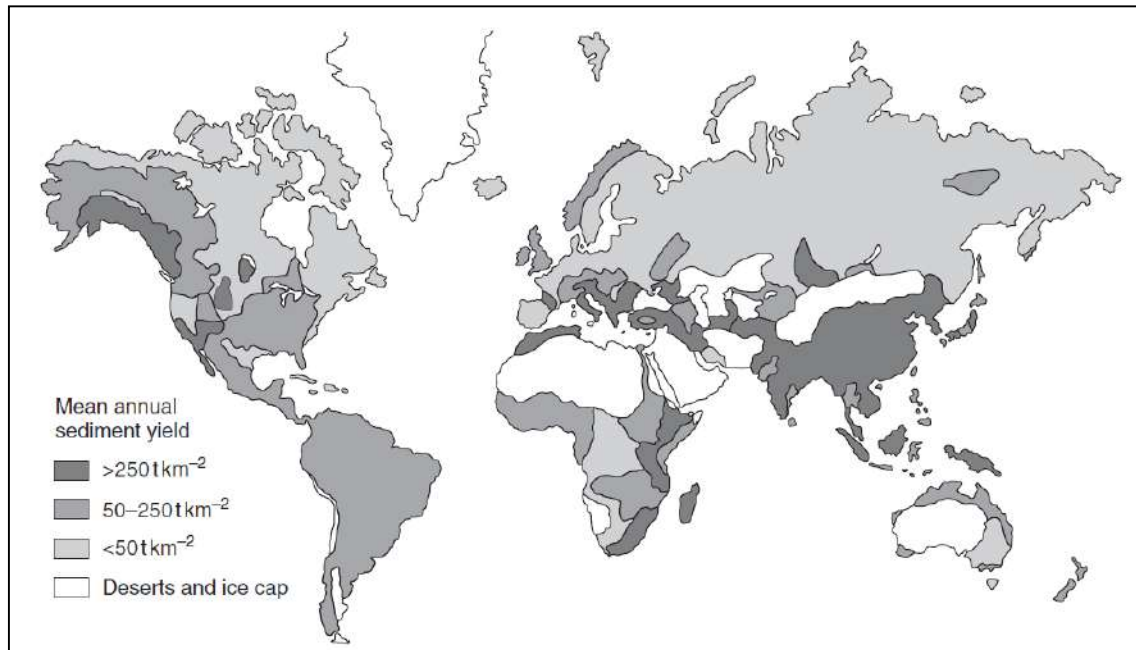


Figure 2. Carte de la variation mondiale des classes moyennes de la production des sédiments (Walling et Webb 1983)

I.2 Définition de l'érosion

L'érosion peut être caractérisée de diverses manières. Les définitions sont classées en deux types, dont la plus stricte considère que l'érosion est la façon par laquelle les particules de sols généralement du type sédimentaire et d'autres éléments se séparent de la surface du sol (Fleming 1977). D'autre part, Derrau (1974) et Birot (1981) expliquent que ce processus se génère sur trois principales étapes qui sont (l'arrachement, le transport et le dépôt) ; la première par désagrégation et altération de la roche, creusement de la surface du sol. La deuxième par le déplacement de ces débris par un moyen sur les talus, dans les cours d'eau et finalement, le dépôt de ces matériaux déplacés, généralement dans les cônes alluviaux, les lits des rivières, les vallées inondables, les lacs et les réservoirs. Cette dernière définition fait appel à la notion spatio-temporelle du processus.

I.3 L'érosion hydrique

Selon Hudson (1990), dans les régions à climat sèche et semi-aride, le manque et l'irrégularité de précipitations (pluies orageuses) limitent la productivité agricole, tandis que de nombreux sols sont très sensibles à l'érosion hydrique due à plusieurs facteurs, dont les plus importants sont :

- Faiblesse des rendements des cultures laissant moins de résidus qui servent à la protection des sols ;
- Faiblesse des teneurs en matière organique du sol, ce qui conduit à une désagrégation rapide et à la formation des croûtes de battance lors des précipitations ;
- Pluies orageuses de haute intensité dans les régions arides ;
- Mauvaise gestion des ressources en eau, qui contribuent à une sensibilité élevée des sols.

Les quantités de précipitations et d'écoulement d'eau fournissent l'énergie nécessaire au détachement des particules du sol (ruissellement érosif).

En plus du ruissellement, les éclaboussures de pluie peuvent contribuer aux transports des particules. Les précipitations et le gradient de pente donnent le plus d'énergie pour l'érosion dans les endroits ascendants. La majeure partie de l'énergie cinétique des gouttes de pluie est perdue sur le sol nu lorsque les gouttelettes d'impact délogent les particules du sol. En fin de compte, les éclaboussures et les écoulements en nappe peu profonds transportent les particules libres jusqu'aux concentrations de ruissellement (Ritter et Eng 2012).

I.4 Processus de l'érosion hydrique

Il est nécessaire de faire la différence entre le terme de détachement et celui de la désagrégation par le fait qu'ils agissent de façon simultanée à la surface des sols. Cette dernière selon Leguédais (2003) correspond à la déstructuration des agrégats présents en surface et la production de fragments de sol plus fins. Les mécanismes de l'érosion se produisent dans la couche la plus sensible du sol, ces mécanismes diffèrent par la nature des forces qu'ils mettent en jeu. Selon Emerson (1967), Boiffin (1984), Le Bissonnais (1988), Emerson et Greenland (1990), Le Bissonnais et Le Souder (1995), Le Bissonnais (1996) et Leguédais (2003) quatre principaux mécanismes ont été identifiés :

- L'éclatement, dû à l'air piégé entre les particules du sol qui exercent des forces de compression lors de l'humectation ;
- La désagrégation mécanique due à l'énergie dissipée lors de l'impact des gouttes de pluie ;
- La microfissuration qui se produit par le gonflement différentiel des particules d'argile ;
- La dispersion physico-chimique qui résulte de la réduction des forces d'attraction entre les particules colloïdales.

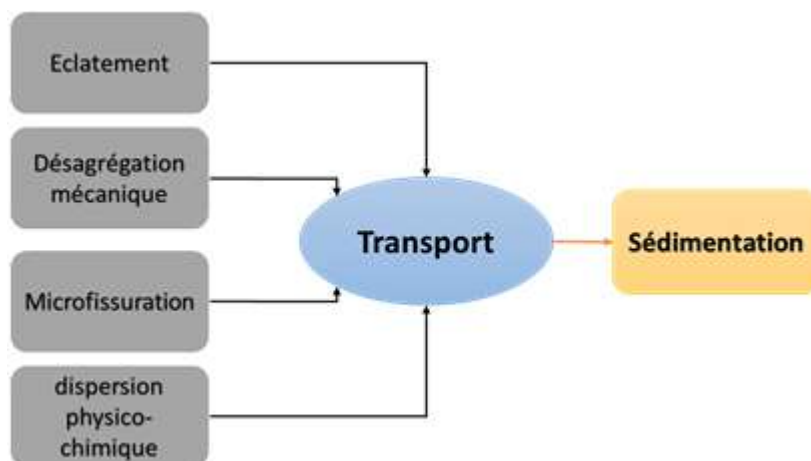


Figure 3. Schéma simplifié du processus d'érosion hydrique

Deux processus sont à l'origine du détachement des particules de la surface du sol. Le premier correspond au rejaillissement des particules sous l'impact des gouttes de pluie (splash) et la deuxième forme de détachement est liée à la force tractrice des écoulements (**Figure 3 et 4**). En fonction de l'énergie du ruissellement apparaissent des incisions linéaires, plus ou moins espacées, que l'on appelle griffes, rigoles ou ravines, selon leur dimension, inhérentes aux

irrégularités de la topographie et/ou induites par les activités agricoles. L'importance du flux de détachement est alors contrôlée à la fois par les caractéristiques des écoulements (vitesse, débit de pointe), par la résistance du sol à l'arrachement et la teneur en MES (matières en suspension) de l'eau de ruissellement (Cheggour et al., 2008).

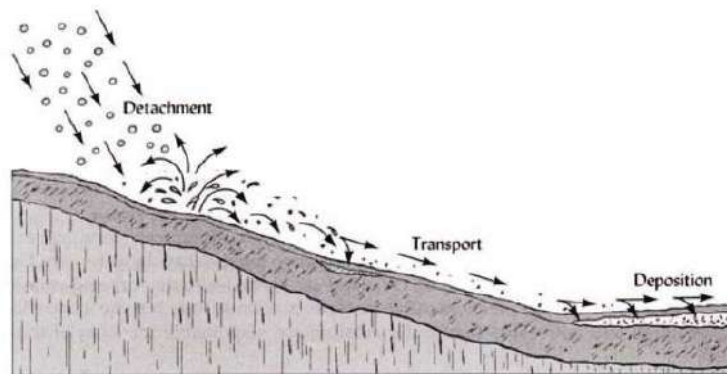


Figure 4. Processus d'érosion hydrique de sol (Stitcher 2010)

I.5 Types d'érosion hydrique

I.5.1 L'érosion par rejaillissement (Effet Splash)

La pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine de l'arrachage, du transport et du dépôt de la terre enlevée (Ammari 2012). Dans ce cas, il s'opère sur toute la surface du sol exposé aux pluies. L'importance du flux de détachement est contrôlée essentiellement par l'énergie cinétique des gouttes de pluie, elle-même fortement corrélée par l'intensité pluviale, et variable en fonction du couvert végétal.

Les caractéristiques du sol (texture, taux de matière organique, état de surface et d'humidité du sol avant la pluie) influencent aussi directement l'importance du splash. L'impact des gouttes de pluie brise les agrégats du sol en éléments plus fins qui progressivement entraînent la formation d'une croûte superficielle de quelques millimètres appelée aussi (croûte de battance) (Figure 5). Celle-ci entraîne une diminution notable de l'infiltration de l'eau dans le sol. Le sol n'étant plus en mesure d'absorber les pluies, l'excès d'eau s'accumule en surface (formation de flaques) puis ruisselle en transportant éventuellement des particules de sol et des nutriments (Cheggour et al., 2008).

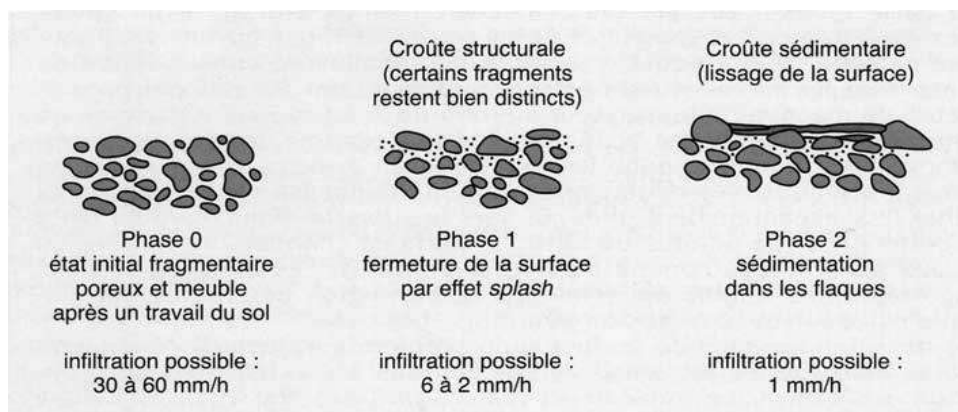


Figure 5. Stades de dégradation de la surface du sol et formation d'une « croûte de battance » sous l'action des pluies (d'après Boiffin 1984)

I.5.2 L'érosion en nappe

Elle se traduit par un décapage sélectif plus ou moins uniforme de la couche superficielle du sol. Elle n'intervient que pour le transport des particules fines du sol dont l'argile, le limon et la matière organique, c'est pour cela qu'elle est généralement moins apparente, en particulier à ses débuts, que les autres types d'érosion (Mabit et al., 2002). Elle peut être grave sur les sols dont la pente n'est que de 1 ou 2%. Ce type d'érosion entraîne des graves dégâts sur le plan morphopédologique. Le décapage de l'horizon superficiel qui touche essentiellement la couche arable des sols diminuant ainsi de manière significative sa réserve en éléments fertilisants et un entraînement préférentiel des particules les plus fines, de la matière organique et du carbonate de calcium (**Figure 6**). Selon les travaux des chercheurs de l'INRF et de l'IRD : Heusch (1982), Kouidri et al (1982) et Mazour (1992), en Algérie, les pertes en terres par ce type d'érosion varient 0.10 à 2 t/ha/an (Chebbani et al., 1999 in Brahimi 2017).

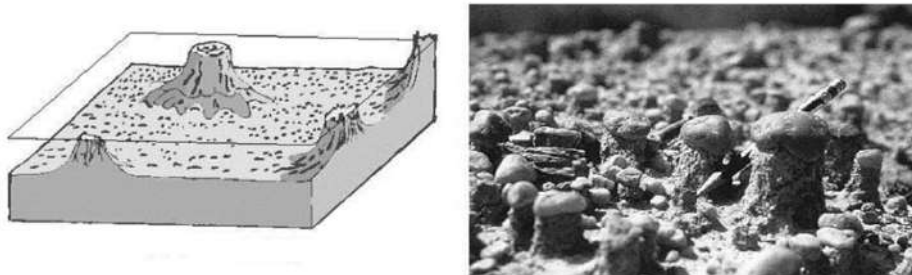


Figure 6. Effet de l'érosion en nappe sur la couche superficielle du sol

I.5.3 L'érosion linéaire (Rigole et Inter-Rigole/Rill-Interrill)

Les rigoles sont fréquemment observées sur les terres agricoles en pente (Sun et al., 2013). Ce type d'érosion se manifeste lors d'orages violents sur des terrains dont la pente est supérieure à 5 %. La perte de la couche arable et des nutriments causée par l'érosion linéaire réduira la productivité du sol et le dépôt de sédiments hors site peut entraîner une détérioration de la qualité de l'eau dans les ruisseaux et les réservoirs. L'écoulement concentré est l'une des principales sources d'énergie de détachement du sol dans les rigoles (Bradford et al., 1987 ; Owoputi and Stolte 1995 ; Govers et al., 2007).

Meyer et al., (1975) ont constaté que la quantité d'érosion du sol a augmenté deux fois après l'apparition de rigoles dans les sols de texture limoneux, alors que Kimaro et al., (2008) ont constaté que l'érosion linéaire est plus importante que les autres types d'érosion et représente en moyenne 58% de la perte totale de sol dans les zones montagneuses de l'Afrique de l'Est.

Il est généralement admis que les rigoles sont développées par écoulement concentré (Consuelo et al., 2007). Cependant, les résultats de certaines études ont montré que les rigoles sont déclenchées par des écoulements terrestres (Ding et al., 2003). Les écoulements terrestres se déplacent sous la forme d'ondes de roulis dans certaines circonstances, qui sont influencées par les amplitudes du débit de ruissellement et du gradient de pente. La superposition d'ondes de roulement entraîne une augmentation de la profondeur de l'eau locale dans les processus d'écoulement de la pente supérieure vers la pente inférieure, et cela conduit à la montée de la contrainte de cisaillement par érosion. Lorsque la contrainte de cisaillement est supérieure à la

force de résistance du sol, l'érosion se produit et entraîne en fin de compte la formation d'une tête de rouleau (Ding et al., 2003). Selon le **tableau 1**, l'érosion linéaire peut s'exprimer sous plusieurs formes selon le tracé et la largeur et les profondeurs des cicatrices résultantes du creusement linéaire qui entaillent la surface du sol (griffes, rigoles, ravines, ...etc).

Tableau 1. Les formes d'incision dues à l'érosion linéaire (Roose 1994)

Formes	Tracé	Longueur	Largeur	Profondeur
Griffe	Sinueux	< 1 m	< 10 cm	5 à 6 cm
Rill	Rectiligne	Centaine de m	10 à 20 cm	5 à 10 cm
Rigole	Sinueux	Dizaine de m	5 à 70 cm	10 à 30 cm
Ravine	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm à 1m	30 à 50 cm
Petit ravin	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm à 1m	50 à 200 cm

I.5.4 Erosion en masse

Les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique (Cheggour 2008). Une classification des mouvements de masse basée sur la nature des matériaux (boue, roche et débris) et le type de mouvement (chutes, renversements, glissements (rotationnels et translationnels), écarts et écoulements latéraux) a été développée par Varnes (1978). Ce dernier a également proposé un autre type de mouvement, qu'il a appelé complexe ; où il se traduit lors de la combinaison de deux ou plusieurs types principaux de mouvements.

I.5.4.1 Les glissements lents (creeping)

C'est des glissements plus ou moins lents des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observent assez généralement sur les pentes fortes, grâce à la forme couchée des jeunes plantes forestières et à la forme en crosse de la base des arbres adultes. Moeyersons (1989) a signalé que la circulation des animaux le long des versants dans les zones sylvo-pastorales peut entraîner la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures.

I.5.4.2 Les glissements rapides

Ils apparaissent sur des planches de terre lorsque le sol est épais et glissant sur un axe constitué de sol plus compact ou de roche altérée le plus souvent. Ils sont particulièrement bien réponsus sur les schistes à pendages réguliers (parallèles à la topographie), les gneiss et les marnes altérées.

I.5.4.3 Les coulées boueuses

Lorsque le sol est engorgé par les eaux de précipitation, le mélange d'eau et du sol à certains moments dépassent le point de liquidité et par l'influence de la pente, des masses considérables de boue et de blocs de roche de taille imposante se déplacent en descendance avec une vitesse importante. Elles se présentent sous forme de canaux terminés par une langue de matériaux (cône de déjection) de texture très hétérogène.

Lorsqu'elles viennent de se produire, les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très

hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années (Rapp et al., 1972).

I.5.4.4 Les glissements rotationnels

La surface de glissement est de forme circulaire et concave dont une brusque rupture de pente (escarpement de départ) représente la zone de départ du glissement. La surface même du glissement présente une topographie bosselée caractéristique. En termes de dimensions, les glissements rotationnels peuvent varier de quelques mètres à plusieurs kilomètres de longueur et de quelques mètres à plusieurs dizaines et même centaines de mètres d'épaisseur (SSGm 2009).

I.6 Facteurs d'érosion hydrique

I.6.1 Le Climat

Il représente l'un des facteurs conditionnant directement le processus d'érosion. Certains paramètres climatiques font partie des processus d'altération. Les deux caractéristiques importantes du facteur climatique de l'érosion hydrique des sols sont la fréquence et l'intensité des précipitations. La formation du ruissellement est à l'origine de ses caractéristiques et cela quand la quantité des pluies dépasse la capacité d'absorption de l'eau par le sol (Bergsma et al., 1996).

En zone méditerranéenne et en Algérie, le régime climatique est souvent connu par la variabilité et l'irrégularité des précipitations. Selon Arabi et Roose (1989) les pluies orageuses d'automne favorisent le ruissellement sur les sols nus dont le ruissellement journalier maximal a dépassé 19 à 32 %. Lors d'averses exceptionnelles, le ruissellement de sols limoneux encroutés en permanence peut augmenter de 15% à 60-90%. Lors des événements exceptionnels, les ravines peuvent atteindre des tailles de l'ordre du mètre (Castro et al. 2000).

Les averses de fréquence rare tombant sur des sols déjà saturés et de faible épaisseur sont à l'origine de la formation des ravines, de l'apparition des mouvements en masse et d'inondations (Roose et De Noni 1998).

D'autres paramètres climatiques peuvent jouer un rôle significatif dans le phénomène d'érosion. L'évaporation qui intervient d'abord entre les périodes pluvieuses peut modifier la stabilité structurale et le profil hydrique des couches superficielles et modifier ainsi l'infiltrabilité en jouant sur le degré de dessiccation des fragments de surface (Bouzeria 2018).

I.6.2 Activités humaines

Bien que les humains soient maintenant l'agent géomorphique le plus important à la surface de la planète, les processus naturels et anthropiques servent à modifier des parties très différentes du paysage terrestre. Des actions menées par l'homme tel que le défrichement des forêts, les incendies et le surpâturage ainsi que les mauvaises pratiques culturelles servent tous à déclencher la dégradation du sol par érosion.

Selon Wilkinson et McElroy (2007), depuis 1961, la superficie des terres cultivées à l'échelle mondiale a augmenté d'environ 11%, tandis que la population mondiale a presque doublé. L'effet net des deux changements est que la superficie des terres cultivées par habitant a diminué d'environ 44% au cours de ce même intervalle de temps soit <1% par an. Cela représente environ 25 fois le taux de perte de surface du sol prévu par la dénudation humaine des surfaces des terres cultivées. Dans un contexte de production alimentaire par habitant, la perte de sol due à l'érosion des terres cultivées est largement insignifiante par rapport à l'impact de la croissance démographique.

I.6.3 La couverture végétale

La couverture végétale des systèmes de culture présente une forte influence sur la réduction des risques de ruissellement et d'érosion, même lors des averses abondantes et orageuses. Par conséquent l'intensification des cultures peut réduire efficacement les risques d'érosion. En autre terme, c'est l'énergie des pluies plus ou moins bien interceptées par la litière et le couvert végétal qui est la cause principale des transports solides et non pas la saturation du sol (Roose 1999).

Sous la plupart des climats, l'érosivité des pluies varie selon les saisons. Les cultures et les méthodes de culture qui fournissent une couverture insuffisante pendant les périodes d'érosivité élevée augmentent l'érosion, tandis que seule une érosion mineure se produit sur les surfaces non couvertes (lit de semence) dans les périodes de faible érosivité (Auerswald 2008).

Selon (Bou Kheir et al., 2001), dans les domaines forestiers et sous les pins d'Alep de 20 ans à moins de 40% de recouvrement il est fort possible l'apparition des ravines ainsi que sous Chêne d'Alep. Ce qui implique la possibilité de l'apparition des ravines par l'effet de ruissellement sous forêts dégradées ou sur-pâturées.

Les sols soumis au pâturage intensif se tassent, ils deviennent plus compacts ce qui réduit leurs perméabilités. En parallèle le ruissellement s'accroît entraînant des pertes de terre considérables. Dans les mêmes conditions environnementales et climatiques, une augmentation de la couverture végétale entraîne une diminution du risque d'érosion des sols due à l'eau et, par conséquent, une offre de services éco-systémiques plus élevée (Guerra et al. 2016).

I.6.4 La topographie

D'après Roose (1977), la topographie influence l'érosion hydrique par la pente, cette dernière agit selon son intensité, sa longueur et sa forme. La puissance érosive du ruissellement augmente avec la pente et la taille de la zone contributive par unité de largeur à l'extrémité inférieure de la zone d'érosion. La force motrice du transport des sédiments et de l'eau à la surface du sol est le contenu énergétique potentiel de l'eau.

Bien que la pente ne puisse généralement pas être modifiée, de nombreuses mesures de conservation comme le contournage, le terrassement, les fossés de drainage ou le recadrage en bandes peuvent réduire la quantité et la vitesse du ruissellement (Wilkinson and McElroy 2007). Le gradient et la forme de la pente présentent plus d'importance que sa longueur (Roose 1994).

La topographie simple du lit peut augmenter les taux d'érosion dus à l'abrasion par la charge du lit par des ordres de grandeur, même si la topographie est petite et à faible angle (Huda and Small, 2014). Cette érosion accrue se concentre sur les pentes orientées vers l'écoulement (Whipple et al., 2000 ; Wilson et al., 2013).

I.6.5 Le sol

L'érosion contribue à la perte de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité (Brahimi 2017). La profondeur, la charge pierreuse, la granulométrie, la teneur en matière organique sont les principales caractéristiques des sols qui peuvent déterminer le degré de sensibilité des sols envers l'érosion hydrique (Roose et al., 1993 ; FAO 1996).

Généralement, les sols avec des taux d'infiltration plus rapide, des niveaux plus élevés de matière organique et une structure améliorée du sol ont une plus grande résistance à l'érosion. Les sols de sable, de limon sableux et de limon texturé ont tendance à être moins érodable que le limon, le sable très fin et certains sols à texture argileuse (Ritter 2012).

En région méditerranéenne, les sols sont des types lourds riches en argiles, celui là est connu pour sa résistance à la battance mais sensible au ravinement (Mazour 1992 ; Roose et al., 1993 ; Bou Kheir et al., 2001).

Une faible teneur en matière organique permet aux agrégats en contact direct avec l'eau de s'humidifier plus rapidement, diminue leur résistance intra-agrégats (Quirk et Panabokke 1962), les rendant plus sensibles à la décomposition et au détachement (Young et Onstad 1982).

La perturbation de la masse racinaire et d'autres matériaux de liaison par le labour ou le mélange sont généralement considérés comme un effet de gestion transitoire. Les couches restrictives, causées par la lixiviation des cations ou par le compactage des opérations horizontales de travail du sol, provoqueront une mare si sur une surface plane, ou un écoulement latéral dans le sol si sur une pente (McCool et Williams 2008).

I.6.6 Occupation des sols

L'utilisation des terres est l'un des facteurs les plus importants de la dégradation des terres en raison de son rôle dans l'accélération du ruissellement de surface et de l'érosion des sols (García-Ruiz 2010 ; Vanwalleghe et al., 2017 ; Guzha et al., 2018). Leurs changements peuvent être attribués à l'augmentation du nombre de la population et à sa disponibilité réduite et limitée. Le changement de la couverture terrestre reste un défi mondial : une estimation indique que 10⁹ hectares d'écosystèmes naturels pourraient être convertis à l'agriculture d'ici 2050 (Tilman et al., 2001).

En outre, les forêts couvrent près d'un tiers de la superficie terrestre (Justine et al., 2015) et ont subi une perte totale de 2.3 millions de km² de 2000 à 2012 en raison de perturbations (Hansen et al., 2013). Le défrichement de la forêt et de la végétation naturelle connexe sur une topographie abrupte peut augmenter considérablement le risque d'érosion du sol (Nambajimana et al., 2020).

Le changement de l'occupation des sols combiné aux conditions atmosphériques et topographiques, a un impact accéléré sur la dégradation des sols et des terres (Ni et al., 2008) y compris l'acidification, l'alcalinisation, l'érosion des sols et la lixiviation des nutriments (Chalise et Kumar 2020). Ces derniers temps, les impacts du changement de l'occupation du sols et de l'érosion ont été établis comme une préoccupation environnementale critique. Les activités d'utilisation des terres telles que la production agricole accélèrent le processus d'érosion du sol, dégradant finalement la qualité de l'eau des cours d'eau en raison de l'accumulation de sédiments du sol dans les plans d'eau (Yusof et al., 2016). L'une des principales causes du changement d'occupation des sols dans les pays en voie de développement est le taux élevé de croissance physique des zones urbaines et les pratiques agricoles extensives dans les ressources foncières disponibles (Solaimani et al., 2009a). Étant donné que les changements à long terme de l'occupation des sols et du climat sont également inévitables à l'avenir, il est nécessaire d'étudier les impacts attendus de ces changements sur l'érosion des sols à l'échelle du bassin versant (Sharma et al., 2010, Sharma et al., 2011).

I.7 Processus du ruissellement érosif

Les précipitations intenses provoquent le ruissellement, c'est-à-dire l'écoulement désorganisé de l'eau à la surface d'un bassin versant. Chaque fois que l'intensité de la pluie dépasse la vitesse d'infiltration du sol, elle émerge à la surface. Ce phénomène persiste continuellement jusqu'à ce qu'il chevauche un système fluvial ou un système de drainage. Son origine est ; soit pluvial naturel, nival de la nature ou anthropique. Le ruissellement peut être causé par la combinaison ou par la distinction de deux processus. Le premier lorsque le régime de ruissellement se produit quand l'intensité des précipitations est supérieure à la capacité d'infiltration du sol, on parle ici d'un écoulement Hortonien. Par saturation, lorsque les sols sont partiellement ou complètement saturés suite à l'existence d'une nappe phréatique (Armand 2009).

Sur les terrains à faibles pentes, le processus se génère progressivement d'une manière diffuse (ruissellement diffuse) (Cerdan et al., 2006 ; Armand 2009). Il existe deux manières de décrire le ruissellement : diffuse ou en nappe. De ce fait, les eaux de ruissellement peuvent se concentrer dans les talwegs et parfois former des chenaux ou des vallées. En raison du passage des machines agricoles, le ruissellement devient plus concentré, ce qui entraîne des couloirs de ruissellement plus imperméables. Le travail du sol dans le sens de la pente augmente la concentration du ruissellement, ce qui favorise l'érosion.

En agriculture, l'érosion des sols est causée par l'ablation de l'eau, le transport et le dépôt de particules de sol, principalement par le ruissellement concentré sur des surfaces à faible stabilité structurelle. Les régions de dépôt au-dessus et en aval des sites de dépôt pourraient être affectées par les dommages. Le ruissellement érosif affecte les sols qui deviennent moins fertiles car l'horizon de surface étant le plus riche en matière organique est le plus affecté (Auzet et al., 1992 ; Le Bissonnais et al., 1992 ; Le Bissonnais et al., 2002 ; Cerdan et al., 2006 ; Armand 2009) (**Figure 7**).

Il est vrai que le sol est une ressource limitée et non renouvelable à l'échelle humaine et que son épuisement peut entraîner une perte permanente de fertilité s'il ne se reconstitue pas assez rapidement (Le Bissonnais et al., 2002). Pour les agriculteurs, les ravines et l'enfouissement des

plantes peuvent entraîner des dégâts considérables (Auzet et al., 1992 ; Le Bissonnais et al., 2002). Dans les cas extrêmes, le ruissellement érosif peut entraîner des coulées boueuses. De ce fait, lorsqu'il s'agit de régions avec peu ou pas de végétation et de sols instables, le ruissellement détache et envoie des particules en aval. L'eau courante peut être aidée à se concentrer même par une petite quantité de relief, ce qui peut entraîner des inondations lorsqu'elle déborde dans des zones préoccupantes. De plus, les rejets érosifs peuvent provoquer une pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques par augmentation de la turbidité, en particulier dans les endroits où les cultures agricoles ont été fortement aspergées d'agents phytosanitaires (Auzet et al., 1992 ; Le Bissonnais et al., 2002 ; Armand 2009).

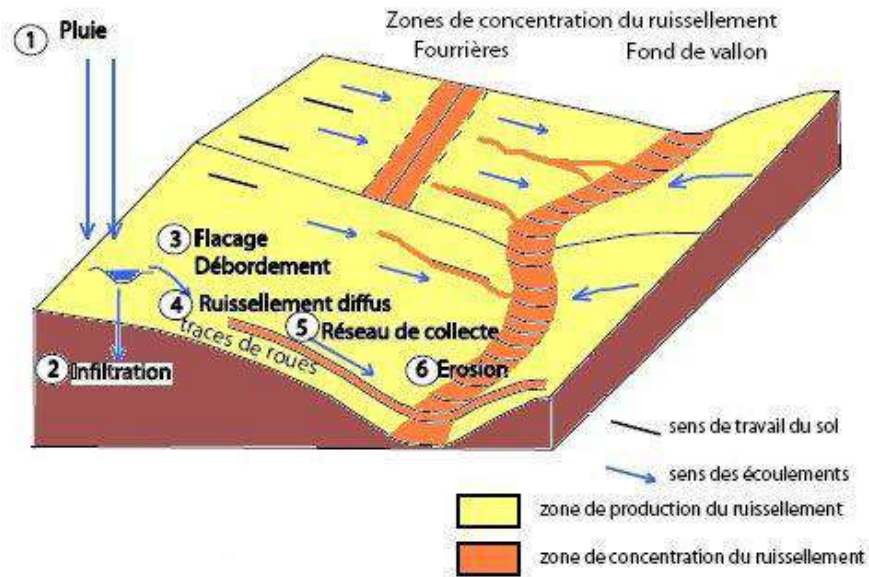


Figure 7. Le processus simplifié du ruissellement érosif (Bussière 1996)

Chapitre II

Description générale de la zone d'étude

II.1 Situation Géographique

Le sous bassin versant de l'oued Saida (code 11-11) selon l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) fait partie du grand bassin de la Macta qui s'étend au nord-ouest de l'Algérie, dans les derniers contreforts tabulaires du versant sud de l'Atlas tellien, formé par les monts de Tlemcen, de Daïa et de Saida, au seuil des hautes plaines steppiques. Il est situé entre l'extrémité des monts de Daya au nord et la région des hauts plateaux au sud. Il est entouré par les monts de Daïa à l'ouest (Sidi Ahmed Zeggai), au sud par la montagne de Sidi-Abdelkader et les fameux tétons d'Aïcha, à l'est par les monts de Saida avec entre autre le Djebel Tiffrit qui culmine à 1200m. Le bassin versant occupe la partie sud-est de la Macta (Yles et Bouanani 2017), le bassin versant de l'oued Saida est de type modérément allongé (Dahmani 2016) (Figure 8).

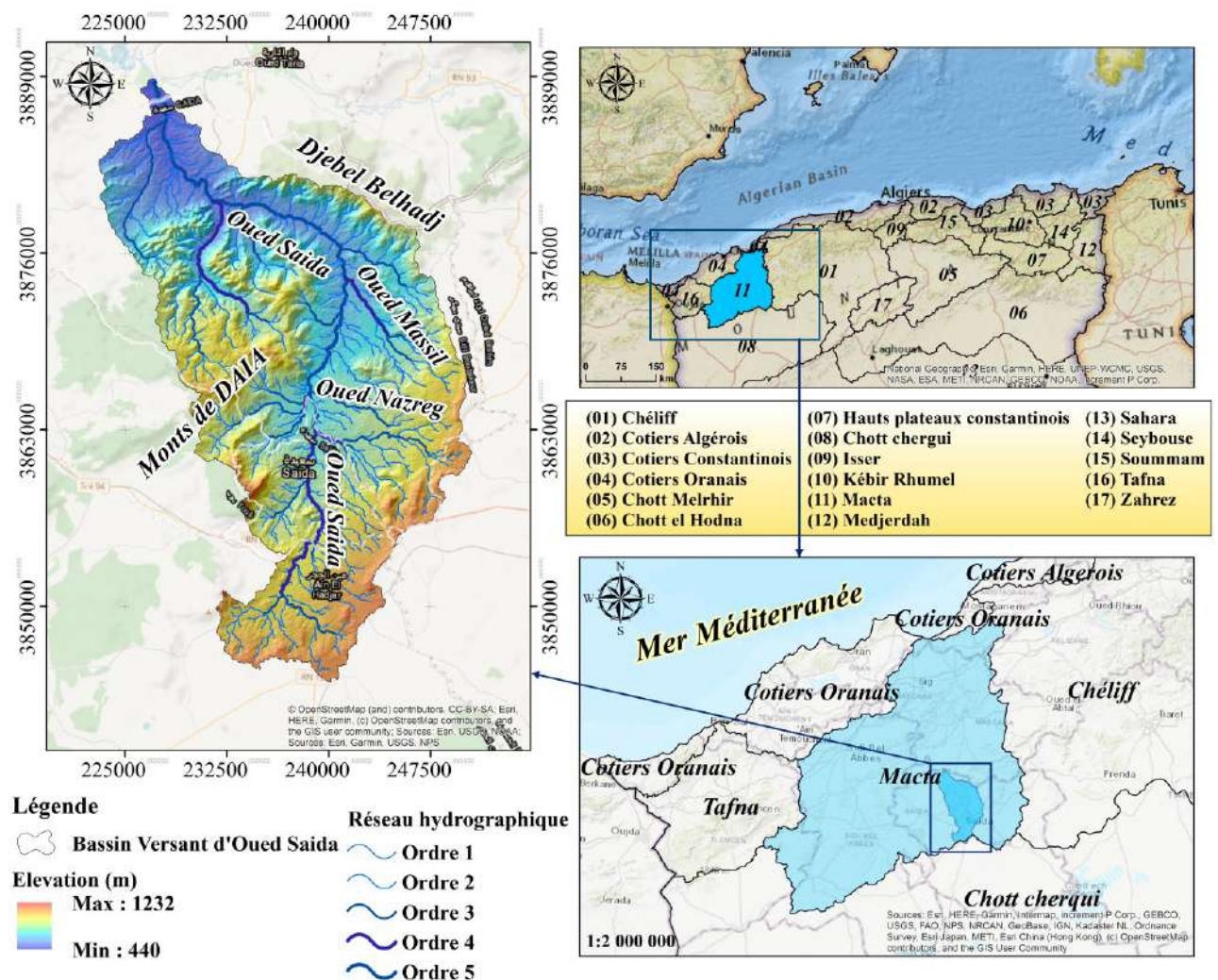


Figure 8. Situation géographique du bassin versant de l'oued Saida

II.2 Cadre Climatique

Le climat du bassin versant de l'oued Saida est du type semi-aride et caractérisé durant l'année par deux grandes saisons, qui partagent le cycle climatique en deux grandes périodes. Une

saison froide caractérisée par des valeurs minimales au-dessous de 10°C (entre décembre et Février) et qui peuvent atteindre 8.5°C en mois de Janvier, la température moyenne mensuelle (Station de Saida) est élevée entre les mois de juin et septembre avec un maximum de l'ordre de 27°C et 27.5°C observés au mois de juillet et Août. Durant la période hivernale, les températures saisonnières s'abaissent parfois en dessous de 0°C, d'où l'apparition de phénomènes de gelée et de verglas. À la lumière de ces résultats, on peut dire que la zone d'étude connaît des hivers assez froids et des étés assez chauds. L'évaporation potentielle moyenne annuelle peut atteindre 835 mm dans le bassin versant de l'oued saida (Yles 2014).

En matière de précipitations, le bassin versant de l'oued Saida est soumis à l'influence de deux régimes saisonniers opposés. Le premier est sous influence méditerranéenne dominante avec des entrées marines provoquant de fortes précipitations en hiver. Le second est caractérisé par les orages des saisons estivales.

L'analyse de la série pluviométrique des cinq stations disponibles sur une période de 38 ans (**Figure 9**) nous a permis de constater que l'année 1996-1997 est la plus pluvieuse sur les cinq stations avec une moyenne de 516.12 mm, alors que l'année 1998-1999 est la plus sèche avec une moyenne de 199.24 mm.

Le plus faible enregistrement varie d'une station à une autre dont on note ; pour la station de Saida 173.5 mm en 1993, 168.9 mm en 1981 pour la station d'Ain el Hadjar, 190.8 mm en 1987 pour la station PK50, 203.1 mm et 145.1 mm en 1999 pour la station d'Ain Zerga et de Sidi Boubkeur respectivement (**Figure 9 et 10**).

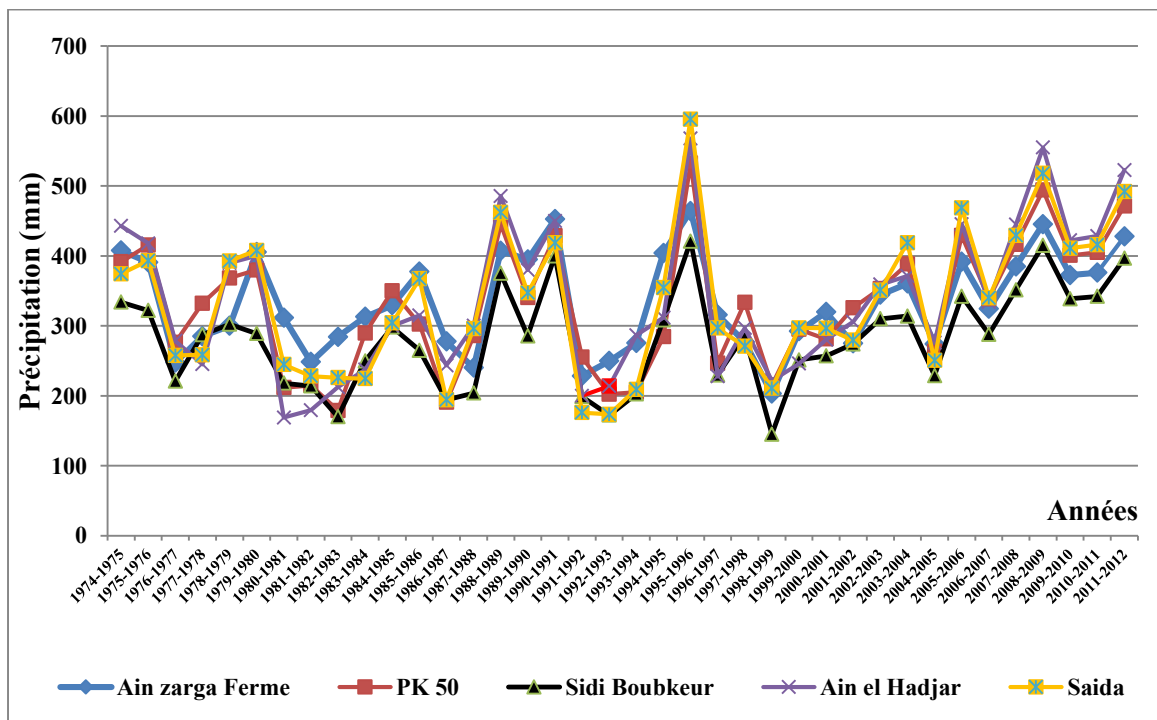


Figure 9. Variation interannuelle des précipitations (Période 1974-2012)

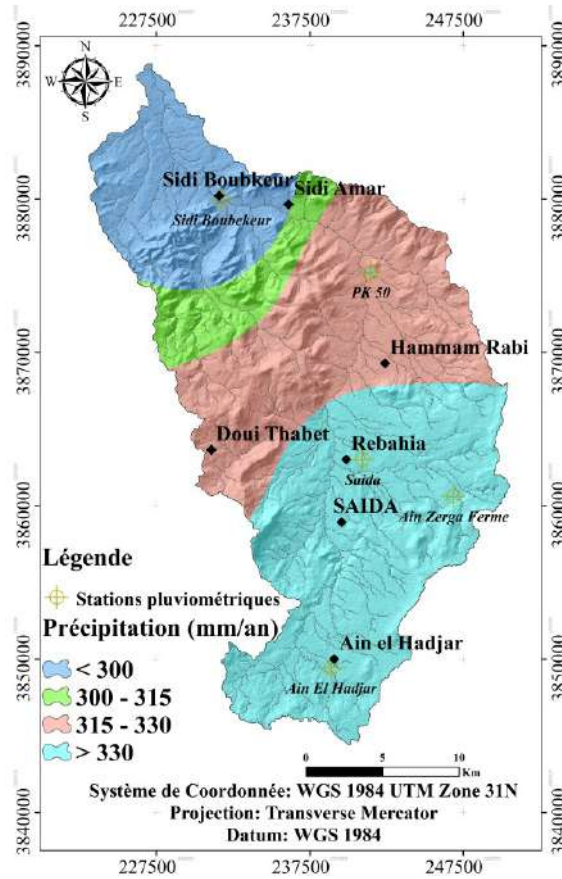


Figure 10. Carte des isohyètes du bassin versant de l'Oued Saida (Période 1974-2012) par interpolation à l'aide de la méthode « IDW »

II.2.1 Régime des précipitations

Le coefficient d'irrégularité du régime des précipitations annuelles représente le rapport du module de l'année la plus humide $P_{\max}$ à celui de l'année la plus sèche $P_{\min}$ (Hebal et Remini 2012) (**Tableau 2**).

$$C_{ir} = \frac{P_{\max}}{P_{\min}}$$

Tableau 2. Coefficient d'irrégularité du régime des précipitations annuelles

Station	$P_{\max}$	$P_{\min}$	C_{ir}
Saida	595.6	173.6	3.43
Sidi Boubekeur	421	145.1	2.90
PK 50	532,6	190.8	2.79
Ain Zerga Ferme	464,1	203.1	2.29
Ain El Hadjar	567,8	168.9	3.36

En moyenne sur le bassin versant de l'Oued Saida, le coefficient d'irrégularité du régime des précipitations annuelles est de 3.15. Il varie entre 2.29 (Station d'Ain Zerga) à 3.43 (Station de Saida), ceci explique une certaine irrégularité spatio-temporelle du régime des précipitations dont la cause principale est le relief.

II.2.2 Analyse de la Température

La température de l'air est un facteur climatique très important qui contrôle le climat de la région. La variation spatiale et temporelle de la température dépend de la latitude, l'altitude, le relief, la densité de la couverture végétale, la proximité de la mer, les masses d'air dominantes et le degré d'urbanisation et de pollution (Smida 2008).

La température moyenne mensuelle (Station de Saida) est élevée entre les mois de juin et septembre avec un maximum de l'ordre de 27°C et 27.5°C observés aux mois de juillet et Août (**Tableau 3**), tandis que la saison froide est caractérisée par des valeurs minimales au-dessous de 10°C (entre décembre et février) et qui peuvent atteindre 8.5°C en mois de janvier. Un écart moyen mensuel entre les valeurs maximales et minimal est de l'ordre de 14°C. Un écart important traduisant la variabilité inter saisonnière des températures dans la zone d'étude, alors que la température moyenne inter-mensuelle de la période 1983-2012 est de 23.83°C.

Tableau 3. Variation des températures moyenne mensuelles de la station de Saida (1983-2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aout	Moy
T_{max} (°C)	30	25	18	15	14	15	18	21	26	32	36	36	23.83
T_{min} (°C)	15	12	7	4	3	3	5	7	10	15	18	19	9.83
Ecart (°C)	15	13	11	11	11	12	13	14	16	17	18	17	14.00
T_{moy} (°C)	22.5	18.5	12.5	9.5	8.5	9	11.5	14	18	24	27	27.5	16.83

II.2.3 Indice d'aridité de DE-MARTONNE

Cet indice caractérise l'aridité du climat d'une région, en se basant sur des considérations essentiellement géographiques, De Maratonne (1926) a défini l'aridité du climat à l'échelle annuelle par le quotient ;

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Dont ; P : précipitation moyenne annuelle en (mm). T : température moyenne annuelle en (C°). L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial, De Maratonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques arides ($I < 5$) aux zones humides à forêt prépondérante ($I > 40$) (Lebourgeois et Piedallu 2005) (**Tableau 4**).

Tableau 4. Type de climat selon l'indice d'aridité de De Maratone

Classe d'indice	Type de climat
$I > 40$	Zones humides à forêt prépondérante
$20 < I < 30$	Climat froid
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$7.5 < I < 10$	Climat aride
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$I < 5$	Climat hyper-aride

- Pour la station de Saida :

$$I = \frac{336.53}{16.83 + 10} = 12.54$$

L'indice de **DE-MARATONNE** pour la station de Saida est situé entre 10 et 20 donc par conséquent le climat de la zone d'étude est désormais du type **semi-aride**.

II.2.4 Calcul de la lame d'eau précipitée

La lame d'eau précipitée représente la quantité de précipitations qui s'exprime comme épaisseur (ou hauteur) d'eau liquide couvrant un sol horizontal (Molinie 2004). De nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour calculer la pluie moyenne sur un bassin versant : Isohyètes, Thiessen, Fonction Spline, Krigeage. Parmi celles-ci, nous avons opté pour la méthode de Thiessen en raison de la simplicité de sa mise en œuvre (Mettin 1994).

La méthode de Thiessen est une méthode arithmétique dans laquelle on attribue à chaque pluviomètre un poids proportionnel à une zone d'influence présumée telle qu'un point situé dans cette zone soit plus près en distance horizontale du pluviomètre correspondant que tout autre pluviomètre. La méthode ne tient donc compte que de la distribution spatiale en plan des stations (Mettin 1994). Le calcul de la lame d'eau annuelle en appliquant la formule ci-après :

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot P_i}{S}$$

Avec : L_p est la lame d'eau précipitée moyenne sur le bassin versant ; S est la superficie du bassin versant ; i est l'indice d'identification de 1 à n stations pluviométriques ; S_i est la superficie du polygone lié à la station i et P_i représente la hauteur de pluie de la station i .

L'application de la méthode nous donne une valeur de 319.82 mm de lame moyenne précipitait chaque année pendant la période 1975-2012 (**Tableau 5**). La répartition de la lame d'eau précipitée selon la méthode de Thiessen montre une homogénéité pour les stations de Sidi Boubekeur et PK 50 contrairement aux autres stations d'Ain Zerga ferme, Saida et Ain Hdjar. La lame d'eau précipitée varie entre 12.20 % dans la station d'Ain Zerga et 27.58 % au niveau de la station pluviométrique de Saida (**Figure 11**).

Tableau 5. Calculs déterminant la lame d'eau précipitée par la méthode de Thiessen

Stations	X (UTM)	Y(UTM)	P (mm)	Superficie du Polygone (m ²)	Superficie du Polygone (Km ²)	Lame d'eau (mm)	$S_i \times P_i$ (mm)	Lame%
Saida	240935.27	3863035.6	332.98	165454135.84	165.45	55092.7	55092.70	27.58
Sidi Boubekeur	231768.78	3879968.4	281.68	159158007.33	159.16	44832.3	44832.30	22.44
PK 50	241464.16	3875242.1	330.03	129643850.56	129.64	42786.3	42786.27	21.42
Ain Zerga Ferme	246883.24	3860620.5	333.64	73054698.64	73.05	24373.7	24373.74	12.20
Ain El Hadjar	238903.39	3849432.1	335.87	97352539.71	97.35	32697.4	32697.37	16.37
Moyenne			322.84	Total	624.66	199782.4	199782.38	--
Lame Moyenne précipitée (mm)							319.82	--

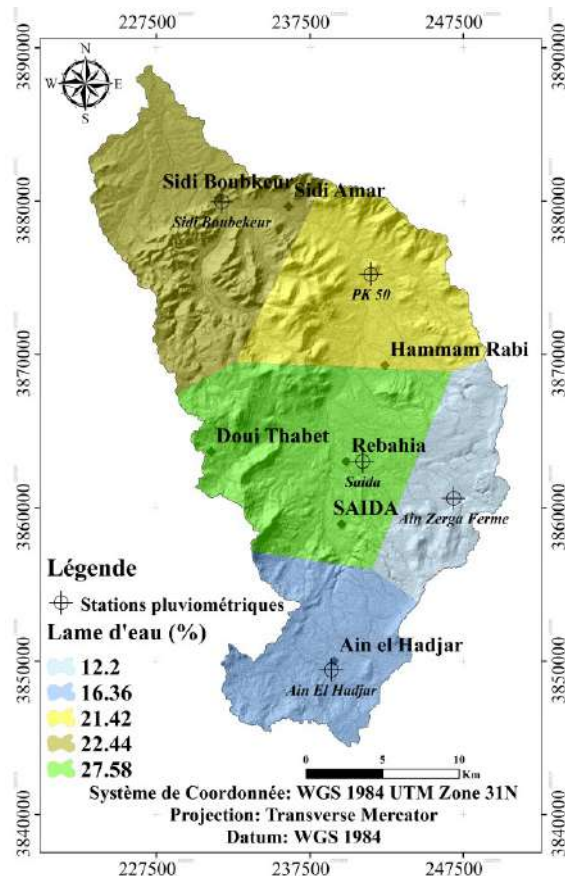


Figure 11. Répartition de la lame d'eau précipitée dans le bassin versant d'Oued Siada selon la méthode de Theissen

II.3 Contexte Géologique

Le bassin de l'Oued Saida est caractérisé par une géologie complexe et diversifiée (Medjber et al., 2016). Le sous bassin de l'oued de Saida fait partie du domaine Tlemcénien formant un sous-ensemble du domaine atlasique. Ce domaine est avant-pays du Tell, d'altitude moyennement élevée (1000 à 1300 mètres) et culminant à 1843 mètres dans le djebel Tenouchfi (massif de Ghar Rouban). Le jurassique représente la formation dominante, de l'inférieur (calcaires dolomités et marnes), le moyen composé par des calcaires à silex et dolomies et du supérieur composé par des argiles et des calcaires gréseuses), selon Decamps (1973) les roches à origine dolomitique et les calcaires sont généralement très karstifiés. Pour les dépressions ainsi que les vallées et lits d'Oueds, on trouve des terrains d'origine continentale (fluviales et éoliens) d'âge tertiaire souvent indifférencié : Mio-Pliocène et Quaternaire.

II.3.1 Cadre structural

D'après Elmi et Benest (1978), les plissements de la chaîne tellienne qui forme le socle de la région de Saïda ont résulté de mouvements verticaux du socle, ce qui a provoqué d'importantes fractures. Ces mouvements tectoniques sont aussi responsables de la formation des dômes (le plus important est celui de Tiffrit) et des différents fossés d'effondrement.

La surrection de môle a aussi provoqué la déformation de la couverture dolomitique du jurassique alors qu'une fossé d'effondrement d'axe N-S s'est développé dans la vallée de Saïda. Ses différents mouvements de surrection ont engendré une tectonique cassante à la région. Les

directions privilégiées sont approximativement SW-NE à NNE-SSW. Les accidents tectoniques sont subverticaux pour la plupart (Bencherki 2008) (**Figure 12**).

II.3.2 Fissuration

La vallée de l'oued Saïda correspond à un vaste anticlinal faillé de direction atlasique (E-O à OSO-ENE) se noyant au Nord et au Sud. Un réseau de failles découpe la région en de nombreux panneaux parallélipipédiques, à la faveur d'accidents subparallèles orientés NNE-SSO.

Les roches du flanc sud-est de l'anticlinal des monts de Saïda sont affectées par un pendage très faible et vont s'enfoncer sous le tertiaire de Chott Chergui (Elmi et Benest 1978).

Les roches du flanc nord-est de ce même anticlinal sont affectées par un pendage faible et des accidents subverticaux d'orientation générale NE-SW, visibles de la vallée de l'oued Saïda et laissant apparaître les dolomies du Bajo-Bathonien.

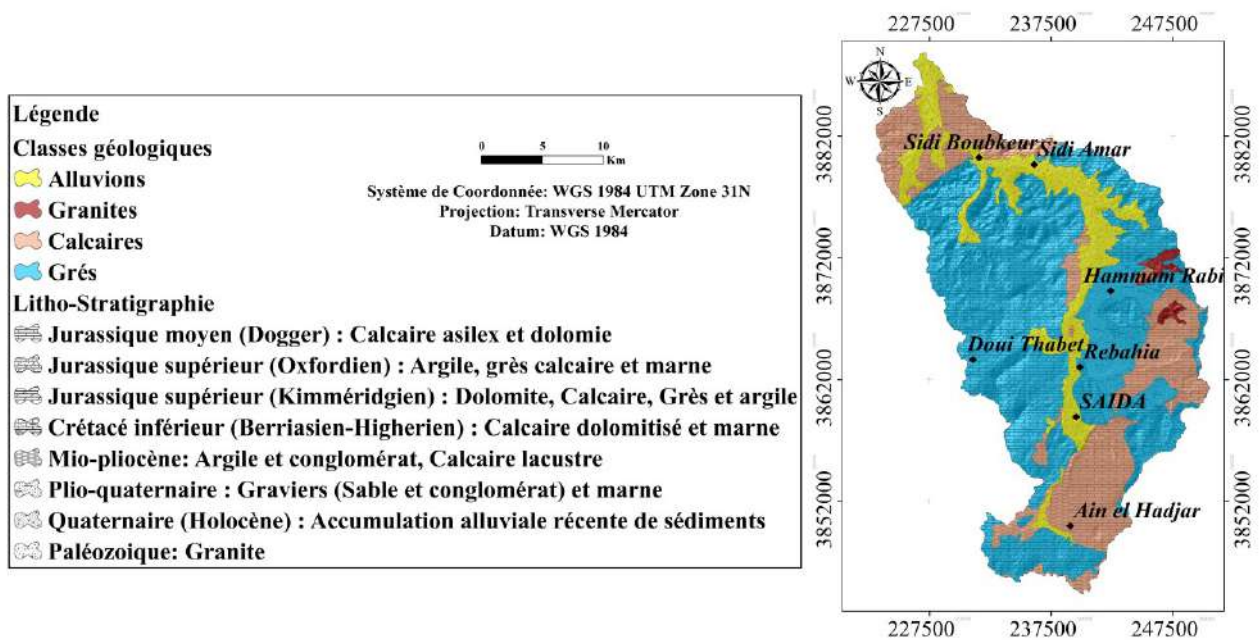


Figure 12. Carte Géologique du bassin versant de l'Oued Saïda (D'après la carte géologique de l'Algérie au 1/200 000 de l'ANRH, 2008)

II.4 Contexte Hydrogéologique

La zone d'étude est caractérisée par la présence de deux nappes, une nappe superficielle et nappe karstique (**Figure 13**). La nappe superficielle est localisée exclusivement dans la vallée de l'oued Saïda et elle est généralement libre, située dans les horizons supérieurs de la formation de Saïda et les dépôts plio-quaternaires (sables argileux, argiles calcaires et conglomérats).

La nappe karstique est localisée dans les sédiments carbonatés du jurassique inférieur et moyen (formation carbonatée de Nador principalement). Elle comporte une partie captive dans la vallée de Saïda et une partie libre dans le reste de l'aquifère.

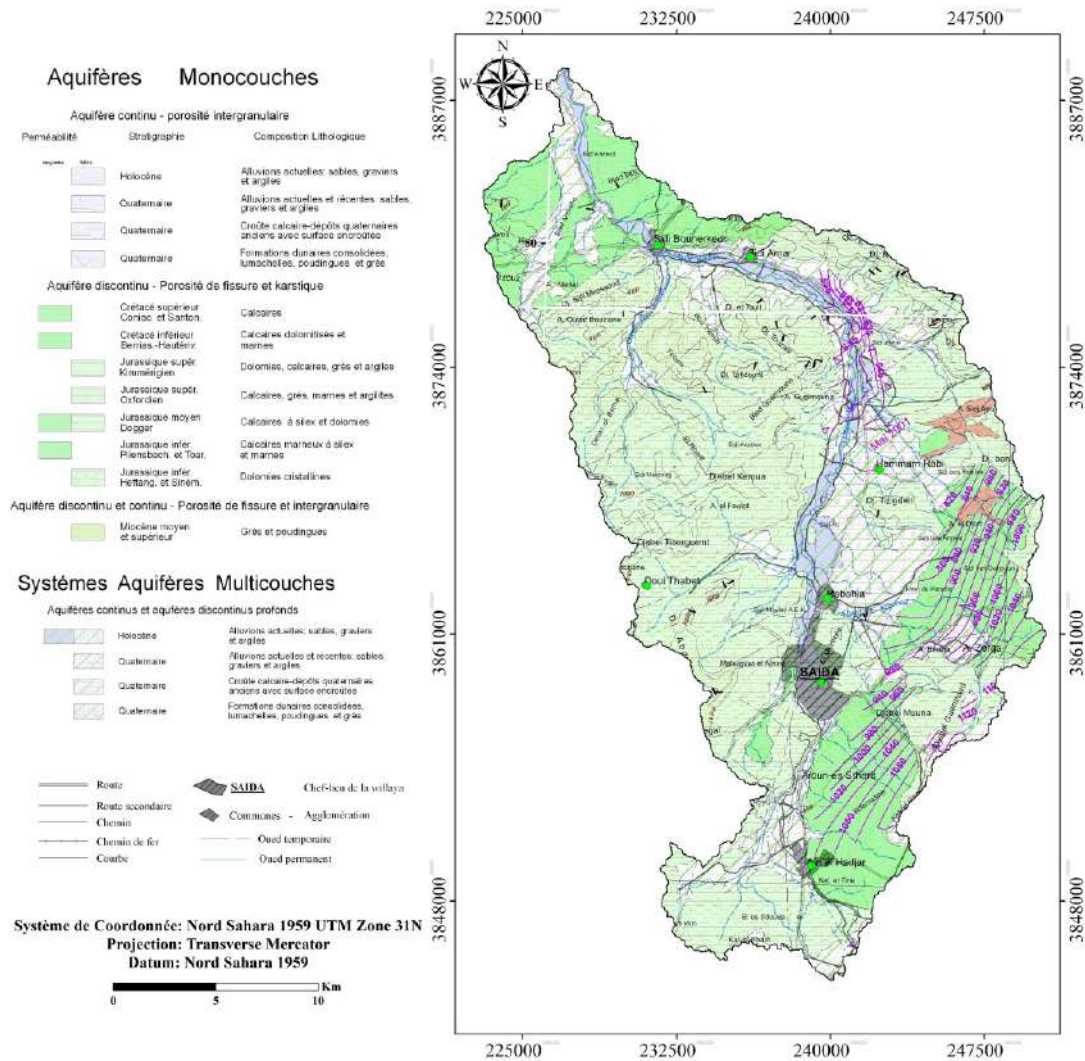


Figure 13. Extrait de la Carte Hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Saida (D'après la carte Hydrogéologique de l'Algérie au 1/200 000 de l'ANRH, 2008)

II.5 Caractéristiques Morpho-métriques du bassin versant

II.5.1 La Courbe hypsométrique

Introduit en premier par Langbein (1947) pour décrire la pente globale des bassins versants. La courbe hypsométrique d'un bassin versant représente la proportion relative de la superficie du bassin versant en dessous (ou au-dessus) d'une altitude donnée (Strahler 1952 ; Schumm 1956). Selon la figure 14, l'aire de la région sous la courbe (R) est appelée intégrale hypsométrique. La courbe hypsométrique peut être représentée par la fonction $f(x)$. L'altitude totale (H) est le relief dans le bassin (altitude maximale moins l'altitude minimale), la superficie totale (A) est la superficie totale du bassin et la superficie (a) est une superficie dans le bassin au-dessus d'une altitude donnée (h). Les courbes convexes sont typiques pour les jeunes stades de maturité et les courbes en forme de (S) et les courbes concaves pour les stades matures et âgés. Les flèches indiquent une direction de changement dans les courbes en fonction du changement d'altitude de la montagne au cours d'un cycle géomorphique. La répartition des surfaces en fonction des côtes du bassin de l'Oued Saida est résumée sur les tableaux 6 et 7 :

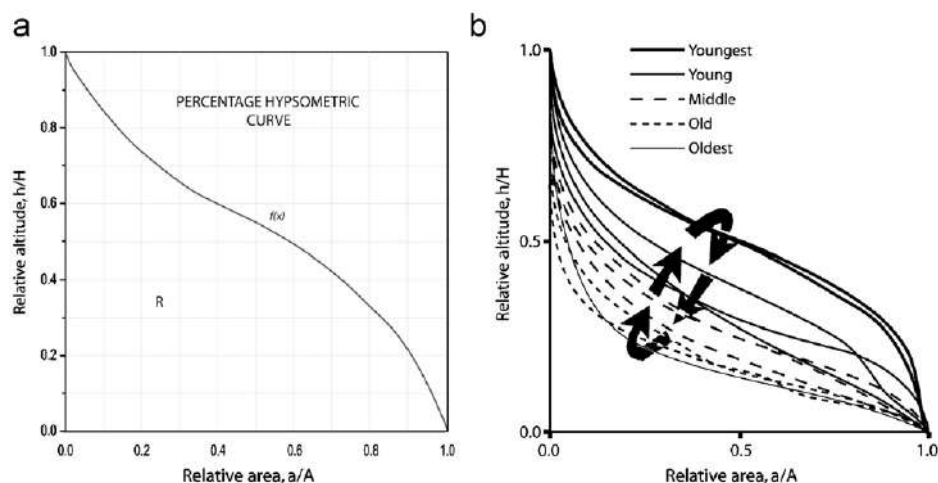


Figure 14. (a) Courbe hypsométrique selon (Strahler 1952), (b) Changements dans les courbes hypsométriques (modifié par Ohmori 1993)

Tableau 6. La répartition des surfaces en fonction des altitudes

Altitude	H _{moy} (m)	A _i (km ²)	A _{icum} (km ²)	S _i (%)	S _{i cum} (%)
1232-1100	1166	32.70	32.7	5.24	5.24
1100-1000	1050	92.40	125.1	14.79	20.03
1000-900	950	113.52	238.62	18.18	38.20
900-800	850	110.51	349.13	17.69	55.90
800-700	750	115.34	464.47	18.47	74.36
700-600	650	93.38	557.85	14.95	89.31
600-500	550	55.67	613.52	8.91	98.23
500-440	470	11.07	624.59	1.77	100

Où : (H_{moy}) est l'altitude moyenne entre deux courbes de niveau, (A_i) est la superficie comprise entre deux courbes de niveau, (A_{i cum}) est la superficie cumulée entre les courbes de niveau, (S_i) est le rapport en pourcentage de la superficie entre les courbes de niveau et la superficie totale du bassin versant, (S_{i cum}) est le rapport cumulé en pourcentage de la superficie entre les courbes de niveau et la superficie totale du Bassin versant.

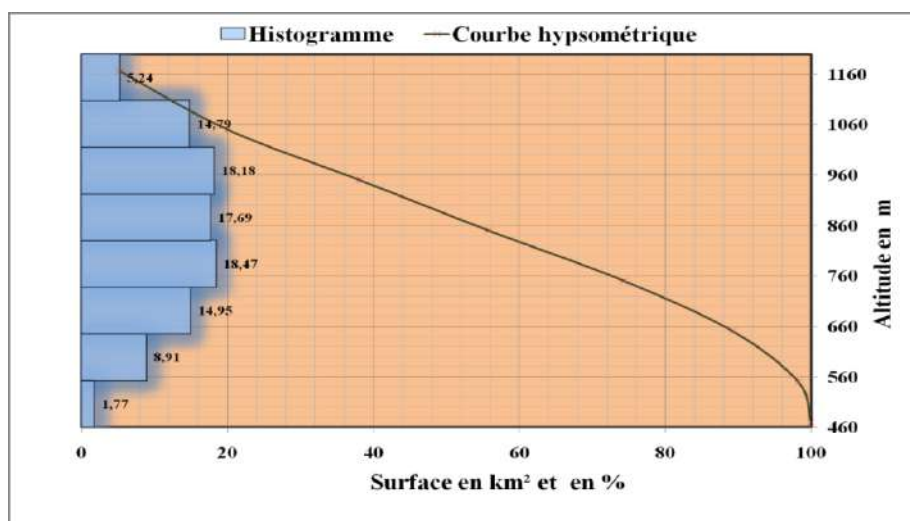


Figure 15. Courbe hypsométrique de la zone d'étude

II.5.2 Indice de compacité de Gravelius (K_G)

Il caractérise la forme du bassin, et se définit comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre d'un cercle ayant la même surface ;

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dont ; K_G représente l'indice de compacité de Gravelius (Gravelius 1914), A est la surface du bassin versant (km^2) et P représente le périmètre du bassin versant (km).

II.5.3 L'altitude moyenne

Elle est obtenue soit : directement à partir de la courbe hypsométrique, ou indirectement par la formule suivante (Ancil et al, 2012) :

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \times H_i}{A}$$

Avec : H_{moy} l'altitude moyenne du bassin (m), A_i : l'aire comprise entre deux courbes de niveau (km^2). H_i : l'altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m). A : la superficie totale du bassin versant (km^2).

II.5.4 Densité de drainage

Définie par (Horton 1945), elle exprime le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique sur la surface du bassin. Elle est calculée comme suit :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec : D_d qui représente la densité de drainage (km/km^2), L_i qui représente la longueur de cours d'eau (km) et A : est la surface du bassin versant (km^2).

II.5.5 Vitesse de ruissellement

Elle est exprimée par la formule suivante (Morell et al., 1999) :

$$V_r = \frac{L_p}{T_c}$$

Dont ; L_p est la longueur du thalweg principal en Km, T_c est le temps de concentration en heure.

Tableau 7. Les caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Saida

Caractéristique	Symbole	Unité	Valeur
Superficie du bassin versant	<i>A</i>	km ²	624.6
Périmètre	<i>P</i>	km	198.6
Altitude maximale	<i>H_{max}</i>	m	1232
Altitude moyenne	<i>H_{moy}</i>	m	832.46
Altitude minimale	<i>H_{min}</i>	m	440
Altitude <i>H</i>05%	<i>H_{05%}</i>	m	1160
Altitude <i>H</i>95%	<i>H_{95%}</i>	m	590
Indice de compacité	<i>K_G</i>	-	2.23
Longueur du talweg principal	<i>L_p</i>	km	65.18
Longueur du rectangle équivalent	<i>L</i>	km	92.55
Largeur du rectangle équivalent	<i>l</i>	km	6.75
Densité de drainage	<i>D_d</i>	km/km ²	2.7
Temps de concentration	<i>T_c</i>	Heure	12.48
Vitesse de ruissellement	<i>V_r</i>	km/h	5.22
Type du Bassin	Allongée		

II.6 Réseau Hydrographique

À partir de la proposition présentée par Horton (1945), Strahler (1957) a développé un nouveau système d'ordination, dans le but de supprimer la subjectivité imposée par l'extrapolation des numéros d'ordre jusqu'aux sources. La méthode proposée attribue la valeur « 1 » à tous les tronçons de tête de bassin ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit, après leur confluence, un tronçon de valeur « 2 » ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 2 » produit un tronçon de valeur « 3 », et ainsi de suite.

II.6.1 Extraction du réseau hydrographique hiérarchisé

Dans la méthode Strahler (1952), toutes les liaisons sans affluents sont classées avec la valeur 1 et sont connues sous le nom du premier ordre. L'ordre d'écoulement augmente lorsque des cours d'eau du même ordre se croisent. L'intersection de deux liaisons de premier ordre crée donc une liaison de deuxième ordre. L'intersection de deux liaisons de deuxième ordre crée une liaison de troisième ordre, et ainsi de suite (Tarboton et al., 1991).

Dans le présent travail, nous avons utilisé des données SRTM GL1 (Shuttle Radar Topography Mission Global 1arc second V003) de 30 m de résolution dans le but d'extraire la hiérarchisation du réseau hydrographique. Suite au traitement du modèle numérique de terrain, cinq ordres hiérarchiques du réseau hydrographique sont déterminés dans le bassin versant de l'Oued Saida, l'affluent principal l'Oued Saida est de l'ordre 05, il s'étend de l'extrémité nord de la ville de Saida traversant les villes de Rebahia, Sidi Amar et Sidi Boubkeur pour se rejoindre à l'Oued Taria à Mascara. Les principaux affluents représentant les ordres 04 et 03 sont (Oued Massil à l'Est de Hammam Rabi, Oued Nazreg à l'Est de Rebahia et Oued Tebouda traversant Ain el Hadjar au Sud de Siada) (**Figure 16**).

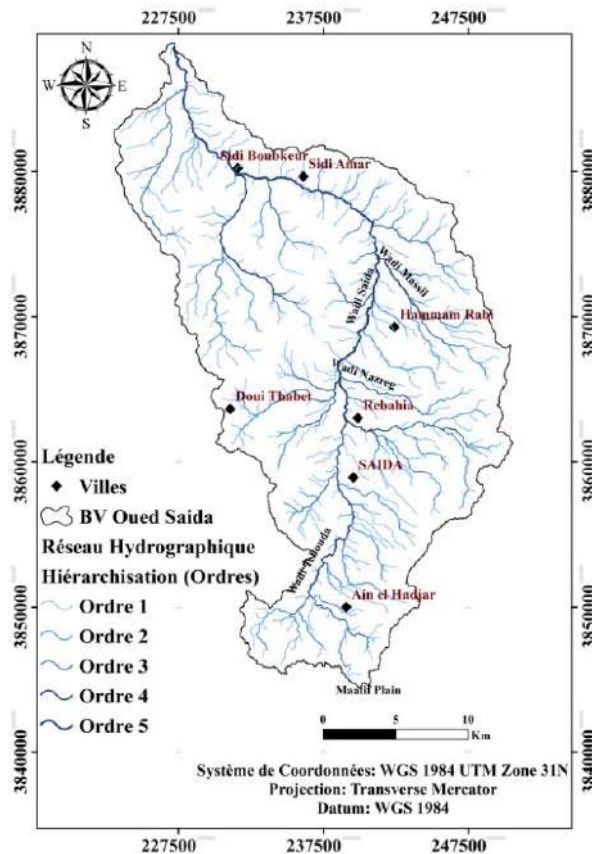


Figure 16. Hiérarchisation du réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Saida

II.6.2 Direction du Flux

L'un des principaux aspects de la dérivation des caractéristiques hydrologiques d'une surface est la capacité à déterminer la direction du flux de chaque cellule d'un raster. Cette opération est possible grâce à l'outil direction de flux. Cet outil se sert d'une surface comme entrée et génère un raster représentant la direction du flux sortant de chaque cellule.

Si l'option Raster de suppression en sortie est sélectionnée, un raster en sortie est créé représentant le rapport de la variation maximale d'altitude à partir de chaque cellule dans la direction du flux sur la distance du trajet entre le centre des cellules, exprimé en pourcentage. Si l'option Forcer l'écoulement vers l'extérieur sur les quatre tronçons est sélectionnée, toutes les cellules situées au bord du raster de surface s'écouleront vers l'extérieur.

Il y a huit directions en sorties valides relatives aux huit cellules adjacentes dans lesquelles le flux peut circuler. Cette méthode, généralement appelée "modèle de flux à huit directions (D8) (Figure 17), repose sur l'approche de Jenson et Domingue (1988).

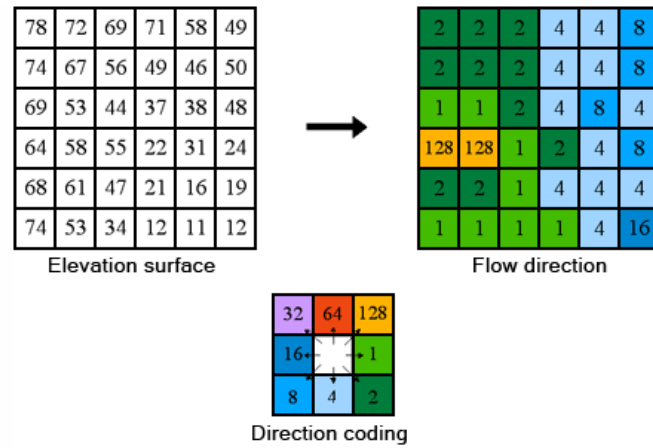


Figure 17. Codage de la direction de flux selon la méthode (D8)

II.6.3 Analyse statistique de distribution des directions du flux

La figure 18 représente la répartition de réseau hydrographique selon les directions d'écoulement de surface pour l'ensemble du réseau. Les figures 19 et 20 représentent les statistiques pour chaque ordre, l'ordre 01 qui représente la majorité du chevelu hydrographique est dominé par la direction Ouest. Les ordres restants (2, 3, 4 et 5) sont dominés par la direction Nord.

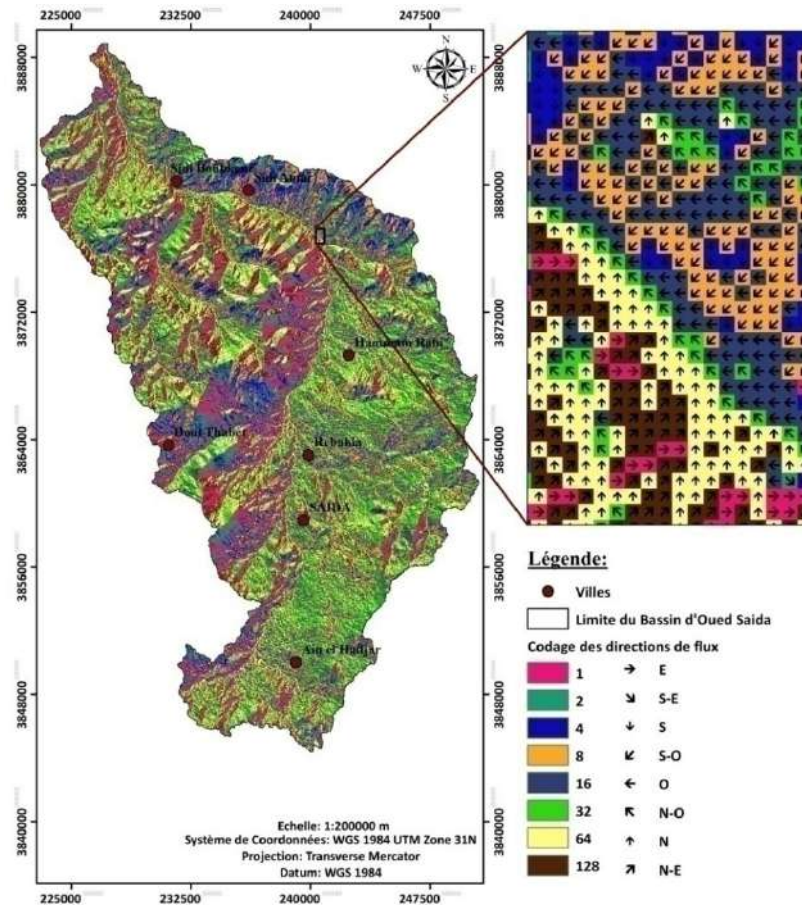


Figure 18. Carte de la direction de flux selon le modèle de flux à huit directions (D8)

La distribution des pourcentages selon les ordres paraît assez logique, allant de 48.89% pour l'ordre 1 qui représente le chevelu des petits affluents et diminue à 50% successivement pour les ordres 2 et 3. Les ordres 4 et 5 correspondent au lit d'oued principal de Saïda qui représente 11% de la totalité de la longueur du chevelu hydrographique. Les directions d'écoulement de surface N-O, N, O présentent une nette dominance par rapport aux autres directions. Dans l'ensemble, l'écoulement de surface à une direction générale vers le Nord où se localise l'exutoire.

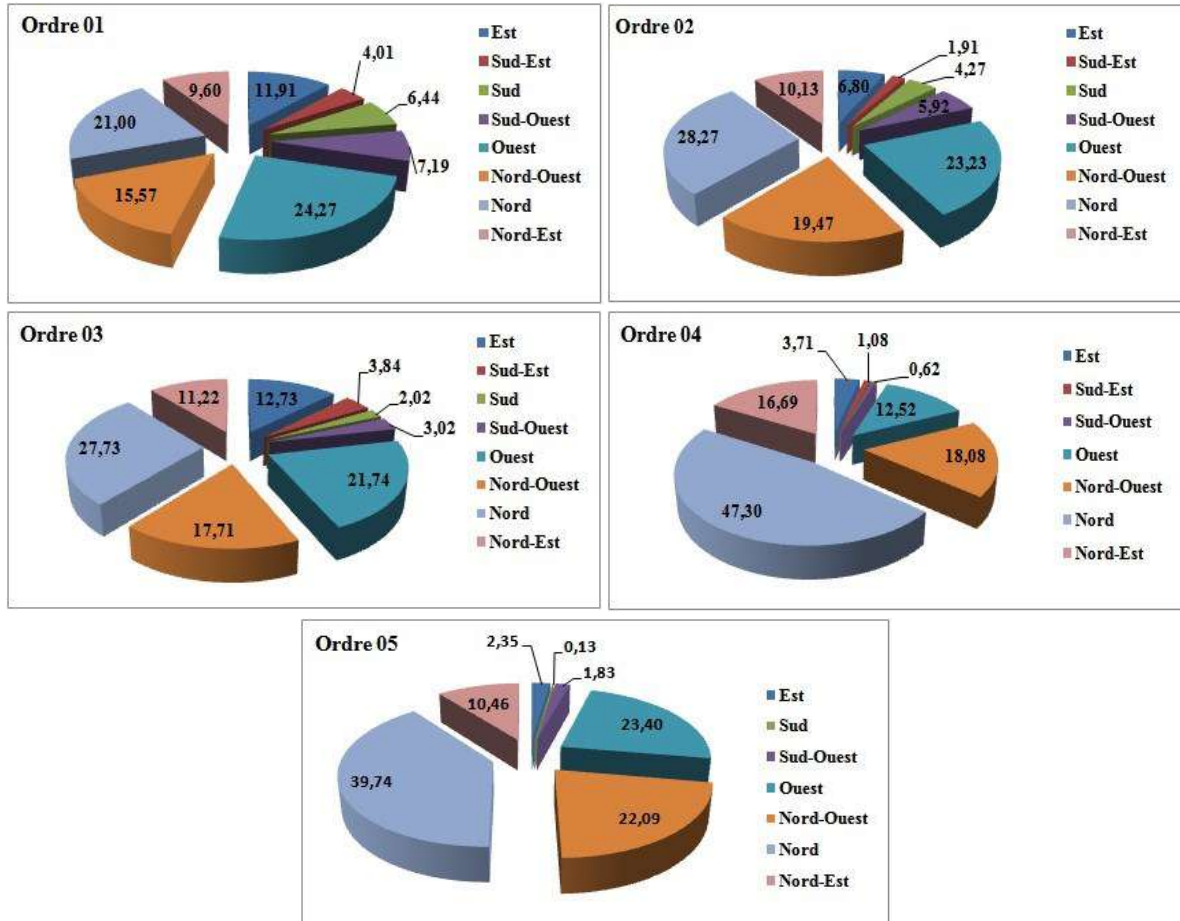


Figure 19. Statistiques du réseau hydrographique de chaque ordre du bassin versant de l'Oued Saïda

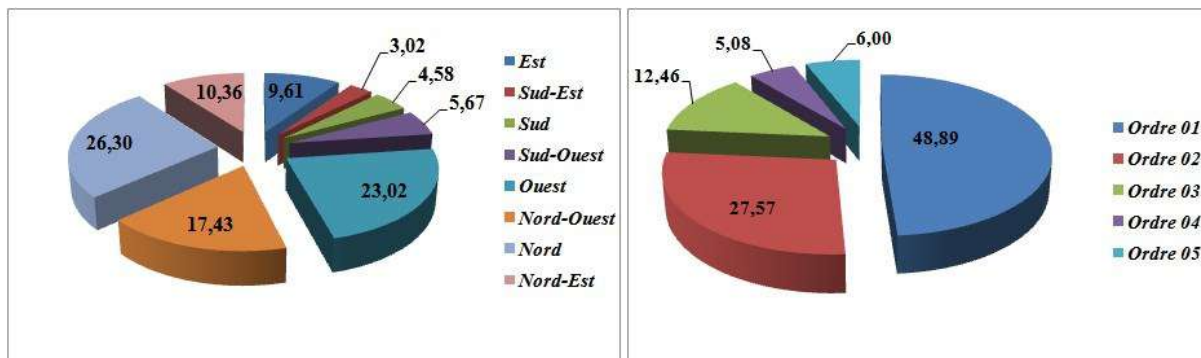


Figure 20. Statistiques du réseau hydrographique par rapport à leurs directions et à la hiérarchisation du bassin versant de l'Oued Saïda

La direction d'écoulement NO correspond à la direction SE-NO (20° - 70°) qui représente 20% de la longueur totale des linéaments. La direction majeure des linéaments observés est SO-NE qui correspond à une direction d'écoulement NE constituant ainsi 10.36 % de la longueur totale du réseau hydrographique.

Chapitre III

Méthodologie de l'estimation et la cartographie des pertes de sols

III.1 Introduction

Les gestionnaires des terres et les décideurs sont souvent plus préoccupés par la distribution spatiale du risque d'érosion des sols que par les quantités absolues de perte des sols par érosion (Lu et al., 2004). À l'échelle des bassins versants, les bonnes activités de conservation nécessitent la disponibilité de l'information spatialisée ce qui permettra la mise en œuvre d'efforts particuliers de conservation sur ces zones sources. Dans ce chapitre, on va présenter en premier lieu, une nouvelle approche basée sur l'estimation du ruissellement érosif de surface et son impact sur le potentiel d'érosion par le modèle (RUSLE). Deuxièmement, on va présenter la méthodologie adoptée pour la spatialisation et le suivi spatio-temporel du modèle (EPM) qui servira à l'estimation du potentiel d'érosion et à la quantification de la production totale des sédiments sur le bassin versant de l'Oued Saïda.

III.2 Évaluation du potentiel des pertes de sol par les modèles (RUSLE et RUSLE_{Ruissellement})

Pour prédire l'érosion des sols, le modèle RUSLE est utilisé globalement comme méthode universelle. La cartographie et l'intégration de différents paramètres dans un environnement SIG permettront une meilleure visualisation et également une interprétation efficace du phénomène à l'échelle spatiale. Le ruissellement érosif de surface est le mécanisme transportant les particules détachées des sols par l'énergie cinétique de l'eau qui coule après un événement pluvieux intense. Le modèle RUSLE_{Ruissellement} est une tentative de notre part d'incorporer ce facteur important dans l'équation universelle révisée de la perte de sol. Suggérant que la quantité d'eau de ruissellement est le paramètre déterminant qui peut effectivement nous aider à estimer le taux de perte de sol, ce travail tentera de comparer les résultats obtenus selon la méthodologie présentée ci-dessous (**Figure 21**).

III.2.1 Equation Universelle Révisée des pertes de sol (RUSLE)

Dans cette étude, le modèle empirique RUSLE a été appliqué. Il est le modèle le plus utilisé pour l'étude de la perte de sol par érosion. Ce modèle a été développé par Wischmeier et Smith (1958 ; 1978) puis révisé par Renard (1997). Ces applications ont affecté la majorité des régions du monde et sous différentes conditions climatiques ; par exemple, Roose (1975) ; Hurni (1985) ; Millwarda et Merseyb (1999) ; Ranzi et al., (2012) ; Dahe et Borate (2015) ; Gelagay (2016b) ; Mahala (2018) ; et Thomas et al., (2018) ont utilisé ce modèle pour estimer le potentiel d'érosion dans des conditions climatiques tropicales. Pour les zones à climat semi-aride, plusieurs auteurs ont appliqué le modèle RUSLE en raison de l'agressivité des précipitations périodiques et de l'intensité des événements pluvieux sous de telles limites telles que : Chen et al (2011) ; Xu et al., (2007) et Xu et al., (2013) en Chine, Fathizad et al., (2014) et Melo (2017) en Iran, Simms et al., (2003) ; Bartley et al., (2007) et Joshi (2018) en Australie, Benchettouh et al., (2017), Toubal et al., (2018), Djoukbala et al., (2019), Sahli et al., (2019), Mihi et al., (2020) en Algérie. D'autres études ont été menées avec le même modèle dans des conditions climatiques extrêmes citant : Santra et al., (2014) dans le climat désertique de l'Inde, et Mikoš et al., (2006) ; Stanchi et al., (2014) dans les zones alpines en Europe.

En Algérie, des études ont été menées en utilisant le modèle RUSLE sur différents bassins versants citant ; (Mostephaoui et al., 2013 ; Benchettouh et al., 2017 ; Bouhadeb et al., 2018 ; Toubal et al., 2018 ; Djoukbala et al., 2019 ; Neggaz et Kouri 2018 ; Chikh et al., 2019 ; Sahli et al., 2019 ; Mihi et al., 2019 ; Khanchoul et al., 2020), ont révélé que la plupart des bassins versants sont soumis à une pression érosive moyenne ou élevée, où le taux de perte de sol varie globalement entre 2 et 10 t/ha/an, et qui peut aller jusqu'à 20 t/ha/an, avec une moyenne spatiale de 7 et 8 t/ha/an.

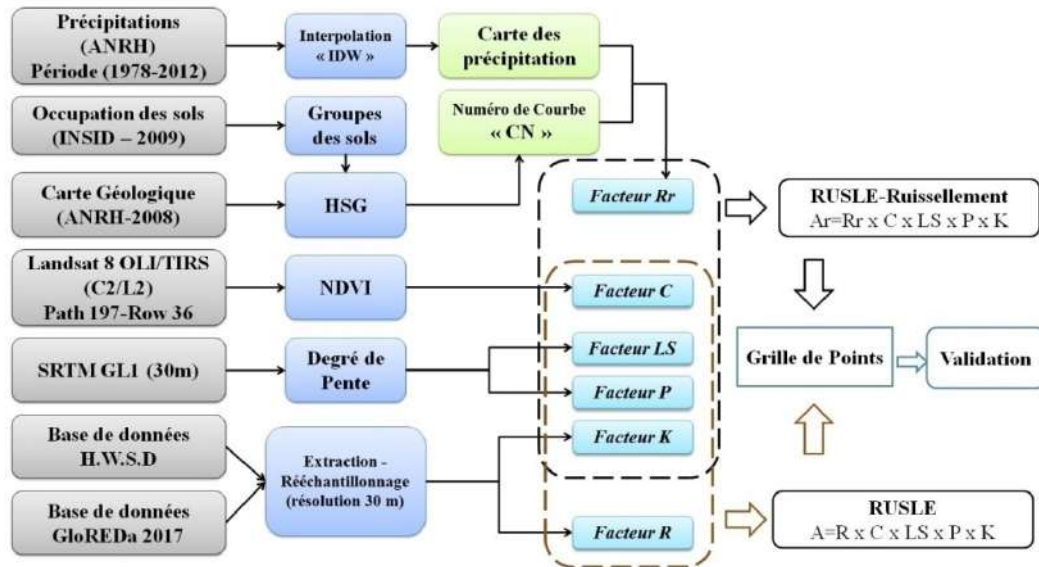


Figure 21. Schéma explicatif de la méthodologie adoptée pour l'estimation de l'érosion hydrique

Selon Lu et al., (2004) ; Jain et Kothiyari (2000), le modèle RUSLE présente plus de flexibilité dans la modélisation du potentiel d'érosion des sols ; en raison de la simplicité d'application et de la marge de manipulation avec les données disponibles. En plus d'utiliser des données facilement disponibles et accessibles, (RUSLE) illustre l'impact du climat, de la topographie des sols et d'autres variables sur l'érosion des sols (Alexakis et al., 2013 ; Duarte et al., 2016). Il peut être utilisé à différentes échelles environnementales, allant de l'échelle locale comme les champs agricoles à l'échelle régionale comme les bassins versants. En conséquence, le modèle fournit un outil précieux de conservation des sols qui est facilement accessible et facilement transférable à des environnements similaires (Kalambukattu et Kumar 2017 ; Millwarda et Merseyb 1999 ; Mahala 2018). Selon Vaezi et al., (2010) et Imani et al., (2014). Le modèle RUSLE peut donner une surestimation ou une sous-estimation du taux de perte de sol. Aussi, la qualité des données de télédétection joue un rôle dans la précision des résultats obtenus ; l'imagerie à haute résolution donne plus de résolution et une meilleure interprétation pour certains facteurs utilisés dans le modèle. Le modèle RUSLE n'a pas la capacité d'estimer les sédiments acheminés à travers les canaux et ne peut pas être appliqué à de très grandes surfaces (Nearing et al., 2005). La méthodologie consiste en la création de cinq couches qui représentent les facteurs du modèle (RUSLE), écrits comme suit :

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

Où A est le taux annuel de perte de sol (tonne/ha/an), R est le facteur d'érosivité des précipitations (MJ mm/ha/h/an), (K) érodibilité des sols (tonne h/MJ/ mm), facteur topographique LS, couverture C et le facteur de gestion, et P est le facteur des pratiques antiérosives.

III.2.1.1 Les facteurs du modèle (RUSLE)

III.2.1.1.1 Facteur d'érosivité des précipitations (R)

Les précipitations sont un facteur majeur de l'érosion. L'érosion se produit lorsque l'eau de pluie ne s'infiltre pas dans le sol (Le Bissonnais et al., 2002). Le facteur d'érosivité des précipitations utilisées a été développé par Williams et Berndt (1977). Les deux caractéristiques les plus importantes d'une averse qui déterminent son érosivité sont la quantité de pluie et l'intensité maximale enregistrée sur une période prolongée (Islam et al, 2020). Le facteur d'érosivité des précipitations peut être déterminé facilement si les données d'intensité des précipitations sont trouvées sous une forme appropriée. Compte tenu de l'indisponibilité des données pluviométriques nécessaires au calcul du facteur (R). Nous avons utilisé la carte d'érosivité des précipitations mondiales pour extraire la carte (R) du bassin versant de Saida. La carte de l'érosivité des précipitations mondiales a été créée à l'aide de 3625 stations couvrant 63 pays à travers le monde (Panagos et al., 2017). Pour l'Algérie, les données de 120 stations couvrant une période de 27 ans (1977-2004) ont été utilisées. L'érosivité des précipitations (EI_{30}) a été calculée sur la base des équations suivantes :

$$EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^k e_r v_r \right) I_{30}$$

Où (e_r) représente l'unité d'énergie pluviométrique (MJ/ha/mm) et (v_r) est le volume des précipitations (mm) à travers un événement pluviométrique divisé en k fractions. (I_{30}) est l'intensité maximale des précipitations sur 30 minutes (mm/h). L'unité d'énergie pluviométrique (e_r) est calculée pour chaque période de temps comme suit (Brown et Foster, 1987);

$$e_r = 0.29[1 - 0.72e^{(-0.05i_r)}]$$

Où (i_r) représente l'intensité des précipitations pendant la période (mm/h).

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k}{n}$$

Quel (n) est le nombre d'années enregistrées, (m_j) représentant le nombre d'événements érosifs dans une année donnée (j). (k) est l'indice d'événement unique d'une érosivité correspondante (EI_{30}). Le modèle spatial de l'érosivité globale des précipitations est dérivé à l'aide de la régression du processus gaussien (GPR) (Williams et Rasmussen, 2006 ; Stein 2012). GPR est

une fonction de régression non linéaire ; où les entrées sont projetées à l'aide de fonctions de base dans un espace de plus grandes dimensions. À partir d'une projection de l'espace d'entrée d'origine, la GPR utilise l'expansion du noyau Φ pour se transformer en un espace de fonctionnalités selon l'expression suivante (Panagos et al., 2017) :

$$f(x) = \Phi(x)^T$$

III.2.1.1.2 Facteur topographique (LS)

Le facteur topographique (LS) est un paramètre important. Il représente la combinaison entre deux paramètres ; le premier est la pente (S) et le second est la longueur de la pente (L). La longueur de la pente est la distance entre deux points. L'initial est le point de départ de l'écoulement dont le ruissellement se génère sous une pente et le dernier est le point de terminaison et qui représente la partie dont la sédimentation remplace le ruissellement. Elle est mesurée selon la projection horizontale et non d'une façon parallèle à la surface du sol. Selon McCool et al (1987), l'érosion présente une allure d'augmentation exponentielle sous une pente supérieure à 2%. Par conséquent, lorsque la longueur de la pente augmente, la perte de sol par unité de surface augmente simultanément (**Figure 22**).

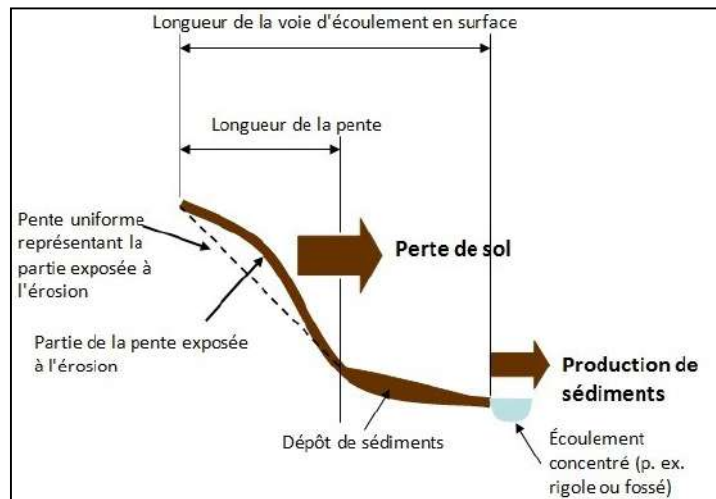


Figure 22. Illustration de la différence entre la longueur de la pente et la longueur de la voie d'écoulement en surface (USDA-ARS 2008).

Les données de télédétection telles que le modèle numérique d'élévation (DEM) sont facilement accessibles pour l'analyse des caractéristiques de la pente, qui affecte principalement la perte de sol dans la zone et peuvent être utilisées efficacement pour permettre une évaluation rapide et détaillée des risques (Patil et al., 2015 ; Gelagay et Minale 2016a). Nous avons utilisé le SRTM GL1 (Shuttle Radar Topography Global Mission 1 arc second V003) (The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Collection User Guide, 2015) téléchargé à partir du site Web de la NASA (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) pour générer la pente carte. Moore et Burch (1986) ont proposé une équation pour calculer le facteur topographique (LS), cette formule a été utilisée par plusieurs auteurs tels que ; Morgan (2005), Bizuwerk et al., (2008), Sinha et Joshi (2012), Rozos et al., (2013), Nakil et Khire (2016), Kayet et al., (2018), Benavidez et al., (2018), Islam et al., (2020), Nehaï et Guettouche (2020) :

$$LS = \left(\frac{L}{22.13} \right)^m \cdot (0.065 + 0.045 \cdot S + 0.0065 \cdot S^2)$$

Où L est la longueur de la pente en (m), S est la pente de la pente en pourcentage, m est un paramètre tel que m = 0.5 si la pente est > 5%, m = 0.4 si la pente est de 3.5 à 4.5%, m = 0.3 si la pente est de 1 à 3% et m = 0.2 si la pente est <1%. Cette équation a été conçue pour des zones qui représentent des pentes régulières, ce qui n'est pas le cas pour notre zone d'étude. Pour la pente irrégulière, (McCool et al., 1987) a proposé la formule suivante :

$$\text{If } \tan \theta < 0.09\% \quad S = 10.8 \sin \theta + 0.03$$

$$\text{If } \tan \theta > 0.09\% \quad S = 16.8 \sin \theta - 0.50$$

Pour la longueur de la pente (L), (Desmet et Govers 1996) a proposé une formule alternative :

$$L = \frac{((A + D^2)^{m+1} - A^{m+1})}{D^{m+2} \cdot x^m \cdot (22.13)^m}$$

$$m = \frac{F}{F + 1}$$

$$F = \frac{\sin \theta}{0.0896 \cdot (3 \cdot \sin \theta^{0.8} + 0.56)}$$

Où θ est la pente du pixel en radians (multipliés par 0.01745 pour la conversion à partir du degré), A est l'accumulation de flux à un pixel donné, D est la taille du pixel (30 m dans notre cas), m est l'exposant de la longueur de la pente et x est le coefficient de forme du pixel = 1.

III.2.1.1.3 Facteur d'érodibilité du sol (K)

Le facteur K fait référence à l'érodibilité du sol, il fait référence à la résistance du sol à la force des gouttes de pluie, au ruissellement ou aux deux (Djoukbala et al., 2019). Pour ce facteur, nous avons besoin de quatre paramètres essentiels : les fractions de limon, de sable, d'argile et de matière organique en pourcentage, les trois premiers paramètres représentent la texture du sol et le quatrième représente l'activité biologique du sol.

La texture du sol et la fraction de matière organique sont les paramètres de détermination de l'érodabilité du sol. Les sols avec une forte proportion de matière organique sont moins susceptibles de se détacher et de s'entraîner car la matière organique lie les particules entre elles, en particulier dans une combinaison de la fraction argileuse. Il protège également le sol en le mettant à l'abri des pluies torrentielles et de l'absorption des eaux de ruissellement (Shahrivar et Christopher 2012). La structure du sol est définie par des trous agglutinés et poreux. Elle

affecte la capacité du sol à absorber l'eau en plus de sa tolérance à l'érosion et aux inondations (Okorafor et al., 2017).

Les techniques de gestion des terres, les conditions météorologiques et d'autres facteurs environnementaux peuvent influencer les caractéristiques du sol. En raison de l'incertitude croissante de chaque donnée, les données sur les sols deviennent moins fiables avec le temps (Baskan 2021). Pour calculer ce facteur, nous devons connaître les trois fractions de texture du sol (limon, sable et argile), en plus du pourcentage de matière organique comme quatrième fraction, qui représente l'activité biologique dans notre sol. Selon Baskan (2021), la fraction de matière organique dans le sol peut changer dans l'espace et dans le temps.

Cependant, ce changement dépend du type d'utilisation des terres, des conditions météorologiques et des pratiques de travail du sol. Nous avons utilisé la nouvelle version 1.2 de la base de données Harmonized World Soil Database (HWSD) pour déterminer les paramètres de sol nécessaires pour déterminer le facteur K dans notre zone d'étude.

Elle a été créée et interprétée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en collaboration avec IIASA (L'Institut International d'Analyse des Systèmes Appliqués), ISRIC-Information mondiale sur les sols, Institut des sciences du sol, ISSCAS (Académie Chinoise des Sciences) et le Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission européenne. Nous avons utilisé les formules suivantes proposées par (Neitsch et al., 2011) :

$$K = K_w = f_{c.sand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand}$$

Où (f_{csand}) est un facteur qui abaisse l'affichage du K dans les sols à forte teneur en sable grossier et plus élevé dans les sols à faible teneur en sable ; (f_{cl-si}) donne de faibles facteurs d'érodibilité du sol pour les sols à rapport argile / limon élevé ; (f_{orgc}) diminue les valeurs de K dans les sols à plus haute teneur en matière organique ; (f_{hisand}) abaisse les valeurs K pour les sols à teneur en sable extrêmement élevée.

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 \cdot \exp \left[-0.256 \cdot m_s \cdot \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)$$

$$f_{csand} = \left(1 - \frac{0.25 \cdot orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 \cdot orgC]} \right)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5.51 + 22.9 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right)$$

III.2.1.1.4 Facteur de gestion de la couverture végétale (C)

Considéré comme le deuxième facteur le plus important après la topographie (Koirala et al., 2019). Le facteur de gestion du couvert est utilisé pour montrer l'effet du couvert végétal, de la végétation au sol et des pratiques de gestion sur les taux d'érosion. En effet, un couvert végétal dense est d'autant plus efficace pour réduire l'érosion en dissipant l'énergie des gouttes de pluie, en ralentissant l'écoulement de l'eau à la surface du sol et en maintenant une bonne porosité de surface en évitant les incrustations de surface (Roose, 1996 ; Sabir et Roose, 2004 ; Ouallali et al., 2016).

Le développement des techniques de télédétection et l'analyse de l'imagerie satellitaire ont permis de déterminer ce paramètre spécifiquement pour les vastes zones étudiées. Parmi ces techniques, la détermination du facteur (C) à l'aide de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI). Van der Knijff et coll. (2000) ont généré une relation en décroissance exponentielle entre le NDVI et le facteur C après avoir observé que la variation n'était pas linéaire, mais elle diminue de façon exponentielle avec le NDVI (Ghosal et Das Bhattacharya 2020):

$$C = \exp \left[\frac{-\alpha NDVI}{\beta - NDVI} \right]$$

$$NDVI = \frac{Bande_{PIR} - Bande_R}{Bande_{PIR} + Bande_R}$$

Où (C) est le facteur de gestion des cultures ; α et β sont des constantes : $\alpha = 2$ et $\beta = 1$ (Van der Knijff et al., 2000). Les valeurs individuelles de C varient entre 0 pour une condition complètement non érodable, à une valeur légèrement supérieure à 1.0, le résultat NDVI dans cette étude de Landsat 8 (OLI) The Operational Land Imager / (TIRS) Thermal Infrared Sensor image (Surface Reflectance) (LC081970362019082301T1), ce type d'image est un nouveau produit de l'institut d'études géologiques des États-Unis (USGS) via sa plateforme : (earthexplorer.usgs.gov) et qui a subi déjà la correction atmosphérique.

III.2.1.1.5 Facteur de pratique de soutien (P)

Par définition, le facteur (P) est le rapport entre la perte de sol sous une pratique de soutien spécifique comme l'agriculture de contour, le travail du sol et les traitements de fertilité et également selon la perte de sol sous terre cultivée sur une pente ascendante ou descendante. Le facteur (P) reflète les effets des mises en œuvre qui réduiront le taux et la quantité de ruissellement, ce qui signifie réduire le taux d'érosion (Ghosal et Das Bhattacharya 2020).

En l'absence de pratique de contrôle de l'érosion, $P = 1.0$ sur le contour et le découpage en bandes de contour varie avec le degré de la pente. Pour calculer le facteur (P), nous avons utilisé l'équation développée par Wenner (1980), la formule produit une relation linéaire entre la pente (S) de la zone et la quantité de pratiques de conservation (P).

Cette équation a été utilisée dans de nombreuses recherches antérieures comme Lufafa et al., (2003) qui ont utilisé cette équation dans une étude sur le bassin du lac Victoria au Kenya et Fu et al., (2005) qui ont utilisé cette formule dans le bassin versant de Yanhe en Chine.

$$P = 0.2 + 0.03 \times S$$

Où (P) est la quantité de pratique de conservation et (S) est le pourcentage de pente.

III.2.2 Modèle proposé RUSLE_{Ruissellement}

Ce modèle consiste à évaluer le taux d'érosion en remplaçant le facteur R habituellement utilisé dans le modèle RUSLE par le facteur R_r proposé basé sur le calcul du ruissellement érosif de surface. Ce qui suit décrit hydrologiquement le taux de ruissellement de l'eau sur un bassin versant et d'un point de vue hydrologique ; c'est un paramètre déterminant de l'érosion hydrique. Selon nos recherches, le ruissellement érosif est calculé à partir de la méthode SCS-CN basée sur le bilan hydrique. Le modèle proposé s'écrit comme suit :

$$A = R_{\text{ruissellement}} \times K \times LS \times C \times P$$

III.2.3 Facteur de ruissellement érosif de surface ($R_{\text{ruissellement}}$)

III.2.3.1 Méthode SCS-CN

Le ruissellement de surface est le terme utilisé pour désigner l'écoulement de l'excès d'eau à la surface de la terre. Le numéro de la courbe de ruissellement (CN) est un paramètre empirique utilisé en hydrologie pour déterminer le ruissellement (Kayet et al., 2018). En l'absence de données de ruissellement mesurées, l'estimation du ruissellement érosif de surface à l'aide du numéro de courbe du Soil Conservation Service (SCS-CN) est maintenant très appropriée et précise (USDA 1972 ; Shadeed et Almasri, 2010 ; Al-Ghobari et al., 2020). Un examen des études antérieures montre que la méthode SCS-CN est une méthode simple, largement utilisée et efficace du point de vue informatique pour l'estimation du ruissellement de surface.

L'estimation du ruissellement direct est souvent nécessaire pour les bassins hydrographiques de petite à moyenne taille. Les estimations du ruissellement sont basées sur les types de sol, l'occupation des sols et l'influence des conditions d'humidité antérieures du sol. De nombreux modèles sont utilisés dans la pratique à ces fins, en fonction du type de problème, des mécanismes de ruissellement dominants, de l'expertise et des capacités de calcul disponibles, de la disponibilité des données et du budget. Ces modèles sont fiables pour le territoire et sur la période pour laquelle ils ont été développés. Chaque modèle a ses propres forces et faiblesses. La sélection d'un modèle approprié parmi une variété de modèles différents est une tâche difficile. Trois méthodes sont principalement utilisées pour calculer le ruissellement ; la méthode SCS-CN, l'équation d'Horton et par le calcul du bilan hydrique. Parmi ces méthodes, la méthode SCS-CN est largement utilisée pour estimer le ruissellement en raison de sa flexibilité, de sa simplicité, de sa commodité et de son acceptabilité mondiale.

Ce modèle représente les principales caractéristiques des bassins versants générateurs de ruissellement, à savoir ; les types de sols, l'occupation des sols, l'état de surface et conditions

d'humidité antérieures. En outre, il nécessite des entrées facilement disponibles et offre une polyvalence et une estimation cohérente du ruissellement. Par conséquent, un modèle simple et convivial qui a des exigences de données d'entrée moins nombreuses et facilement disponibles, une nécessité logicielle normale, donnant des résultats robustes, raisonnables et cohérents, une acceptabilité à la fois par les chercheurs et la communauté des praticiens, et facile à appliquer est un choix réaliste pour les bassins hydrographiques ayant des ressources de données. La méthode SCS-CN simule la relation pluie-débit au niveau du bassin versant en considérant l'hétérogénéité physiographique du bassin versant.

Ponce et Hawkins (1996) ; Walker et al., (2000) ; Chatterjee et al., (2001) ; Yuan et al., (2001) ; Ashish et al., (2003) ; Gassman et al., (2007) ; Gupta et Panigrahy (2008) ; Hawkins et al., (2009) ; Soulis et al., (2009) ; Wang et al., (2009) ; D'Asaro et Grillone (2010) et Pradhan et al., (2010) ont signalé que la méthode SCS-CN produit des estimations de ruissellement satisfaisantes pour de nombreux bassins versants agricoles et urbains dont les résultats systématiquement utilisables. Cette méthode peut également être utilisée pour la gestion des ressources en eau et la modélisation des eaux pluviales urbaines en raison de sa polyvalence (Hawkins 1993 ; Greene et Cruise 1995 ; Tsihrintzis et Hamid 1997 ; Lewis et al., 2000 ; Chandramohan et Durbude 2001 ; Sharma et al., 2001 ; Sharma et Kumar 2002 ; Durrans 2003 ; He 2003 ; Mishra et al., 2005 et Liu et Li 2008)

Shin et al., (2016) ont présenté une expression universelle pour la puissance des précipitations, proposant la relation entre l'énergie cinétique et l'intensité des précipitations en fonction de la théorie de la puissance des précipitations sous l'hypothèse d'intensité absolue, la taille des gouttes est uniformément distribuée sous des précipitations constantes. Cette expression repose sur l'hypothèse que l'imprécision serait inférieure à la différence des énergies cinétiques des précipitations calculées à l'aide de diverses équations de puissance empirique (Smith et de Veaux 1992 ; Uijlenhoet et Stricker 1999). Ces auteurs ont découvert que la loi de puissance est la meilleure formulation mathématique pour relier les précipitations cinétiques et l'intensité des précipitations. Le facteur de ruissellement érosif de surface est calculé à l'aide des équations suivantes :

$$R_{\text{Ruissellement}} = R \times P_{RR}$$

Où ; $R_{\text{ruissellement}}$ est le facteur de ruissellement érosif de surface (J mm/h/m²/an), R est l'excès annuel total de précipitations (ruissellement direct) en mm, la puissance de pluie P_{RR} est l'énergie dépensée par unité de surface et de temps (J/m²/h), calculé comme suit :

$$P_{RR} = \sum F_R \times V_t(D)$$

Où P_{RR} représente la puissance des précipitations qui est l'énergie dépensée par unité de surface et par temps (J m⁻² h⁻¹), F est le poids de l'eau par unité de surface (N/m²), et D est la vitesse terminale d'une goutte de pluie (m/s).

Atlas (1953) a proposé que la loi de puissance de la loi de vitesse de chute à une température et une pression standard, basée sur les données de vitesse terminale rapportées par Gunn et Kinzer (1949), soit proportionnelle au diamètre de la goutte de pluie, comme précisé ci-dessous :

$$v(D_{50}) = 1767 \times D_{50}^{0.67} \text{ (cm/s) with: } 0.05 < D_{50} < 0.5 \text{ cm}$$

Dans des conditions climatiques méditerranéennes, Torres et al., (1992) ont évalué les performances de neuf formules courantes pour estimer le diamètre des gouttes de pluie. Ils ont choisi l'équation de diamètre uniforme de la goutte de pluie connue sous le nom de formule de (D_{50}). Cette estimation semble être la meilleure confirmant les travaux antérieurs effectués par Laws (1941) et par Laws et Parsons (1943). Le D_{50} a été calculé selon l'équation suivante :

$$D_{50} = 1.238 \times P_t^{0.182}$$

Où ; D_{50} représente le diamètre de la goutte de pluie moyenne (mm) et P_t est l'intensité de la pluie (mm/h). Pour le calcul de l'intensité des précipitations, la formule courante utilisée en Algérie a été établie par Body (1985) à partir de l'analyse des données issues des mesures des pluviographes des précipitations journalières. Le calcul de l'intensité des précipitations est établi comme suit :

$$P_t = P_{Jmax} \left(\frac{t_c}{24} \right)^b$$

Où ; P_t est la pluie de durée t ; P_{Jmax} est la pluie journalière maximale donnée en mm, t_c est le temps de concentration donnée par la formule de Giandotti (1933) et b représente l'exposant climatique :

$$t_c = \frac{(4\sqrt{S} + 1.5L)}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$
$$b = 1 + \frac{\ln\left(\frac{P_{Jmax}}{24}\right) - \ln(25)}{\ln(24) - \ln(0.5)}$$

S est la surface du bassin versant (km^2), L la longueur du talweg principal du bassin versant, H_m est l'élévation moyenne du bassin (m) et H_0 est l'élévation de la sortie (m). Le poids des précipitations rapporté à une unité de surface est le produit du poids spécifique et de la valeur des précipitations, il est calculé comme suit :

$$\sum F_R = 10^{-3} \gamma_w P_{Jmax}$$

Où ; F_R est le poids des précipitations, γ_w est l'unité de poids des gouttes d'eau (N/m^3) et P_{Jmax} (mm) est la pluie journalière maximale.

La méthode SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number) (SCS 1956) est basée sur le principe du bilan hydrique et deux hypothèses fondamentales (Mishra et Singh 2007 ; Gao et

al.,2012). La première hypothèse suggère que la proportion de ruissellement direct par rapport au ruissellement potentiel maximal équivaut à la proportion d'infiltration par rapport à la rétention potentielle maximale. La seconde stipule que l'abstraction initiale est proportionnelle à la rétention potentielle maximale (Gao et al., 2012).

$$P = I_a + F + R \text{ (Bilan Hydrique)}$$

$$\frac{R}{P - I_a} = \frac{F}{S}$$

À partir des deux équations précédentes, la formule SCS-CN peut être calculée comme suit :

$$I_a = \lambda S \text{ (Abstraction initiale et l'hypothèse de la potentielle de rétention maximale)}$$

I_a s'est avéré être approximé par l'équation empirique suivante.

$$\frac{R}{P - I_a} = \frac{P - I_a - R_r}{S}$$

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

$$\text{Où ; } P > I_a$$

Le paramètre (S) Dépend de la lithologie de la zone d'étude, de l'utilisation des terres et de la nature du couvert végétal, ainsi que des conditions d'humidité antérieures. La formule proposée par le SCS permet de calculer la valeur de S à l'aide du paramètre d'écoulement CN (Nombre de Curve).

$$I_a = 0.2S$$

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Où ; CN est une valeur non dimensionnelle qui varie entre 0 et 100 et déterminée à partir du tableau SCS-CN standard (Cronshey 1986). Basé sur l'utilisation des terres, les groupes hydrologiques de sol (GHS) et l'état antérieur d'humidité (AMC). Dans notre cas, les conditions d'humidité antécédentes (AMCII) sont choisies comme référence. En raison de l'urbanisation, le profil du sol peut être considérablement modifié et la classification de groupe peut ne plus s'appliquer. Dans ces circonstances, utilisez ce qui suit pour déterminer le (GHS) en fonction de la texture du nouveau sol de surface, à condition qu'aucun compactage significatif ne se soit produit (Brakensiek et Rawls 1983). Quatre groupes (A, B, C et D) de (GHS) sont dérivés des classes de texture du sol en fonction de leur taux d'infiltration minimum (**Tableau 8**). Dans notre cas, nous avons utilisé la carte lithologique de la zone d'étude pour extraire le type de sol. À titre de référence, des descriptions plus détaillées du CN représentent les conditions de

ruissellement antérieures moyennes pour les pâturages urbains, cultivés, agricoles et autres parcours arides et semi-arides (Cronshey 1986).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

La combinaison et l'intégration des données dans l'environnement SIG permettent de générer une carte du groupe hydrologique de sol (GHS) en fusionnant deux données cartographiques, celle de l'utilisation des terres et la carte lithologique (**Figure 12**). Enfin, les couches suivantes : (GHS) et l'affluent de la table (CN) à chaque groupe hydrologique du sol sont utilisées pour générer le modèle spatial du nombre de courbes (CN) dans une carte quadrillée.

Tableau 8. GHS basé sur la classification de Cronshey (1986)

GHS	Texture du sol
A	Sable, sable limoneux ou limono-sableux
B	limoneux
C	Limon-argileux-sableux
D	Limono-argileux, argilo-limoneux, argile sableuse, argile limoneuse ou argile

Par conséquent, l'équation finale du ruissellement de surface érosif est dérivée comme suit :

$$P_{RR} = P_{Jmax} \times 10^{-3} \times \gamma_w \times 4.359 \times P_t^{0.122}$$

$$R_{ruissellement} = R \times P_{Jmax} \times 10^{-3} \times \gamma_w \times 4.359 \times P_t^{0.122}$$

III.3 Évaluation statistique de la performance des modèles (RUSLE/RUSLE_{Ruissellement})

Pour tester la performance et valider les résultats obtenus à partir du modèle proposé (RUSLE-Ruissellement), une approche statistique est adoptée qui vise à vérifier l'erreur entre les résultats du modèle d'érosion classique (RUSLE) et le modèle modifié (RUSLE-Ruissellement) appliqué au bassin versant de l'Oued Saida. Au niveau spatial, un échantillonnage sous forme de grille de points est utilisé pour extraire les valeurs des pertes de sol pixel par pixel. La base de données est exportée vers Excel pour compléter l'analyse statistique. La racine de l'erreur quadratique moyenne (REQM) est utilisée comme test principal pour valider les résultats. Il représente l'ajustement absolu du modèle, et cela signifie à quel point les valeurs observées sont proches des valeurs prédites du modèle ; d'autres tests comme l'erreur de pourcentage absolu moyenne (PEAM), erreur quadratique moyenne (EQM) qui est directement liée à (REQM) et à l'erreur absolue moyenne (EAM) sont également appliqués pour augmenter l'occurrence du processus de contrôle.

III.3.1 Création d'un réseau d'échantillonnages sous forme de quadrillage (Fishnet)

La résille est une technique SIG pour créer un maillage de rectangles, qui divise la zone d'étude en unités uniformes (Quadrillage). Chaque unité est calculée indépendamment, elle est similaire

à une tessellation (pavage du plan) de données raster, sauf que les unités sont définies au format « vecteur » pour la facilité des opérations spatiales telles que le découpage et les statistiques zonales. Le centre de chaque rectangle représente un point d'échantillonnage. La génération de points d'échantillonnage est un processus itératif sur la boîte d'outil (Gestion des données) sur ArcGis. On a essayé de répéter les étapes pour augmenter (ou diminuer) l'espacement des points selon la densité voulue afin d'assurer la bonne représentation spatiale de la population. Généralement, les ajustements varieront en fonction de la superficie qu'on doit échantillonner, de la forme de la ou des parcelles et des tampons qu'on doit utiliser pour éviter les bords de la parcelle. Dans notre cas, l'espacement de 250 mètres en largeur et 450 m en hauteur nous ont permis de créer 4787 emplacements d'échantillonnage sur l'étendue du bassin de l'Oued Saida. À la fin, on a procédé à l'extraction des multi-valeurs vers les points d'échantillonnages, les valeurs concernent les deux modèles réalisés ; modèle RUSLE et le modèle RUSLE-Ruissellement (**Figure 23**).

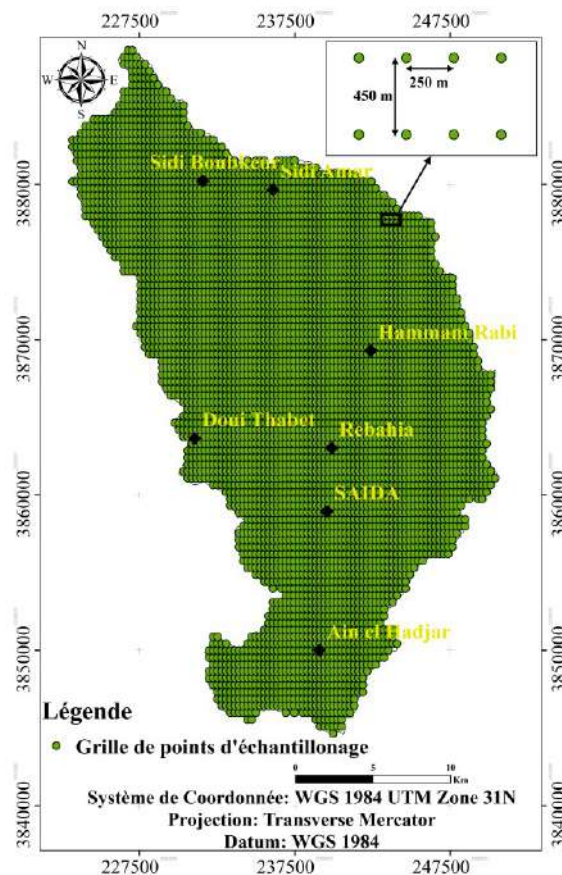


Figure 23. Grille des points d'échantillonnage sous forme de quadrillage

III.3.2 Coefficient de détermination (R^2)

Selon Zhang (2017), le coefficient de détermination (R^2) est bien défini dans les modèles de régression linéaire et mesure la proportion de variation de la variable dépendante expliquée par les prédicateurs inclus dans le modèle. Il est couramment utilisé dans la pratique comme mesure de la qualité de l'ajustement des modèles sous-jacents. En statistique, il est considéré comme une clé indiquant dans quelle mesure un modèle comprenant un ensemble de prédictions tient compte de la variation de la variable de réponse. Pour notre étude, le coefficient (R^2) s'écrit comme suit :

$$R^2 = \left[\frac{Cov(A_{RUSLE}, A_{RUSLE-Ruissellement})}{\sqrt{Var(A_{RUSLE} \times A_{RUSLE-Ruissellement})}} \right]^2$$

Où (A_{RUSLE}) représente la valeur de la perte de sol calculée à partir du modèle RUSLE et ($A_{RUSLE-Ruissellement}$) est la perte de sol calculée à partir du modèle proposé RUSLE-Ruissellement, n est le nombre de points de grille extraits du fichier raster de distribution spatiale de chaque modèle.

III.3.3 Coefficient de corrélation simple (r)

La corrélation peut être décrite comme le degré d'association entre deux variables, tandis que la régression exprime la forme de la relation entre les valeurs spécifiées d'une variable (indépendante, exogène, explicative, régressive, porteuse ou prédictive) et les moyennes de toutes les valeurs correspondantes de la deuxième variable (la variable dépendante, le résultat, la réponse, la variable étant expliquée) (Asuero et al., 2006). Le coefficient de corrélation linéaire simple, dit de Bravais-Pearson (ou de Pearson), est une normalisation de la covariance par le produit des écarts-type des variables, il est utilisé pour étudier le degré de relation linéaire entre les données observées et simulées (Moriasi et al, 2015). Il est défini par la formule suivante :

$$r = \frac{Cov(A_{RUSLE}, A_{RUSLE-Ruissellement})}{\sqrt{Var(A_{RUSLE} \times A_{RUSLE-Ruissellement})}}$$

III.3.4 L'erreur quadratique moyenne (EQM)

L'erreur quadratique moyenne « **MSE- Mean square error** » est une grandeur permettant de comparer des valeurs d'estimations de deux modèles entre eux, qu'ils soient biaisés ou sans biais. Elle est définie de la manière suivante :

$$EQM = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{RUSLE} - A_{RUSLE-Ruissellement})^2}{n}$$

III.3.5 Racine de l'erreur quadratique moyenne (REQM)

La racine de L'erreur quadratique moyenne « **RMSE-Root mean square error** » a été utilisée comme mesure statistique standard pour mesurer les performances du modèle dans différents types d'études et particulièrement dans celles de l'environnement (la météorologie, la qualité de l'air, le climat...) (Chai et Draxler 2014). C'est une mesure utilisée fréquemment pour déterminer les différences entre les valeurs (valeurs d'échantillon ou de population) prédites par un modèle ou un estimateur et les valeurs observées. Elle représente la nature de la relation entre les valeurs observées et prévues sous forme de rapport à l'ajustement absolu de chaque modèle et qui a pour objectif la comparaison des erreurs de prévision de différents modèles pour un ensemble de données particulier et non entre des ensembles de données, car elle dépend de l'échelle. L'erreur quadratique moyenne pour notre étude s'écrit comme suit :

$$REQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{RUSLE} - A_{RUSLE-Ruissellement})^2}{n}}$$

III.3.6 Erreur absolue moyenne (EAM)

Le calcul de l'erreur absolue moyenne (Willmott et Matsuura 2005) « **MAE- Mean absolute error** » est relativement simple. Il consiste à additionner les magnitudes (valeurs absolues) des erreurs pour obtenir « l'erreur totale » de la variable étudiée, puis le diviser sur le nombre d'échantillons, il est calculé selon la formule suivante :

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |(A_{RUSLE} - A_{RUSLE-Ruissellement})|}{n}$$

III.3.7 Le pourcentage de l'erreur absolue moyenne (PEAM)

C'est la représentation en pourcent du précédent indice « **MAPE- Mean absolute percent error** ». Il représente l'exactitude comparative des modèles sous forme de pourcentage d'erreur (De Myttenaere et al, 2016). Il est généralement utilisé pour la comparaison des valeurs ajustées des séries de différents modèles dont la valeur la plus faible signifie un meilleur ajustement :

$$PEAM_{Moyenne} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (A_{RUSLE} - A_{RUSLE-Ruissellement})}{\sum_{i=1}^n A_{RUSLE}} \right| \times 100$$

En modélisation hydrologique, (Moriasi et al., 2015) ont indiqué que le coefficient de détermination (R^2) et le coefficient de corrélation (r) sont largement utilisés pour l'évaluation de la performance des relations entre les valeurs observées et estimées des modèles. Le gradient doit être proche et doit dépasser 0.6 sur les mesures annuelles pour qu'il soit acceptable (Krause et al., 2005). Considéré comme un très bon accord, le (R^2) doit être supérieur à 0.8 tandis que $R^2 \leq 0.4$ indique que la relation n'est pas satisfaisante. Il est également connu et accepté que les valeurs inférieures de RMSE représentent la meilleure satisfaction du modèle utilisé. Singh et al., (2005) ont rapporté que plus les valeurs de RMSE et MAE sont proches de zéro, meilleur est l'ajustement entre les modèles d'observation et d'estimation.

III.4 Méthode du Potentiel d'érosion (EPM)

La méthode de Gavrilović (Gavrilović 1972) également connue sous le nom de méthode du potentiel d'érosion (EPM) modifiée selon Lazarević (1985) a été développée dans les années 60 et 70 par Gavrilović dans les bassins versants de la rivière Morava en Serbie. Elle a été adaptée suite au développement des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographiques et la qualité des données spatialement fournies. Elle est avantageuse pour les zones où des données minimales sont disponibles ou où les recherches antérieures sur l'érosion font défaut (Dragičević et al., 2018).

Cette méthode est devenue de plus en plus utilisable dans la plupart des continents : (Bemporad et al., 1997 ; De Cesare et al., 1998 ; Lin et al., 2002 ; Globevnik et al., 2003 ; Mushtak and

Chen 2005 ; Fanetti et Vezzoi 2007 ; Solaimani et al., 2009b ; Deilami et al., 2012 ; Amiri et al., 2012 ; Dalaris et al., 2013 ; Kayimierski et al., 2013 ; Da Silva et al., 2014 ; Spalevic et al., 2015 ; Dragičević et al., 2014 ; Kastridis et Kamperidou 2015 ; Milanesi et al., 2015 ; Auddino et al., 2015 ; Efthimiou et al., 2017 ; Lovrić et Tošić 2018 ; Dragičević et al., 2018 ; Lense et al., 2019 ; Chalise et al., 2020 ; Sakuno et al., 2020 ; Spalevic et al., 2020 ; Ouallali et al., 2020 ; Pourghasemi et al., 2021 ; Lense et al., 2021 ; Berteni et al., 2021). Elle vise à quantifier l'érosion hydrique et à développer des pratiques appropriées pour réduire la perte de sol.

L'application de la méthode de Gavrilovic nécessite la cartographie et l'intégration des différents paramètres nécessaires au fonctionnement du modèle EPM dans le système d'informations géographiques (SIG). Ce couplage permet d'évaluer les pertes de sol et d'estimer le poids de chaque facteur et leurs effets combinés d'une part et de démêler leur interdépendance d'autre part. De manière rapide et efficace, pour démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs responsables de l'érosion. L'équation nécessite la mobilisation de plusieurs métadonnées qui sont principalement : les pentes, les précipitations, les températures, l'érosion des sols, les types d'érosion et la protection des sols.

III.4.1 Volume annuel total de perte de sol (W_a)

La méthode fournit une évaluation du volume annuel total de sol détaché. La formule se compose de quatre facteurs dont le coefficient de température (T), la précipitation moyenne annuelle (P_a) et le coefficient d'érosion (Z):

$$W_a = T \times P_a \times \pi \times \sqrt{Z^3}$$

W_a : Volume annuel total de perte de sol ($\text{m}^3/\text{an}/\text{km}^2$) (**Tableau 9**).

T : Coefficient de température.

P_a : Précipitation moyenne annuelle (mm).

Z : Coefficient d'érosion.

Tableau 9. Répartition des classes de pertes en sol selon Gavrilović (1972)

Sévérité de l'érosion	Volume annuel total de perte de sol ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$)
Erosion insignifiante	< 50
Erosion faible	50 – 500
Erosion modérée	500 – 1500
Erosion forte	1500 – 5000
Erosion très forte	5000 – 20000
Erosion catastrophique	> 20000

III.4.1.1 Volume globale du transport solide (G_y)

Le volume total de sédiments produits dans les différentes zones du bassin versant n'atteint pas entièrement l'aval. Une partie est redéposée dans les ruisseaux ou dans d'autres zones du bassin ; par conséquent, il est nécessaire de calculer la production réelle de sédiments spécifiques (G_y) en m^3/an en utilisant l'équation suivante:

$$G_y = \xi \times W_a$$

Où ;

G_y : le volume total du transport solide du bassin versant (m³/an).

ξ : Le ratio de l'apport des sédiments appelé aussi (SDR). Le SDR est exprimé en pourcentage et représente l'efficacité du bassin versant pour déplacer les particules de sol des zones d'érosion jusqu'au point où l'apport en sédiments est mesuré (l'exutoire du bassin versant).

W_a : Volume annuel total de perte de sol (m³/an/km²)

Le taux de l'apport de sédiments est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\xi = \frac{\sqrt{O - E}}{I_p + 10} \times D_d$$

Où ;

O : Le périmètre du bassin versant (km).

E : La différence moyenne d'élévation (km).

I_p : La longueur du Talweg principal du bassin versant (km).

D_d : La densité de drainage du bassin versant (km/km²), cette dernière est calculée suivant la formule ci-dessous :

$$D_d = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{A}$$

D_i : La longueur totale du réseau de drainage (chevelu hydrographique) en (km).

A : La superficie du bassin versant (km²).

III.4.1.2 Coefficient de la température (T)

La température est un facteur d'érosion très important dans ce modèle, car elle a un effet évident sur l'eau dans le sol. La température maximale permet d'augmenter l'évaporation et la transpiration et conduit à l'apparition des fissures qui permettent de démanteler les formations argileuses en particulier, et les variations thermiques successives permettent le démantèlement des composants des roches et des formations de surface. Gavrilovič Slobodan a cherché à adopter la température comme facteur d'érosion dans le modèle (EPM). Les valeurs du coefficient de température sont déterminées par une formule spéciale qui prend la température moyenne annuelle comme variable de base pour calculer le coefficient.

$$T = \sqrt{\frac{T_0}{10} + 0.1}$$

T_0 : Température moyenne annuelle (°C)

Dans le contexte de l'indisponibilité des données de température, une approche basée sur la température de surface extraite à partir des images satellitaires semblait la meilleure solution

vue que la température fournie représente celle au-dessous de la surface terrestre par deux mètres ce qui représente mieux l'impact de celle-ci sur le mécanisme d'érosion.

Pour le calcul de la température de surface, les images satellitaires utilisées doivent être traitées sur plusieurs étapes dont la première consiste à la conversion des valeurs DN (nombre digital) de la bande 10 (bande thermique) en radiance spectrale au niveau du capteur en utilisant l'équation suivante (Barsi et al., 2014 ; Zhibin et al., 2015 ; Wang et al., 2015 ; Jeevalakshmi et al., 2016 ; Jeevalakshmi et al., 2018) :

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max} - L_{min}) \times Q_{cal}}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} + L_{min} - C_i$$

L_{max} : La radiance maximale ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$).

L_{min} : La radiance minimale ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$).

Q_{cal} : La valeur DN du pixel.

Q_{calmax} : La valeur DN maximale des pixels.

Q_{calmin} : La valeur DN minimale des pixels.

C_i : La valeur de correction pour la bande 10.

Après avoir converti les valeurs (DN) en radiance spectrale au capteur, les données de la bande thermique (TIRS) doivent être converties en température de brillance (Brightness Temperature) en utilisant les constantes thermiques données dans le fichier de métadonnées de chaque image satellitaire utilisé selon la formule suivante :

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}}\right) + 1} - 273.15$$

Où : K_1 et K_2 sont les constantes thermiques de la bande 10 qui peuvent être identifiées dans le fichier de métadonnées associées à l'image satellite. Pour avoir les résultats en Celsius, il faut réviser en ajoutant le zéro absolu qui est approximativement égal à -273.15.

Étant donné que l'atmosphère dans notre zone de recherche est relativement sèche et que, par conséquent, la plage de valeurs de vapeur d'eau est relativement petite, l'effet atmosphérique n'est pas pris en compte dans le calcul du (T_c). Afin de prendre en compte l'impact de la fraction végétale sur la température de surface, il est nécessaire d'utiliser le NDVI (L'indice de végétation par différence normalisé). Le NDVI est compris entre -1 et +1. NDVI est calculé sur la base par pixel comme la différence normalisée entre la bande rouge et la bande infrarouge de chaque satellite. Le NDVI est essentiel pour calculer la végétation proportionnelle (P_v) et l'émissivité (ϵ).

À partir des valeurs NDVI obtenues auparavant, on peut calculer la végétation proportionnelle (P_v). Elle donne l'estimation de la superficie sous chaque type de couverture terrestre. Les proportions de végétation et de sol nu sont acquises à partir du NDVI du pixel pur (Jeevalakshmi et al., 2016 ; Salih et al., 2018). La végétation proportionnelle s'exprime comme suit :

$$P_V = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

Où : $NDVI_{max} = 0.5$ et $NDVI_{min} = 0.2$

La méthode proposée obtient les valeurs d'émissivité du NDVI en considérant différents cas :

✓ Si : $NDVI < 0.2$

Dans ce cas, le pixel est considéré comme un sol nu et l'émissivité est obtenue à partir des valeurs de réflectivité dans la région rouge.

✓ Si : $NDVI > 0.5$

Les pixels avec des valeurs de NDVI supérieures à 0.5 sont considérés comme entièrement végétalisés, puis une valeur constante pour l'émissivité est supposée, généralement de 0.99.

✓ Si : $0.2 < NDVI < 0.5$

Dans ce cas, le pixel est composé d'un mélange de sol nu et de végétation. Pour estimer la T_s (température de surface), il faut calculer l'émissivité de la surface terrestre (ϵ_λ), est un facteur de proportionnalité qui met à l'échelle la radiance du corps noir (loi de Plank) pour mesurer la radiance émise et c'est la capacité de transmettre de l'énergie thermique à travers la surface dans l'atmosphère (Avdan et Jovanovska 2016). À l'échelle du pixel, les surfaces naturelles sont hétérogènes en matière de variation de (ϵ_λ). De plus, la température de surface dépend largement de la rugosité de la surface, de la nature du couvert végétale...etc (Mallick et al., 2008).

$$\epsilon_\lambda = \epsilon_{v\lambda}P_V + \epsilon_{s\lambda}(1 - P_V) + C_\lambda$$

Où : $\epsilon_{s\lambda}$ et $\epsilon_{v\lambda}$ sont respectivement les émissivités de la végétation et du sol, et C est la rugosité de surface prise comme une valeur constante de 0.005 (Sobrino et Raissouni 2000). L'émissivité des plans d'eau est très stable par rapport aux surfaces terrestres. Étant donné que l'émissivité dépend de la longueur d'onde, le NDVI peut être utilisé pour estimer l'émissivité de différentes surfaces terrestres dans la gamme 10-12 μm (Sobrino et al., 2008).

$$\epsilon_\lambda = \begin{cases} \epsilon_{s\lambda}, & NDVI < NDVI_{min} \\ \epsilon_{v\lambda}P_V + \epsilon_{s\lambda}(1 - P_V) + C_\lambda, & NDVI_{min} \leq NDVI \leq NDVI_{max} \\ \epsilon_{s\lambda} + C_\lambda, & NDVI > NDVI_{max} \end{cases}$$

Finalement, La dernière étape consiste à calculer la (T_s) en utilisant la température de luminosité (T_b) de deux bandes 10, 11 et la (ϵ_λ) qui est dérivée de (P_V) et le NDVI (Stathopoulou et cartalis 2007). La température de surface peut être calculée à partir de l'équation suivante :

$$T_s = \frac{T_b}{\{1 + [(\lambda T_b / \rho) \ln \epsilon_\lambda]\}}$$

Où : (T_s) est la température de surface en ($^{\circ}C$), T_b est température de luminosité ($^{\circ}C$), (λ) est la longueur d'onde de la radiance émise, (ϵ_λ) est l'émissivité calculée auparavant.

$$\rho = h \frac{c}{\sigma} = 1.438 \times 10^{-2} mK$$

Où : (σ) est le constant Bozman (1.38×10^{-23} J/K), (h) est le constant de Planck (6.626×10^{-34} J/s), (c) est la vitesse de la lumière (2.998×10^8 m/s) (Weng et al., 2004).

Afin d'assurer une homogénéité des résultats, une moyenne de température de surface est calculée à partir du traitement de plusieurs images satellitaires qui couvre les différentes saisons de l'année, par conséquent, la température de surface moyenne se calcul comme suit :

$$T_{Sm} = \frac{\sum_{n=1}^i T_{Sn}}{n}$$

Où : T_{Sn} est l'addition des températures de surface de plusieurs images satellitaire au cours de l'année. n ; est le nombre des images utilisés (**Figure 24**).

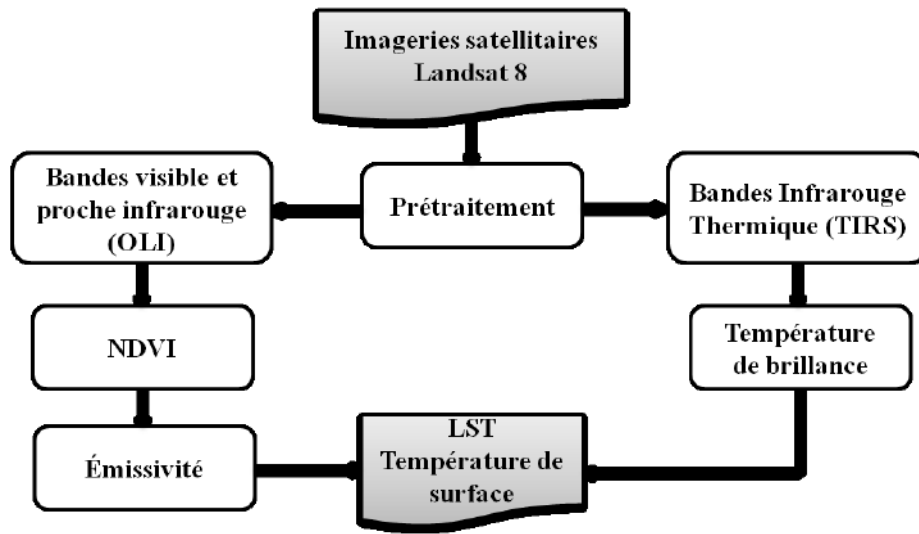


Figure 24. Méthodologie de calcul de la température de surface

III.4.1.3 Coefficient des précipitations (P_a)

Pour la réalisation de carte des précipitations, des données de la pluviométrie moyenne annuelle de 38 ans réparties spatialement sur cinq stations de l'Agence nationale des ressources hydrauliques ont été utilisées (ANRH 2014). La carte des précipitations a été réalisée en utilisant l'interpolation par poids de distance inverse (IDW) (Leroux 2007), qui est largement utilisée par les scientifiques de la terre (Bartier et Keller 1996) et est l'une des fonctions les plus couramment utilisées dans l'interpolation des données spatiales (Hanquiez et al., 2014). Cette méthode d'interpolation est particulièrement adaptée aux données variables et dispersées telles que les données de levés géologiques ou de mesures environnementales (Huisman 2009). La méthode est basée sur l'hypothèse que le taux de corrélation et de similitude entre les points voisins est proportionnel à la distance qui les sépare, qui peut être définie comme une fonction inverse de la distance de chaque point aux points voisins. En ce qui concerne les facteurs considérés comme importants dans cette méthode, le rayon voisin et la puissance associée à la fonction de distance inverse peuvent être inclus dans l'équation suivante :

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^N P_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}}$$

Où ; (P_0) est la valeur estimée de la variable (P) au point (i), (P_i) est la valeur d'échantillon au point (i), (d_i) est la distance entre le point d'échantillonnage et le point estimé, (n) le coefficient qui détermine le poids en fonction d'une distance et (N) est le nombre total de prédictions pour chaque cas de validation.

III.4.1.4 Coefficient de l'érosion (Z)

Le coefficient d'érosion (Z) est un paramètre non dimensionnel qui dénomme la rigueur ou l'intensité d'érosion dans le bassin versant. Sa valeur (Z) définit la classe d'érosion selon le tableau 10, le coefficient de l'érosion se calcule selon la formule :

$$Z = Y \times X_a \times (\varphi + \sqrt{J_a})$$

Y : Coefficient d'érodibilité du sol.

X_a : Coefficient de protection du sol.

φ : Coefficient du type et de l'étendue de l'érosion.

J_a : Pente moyenne de la zone d'étude (%).

Tableau 10. Les classes d'érosion en fonction du Coefficient (Z) (Gavrilović 1962 et 1970)

Classe d'érosion	Valeur du coefficient (Z)
Très faible érosion	0 – 0.2
Faible érosion	0.2 – 0.4
Erosion moyenne	0.4 – 0.7
Erosion élevée	0.7 - 1
Erosion très élevée	>1

III.4.1.4.1 Coefficient d'érosion du sol (Y)

Le facteur d'érosion (Y) représente la sensibilité d'un sol à l'érosion hydrique. Il est dépendant à la propriété physique du sol à savoir la texture, la structure et la perméabilité. Nous avons utilisé la formule de Wicshmeier et Smith (1978) basé sur l'abaque (**Voir annexe N°10**) :

$$Y = \frac{2.1 \times M^{1.14} \times 10^{-4} \times (12 - a) + 3.25 \times (b - 2) + 2.5 \times (c - 3)}{100}$$

Avec : $M = (Fraction\ Sable\ \% + Fraction\ Limon\ \%) \times (100 - Fraction\ Argile\ \%)$

(a) : représente la fraction de la matière organique (%), (b) : représente le code de la perméabilité et (c) : représente le code de la structure.

Les codes de la structure et la perméabilité sont déterminés à partir de la carte lithologique du bassin de l'Oued Saida (**Figure 25**), ces deux codes sont attribués selon les critères fixés par Wicshmeier et Smith (1978) suivants les tableaux 11 et 12 :

Tableau 11. Code de la structure des sols (a) (Wischmeier et Smith 1978)

Type structure	Code de la structure
Très fine granulaire	1
Fine granulaire	2
Granulaire moyenne grossière	3
Polyédrique, Lamellaire ou massif	4

Tableau 12. Code de perméabilité des sols (b) (Wischmeier et Smith 1978)

Degré de perméabilité	Code de la perméabilité
Rapide	1
Modérée à rapide	2
Modérée	3
Modérée à lente	4
Lente	5
Très lente	6

Pour les propriétés du sol, nous avons utilisé les bases de données mondiales (*SoilGrids* et *WoSIS*), qui sont un produit du Centre international de référence et d'information sur les sols (ISRIC) à une résolution de 250 m, qui comprend la texture du sol à des profondeurs allant de la surface à 200 cm générés à partir de 240.000 profils des sols et près d'un million de couches de sol à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique (Hengl et al., 2017). Dans notre cas, les données de texture pour les 5 premiers centimètres ont été utilisées pour générer le paramètre (Y), car la couche arable est la partie la plus affectée par le détachement des particules de sol (Tableau 13).

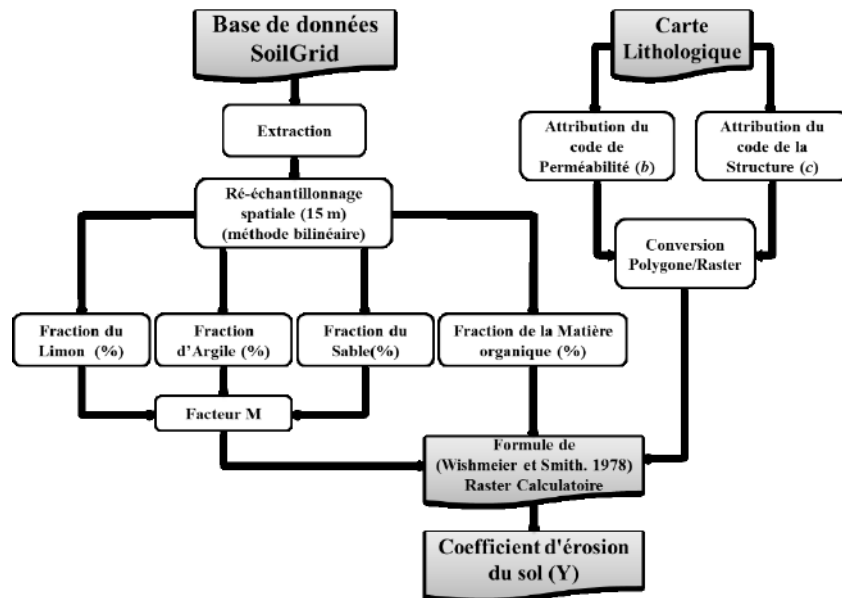


Figure 25. Méthodologie de réalisation du coefficient (Y) à l'aide de la base de données SoilGrid

Sur le logiciel ArcGis la production de la carte finale du paramètre (Y) s'y fait sous le raster calculatoire à l'aide de la syntaxe algébrique suivante :

$$(2.1 * \text{Power}(((\text{Float}(\text{"Silt.tif"}) + \text{Float}(\text{"Sand.tif"})) * (100 - \text{Float}(\text{"Clay.tif"}))), 1.14) * \text{Power}(10, - 4) * (12 - \text{Float}(\text{"MO.tif"})) + 3.25 * (\text{Float}(\text{"Cp.tif"}) - 2) + 2.5 * (\text{Float}(\text{"Cs.tif"}) - 3)) / 100$$

Dont ; **Power** représente la fonction de puissance ; **Float** représente la conversion fonction de chaque valeur de cellule d'un raster en une représentation à virgule flottante ; **Silt** représente la couche raster de la fraction du limon extraite de la base HWSD ; **Sand** représente la couche raster de la fraction de du sable ; **Clay** représente la couche raster de la fraction de l'argile ; **MO** représente la couche raster de la fraction de la matière organique ; **Cs** représente le code

structure extrait de l'abaque de Wischmeier et Smith 1978 ; **Cp** représente le code de la perméabilité extrait de l'abaque de Wischmeier et Smith 1978.

Tableau 13. La classification du paramètre (Y) en fonction du type de résistance des sols à l'érosion (Gavrilović 1962 ; 1970 et Dragicević et al., 2016)

Type de sol	Le paramètre (Y)
Roche dure, résistante à l'érosion	< 0.3
Roche à résistance modérée à l'érosion	0.3 – 0.5
Roche friable (schistes, argiles sur-consolidées)	0.5 – 0.6
Sédiments, argile et autres roches peu résistantes	0.6 – 0.8
Sédiments fins et sols sans résistance à l'érosion	0.8 – 1

III.4.1.4.2 Coefficient de protection du sol (X_a)

Ce paramètre est lié étroitement à l'état et à la nature du couvert végétal de la région. La couverture végétale joue le rôle d'amortisseur de l'énergie cinétique des gouttes de pluie réduisant ainsi l'effet splash et le ruissellement lors des événements orageux de l'année. D'autre part, les sols sous couvert végétal sont beaucoup plus stables structurellement, dont la porosité est bonne permettant une meilleure circulation verticale par infiltration. Le coefficient de la protection du sol varie aussi selon l'état de surface et les pratiques agricoles.

Chaaouan (2013) a proposé une formule basée sur la pertinence de l'indice de végétation par différence normalisé avec les valeurs du paramètre (X_a) selon la formule suivante :

$$X_a = (X_aNDVI - 0.61) \times (-1.25)$$

Où : (X_aNDVI) est la valeur ajustée du NDVI à seuil maximale de 0.6 qui représente la bonne couverture végétale et un seuil minimal de -0.19 qui représente l'état de surface dégradé (sol nue, espace d'eau). Les valeurs (X_a) se comportent inversement à l'état du couvert végétal et par conséquent aux valeurs du (NDVI) dont la valeur minimale devient 1 et la valeur maximale devient 0.01 (**Tableau 14**).

Tableau 14. Les intervalles du coefficient (X_a) selon la typologie d'occupation des sols.

Type d'occupation des sols (de Vente and Poesen. 2005 ; Spalevic et al., 2020)	Coefficient de protection du sol (X_a) selon (Gavrilović, 1988)	Coefficient de protection du sol (X_a) selon le NDVI (Chaaouan, 2013a)
Forêt dense-moyennement dense, reboisement	0.05 - 0.2	0.125
Terres arboricoles, forêt de conifères avec petit bosquet	0.2 - 0.4	0.3
Zones de pâturage, zones agricoles, arbustes dégradés	0.4 - 0.6	0.5
Champs de culture, prairies, zones de pâturage dégradé	0.6 - 0.8	0.7
Zones sans couverture végétale (terrain nu, zone urbaine, surface d'eau)	0.8 - 1	0.9

III.4.1.4.3 Coefficient du type et de l'étendue de l'érosion (ϕ)

Le paramètre(ϕ)est un facteur sans unité dimensionnelle avec des valeurs allant de 0.1 à 1 décrivant l'intensité des processus d'érosion actives (**Tableau 15**). Pour la valeur du coefficient (ϕ) des processus d'érosion visible, au lieu d'une estimation très subjective dans le modèle

traditionnel surtout sur des superficies assez réduites (petits bassins versants), une approche basée sur l'information numérique offerte par les images satellitaires a été adoptée, en utilisant les images issues du satellite Landsat.

Cette approche est basée sur la bande rouge qui est utilisée de telle manière que les valeurs numériques des pixels qui représentent les niveaux de gris (0-255) sont utilisées pour identifier l'état érosif du milieu. C'est-à-dire que le processus d'érosion est évalué selon le niveau du gris qui oscille du 0 à 255. Les valeurs faibles correspondent aux zones sans processus d'érosion visible, et les valeurs proches de 255 correspondent aux zones avec une érosion excessive (Milevski 2008 ; Milevski et al., 2013).

Il est nécessaire de signaler que le calcul du coefficient dépend du type de capteur utilisé. Les capteurs Landsat Thematic Mapper (TM) et Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) capturent l'énergie solaire réfléchie, convertissent ces données en radiance, puis redimensionnent ces données en un nombre digital (DN) 8 bits avec une plage comprise entre 0 et 255. Le capteur Landsat 8 OLI est plus sensible, de sorte que ces données sont redimensionnées en DN 16 bits avec une plage de 0 à 65536.

Cependant, des valeurs élevées peuvent également représenter des objets anthropiques, des sols et des roches découvertes, des sites de dépôt...etc. Pour cette raison, une correction est faite avec gradient de pente (a) par la formule suivante :

$$\varphi_{Landsat5-7} = \frac{(\text{Bande Rouge})}{255} \times \log(a + 1)$$

$$\varphi_{Landsat8} = \frac{(\text{Bande Rouge})}{65536} \times \log(a + 1)$$

Tableau 15. Valeurs du paramètre (φ) selon le type de l'étendue d'érosion (Gavrilović 1988)

Type et étendue de l'érosion	Valeur (φ)
Peu d'érosion sur le bassin versant	0.1 – 0.2
Érosion des cours d'eau sur 20 à 50% du bassin versant	0.3 – 0.5
Érosion par des ravins et dépôts alluviaux, érosion karstique	0.6 – 0.7
50 à 80% du bassin versant affecté par l'érosion de surface et les glissements de terrain	0.8 – 0.9
Bassin versant entièrement affecté par l'érosion	1

III.4.1.4.4 Coefficient de la pente (J_a)

Au niveau de chaque pixel sur le raster, le processus de fonctionnement pour la création de la pente s'articule sur le calcul du taux de variation maximale des valeurs de cette cellule par rapport à ses voisins. La variation de l'altitude sur la distance entre le pixel cible et ses huit pixels voisins identifie la descente depuis la cellule.

III.5 Ré-échantillonner des données spatiales (La méthode bilinéaire)

Toutefois, lors du traitement de plusieurs jeux de données, la résolution des cellules, comme leur enregistrement, devraient dans l'idéal être identiques. Lorsque plusieurs jeux de données raster sont entrés dans un outil de l'extension ArcGIS (Analyse Spatiale) et que leurs résolutions

sont différentes, un ou plusieurs d'entre eux sont automatiquement rééchantillonnés au niveau de résolution le plus grossier des jeux de données raster en entrée.

Il est nécessaire de recourir à une technique de ré-échantillonnage car les centres des cellules en entrée sont rarement alignés sur ceux des cellules transformées de la résolution souhaitée (**Figure 26**).

Sous environnement GIS (ArcGIS), la méthode de ré-échantillonnage bilinéaire exécute une interpolation bilinéaire et détermine la nouvelle valeur d'une cellule (pixel) en fonction d'une distance moyenne pondérée des valeurs des centres des quatre cellules en entrée les plus proches. Elle est utile pour les données continues et a pour effet de lisser les données.

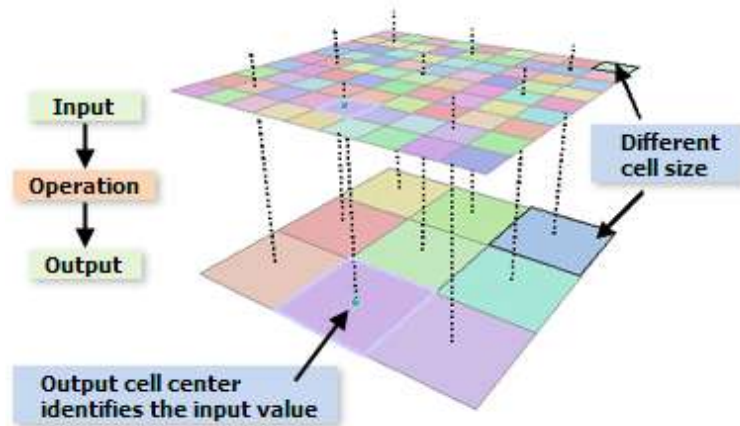


Figure 26. Concept du Ré-échantillonnage

Source : <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/guide-books/extensions/spatialanalyst/performing-analysis/cell-size-and-resampling-in-analysis.htm>

Cette méthode est utilisée pour la création d'une nouvelle couche raster dont la valeur numérique est rééchantillonnée selon la résolution spatiale voulue. Par exemple dans l'objectif d'harmoniser la résolution spatiale de toutes les couches utilisées avant de les intégrer sous environnement SIG. Afin que l'attribution de nouvelles valeurs de pixels soit correctement faite, chaque cellule doit suivre le système de coordonnées d'origine à la sortie.

Chapitre IV

Généralités sur les réseaux de neurones artificiels (RNA)

IV.1 Introduction

Les réseaux de neurones artificiels (parfois simplement appelés réseaux de neurones ou modèles connexionnistes) fournissent un moyen de traiter des problèmes complexes orientés vers des modèles de types catégorisation et séries chronologiques (analyse de tendance). La nature non paramétrique des réseaux de neurones permet de développer des modèles sans avoir aucune connaissance préalable de la distribution de la population de données ou des effets d'interaction possibles entre les variables comme requis par les méthodes statistiques paramétriques couramment utilisées.

Les réseaux de neurones artificiels ont été utilisés pour prendre en charge des applications dans diverses disciplines scientifiques et commerciales au cours des dernières années. Ces modèles informatiques de l'activité neuronale dans le cerveau sont définis et illustrés par de brefs exemples. Les concepteurs de réseaux neuronaux effectuent généralement une ingénierie des connaissances approfondie et intègrent une quantité importante de connaissances du domaine dans les (RNA). Une fois que les variables d'entrée présentes dans le vecteur d'entrée du réseau neuronal ont été sélectionnées, les données d'apprentissage de ces variables avec des valeurs de sortie connues doivent être acquises. Des recherches récentes ont montré que des tailles d'ensembles d'apprentissages plus petites produisent des réseaux de neurones plus performants, en particulier pour les applications de séries chronologiques (Walczak et Cerpa 2003).

De plus, le réseau de neurones artificiels (RNA) a été développé pour modéliser le système de neurones interconnecté du cerveau afin que l'ordinateur puisse fonctionner comme la capacité du cerveau à organiser les modèles et à s'entraîner à partir d'essais et d'erreurs, observant ainsi les relations à partir des données d'entrée (Pijanowski et al., 2002). Il a été utilisé dans diverses disciplines pour la reconnaissance de formes telles que la classification des paysages (Brown et al., 1998 ; Huang et al., 2009), l'évaluation du transport des sédiments (Ebtehaj et Bonakdari 2014), la prévision de la charge de sédiments en suspension (Rajaei et al., 2011), prévision climatique (Roetter et al., 2005), prévision de l'afflux de réservoir (Jain et al., 1999).

IV.2 Définition d'un RNA

Les (RNA) sont des modèles mathématiques de la perception humaine qui peuvent être entraînés pour effectuer une tâche particulière sur la base des données empiriques disponibles. Lorsque les relations entre les données sont inconnues, elles peuvent constituer un puissant outil de modélisation (Lek et al., 1996). Un réseau de neurones artificiels comprend un certain nombre de neurones ou de nœuds qui travaillent en parallèle pour transformer les données d'entrée en catégories de sortie. En règle générale, un (RNA) se compose de trois couches, à savoir l'entrée, les couches cachées et la sortie (**Figure 27**). Chaque couche, en fonction de l'application spécifique dans un réseau, possède des neurones. Chaque neurone est connecté aux autres neurones de la couche consécutive suivante par des liens directs. Ses liens ont un poids qui représente la force du signal sortant (Varoonchotikul 2003).

Les (RNA) sont une famille de modèles d'apprentissage automatique, inspirées des réseaux de neurones biologiques et ils sont généralement utilisés pour estimer ou approcher des fonctions non linéaires qui dépendent de nombreuses entrées (Liu et al., 2017). L'avantage des (RNA), c'est qu'ils peuvent connecter un complexe de relations entre les données d'entrée et fonctionnent bien lors de la modélisation avec une grande quantité de données d'entrée et de sortie.



Figure 27. Schéma simplifié du principe (RNA)

IV.3 Neuronebiologique

Un neurone est une cellule qui possède des extensions responsables de la distribution des signaux (axones) ou et d'autres pour les recevoir (dendrites). Ce sont la liaison entre des neurones du cerveau. Ce réseau est responsable de la circulation de l'information sur les deux directions. Le traitement de l'information effectué par le cerveau humain est effectué par des composants de traitement biologique, fonctionnant en parallèle, pour produire des fonctions appropriées, telles que la pensée et l'apprentissage. La cellule fondamentale du système nerveux central est le neurone, et son rôle se résume à conduire des impulsions (stimulations électriques issues de réactions physico-chimiques) dans certaines conditions opératoires. Ce composant biologique peut être divisé en trois parties principales : les dendrites, le corps cellulaire (également appelé Soma) et l'axone (**Figure 28**).

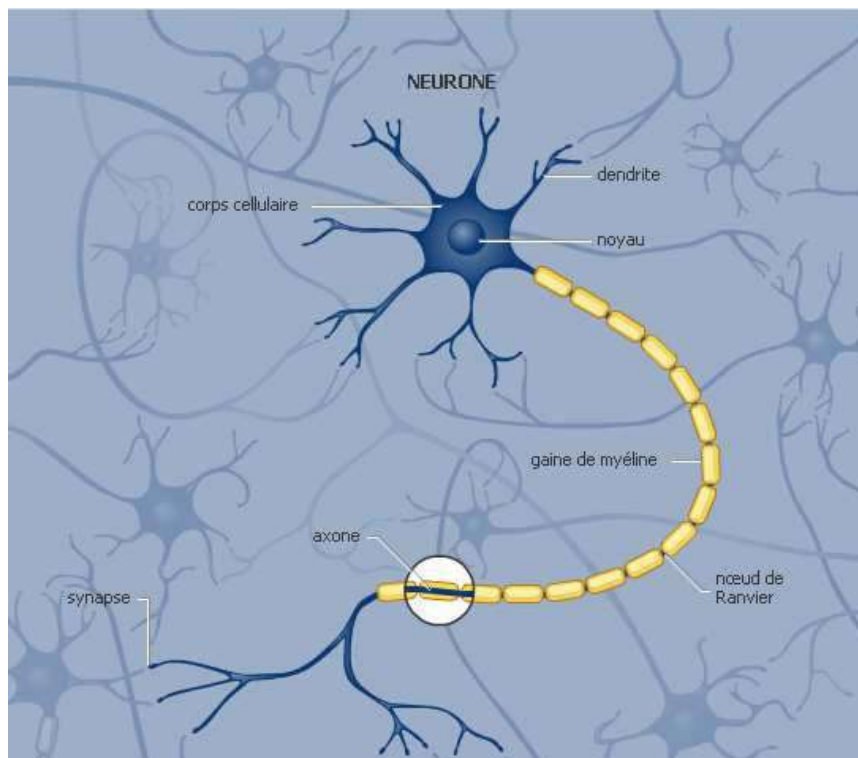


Figure 28. Modèle d'un neurone artificiel (Djeriri 2009)

IV.4 Neurone formel

Un réseau de neurones artificiels est considéré comme l'une des méthodes de calcul mathématiques modernes utilisées pour résoudre tout problème linéaire et dynamique, où la recherche dans le domaine des réseaux de neurones attire de plus en plus l'attention ces dernières années, et c'est parce qu'il a la capacité d'apprendre et de généraliser les données, en utilisant les unités nerveuses de traitement parallèle (Zakhrouf et al., 2021) (**Figure 29**) et le tableau 16.

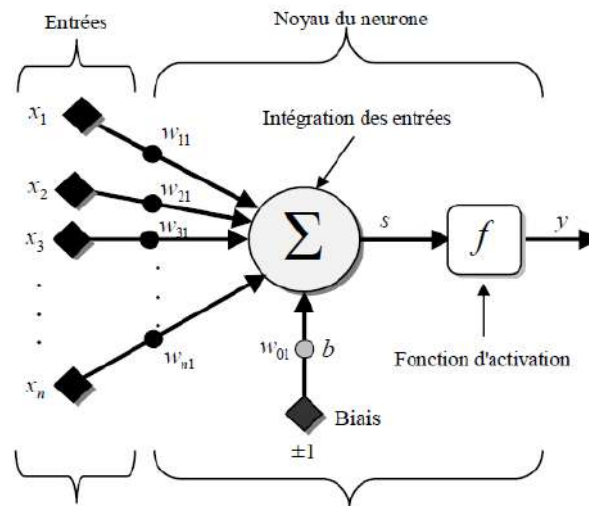


Figure 29. Modèle d'un réseau de neurone artificiel

Tableau 16. Analogie entre le neurone artificiel et le neurone biologique

Neurone biologique	Neuron formel
Synapses	Poids de connexion
Axones	Signal de sortie
Dendrites	Signal d'entrée
Soma	Fonction d'activation

IV.5 Fonctions d'activations

Différentes fonctions de transfert utilisables en fonction de l'activité neuronale sont répertoriées dans le tableau 17, les fonctions d'activation les plus souvent utilisées sont : "seuil", "linéaire" et "sigmoïde". La fonction seuil, comme son nom l'indique, applique un seuil à son entrée.

Tableau 17. Les différentes fonctions d'activation d'un RNA

Nom de la fonction	Relation entrée/sortie	Icône	Nom MATALB
Seuil	$y = 0 \quad \text{si} \quad s < 0$ $y = 1 \quad \text{si} \quad s \geq 0$		hardlim
Seuil symétrique	$y = -1 \quad \text{si} \quad s < 0$ $y = 1 \quad \text{si} \quad s \geq 0$		hardlims
Linéaire	$y = s$		purelin
Linéaire saturée	$y = 0 \quad \text{si} \quad s \leq 0$ $y = s \quad \text{si} \quad 0 \leq s \leq 1$ $y = 1 \quad \text{si} \quad s \geq 1$		satlin
Linéaire saturée symétrique	$y = -1 \quad \text{si} \quad s < -1$ $y = s \quad \text{si} \quad -1 \leq s \leq 1$ $y = 1 \quad \text{si} \quad s > 1$		satlins
Linéaire positive	$y = 0 \quad \text{si} \quad s \leq 0$ $y = s \quad \text{si} \quad s \geq 0$		poslin
Sigmoïde	$y = \frac{1}{1 + \exp^{-s}}$		logsig
Tangente hyperbolique	$y = \frac{e^s - e^{-s}}{e^s + e^{-s}}$		tansig
Compétitive	$y = 1 \quad \text{si} \quad s \text{ maximum}$ $y = 0 \quad \text{autrement}$		compet

IV.6 Apprentissage RNA

L'apprentissage (RNA) représente le développement et l'optimisation du réseau de neurones jusqu'à l'obtention de l'état de son comportement désiré. L'opération s'effectuera par ajustement des poids et les biais des neurones à une source d'information bien définie. Il existe deux grandes catégories d'apprentissage, à savoir : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé.

IV.6.1 Apprentissage supervisé

Dans le style de formation supervisé, comparaison entre les sorties réelles et la sortie souhaitée d'un (RNA), il tente donc que les solutions souhaitées soient connues pour les ensembles de données de formation. Cela consiste à réduire l'erreur avec le temps qui passe en ajustant les poids entrés jusqu'à ce qu'une précision de réseau acceptable soit atteinte. Les algorithmes d'entraînement supervisé les plus représentatifs utilisent l'algorithme de rétropropagation (McClelland et Rumelhart 1986).

IV.6.2 Apprentissage non supervisé

L'objectif de l'apprentissage non supervisé est de découvrir des modèles ou des caractéristiques dans les données d'entrée sans aide, en effectuant essentiellement un regroupement de l'espace d'entrée.

Le système apprend le modèle à partir des données elles-mêmes sans connaissances préalables. À titre d'exemple, à partir de ces connaissances stockées, des types similaires de modèles incomplets ou spatiaux pourraient être reconnus. C'est une autoadaptation du réseau afin d'engendrer des valeurs de sortie qui soient proches en réponse à des valeurs d'entrée similaires.

IV.7 Architecture des réseaux de neurones

L'architecture d'un (RNA) se compose du nombre de couches d'éléments ou de nœuds de traitement, y compris l'entrée, la sortie et toutes les couches cachées, et la quantité de nœuds contenus dans chaque couche. Elle représente la façon d'organisation des neurones entre eux au sein d'un même réseau, c'est-à-dire la manière de connexion entre les ordonner. L'architecture du réseau de neurone dépend de l'objectif de l'apprentissage. Il existe deux grands types d'architectures de réseaux de neurones : les réseaux de neurones non bouclés et les réseaux de neurones bouclés.

IV.8 Les réseaux de neurones non bouclés

Chaque neurone d'un réseau de neurones non bouclé exécute une fonction algébrique différente sur ses entrées. L'information circule des entrées aux sorties sans "retour en arrière" dans un réseau de neurones non bouclé, qui est représenté visuellement par une collection de neurones "connectés".

IV.8.1 Réseaux de neurones monocouches

Les neurones disposés en entrée d'un réseau monocouche sont entièrement liés à d'autres neurones structurés en sortie par une couche de poids qui peut être modifiée (Djeriri 2015) (Figure 30).

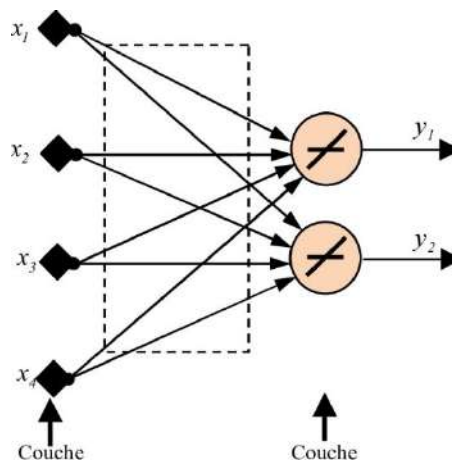


Figure 30. Schéma d'un réseau de neurone monocouche

IV.8.2 Réseaux de neurones multicouches

Les neurones sont empilés et il n'y a pas de connexion entre les neurones de la même couche et les connexions ne sont établies qu'avec les neurones de la couche suivante en dessous de la hiérarchie. Dans l'ensemble, les neurones d'une couche sont interconnectés entre eux et uniquement avec leurs voisins immédiats. Ainsi, la notion de sens du flux d'informations (de l'activation) à l'intérieur d'un réseau peut être introduite ; les neurones d'entrée et les neurones de sortie peuvent être définis. Il s'ensuit que la couche d'entrée est constituée de tous les neurones de la couche d'entrée et que la couche de sortie est composée de tous les neurones de la couche de sortie. Les couches cachées sont des couches intermédiaires qui n'ont aucun contact extérieur. Dans notre cas, le réseau neuronal multicouche ou mieux connu sous le nom de perceptron multicouche (PMC) représente un réseau neuronal composé d'une ou de plusieurs couches d'entrées, d'une ou de plusieurs couches cachées et d'un réseau de couche de sortie (**Figure 31**). De plus, les réseaux multicouches sont nettement plus puissants que les réseaux monocouches. Il est possible d'entraîner un réseau de neurones à approximer la plupart des fonctions avec deux couches (une couche cachée et une couche de sortie), étant donné que la couche cachée est activée à l'aide d'une fonction sigmoïde, avec une précision quelconque. Néanmoins, un nombre élevé de neurones dans la couche enterrée peut être nécessaire). Les réseaux de neurones artificiels utilisent généralement deux ou trois couches, sauf dans des situations exceptionnelles (Dreyfus et al., 2002 ; Djeriri 2015).

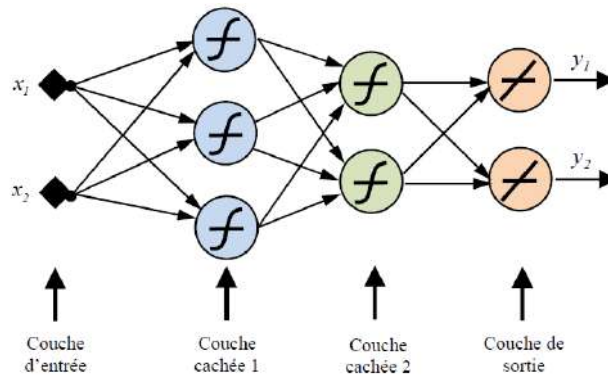


Figure 31. Schéma d'un réseau de neurone multicouche (Perceptron multicouche)

IV.9 Les réseaux de neurones bouclés

Les scientifiques ont étudié les réseaux de neurones bouclés comme moyen de stocker des informations associatives ; en ce sens, le réseau est considéré comme un système dynamique non linéaire dont les attracteurs sont utilisés pour récupérer les informations apprises (Marcos et al., 1993). Ils sont utilisés pour effectuer des tâches de modélisation de systèmes dynamiques, de commande de processus, ou de filtrage (**Figure 32**).

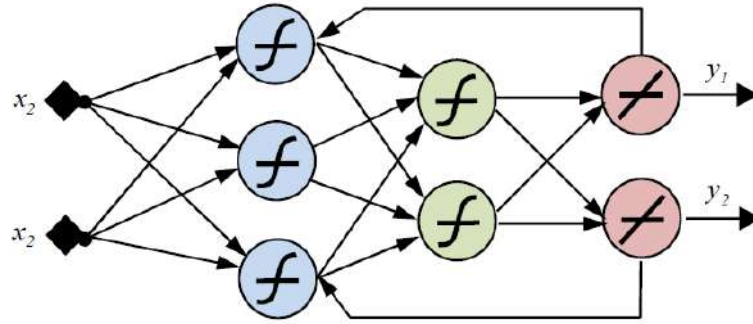


Figure 32. Schéma d'un réseau de neurone bouclé

IV.10 Algorithme d'apprentissage

Pour chaque type de réseaux de neurones artificiels, il existe des méthodes ou des algorithmes d'apprentissage permettant une modification des poids et de biais. Il existe multiples algorithmes d'apprentissage à savoir : l'algorithme du perceptron, la règle d'apprentissage de Hebb, la règle d'apprentissage Delta de Widrow-Hoff ainsi que des algorithmes généralisés de Widrow-Hoff. Concernant les réseaux multicouches, l'algorithme d'apprentissage de rétropropagation du gradient de l'erreur est la plus utilisé.

IV.10.1 Algorithme d'apprentissage Perceptron multicouche de retro propagation (RP)

L'apprentissage d'un perceptron multicouche est la procédure par laquelle les valeurs des poids individuels sont déterminées de telle sorte que la relation modélisée par le réseau soit résolue avec précision. À ce stade, nous considérerons un perceptron multicouche simple qui ne contient que deux poids. Pour toute combinaison de poids, l'erreur de réseau pour un modèle donné peut-être définie. Un perceptron est un réseau de neurones artificiel du type « *feedforward* », c'est-à-dire à propagation directe.

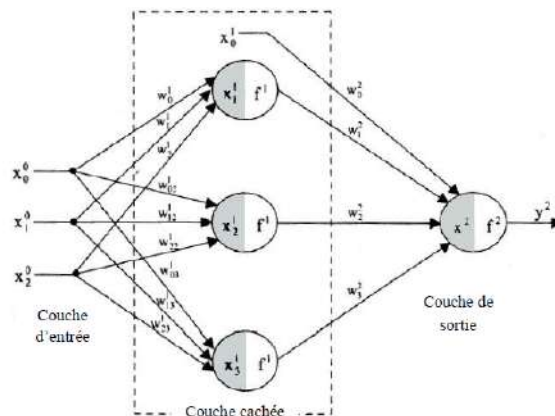


Figure 33. Réseau d neurone de type perceptron à une couche cachée

L'architecture de rétropropagation a été présentée au début des années 1970 par plusieurs sources (Rumelhart et al., 2013). Le développement interactif de l'architecture de rétropropagation la rend plus populaires et facile à appliquer, même pour des modèles complexes, tels que des réseaux multicouches. Sa plus grande force réside dans sa capacité à

traiter des solutions non linéaires à des problèmes indéfinis. Le réseau professionnel de rétro-propagation a une couche d'entrée, une couche de sortie et au moins une couche cachée (Demuth et Beale 2002) (**Figure 33**). L'algorithme (RP) est l'un des algorithmes (RNA) les plus populaires. Rojas (2009) a affirmé que l'algorithme qu'elle pouvait être divisée en quatre étapes principales. Une fois les poids choisis au hasard, le calcul des corrections nécessaires sont effectués par l'algorithme de rétropropagation. L'algorithme peut être exprimé en quatre étapes (Cilimkovic 2010) :

- ✓ Le calcul d'anticipation
- ✓ Rétropropagation vers la couche de sortie
- ✓ Propagation à la couche cachée
- ✓ Mises à jour du poids

Cet algorithme change les poids d'un réseau dont l'architecture est fixée par l'opérateur, à chaque fois qu'un exemple $y_i = f(x_i)$ est présenté. Ce changement est fait de telle sorte à minimiser l'erreur entre la sortie désirée et la réponse du réseau à une entrée x_i par la méthode de descente de gradient. À chaque itération le signal d'entrée se propage dans le réseau dans le sens entrées-sorties, une sortie est ainsi obtenue, l'erreur entre cette sortie et la sortie désirée est calculée puis par rétropropagation « error back-propagation », des erreurs intermédiaires, correspondant à la couche cachée est ainsi calculées et permet l'ajustement des poids $w_{ij}(t)$ de la couche cachée. Cet algorithme comporte deux principales phases :

La première est la propagation d'un exemple en entrée jusqu'à la couche de sortie. La deuxième est la correction des erreurs fournies par le réseau (en général la somme quadratique moyenne des erreurs pour tous les neurones de sortie) que l'on rétro propage dans le réseau. Ce processus est interrompu dès que l'erreur globale est estimée suffisante. Donc pour chaque neurone i :

$$w_{ij} = (t + 1) = w_{ij}(t) + \alpha(t) \delta_j(t) x_i$$

Où $\delta_j(t)$ est l'erreur produit par le neurone i (**Figure 34**)

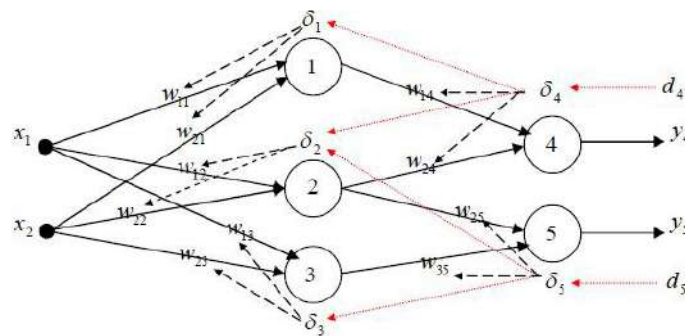


Figure 34. Exemple d'algorithme de rétro-propagation

IV.11 Application du RNA-PMC pour la prédiction du changement de l'occupation des sols

L'analyse de transition de l'occupation des sols est une approche systématique qui aide à comprendre l'implication physique et humaine dans l'environnement naturel et le développement durable (Abbas et al., 2021). Le changement du paysage est basé sur l'écosystème naturel et la structure de la société humaine. Le processus de changement du paysage résulte de changements dans l'environnement physique et de facteurs socio-économiques (Butler et al., 2005). Le développement économique rapide et la croissance démographique entraînent une urbanisation rapide et des changements d'occupation des sols. Ces changements affectent de manière significative la dynamique de l'occupation des sols ainsi que le cycle et la structure de l'écosystème (Zhang et al., 2020). Ce changement affecte principalement des processus hydrologiques tel que le ruissellement de surface, le débit, la recharge des nappes, l'évapotranspiration et les écoulements de surfaces (Shi et al., 2007 ; Guo et al., 2008 ; Wang et al., 2014 ; Gumindoga et al., 2014 ; Dias et al., 2015 ; Mishra et Kumar 2015 ; Gashaw et al., 2018). Les changements d'occupation des sols dans tous les bassins versants entraînent des changements dans la réponse hydrologique, l'érosion des sols et les caractéristiques de la dynamique des sédiments (Spalevic et al., 2020). L'évaluation de l'impact à long terme du changement d'occupation des sols sur la génération de ruissellements et l'érosion des sols est donc importante pour les décideurs afin de planifier des mesures de protection de l'environnement (De Hipt et al., 2019).

IV.11.1 Module de simulation de changement d'occupation des sols (MOLUSCE)

MOLUSCE est un module (Plugin) de simulation de changement d'occupation des sols (Modules for Land Use Change Simulations), ce module travaille sous environnement QGIS, la fenêtre d'analyse raster permet l'analyse et la détection des changements d'occupation des sols et la prédiction de la valeur possible des couches de sortie requises en fonction du comportement des couches d'entrées. Ce module fonctionne sur le principe de perception multicouche à base de réseaux de neurones (RNA-PMC). La simulation du changement d'occupation des sols et la prédiction du changement passent par plusieurs étapes, qui sont principalement ;

IV.11.1.1 Entrées (Inputs)

Les cartes initiales (Année 1) et finales (Année 2) d'occupation des sols ainsi que les variables spatiales telles que la pente, la densité des routes, la densité du chevelu hydrographique, l'élévation et le modèle numérique du terrain dans le panel de variables spatiales sont intégrées comme données de base (inputs) dans la case des variables dépendantes. Il faut assurer que la géométrie des couches d'entrées soit tous les mêmes avant de lancer la simulation.

IV.11.1.2 Corrélation d'évaluation

Cette opération a pour but la vérification de la corrélation entre les variables spatiales utilisées lors de la simulation. Cette étape comprend trois méthodes, à savoir la corrélation de la personne, l'incertitude de l'information conjointe et le coefficient de Cramer.

IV.11.1.3 Détection du changement

Sur cette étape le module détecte le changement entre les deux cartes d'occupation des sols, la carte résultante montre la direction du changement. La vérification du changement se fait pixel par pixel et un tableau de statistique est désormais fourni à la fin de la simulation.

IV.11.1.4 Modélisation du potentiel de transition

Alors que de nombreuses méthodes disponibles pour calculer la carte de potentiel de transition, le réseau de neurones artificiels (RNA), l'évaluation multicritères (MCE), les poids de la preuve (WoE) et la régression logistique (LR) sont disponibles dans ce plugin. On a choisi le modèle basé sur les réseaux de neurones pour la modélisation du potentiel de transition d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saïda.

IV.11.1.5 Simulation d'automates cellulaires

La géométrie, la taille des pixels et la projection de tous les fichiers d'entrée doivent être identiques. Dans le modèle, un réseau de neurones artificiels (RNA) pour la modélisation du potentiel de transition a été utilisé. Le modèle basé sur la fonction d'automates cellulaires (AC), convient parfaitement à la modélisation des changements d'occupation des sols (Lin et al., 2011).

Après avoir sélectionné la méthode que vous utiliserez pour la modélisation du potentiel de transition, vous devrez générer les cartes simulées de l'occupation des sols. Fondamentalement, le processus des automates cellulaires est basé sur l'algorithme de Monte-Carlo. Les résultats générés seront stockés dans la mémoire de module MOLUSCE, puis utilisés ultérieurement dans la simulation par automate cellulaire (Thanekar et Krishna. 2021). La fonction de certitude représente essentiellement la fonction expérimentale que nous avons obtenue dans les étapes précédentes (Figure 35).

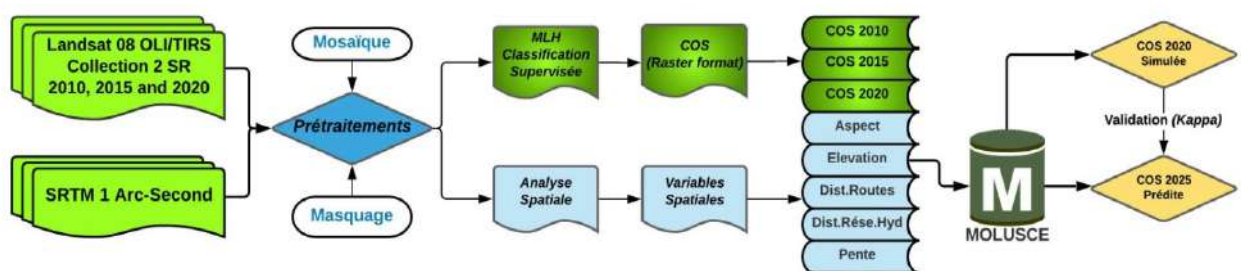


Figure 35. Schéma simplifié des étapes de modélisation du changement-prévision d'Occupation des sols par le module MOLUSCE

IV.11.1.6 Validation

La validation vise à déterminer la précision de la carte de prédiction d'occupation des sols qui en résulte. Une méthode couramment utilisée pour la validation du modèle est la méthode statistique kappa. Le coefficient Kappa peut être calculé à partir d'un tableau de contingence entre deux ensembles de données. La valeur de Kappa varie de 0 à 1, ce qui signifie qu'il montre

l'accord parfait, alors que les valeurs très proches aux 0 indique qu'il n'y a peu ou aucun accord entre l'état initial et la prédiction. Une valeur kappa de 0.81-1,00 montre un excellent accord, 0.61-0.80 représente un très bon accord, 0.41-0.60 représente un accord modéré, 0.21-0.40 représente un faible accord, et une valeur <0.21 signifie un mauvais accord (Altman 1990).

$$Kappa (K) = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Où : P_o est la proportion d'accords observés, et P_e est la proportion d'accords attendus par chance.

Une autre méthode qui peut être utilisée pour la validation visuelle du modèle est la méthode de superposition. Cette méthode prend en compte les points centroïdes entre les deux cartes d'occupation des sols pour obtenir la valeur EQM (Écart quadratique moyen) et la valeur de transformation ou de décalage. La méthode de superposition prend également en compte la grande différence entre les deux utilisations du sol pour valider la modélisation. La modélisation du changement d'occupation des sols a plusieurs utilisations, entre autres, pour explorer une variété d'activités où l'occurrence d'un changement d'occupation des sols est motivée par des facteurs socio-économiques.

IV.11.2 Techniques de détection et évaluation des changements post-classification

L'approche de classification par le maximum de vraisemblance (MVS) est largement utilisée pour l'évaluation des changements d'affectation des terres. Pour la classification des images multispectrales dans cette étude, une classification de vraisemblance maximale (CVSM) supervisée a été menée et un algorithme de vraisemblance maximale a été appliqué. Six grandes classes d'occupation des sols ont été classées dans l'étude, notamment les terres agricoles et la végétation, les sols nus, les forêts urbaines, les forêts denses, les forêts claires et les broussailles (Hossain et Moniruzzaman 2021). Différenciation d'images, techniques de comparaison post-classification, matrice de transition ont été effectuées en comparant le changement antérieur au changement actuel. Le changement de magnitude pour chaque classe d'utilisation des terres a été calculé en soustrayant la superficie de chaque classe de l'année étudiée et de l'année initiale (Haque et Basak 2017 ; Islam et al., 2018) :

$$Ampleur\ du\ changement = L'ampleur\ de\ la\ nouvelle\ année - L'ampleur\ de\ l'année\ précédente$$

La tendance (%) du changement d'occupation des sols a ensuite été calculée en divisant le changement d'ampleur par l'année de base (l'année initiale) et multiplié par 100 (Shawul et Chakma 2019) :

$$T(\%) = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \times 100$$

Où : T (%) est la tendance du changement relatif à l'occupation des sols entre la période antérieure A_1 et la période postérieure A_2 en (km²). Les valeurs positives indiquent une augmentation tandis que les valeurs négatives impliquent une diminution de la couverture de la classe d'occupation des sols.

IV.11.3 Évaluation de la précision

L'évaluation de la précision de la classification a été réalisée dans cette étude avec la référence d'images satellites brutes. De nombreux pixels restent mal classés dans la classification par maximum de vraisemblance en raison de la distribution inégale des données. En comparant l'image de référence avec l'image classée, le processus total a été effectué avec quelques points aléatoires. Les valeurs « 0 » de classe sont négligées dans certaines observations. La précision de l'utilisateur, la précision du producteur, la précision globale et l'indice kappa ont été produits à partir de l'évaluation globale, ce qui a permis de comprendre l'exactitude de la classification. La précision globale a été calculée à partir de la matrice d'erreur en divisant la somme des entrées qui forment la diagonale principale par le nombre total de pixels examinés (Afify 2011 ; Hossen et al., 2019). Le coefficient Kappa de l'accord a également été calculé en utilisant les équations suivantes (Shawul et Chakma 2019) :

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

Où : r est le nombre de lignes dans la matrice, x_{ii} est le nombre d'observations dans la ligne i et la colonne i , x_{i+} et x_{+i} sont les totaux marginaux de la ligne i et de la colonne i , respectivement, et N est le nombre total d'observations (Bishop et al., 1975).

PARTIE II. MODÉLISATIONS ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Chapitre I

**Cartographie du potentiel d'érosion hydrique
par le modèle RUSLE et RUSLE_{Ruissellement}**

I.1 Introduction

Au fil du temps, les modèles d'estimation de l'érosion se sont développés en trois phases, notamment la modélisation statistique, la modélisation empirique, l'étude des processus physiques et actuellement la modélisation distribuée (Shi et al., 2012 ; Kwanele et Njoya 2019 ; Guo et Wen 2020 ; Guo et al., 2020 ; Xiao et al., 2021).

La grande hétérogénéité des facteurs causaux de l'érosion des sols, combinée avec une disponibilité souvent limitée des données, constitue un obstacle à l'application de modèles complexes d'érosion des sols. Ainsi, l'équation universelle révisée empirique de perte de sol (*RUSLE*), qui prédit la perte annuelle moyenne de sol résultant des éclaboussures de gouttes de pluie et du ruissellement des pentes des champs est encore le plus fréquemment utilisée à grande échelle.

L'évaluation spatiale de la variance du ruissellement à l'échelle du bassin versant est essentielle dans certaines opérations de développement et de gestion des ressources en eau, notamment le contrôle, la prévision, la gestion des crues, la conception des systèmes de drainage, le développement des bassins versants, la conservation des eaux et des sols (Vetter et al., 2014 ; Yan et al., 2015).

Dans ce chapitre, les résultats obtenus de la modélisation du potentiel annuel d'érosion selon le modèle *RUSLE* sont présentés et confrontés aux résultats du modèle modifié *RUSLE*-Ruissellement, afin d'évaluer et comparer l'impact du ruissellement érosif de surface sur le modèle classique.

I.2 Facteur d'érosivité des précipitations (R)

La carte des facteurs d'érosivité extraite de la carte mondiale d'érosivité des précipitations (Panagos et al., 2017) montre que les valeurs du facteur (R) dans le bassin versant de l'Oued Saida varient de 179 à 432 (MJ mm/ha/h/an).

Les valeurs les plus élevées sont observées dans les zones périphériques du bassin versant et plus précisément dans la partie Sud de Ain el Hadjer, au Nord de Doui Thabet et vers la région d'EL Hassasna avec des valeurs allant de 350 à un maximum de 432 (MJ mm/ha/h/an). Ces régions sont plus élevées par rapport à la vallée de l'Oued Saida dont les valeurs sont beaucoup plus inférieures avec moins de 200 (MJ mm/ha/h/an) (**Figure 36**).

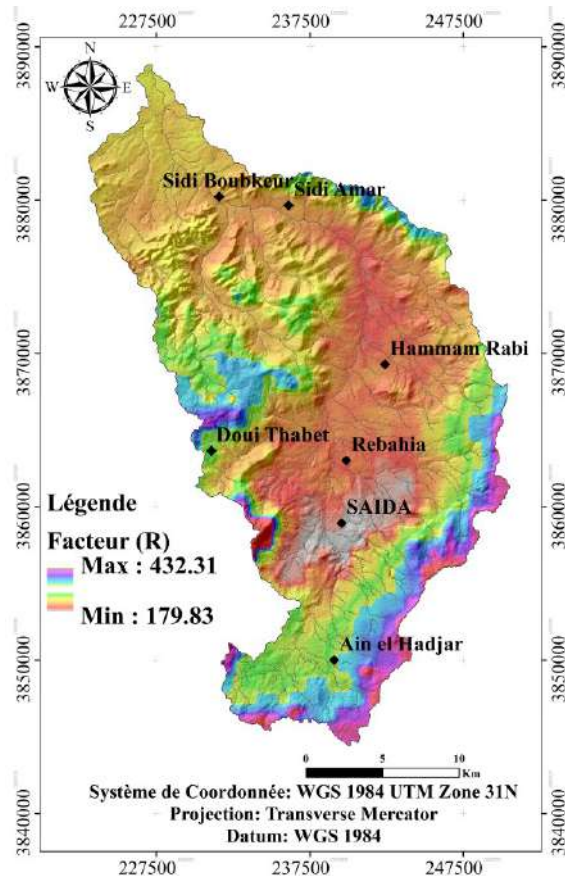
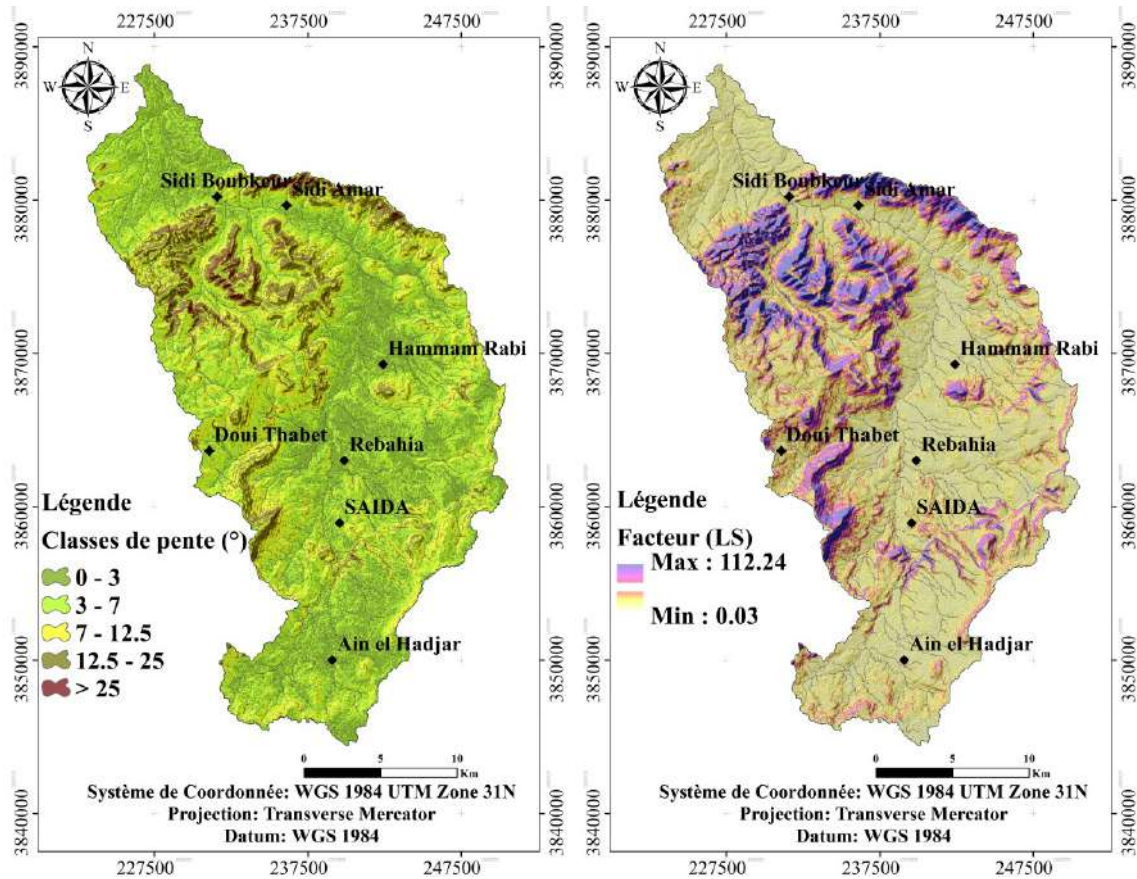


Figure 36. Carte du facteur érosivité des précipitations (R) dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.3 Facteur Longueur de la pente (LS)

La topographie de la région affecte directement les valeurs du facteur (LS). Plus la topographie de la zone est caractérisée par des fortes pentes, plus les valeurs (LS) augmentent et vice-versa, dans le bassin versant de l'Oued Saida, les valeurs (LS) varient entre 0.03 et 112.

Les valeurs les plus élevées sont observées dans les zones en forte pente, y compris la partie Est des montagnes de Daïa et la partie Ouest du Djbel Bel Hadj ainsi que la partie Sud-Est de Doui Thabet. Plus la pente n'est étroite sur les limites de la vallée de Saida et la partie sud du bassin versant dans les zones frontalières de la région steppique (**Figure 37**). Selon Zingg (1940), l'érosion croît d'une façon exponentielle avec la longueur de la pente.



(a) Classes de pente

(b) Facteur LS

Figure 37. (a) Les classes de pente, (b) la carte du facteur longueur de la pente (LS) dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.4 Facteur d'érodibilité du sol (K)

Le facteur d'érodibilité du sol (K) est extrait pour notre zone d'étude à partir de la base de données mondiales harmonisée sur les sols (HWSD) et deux groupes de types de sols sont identifiés : le premier est le calcaire et le marne du Crétacé indexés sous le code *Bk2-2a* et le second les Fluvisols Calcariques référencés sous le code *Jc14-2a*. Les valeurs du facteur K sont respectivement ($K = 0.0138$ et 0.0227) (Figure 38).

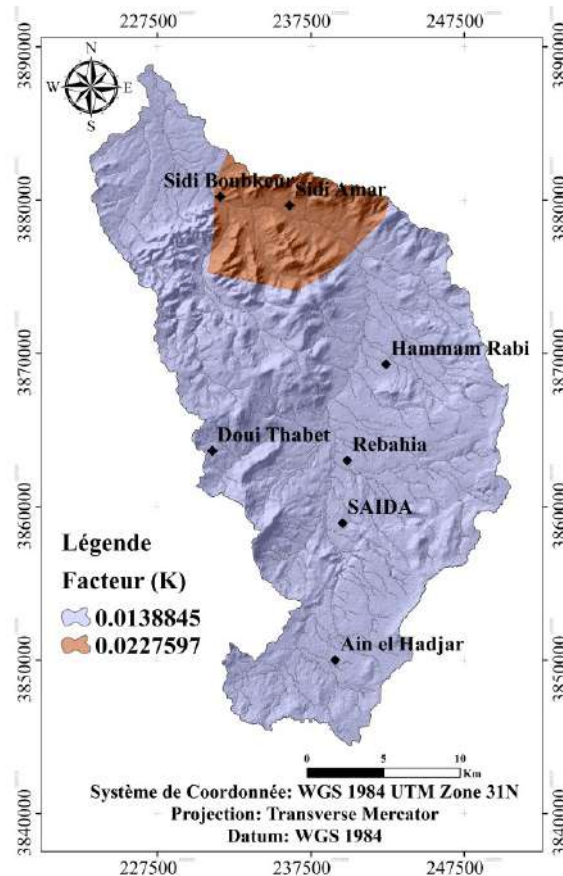
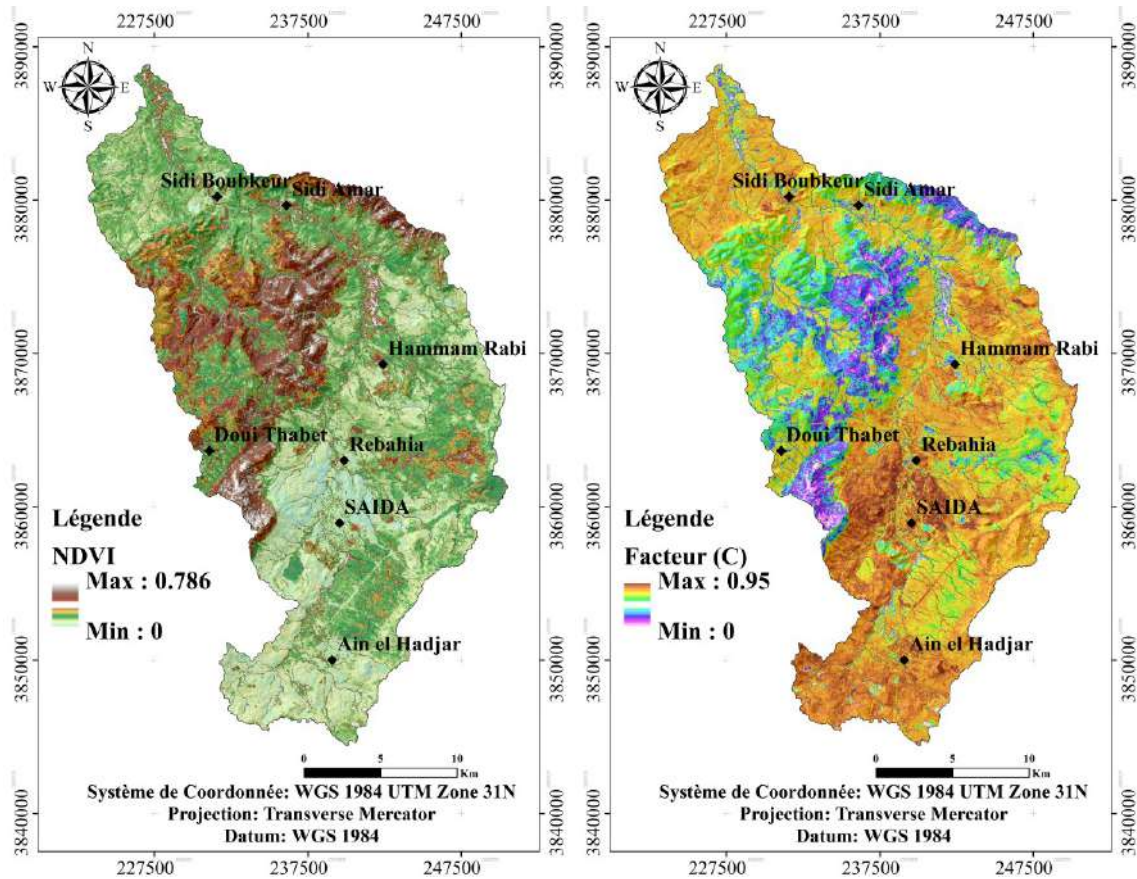


Figure 38. Carte du facteur érodibilité du sol (K) dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.5 Facteur de gestion de la couverture végétale (C)

Le traitement des données de l'imagerie satellitaire (Landsat 8 OLI/TIRS-niveau 2 de surface refléctance) nous a mené à calculer l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) (**Figure 39-a**). Ce dernier nous a permis de cartographier la distribution spatiale du facteur (C). Les valeurs du facteur gestion de la couverture végétale (C) oscillent dans le bassin versant de l'Oued Saida entre 0 et 0.95 ce qui implique une variabilité importante de la couverture végétale. Une augmentation de l'indice de végétation indique une augmentation de la couverture végétale, ce qui peut réduire la valeur du facteur (C) et donc potentiellement réduire le risque d'érosion. Des valeurs élevées du facteur (C) indiquent la présence d'un couvert végétal associé à de mauvaises pratiques culturales. Tandis que les faibles valeurs impliquent une bonne gestion et des pratiques antiérosives qui sont visibles sur les surfaces forestières du bassin versant (**Figure 39-b**).



(a) NDVI

(b)Facteur C

Figure 39. (a) Indice de végétation Normalisé (NDVI) et (b) la carte de la gestion du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.6 Facteur de pratique de soutien (P)

La gestion des terres et les pratiques agricoles influencent la capacité érosive du sol et en combinaison avec la pente. Ces pratiques peuvent jouer un rôle déclencheur ou amortisseur dans le phénomène d'érosion hydrique. Les zones à forte pente sont plus exposées à l'érosion hydrique que les zones à faible pente.

La gestion des pentes grâce à de bonnes pratiques de conservation réduit considérablement l'agressivité de l'érosion. Les valeurs du facteur (P) dans le bassin versant de l'Oued Saida sont comprises entre 0.23 et 0.44. Cependant, les zones en forte pente telle que les montagnes de Daïa et Djbel Belhadj enregistrent des valeurs élevées par rapport à la vallée de Saida et à la partie nord de Sidi Boubkeur (**Figure 40**).

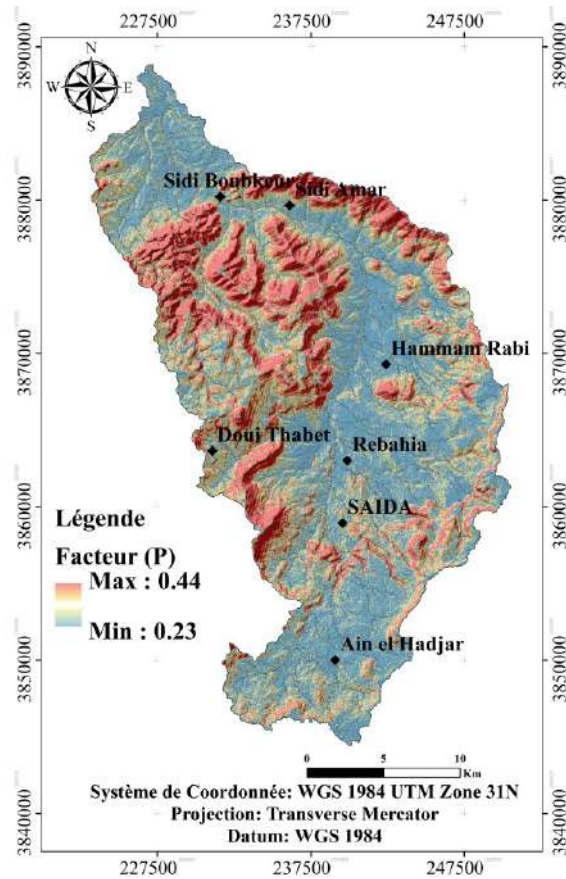


Figure 40. Carte du facteur pratique de soutien (P) dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.7 Facteur de ruissellement érosif de surface (R_r)

Pour le groupe hydrologique des sols (GHS), notre zone d'étude est soumise aux quatre groupes hydrologiques avec des pourcentages différents (Figure 41). Le groupe (C) occupe la quasi-totalité du territoire du bassin avec 337.97 km² soit 53.81% de la superficie totale suivie du groupe (B) avec 130 km² soit 20.76%, les groupes (A et D) arrivent en dernière position avec 90 km² et 69.43 km² respectivement ce qui représentent 14.38 et 11% de la surface du bassin versant de l'Oued Saida (**Tableau 18**). Pour chaque classe d'utilisation des terres, le pourcentage de distribution spatiale du groupe hydrologique de sol (GHS) et la valeur (CN) correspondante sont présentés dans le tableau 18.

Tableau 18. Classification des groupes hydrologiques

GHS	Superficies	Pourcentage (%)
A	90.31	14.38
B	130.42	20.76
C	337.97	53.81
D	69.43	11.05

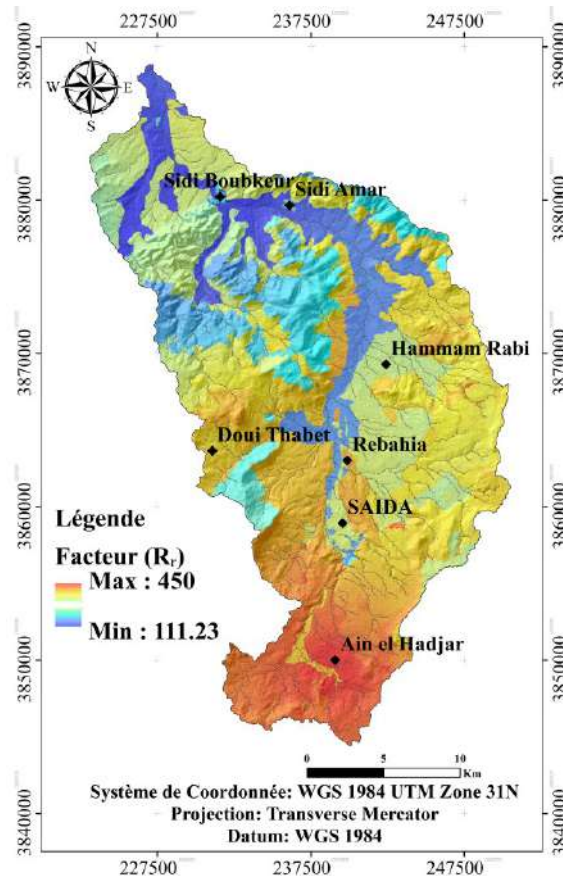


Figure 41. Carte du facteur de ruissellement érosif de surface (R_r) dans le bassin versant de l'Oued Saida

Pour cette partie de l'étude la carte d'occupation des sols de l'INSID (Institut Nationale de l'Irrigation et de Drainage) a été utilisée pour la réalisation de la matrice des groupes hydrologiques de sols. Les catégories d'occupation des sols dans la zone sont classées comme le montre l'annexe N°02.

Les classes bâtiments et terrains nus occupent moins de 3% du bassin versant, la classe de végétation avec 61% et les classes forestières (forêt ouverte, broussailles et forêt dense) avec un total de 36.34% (**Tableau 19**), le bassin versant de l'Oued Saida montre qu'une grande partie de la zone est couverte soit par la végétation (ce sont généralement des zones agricoles), soit par différents types de forêts, en particulier dans les contreforts et les zones de haute altitude (**Figure 41**).

Tableau 19. Caractéristiques hydrologiques des groupes de sols et valeurs des numéros de courbe selon les classes d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Saida

Classes d'occupation des sols	Surface (Km ²)	(%)	GHS	CN (AMC II)	Surface (Km ²)	(%)
Urbanisme	16.30	2.59	A	66	7.46	1.188
			B	74	0.37	0.059
			C	80	7.84	1.249
			D	82	0.62	0.099
Sol Nue	0.41	0.06	A	/	/	/
			B	68	0.04	0.007
			C	91	0.36	0.058
			D	/	/	/
Végétation	383.13	61.00	A	45	82.24	13.094
			B	66	47.29	7.528
			C	77	198.54	31.608
			D	83	55.06	8.766
Brousse	86.39	13.75	A	48	0.14	0.023
			B	66	4.69	0.747
			C	74	74.37	11.839
			D	79	7.19	1.145
Foret Claire	63.80	10.16	A	51	0.46	0.074
			B	68	1.41	0.224
			C	79	55.37	8.815
			D	84	6.55	1.043
Foret Dense	78.11	12.44	A	/	/	/
			B	55	76.62	12.198
			C	70	1.49	0.238
			D	/	/	/

I.8 Potentiel d'érosion selon le modèle *RUSLE*

L'utilisation de l'environnement SIG et des techniques de télédétection nous ont permis d'analyser la distribution spatiale des taux d'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Saida à travers le modèle *RUSLE*. Les résultats ont montré que la zone est généralement marquée par un taux de pertes de sol modéré à élever avec des valeurs allant de 0 à 3000 t/km²/an. La carte d'estimation moyenne du potentiel l'érosion par le modèle *RUSLE* (**Figure 42**) a révélé que la partie nord du bassin versant est beaucoup plus affectée par la perte de sol que la partie sud. Cela est probablement dû aux zones de pentes abruptes et de faible couverture végétale et aux valeurs du facteur de gestion du couvert végétal indiquées dans l'annexe N° 02. D'après les résultats présentés sous le tableau 20, pour le modèle *RUSLE*, environ 99 % de la superficie du bassin sont marqués par des valeurs comprises entre 0 et 1000 t/km²/an, tandis qu'environ 1% des superficies présentent une perte entre 1000 et 3000 t/km²/an représentant seulement 6.32 km² de la superficie totale du bassin. La classe entre 0 et 200 t/km²/an représente 481 km² soit 77 % de la superficie de la zone d'étude suivie par la classe d'érosion entre 200 et 500 t/km²/an ce qui représente moins de 99 km² soit 16 %. Cependant, la classe moyenne d'érosion ne dépasse pas 6 % entre 500 et 1000 t/km²/an (**Tableau 20**). Cela peut s'expliquer par la variabilité géomorphologique étroite des terrains dans le bassin versant et a la forte pente sous-jacente à la vallée de saida. Une érosion modérée à intense se produit dans les contreforts des montagnes Daia et Djbel Belhadj. Une grande quantité de terre emportée s'est déposée sur la vallée de l'oued créant des inondations sur les villes en raison de la nature des pluies orageuses

qui caractérisent la région à la fin de la période estivale ou hivernale. Les pluies irrégulières provoquent le détachement des particules de sol par éclaboussures et surtout après les périodes sèches, qui sont très répandues dans la région (**Figure 42**).

Tableau 20. Caractéristiques des classes de perte de sol (modèle *RUSLE*) dans le bassin versant de l'Oued Saida

Classes du potentiel de l'érosion (Modèle <i>RUSLE</i>) (t/km ² /an)	Surface (km ²)	(%)
0-200	481.13	77.23
200-500	98.92	15.88
500-1000	36.58	5.87
1000-3000	6.32	1.01

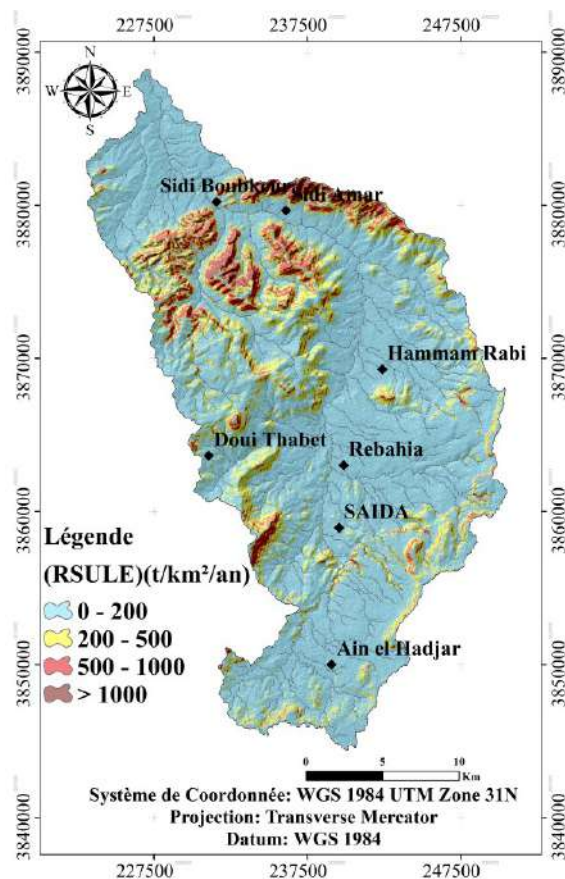


Figure 42. Carte du potentiel d'érosion (Modèle *RUSLE*) dans le bassin versant de l'Oued Saida

I.9 Potentiel d'érosion selon le modèle proposé *RUSLE_{Ruissellement}*

Le modèle *RUSLE_{Ruissellement}* est basé sur la proposition d'utilisation du ruissellement érosif de surface comme facteur à la place du facteur d'érosivité des précipitations utilisé dans le modèle standard *RUSLE*. Les résultats ont révélé que ce facteur joue un rôle important dans le phénomène de perte de sol. À partir de la carte du potentiel d'érosion par le modèle modifié (**Figure 43**), nous avons constaté que les résultats sont quasiment proches à ceux de la carte

produite par le modèle *RUSLE* et que le taux de perte de sol varie entre 0 et 3000 t/km²/an dans le bassin de l'oued Saïda. Les propriétés de classe de ce modèle montrent à peu près les mêmes tendances que le modèle conventionnel. La classe très faible de perte de sol par érosion entre 0 et 200 t/km²/an présente 470 km² soit environ 76 % de la superficie totale de la zone d'intérêt. La deuxième classe de faible perte de sol représente 108.73 km² soit 17.45 % de la superficie du bassin versant. 36.97 km², soit environ 6 % de la zone étudiée sont exposés à une perte de sol modérée entre 500 et 1000 t/Km²/an. Les très fortes pertes de sol dues à l'érosion ne représentent que 6.29 km² voire 1 % atteignant 1000 t/km²/an (**Tableau 21**).

La partie sud de Sidi Boubkeur est beaucoup plus touchée par rapport au reste du bassin ainsi que la zone sud de Doui Thabet, et plus ou moins sur les régions de haute altitude de Hammam Rabi, la zone d'Ain Zerga et le sud de l'Ain el Hadjar. Les sols perdus et transportés par le cours d'eau hydrographique s'accumulent dans le principal affluent de l'oued Saïda au nord ; l'eau chargée de particules de sol perd de l'énergie cinétique en atteignant la vallée, où la pente s'affaiblit (**Figure 43**).

Les zones vulnérables à la perte de sol par érosion hydrique sont celles exposées à une forte pluviométrie accueillie par des pentes assez sévères. Les résultats des auteurs cités ci-dessus confirment ceux conclus sur le bassin versant de l'oued Saïda.

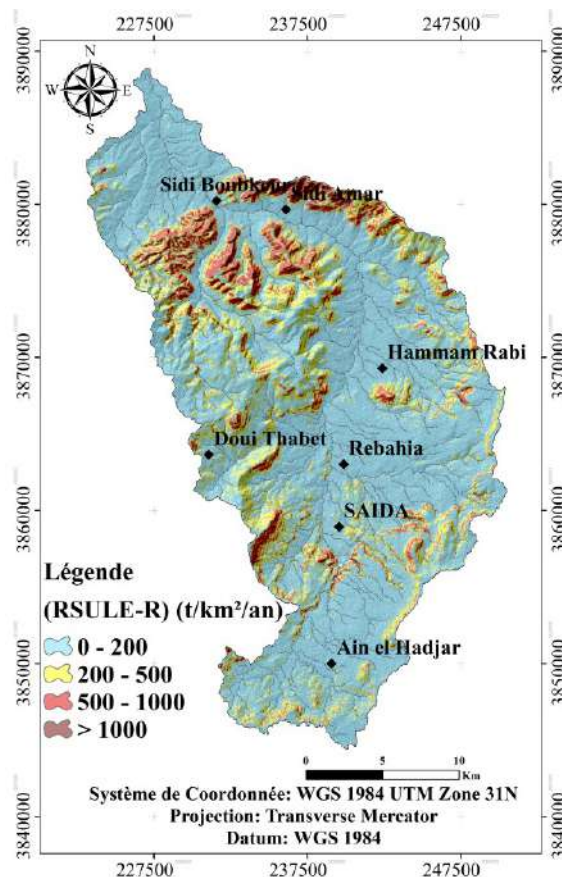


Figure 43. Carte du potentiel d'érosion (Modèle *RUSLE_{Ruissellement}*) dans le bassin versant de l'Oued Saïda

Tableau 21. Caractéristiques des classes de perte de sol (modèle *RUSLE*)

Classes du potentiel de l'érosion (Modèle <i>RUSLE_{Ruissellement}</i>) (t/km ² /an)	Surface (km ²)	Pourcentage (%)
0-200	470.93	75.60
200-500	108.73	17.45
500-1000	36.97	5.94
1000-3000	6.29	1.01

I.10 Performance des résultats des deux modèles

Afin d'évaluer la performance des deux modèles, une comparaison de la moyenne de chaque classe par rapport aux classes de précipitation et de pente a été faite. La corrélation entre les valeurs des classes de pente basées sur l'érosion par les deux modèles montre une forte relation entre le degré de pente et le taux de perte de sol par érosion. Ainsi, à mesure que le degré de pente augmente, la perte de sol est également importante dans le bassin versant. Le coefficient de détermination montre une relation très forte entre ces deux variables pour les deux modèles avec R^2 de 0.975 pour le modèle *RUSLE* et de 0.962 pour le modèle *RUSLE_{Ruissellement}* (**Figure 44**). Le gradient de pente contrôle fortement le taux de perte de sol dans le bassin.

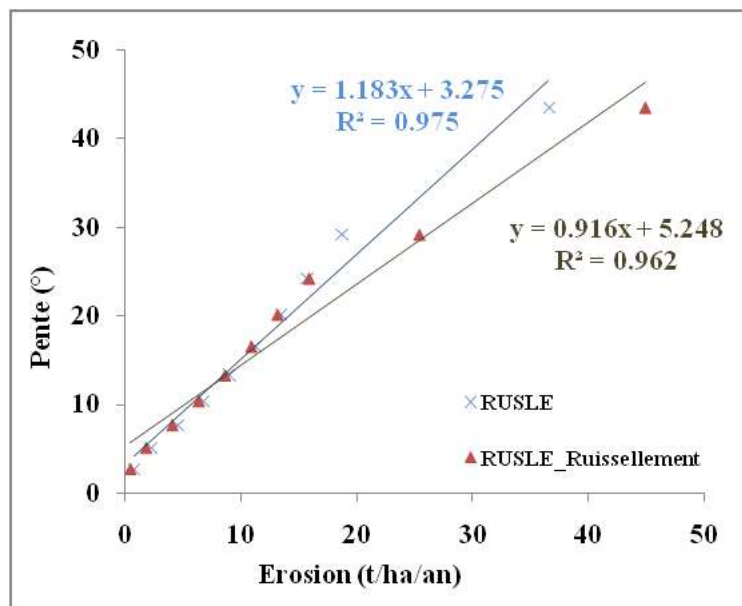


Figure 44. Relation Pente-Erosion dans le bassin versant de l'Oued Saïda

Les précipitations sont un paramètre extrêmement important dans les événements d'écoulement de surface dans les bassins versants. Il contrôle la quantité de particules détachées et transportées par le ruissellement de surface vers l'exutoire.

Les précipitationsre présentent donc une fonction dépendante de l'érosion de type polynomiale à deux degré (quadratique), dont la fonction a une courbe en forme parabolique concaers le bas, rpresenatant des coefficients négatifs devant x^2 (-0.06 pour le modèle *RUSLE* et -0.04 pour le

modèle *RUSLE_{Ruissellement}*). Cette fonction est observée pour les deux modèles (*RUSLE* et *RUSLE_{Ruissellement}*).

Pour une relation polynomiale, un coefficient de détermination élevé indique que le modèle de régression polynômiale ajusté explique une grande partie de la variation des données. En d'autres termes, il indique à quel point la courbe ajustée se rapproche des données réelles.

Un coefficient de détermination élevé est enregistré entre les classes de précipitation et la quantité d'érosion pour les deux modèles (0.99) pour le modèle *RUSLE* et (0.98) pour le modèle *RUSLE_{Ruissellement}*. Cela signifie que la relation entre ces deux classes est bien décrite par la fonction polynomiale utilisée, et que la fonction est capable d'expliquer une grande partie de la variabilité des données. (**Figure 45**).

La corrélation entre les valeurs de perte de sol selon le modèle *RUSLE* classique et le modèle *RUSLE_{Ruissellement}* montre que l'intégration du ruissellement érosif de surface comme facteur au lieu du facteur d'érosivité des précipitations donne de très bons résultats : le coefficient (*R*) de *Pearson* est de 0.96, et le coefficient de détermination (R^2) est de 0.922 (**Figure 46**). La distribution spatiale et l'analyse des données extraites des deux cartes permettent le diagnostic correct des valeurs obtenues, l'erreur quadratique moyenne $EQM = 0.46$, l'erreur absolue moyenne $EAM = 0.29$, la racine de l'erreur quadratique moyenne $REQM = 0.68$ et le pourcentage d'erreur absolue moyen en $PEAM = 21.24\%$ (**Voir annexe N° 13**).

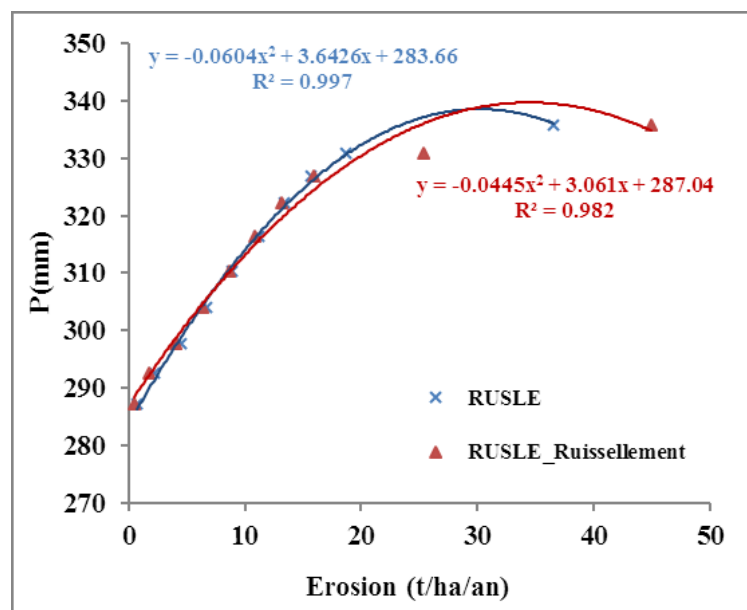


Figure 45. Relation Précipitation-Erosion dans le bassin versant de l'Oued Saïda

Par conséquent, les facteurs de précipitation et de pente ont un lien direct avec la perte de sol dans le bassin versant de l'Oued Saïda. Les zones influencées par les pentes abruptes et la faible végétation et les actions de gestion sont les plus vulnérables à l'érosion. La surface du sol est fortement exposée à l'énergie cinétique du ruissellement.

La zone d'étude étant soumise à des précipitations intenses et torrentielles caractérisant les régions semi-arides, les précipitations ont une influence directe sur l'origine de l'érosion en combinaison avec d'autres facteurs tels que le couvert végétal qui a pour rôle de protéger la couche arable.

Les faibles valeurs de l'erreur quadratique moyenne (*REQM*) indiquent que la différence entre les valeurs observées par le modèle (*RUSLE*) et estimées par le modèle (*RUSLE_{Ruissellement}*) modifié est minime, ce qui implique que l'utilisation du ruissellement érosif de surface qui prend en compte l'état hydrologique et l'utilisation des terres au lieu du facteur d'érosivité des précipitations est efficace sur le bassin de l'oued Saïda.

La différence entre les valeurs du (*REQM*) et du (*EAM*) indique une faible variation de l'ampleur des erreurs interprétées par la bonne relation entre les deux modèles. Une relation linéaire bien corrélée est perceptible entre les deux modèles, avec des valeurs de $R^2=0.8$ indiquant une très bonne performance entre les deux modèles dans la zone d'étude. L'érosion sur le bassin de l'oued Saïda est soumise à la pression du ruissellement superficiel générant l'intensité des précipitations (forte intensité / courte durée).

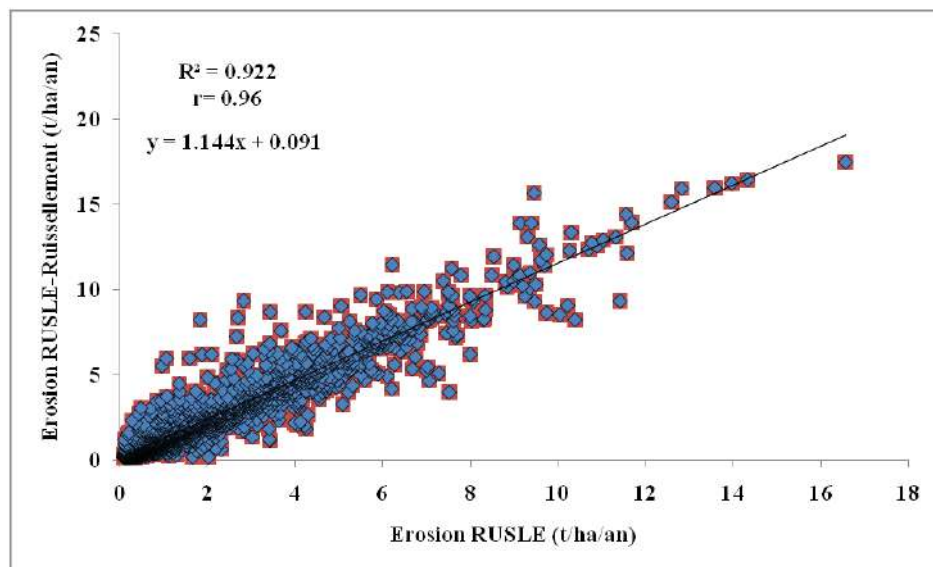


Figure 46. La relation entre les deux modèles du potentiel d'érosion *RUSLE* et *RUSLE_{Ruissellement}* dans le bassin versant de l'Oued Saïda

I.11 Caractérisation des modèles du potentiel de perte de sol selon les classes d'occupation des sols

D'après les figures 47 et 48, les modèles (*RUSLE* et *RUSLE_{Ruissellement}*) montrent que même les sols couverts par la végétation ou les forêts sont exposés à un potentiel d'érosion, ce qui reflète l'implication d'autres paramètres dans le processus de l'érosion hydrique (intensité des précipitations, action érosive du ruissellement, fragilité des sols, pente...).

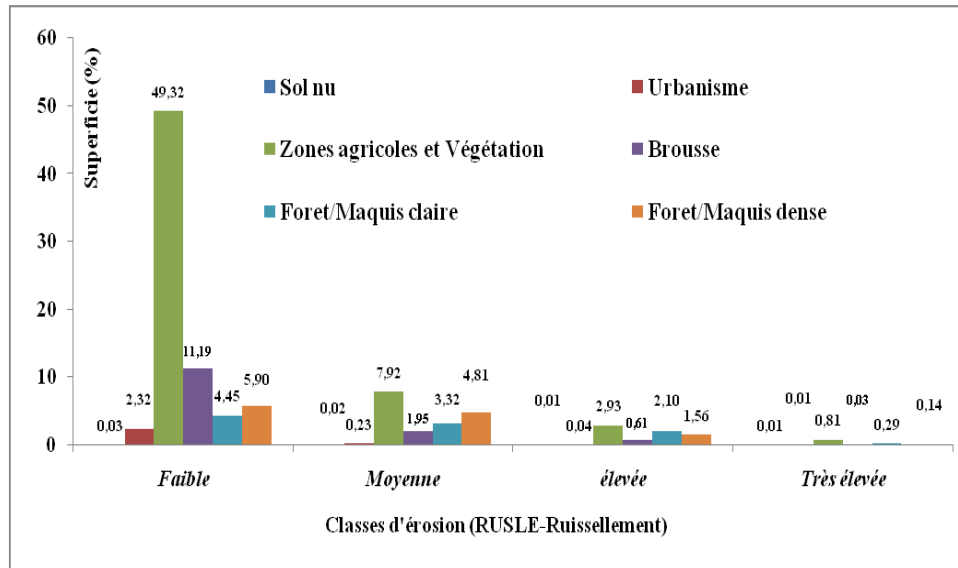


Figure 47. Répartition de potentiel des pertes de sol par le modèle *RUSLE*-R selon les classes d'Occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saïda

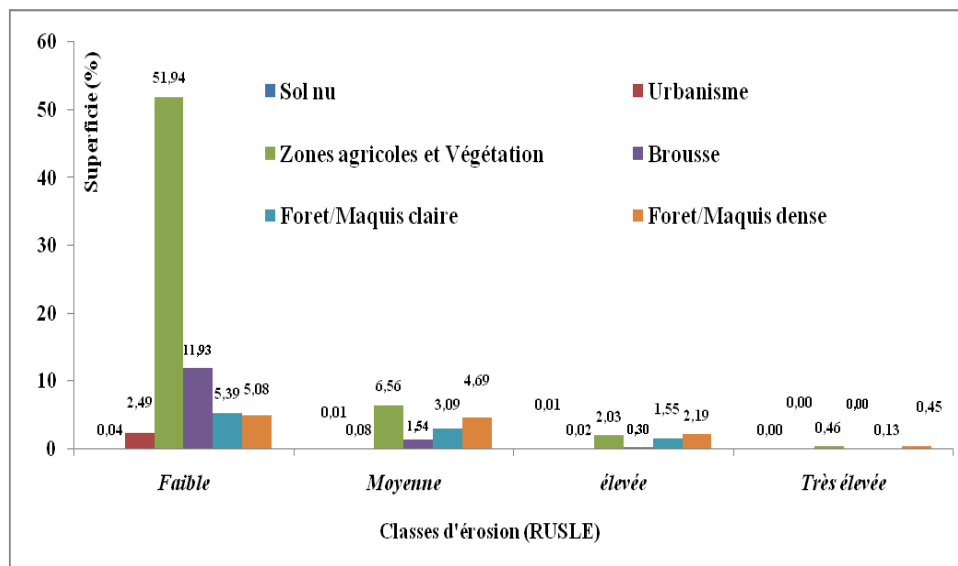


Figure 48. Répartition de potentiel des pertes de sol par le modèle *RUSLE* selon les classes d'Occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saïda

Il est à constater selon le tableau 22, que la majorité de la superficie des différentes classes d'occupation des sols sont catégorisées dans les classes faibles et moyenne potentiel d'érosion. La distribution spatiale de différentes classes selon les deux modèles est très proche, cependant, une distinction entre les classes élevées et très élevées est apparente. Selon le tableau 22, 77 % et 73% de la zone sont entièrement classés dans la classe d'érosion faible pour les deux modèles *RUSLE* et *RUSLE_{Ruissellement}* respectivement avec une domination de la classe (zones agricoles et végétation) avec 49% et 52% car cette dernière occupe la plus grande partie du bassin versant. Les classes forêts denses et claires sont soumises à des taux d'érosion plus ou moins homogène entre les trois premières classes d'érosion variant entre 2% et 5% pour les deux modèles (Figure 48).

Tableau 22. Distribution spatiale de potentiel d'érosion ($RUSLE/RUSLE_{Ruissellement}$) selon les classes d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida

Classe OS	Classe d'érosion	RUSLE _{Ruissellement}		RUSLE	
		km ²	%	km ²	%
Sol nu	Faible	0.18	0.03	0.25	0.04
	Moyenne	0.11	0.02	0.08	0.01
	élevée	0.07	0.01	0.07	0.01
	Très élevée	0.05	0.01	~ 0	~ 0
Urbanisme	Faible	14.54	2.32	15.59	2.49
	Moyenne	1.46	0.23	0.52	0.08
	élevée	0.23	0.04	0.14	0.02
	Très élevée	0.05	0.01	0.03	~ 0
Zones agricoles et Végétation	Faible	308.65	49.32	325.14	51.94
	Moyenne	49.55	7.92	41.04	6.56
	élevée	18.35	2.93	12.70	2.03
	Très élevée	5.07	0.81	2.90	0.46
Brousse	Faible	70.00	11.19	74.67	11.93
	Moyenne	12.22	1.95	9.62	1.54
	élevée	3.81	0.61	1.90	0.30
	Très élevée	0.16	0.03	0.01	~ 0
Forêt/Maquis claire	Faible	27.82	4.45	33.75	5.39
	Moyenne	20.78	3.32	19.32	3.09
	élevée	13.14	2.10	9.70	1.55
	Très élevée	1.81	0.29	0.79	0.13
Forêt /Maquis dense	Faible	36.92	5.90	31.81	5.08
	Moyenne	30.09	4.81	29.38	4.69
	élevée	9.78	1.56	13.73	2.19
	Très élevée	0.91	0.14	2.80	0.45

I.12 Conclusion

Le bassin versant de l'Oued Saida présentait une perte de sol modérée à modérément élevée, entre 0 et 1000 tonne/km²/an. Dans la partie nord du bassin dans la région de Sidi Boubkeur et les montagnes de Daia ; qui se caractérisent par des fortes pentes, les valeurs peuvent atteindre jusqu'à 3000 tonne/km²/an. Les deux modèles en comparaison ont montré une bonne corrélation avec $R = 0.95$ et $REQM = 0.49$. L'intégration du ruissellement érosif de surface comme facteur est approuvée efficacement pour estimer le taux de perte de sol dans les bassins versants. La présence d'une grande partie de la forêt du côté de Doui Thabet et des montagnes de Daïa signifie que l'érosion est faible dans certaines zones. Ce côté représente hydrologiquement l'exutoire du bassin qui est beaucoup plus affecté qu'au sud. La présence d'une grande partie de la forêt du côté de Doui Thabet et des montagnes de Daia signifie que l'érosion est faible dans certaines zones. L'application appropriée de pratiques agricoles dans la vallée peut protéger le sol lors des pluies orageuses. Le résultat de cette étude permettra aux ingénieurs de terrain et aux décideurs de gérer les procédures spécifiques aux terrains nécessaires pour protéger les zones principalement influencées par l'érosion des sols.

Chapitre II

Quantification et cartographie de l'impact du changement de l'occupation des sols sur le potentiel d'érosion par le modèle EPM et les réseaux de neurones artificiels

II.1 Introduction

Diverses études ont été menées pour estimer et cartographier l'érosion des sols et les sédiments, mais la plupart d'entre elles présentent des inconvénients tels qu'une faible précision ou la nécessité d'une grande quantité de données (Molla et Sisheber 2017 ; Naghdi et al., 2017). Cependant, quelques recherches ont traité la problématique de l'érosion à l'aide des RNA, qui a fourni une grande précision et une rapidité des résultats. Mais ses derniers, sans coordonnées géographiques sont difficiles à utiliser pour les autres utilisateurs (décideurs). Le principal avantage des réseaux de neurones est qu'ils sont axés sur les données et ne nécessitent pas d'hypothèses restrictives sur la forme du modèle de base.

Les réseaux de neurones apprennent des données analysées et ne nécessitent pas de reprogrammation, mais ils sont appelés modèles de boîte noire. Dans le processus de modélisation, les RNA doivent être formés, optimisés et testés. Former un modèle de réseau de neurones signifie essentiellement sélectionner un modèle parmi l'ensemble des modèles disponibles selon l'objectif voulu de l'étude. L'optimisation est le processus d'ajustement des paramètres pour obtenir un ensemble optimisé de paramètres sans violer certaines contraintes. Dans ce chapitre, un réseau (RNA-PMC) a été appliqué pour simuler et prédire la perte de sol en utilisant le modèle EPM (Modèle du potentiel d'érosion). Les RNA-PMC ont été largement utilisés pour la modélisation environnementale (Harris et Boardman 1998 ; Loh et Tim 2000) et utilisent une technique d'apprentissage supervisé appelée rétropropagation au stade de la formation. La modélisation dans ce chapitre est basée sur l'approche du changement de l'occupation des sols et l'état de la végétation dans le bassin versant de l'Oued Saida, ce dernier est évaluée à travers l'indice de végétation qui a été introduit dans la formule du modèle EPM.

II.2 Évaluation de la précision des classifications

L'occupation des sols pour le bassin versant de l'Oued Saida a été analysée entre 2010 et 2020 et classifiée à partir d'images Landsat (05 et 08) à l'aide de techniques de classification supervisée et d'algorithmes à maximum de vraisemblance (**Voir annexe N° 11**). L'évaluation de la précision pour les six classes d'occupation des sols a été générée on se basant sur la précision de l'utilisateur (PU), la précision du producteur (PP), la précision globale (PG) et les coefficients Kappa (CK) pour 2010, 2015 et 2020 et qui sont présentés dans le tableau 23.

Selon Mango et al., (2010), une précision globale de 60 % à 90 % avec un (CK) de 0.7 est largement acceptable pour une classification supervisée, ce qui est assuré pour notre zone d'étude pour les trois années classifiées avec une précision globale de ~83%, 88% et ~91% pour les années 2010, 2015 et 2020 respectivement. Alors que, le coefficient Kappa enregistré dans l'ensemble est de 79%, 85% et 88% pour les années 2010, 2015 et 2020 respectivement.

Tableau 23. Évaluation de la précision de la classification supervisée

	2010		2015		2020	
COS	PP (%)	PU (%)	PP (%)	PU (%)	PP (%)	PU (%)
FD	77.85	83.56	95.43	96.26	95.95	96.12
FC	35.47	61.59	89.56	89.31	70.16	81.82
B	95.82	98.79	67.45	100.00	81.95	99.25
SN	97.97	92.48	74.86	90.65	87.85	99.33
U	99.89	100.00	98.92	100.00	99.81	99.89
ZA	83.06	40.85	83.48	40.24	99.06	53.54
Précision globale (%)	82.96		88.07		90.89	
Coefficient Kappa (%)	79		85		88	

II.3 Modélisation du Changement d'Occupation des sols

II.3.1 Variables utilisées dans la modélisation

Les variables sous-jacentes représentent l'interaction complexe entre différents facteurs ; sociaux, politiques, économiques, technologiques et biophysiques. Il n'est pas possible de mobiliser toutes les variables en raison de l'indisponibilité de l'information. Par conséquent, quelques variables biophysiques et socio-économiques ont été pris en considération (**Figure 49 et 50**).

Les variables biophysiques utilisées sont : la pente, l'altitude et l'aspect. Les variables socio-économiques comprennent la densité du réseau routier et la distance par rapport aux réseaux hydrographiques, même si ces variables ne sont pas directement socio-économiques, mais elles peuvent être identifiées comme des facteurs connexes qui fournissent des facilités pour accéder au marché et au développement économique.

Le pourcentage de pente, l'aspect et l'élévation ont été extraits du (MNT). Ces deux variables donnent des indications sur les différents aspects de l'occupation des sols, par exemple les forêts se trouvent dans les zones les plus élevées et les plus escarpées tandis que les terrains à bâtir sont souvent placés dans les zones plates avec de bonnes conditions de circulation et d'approvisionnement en eau. La densité du réseau routier et la distance par rapport aux réseaux hydrographiques donnent des indications sur la direction de l'extension urbaine.

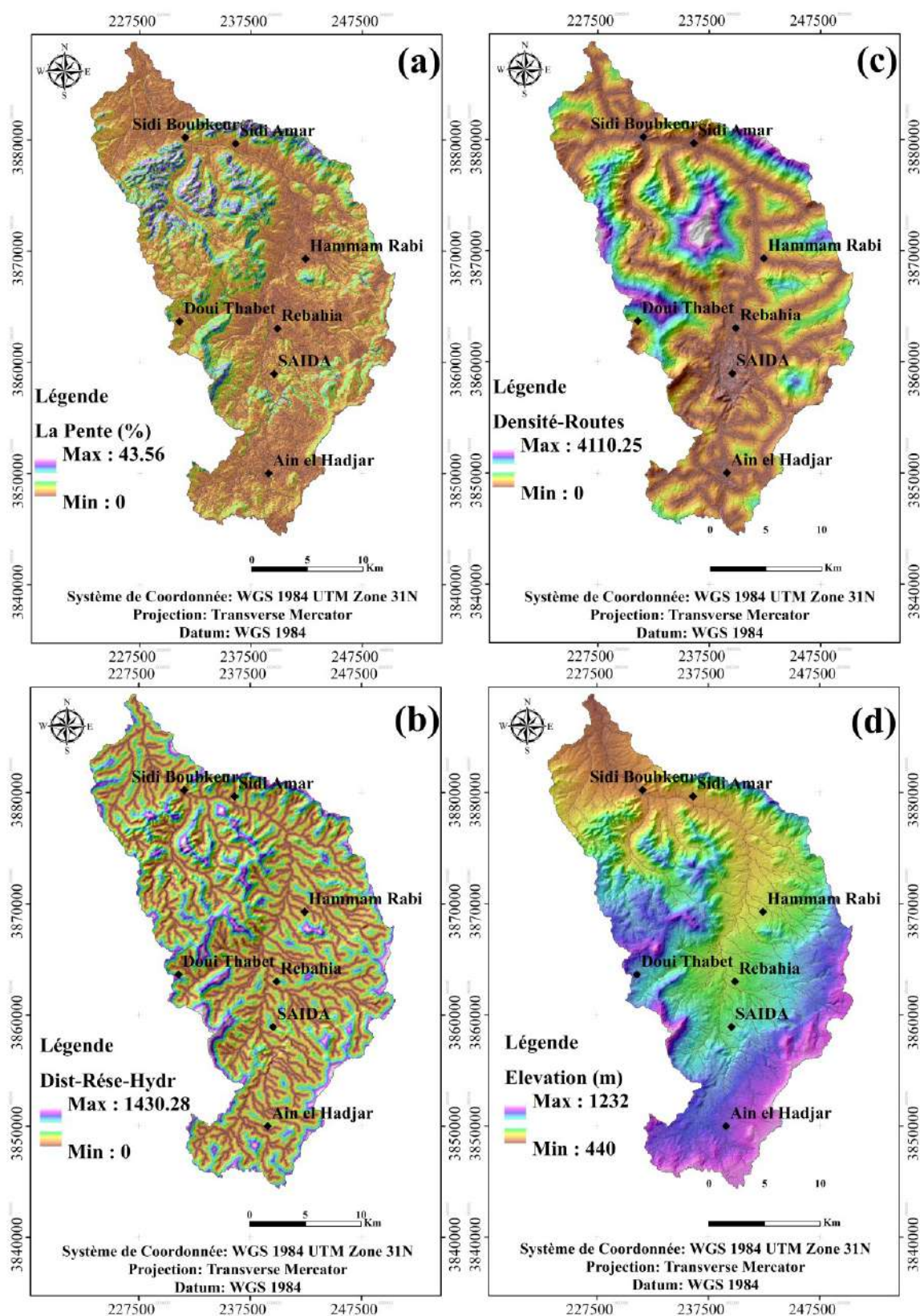


Figure 49. Les variables cartographiques utilisées dans le module MOLUSCE : (a) La pente (%) ; (b) Distance par rapport au réseau hydrographique ; (c) Densité du Réseau Routier ; (d) Élévation

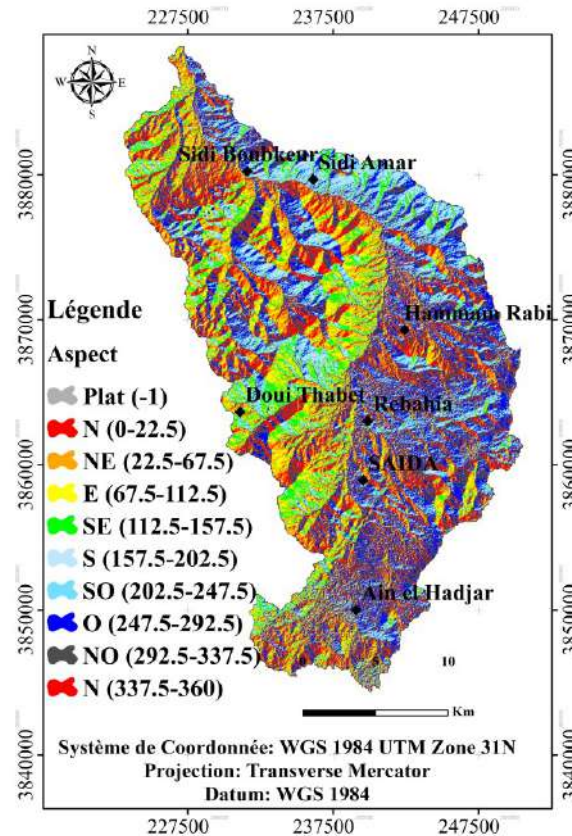


Figure 50. Variable cartographique (Elevation) utilisé dans le module MOLUSCE

II.3.2 Calibration et application du module MOLUSCE

Le modèle AC-RNA à base PMC a été configuré sur une population de (10^4) échantillon, un taux d'apprentissage de 0.001, des itérations maximales de 200, des couches cachées de 10 et un élan de 0.001. Le graphique de validation (**Figure 51**) montre la validation globale de l'apprentissage sur les données d'occupation des sols. Les statistiques de validation sont calculées en fonction du pourcentage d'exactitude, du Kappa global, de l'histogramme Kappa et du Kappa local. Avec le nombre d'itérations de validation d'ordre 05 entre la carte d'occupation des sols de l'année 2020 et celle simulée, le processus de prévision de l'occupation des sols génère une exactitude de 93.98%, 0.92 Kappa (globale), Kappa (histogramme) de 0.97 et 0.94 de Kappa (locale) (**Figure 52**), ce qui indique une bonne précision pour l'année prévue de 2025.

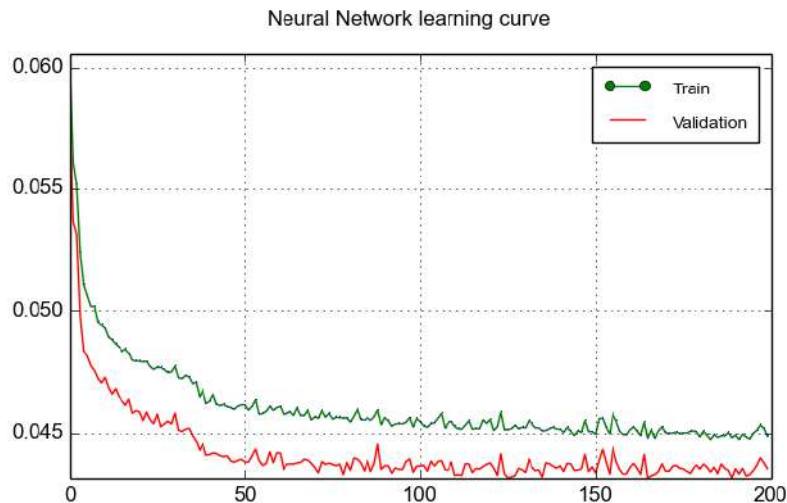


Figure 51. Courbes d'apprentissage et de validation de la simulation de l'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida

% of Correctness	93.98674
Kappa (overall)	0.91839
Kappa (histo)	0.97096
Kappa (loc)	0.94585

Figure 52. Statistique de validation de la simulation des classes d'occupation des sols (2020) dans le bassin versant de l'Oued Saida

Selon la figure 51, l'erreur globale de validation minimale diminue de manière régulière et parallèlement entre l'apprentissage et la validation, plus le nombre d'itérations augmente plus l'erreur de la validation diminue. À 150 itérations l'opération d'apprentissage et de validation se stabilise indiquant que le modèle RNA-PMC n'apprend pas beaucoup de choses sur le processus étudié (changement d'occupation des sols).

Les broussailles et les sols nus diminuaient de 3.59% et 8.63% respectivement, de la période de changement de 2010 à 2025. D'autre part, les forêts, les zones urbaines et les zones agricoles augmentaient de 2.46%, 3.58 et de 6.18% respectivement au cours de la même période (**Tableau 24**) (**Figure 53 et 54**). Il est bien visible que la surface des zones urbaines augmente régulièrement durant la période étudiée au détriment des sols nus, cette augmentation est expliquée par le développement urbain ces dernières années et notamment dans la wilaya de Saida (Construction de logements, intensification du réseau routier) (**Figure 55**). Par contre, la surface des zones agricoles semble instable sur la période de 15 ans avec des hausses et des diminutions à l'inverse de la superficie des sols nus. Au cours de la période (2010-2015) la superficie agricole a connu une augmentation significative due aux programmes de subvention de l'état et même avant cette période, cependant, une diminution conséquente de la crise financière que l'Algérie a vécue ces dernières années a influencée négativement sur cette évolution et les surfaces cultivées ont diminuées de plus de 20 % par rapport au période (2010-2015) (**Figure 56**).

Tableau 24. Variabilité spatiale des classes d'occupation des sols (2010-2025)

	2010 (km ²)	2015 (km ²)	2020 (km ²)	2025 (km ²)	2010 (%)	2015 (%)	2020 (%)	2025 (%)
FD	44.66	49.78	57.4	59.40	7.16	7.98	9.20	9.52
FC	81.18	68.9	78.1	81.80	13.01	11.04	12.52	13.11
B	63.67	32.51	42.29	41.25	10.20	5.21	6.78	6.61
SN	191.46	100.79	130	137.60	30.68	16.15	20.84	22.05
U	20.39	23.33	43.14	42.74	3.27	3.74	6.91	6.85
ZA	222.63	348.67	273	261.20	35.68	55.88	43.75	41.86
	Δ (2010-2015)	Δ (%)	Δ (2015-2020)	Δ (%)	Δ (2020-2025)	Δ (%)	Δ (2010-2025)	Δ (%)
FD	5.12	11.46	7.62	17.06	2.00	4.48	14.74	33.00
FC	-12.28	-15.13	9.2	13.35	3.70	4.74	0.62	0.76
B	-31.16	-48.94	9.78	30.08	-1.04	-2.45	-22.42	-35.21
SN	-90.67	-47.36	29.25	29.02	7.56	5.81	-53.86	-28.13
U	2.94	14.42	19.81	84.91	-0.40	-0.93	22.35	109.61
ZA	126.04	56.61	-75.66	-21.70	-11.81	-4.33	38.57	17.32

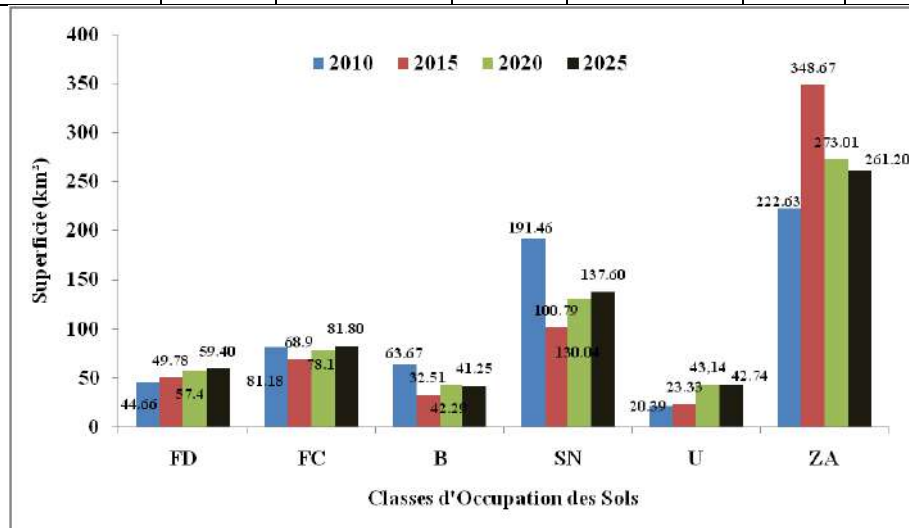


Figure 53. Distribution spatiale des classes d'occupation des sols (2010-2015-2020 et prédiction 2025) dans le bassin versant de l'Oued Saïda

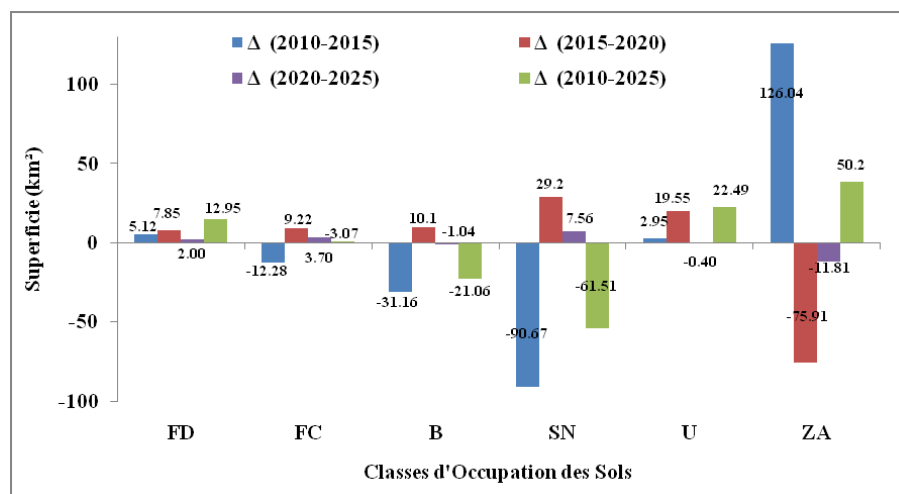


Figure 54. Changement périodique de la superficie des classes d'occupation des sols (2010-2025) en km² dans le bassin versant de l'Oued Saïda

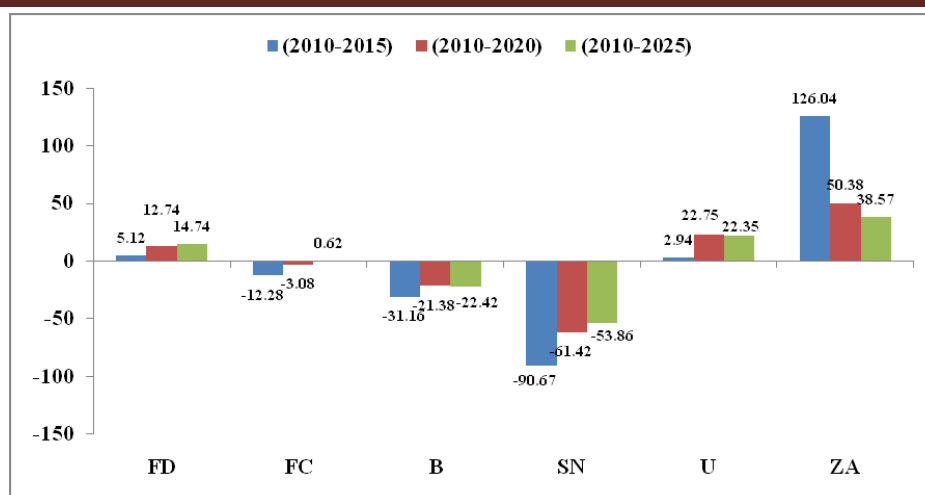


Figure 55. Changement cumulé de la superficie des classes d'occupation des sols (2010-2025) en km² dans le bassin versant de l'Oued Saida

La matrice de transition joue un rôle essentiel dans l'analyse des changements temporels au sein d'un ensemble de catégories d'occupation des sols. Les lignes du tableau matriciel représentent les catégories de l'année initiale, tandis que les colonnes montrent le même ordre des catégories d'occupation de sols de la dernière année. Les entrées diagonales montrent la taille de la stabilité de classe, et chaque entrée hors diagonale représente la taille de la transition d'une classe à différentes classes. Les valeurs proches de 1 dans les entrées diagonales représentent la stabilité d'une catégorie. Les chercheurs utilisent principalement des matrices de transition pour comparer les changements temporels dans différentes régions, pour montrer comment chaque type d'occupation de sols devait changer (**Tableau 25**).

Nous avons calculé la matrice de potentiel de transition à l'aide du plugin MOLUSCE au cours des périodes 2010-2020 sur la base de conditions d'occupation des sols existante et les variables explicatives. La matrice de transition de l'occupation des sols de 2010 à 2020 a révélé les tendances vitales de la transition d'occupation des sols d'une classe à l'autre.

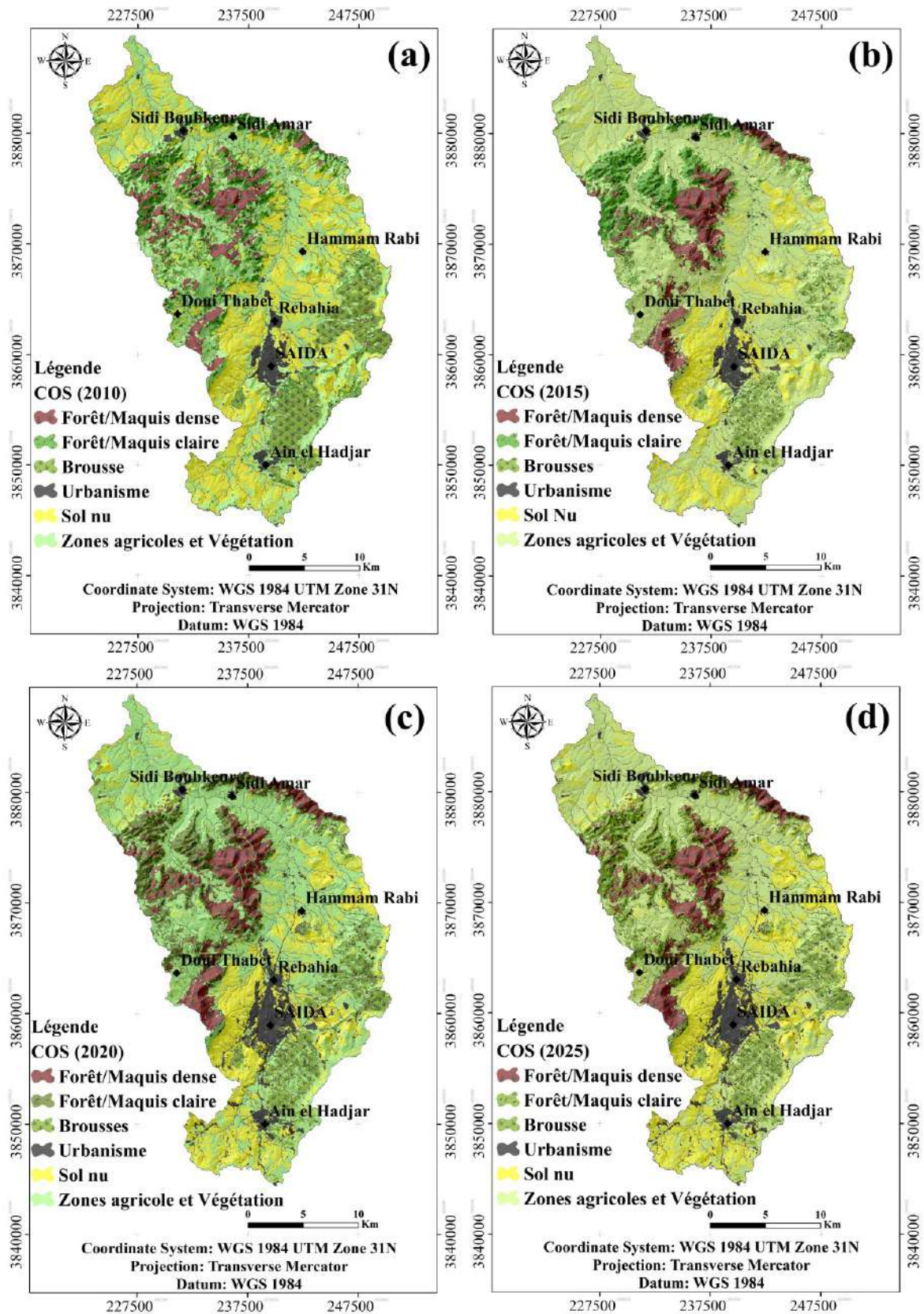


Figure 56. Cartes d'occupation des sols ; (a) 2010 ; (b) 2015 ; (c) 2020 et (d) prédiction 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida

Chapitre II. Quantification et cartographie de l'impact du changement de l'occupation des sols sur le potentiel d'érosion par le modèle EPM et les réseaux de neurones artificiels

Un tableau détaillé de la matrice de transition et une carte de conversion sont présentés dans le tableau 25. La plus grande transition enregistrée a été de 42% entre les zones agricoles et les broussailles en parallèle avec les sols nus. Alors que la classe d'occupation de sols (Urbanisme) s'y montre la plus stable durant cette période avec 88%.

Tableau 25. Matrice de transition entre les COS (2010-2020)

	FD	FC	B	SN	U	ZA
FD	0.670657	0.299212	0.000232	0.000479	0.003461	0.025960
FC	0.115526	0.422190	0.059437	0.036247	0.004906	0.361694
B	0.000671	0.062453	0.483233	0.014410	0.010262	0.428971
SN	0.000012	0.008416	0.013461	0.501172	0.053800	0.423140
U	0.002097	0.007726	0.002770	0.051354	0.882701	0.053352
ZA	0.081736	0.111091	0.019634	0.130568	0.060064	0.596907

II.4 Quantification et prévision du potentiel d'érosion par le modèle (EPM) et les réseaux de neurones (RNA-PMC)

II.4.1 La cartographie du Volume annuel total de perte de sol (W_a)

La méthodologie adoptée consiste à la spatialisation du modèle EPM (Erosion Potential Method) selon deux approches :

- La première consiste à utiliser l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) pour apercevoir l'impact du couvert végétal sur la quantification du volume annuel d'érosion (EPM_{NDVI}).
- La deuxième approche consiste à utiliser et a observé l'influence de la variabilité spatio-temporelle de l'occupation des sols sur la quantification du volume annuel des sols perdus par érosion (EPM_{Occ_Sol}).

II.4.1.1 Les paramètres du modèle (EPM)

II.4.1.1.1 Coefficient de la température (T)

Le traitement des images satellitaires nous a permis d'extraire la température de surface (LST) multi-dates pour les trois années étudiées (2010, 2015 et 2020). Chaque carte représente la moyenne du paramètre (T) calculé à partir de la formule (III.58). On a essayé de prendre des images qui couvrent les quatre saisons d'une année pour avoir des résultats plus représentatifs de l'état réel (**Voir annexe N° 11**). Les résultats de la cartographie de la température de surface sont présentés sous les annexes (03, 04 et 05). Les valeurs du paramètre (T) sont très proches (avec une légère diminution) pour les trois années avec un maximum de 1.84, 1.8 et 1.78 pour les années 2010, 2015 et 2020 respectivement. Les valeurs minimales sont : 1.43 pour l'année 2010, 1.47 pour l'année 2015 et 1.38 pour l'année 2020. Les zones d'altitude ombrées (généralement couvertes par les forêts) et les zones urbaines présentent une tendance basse du paramètre (T) due à la présence de quelques espaces verts (Jardins), contrairement à la vallée du bassin versant et les surfaces dégradées (sols nus) (**Figure 57**).

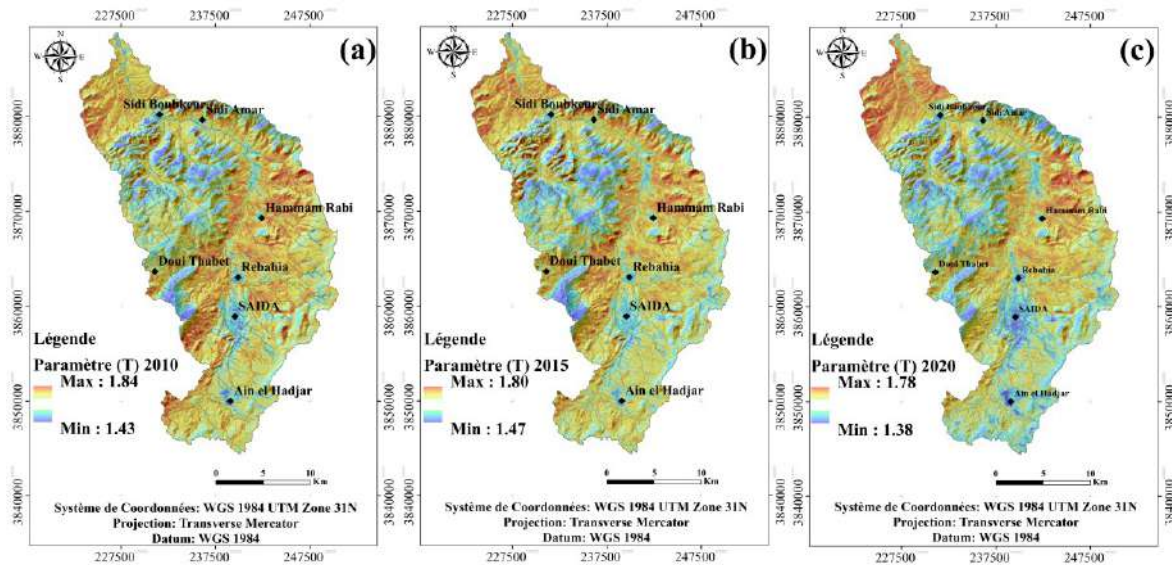


Figure 57. Cartes du paramètre de température (a) 2010 ;(b) 2015 et (c) 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saïda

II.4.1.1.2 Coefficient des précipitations (P_a)

L'interpolation par pondération inverse à la distance (IDW) nous a permis la réalisation de la carte de distribution spatiale de la moyenne interannuelle des cinq stations pluviométriques dans la zone d'étude (**Figure 10**). Dans le bassin de l'Oued Saïda, les précipitations moyennes annuelles varient de 281 mm à 335 mm. Selon la figure 10, la partie sud du bassin versant (Aval) reçoit une quantité supérieure de précipitation par rapport à la partie nord (Aval). Les fortes pluies qui caractérisent la zone dans la période hivernale influent et les orages caractéristiques de la fin de la période estivale, début d'automne influence considérablement sur le régime annuel des précipitations. Dahmani (2016) a mentionné que sur les mêmes stations, les résultats de l'analyse des précipitations montrent une grande irrégularité des moyennes annuelles en relation avec l'influence de plusieurs facteurs : Altitude, éloignement par rapport à la mer, exposition pluviométrique par rapport aux vents humides.

II.4.1.1.3 Coefficient de l'érosion (Z)

La réalisation des cartes finales de ce paramètre nécessite le calcul et la cartographie des coefficients suivants :

II.4.1.1.4 Coefficient d'érosion du sol (Y)

Le coefficient (Y) influence la géomorphologie d'une zone en contrôlant les processus d'érosion, car l'érodabilité du sol en dépend. En conséquence, il influence la vitesse des processus d'érosion (Ali et al., 2016), le coefficient (Y) peut être exprimé comme la valeur inverse de la résistance du sol à l'érosion due à la force érosive des précipitations. Dans cette étude, les données pour estimer le coefficient d'érodabilité du sol ont été obtenues en examinant la carte des sols de la zone d'étude, et les coefficients du processus d'érosion varient entre 0 et 0.19, elle représente selon Gavrilovič (1962 ; 1970) et Dragicevič et al., (2016) la première classe dont le sol est considéré résistante à l'érosion (**Figure 58**).

II.4.1.1.5 Coefficient de la pente (J_a)

Ce paramètre a été utilisé précédemment dans l'élaboration de la carte d'érosion par le modèle (RUSLE) (**Annexe N° 01**). Les zones montagneuses présentent des fortes pentes (>25) qui influencent considérablement l'érosion et la sédimentation des apports sur la vallée de l'Oued Saida. Le facteur topographie a toujours influencer le phénomène d'érosion que ce soit par l'accentuation du transport, que se soit par la longueur de la pente qui favorise l'accumulation du ruissellement en vitesse ce qui se traduit par une érosion en rigoles puis en ravines.

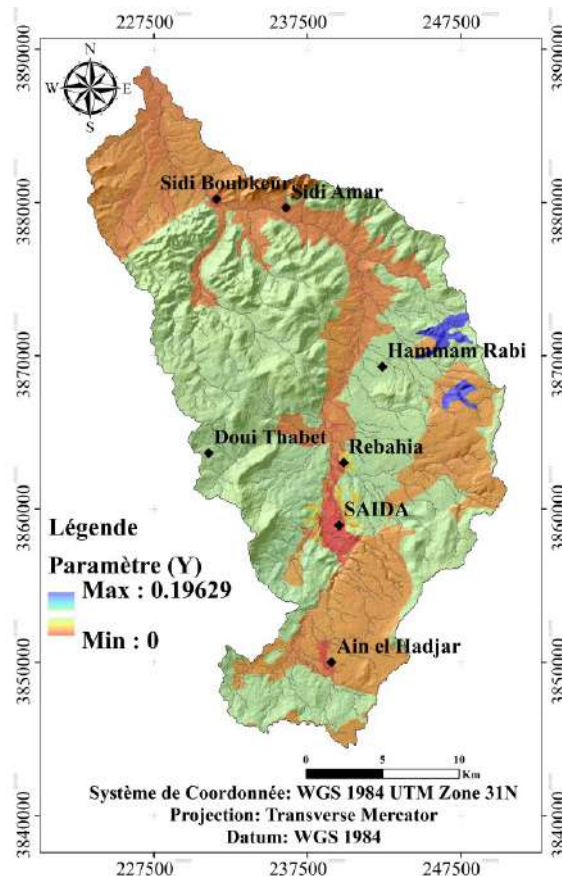


Figure 58. La carte du paramètre (Y) dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.5 Résultat et évaluation de la prédiction d'érosion par PMC-RNA

II.5.1 Estimation du Volume potentiel d'érosion par le modèle EPM_{NDVI}

L'estimation du volume potentiel d'érosion a été modélisé par l'outil « nntool » sous MATLAB, les paramètres de configuration du réseau de neurones sont présentés sous l'annexe N°12. Pour chaque scénario (epochs), les critères d'évaluation c'est-à-dire (EQM et R) sont calculés et le nombre de neurones dans les couches cachées correspondantes à la meilleure performance a été sélectionné après plusieurs essais. Le réseau calcule les valeurs de la couche de sortie en fonction des vecteurs d'entrée. L'erreur est la différence entre la valeur de sortie calculée par le réseau et la valeur désirée à l'itération suivante, l'algorithme ajuste les poids synaptiques dans le but de converger vers les bonnes valeurs. L'algorithme s'arrête si l'erreur calculée est inférieure à l'erreur établie par l'utilisateur. Selon la figure 59, on constate que le

nombre d'itérations pour que l'apprentissage satisfait la condition d'arrêt était 1000, la variation des courbes de l'erreur quadratique moyenne est presque identique pour les trois groupes d'échantillons (Apprentissage, validation et le teste), cela est interprété par le fait qu'il existe une variation extrêmement réduite de l'erreur à cause de la taille de la population sur laquelle le processus d'apprentissage PMC-RNA s'y produit (plus de 2.7×10^6 pixel).

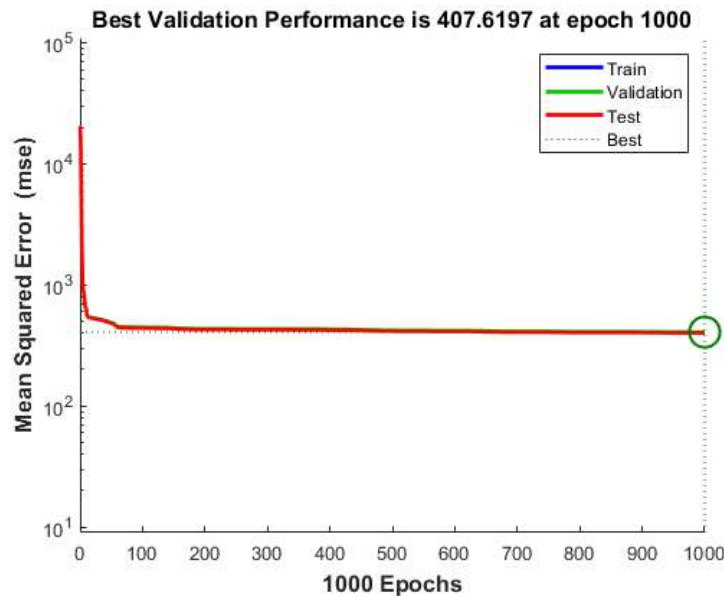


Figure 59. Erreur moyen quadratique entre le modèle simulé et le modèle de prédiction (W_{a_NDVI}) sur 1000 scénario (epochs) de test

La figure 60 représente la corrélation entre les estimations d'érosion pixel par pixel pour l'année 2020 et les valeurs prévues estimées par le modèle PMC-RNA pour l'année 2025. Les valeurs en ordonnée représentent les sorties du réseau, pour les entrées de l'apprentissage de validation et de test et pour l'ensemble. Les valeurs en abscisse représentent les valeurs désirées. Le modèle obtenu est presque parfait pour la prévision de l'érosion par le modèle EPM_{NDVI} . L'hétérogénéité de la distribution spatiale des résultats a contribué d'une façon significative dans l'exactitude des valeurs de prévision.

Les résultats du modèle simple RNA-PMC/ EPM_{NDVI} montrent que pour les trois phases (phase d'apprentissage, Validation et le test), le meilleur (EQM) est de 407.6 m³/km²/an, soient un (REQM) de 20.17 m³/km²/an. Pour la phase d'apprentissage le coefficient de corrélation (R) est de 0.9806, ces paramètres indiquent que le modèle simple (RNA-PMC/ EPM_{NDVI}) est en mesure de bien répondre aux données d'apprentissage et capable de les rapprocher.

La phase de validation (R=0.9805), ce paramètre indique que le modèle réagit bien dans cette phase où il donne des bons résultats. La phase test (R=0.9808) interprète de façon similaire la bonne conduite du modèle. Ces résultats indiquent que les performances de généralisation du modèle simple (RNA-PMC/ EPM_{NDVI}) sont presque parfaites.

Le modèle simple (RNA-PMC/ EPM_{NDVI}) est en mesure à faire des prédictions très précises. Par conséquent, ce modèle est en mesure de résoudre le problème particulier de cartographie les données entrées-sorties de l'érosion. Selon la figure 59, on peut conclure que le modèle

appliquée est en mesure de prédire la quantité d'érosion pendant les conditions de fonctionnement avec un R globale de 0.9806.

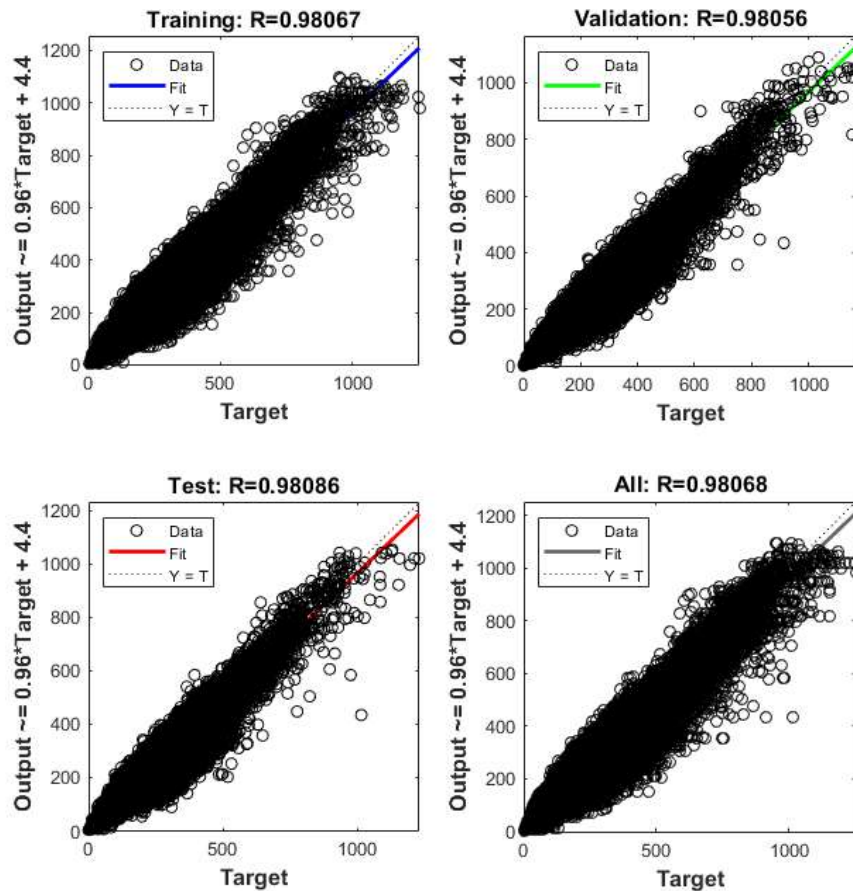


Figure 60. Résultat de la régression entre le modèle d'apprentissage et la validation des résultats du modèle prédictive d'érosion (W_a_NDVI) dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.5.1.1 Simulation de l'érosion par le modèle RNA-PMC/EPM_{NDVI}

Après avoir déterminé la validité du modèle de prévision à base de réseaux de neurones, une simulation de la quantité d'érosion (W_a -2020) s'y produire à l'aide du modèle RNA-PMC/EPM_{NDVI} conçue auparavant.

La régression entre les valeurs simulées et les valeurs cartographiées est présentée dans la figure 61. Le résultat montre que le modèle simulé est proche de celui cartographié avec un coefficient de détermination de 0.95 et un (REQM) faible de 24.43 m³/km²/an (**Figure 62**). Par la suite le même modèle est utilisé pour produire la carte de prévision de l'érosion (W_a -2025) présenté dans la figure 63.

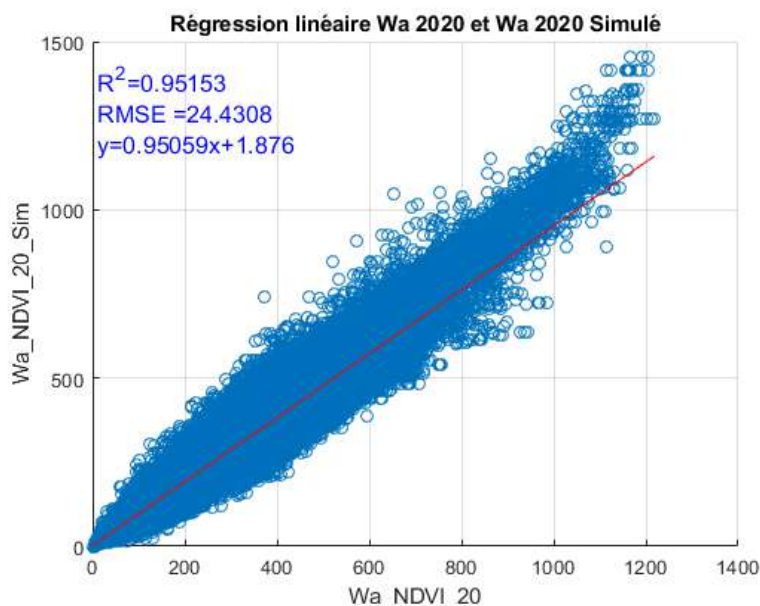


Figure 61. La régression linéaire entre le modèle d'estimation et le modèle de la simulation par RNA du potentiel d'érosion (W_a_NDVI) par le modèle EPM_{NDVI} pour l'année 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.5.2 Estimation du Volume potentiel d'érosion par le modèle $EPM_{Occ-Sol}$

Pour l'estimation du potentiel d'érosion par le modèle $EPM_{Occ-Sol}$, les meilleures performances de validation sont enregistrées au scénario 879 parmi les 885 scénarios testés. Les résultats du modèle simple RNA-PMC/ $EPM_{Occ-Sol}$ montrent que pour les trois phases (phase d'apprentissage, Validation et le test) et contrairement au modèle précédent basé sur le (NDVI), une variabilité importante concernant l'erreur quadratique est enregistrée au seuil de 5311.33 (**Figure 64**), soit un (ERQM) de 72.88. Cette étendue est expliquée par la variabilité spatio-temporelle des classes d'occupation des sols et la différence entre les valeurs extrêmes enregistrées au niveau des pixels. Pour la phase d'apprentissage le coefficient de corrélation ($R=0.85341$) indiquant moins de corrélation par rapport au modèle précédent.

Pour la phase de validation ($R=0.85363$), le modèle réagit bien aussi dans cette phase en donnant de bons résultats. La phase test ($R=0.85496$) donnant la même tendance que les deux phases précédentes. Ces résultats indiquent que les performances de généralisation du modèle simple (RNA-PMC/ $EPM_{Occ-Sol}$) sont correctes (**Figure 65**).

Le modèle simple (RNA-PMC/ $EPM_{Occ-Sol}$) est en mesure à faire des prédictions bien correctes mais de façon moins précise que le modèle basé sur le (NDVI). Cette différence est due à la nature des métadonnées des cartes d'occupation des sols. Ce dernier présente moins d'hétérogénéité dans la distribution spatiale de l'information au niveau des pixels. Selon la figure 65, on peut déduire que ce modèle peut prédire la quantité d'érosion pendant les conditions de fonctionnement avec un (R) globale de 0.85367.

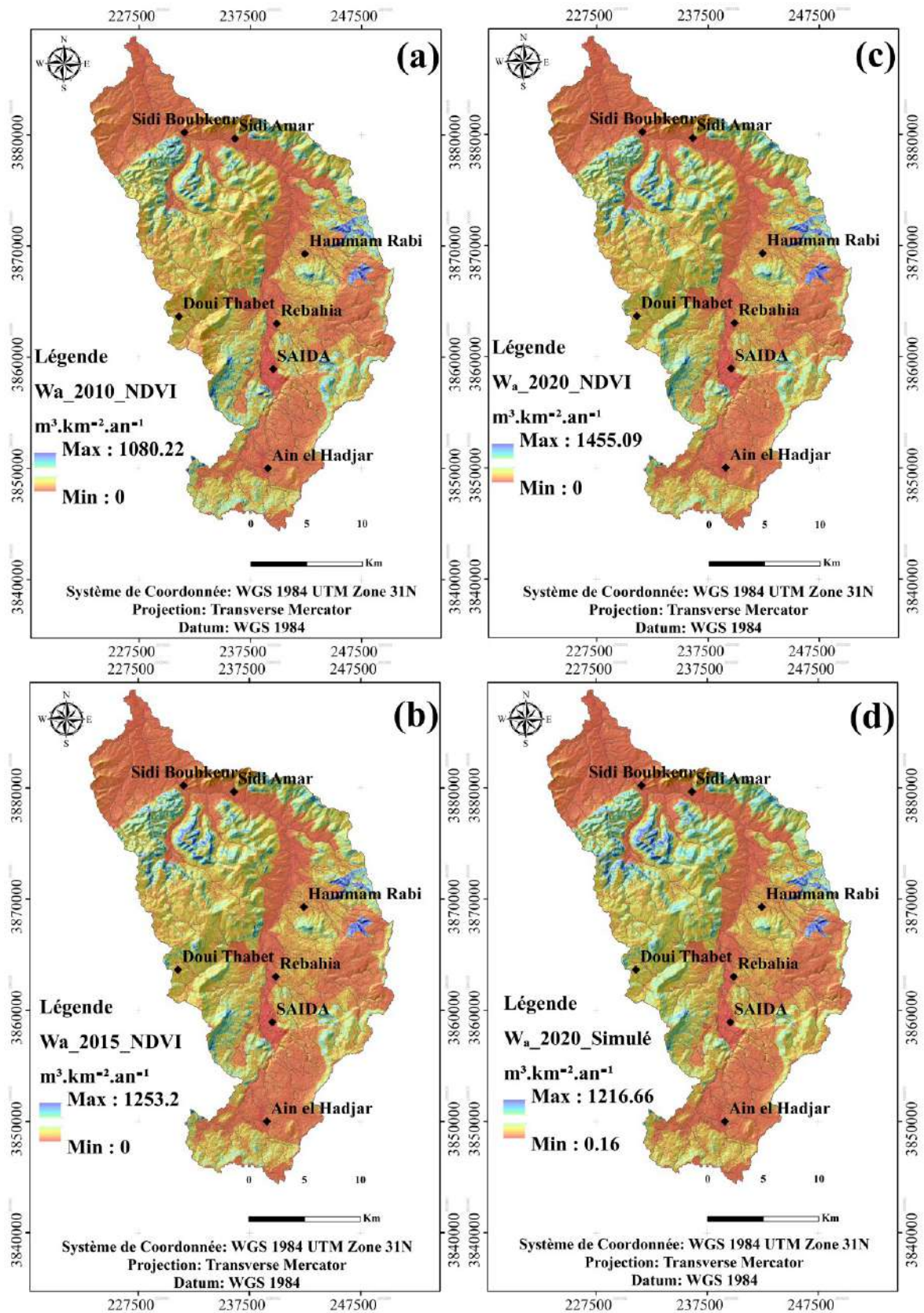


Figure 62. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (W_a -NDVI) en $m^3/an/km^2$ pour les années (2010, 2015, 2020, 2020 simulé par PMC-RNA) dans le bassin versant de l'Oued Saida

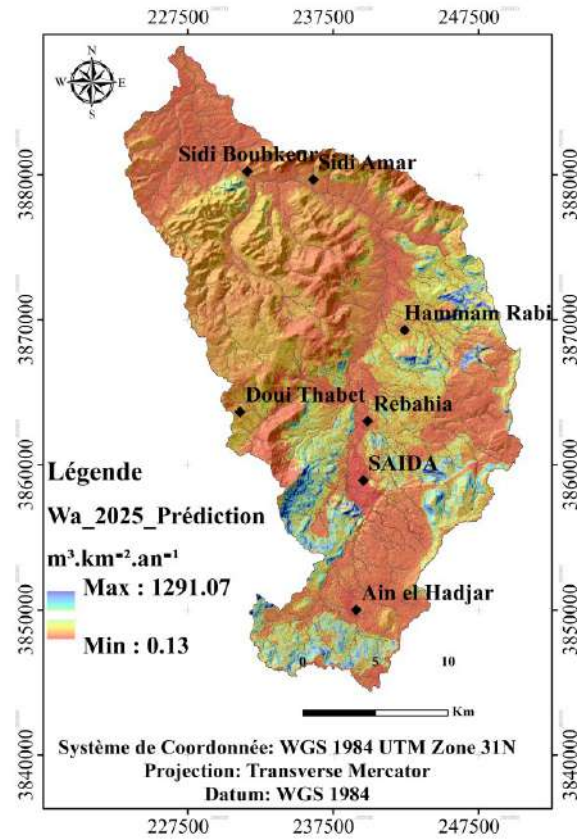


Figure 63. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol (W_{a_NDVI}) en $m^3/an/km^2$ projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida

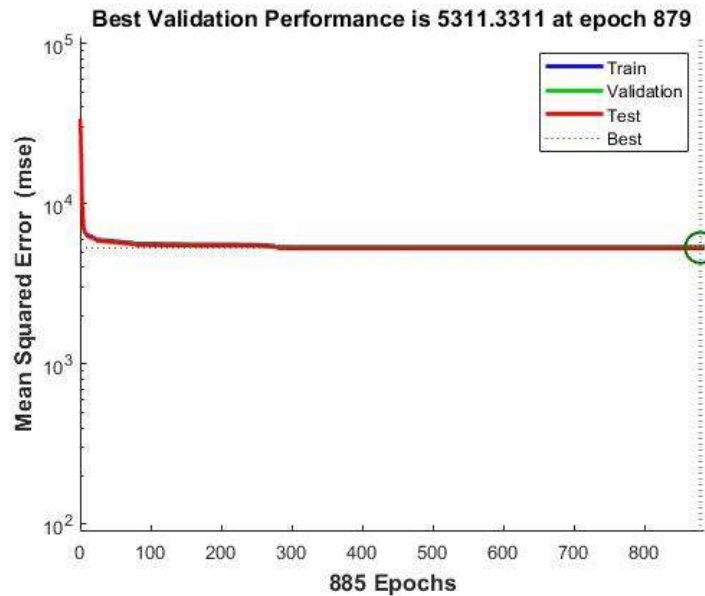


Figure 64. Erreur moyen quadratique entre le modèle simulé et le modèle de prédiction ($W_{a_Occ_Sol}$) sur 885 scénarios (epochs) de test

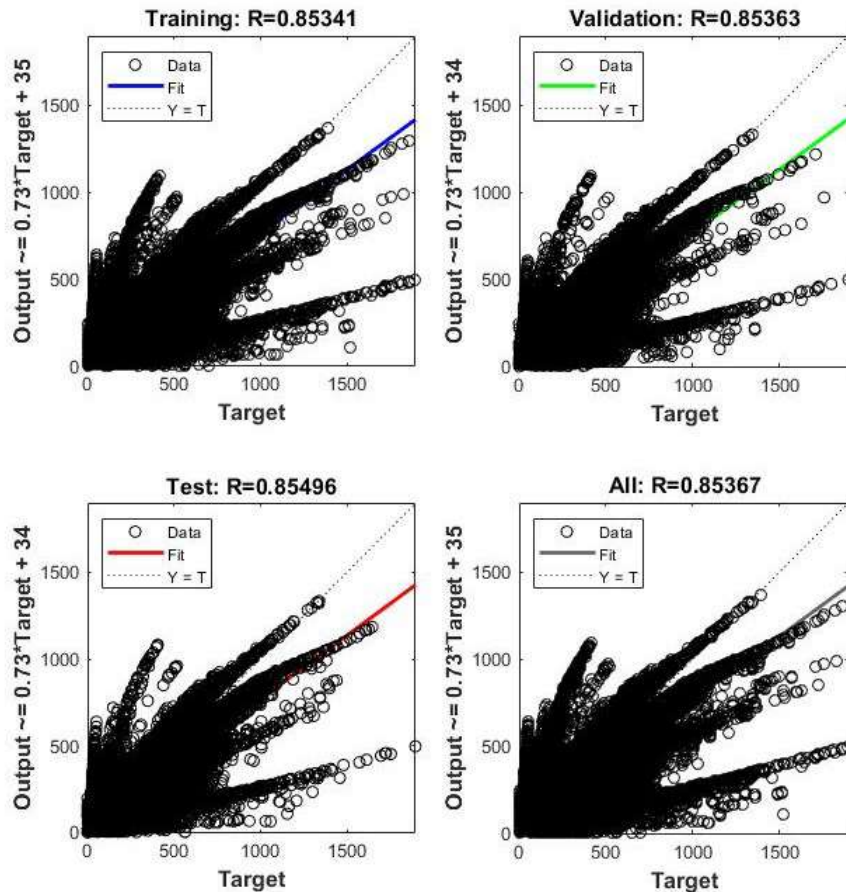


Figure 65. Résultat de la régression entre le modèle d'apprentissage et la validation des résultats du modèle prédictive d'érosion ($W_{a_Occ_Sol}$) dans le bassin versant de l'Oued Saïda

II.5.2.1 Simulation de l'érosion par le modèle RNA-PMC/EPM_{Occ-Sol}

La régression entre les valeurs de simulation et les valeurs du modèle cartographique présentées dans la figure 66 montre que : la régression linéaire entre le modèle simulé et celui-ci cartographié est bonne avec un coefficient de détermination de 0.78 et un REQM faible de 64.1 m³/km²/an. Ce résultat montre que la simulation de l'érosion par ce modèle est moins satisfaisante par rapport au modèle précédent basé sur le (NDVI). Ce modèle a été appliqué pour quantifier en prévision de 2025 l'érosion et les résultats montrent que les seuils maximaux pour les cartes du modèle simulé (2020) et de prédiction (2025) aient inférieurs à ces des années 2010, 2015 et 2020. Le seuil maximal pour ces deux cartes est plus ou moins similaire aux résultats obtenus dans le modèle basé sur le (NDVI) avec 1299 et 1291 m³/km²/an respectivement. Une différence considérable est observée entre les résultats des années (2010, 2015 et 2020) et l'année 2020 simulé ainsi que pour l'année 2025 (**Figure 67 et 68**).

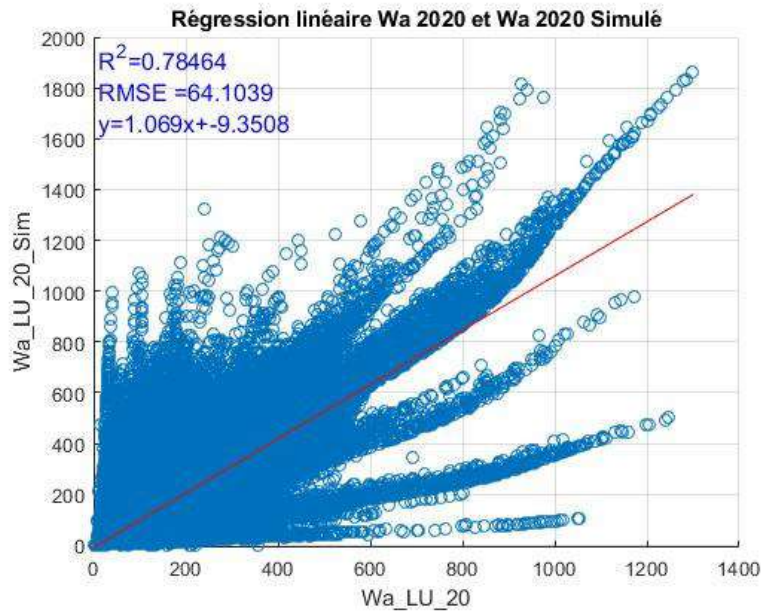


Figure 66. La régression linéaire entre le modèle d'estimation et le modèle de la simulation par RNA du potentielle d'érosion ($W_{a_Occ_Sol}$) par le modèle $EPM_{Occ-Sol}$ pour l'année 2020 dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.6 Analyse de la distribution spatiale des classes des pertes de sol selon les modèles $EPM_{Occ-Sol}$ et EPM_{NDVI}

Selon les deux modèles ($EPM_{Occ-Sol}$ et EPM_{NDVI}), la perte en sol dans le bassin versant de l'Oued Saida varie entre les trois classes (érosion insignifiante, faible et modérée). Selon le tableau 26, on peut constater que les superficies des trois classes sont très proches pour les deux modèles. Pour le modèle ($EPM_{Occ-Sol}$), la majorité de la superficie du bassin versant est classée sous la classe faible érosion avec une tendance légère de diminution entre les années 2010, 2015 et 2020 avec 56.99, 55.36 et 53.37% respectivement (**Figure 70**). Contrairement, une tendance d'augmentation pour cette classe est observée pour la prédiction 2025 avec 64.63%. Cette augmentation est due à l'augmentation de la superficie supposée exposée à l'érosion, c'est-à-dire plus de 60 km² de la superficie du bassin versant a été classée sous la classe érosion insignifiante est devenue classée sous la classe érosion faible (**Figure 69**).

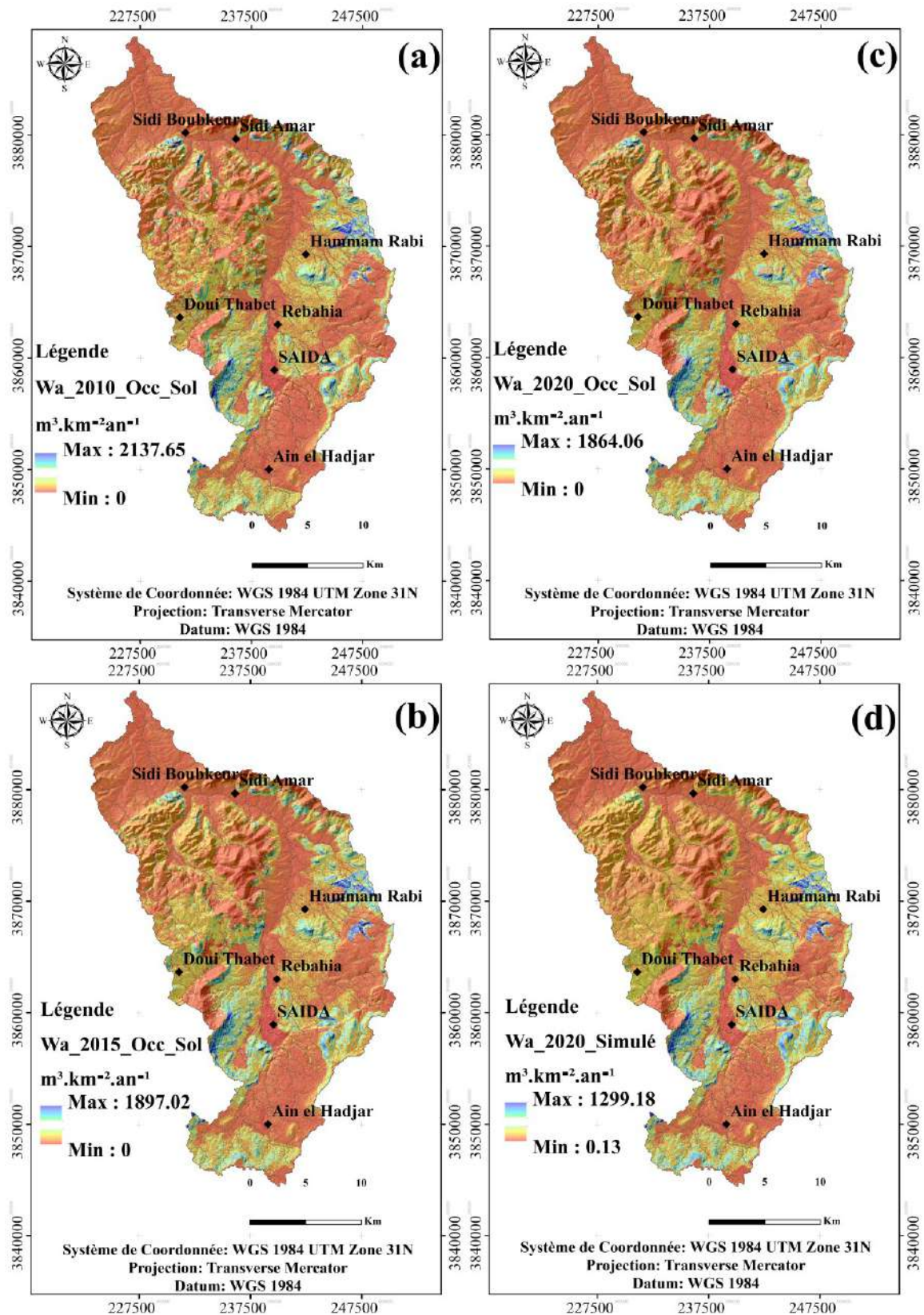


Figure 67. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol ($W_{a_Occ_Sol}$) en $m^3/an/km^2$ pour les années (2010, 2015, 2020, 2020 simulé par PMCRNA) dans le bassin versant de l'Oued Saida

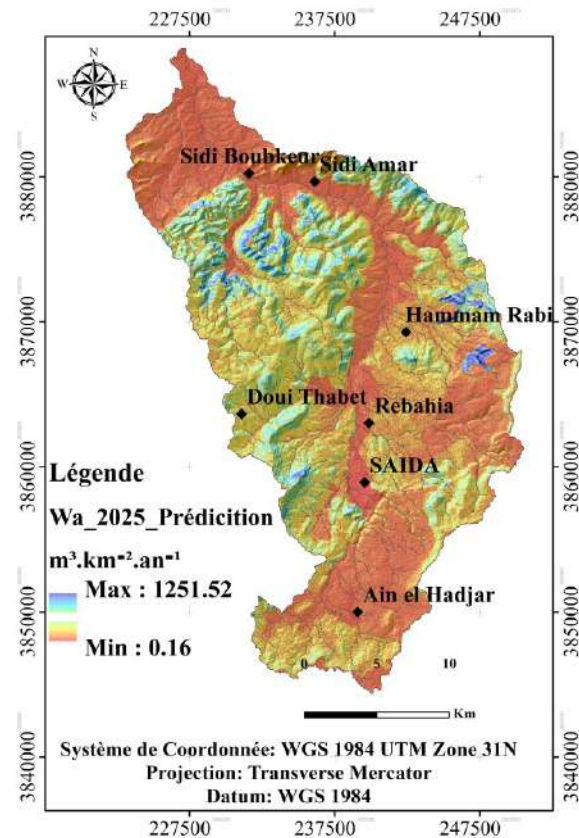


Figure 68. Carte de la distribution spatiale du volume annuel total de perte de sol ($W_{a_OCC_Sol}$) en $m^3/an/km^2$ projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida

Tableau 26. Statistique de la distribution spatiale des classes de perte de sol par les modèles ($EPM_{Occ-Sol}$ et EPM_{NDVI})

Modèle $EPM_{Occ-Sol}$									
Classe des pertes de sol		2010	%	2015	%	2020	%	2025	%
Erosion insignifiante	< 50	248.16	39.82	263.32	42.23	275.48	44.18	213.82	34.23
Erosion faible	50 – 500	355.17	56.99	345.20	55.36	332.78	53.37	403.69	64.63
Erosion modérée	500 – 1500	19.84	3.18	14.96	2.40	15.24	2.44	7.13	1.14
Modèle EPM_{NDVI}									
Classe des pertes de sol		2010	%	2015	%	2020	%	2025	%
Erosion insignifiante	< 50	248.51	39.85	242.50	38.89	234.16	37.55	210.81	33.75
Erosion faible	50 – 500	372.94	59.81	378.01	60.62	385.45	61.81	405.50	64.92
Erosion modérée	500 – 1500	2.11	0.34	3.06	0.49	3.96	0.63	8.33	1.33

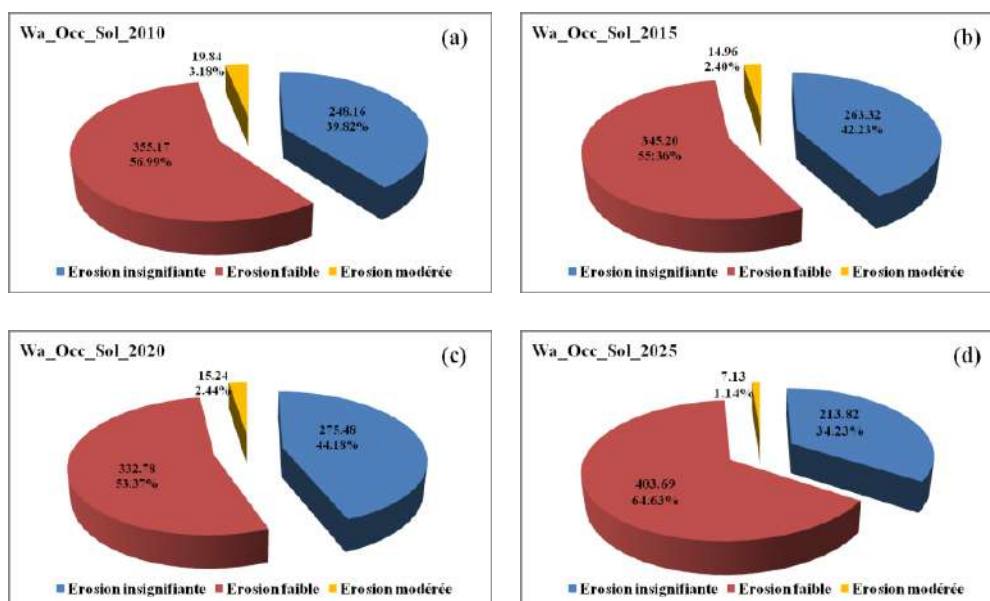


Figure 69. La distribution spatiale des classes des pertes de sol selon le modèle (EPM_{NDVI}) dans le bassin versant de l'Oued Saida

Pour le modèle (EPM_{NDVI}), une tendance d'augmentation régulière des superficies de la classe érosion faible et modérée sont enregistrées, contrairement aux superficies affectées à la classe érosion insignifiante, ce qui est traduit par une augmentation de la superficie affectée de plus par l'érosion. Une augmentation significative de la superficie de la classe érosion modérée est remarquée pour la prévision de 2025 de plus de 4% par rapport à l'année 2020, ce qui est opposé à la tendance de changement pour le modèle ($EPM_{Occ-Sol}$). Le modèle (EPM_{NDVI}) traduit logiquement la variabilité spatiale du changement des superficies affectées par l'érosion (Figure 67).

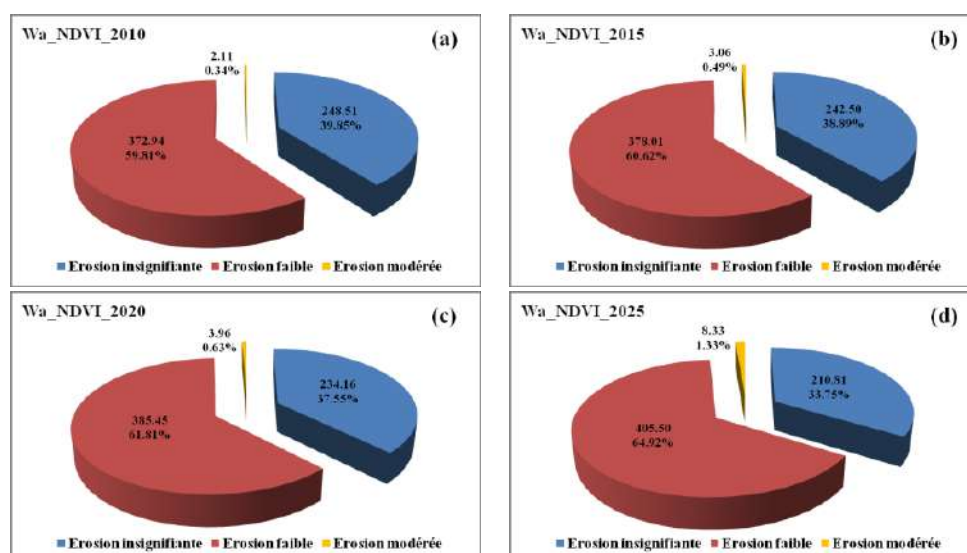


Figure 70. La distribution spatiale des classes des pertes de sol selon le modèle ($EPM_{Occ-Sol}$) dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.7 Analyse de la production annuelle des sédiments (G_y) dans le bassin versant de l'Oued Saida

Selon la figure 73, le seuil maximal de la production des sédiments pour le modèle basé sur le (NDVI) augmente constamment d'environ 100 m³/an chaque cinq an. Le modèle simulé de 2020 et de prévision 2025 indique une variation entre 0 et 680 m³/an et entre 0 et 699 m³/an. Le Sud de Sidi Boubkeur, l'Est de Hammam Rabi et le Sud-Est de Doui Thabet, généralement les piémonts sont les zones dont la production des sédiments est en maximum (**Figure 71 et 72**). Selon ce modèle, la variabilité de la production annuelle des sédiments est dépendante de l'état du couvert végétal dans le bassin versant. Les zones à faible couverture végétale présentent une production maximale des sédiments à l'inverse des zones bien protégées par la végétation. Concernant le modèle basé sur l'occupation des sols, les seuils maximaux enregistrés sont plus grands que ceux du modèle basé sur le (NDVI) avec plus de 1100 m³/an pour l'année et plus de 1000 m³/an pour 2015 et 2020. Pour l'année 2020 simulée et l'année de prévision 2025, les valeurs sont remarquablement moins que les précédents avec 726 et 721 m³/an respectivement et plus ou moins similaires aux valeurs enregistrées pour le modèle basé sur le (NDVI). Les zones marquées par des hautes valeurs en production des sédiments sont presque les mêmes que le modèle à base (NDVI) sauf la partie Sud de Sidi Boubkeur qui présente moins de production par rapport au modèle précédent.

L'analyse des cartes produites par les deux approches montre qu'une tendance d'augmentation de la production des sédiments est bien visible pour le modèle basé sur le (NDVI) à l'inverse du modèle basé sur l'occupation des sols.

Selon le tableau 27, le modèle basé sur le (NDVI) montre que la quantité de la production des sédiments augmente au fil du temps, cela est observé par le fait que la superficie affectée par une production des sédiments < 50 m³/an à diminuer de 359 km² en 2010 à 320 km² en 2020 et à 281 km² en prévision de 2025. Alors que la superficie affectée par une production des sédiments allant jusqu'à 500 m³/an à augmenter de 6 km² en 2010 jusqu'à environ 11 km² en 2020 et à 19 km² en prévision pour l'année 2025. Plusieurs facteurs sont à la cause de cette augmentation et dont la plus répandue est la dégradation du couvert végétale (agriculture non vocative et les feux de forêts répétitifs).

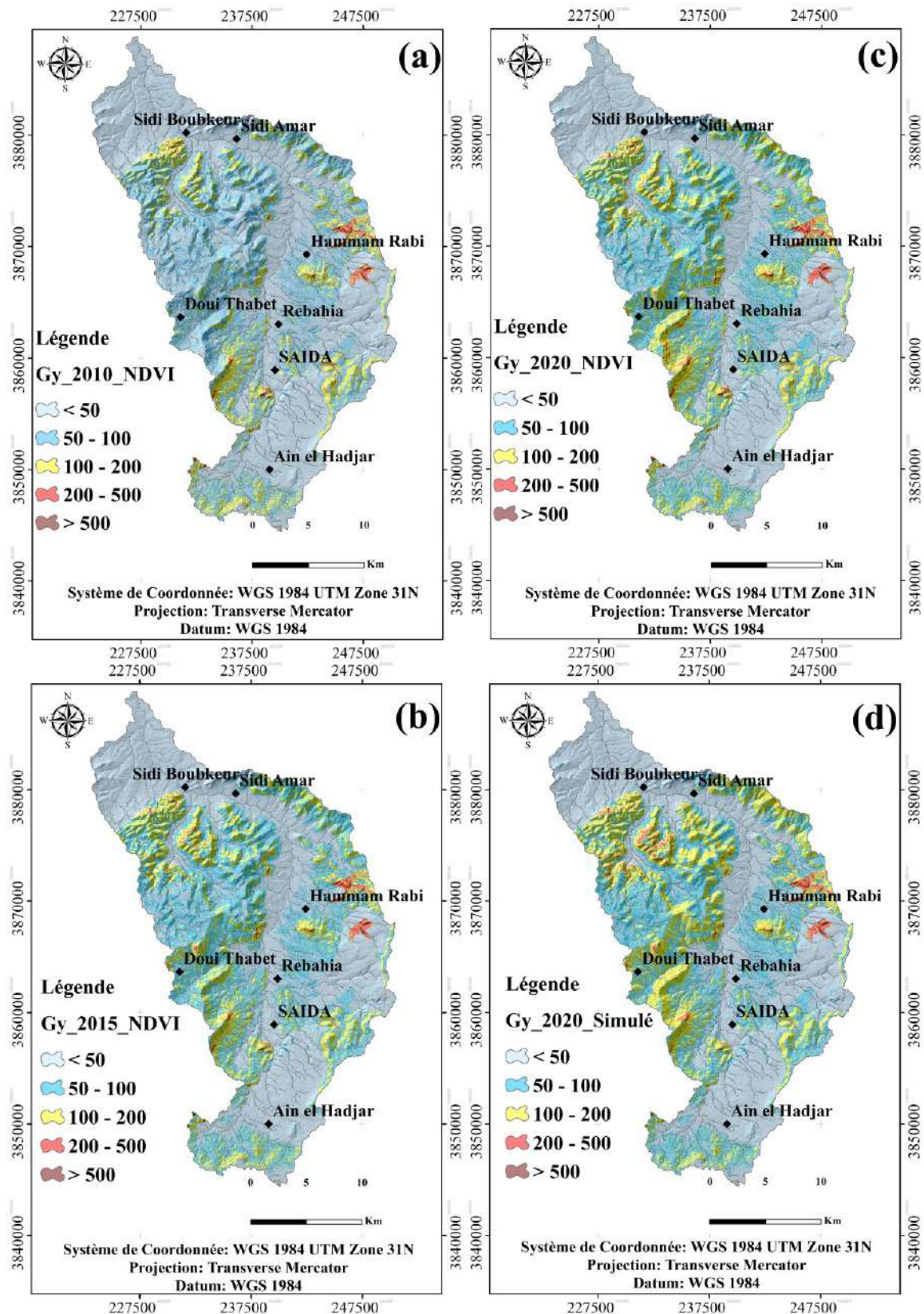


Figure 71. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (G_y_NDVI) en m^3/an pour les années (2010, 2015, 2020, et 2020 simulé) dans le bassin versant de l'Oued Saida

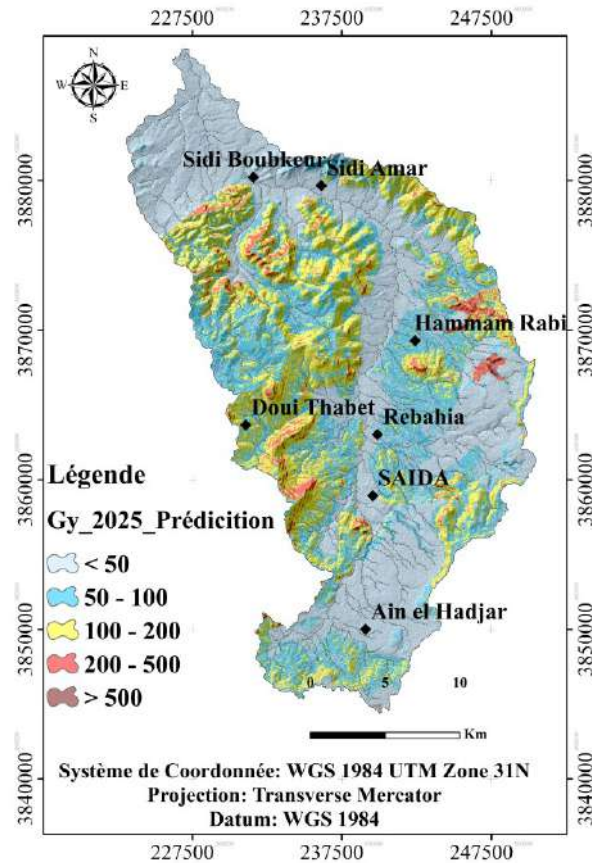


Figure 72. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments (G_y_NDVI) en m^3/an projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida

Par contre, le modèle basé sur les classes d'occupation des sols montre une augmentation de la superficie affectée aux classes de production des sédiments de $< 50 m^3/an$ et $50-100 m^3/an$, allant de $349 km^2$ soit 56% de la superficie totale du bassin versant de l'Oued Saida en 2010 pour la première classe à $374 km^2$ soit 60% en 2020 et avec une légère diminution en prévision de 2025 avec $372 km^2$ (**Figure 74**). Pour la deuxième classe la superficie affectée variée de $102 km^2$ soit 16% en 2010 à plus de 108% en 2020 et avec une importante augmentation en prévision de 2025 avec $141 km^2$ soit 22% de la superficie totale du bassin versant (**Figure 75 et 76**).

Cette variation est expliquée par l'impact du paramètre de la protection des sols (X_a) calculés à partir des classes d'occupation des sols qu'il influence de son tour l'estimation du potentiel d'érosion (W_a) par le modèle (EPM). Les zones à faible valeur de la production des sédiments sont les classes de forêts (dense et claire), ce qui implique que l'estimation de la production des sédiments est liée directement à la classe attribuée et non pas à l'état du couvert végétal.

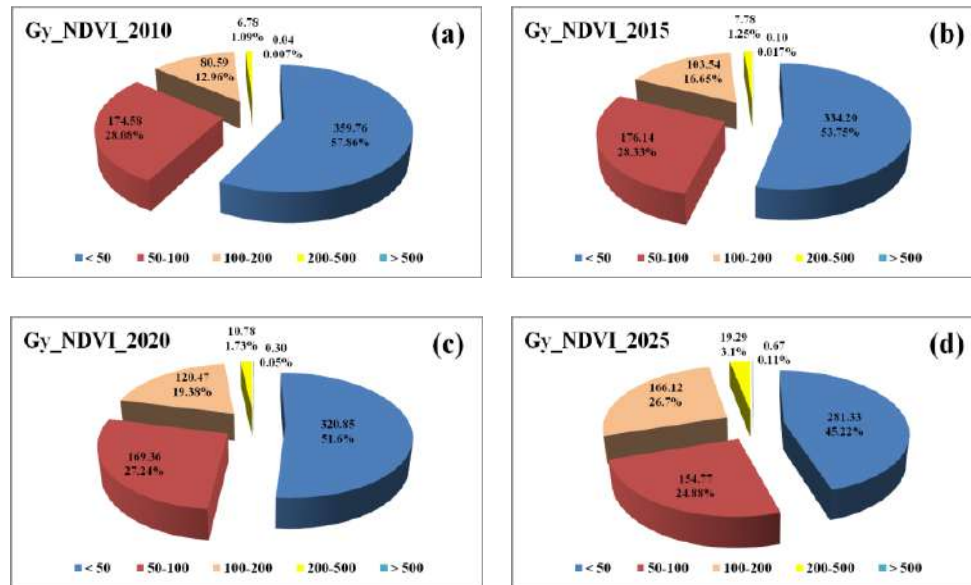


Figure 73. La distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon le modèle basé sur l'indice de végétation par différence normalisée dans le bassin versant de l'Oued Saïda

Tableau 27. Statistiques de la distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon les modèles à base des classes d'occupation des sols et du l'indice de végétation

Gy (Occupation des sols)								
Classes de la production des sédiments	2010 (km ²)	%	2015 (km ²)	%	2020 (km ²)	%	2025 (km ²)	%
< 50	349.66	56.25	360.07	57.91	374.17	60.18	372.47	59.87
50-100	102.16	16.43	112.48	18.09	108.24	17.41	141.09	22.68
100-200	120.18	19.33	109.18	17.56	100.71	16.20	82.16	13.21
200-500	48.36	7.78	39.11	6.29	37.96	6.10	26.34	4.23
> 500	1.25	0.20	0.89	0.14	0.66	0.11	0.13	0.02
Gy (NDVI)								
Classes de la production des sédiments	2010 (km ²)	%	2015 (km ²)	%	2020 (km ²)	%	2025 (km ²)	%
< 50	359.76	57.86	334.20	53.75	320.85	51.60	281.33	45.22
50-100	174.58	28.08	176.14	28.33	169.36	27.24	154.77	24.88
100-200	80.59	12.96	103.54	16.65	120.47	19.38	166.12	26.70
200-500	6.78	1.09	7.78	1.25	10.78	1.73	19.29	3.10
> 500	0.04	0.01	0.10	0.02	0.30	0.05	0.67	0.11

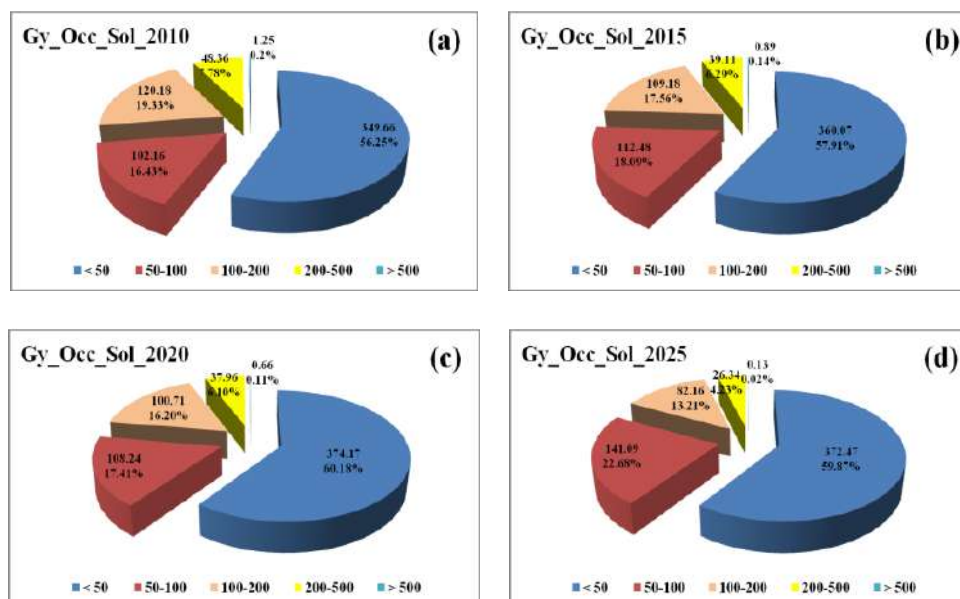


Figure 74. La distribution spatiale des classes de la production des sédiments selon le modèle basé sur les classes d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida

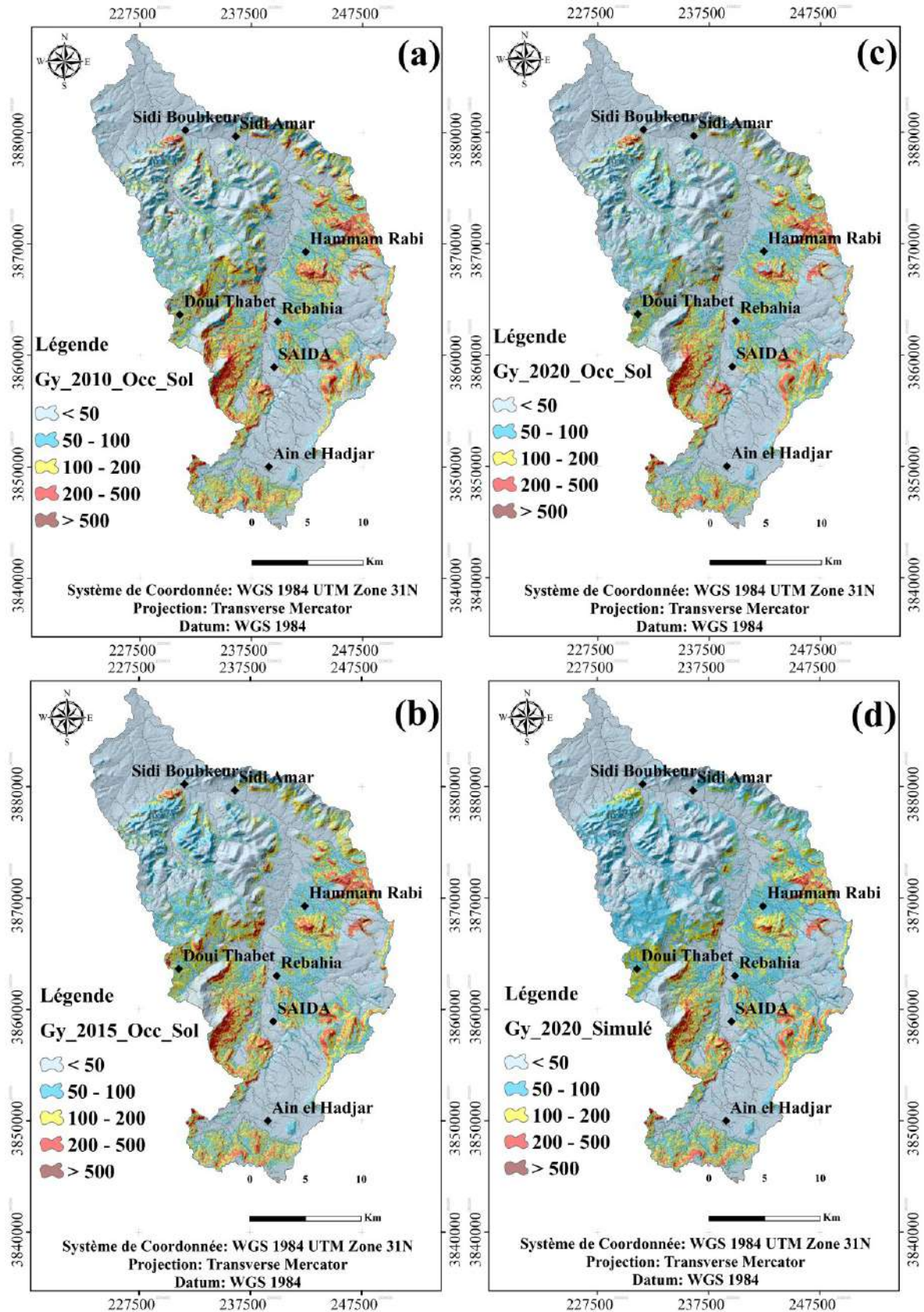


Figure 75. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments ($G_{y_Occ_Sol}$) en m^3/an pour les années (2010, 2015, 2020, et 2020 simulé) dans le bassin versant de l'Oued Saida

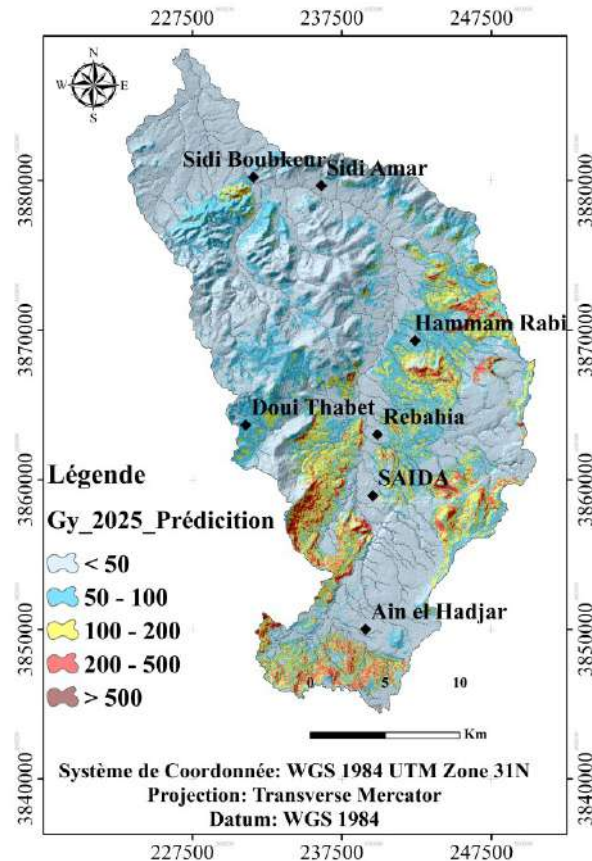


Figure 76. Cartes de la distribution spatiale de la production annuelle des sédiments ($G_{y_Occ_Sol}$) en m^3/an projeté par PMC-RNA pour l'année 2025 dans le bassin versant de l'Oued Saida

II.8 Conclusion

Dans ce chapitre, de multiples approches ont été appliquées afin d'estimer le potentiel d'érosion et quantifier la production des sédiments à l'échelle du bassin versant de l'Oued Saida. L'utilisation de l'approche RNA-AC (réseau de neurones artificiels par l'automate cellulaire) nous a permis de détecter le changement de l'occupation des sols et réaliser la carte de prévision de 2025. Les cartes produites ont montré que le bassin versant subit une dynamique de changement avec une diminution de la superficie des sols nus au détriment des classes d'urbanisme et des zones agricoles qui ont montré une augmentation régulière ces dernières années.

L'application des réseaux de neurones artificiels par perceptron multicouche nous a permis de réaliser deux modèles d'estimation du potentiel d'érosion à base du modèle empirique (EPM). Les résultats ont montré que le modèle à base (NDVI) est plus performant en simulation et en prévision du potentiel d'érosion avec un coefficient de détermination de 0.95 et 0.98 respectivement par rapport au modèle à base des classes d'occupation des sols avec un coefficient de détermination de 0.78 et 0.85 respectivement. Le seuil maximal du potentiel d'érosion selon le modèle EPM_{NDVI} varie entre 1080 et 1455 $m^3/km^2/an$ avec une tendance d'augmentation entre 2010 et 2020. Par contre, le modèle $EPM_{Occ-Sol}$ montre l'inverse avec un seuil maximal variant de 20137 et 1864 $m^3/an/km^2$ avec une tendance de diminution entre 2010

Chapitre II. Quantification et cartographie de l'impact du changement de l'occupation des sols sur le potentiel d'érosion par le modèle EPM et les réseaux de neurones artificiels

et 2020. L'estimation de la production des sédiments est dépendante des résultats obtenus de la modélisation du potentiel d'érosion par le modèle (EPM). Les superficies affectées en ascendance par la production des sédiments sont présentées clairement sur les cartes produites par le modèle basé sur l'indice de végétation contrairement à celle produite par le modèle basé sur les classes d'occupation des sols.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Connaitre les quantités perdues chaque année par l'érosion hydrique est désormais l'une des actions à mener dans le parcours de la préservation de ces ressources naturelles. Cependant, un plan d'action nécessite la connaissance de la distribution spatiale de ce phénomène. Les objectifs principaux des travaux présentés dans cette thèse sont, la modélisation spatiale et spatio-temporelle du potentiel d'érosion dans le bassin versant de l'Oued Saida selon plusieurs approches.

Selon le modèle (RUSLE), l'érosion hydrique est remarquablement observée dans les zones à forte pente. Une nouvelle approche basée sur le ruissellement érosif de surface, tenue comme alternative au facteur d'érosivité de pluie a été adoptée et appliquée sur le modèle (RUSLE) afin de déterminer l'impact du ruissellement sur l'érosion hydrique. Le modèle (RUSLE_{Ruissellement}) a montré une très bonne corrélation (> 90%) avec le modèle classique sur le bassin versant de l'Oued Saida. Les pratiques culturales et l'état du couvert végétal influencent considérablement l'érosion par l'accentuation du phénomène de ruissellement érosif de surface.

Pour déterminer les classes d'occupation des sols, nous avons utilisé à la fois des méthodes de préclassification et de post-classification ainsi qu'une modélisation de prévision future pour détecter les changements ainsi que les changements d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Saida grâce à l'intégration du SIG et des techniques de télédétection (classification supervisée) ainsi que les RNA-AC grâce au module MOLUSCE entre 2010 et 2025. Cependant, quelques limitations peuvent influencer le résultat de l'étude ; tout d'abord, les données satellitaires ont été collectées à partir de la saison sèche en raison de la couverture nuageuse alors que les variations saisonnières peuvent modifier la superficie de quelques classes par exemple la végétation et les zones agricoles et les sols nus.

Deuxièmement, la résolution obtenue des images satellitaires (15m après prétraitement), reste moyenne et peuvent présenter quelques interférences entre les classes, par exemple entre les surfaces arboricoles et les classes de forêt (dense/claire), les sols nus et la classe urbanisme due à la marge minimale entre les signaux spectraux de ces deux classes (caractéristiques du type de sols). Bien qu'il y ait certaines limites à cette étude, la méthodologie et les résultats peuvent être qualifiés comme étant appropriés pour qu'elle soit utilisée dans les études environnementales telles que l'estimation des taux d'érosion.

La méthode de Gavrilović est une méthode semi-quantitative qui permet d'évaluer la production annuelle totale de sédiments. Afin de suivre l'impact du changement d'occupation des sols et l'état du couvert végétal sur l'érosion hydrique, on a choisi d'adopter une approche de suivi spatiotemporel sur un palier de cinq ans et une autre basée sur les réseaux de neurones artificiels par les perceptrons multicouches afin de faire une prévision de l'état de la production des sédiments en 2025.

Les résultats ont montré qu'une réponse ascendante est caractéristique aux deux modèles basés sur l'indice de végétation (EPM_{NDVI}) et (G_{y-NDVI}) traduisant l'importance de l'état du couvert végétal sur la quantification des sédiments et de l'érosion en général. Alors que les deux autres

CONCLUSION GÉNÉRALE

modèles basés sur les classes d'occupation des sols ($EPM_{Occ-Sol}$) et ($G_y-Occ-Sol$) montrent une irrégularité quantitative sur les années étudiées.

Les deux modèles (EPM) et le (RUSLE) ont montré que les pertes de sol sont influencées considérablement par la gestion des terres et l'état de la couverture végétale, cette dernière a montré plus de fiabilité lors de l'utilisation de l'indice de végétation (NDVI) sur les modèles de prévision par les réseaux de neurones que ceux basés sur les classes d'occupation des sols. Le modèle (EPM) se caractérise par une grande efficacité dans le calcul de la production des sédiments. La méthode peut estimer rapidement et efficacement les taux d'érosion potentiels. La méthode de Gavrilović est avantageuse car c'est une méthode rapide et efficace pour estimer les pertes de sol par érosion hydrique. De plus, suite aux développements des techniques de télédétection, elle peut être appliquée en cas de manque de données physiques et édapho-climatiques.

En perspective, il est important de signaler quelques notes, afin d'assurer la continuité des travaux sur ce phénomène dynamique dans son contexte spatial, et la durabilité des actions a mené par les décideurs, dont on peut citer à titre d'exemple :

- L'application de la nouvelle approche basée sur le ruissellement érosif de surface nécessite une confirmation sur d'autres bassins versant afin de déterminer le type de relation entre ce dernier et le modèle classique selon le comportement hydrologique de chaque bassin versant étudié vis-à-vis du phénomène de ruissellement (relation linéaire, exponentiel ou de puissance).
- L'application du modèle (EPM) selon l'approche que nous avons adoptée a permis de délimiter les zones productrices des sédiments dans le bassin versant, non plus sur une échelle spatiotemporelle mais avec des prévisions. Ces derniers deviennent en cas de validation sur l'année étudiée un appui technique dans la planification et la conservation des eaux et des sols.
- L'érosion hydrique est la résultante de l'interaction de plusieurs facteurs reliés directement ou indirectement au sol. Le degré de l'interaction entre ces facteurs influence la gravité de l'érosion. Il est impératif d'approfondir les études sur les facteurs selon la nature du milieu physique, afin d'augmenter la précision des résultats ou pour la réalisation de modèles personnalisés de chaque système hydrologique (spécifiquement en Algérie).
- Les politiques agricoles et les stratégies de développement peuvent être interconnectées pour promouvoir un développement durable. Il est recommandé que les futures études prennent en compte les données et davantage de variables pour explorer leurs impacts sur les modèles de paysage. Le problème est que la solution basée sur un ensemble plus strict de mesures environnementales réside dans l'implication des propriétaires actuelles des terres agricoles.
- Il est devenu indispensable d'impliquer le citoyen actif (Agriculteurs, paysans et/ou nomades) dans la politique de conservation adoptée par l'État ou les autorités locales (APC/Wilayas) ou spécialisé (Directions techniques) afin d'assurer la durabilité et l'efficacité de ces mesures.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Abbas Z. Yang G. Zhong Y. Zhao Y. (2021). Spatiotemporal Change Analysis and Future Scenario of LULC Using the CA-ANN Approach : A Case Study of the Greater Bay Area. China. *Land* 10(6): 584.

Achite M. Ouillon S. (2016). Recent changes in climate, hydrology and sediment load in the Wadi Abd. Algeria (1970–2010). *Hydrol. Earth Syst. Sci* 20(4): 1355. <https://doi.org/10.5194/hess-20-1355-2016>

Adhikari K. Hartemink AE. (2016). Linking soils to ecosystem services: a global review. *Geoderma* 262:101-111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>

Afify HA. (2011). Evaluation of change detection techniques for monitoring land-cover changes: A case study in new Burg El-Arab area. *Alexandria engineering journal* 50(2): 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.06.001>

Al-Ali AMA. (2016). Temperature effects on fine-grained soil erodibility. (Doctoral dissertation, Kansas State University). <http://hdl.handle.net/2097/32514>

Alexakis DD. Hadjimitsis DG. Agapiou A. (2013). Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of “Yialias” in Cyprus. *Atmospheric Research* 131: 108-124. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.02.013>

Al-Ghobari H. Dewidar A. Alataway A. (2020). Estimation of surface water runoff for a semi-arid area using RS and GIS-based SCS-CN method. *Water* 12(7): 1924. <https://doi.org/10.3390/w12071924>

Altman DG. (1990). Practical statistics for medical research. 1^{er} Edition. *CRC press*.

Amiri F. Shariiff ARBM. Tabatabaie T. (2012). Monitoring land suitability for mixed livestock grazing using Geographic Information System (GIS). Application of Geographic Information Systems book. *IntechOpen* 13:241-266.

Ammari A. (2012). Vulnérabilité à l’Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois). Thèse de Doctorat en sciences en Hydraulique. Université Mohamed Khider - Biskra. 195p.

Anctil F. Rousselle J. Lauzon N. (2012). Hydrologie: Cheminements de l'eau. Presses inter Polytechnique.

ANRH. (2008). Carte géologique de l’Algérie au 1/200 000.

ANRH. (2008). Carte hydrogéologique de l’Algérie au 1/200 000.

ANRH. (2014). Données pluviométrique de la région de Saida (1975-2012).

Références Bibliographiques

Arabi M. Roose E. (1989). Influence de quatre systèmes de production méditerranéenne de moyenne montagne algérienne. *Bulletin Réseau Erosion* 9:39-51.

Armand R. (2009). Étude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement Thèse de Doctorat en géographie. Université de Strasbourg. 210p.

Ashish P. Darbal PP. Chowdary VM. Mal BC. (2003). Estimation of runoff for agricultural watershed using SCS curves number and Geographic Information System.

Asuero AG. Sayago A. Gonzalez AG. (2006). The correlation coefficient: An overview. *Critical reviews in analytical chemistry* 36(1): 41-59. <https://doi.org/10.1080/10408340500526766>

Atlas D. (1953). Optical extinction by rainfall. *Journal of Meteorology* 10(6):486-488. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1953\)010<0486:OEBR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1953)010<0486:OEBR>2.0.CO;2)

Auddino M. Dominici R. Viscomi A. (2015). Evaluation of yield sediment in the Sfalassà Fiumara (southwestern. Calabria) by using Gavrilovic method in GIS environment. *Rend. Online Soc. Geol. It* 33: 3-7.

Auerswald K. (2008). Water erosion. Encyclopedia of earth sciences series. Encyclopedia of Soil Science. *Springer*. pp. 817-822.

Auzet AV. Guerrini MC. Muxart T. (1992). L'agriculture et l'érosion des sols: importance en France de l'érosion liée aux pratiques agricoles. *Économie rurale* 208(1):105-110.

Avdan U. Jovanovska G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of sensors* 1-9. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>

Barsi JA. Lee K. Kvaran G. Markham BL. Pedelty JA. (2014). The spectral response of the Landsat-8 operational land imager. *Remote Sensing* 6(10): 10232-10251. <https://doi.org/10.3390/rs61010232>

Bartier PM. Keller CP. (1996). Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). *Computers & Geosciences* 22(7): 795-799. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(96\)00021-0](https://doi.org/10.1016/0098-3004(96)00021-0)

Bartley R. Hawdon A. Post DA. Roth CH. (2007). A sediment budget for a grazed semi-arid catchment in the Burdekin basin. Australia. *Geomorphology* 87(4): 302-321. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.001>

Baskan O. (2021). Analysis of spatial and temporal changes of RUSLE-K soil erodibility factor in semi-arid areas in two different periods by conditional simulation. *Archives of Agronomy and Soil Science* 1-13. <https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1922673>

Références Bibliographiques

- Bemporad GA. Alterach J. Amighetti FF. Peviani M. Saccardo I. (1997). A distributed approach for sediment yield evaluation in Alpine regions. *Journal of Hydrology* 197(1-4): 370-392. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02978-8](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02978-8)
- Benavidez R. Jackson B. Maxwell D. Norton K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences* 22(11): 6059-6086. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6059-2018>
- Bencherki A. (2008). Réalisation d'une carte de vulnérabilité des nappes phréatique de la région de Saidaen Algérie avec l'aide des systèmes d'information géographique. Thèse de maitrise en études de l'environnement. Université de MONCTON, Canada. p29.
- Benchettouh A. Kouri L. Jebari S. (2017). Spatial estimation of soil erosion risk using RUSLE/GIS techniques and practices conservation suggested for reducing soil erosion in Wadi Mina watershed (northwest. Algeria). *Arab J Geosci* 10(4): 79. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2875-6>
- Bergsma E. Charman P. Gibbons F. Hurni H. Moldenhauer WC. Panichapong S. (1996). Terminology for soil erosion and coservation. ISSS. 322p.
- Berteni F. Barontini S. Grossi G. (2021). Evaluating soil erosion by water in a small alpine catchment in Northern Italy: comparison of empirical models. *Acta Geochimica* 40: 507-524. [10.1007/s11631-020-00447-x](https://doi.org/10.1007/s11631-020-00447-x)
- Birot P. (1981). Les processus d'érosion à la surface des continents. *NOROIS* 113: 179-180.
- Bishop YMM. Feinberg SE. Holland PW. (1975). Discrete multivariate analysis-theory and practice. *MIT Press. Cambridge* 575p.
- Bizuwerk A. Taddese G. Getahun Y. (2008). Application of GIS for modeling soil loss rate in Awash Basin. Ethiopia. International Livestock Research Institute. Addis Ababa. Ethiopia.
- Body K. (1985). Pluies en Algérie-Analyse fréquentielle et synthèse Régionale. Détermination des paramètres principaux par station et leur répartition spatiale. INRH Constantine. Algeria.
- Borrelli P. Robinson DA. Fleischer LR. Lugato E. Ballabio C. Alewell C. Meusburger K. Modugno S. Schütt B. Ferro V. Bagarello V. Van OK. Montanarella L. Panagos P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications* 8(1) : 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Bouhadeb CE. Menani MR. Bouguerra H. Derdous O. (2018). Assessing soil loss using GIS based RUSLE methodology. Case of the Bou Namoussa watershed–North-East of Algeria. *Journal of Water and Land Development* (6): 27-35. <https://doi.org/10.2478/jwld-2018-0003>

Références Bibliographiques

Boiffin J. (1984). La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingénieur. Institut National Agronomique de Paris-Grignon.

Bouzeria H. (2018). Quantification et modélisation des transports solides. Cartographie des zones à risques d'érosion hydrique à partir d'une base de données gérée par un SIG : application aux bassins de Bounamoussa et Mellah (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat 3^{ème} Cycle. Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen. pp.12.

Bou Kheir R. Girard MC. Khawlie M. Abdallah C. (2001). Erosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens: une revue bibliographique. *Études et gestion des sols* 8(4) : 231-245. <https://hal.inrae.fr/hal-02678089>

Bou Kheir R. Girard MC. Shaban A. Khawlie M. Faour G. Darwich T. (2001). Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban. *Télédétection* 2(2): 79-90.

Bradford JM. Ferris JE. Remley PE. (1987). Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration runoff and soil splash detachment. *Soil Science Society of America Journal* 51(6): 1566-1571. <https://doi.org/10.2136/sssaj1987.03615995005100060029x>

Brahimi S. (2017). Transport solide et estimation de l'envasement des barrages dans le bassin versant du Chélif. Mémoire de Magister en ressources en sols, eaux et environnement. Université Djilali Bounâama de Khemis Miliana. 187p.

Brakensiek DL. Rawls WJ. (1983). Agricultural management effects on soil water processes Part II: Green and Ampt parameters for crusting soils. *Transactions of the ASAE* 26(6): 1753-1757. <https://doi.org/10.13031/2013.33838>

Brown LC. Foster GR. (1987). Storm erosivity using idealized intensity distributions. *Transactions of the ASAE* 30(2): 379-0386. <https://doi.org/10.13031/2013.31957>

Brown DG. Lusch DP. Duda KA. (1998). Supervised Classification of Types of Glaciated Landscapes Using Digital Elevation Data. *Geomorphology* 21(3-4) : 233-250. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(97\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(97)00063-9)

Bussière M. (1996). L'érosion des sols cultivés en France: manifestationcoûts remèdes. Mémoire. D.E.S.S. Université Picardie Jules Verne. 136 p.

Butler CD. Corvalan CF. Koren HS. (2005). Human HealthWell-Beingand Global Ecological Scenarios. *Ecosystems* 8:153-162. <https://doi.org/10.1007/s10021-004-0076-0>

Castro N. Auzet AV. Chevalier P. Leprun JC. (2000). Influence of extreme rainfall events (El Nino) on a gully system typical of the basaltic plateau of Southern Brazil. Int-Symp. "Gully erosion under global change". Leuven. Belgium. Abstract 44.

Références Bibliographiques

Cerdan O. Le Bissonnais Y. Souchère V. King C. Antoni V. Surdyk N. Dubus I. Arrouays D. Desprats JF. (2006). Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols. Rapport n° 3: Synthèse et recommandations générales.

Chaaouan J. Faleh A. Sadiki A. Mesrar H. (2013a). Télédétection. SIG et modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Amzaz. Rif Central. *Revue française de photogrammétrie et de télédétection* (203): 19-25. <https://doi.org/10.52638/rfpt.2013.26>

Chaaouan J. Faleh A. Sadiki A. Mesrar H. (2013b). Utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique dans l'étude de l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique dans le bassin d'Amzaz (rif centrale) à travers le modèle de Gavrilovic (EPM). *Revue de géographie du Maroc*. Numéro dédié aux actes du 3^{ème} congrès des géographes marocains. p80.

Chai T. Draxler RR. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific model development* 7(3): 1247-1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>

Chatterjee C. Kumar R. Lohani AK. Jha R. Jaiswal RK. (2001). Runoff estimation using remote sensing and GIS based SCS method. Workshop on remote sensing and GIS applications in water resources engineering. 29-31 Aug. Lucknow. pp. 1-7.

Chalise D. Kumar L. (2020). Land use change affects water erosion in the Nepal Himalayas. Himalayas. *PLoS ONE* 15(4): e0231692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231692>

Chandramohan T. and Durbude DG. (2001). Estimation of runoff using small watershed models. *Hydrol. J. IAH* 24(22): 45-53.

Chen T. Niu RQ. Li PX. Zhang LP. Du B. (2011). Regional soil erosion risk mapping using RUSLE. GIS and remote sensing: a case study in Miyun Watershed. North China. *Environmental Earth Sciences* 63(3): 533-541. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0715-z>

Chebbani R. Djilli K. Roose E. (1999). Étude à différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de l'Isser. *Bulletin ORSTOM. Réseau Erosion* 19: 85-95.

Cheggour A. Simonneaux V. Asma S. Yaro Y. Sadik E. Sabir M. Roose E. (2008). Recherche d'indicateurs de ruissellement et des risques d'érosion au moyen de tests d'infiltrométrie dans le bassin versant du Rhéraya (Haut-Atlas occidental. Maroc). *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science* 21(3) : 311-322.

Cheggour A. (2008). Mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des SIG: Application au bassin versant de la Rhéraya. Haut Atlas. Maroc. Université Cady Ayyad. Marrakesh.

Chikh HA. Habi M. Morsli B. (2019). Influence of vegetation cover on the assessment of erosion and erosive potential in the Isser marly watershed in northwestern Algeria—

Références Bibliographiques

comparative study of RUSLE and PAP/RAC methods. *Arabian Journal of Geosciences* 12(5): 1-23. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4294-3>

Cilimkovic. M. (2010). Neural Networks and Back Propagation Algorithm. Institute of Technology Blanchardstown. Dublin. Ireland.

Consuelo CR. Stroosnijder L. Guillermo A. (2007). Interrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands. *Catena*. 70(2): 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.07.005>

Cronshey R. (1986). Urban Hydrology For Small Watersheds. US Dept. of Agriculture. Soil Conservation Service. Engineering Division. USA.

Dahe P. Borate P. (2015). Development of erosion hotspots for Kaas Plateau (ESZ) of Western Ghat, Maharashtra using RUSLE and arc GIS. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience (IJRSG)* 4(4): 35-43.

Dahmani MN. (2016). Etude hydrologique e hydrogéologique du Bassin versant de l'Oued Saida. Mémoire de Magister en science de la terre. Option: hydrogéologie. Université d'Oran 2. p38.

Dalaris M. Psilovikos A. Sapountzis M. Mourtziou P. (2013): Water erosion assessment in Skiathos Island using the Gavrilović method. *Fresenius Environmental Bulletin* 22(10): 2943-2952.

D'Asaro F. Grillone G. (2010). Runoff Curve Number Method in Sicily: CN Determination and Analysis of the Initial Abstraction Ratio. Proceedings of the fourth Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference. Las Vegas. 27 June-1 July. p. 1-12.

Da Silva RM. Santos CA. Silva AM. (2014). Predicting soil erosion and sediment yield in the Tapacurá Catchment. Brazil. *Journal of Urban and Environmental Engineering* 8(1): 75-82. <https://doi.org/10.4090/juee.2014.v8n1.075082>

Decamps P. (1973). Etude hydrogéologique de la région de Saida-Tagrémaret. État des connaissances et des études en cours. *Rapport SES*. Saida.

De Cesare G. Beyer Portner NA. Boillat JL. Schleiss A. (1998). Modelling of erosion and sedimentation based on field investigations in Alpine reservoirs of hydropower schemes. In: Sediment transport in reservoirs.

De Hipt FO, Dieckkrüger B, Steup G, Yira Y, Hoffmann T, Rode M, Näschen K. (2019). Modeling the effect of land use and climate change on water resources and soil erosion in a tropical West African catchment (Dano, Burkina Faso) using SHETRAN. *Science of the Total Environment* 653: 431-445. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.351>

Deilami BR. Sheikhi MLA. Al-Saffar MRA. Barati V. (2012). Estimation of erosion and sedimentation in Karoon Basin using EPM with in geographic information system. Third

Références Bibliographiques

International Conference on Hydrosience and Engineering. *Engineering science and technology: An International Journal* 2(5).

De Martonne E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *Meteorologie* 2: 449-459.

Demuth HB. Beale MH. (2002). Neural Network Toolbox; for Use with MATLAB: Computation. Visualization. Programming; User's Guide. Version 4. Math Works.

De Myttenaere A. Golden B. Le Grand B. Rossi F. (2016). Mean absolute percentage error for regression models. *Neurocomputing*, 192, 38-48.
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.12.114>

Derrau M. (1974). Précis de géomorphologie 6^{ème} Edition. Masson et Cie.

Desmet PJJ. Govers G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *J. Soil and Water Cons* 51(5): 427-433.

De Vente J. Poesen J. (2005). Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. *Earth-science reviews* 71(1-2): 95-125.

Djeriri. Y. (2009). Commande Vectorielle d'une MADA intégrée à un Système Eolien. Mémoire de magister. Université Djilali Liabes-Sidi Belabbes.

Djeriri. Y. (2015). Commande directe du couple et des puissances d'une MADA associée à un système éolien par les techniques de l'intelligence artificielle. Thèse Doctorat en Science. Djilali Liabes-Sidi Belabbes.

Djoukbala O. Hasbaia M. Benselama O. Mazour M. (2019). Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed. Case of Wadi Gazouana (NW of Algeria). *Model. Earth Syst. Environ* 5(2): 725-743.
<https://doi.org/10.1007/s40808-018-0562-6>

Dias LCP. Macedo MN. Costa MH. Coe MT. Neill C. (2015). Effects of Land Cover Change on Evapotranspiration and Streamflow of Small Catchments in the Upper Xingu River Basin. Central Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4 (PB): 108–22.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.05.010>

Ding W. Li Z. Lu K. Ding DS. (2003). The elementary study of the reason of rill erosion on slope. *Acta Pedologica Sinica* 40(6): 822–828. <https://doi.org/10.11766/trxb200203150604>

Doetterl S. Six J. Van Wesemael B. Van Oost K. (2012). Carbon cycling in eroding landscapes: geomorphic controls on soil organic C pool composition and C stabilization". *Global Change Biology* 18(7): 2218-2232.

Références Bibliographiques

Dragičević N. Whyatt D. Davies G. Karleuša B. Ožanić N. (2014). Erosion model sensitivity to Land cover inputs: case study of the Dubračina catchment. Croatia. In: Proceedings of the GIS Research. 22nd Annual Conference GISRUK. Croatia: Glasgow: 340 -348

Dragičević N. Karleuša B. Ožanić N. (2016). A review of the Gavrilović method (erosion potential method) application. *Građevinar* 68(9): 715-725. <https://doi.org/10.14256/JCE.1602.2016>

Dreyfus G. Martinez JM. Samuelides M. Gordon MB. Badran F. Thiria S. Hérault L. (2002). Réseaux de neurones (Vol. 39). Paris: Eyrolles.

Duarte L. Teodoro AC. Gonçalves JA. Soares D. Cunha M. (2016). Assessing soil erosion risk using RUSLE through a GIS open source desktop and web application. *Environ Monit Assess* 188: 351. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5349-5>

Durrans SR (2003). Stormwater Conveyance Modeling and Design. Haestad Press. Waterbury. CT.

Dragičević N. Karleuša B. Ožanić N. (2018). Modification of erosion potential method using climate and land cover parameters. *Geomatics. Natural Hazards and Risk* 9(1): 1085-1105. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1496483>

Ebtehaj I. Bonakdari H. (2014). Performance evaluation of adaptive neural fuzzy inference system for sediment transport in sewers. *Water Resources Management* 28(13): 4765-4779. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0774-0>

Efthimiou N. Lykoudi E. Karavitis C. (2017). Comparative analysis of sediment yield estimations using different empirical soil erosion models. *Hydrological Sciences Journal*, 62(16), 2674-2694. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1404068>

Ellison WD. (1947). Soil erosion studies. Part I. *Agric. Eng.* 28: 145-146.

Elmi S. Benest M. (1978). Les « Argiles de Saïda » faciès flyshoïde du Callovo Oxfordien du sillon tlemcenien (Ouest algérien) Stratonomie environnements interprétation et évolution paléogéographique. Livre Jubilaire J. Flandrin. Lyon. pp. 203-242.

Emerson WW. (1967). A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research* 5: 47-57. <https://doi.org/10.1071/SR9670047>

Emerson WW. Greenland DJ. (1990) Soil Aggregates-Formation and Stability. In: De Boodt MF. Hayes MHB. Herbillon A. De Strooper EBA. Tuck JJ. (Eds) Soil Colloids and Their Associations in Aggregates. NATO ASI Series (Series B: Physics).vol 214. Springer. Boston. MA. p. 485-511.

Fanetti D. Vezzoli L. (2007). Sediment input and evolution of lacustrine deltas: the Breggia and Greggio rivers case study (Lake Como. Italy). *Quaternary International* 173-174: 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.02.008>

Références Bibliographiques

- Fathizad H. Karimi H. Alibakhshi SM. (2014). The estimation of erosion and sediment by using the RUSLE model and RS and GIS techniques (Case study: Arid and semi-arid regions of Doviraj.Ilam province. Iran). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7(6): 303.
- FAO. (1996). Mesures de terrain de l'érosion et de l'écoulement des eaux de surface. Bulletin pédologique 68: 153 p.
- Fleming G. (1977). The sidimentation problem. Un. Strath Clyde. pp. 10-81.
- Fu BJ. Zhao WW. Chen LD. Zhang QJ. Lü YH. Gulinck H. Poesen J. (2005). Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: a case study in the Loess Plateau of China *Land degradation and development* 16(1): 73-85. <https://doi.org/10.1002/ldr.646>.
- Gajbhiye S. Mishra SK. Pandey A. (2014). Relationship between SCS-CN and sediment yield. *Applied Water Science* 4(4): 363-370. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0152-8>
- Gao GY. Fu BJ. Lü YH. Liu Y. Wang S. Zhou J. Wang L. (2012). Coupling the modified SCS-CN and RUSLE models to simulate hydrological effects of restoring vegetation in the Loess Plateau of China. *Hydrol. Earth Syst. Sci* 16(7): 2347–2364. <https://doi.org/10.5194/hess-16-2347-2012>. 2012
- García-Ruiz JM. (2010). The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena* 81: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.001>
- Gashaw T. Tulu T. Argaw M. Worqlul AW. (2018). Modeling the Hydrological Impacts of Land Use / Land Cover Changes in the Andassa Watershed. Blue Nile Basin. Ethiopia. *Science of the Total Environment* 619-620: 1394-1408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.191>
- Gassman PW. Reyes MR. Green CH. Arnold JG. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical development, applications and future research directions. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 50(4): 1211-1250.
- Gavrilović S. (1962). Une méthode pour estimer la quantité annuelle moyenne de sédiments en fonction de la puissance de l'érosion. *Faculté de foresterie* 26: 151-168. (En Serbe)
- Gavrilović S. (1970). Méthodes modernes de calcul de la cartographie des sédiments torrentiels et de l'érosion. In : Érosion.torrents et dépôts alluviaux. Comité yougoslave pour la décennie hydrologique internationale. Belgrade. p. 85-100. (En Serbe)
- Gavrilović S. (1972). Engineering of torrents and erosion. *Journal of Construction (Special Issue)*. Belgrade. Yugoslavia. (En Serbe)
- Gavrilović Z. (1988). Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method) for Calculating Sediment Production and Transportation in Unstudied or Torrential Streams. In International Conference on River Regime. Hydraulics Research Limited. Wallingford. Oxon UK. p. 411-422.

Références Bibliographiques

- Gelagay HS. Minale AS. (2016a). Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed. Northwestern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research* 4(2): 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.01.002>
- Gelagay HS. (2016b). RUSLE and SDR model based sediment yield assessment in a GIS and remote sensing environment: A case study of Koga Watershed. Upper Blue Nile Basin. Ethiopia. *Hydrology Current Research* 7(2): 239. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000239>
- Ghosal K. Bhattacharya SD. (2020). A Review of RUSLE Model. *J Indian Soc Remote Sens.* 48: 689–707. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-01097-0>
- Giandotti M. (1933). Previsione delle piene e delle magre dei corsi d’acqua (Estimation of flood and drought discharges in natural streams). *Istituto Poligrafico dello Stato* 8: 107-117.
- Globevnik L. Holjevic D. Petkovsek G. Rubinic J. (2003). Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. *International Association of Hydrological Sciences. Publication* 279: 224-233.
- Govers G. Giménez R. Oost KV. (2007). Rill erosion: Exploring the relationship between experiments, modelling and field observations. *Earth-Science Reviews* 84(3-4): 87-102 <https://doi.org/10.1016/j.carscirev.2007.06.001>
- Gravelius, H. (1914). *Flusskunde* (Vol. 1). GJ göschen.
- Greene RG. Cruise JF. (1995). Urban watershed modeling using geographic information system. *Journal of water resources planning and management* 121(4): 318-325.
- Guerra C. Maes J. Geijzendorffer I. Metzger MJ. (2016). An assessment of soil erosion prevention by vegetation in Mediterranean Europe: current trends of ecosystem service provision. *Ecol Ind* 60: 213-222. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.043>
- Guerra CA. Rosa IMD. Valentini EWF. Filipponi F. Karger DN. Xuan AN. Guyen L. Mathieu J. Lavelle P. Eisenhauer N. (2020). Global vulnerability of soil ecosystems to erosion. *Landscape Ecol* 35: 823-842. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00984-z>
- Gumindoga W. Rientjes THM. Haile AT. Dube T. (2014). Predicting Streamflow for Land Cover Changes in the Upper Gilgel Abay River Basin. Ethiopia: A TOPMODEL Based Approach”. *Physics and Chemistry of the Earth* 76-78: 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.11.012>
- Gunn R. Kinzer GD. (1949). The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air. *Journal of Atmospheric Sciences* 6(4): 243-248. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0243:TTVOFF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0243:TTVOFF>2.0.CO;2)
- Guo H. Hu Q. Jiang T. (2008). Annual and Seasonal Streamflow Responses to Climate and Land- Cover Changes in the Poyang Lake Basin. China. *Journal of Hydrology* 355 (1–4): 106–22. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.03.020>

Références Bibliographiques

- Guo B. Wen Y. (2020). An optimal monitoring model of desertification in Naiman banner based on feature space utilizing Landsat8 OLI image. *IEEE Access* 8:4761-4768. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2962909>
- Guo B. Zang W. Yang F. Han B. Chen S. Liu Y. Yang X. He T. Chen X. Liu C. Cong R. (2020). Spatial and temporal change patterns of net primary productivity and its response to climate change in the Qinghai-Tibet Plateau of China from 2000 to 2015. *J Arid Land* 12(1):1-17. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0070-1>
- Gupta RK. Panigrahy S. (2008). Predicting the spatio-temporal variation of runoff generation in India using remotely sensed input and Soil Conservation Service Curve Number model. *J. Cur. Sci* 95: 1580-1587.
- Guzha AC. Rufino MC. Okoth S. Jacobs S. Nóbrega RLB. (2018). Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. *J Hydrol: Region Stud* 15: 49-67. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.11.005>
- Hallouz F. Meddi M. Mahé G. Alirahmani S. Keddar A. (2018). Modeling of discharge and sediment transport through the SWAT model in the basin of Harraza (Northwest of Algeria). *Water Science* 32(1): 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2017.12.004>
- Hanquiez V. Coutelier C. Pierson J. (2014). Introduction à l'analyse spatiale sur Arc Gis for Desktop 10.2. Université de Bordeaux - CNRS. p5.
- Hansen MC. Potapov P. Moore R. Hancher M. Turubanova S. Tyukavina A. Thau D. Stehman S. Goetz S. Loveland T. Kommareddy A. Egorov A. Chini L. Justice CO. Townshend JRG. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st Century Forest Cover Change. *Science* 342(6160): 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Haque MI. Basak R. (2017). Land covers change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 20(2): 251-263. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.003>
- Harris TM. Boardman J. (1998). Alternative Approaches to Soil Erosion Prediction and Conservation Using Expert Systems and Neural Networks. *Modelling Soil Erosion by Water* 55: 461-477. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58913-3_35
- Hawkins RH. (1993). Asymptotic determination of runoff curve numbers from data. *J Irrigat Drain Div ASCE* 119(2):334-345
- Hawkins RH. Ward TJ. Woodward. DE and Van Mullem JA. (2009). Curve Number Hydrology: State of the Practice. American Society of Civil Engineers. Reston. 106p.
- He C. (2003). Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. *Environ. Model. Softw* 18(8-9): 809-813.

Références Bibliographiques

- Hebal A. Remini B. (2012). Étude de la variabilité spatiotemporelle des pluies dans le Nord algérien. 1^{er} colloque international « eau et climat regards croisés Nord/Sud ». Université de Rouen. (France). 25- 26.
- Heusch B. (1982). Etude de l'érosion et des transports solides en zone semi-aride. Recherche bibliographique sur l'Afrique du nord. Projet RAB/80/04 PWD. 83p.
- Hengl T. Mendes de Jesus J. Heuvelink GB. Ruiperez Gonzalez M. Kilibarda M. Blagotić A. Kempen B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one* 12(2). e0169748.
- Horton RE. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56: 275-370.
- Hossain F. Moniruzzaman M. (2021). Environmental Change Detection through Remote Sensing Technique: A Study of Rohingya Refugee Camp Area (Ukhia and Teknaf Sub-district). Cox's Bazar. Bangladesh. *Environmental Challenges* (2):100024. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100024>
- Hossen S. Hossain MK. Uddin MF. (2019). Land cover and land use change detection by using remote sensing and GIS in Himchari National Park (HNP). Cox's Bazar. Bangladesh. *J. Sci. Technol. Environ. Inf* 7(02): 544-554. <https://doi.org/10.18801/jstei.070219.56>
- Huang. J. Tu Z. Lin J. (2009). Land-use dynamics and landscape pattern change in a coastal gulf region. Southeast China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 16(1): 61-66. <https://doi.org/10.1080/13504500902771891>
- Huda SA. Small EE. (2014). Modeling the effects of bed topography on fluvial bedrock erosion by saltating bed load. *J. Geophys. Res. Earth Surf* 119:1222–1239. <https://doi.org/10.1002/2013JF002872>
- Hudson, N. W. (1990). Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides. *Bulletin pédologique de la FAO*. (57) : 202p.
- Huisman O. De by RA. (2009). Principles of geographic information systems-an introductory text book. Série 1. The international institute for géo-information science and earth observation (ITC). Enschede. Netherlands. p51, 56, 333, 441.
- Hurni H (1985). Soil Conservation Manual for Ethiopia: A Field Guide for Conservation Implementation. Verlag nicht ermittelbar.
- Imani R. Ghasemieh H. Mirzavand M. (2014). Determining and mapping soil erodibility factor (case study: Yamchi Watershed in Northwest of Iran). *Open Journal of Soil Science* 4:168-173. <https://doi.org/10.4236/ojss.2014.45020>

Références Bibliographiques

Isa E. Bonakdari H. (2013). Evaluation of sediment transport in sewer using artificial neural network. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics* 7(3): 382-392.

Islam K. Jashimuddin M. Nath B. Nath TK (2018). Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: the case of Chunati wildlife sanctuary. Bangladesh. *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci* 21(1): 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.005>

Islam MR. Jaafar WZW. Hin LS. Osman N. Karim MR. (2020). Development of an erosion model for Langat River Basin. Malaysia.adapting GIS and RS in RUSLE. *Applied Water Science* 10(7): 1-11. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01185-4>

Jain SK. Das A. Srivastava DK. (1999). Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation. *Journal of water resources planning and management*. 125(5): 263-271.

Jain MK. Kothiyari UC. (2000). Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS. *Hydrological Sciences Journal* 45(5): 771-786. <https://doi.org/10.1080/02626660009492376>

Jenson SK. Domingue JO. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1593-1600.

Jeevalakshmi D. Reddy SN. Manikiam B. (2016). Land cover classification based on NDVI using LANDSAT8 time series: a case study Tirupati region. In the International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). pp. 1332-1335. IEEE.

Jeevalakshmi D. Reddy SN. Manikiam B. (2018) Monitoring Change in Vegetation Cover and LST due to Forest Fires Occurred at the Regional Level Using Satellite Imagery. *International Journal of Electronics Engineering* 10(2): 223-232.

Joshi VU (2018) Soil Loss Estimation based on RUSLE along the Central Hunter Valley Region. NSW. Australia. *Journal of the Geological Society of India* 91(5): 554-562. <https://doi.org/10.1007/s12594-018-0904-z>

Justine MF. Yang W. Wu F. Tan B. Khan MN. Zhao Y. (2015). Biomass stock and carbon sequestration in a chronosequence of Pinus massoniana plantations in the upper reaches of the Yangtze River. *Forests* 6(10): 3665-3682. <https://doi.org/10.3390/f6103665>

Kayet N. Pathak K. Chakrabarty A. Sahoo S. (2018). Evaluation of soil loss estimation using the RUSLE model and SCS-CN method in hillslope mining areas”. *International Soil and Water Conservation Research* 6(1): 31-42. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.11.002>

Kalambukattu JG. Kumar S. (2017). Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. *Eurasian J Soil Sci* 6(2):1-15. <https://doi.org/10.18393/ejss.286442>

Références Bibliographiques

- Kastridis A. Kamperidou V. (2015). Influence of Land Use Changes on Alluviation of Volvi Lake Wetland (North Greece). *Soil & Water Researches* 10(2): 121-129.
- Kwanele P. Njoya SN. (2019). The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: a review. *Int Soil Water Conserv* 7(1):27-46. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.002>
- Kayimierski LD.Irigoyen M. Re M. Menendey AN.Spalletti P. Brea JD. (2013). Impact of climate change on sediment yield from the upper Plata basin. *International Journal of River Basin Management* 11: 1-11. <https://doi.org/10.1080/15715124.2013.828066>
- Khanchoul K. Selmi K. Benmarce K. (2020). Assessment of soil erosion by RUSLE model in the mellegue watershed, northeast of Algeria. *Environ Ecosyst Sci* 4(1): 15-22. <https://doi.org/10.26480/ees.01.2020.15.22>
- Kimaro DN. Poesen J. Msanya BM. Deckers JA. (2008). Magnitude of soil erosion on the northern slope of the Uluguru Mountains. Tanzania: Interrill and rill erosion. *Catena* 75(1): 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.04.007>
- Kilders L. (2015). <http://conservationdistrict.org/2015/the-power-of-araindrop>. Accès au site le 01 Juin 2020.
- Koirala P. Thakuri S. Joshi S. Chauhan R. (2019). Estimation of soil erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences* 9(4): 147. <https://doi.org/10.3390/geosciences9040147>
- Koudiri R. Arabi M. Roose E. (1982). Premiers résultats de mesure du ruissellement et de l'érosion en nappe en Algérie. *Bull. Réseau Erosion* (9): 33-38.
- Krause P. Boyle D. Bäse F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Adv. Geosci* (5): 89-97. <http://dx.doi.org/10.5194/adgeo-5-89-2005>
- Langbein WB. (1947). Topographic characteristics of drainage basins. Services géologique des États-Unis. Document sur l'approvisionnement en eau 968-C. United States government printing office Washington. pp125-157.
- Laws JO. (1941). Measurements of the fall-velocity of water-drops and raindrops. *Eos. Transactions American Geophysical Union* 22(3):709-721. <https://doi.org/10.1029/TR022i003p00709>
- Laws JO. Parsons DA. (1943). The relation of raindrop-size to intensity. *Eos. Transactions American Geophysical Union* 24(2):452-460. <https://doi.org/10.1029/TR024i002p00452>
- LazarevićR. (1985). The new method for erosion coefficient determination – Z. Erozijska – stručno-informativni bilten 13: 54-61

Références Bibliographiques

- Lek S. Delacoste M. Baran P. Dimopoulos I. Lauga J. Aulagnier S. (1996). Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecological modeling* 90(1): 39-52. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00142-5](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00142-5)
- Lin CY. Lin WT. Chou WC. (2002). Soil erosion prediction and sediment yield estimation: The Taiwan experience. *Soil Tillage Res* 68(2): 143-152.
- Le Bissonnais Y. (1988). Analyse des mécanismes de désagrégation et de mobilisation des particules de terre sous l'action des pluies. Thèse de doctorat. Université d'Orléans. France.
- Le Bissonnais Y. Singer MJ. (1992). Crusting, runoff and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Science Society of America Journal* 56(6): 1898-1903.
- Le Bissonnais Y. Le Souder C. (1995). Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. *Étude et Gestion des Sols* 2(1): 43-56.
- Le Bissonnais Y. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47:425-437.
- Le Bissonnais Y. Montier C. Jamagne M. Daroussin J. King D. (2002). Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena* 46(2-3): 207-220. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00167-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00167-9)
- Lebourgeois F. Piedallu C. (2005). Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques. Outils et méthodes. *Rev. For. Fr.* LVII – 4: 338.
- Leguédois S. (2003). Mécanismes de l'érosion diffuse des sols. Modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. Thèse de Doctorat. Université d'Orléans. 197p.
- Lense GHE. Parreiras TC. Moreira RS. Avanzi JC. Mincato RL. (2019). Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols. *Ciência e Agrotecnologia* p43.
- Lense GHE. Moreira RS. Parreiras TC. Avanzi JC. Mincato RL. (2021). Modeling of soil organic carbon loss by water erosion on a tropical watershed. *Revista Ciência Agronômica* p52.
- Leroux R. (2007). Définition et application d'une méthodologie pour l'étude de la propagation d'états de mer en milieu côtier. p17.
- Lewis D. Singer MJ. Tate KW. (2000). Applicability of SCS curve number method for a California oak woodlands watershed. *J. Soil Water Conserv* 55(2): 226-230.
- Lin YP. Chu HJ. Wu CF. Verburg PH. (2011). Predictive ability of logistic regression, auto-logistic regression and neural network models in empirical land-use change modeling - a case

Références Bibliographiques

study. *International Journal of Geographical Information Science* 25(1): 65–87. <https://doi.org/10.1080/13658811003752332>.

Liu X. Li J. (2008). Application of SCS model in estimation of runoff from small watershed in Loess Plateau of China. *Chin. Geogr. Sci* 18(3): 235. <https://doi.org/10.1007/s11769-008-0235-X>

Liu X. Liang X. Li X. Xu X. Ou J. Chen Y. Li S. Wang S. Pei F. (2017). A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects. *Landsc. Urban Plan* 168: 94-116. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.019>

Loh W. Tim L. Shih Y. (2000). A comparison of prediction accuracy, complexity and training time of thirty-three old and new classification algorithm. *Machine Learning* 40(3): 203-238.

Lovrić N. Tošić R. (2018). Assessment of soil erosion and sediment yield using erosion potential method: case study-Vrba River basin (B&H). *Glasnik Srpskog geografskog društva* 98(1): 1-14. <https://doi.org/10.2298/GSGD180215002L>

Lu D. Li G. Valladares GS. Batistella M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia. Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degrad Dev* 15:499-512. <https://doi.org/10.1002/ldr.634>

Lufafa A. Tenywa MM. Isabirye M. Majaliwa MJG. Woomer PL. (2003). Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural systems* 76(3): 883-894. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00012-4)

Mabit L. Laverdière MR. Bernard C. (2002). L'érosion hydrique : méthodes et études de cas dans le Nord de la France. *Cahiers Agricultures* 11: 195-206.

Mahala A. (2018). Soil erosion estimation using RUSLE and GIS techniques-a study of a plateau fringe region of tropical environment. *Arab J Geosci* 11(335): 1-18. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3703-3>

Mallick J. Kant Y. Bharath BD. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *J. Ind. Geophys. Union* 12(3): 131-140.

Mango LM. Melesse AM. McClain ME. Gann D. Setegn SG. (2010). A Modeling Approach to Determine the Impacts of Land Use and Climate Change Scenarios on the Water Flux of the Upper Mara River. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss* 7(4): 5851–5893. <http://doi.org/10.5194/hessd-7-5851-2010>

Marcos S. Roussel-Ragot P. Personnaz L. Nerrand O. Dreyfus G. Vignat C. (1993). Réseaux de neurones pour le filtrage non linéaire adaptatif. *Traitement du Signal* 8 : 409-422.

Martonne ED. (1926). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français* 3(9): 3-5.

Références Bibliographiques

Mazour M. (1992). Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser. Tlemcen. Algérie. *Bulletin-réseau Erosion* (12) :300-313.

McClelland JL. Rumelhart DE. (1986). Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models.

McCool DK. Brown LC. Foster GR. Mutchler CK. Meyer LD. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE* 30(5): 1387-1396. <https://doi.org/10.13031/2013.30576>

McCool DK. Williams JD. (2008). Encyclopedia of Ecology. Ecological Processes. *Soil Erosion by Water* 3284-3290. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00296-2>

Medjber A et Berkane F. (2016). Quantification et évolution du Bilan de la nappe karstique de Saida (Nord-Ouest De l'Algérie). *Journal Scientifique Européen* 12(9): 349.

Melo JA. (2017). Soil loss prediction by an integrated system using RUSLE. GIS and remote sensing in semi-arid region. *Geoderma Regional* 11: 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.06.003>

Mettin JL. (1994). Calcul de la lame d'eau précipitée sur le bassin versant de l'Oubangui a Mongoumba (1972-1992). Mémoire de Maîtrise en Géographie. Université de Bangui. p52.

Meyer LD. Foster GR. Nikolov S. (1975). Effect of flow rate and canopy on rill erosion. *Transactions of the ASAE* 18(5): 905-911. <https://doi.org/10.13031/2013.36705>

Mihi A. Benarfa N. Arar A. (2020). Assessing and mapping water erosion-prone areas in northeastern Algeria using analytic hierarchy process. USLE/RUSLE equation. GIS and remote sensing. *Appl Geomat* 12(2): 179-191. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00289-0>

Mikoš M. Jošt D. Petkovšek G (2006) Rainfall and runoff erosivity in the alpine climate of north Slovenia: a comparison of different estimation methods. *Hydrological sciences journal* 51(1):115-126. <https://doi.org/10.1623/hysj.51.1.115>

Milanesi L. Pilotti M. Clerici A. and Gavrilovic Z. (2015). Application of an improved version of the Erosion Potential Method in Alpine areas. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment* 1: 17-30. <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2015-01.O-02>

Milevski I. (2008). Estimation of soil erosion risk in the upper part of Bregalnica watershed- Republic of Macedonia. based on digital elevation model and satellite imagery. In Proceedings from the fifth International conference on geographic information systems. Fatih University. Istanbul (pp. 351-358).

Milevski I. Dragicevic S. Georgievska A. (2013). GIS and RS-based modelling of potential natural hazard areas in Pehchevo municipality. Republic of Macedonia. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic". SASA.* 63(3): pp. 95-107.

Références Bibliographiques

- Millward AA. Merseyb JE. (1999). Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena* 38(2): 109-129. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00067-3)
- Mishra SK. Jain MK. Bhunya PK. Singh VP. (2005). Field applicability of the SCS-CN-based Mishra–Singh general model and its variants. *Water Resources Management* 19(1): 37-62.
- Mishra SK. Singh VP. (2007). *SCS-CN method revisited*. Advances in hydraulics and hydrology. Colorado: Water Resources Publication (WRP). USA.
- Mishra N. Kumar S. (2015). Impact of Land Use Change on Groundwater Recharge in Guishui River Basin. China. In Hydro 2015 International 20th International Conference on Hydraulics. *Water Resources and River Engineering* 21:734–43. <https://doi.org/10.1007/s11769-011-0508-7>.
- Moeyersons J. (1989). Les glissements de terrain au Rwanda occidental: leurs causes et les possibilités de leur prévention. *Cah. ORSTOM.Sér. Pédol* 25: 131-149.
- Molla T. Sisheber B (2017) Estimating soil erosion risk and evaluating erosion control measures for soil conservation planning at Koga watershed in the highlands of Ethiopia. *Solid Earth* 8: 13-25. <http://dx.doi.org/10.5194/se-8-13-2017>.
- Molinie G. (2004). Mesure des précipitations. Document théorique. pp13-19.
- Moore ID. Burch GJ. (1986). Modelling Erosion and Deposition: Topographic Effects. *Transactions of the ASAE* 29(6): 1624-1630. <https://doi.org/10.13031/2013.30363>
- Morell M. Thebe B. L'Hote Y. Drobot R. Carbonnel JP. (1999). Acquisition et constitution d'une information hydrologique de base. * H* G* A*.
- Morgan RPC. (2005). *Soil Erosion and Conservation* (Third Edition). Blackwell Science. Malden. USA.
- Moriasi DN. Gitau MW. Pai NDP (2015) Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria. *Trans. ASABE* 58(6): 1763-1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>
- Morvan X. Saby NPA. Arrouays D. Le Bas C. Jones RJA. Verheijen FGA. Bellamy PH. Stephens M. Kibblewhite MG. (2008). Soil monitoring in Europe: a review of existing systems and requirements for harmonisation. *Science of the total environment* 391(1): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.046>
- Mostephaoui T. Merdas S. Sakaa B. Hanafi MT. Benazzouz MT. (2013). cartographie des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un système d'information géographique dans le bassin versant d'el hamel (boussaada) algérie.

Références Bibliographiques

- Mushtak TJ. Chen X. (2005). Soil degradation risk prediction integrating RUSLE with Geo-Information techniques. The case of Northern Shaanxi province in China. *American Journal of Applied Sciences* 2 (2): 550-556.
- Naghdi R. Dalir P. Gholami V. Pourghasemi HR (2017) Modeling of sediment generation from forest roads employing SEDMODL and its calibration for Hyrcanian forests in northern Iran. *Environ. Earth Sci* 76 (414): 2-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-017-6758-7>
- Nakil M. Khire M. (2016). Effect of slope steepness parameter computations on soil loss estimation: review of methods using GIS. *Geocarto Int* 31:1078–1093. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1120349>
- Nambajimana JD. He X. Zhou J. Justine MF. Li J. Khurram D. Mind'je R. Nsabimana G. (2020). Land Use Change Impacts on Water Erosion in Rwanda. *Sustainability* 12(1): 50:1-25. <https://doi.org/10.3390/su12010050>
- NASA the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). (2015). Collection User Guide. https://lpdaac.usgs.gov/documents/179/SRTM_User_Guide_V3.pdf
- Nearing MA. Jetten V. Baffaut C. Cerdan O. Couturier A. Hernandez M. Le Bissonnais Y M.H. Nichols Nunes JP. Renschler CS. Souchère V. Van Oost K. (2005). Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena* 61(2-3): 131-154. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.03.007>
- Nehaï SA. Guettouche MS. (2020). Soil loss estimation using the revised universal soil loss equation and a GIS-based model: a case study of Jijel Wilaya. Algeria. *Arab J Geosci* 13(152): 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5160-z>
- Neitsch SL. Arnold JG. Kiniry JR. Williams JR. (2011). Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas Water Resources Institute. Texas. USA.
- Neggaz FZ. Kouri L. (2018). Assessment of soil water erosion using RUSLE and GIS techniques: a case study of Wadi El-Abtal watershed, Algeria. *J Biol Environ Sci* 13(5): 166-179.
- Ni JR. Li XX. Borthwick A. (2008). Soil erosion assessment based on minimum polygons in the Yellow River basin. China. *Geomorphology* 93(3): 233–52. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.015>
- Ouallali A. Moukhchane M. Aassoumi H. BErrad F. Dakir I. (2016). Evaluation and mapping of water erosion rates in the watershed of the Arbaa Ayacha River (Western Rif. Northern Morocco). *Bulletin de l'Institut Scientifique*.
- Ouallali A. Aassoumi H. Moukhchane M. Moumou A. Houssni M. Spalevic V. Keesstra S. (2020). Sediment mobilization study on Cretaceous, Tertiary and Quaternary lithological formations of an external Rif catchment. Morocco. *Hydrological Sciences Journal* 65(9): 1568-1582. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1755435>

Références Bibliographiques

Ohmori H. (1993). Changes in the hypsometric curve through mountain building resulting from concurrent tectonic sand denudation. *Geomorphology* 8: 263-277.

Okorafor OO. Akinbile CO. Adeyemo AJ. (2017). Determination of Soils Erodibility Factor (K) for Selected Sites in Imo State, Nigeria. *Resources and Environment* 8 (1): 6-13. <https://doi.org/10.5923/j.re.20180801.02>

Owoputi LO. Stolte WJ. (1995). Soil detachment in the physically based soil erosion process: A review. *Transactions of the ASABE* 38(4): 1099–1110. <https://doi.org/10.13031/2013.27927>

Panagos P. Meusburger K. Ballabio C. Borrelli P. Alewell C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the total environment* 479: 189-200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.010>

Panagos P. Borrelli P. Meusburger K. Yu B. Klik A. Lim KJ. Yang JE. Ni J. Miao C. Chattopadhyay N. Sadeghi SH. Hazbavi Z. Zabihi M. Larionov GA. Krasnov SF. Gorobets AV. Levi Y. Erpul G. Birkel C. Hoyos N. Naipal V. Oliveira PTS. Bonilla CA. Meddi M. Nel W. Al Dashti H. Boni M. Diodato N. Van Oost K. Nearing M. Ballabio C. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific reports* 7(1): 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>

Patil RJ. Sharma SK. Tignath S. (2015). Remote Sensing and GIS based soil erosion assessment from an agricultural watershed. *Arab J Geosci* 8(9): 6967-6984. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1718-y>

Pijanowski BC. Brown DG. Shellito BA. Manik GA. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Computers, environment and urban systems* 26(6): 553-575. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(01\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00015-1)

Ponce VM. Hawkins RH. (1996). Runoff curve number: Has it reached maturity? *J. Hydrol. Eng. ASCE* (1)1: 11-19.

Pradhan R. Pradhan MP. Ghose MK. Agarwal VS. Agarwal S. (2010). Estimation of Rainfall Runoff using Remote Sensing and GIS in and around Singtam, East Sikkim. *Intl. J. Geomatics & Geosci* 1(3): 467- 476.

Pourghasemi HR. Honarmandnejad F. Rezaei M. Tarazkar MH. Sadhasivam N. (2021). Prioritization of water erosion-prone sub-watersheds using three ensemble methods in Qareaghaj catchment, southern Iran. *Environmental Science and Pollution Research* 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13300-2>

Quirk JP. Panabokke CR. (1962). Pore volume-size distribution and swelling of natural soil aggregates. *Journal of Soil Science* 13(1): 71-81.

Rajae T. Nourani V. Zounemat-Kermani M. Kisi O. (2011). River suspended sediment load prediction: application of ANN and wavelet conjunction model. *Journal of Hydrologic Engineering* 16(8): 613-627. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000347](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000347)

Références Bibliographiques

Ranzi R. Le TH. Rulli MC. (2012). A RUSLE approach to model suspended sediment load in the Lo River (Vietnam): Effects of reservoirs and land use changes. *Journal of Hydrology* 422: 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.12.009>

Rapp A. Axelsson V. Berry L. Murray-Rust DH. (1972). Soil erosion and sediment transport in the Morogoro River catchment. Tanzania. *Geografiska Annaler: Series A. Physical Geography* 54(3-4): 125-155.

Remini W. Remini B. (2003). La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du nord. *LARHYSS Journal* 2: 45-54.

Renard KG. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Government Printing. USA.

Renard KG. Yoder DC. Lightle DT. Dabney SM. (2011). Universal Soil Loss Equation and Revised Universal Soil Loss Equation. Handbook of erosion modeling. Edited by R.P.C. Morgan and M.A. Nearing. Blackwell Publishing Ltd. UK.

Ritter J. Eng P. (2012). Soil erosion—causes and effects. Fact sheet. Ontario Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Order 12-053: 1-8. <http://omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.pdf>

Ritter J. (2012). L'érosion du sol—causes et effets. Fiche descriptive. Ontario Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Commande 12-054: 1-8. <http://omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-054.pdf>

Rojas R. (2009). Neural networks: a systematic introduction. Springer Science & Business Media. Berlin Heidelberg. 509p.

Roetter RP. Hoanh CT. Laborte AG. Van Keulen H. Van Ittersum MK. Dreiser C. Van Diepen CA. De Ridder N. Van Laar HH. (2005). Integration of Systems Network (SysNet) Tools for Regional Land Use Scenario Analysis in Asia. *Environmental Modelling and Software* 20 (3): 291-307. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.01.001>

Roose E. (1975). Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Cycle: ORSTOM. Paris.

Roose E. (1977). Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Travaux et documents de l'ORSTOM n°78. ORSTOM. Paris.

Roose E. Arabi M. Brahamia K. Chebbani R. Mazour M. Morsli B. (1993). Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification sur la production agricole par la GCES: synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie 28(2): 289-308.

Roose E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). (Bulletin Pédologique de la FAO 438 p.

Références Bibliographiques

- Roose E. (1996). Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. *Bulletin du Réseau Erosion* 16: 87-97.
- Roose E. De Noni G. (1998). Apport de la recherche à la lutte antiérosive: bilan mitigé et nouvelle approche. *Etude de la gestion des sols* 5(3): 181-194.
- Roose E. (1999). Evolution historique des stratégies de lutte antiérosive. Vers la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols : (GCES). *Bulletin Réseau Erosion* 19: 18.
- Roose E. Sabir M. Arabi M. Morsli B. Mazour M. (2012). Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement* 6: 43-69.
- Rozos D. Skilodimou HD. Loupasakis C. Bathrellos GD. (2013). Application of the revised universal soil loss equation model on landslide prevention. An example from N. Euboea (Evia) Island. Greece. *Environ. Earth. Sci* 70: 3255-3266. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2390-3>
- Rumelhart DE. Hinton GE. Williams R.J. (2013). Learning Internal Representations by Error Propagation. *In Readings in Cognitive Science: A Perspective from Psychology and Artificial Intelligence* pp. 399-421.
- Sabir M. Roose E. (2004). Influences du couvert végétal et des sols sur le stock de carbone du sol et les risques d'érosion et de ruissellement dans les montagnes méditerranéennes du Rif Occidental (Maroc). *Bulletin du Réseau Erosion* 23 : 144-154.
- Sahli Y. Mokhtari E. Merzouk B. Laignel B. Vial C. Madani K. (2019). Mapping surface water erosion potential in the Soummam watershed in Northeast Algeria with RUSLE model. *Journal of Mountain Science* 16(7): 1606-1615. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5325-3>.
- Sakuno NRR. Guiçardi ACF. Spalevic V. Avanzi JC. Silva MLN. Mincato RL. (2020). Adaptation and application of the erosion potential method for tropical soils. *Revista Ciência Agronômica* 51(1): 1-10. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200004>
- Salih MM. Jasim OZ. Hassoon KI. Abdalkadhum AJ. (2018). Land surface temperature retrieval from LANDSAT-8 thermal infrared sensor data and validation with infrared thermometer camera. *International Journal of Engineering & Technology* 7(4.20): 608-612.
- Santra P. Goyal R. Tewari J. Roy M. (2014). Assessment of potential soil loss rate by wind and water erosion in Jodhpur region of western Rajasthan. India: Global Soil Map. Basis of the global spatial soil information system. *CRC press* 139.
- Schumm SA. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey. Geological Society of America. Bulletin 67: 597-646.

Références Bibliographiques

SCS. (1956). Hydrology. National Engineering Handbook. Soil Conservation Service: USDA. Washington. USA.

Shadeed S. Almasri M. (2010). Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments. Palestine. *Water Science and Engineering* 3(1): 1-13.

Shahrivar A. Christopher TBS. (2012). The effects of soil physical characteristics on gully erosion development in Kohgiluyeh & Boyer Ahmad province. Iran. *Advances in Environmental Biology* 397-406.

Sharma D. Kumar V. (2002). Application of SCS model with GIS database for estimation of runoff in arid watershed. *Journal of Soil and Water Conservation* 30(2): 141-145.

Sharma R. Hilborn R. (2001). Empirical relationships between watershed characteristics and coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolt abundance in 14 western Washington streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58(7): 1453-1463.

Sharma CM. Baduni NP. Gairola S. Ghildiyal SK. Suyal S. (2010). Effects of slope aspects on forest compositions. community structures and soil properties in natural temperate forests of Garhwal Himalaya. *Journal of Forestry Research* 21(3): 331-337.

Sharma A. Tiwari KN. Bhadoria P. (2011). Effect of land use land cover change on soil erosion potential in an agricultural watershed. *Environmental Monitoring and Assessment* 173(1-4): 789-801. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1423-6> PMID: 20364312

Shawul AA. Chakma S. (2019). Spatiotemporal detection of land use/land cover change in the large basin using integrated approaches of remote sensing and GIS in the Upper Awash basin. Ethiopia. *Environ. Earth Sci* 78(5):1-13. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8154-y>

Shi PJ. Yuan Y. Zheng J. Wang JA. Ge Y. Qiu GY. (2007). The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region. China. *Catena* 69(1): 31-35.

Shi DM. Chen ZF. Gy J. Jiang D. (2012). Comparative study on estimation methods for soil erodibility K in purple hilly area. *J Beijing for Univ* 34(1):32-38.

Shin SS. Park SD. Choi BK. (2016). Universal power law for relationship between rainfall kinetic energy and rainfall intensity. *Advances in Meteorology*. <https://doi.org/10.1155/2016/2494681>

Simms AD. Woodroffe CD. Jones BG. (2003). Application of RUSLE for erosion management in a coastal catchment. Southern NSW. Proceeding of the International Congress on Modelling and Simulation. Queensland. Australia.

Sinha D. Joshi VU. (2012). Application of universal soil loss equation (USLE) to recently reclaimed badlands along the Adula and Mahalungi Rivers. Pravara Basin. Maharashtra. J. Geol. Soc. India 80:341-350. <https://doi.org/10.1007/s12594-012-0152-6>

Références Bibliographiques

Singh J. Knapp HV. Arnold JG. Demissie M. (2005). Hydrological modeling of the Iroquois river watershed using HSPF and SWAT1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 41(2):343-360. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03740.x>

Smida H. (2008). Apports des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour une approche intégrée dans l'étude et la gestion des ressources en eau des systèmes aquifères de la région de Sidi Bouzid (Tunisie centrale). Thèse de Doctorat en Sciences Géologique. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS). p55.

Smith JA. De Veaux RD. (1992). The temporal and spatial variability of rainfall power. *Environmetrics* 3(1) : 29-53. <https://doi.org/10.1002/env.3170030103>

Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) (2009). <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgmfiches/gravitaire/4204.php>. Accès au site le 01 Juin 2020.

Sobrino JA. Raissouni N. (2000). Toward remote sensing methods for land-cover dynamic monitoring: Application to Morocco. *International journal of remote sensing* 21(2): 353-366.

Sobrino JA. Jiménez-Muñoz JC. Soria G. Romaguera M. Guanter L. Moreno J. Martínez P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing* 46(2): 316-327. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.904834>

Solaimani K. Modallaldoust S. Lotfi S. (2009a). Investigation of land use changes on soil erosion process using geographical information system. *International Journal of Environmental Science & Technology* 6(3):415-24. <https://doi.org/10.1007/BF03326080>

Solaimani K. Modallaldoust S. Sedigheh Lotfi S. (2009b). Soil Erosion Prediction Based on Land Use Changes (A Case in Neka Watershed). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(2): 97-104

Soulis KX. Valiantzas JD. Dercas N. Londra PA. (2009). Analysis of the runoff generation mechanism for the investigation of the SCS-CN method applicability to a partial area experimental watershed. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 13: 605-615 <https://doi.org/10.5194/hess-13-605-2009>. 2009

Spalevic V. Barovic G. Mitrovic M. Hodzic R. Mihajlovic G. Frankl A. (2015). Assessment of sediment yield using the Erosion Potential Method (EPM) in the Karlicica Watershed of Montenegro. In *International Conference on Soil*. Tirana. Albania (pp. 4-7).

Spalevic V. Barovic G. Vujacic D. Curovic M. Behzadfar M. Djurovic N. Billi P. (2020). The Impact of Land Use Changes on Soil Erosion in the River Basin of Miocki Potok. Montenegro. *Water* 12(11): 2973. <https://doi.org/10.3390/w12112973>

Stein ML. (2012). *Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging*. Springer Science and Business Media. Germany.

Références Bibliographiques

- Strahler AN. (1952). Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin* 63: 1117-1142.
- Strahler AN. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions. American Geophysical Union* 38(6): 913-920.
- Stitcher P. (2010). <http://restoringutopia.blogspot.com/2010/07/like-hollow-pointbullets-from-sky.html>. Accès au site le 01 Juin 2020.
- Stanchi S. Freppaz M. Ceaglio E. Maggioni M. Meusburger K. Alewell C. Zanini E. (2014). Soil erosion in an avalanche release site (Valle d'Aosta: Italy): towards a winter factor for RUSLE in the Alps. *Natural hazards and earth system sciences* 14(7): 1761-1771. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1761-2014>
- Stathopoulou M. Cartalis C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy* 81(3): 358-368.
- Sun L. Fang H. Qi D. Li J. Cai Q. (2013). A review on rill erosion process and its influencing factors. *Chinese Geographical Science* 23(4): 389-402. <https://doi.org/10.1007/s11769-013-0612-y>
- Tarboton DG. Bras RL. Rodriguez-Iturbe I. (1991). On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. *Hydrological Processes* 5: 81-100.
- Thanekar GS. Krishna RV. (2021). Land Use Land Cover Prediction Analysis. 73p.
- Thomas J. Joseph S. Thirvikramji KP. (2018). Assessment of soil erosion in a tropical mountain river basin of the southern Western Ghats, India using RUSLE and GIS. *Geoscience Frontiers* 9(3): 893-906. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.05.011>
- Tilman D. Fargione J. Wol B. D'Antonio C. Dobson A. Howarth R. Schindler DW. Schlesinger W. Simberlo D. Swackhamer D. (2001). Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science* 292(5515) : 281-284. <https://doi.org/10.1126/science.1057544>
- Torres DS. Salles C. Creutin JD. Delrieu G. (1992). Quantification of soil detachment by raindrop impact: performance of classical formulae of kinetic energy in Mediterranean storms. *IAHS Publ* 210: 115-124.
- Toubal AK. Achite M. Ouillon S. Dehni A. (2018). Soil erodibility mapping using the RUSLE model to prioritize erosion control in the WadiSahouat basin. North-West of Algeria. *Environ Monit Assess* 190(4): 210. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6580-z>
- Tsihrintzis VA. Hamid R. (1997). Urban stormwater quantity/quality modeling using the SCS method and empirical equations. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 33(1): 163-176.

Références Bibliographiques

- Uijlenhoet R. Stricker JNM. (1999). A consistent rainfall parameterization based on the exponential raindrop size distribution. *Journal of Hydrology* 218(3-4):101-127. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00032-3)
- USDA-ARS, 2008. Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (RUSLE2). User's reference guide. 444p. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/RUSLE2_User_Ref_Guide.pdf
- Vaezi AR. Bahrami HA. Sadeghi SH. Mahdian MH. (2010). Spatial variability of soil erodibility factor (K) of the USLE in North West of Iran. *J Agr Sci Tech* 12:241-252
- Van der Knijff JM. Jones RJA. Montanarella L. (2000). *Estimation of erosion risk in Italy*. Eur. Soil Bur. European Union.
- Varnes DJ. (1978). Slope movement types and processes. *Special report* 176: 11-33.
- Van Oost K. Quine TA. Govers G. De Gryze S. Six J. Harden JW. Ritchie JC. McCarty GW. Heckrath G. Kosmas C. Giraldez JV. Marques da Silva JR. Merck R. (2007). The impact of agricultural soil erosion on the global carbon cycle". *Science* 318(5850): 626-629. <https://doi.org/10.1126/science.1145724>.
- Vanwalleggem T. Gómez JA. Infante Amate J. González de Molina M. Vanderlinden K. Guzmán G. Laguna A. Giraldez JV. (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene* 17: 13-29. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.01.002>
- Varoonchotikul P. (2003). Flood forecasting using artificial neural networks. *CRC Press*.
- Vetter T. Rieger AK. Nicolay A. (2014). Disconnected runoff contributing areas: Evidence provided by ancient watershed management systems in arid north-eastern Marmarica (NWEgypt). *Geomorphology* 212: 41-57. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.10.002>
- Walczak S. Cerpa N. (2003). Artificial Neural Network. *Encyclopedia of Physical Science and Technology* 631-645p.
- Walker SE. Banasik K. Mitchell JK. Northcott WJ. Yuan Y. Jiang N. (2000). Applicability of the SCS curve number method to tile-drained watersheds. *Ann. Warsaw Agric. Univ. (SGGW). Land Reclam. Warsaw. Poland.* 30:3-14.
- Walling DE. Webb BW. (1983). Patterns of sediment yield. In Gregory. K.J. (ed.). *Background to palæohydrology*. Wiley. Chichester: 69–100.
- Wall DH. Six J. (2015). Give soils their due. *Science* 347:695.
- Wang F. Qin Z. Song C. Tu L. Karnieli A. Zhao S. (2015). An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote sensing* 7(4): 4268-4289.

Références Bibliographiques

- Wang G. Yang H. Wang L. Xu Z. Xue B. (2014). Using the SWAT Model to Assess Impacts of Land Use Changes on Runoff Generation in Headwaters. *Hydrological Processes* 28 (3): 1032-1042. <https://doi.org/10.1002/hyp.9645>.
- Wang YF. Fu BJ. Chen LD. Lu YH. Luo CY. (2009). Effects of land use change on soil erosion intensity in small watershed of Loess Hilly Region: A quantitative evaluation with 137-Cesium tracer. *Chinese Journal of Applied Ecology* 20: 1571-1576. (En Chinoise).
- Wang L. Qian J. Wen-Yan Q. Sheng-Shuang L. Jian-Long C. (2018). Changes in soil erosion and sediment transport based on the RUSLE model in Zhifanggou watershed. *China. Proc. IAHS* 377: 9-18. <https://doi.org/10.5194/piahs-377-9-2018>. 2018
- Weng H. Pan A. Yang L. Zhang C. Liu Z. Zhang D. (2004). Estimating number of transgene copies in transgenic rapeseed by real-time PCR assay with HMG I/Y as an endogenous reference gene. *Plant Molecular Biology Reporter* 22(3): 289-300.
- Wenner CG. (1980). Soil Conservation in Kenya. Ministry of Agriculture, Nairobi, Kenya. 228. <https://edepot.wur.nl/480199>
- Whipple KX. Hancock GS. Anderson RS. (2000). River Incision into bedrock: Mechanics and relative efficacy of plucking, abrasion, and cavitation. *Geol. Soc. Am. Bull* 112(3): 490–503. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2000\)112](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2000)112)
- Wiebe KD. (2003). Linking land quality, agricultural productivity, and food security. *USDA-ERS Agricultural Economic Report* 823.
- Williams JR. Berndt HD. (1977). Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Transactions of the ASAE* 20(6): 1100-1104. <https://doi.org/10.13031/2013.35710>
- Williams CK. Rasmussen CE. (2006). Gaussian processes for machine learning. Cambridge. MA: MIT press. United Kingdom.
- Willmott CJ. Matsuura K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*, 30(1), 79-82. <https://doi.org/10.3354/cr030079>
- Wilkinson BH. McElroy BJ. (2007). The impact of humans on continental erosion and sedimentation. *GSA Bulletin* 119(1/2): 140-156. <https://doi.org/10.1130/B25899.1>
- Wilson A. Hovius N. Turowski JM. (2013). Upstream-facing convex surfaces: Bedrock bed forms produced by fluvial bedload abrasion. *Geomorphology* 180: 187-204. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.10.010>.
- Wischmeier WH. Smith DD. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss". *Eos. Transactions American Geophysical Union* 39(2): 285-291. <https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>

Références Bibliographiques

Wischmeier WH. Smith DD. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. 537. Department of Agriculture. Science and Education Administration.

Xiao Y. Guo B. Lu Y. Zhang R. Zhang D. Zhenb X. Chenb S. Wub H. Weib C. Yangb L. Zhangb Y. Zangg W. Huangg X. Sunb G. Wang Z. (2021). Spatial–temporal evolution patterns of soil erosion in the Yellow River Basin from 1990 to 2015: impacts of natural factors and land use change. *Geomatics. Natural Hazards and Risk* 12(1):103-122. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1861112>

Xu L. Xie Y. Fu SH. Liu BY. Lu BJ. Yuan AP. (2007). Simple method of estimating rainfall erosivity under different rainfall amount of Beijing. *Research of Soil and Water Conservation* 6: 398-402.

Xu L. Xu X. Meng X. (2013). Risk assessment of soil erosion in different rainfall scenarios by RUSLE model coupled with information diffusion model: A case study of Bohai Rim. China. *Catena* 100:74–82. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.08.012>

Yan Q. Lei T. Yuan C. Lei Q. Yang X. Zhang M. Su G. An L. (2015). Effects of watershed management practices on the relationships among rainfall, runoff, and sediment delivery in the hilly-gully region of the Loess Plateau in China. *Geomorphology* 228: 735-745. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.10.015>

Yang D. Kanae S. Oki T. Koike T. Musiak K. (2003). Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrol Process* 17:2913–2928. <https://doi.org/10.1002/hyp.1441>

Yles F. Bouanani A. (2017). Production de sédiments en suspension et typologie des crues dans les zones steppiques algériennes : cas du bassin versant de l’oued Saida. *Geo-Eco-Trop* 41(1): 136.

Yles F. (2014). Modélisation pluie-débit et transport solide dans le bassin versant de l’oued Saida. Thèse de Doctorat. Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen. Algérie. 150p.

Young RA. Onstad CA. (1982). The effect of soil characteristics on erosion and nutrient loss. Recent Developments in the Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield. Proceedings of the Exeter Symposium. *IAHS Publ.* no° 137.

Yuan Y. Hall K. Oldham C. (2001). A preliminary model for predicting heavy metal contaminant loading from an urban catchment. *Sci. Total Environ* 226: 299-307.

Yusof FM. Jamil NR. Aini N. Manaf LA. (2016). Land use change and soil loss risk assessment by using geographical information system (GIS): A case study of lower part of Perak River. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *IOP Publishing* 37(1): 1-13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012065>

Références Bibliographiques

Zakhrouf M. Hamid B. Kim S. Madani S. (2021). Novel insights for streamflow forecasting based on deep learning models combined the evolutionary optimization algorithm. *Physical Geography* 1-24. <https://doi.org/10.1080/02723646.2021.1943126>

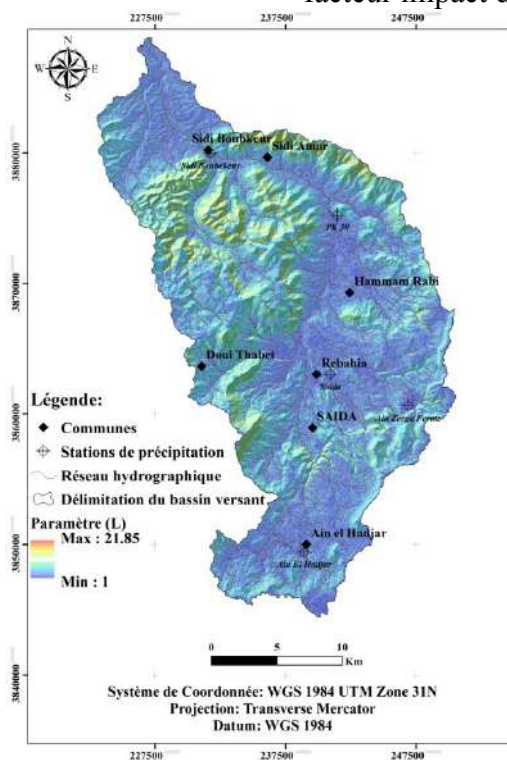
Zhang D. (2017). A coefficient of determination for generalized linear models. *The American Statistician* 71(4): 310-316.

Zhang P. Li Y. Jing W. Yang D. Zhang Y. Liu Y. Geng W. Rong T. Shao J. Yang J. Qin M. (2020). Comprehensive Assessment of the Effect of Urban Built-Up Land Expansion and Climate Change on Net Primary Productivity. *Complexity* 2020: 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/8489025>

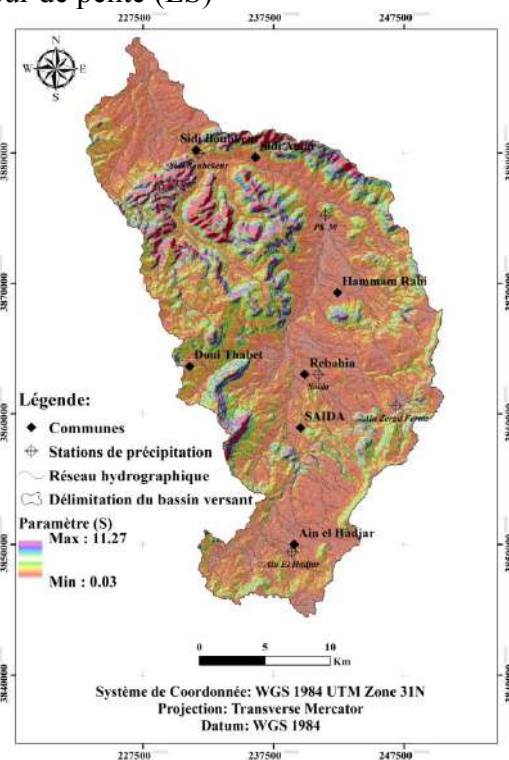
Zhibin R. Haifeng Z. Xingyuan H. Dan Z. Xingyang Y. (2015). Estimation of the relationship between urban vegetation configuration and land surface temperature with remote sensing. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 43(1): 89-100. <https://doi.org/10.1007/s12524-014-0373-9>.

Zingg AW. (1940). Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off. *Agric. Engng* 21: 59-64.

Annexe 1. Les cartes des paramètres (L) et (S) nécessaires pour la réalisation de la carte du facteur impact de longueur de pente (LS)

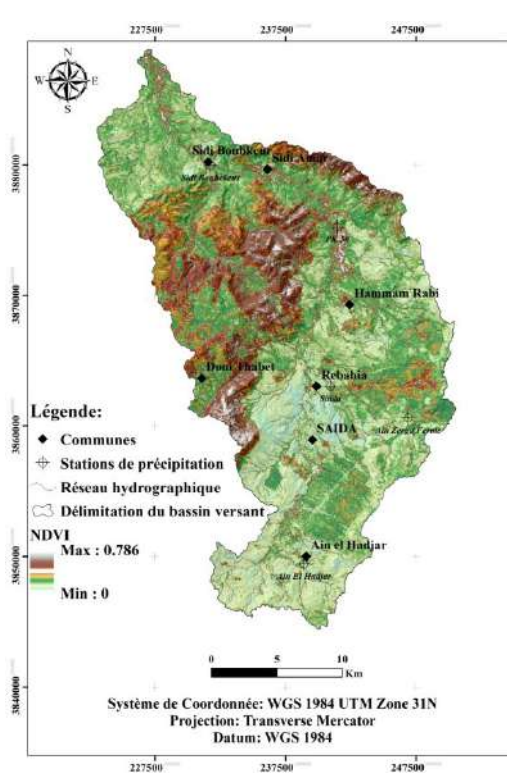


Paramètre (L)

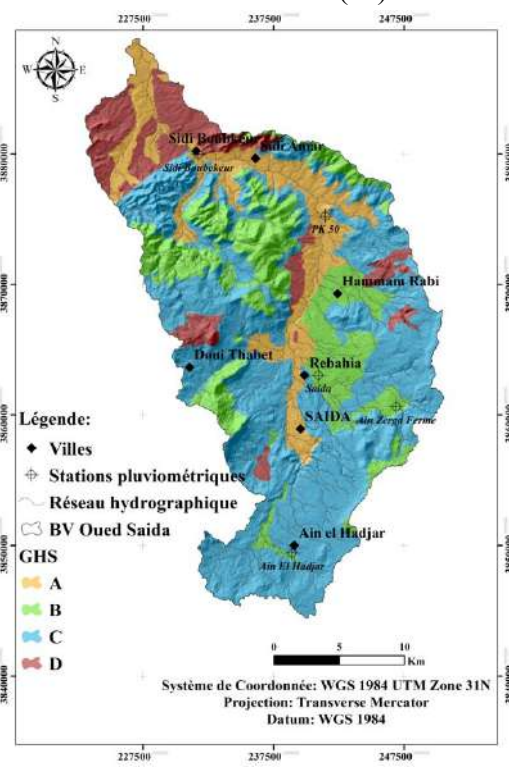


Paramètre (S)

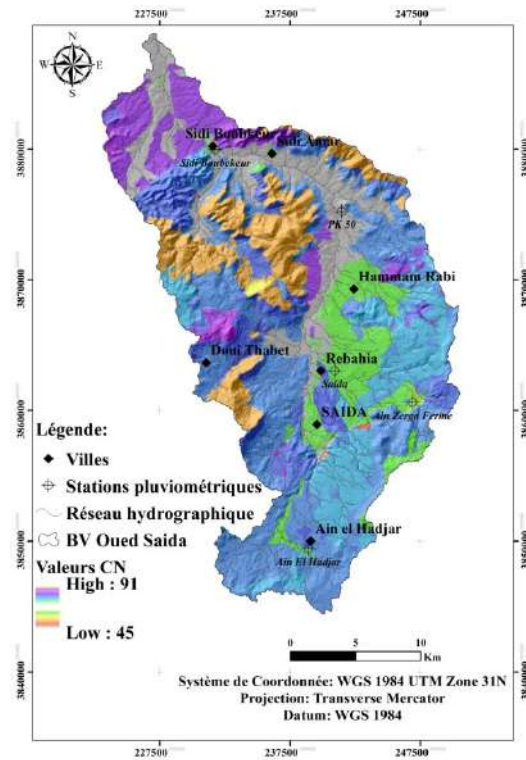
Annexe 2. Les cartes des composantes (NDVI), (GHS) et (CN) nécessaires pour la réalisation de la carte du facteur Ruissellement érosif de surface (R_r)



Composante (NDVI)

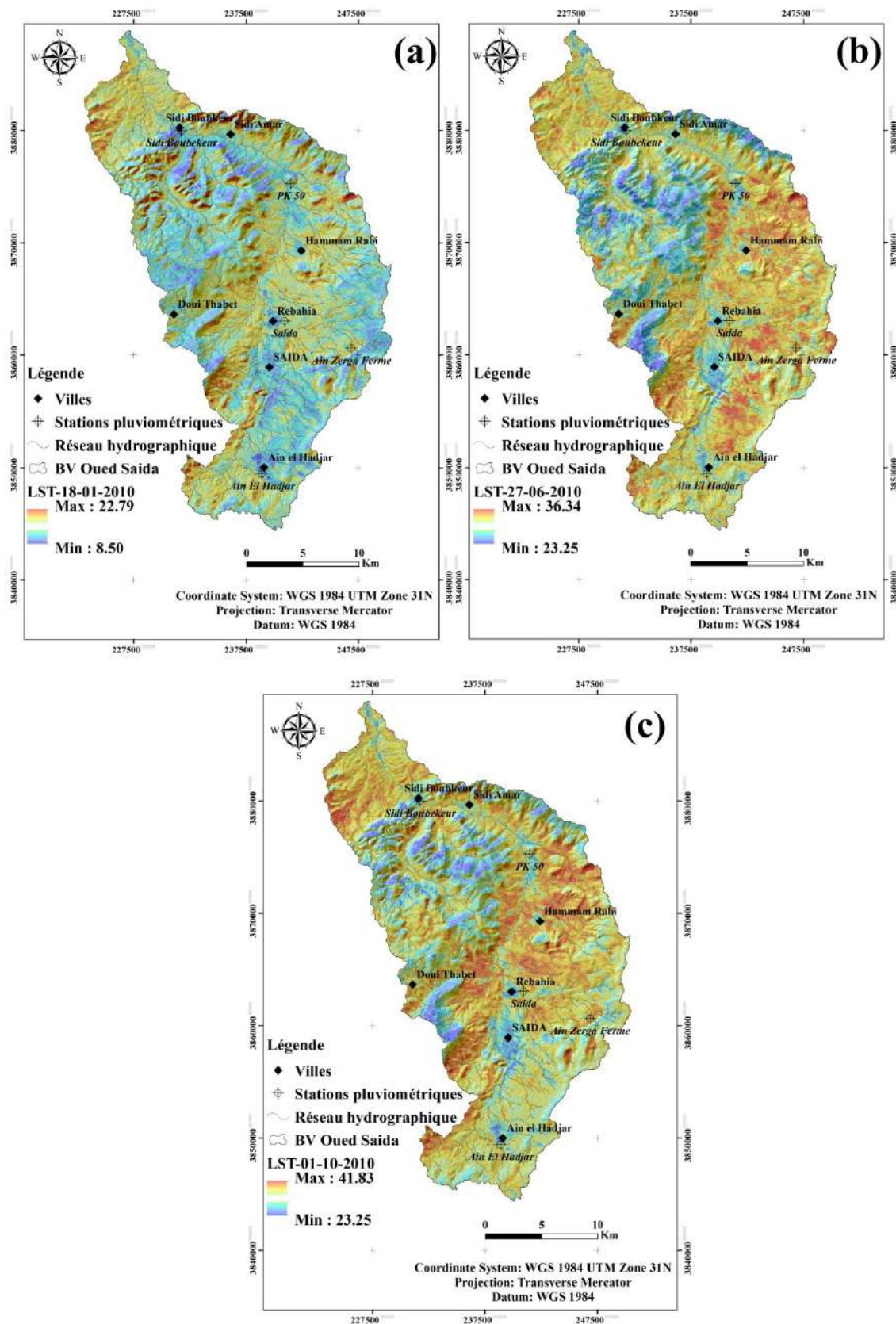


Composante (GHS)

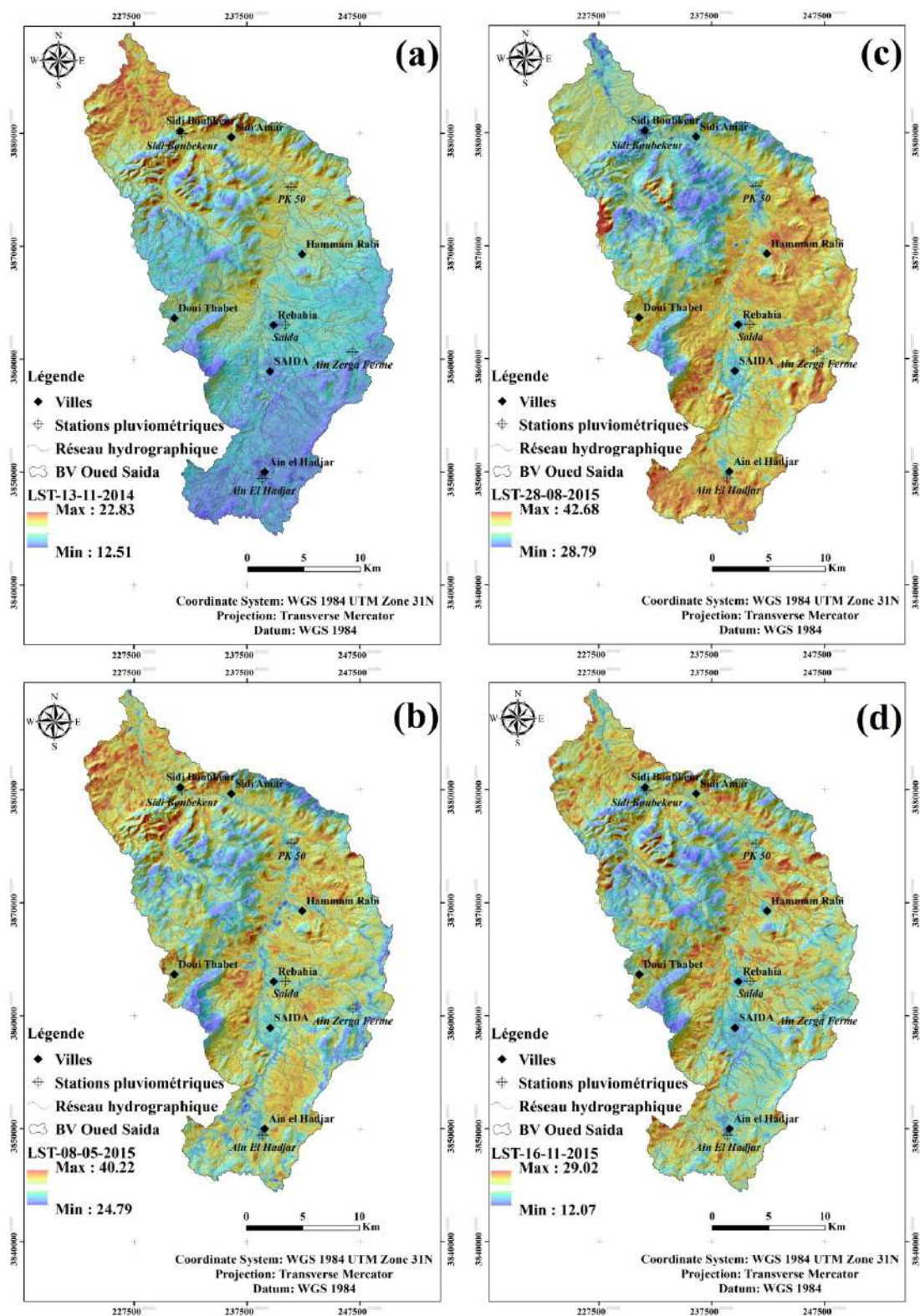


Composante (CN)

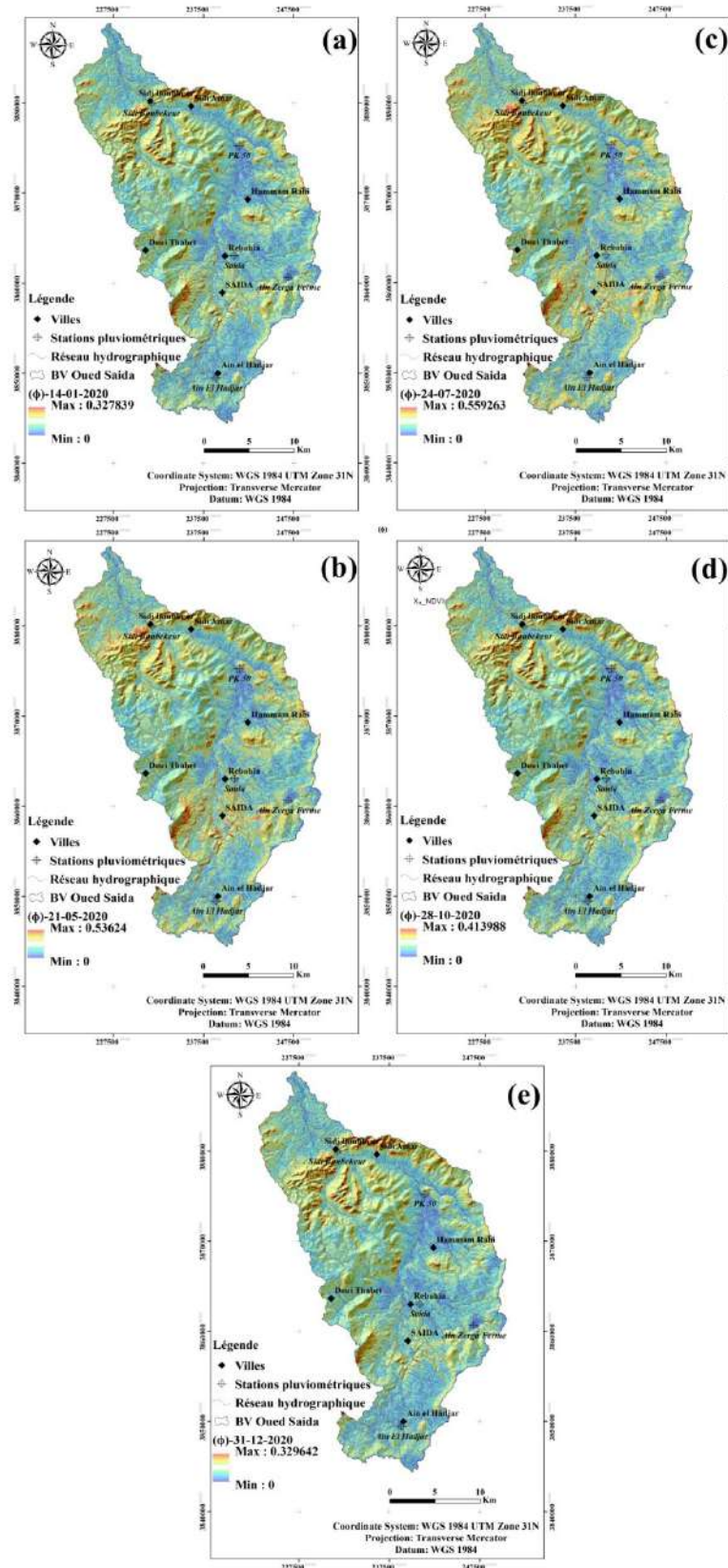
**Annexe 3. Température de surface Multi date pour l'année 2010
(18-01-2010/27-06-2010 et 01-10-2010)**



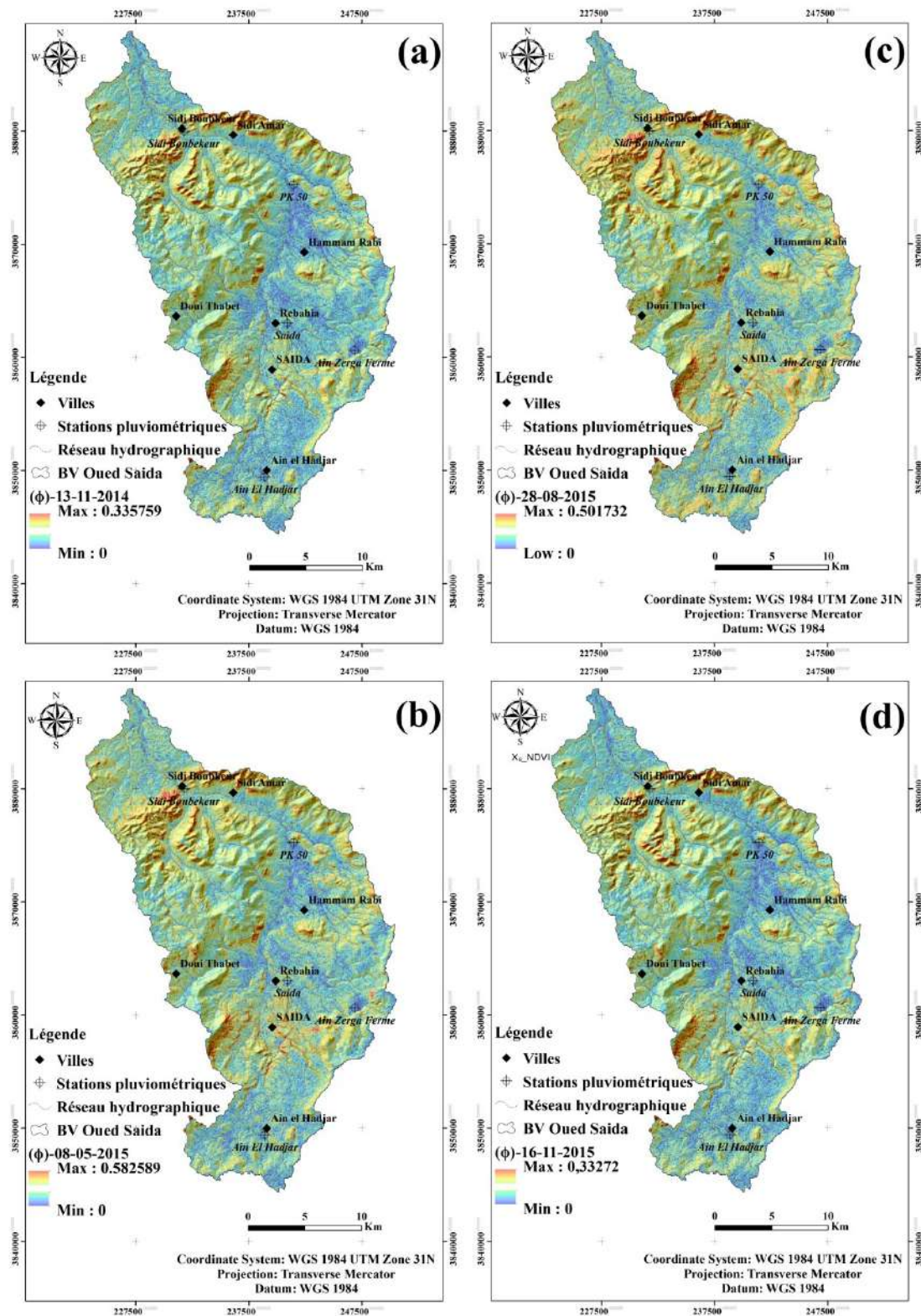
Annexe 4. Température de surface Multi date pour l'année 2015
(13-11-2014/08-05-2015/28-08-2015 et 16-11-2015)



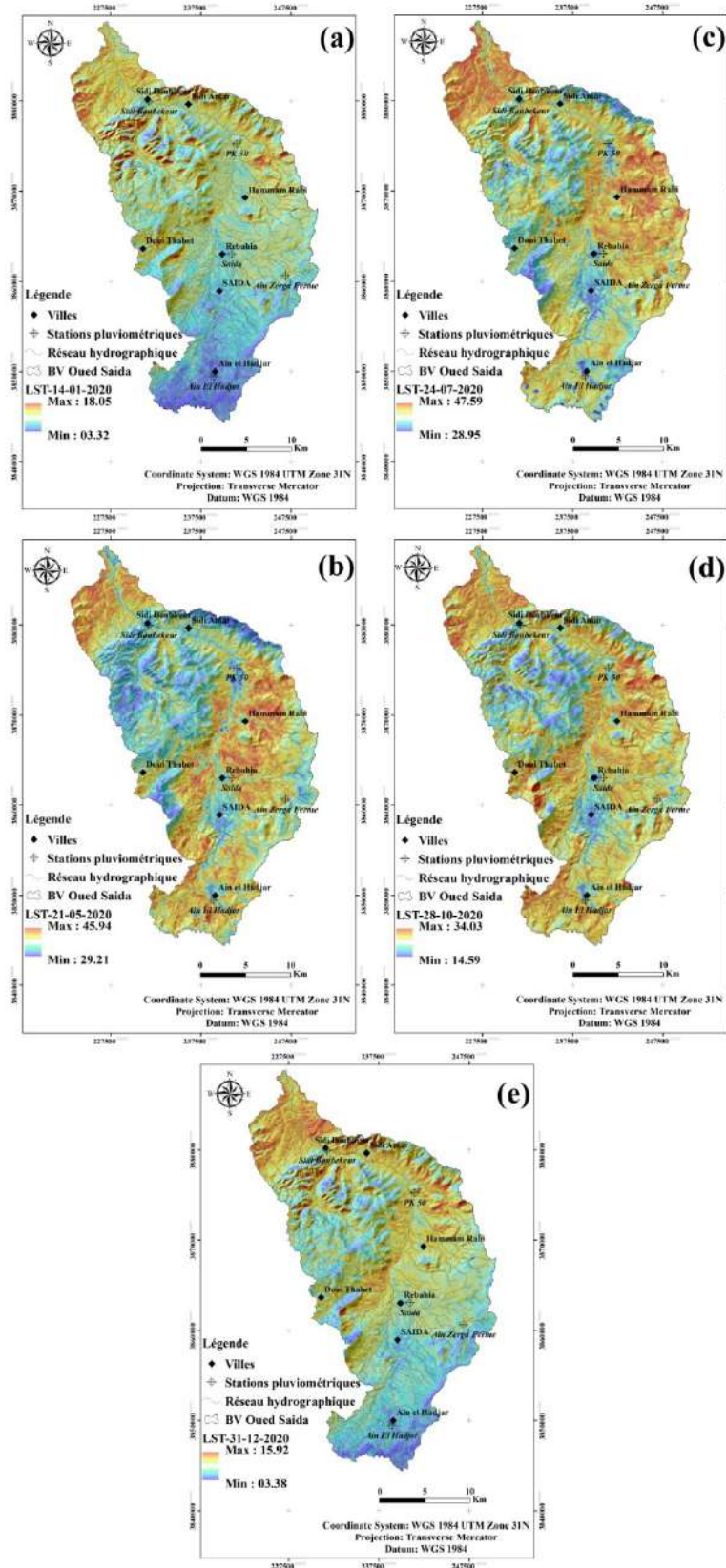
Annexe 5. Température de surface Multi date pour l'année 2020
(14-01-2020/21-05-2020/24-07-2020/28-10-2020 et 31-12-2020)



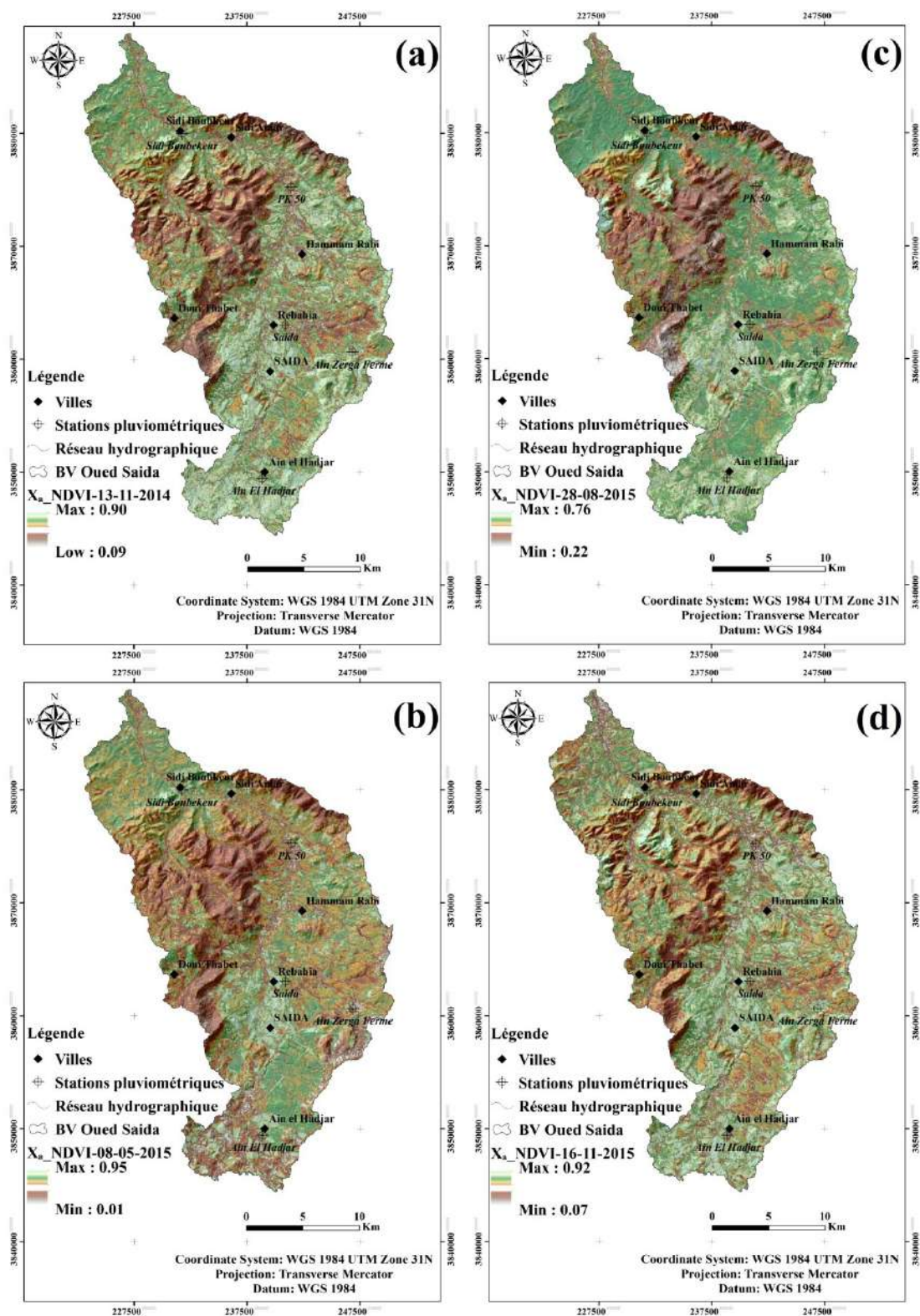
Annexe 6. Paramètre Phi (ϕ) Multi date pour l'année 2015
(13-11-2014/08-05-2015/28-08-2015 et 16-11-2015)



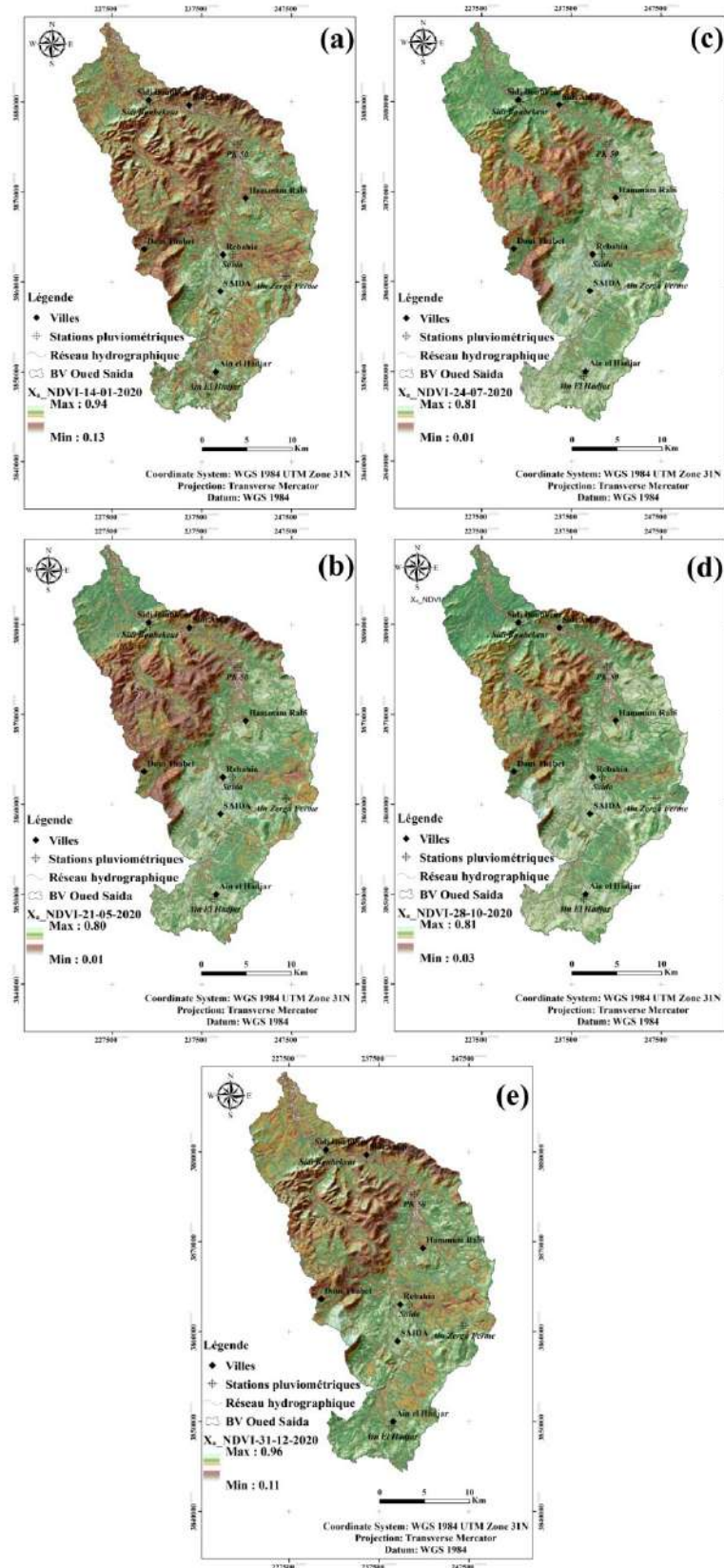
Annexe 7. Paramètre Phi (ϕ) Multi date pour l'année 2020
(14-01-2020/21-05-2020/24-07-2020/28-10-2020 et 31-12-2020)



**Annexe 8. Paramètre (X_a -NDVI) Multi date pour l'année 2015
(13-11-2014/08-05-2015/28-08-2015 et 16-11-2015)**



Annexe 9. Paramètre (X_a -NDVI) Multi date pour l'année 2020
(14-01-2020/21-05-2020/24-07-2020/28-10-2020 et 31-12-2020)



Annexe 10. Nomogramme de Wischmeier pour estimer l'indice d'érodabilité des sols à l'érosion hydrique.

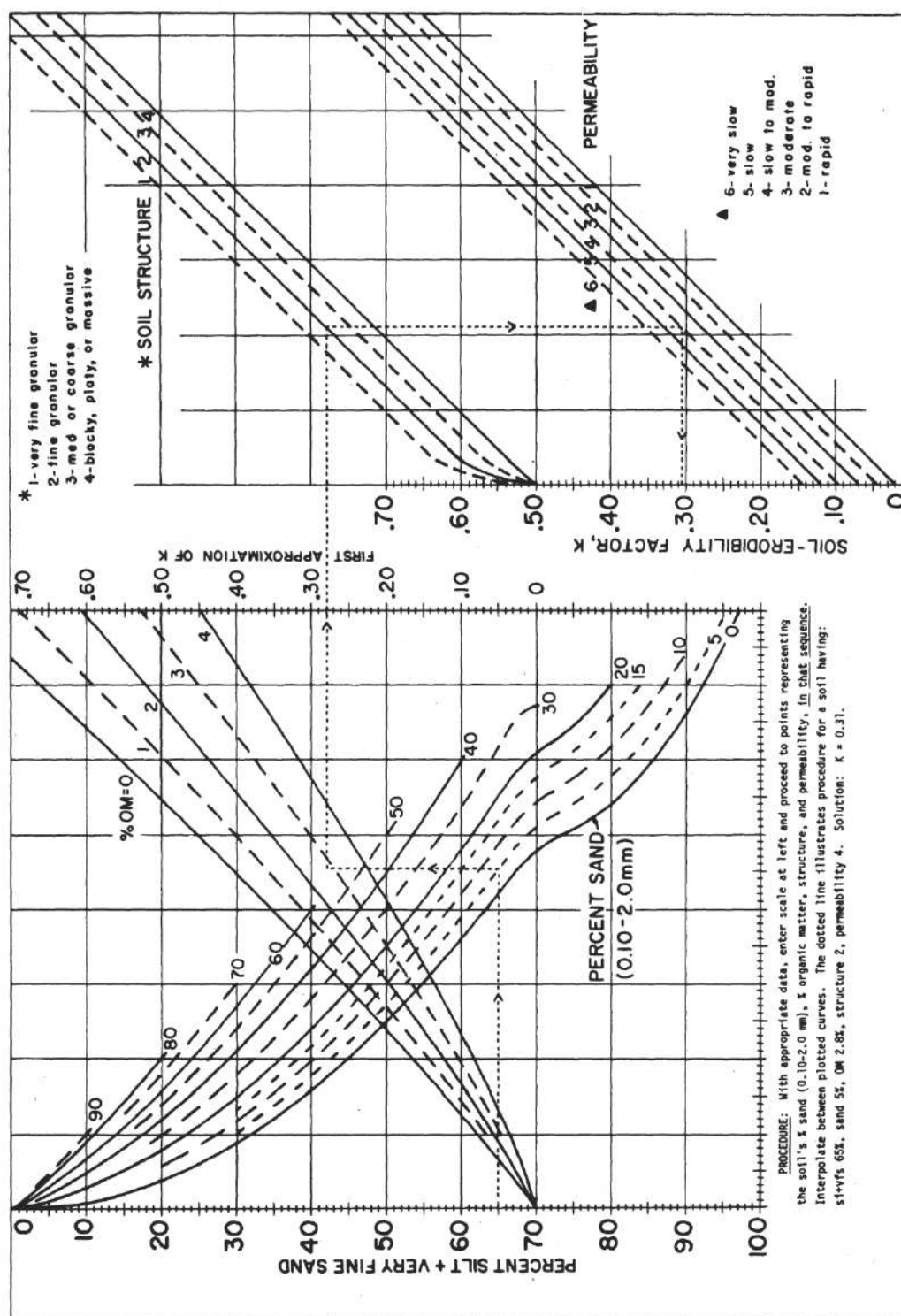


FIGURE 3.—The soil-erodibility nomograph. Where the silt fraction does not exceed 70 percent, the equation is $100 K = 2.1 M^{.11} (10^{-4}) (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)$ where $M = (\text{percent si} + \text{vfs}) (100 - \text{percent c})$, $a = \text{percent organic matter}$, $b = \text{structure code}$, and $c = \text{profile permeability class}$.

Annexe 11. Les caractéristiques des images satellitaires utilisées

Année	Satellite	Senseur	Identifiant de la Scène	Date d'acquisition	Résolution spatiale	Path (Trajet)	Row (Rang)
2010	Landsat 5	TM	LT51970362010018MPS00	18-01-2010	30 m	197	036
			LT51970362010178MPS00	27-06-2010			
			LT51970362010274MTI00	01-10-2010			
2015	Landsat 8	OLI/TIRS	LC81970362014317LGN01	13-11-2014			
			LC81970362015128LGN01	08-05-2015			
			LC81970362015240LGN01	28-08-2015			
			LC81970362015320LGN01	16-11-2015			
2020			LC81970362020014LGN00	14-01-2020			
			LC81970362020142LGN00	21-05-2020			
			LC81970362020302LGN00	18-10-2020			
			LC81970362020366LGN00	31-12-2020			

Annexe 12. Paramètres de configuration du réseau de neurone artificiel utilisée

Nombre des couches d'entrée	05	$(5 \times 2.7 \times 10^6)$ valeur pixel
Nombre des couches de sortie	01	(2.7×10^6) valeur pixel
Algorithme d'apprentissage	TRAINLM	Fonction d'apprentissage Levenberg-Marquardt
Fonction d'ajustement des poids et seuils	LEARNGDM	C'est une fonction d'ajustement des poids par la descente du gradient avec momentum avec un pas d'apprentissage et un momentum fixes
Fonction de performance	EQM	Erreur quadratique moyenne
Fonction de transfert	TANSIG	La fonction de transfert sigmoïde tangente hyperbolique

Annexe 13. Les valeurs d'échantillonnage extraites par grille de points à partir des cartes des modèles de potentiel d'érosion (RUSLE) et (RUSLE_{Ruissellement})

N° Point	Valeurs RUSLE	Valeurs RUSLE-Ruissellement	R-R _e	(R-R _e) ²	N° Point	Valeurs RUSLE	Valeurs RUSLE-Ruissellement	R-R _e	(R-R _e) ²
1	0.2136330000	0.1001030000	0.11353	0.01289061	2395	0.7273050000	0.8253860000	-0.09808	0.009619883
2	0.2200580000	0.1008620000	0.11920	0.014207686	2396	0.7632660000	0.8262610000	-0.06300	0.00396837
3	0.1030340000	0.1018740000	0.00116	1.3456E-06	2397	0.5200660000	0.8262900000	-0.30622	0.093773138
4	0.1313760000	0.1019080000	0.02947	0.000868363	2398	0.5838140000	0.8268290000	-0.24302	0.05905629
5	0.1929690000	0.1039020000	0.08907	0.00793293	2399	0.6303080000	0.8270750000	-0.19677	0.038717252
6	0.1851610000	0.1053570000	0.07980	0.006368678	2400	0.6969830000	0.8277670000	-0.13078	0.017104455
7	0.1296950000	0.1060410000	0.02365	0.000559512	2401	0.6277790000	0.8281060000	-0.20033	0.040130907
8	0.1629790000	0.1060620000	0.05692	0.003239545	2402	0.9194360000	0.8284240000	0.09101	0.008283184
9	0.1485340000	0.1061160000	0.04242	0.001799287	2403	0.8201890000	0.8285310000	-0.00834	6.9589E-05
10	0.1531180000	0.1064800000	0.04664	0.002175103	2404	0.6462050000	0.8286320000	-0.18243	0.03327961
11	0.1258260000	0.1065100000	0.01932	0.000373108	2405	0.8389550000	0.8288450000	0.01011	0.000102212
12	0.1355260000	0.1077780000	0.02775	0.000769952	2406	0.8280980000	0.8290820000	-0.00098	9.68256E-07
13	0.1181130000	0.1080370000	0.01008	0.000101526	2407	0.6385060000	0.8294190000	-0.19091	0.036447774
14	0.1057790000	0.1081300000	-0.00235	5.5272E-06	2408	0.4371540000	0.8296100000	-0.39246	0.154021712
15	0.1235810000	0.1095690000	0.01401	0.000196336	2409	0.4311880000	0.8297130000	-0.39853	0.158822176
16	0.2380420000	0.1101550000	0.12789	0.016355085	2410	0.4536450000	0.8299750000	-0.37633	0.141624269
17	0.2696280000	0.1104650000	0.15916	0.025332861	2411	0.4950250000	0.8300840000	-0.33506	0.112264533
18	0.3603110000	0.1107190000	0.24959	0.062296166	2412	0.8601700000	0.8310140000	0.02916	0.000850072
19	0.1006890000	0.1107300000	-0.01004	0.000100822	2413	0.6810670000	0.8310720000	-0.15001	0.0225015
20	0.2710340000	0.1122340000	0.15880	0.02521744	2414	0.2191590000	0.8312900000	-0.61213	0.374704361
21	0.1109740000	0.1127940000	-0.00182	3.3124E-06	2415	0.8357260000	0.8316320000	0.00409	1.67608E-05
22	0.1579340000	0.1133640000	0.04457	0.001986485	2416	1.3796600000	0.8320940000	0.54757	0.299828524
23	0.1264970000	0.1141490000	0.01235	0.000152473	2417	0.6446520000	0.8325740000	-0.18792	0.035314678
24	0.2679940000	0.1141930000	0.15380	0.023654748	2418	0.7228550000	0.8328210000	-0.10997	0.012092521
25	0.1672400000	0.1184290000	0.04881	0.002382514	2419	0.6391230000	0.8329050000	-0.19378	0.037550688
26	0.1062570000	0.1196370000	-0.01338	0.000179024	2420	1.2011900000	0.8338180000	0.36737	0.134962186
27	0.1035630000	0.1197190000	-0.01616	0.000261016	2421	0.7180110000	0.8345620000	-0.11655	0.013584136
28	0.1065390000	0.1203780000	-0.01384	0.000191518	2422	0.4332080000	0.8359140000	-0.40271	0.162172122
29	0.2508550000	0.1207780000	0.13008	0.016920026	2423	0.6541460000	0.8364330000	-0.18229	0.03322855
30	0.1756700000	0.1208310000	0.05484	0.003007316	2424	0.5846890000	0.8367830000	-0.25209	0.063551385
31	0.1255310000	0.1218090000	0.00372	1.38533E-05	2425	0.9673840000	0.8376060000	0.12978	0.016842329
32	0.1720660000	0.1219410000	0.05013	0.002512516	2426	0.7615390000	0.8376720000	-0.07613	0.005796234
33	0.1602790000	0.1219570000	0.03832	0.001468576	2427	0.2614970000	0.8378070000	-0.57631	0.332133216
34	0.1510650000	0.1223390000	0.02873	0.000825183	2428	0.1275650000	0.8379300000	-0.71037	0.504618433
35	0.3599390000	0.1230400000	0.23690	0.056121136	2429	0.6015080000	0.8390040000	-0.23750	0.05604435
36	0.3404300000	0.1231270000	0.21730	0.04720594	2430	0.1723470000	0.8398640000	-0.66752	0.445578945
37	0.1302120000	0.1233300000	0.00688	4.73619E-05	2431	0.6664350000	0.8409420000	-0.17451	0.030452693
38	0.1280800000	0.1233860000	0.00469	2.20336E-05	2432	0.6229560000	0.8423660000	-0.21941	0.048140748
39	0.1073540000	0.1240340000	-0.01668	0.000278222	2433	0.6428850000	0.8435180000	-0.20063	0.040253601
40	0.1043920000	0.1241360000	-0.01974	0.000389826	2434	0.7303120000	0.8437090000	-0.11340	0.01285888
41	0.1716420000	0.1246640000	0.04698	0.002206932	2435	0.4701210000	0.8439550000	-0.37383	0.13975186
42	0.1046180000	0.1251390000	-0.02052	0.000421111	2436	0.2545560000	0.8442930000	-0.58974	0.345789279
43	0.1331290000	0.1253630000	0.00777	6.03108E-05	2437	0.5868760000	0.8446090000	-0.25773	0.066426299
44	0.2633080000	0.1257640000	0.13754	0.018918352	2438	0.7330340000	0.8449190000	-0.11189	0.012518253
45	0.1325390000	0.1267170000	0.00582	3.38957E-05	2439	0.8062810000	0.8454200000	-0.03914	0.001531861

46	0.32778900000	0.12728300000	0.20051	0.040202656	2440	0.69547100000	0.84548400000	-0.15001	0.0225039
47	0.13953700000	0.12734200000	0.01220	0.000148718	2441	0.73787700000	0.84625400000	-0.10838	0.011745574
48	0.12014100000	0.12762100000	-0.00748	5.59504E-05	2442	0.42177500000	0.84735500000	-0.42558	0.181118336
49	0.18059900000	0.12790700000	0.05269	0.002776447	2443	0.67869900000	0.84822300000	-0.16952	0.028738387
50	0.12150400000	0.12882100000	-0.00732	5.35385E-05	2444	0.54428600000	0.84823700000	-0.30395	0.09238621
51	0.10380900000	0.12933800000	-0.02553	0.00065173	2445	1.42884000000	0.84918200000	0.57966	0.036003397
52	0.10428000000	0.12980300000	-0.02552	0.000651424	2446	1.53278000000	0.84996600000	0.68281	0.466234959
53	0.12597200000	0.12983400000	-0.00386	1.4915E-05	2447	1.37432000000	0.85082300000	0.52350	0.27409109
54	0.10836100000	0.12984100000	-0.02148	0.00046139	2448	0.73167300000	0.85123200000	-0.11956	0.014294354
55	0.40909300000	0.12998300000	0.27992	0.078355206	2449	0.71021500000	0.85154400000	-0.14133	0.019973886
56	0.11922800000	0.13013900000	-0.01091	0.00011905	2450	0.21263900000	0.85186800000	-0.63923	0.408613714
57	0.10808500000	0.13014800000	-0.02206	0.000486776	2451	0.62339300000	0.85201700000	-0.22862	0.052268933
58	0.12113700000	0.13030400000	-0.00917	8.40339E-05	2452	0.71686400000	0.85235100000	-0.13549	0.018356727
59	0.12215500000	0.13037200000	-0.00822	6.75191E-05	2453	0.99401900000	0.85264500000	0.14137	0.019986608
60	0.16072900000	0.13070600000	0.03002	0.000901381	2454	0.59240800000	0.85304200000	-0.26063	0.067930082
61	0.11753300000	0.13144200000	-0.01391	0.000193544	2455	0.83904500000	0.85313800000	-0.01409	0.000198613
62	0.12401400000	0.13154000000	-0.00753	5.66407E-05	2456	0.70485300000	0.85325300000	-0.14840	0.02202256
63	0.12403200000	0.13159600000	-0.00756	5.72141E-05	2457	0.64392000000	0.85363700000	-0.20972	0.04398122
64	0.11037500000	0.13246800000	-0.02309	0.00488101	2458	0.52709800000	0.85459100000	-0.32749	0.107251665
65	0.24425000000	0.13252500000	0.11173	0.012482476	2459	1.15371000000	0.85512600000	0.29858	0.089152405
66	0.24075100000	0.13258900000	0.10816	0.011699018	2460	0.74823800000	0.85646000000	-0.10822	0.011712001
67	0.11631300000	0.13281800000	-0.01651	0.000272415	2461	0.71171600000	0.85676000000	-0.14504	0.021037762
68	0.17877300000	0.13311900000	0.04565	0.002084288	2462	0.46910900000	0.85680700000	-0.38770	0.150309739
69	0.10206000000	0.13384400000	-0.03178	0.001010223	2463	0.44241100000	0.85713300000	-0.41472	0.171994337
70	0.10576700000	0.13425700000	-0.02849	0.00081168	2464	0.84193000000	0.85837700000	-0.01645	0.000270504
71	0.10975700000	0.13487100000	-0.02511	0.000630713	2465	0.65270100000	0.85902500000	-0.20632	0.042569593
72	0.11287300000	0.13531000000	-0.02244	0.000503419	2466	0.63687800000	0.85919100000	-0.22231	0.04942307
73	0.11455200000	0.13549600000	-0.02092	0.000437521	2467	0.28595900000	0.85972500000	-0.57377	0.329207423
74	0.15013900000	0.13565400000	0.01449	0.000209515	2468	0.86758800000	0.86017200000	0.00742	5.49971E-05
75	0.12144700000	0.13574100000	-0.01429	0.000204318	2469	0.80207900000	0.86028800000	-0.05821	0.003388288
76	0.10965800000	0.13601800000	-0.02636	0.00069485	2470	0.39065800000	0.86085900000	-0.47020	0.22108898
77	0.10010000000	0.13618500000	-0.03609	0.001302127	2471	0.43901100000	0.86155300000	-0.42254	0.178541742
78	0.13013700000	0.13640300000	-0.00627	3.92628E-05	2472	0.50416900000	0.86161800000	-0.35745	0.127697888
79	0.10417600000	0.13649100000	-0.03232	0.001044259	2473	0.46564900000	0.86239000000	-0.39674	0.157403421
80	0.11908100000	0.13650200000	-0.01742	0.000303491	2474	0.71878300000	0.86298500000	-0.14420	0.020794217
81	0.10002500000	0.13651900000	-0.03649	0.001331812	2475	0.93318900000	0.86315300000	0.07004	0.004905041
82	0.38280900000	0.13690500000	0.24590	0.060468777	2476	0.84046200000	0.86396700000	-0.02351	0.000552485
83	0.15718100000	0.13703300000	0.02015	0.000405942	2477	0.71982900000	0.86422500000	-0.14440	0.020850205
84	1.66610000000	0.13713700000	1.52896	2.337727855	2478	0.99479900000	0.86441200000	0.13039	0.01700077
85	0.44670400000	0.13731100000	0.30939	0.095724028	2479	0.69359000000	0.86510000000	-0.17151	0.02941568
86	0.49125700000	0.13761200000	0.35365	0.125064786	2480	0.73600300000	0.86658800000	-0.13059	0.017052442
87	0.43118200000	0.13783000000	0.29335	0.086055396	2481	0.59922100000	0.86839900000	-0.26918	0.072567966
88	0.16705500000	0.13787200000	0.02918	0.000851647	2482	0.79234500000	0.86923300000	-0.07689	0.005911765
89	0.11317700000	0.13867900000	-0.02550	0.000650352	2483	0.72846500000	0.86976100000	-0.14130	0.01996456
90	0.10050600000	0.13918100000	-0.03868	0.001495756	2484	0.76494300000	0.87000100000	-0.10506	0.011037183
91	0.14983400000	0.13919000000	0.01064	0.000113295	2485	0.63863400000	0.87028900000	-0.23166	0.053664039
92	0.10228900000	0.13933900000	-0.03705	0.001372703	2486	0.59927300000	0.87051300000	-0.27124	0.073571138
93	0.21488200000	0.13942300000	0.07546	0.005694061	2487	0.70192600000	0.87096200000	-0.16904	0.0208573169
94	0.11966400000	0.13954100000	-0.01988	0.000350955	2488	0.55864600000	0.87099200000	-0.31235	0.097560024
95	0.22995300000	0.14010500000	0.08985	0.008072663	2489	0.42520500000	0.87112900000	-0.44592	0.198848214
96	0.15084100000	0.14132500000	0.00952	9.05543E-05	2490	0.81958100000	0.87134900000	-0.05177	0.002679926
97	0.26254400000	0.14143700000	0.12111	0.014666905	2491	0.50633100000	0.87186900000	-0.36554	0.0133618029
98	0.32037700000	0.14169600000	0.17868	0.0193269	2492	0.74375900000	0.87211400000	-0.12836	0.016475006
99	0.19807800000	0.14214700000	0.05593	0.003128277	2493	0.70082600000	0.87280300000	-0.17198	0.029576089
100	0.11368000000	0.14283100000	-0.02915	0.000849781	2494	0.77891200000	0.87286700000	-0.09395	0.008827542
101	0.11952400000	0.14341700000	-0.02389	0.000570875	2495	0.58366200000	0.87305000000	-0.28939	0.083745415
102	0.16369300000	0.14382300000	0.01987	0.000394817	2496	0.70018800000	0.87315200000	-0.17296	0.029916545
103	0.13068400000	0.14419300000	-0.01351	0.000182493	2497	0.66484200000	0.87319000000	-0.20835	0.043408889
104	0.13406100000	0.14424100000	-0.01018	0.000103632	2498	0.73091600000	0.87508300000	-0.14417	0.020784124
105	0.40941800000	0.14448200000	0.26494	0.070191084	2499	1.07804000000	0.87538900000	0.20265	0.041067428
106	0.14053600000	0.14472400000	-0.00419	1.75393E-05	2500	0.62779900000	0.87630600000	-0.24851	0.061755729
107	0.10456100000	0.14479700000	-0.04024	0.001618936	2501	0.77506700000	0.87646000000	-0.10139	0.01208054
108	0.12092400000	0.14497200000	-0.02405	0.000578306	2502	0.73015700000	0.87671600000	-0.14656	0.02147954
109	0.18276200000	0.14497900000	0.03778	0.001427555	2503	0.74743800000	0.87797600000	-0.13054	0.017040169
110	0.11878600000	0.14531200000	-0.02653	0.000703629	2504	0.89818500000	0.87860300000	0.01958	0.000383455
111	0.10494000000	0.14557300000	-0.04063	0.001651041	2505	1.37221000000	0.87870500000	0.49351	0.243547185
112	0.18071900000	0.14558700000	0.03513	0.001234257	2506	0.74798000000	0.87969400000	-0.13171	0.017348578
113	0.26950200000	0.14573000000	0.12377	0.015319508	2507	0.62178500000	0.88170200000	-0.25992	0.067556847
114	0.14797400000	0.14604000000	0.00193	3.74036E-06	2508	0.71955400000	0.88182000000	-0.16227	0.026330255
115	0.12570000000	0.14648700000	-0.02079	0.000432099	2509	0.79042100000	0.88209500000	-0.09167	0.008404122
116	0.11965300000	0.14683200000	-0.02718	0.000738698	2510	0.73546300000	0.88243700000	-0.14697	0.021601357
117	0.11625800000	0.14687500000	-0.03062	0.000937401	2511	0.42107200000	0.88449900000	-0.46343	0.214764584
118	0.10111100000	0.14698100000	-0.04587	0.002104057	2512	0.86220300000	0.88518200000	-0.02298	0.000528034
119	0.26653800000	0.14709700000	0.11944	0.014266152	2513	0.56374800000	0.88518700000	-0.32144	0.103323031
120	0.12016600000	0.14725500000	-0.02709	0.000733814	2514	0.12992100000	0.88575000000	-0.75583	0.571277477
121	0.19791900000	0.14788000000	0.05004	0.002503902	2515	0.66235300000	0.88648400000	-0.22413	0.050234705
122	0.12118100000	0.14874500000	-0.02756	0.000759774	2516	0.72373000000	0.88763500000	-0.16391	0.026864849
123	0.12330000000	0.14889700000	-0.02560	0.000655206	2517	1.36447000000	0.88846500000	0.47601	0.22658076
124	0.21351300000	0.14892100000	0.06459	0.004172126	2518	0.89996300000	0.88869200000	0.01127	0.000127035
125	0.12778200000	0.14966700000	-0.02189	0.000478953	2519	1.03856000000	0.89040400000	0.14816	0.0219502
126	0.12468700000	0.14988800000	-0.02519	0.000634687	2520	0.81099000000	0.89048200000	-0.07949	0.006318978
127	0.12596300000	0.15033300000	-0.02437	0.000593897	2521	0.61151300000	0.89227000000	-0.28076	0.078824493
128	0.13237300000	0.15037200000	-0.01800	0.000323964	2522	0.70166800000</			

157	0.1319800000	0.1581010000	-0.02612	0.000682307	2551	0.7917770000	0.9088270000	-0.11705	0.013700703
158	0.1349480000	0.1581020000	-0.02315	0.000536108	2552	1.1211800000	0.9097260000	0.21145	0.044712794
159	0.1321920000	0.1584960000	-0.02630	0.0006919	2553	0.8616190000	0.9113400000	-0.04972	0.002472178
160	0.1319570000	0.1588080000	-0.02685	0.000720976	2554	0.7987640000	0.9116390000	-0.11288	0.012740766
161	0.1383820000	0.1590030000	-0.02062	0.000425226	2555	0.7591490000	0.9125230000	-0.15337	0.023523584
162	0.2476320000	0.1590420000	0.08859	0.007848188	2556	0.7429010000	0.9125640000	-0.16966	0.028785534
163	0.1286260000	0.1590790000	-0.03045	0.000927385	2557	1.3276600000	0.9132690000	0.41439	0.171719901
164	0.1324450000	0.1591800000	-0.02674	0.00071476	2558	1.1450400000	0.9134150000	0.23163	0.053650141
165	0.1280850000	0.1593410000	-0.03126	0.000976938	2559	0.8812790000	0.9142280000	-0.03295	0.001085637
166	0.1179770000	0.1593770000	-0.04140	0.00171396	2560	1.0575800000	0.9143210000	0.14326	0.020523141
167	0.1331840000	0.1596390000	-0.02646	0.000699867	2561	0.4731960000	0.9144340000	-0.44124	0.194690973
168	0.1794290000	0.1599350000	0.01949	0.000380016	2562	0.7878850000	0.9150310000	-0.12715	0.016166105
169	0.1371690000	0.1599620000	-0.02279	0.000519521	2563	0.6351440000	0.9153750000	-0.28023	0.078529413
170	0.1383810000	0.1601020000	-0.02172	0.000471802	2564	0.6982050000	0.9159930000	-0.21779	0.047431613
171	0.1336050000	0.1601280000	-0.02652	0.00070347	2565	0.7472610000	0.9165490000	-0.16929	0.028658427
172	0.2196480000	0.1603630000	0.05929	0.003514711	2566	0.6255320000	0.9173320000	-0.29180	0.08514724
173	0.2592530000	0.1603930000	0.09886	0.0097733	2567	0.4608100000	0.9183760000	-0.45757	0.209366644
174	0.3612460000	0.1610230000	0.20022	0.04008925	2568	0.6321220000	0.9191470000	-0.28703	0.082383351
175	0.4104370000	0.1613650000	0.24907	0.062036861	2569	0.9083530000	0.9207350000	-0.01238	0.000153314
176	0.1096970000	0.1614420000	-0.05175	0.002677545	2570	0.7683150000	0.9218060000	-0.15349	0.023559487
177	0.2803150000	0.1616680000	0.11865	0.014077111	2571	0.6518970000	0.9225290000	-0.27063	0.073241679
178	0.1264040000	0.1618120000	-0.03541	0.001253726	2572	0.1951200000	0.9227630000	-0.72764	0.529464335
179	0.1787160000	0.1619170000	0.01680	0.000282206	2573	0.6543410000	0.9229240000	-0.26858	0.072136828
180	0.1175740000	0.1619580000	-0.04438	0.001969939	2574	0.4047680000	0.9252040000	-0.52044	0.27085363
181	0.1101600000	0.1621690000	-0.05201	0.002704936	2575	0.6671290000	0.9255130000	-0.25838	0.066762291
182	0.1146580000	0.1626590000	-0.04800	0.002304096	2576	0.7854550000	0.9256110000	-0.14016	0.019643704
183	0.1197390000	0.1630180000	-0.04328	0.001873072	2577	0.5435570000	0.9260560000	-0.38250	0.146305485
184	0.1481120000	0.1632780000	-0.01517	0.000230088	2578	0.7719480000	0.9270950000	-0.15515	0.024070592
185	0.2839800000	0.1633770000	0.12060	0.014545084	2579	0.7233790000	0.9287990000	-0.20542	0.042197376
186	0.1472460000	0.1634890000	-0.01624	0.000263835	2580	0.8936640000	0.9288240000	-0.03516	0.001236226
187	0.3012820000	0.1640690000	0.13721	0.018827407	2581	0.6545530000	0.9293790000	-0.27483	0.075529933
188	0.2813670000	0.1651380000	0.11623	0.01350918	2582	0.8479600000	0.9295490000	-0.08159	0.006656765
189	0.1181330000	0.1652000000	-0.04707	0.002215302	2583	0.7449540000	0.9306620000	-0.18571	0.034487461
190	0.1330300000	0.1671410000	-0.03411	0.00116356	2584	0.7303620000	0.9307760000	-0.20041	0.040165771
191	0.1494560000	0.1673470000	-0.01789	0.000320088	2585	0.9838740000	0.9308630000	0.05301	0.002810166
192	0.1394290000	0.1677530000	-0.02832	0.000802249	2586	0.5778150000	0.9309070000	-0.35309	0.12467396
193	0.1354240000	0.1678210000	-0.03240	0.001049566	2587	0.7345050000	0.9311060000	-0.19660	0.038651953
194	0.1441860000	0.1680200000	-0.02383	0.00056806	2588	0.6026760000	0.9313950000	-0.32872	0.108056181
195	0.1361010000	0.1681170000	-0.03202	0.001025024	2589	0.7647840000	0.9314780000	-0.16669	0.02716669
196	0.1479110000	0.1682620000	-0.02035	0.000414163	2590	1.2872700000	0.9326000000	0.35467	0.125790809
197	0.1427960000	0.1685590000	-0.02576	0.000663732	2591	0.9483500000	0.9329410000	0.01541	0.0002337437
198	0.1162160000	0.1686150000	-0.05240	0.002745655	2592	0.4830760000	0.9332190000	-0.45014	0.20262872
199	0.1440500000	0.1686430000	-0.02459	0.000640816	2593	0.6768680000	0.9334340000	-0.25657	0.065862112
200	0.1367260000	0.1692940000	-0.03257	0.001060675	2594	1.2092400000	0.9334970000	0.27574	0.076034202
201	0.1213530000	0.1693190000	-0.04797	0.002300737	2595	0.7491130000	0.9346940000	-0.18558	0.034440308
202	0.1517080000	0.1694660000	-0.01776	0.000315347	2596	0.6863580000	0.9360230000	-0.24967	0.0602332612
203	0.1574160000	0.1695080000	-0.01209	0.00146216	2597	0.6137480000	0.9380180000	-0.32427	0.105151033
204	0.1695430000	0.1698100000	-0.00027	7.1289E-08	2598	0.4206260000	0.9383510000	-0.51773	0.268039176
205	0.2266260000	0.1703850000	0.05624	0.00316305	2599	0.9034650000	0.9396150000	-0.03615	0.001306823
206	0.1474790000	0.1704960000	-0.02302	0.000529782	2600	0.5725900000	0.9399850000	-0.36740	0.134979086
207	0.4702960000	0.1705190000	0.29978	0.08986625	2601	0.7823180000	0.9427830000	-0.16047	0.025749016
208	0.1709780000	0.1706590000	0.00032	1.01761E-07	2602	0.6851900000	0.9435560000	-0.25837	0.06675299
209	0.1423640000	0.1706850000	-0.02832	0.000802079	2603	0.6511060000	0.9438410000	-0.29274	0.08569378
210	0.1390900000	0.1709360000	-0.03193	0.001019333	2604	0.5316850000	0.9443780000	-0.41269	0.170315512
211	0.1528110000	0.1712200000	-0.01841	0.000338891	2605	1.1668100000	0.9445410000	0.22227	0.04940358
212	0.1107740000	0.1713520000	-0.06058	0.003669694	2606	0.8258980000	0.9446220000	-0.11872	0.014095388
213	0.1319170000	0.1714350000	-0.03952	0.001561672	2607	0.6780820000	0.9446690000	-0.26659	0.071068629
214	0.1150790000	0.1716030000	-0.05652	0.003194963	2608	0.9114120000	0.9448300000	-0.03342	0.0001116763
215	0.1437210000	0.1716130000	-0.02789	0.000777964	2609	0.9785970000	0.9452230000	0.03337	0.001113824
216	0.1462960000	0.1718720000	-0.02558	0.000654132	2610	1.0652600000	0.9455590000	0.11970	0.014328329
217	0.1965430000	0.1723950000	0.02415	0.000583126	2611	0.6161650000	0.9458150000	-0.32965	0.108669123
218	0.1511200000	0.1727280000	-0.02161	0.000419226	2612	0.5553560000	0.9464560000	-0.39110	0.15295921
219	0.1367100000	0.1730110000	-0.03630	0.001317763	2613	0.6654870000	0.9466710000	-0.28118	0.079064442
220	0.1526510000	0.1731260000	-0.02048	0.000419226	2614	0.7798510000	0.9472310000	-0.16738	0.028016064
221	0.2350200000	0.1731340000	0.06189	0.003829877	2615	0.7916530000	0.9477320000	-0.15608	0.023460654
222	0.1407360000	0.1735960000	-0.03286	0.00107978	2616	0.9158260000	0.9481400000	-0.03231	0.001044195
223	0.1445200000	0.1736650000	-0.02915	0.000849431	2617	0.6660000000	0.9483220000	-0.28322	0.079705712
224	0.1571730000	0.1736910000	-0.01652	0.000272844	2618	0.3906240000	0.9484380000	-0.55781	0.31156459
225	0.1087340000	0.1738210000	-0.06509	0.004236318	2619	0.5481780000	0.9504280000	-0.40225	0.161805063
226	0.1414060000	0.1739790000	-0.03257	0.001061	2620	0.6877400000	0.9511670000	-0.26343	0.069393784
227	0.1851740000	0.1745060000	0.01067	0.000113806	2621	0.3359700000	0.9514170000	-0.61545	0.37877501
228	0.1677720000	0.1749380000	-0.00717	5.13516E-05	2622	0.4601830000	0.9515510000	-0.49137	0.241442511
229	0.1280670000	0.1750950000	-0.04703	0.0002211633	2623	0.3242040000	0.9515610000	-0.62736	0.393576805
230	0.1322260000	0.1756130000	-0.04339	0.001882432	2624	0.7853580000	0.9521760000	-0.16682	0.027828245
231	0.2040400000	0.1764430000	0.02756	0.000759498	2625	0.7208530000	0.9524130000	-0.23156	0.053620034
232	0.1706700000	0.1766060000	-0.00594	3.52361E-05	2626	0.9694780000	0.9524210000	0.01706	0.000290941
233	0.1885620000	0.1768290000	0.01173	0.000137663	2627	0.9923340000	0.9530910000	0.03924	0.001540013
234	0.1756380000	0.1770790000	-0.00144	2.07648E-06	2628	0.7871090000	0.9535640000	-0.16646	0.027707267
235	0.1474780000	0.1770840000	-0.02961	0.000876515	2629	0.3110670000	0.9541320000	-0.64307	0.413532594
236	0.1475000000	0.1772300000	-0.02973	0.000883873	2630	0.5559020000	0.9545360000	-0.39863	0.158909066
237	0.1479890000	0.1773990000	-0.02941	0.000864948	2631	0.9025590000	0.9548200000	-0.05226	0.002731212
238	0.1432780000	0.1777410000	-0.03446	0.001187698	2632	0.9466320000	0.9567480000	-0.01012	0.000102333
239	0.1525210000	0.1779450000	-0.02542	0.00064638	2633	1.0382900000	0.9591870000	0.07910	0.006257285
240	0.1445960000	0.1779680000	-0.03337	0.000111369	2634	0.7379120000	0.9603710000	-0.22246	0.049488007
241	0.1485490000	0.1780610000	-0.02951	0.000870958	2635	0.			

268	0.17719400000	0.18446400000	-0.00727	5.28529E-05	2662	0.51305300000	0.97537000000	-0.46232	0.213737008
269	0.14812500000	0.18453400000	-0.03641	0.001325615	2663	1.05742000000	0.97542300000	0.08200	0.006723508
270	0.13517800000	0.18481900000	-0.04964	0.002464229	2664	0.50147300000	0.97625000000	-0.47478	0.2254132
271	0.16157600000	0.18486200000	-0.02329	0.000542238	2665	1.36985000000	0.97757000000	0.39228	0.153883598
272	0.14875100000	0.18492300000	-0.03617	0.001308414	2666	0.58683400000	0.97787600000	-0.39104	0.152913846
273	0.15149400000	0.18548400000	-0.03399	0.00115532	2667	0.66460200000	0.97823400000	-0.31363	0.098365031
274	0.26531000000	0.18554600000	0.07976	0.006362296	2668	0.95153700000	0.97868700000	-0.02715	0.000737123
275	0.13155000000	0.18560400000	-0.05405	0.002921835	2669	0.54503600000	0.98011700000	-0.43508	0.189295477
276	0.14310800000	0.18578000000	-0.04267	0.0018209	2670	0.79106200000	0.98336600000	-0.19230	0.036980828
277	0.13563100000	0.18604300000	-0.05041	0.00254137	2671	0.28265500000	0.98343000000	-0.70078	0.491085601
278	0.12825000000	0.18604900000	-0.05780	0.003340724	2672	0.39618500000	0.98349500000	-0.58731	0.344933036
279	0.48106900000	0.18714900000	0.29392	0.086388966	2673	0.72551300000	0.98384300000	-0.25833	0.066734389
280	0.16270200000	0.18721000000	-0.02451	0.000600642	2674	0.79227900000	0.98565000000	-0.19339	0.037398145
281	0.25528900000	0.18735700000	0.06793	0.004614757	2675	0.92935900000	0.98791800000	-0.05856	0.003429156
282	0.15114800000	0.18808000000	-0.03693	0.001363973	2676	1.55336000000	0.98811400000	0.56725	0.321768025
283	0.34816700000	0.18826600000	0.15990	0.02556833	2677	0.98045700000	0.98866000000	-0.00820	0.672892E-05
284	0.43430200000	0.18830400000	0.24600	0.060515016	2678	0.70976900000	0.98947200000	-0.27970	0.078233768
285	0.15804100000	0.18841800000	-0.03038	0.000922762	2679	1.02073000000	0.99100300000	0.02973	0.000883695
286	0.23240900000	0.18887000000	0.04354	0.001895645	2680	0.74017800000	0.99180100000	-0.25162	0.063314134
287	0.13145000000	0.18919500000	-0.05775	0.003334485	2681	0.62043800000	0.99242400000	-0.37199	0.138373584
288	0.13670900000	0.18933300000	-0.05262	0.002769285	2682	1.09384000000	0.99248500000	0.10136	0.010272836
289	0.26285600000	0.18949600000	0.07336	0.00538169	2683	0.92108200000	0.99250700000	-0.07143	0.005101531
290	0.28973700000	0.19062100000	0.09912	0.009823981	2684	0.34456500000	0.99253000000	-0.64797	0.0419858641
291	0.16591900000	0.19071600000	-0.02480	0.000614891	2685	1.01789000000	0.99274800000	0.02514	0.00063212
292	0.17697800000	0.19095100000	-0.01397	0.000195245	2686	2.03660000000	0.99304700000	1.04355	1.089002864
293	0.40476000000	0.19108400000	0.21368	0.045657433	2687	0.79499700000	0.99338900000	-0.19839	0.039359386
294	0.19403900000	0.19110900000	0.00293	8.5849E-06	2688	0.57422000000	0.99352100000	-0.41930	0.175813329
295	0.18896300000	0.19111500000	-0.00215	4.6311E-06	2689	1.27483000000	0.99358600000	0.28124	0.079098188
296	0.23372300000	0.19125300000	0.04247	0.001803701	2690	0.70815700000	0.99448300000	-0.28633	0.098182578
297	0.16278500000	0.19133500000	-0.02855	0.000815103	2691	0.83050300000	0.99470100000	-0.16420	0.026960983
298	0.11612300000	0.19192200000	-0.07580	0.005745488	2692	0.74493300000	0.99581700000	-0.25088	0.062942781
299	0.28943300000	0.19220600000	0.09723	0.00945309	2693	0.78333700000	0.99704500000	-0.21371	0.045671109
300	0.11895300000	0.19266100000	-0.07371	0.005432869	2694	0.61688800000	0.99907700000	-0.38219	0.146068432
301	0.15662000000	0.19293200000	-0.03631	0.001318561	2695	1.72080000000	0.99968000000	0.72083	0.519598772
302	0.29403300000	0.19320900000	0.10082	0.010165479	2696	0.97746600000	1.00003000000	-0.02257	0.0008390405
303	0.24498200000	0.19331500000	0.05167	0.002669479	2697	0.98707600000	1.00083000000	-0.01375	0.000189173
304	0.21012100000	0.19352600000	0.01660	0.000275394	2698	0.81072100000	1.00281000000	-0.19209	0.036898184
305	0.16176900000	0.19384900000	-0.03208	0.001029126	2699	0.78707500000	1.00378000000	-0.21671	0.046961057
306	0.57977900000	0.19391300000	0.38587	0.14889257	2700	0.35989200000	1.00582000000	-0.64593	0.417222981
307	0.19658000000	0.19400000000	0.00258	6.6564E-06	2701	0.89772500000	1.00666000000	-0.10894	0.011866834
308	0.14408400000	0.19411200000	-0.05003	0.002502801	2702	0.84087700000	1.00680000000	-0.16592	0.027530442
309	0.15256100000	0.19419100000	-0.04163	0.001733057	2703	0.92199200000	1.00755000000	-0.08556	0.007320171
310	0.17954700000	0.19426900000	-0.01472	0.000216737	2704	0.74205900000	1.00965000000	-0.26759	0.071604943
311	0.30340600000	0.19466700000	0.10874	0.01182417	2705	0.79986300000	1.01024000000	-0.21038	0.044258482
312	0.20006400000	0.19467500000	0.00539	2.90413E-05	2706	0.44582600000	1.01090000000	-0.56507	0.319308625
313	0.11773800000	0.19480100000	-0.07706	0.005938706	2707	0.60833800000	1.01097000000	-0.40263	0.162112527
314	0.13246300000	0.19500400000	-0.06254	0.003911377	2708	0.86790200000	1.01196000000	-0.14406	0.020752707
315	0.13380900000	0.19550000000	-0.06169	0.003805779	2709	0.77932100000	1.01218000000	-0.23286	0.054223314
316	0.35979900000	0.19609100000	0.16371	0.026800309	2710	0.97274800000	1.01218000000	-0.03943	0.005154883
317	0.15318800000	0.19646300000	-0.04328	0.001872726	2711	0.71098300000	1.01559000000	-0.30461	0.092785424
318	0.20963000000	0.19675300000	0.01288	0.000165817	2712	1.44246000000	1.01599000000	0.42647	0.181876661
319	0.14547800000	0.19729900000	-0.05182	0.002685416	2713	0.84858500000	1.01670000000	-0.16812	0.028262653
320	0.32777000000	0.19732300000	0.13045	0.01701642	2714	0.60743100000	1.01711000000	-0.40968	0.167836883
321	0.14925500000	0.19734600000	-0.04809	0.002312744	2715	0.76690700000	1.01854000000	-0.25163	0.063319167
322	0.16639300000	0.19741500000	-0.03102	0.000962364	2716	1.05632000000	1.01900000000	0.03732	0.001292782
323	0.46498400000	0.19763400000	0.26735	0.007176023	2717	0.98191200000	1.02048000000	-0.03857	0.001487491
324	0.21092900000	0.19815600000	0.01277	0.00016315	2718	0.85163700000	1.02065000000	-0.16901	0.028565394
325	0.16877000000	0.19840600000	-0.02964	0.000878292	2719	0.83630600000	1.02151000000	-0.18520	0.034300522
326	0.16019100000	0.19857000000	-0.03838	0.001472948	2720	0.60651000000	1.02169000000	-0.41518	0.172374432
327	0.17325500000	0.19884800000	-0.02559	0.000655002	2721	0.85849700000	1.02181000000	-0.16331	0.026671136
328	0.46108500000	0.19909000000	0.26200	0.06864138	2722	0.65054900000	1.02199000000	-0.37144	0.173968416
329	0.16704900000	0.19917000000	-0.03212	0.001031759	2723	0.95127600000	1.02221000000	-0.07083	0.005017456
330	0.23678600000	0.19952900000	0.03726	0.001388084	2724	0.69783800000	1.02222000000	-0.32438	0.105223682
331	0.17028900000	0.19956600000	-0.02928	0.000857143	2725	0.42854400000	1.02365000000	-0.59511	0.354151151
332	0.28560600000	0.19981200000	0.08579	0.00736061	2726	0.85316100000	1.02382000000	-0.17066	0.029124494
333	0.13507600000	0.19993000000	-0.06485	0.004206041	2727	0.76939500000	1.02840000000	-0.25901	0.06708359
334	0.36191000000	0.19993500000	0.16198	0.026235901	2728	0.36487300000	1.02865000000	-0.66378	0.440599906
335	0.12060800000	0.20003000000	-0.07942	0.00307854	2729	0.46130900000	1.02918000000	-0.56787	0.322477473
336	0.16862900000	0.20038900000	-0.03176	0.001008698	2730	1.21261000000	1.02989000000	0.18272	0.033386598
337	0.20175700000	0.20060100000	0.00116	1.33634E-06	2731	0.95949700000	1.03061000000	-0.07711	0.005057059
338	0.21591000000	0.20112300000	0.01479	0.000218655	2732	0.95127000000	1.03086000000	-0.07959	0.006334568
339	0.19031800000	0.20132800000	-0.01101	0.00012122	2733	1.05579000000	1.03116000000	0.02463	0.000606637
340	0.12204000000	0.20151100000	-0.07947	0.00631564	2734	0.75638400000	1.03149000000	-0.27511	0.062983311
341	0.17158300000	0.20343900000	-0.03186	0.001014805	2735	0.71037600000	1.03174000000	-0.32136	0.10327482
342	0.12683400000	0.20359000000	-0.07676	0.005891484	2736	0.49324100000	1.03223000000	-0.53899	0.290590142
343	0.31289900000	0.20440300000	0.10850	0.011771382	2737	0.61034300000	1.03309000000	-0.42275	0.178715026
344	0.16208900000	0.20491800000	-0.04283	0.001834323	2738	0.98161200000	1.03407000000	-0.05246	0.002751842
345	0.13043600000	0.20534700000	-0.07491	0.005611658	2739	0.75983200000	1.03439000000	-0.27456	0.075382095
346	0.17679000000	0.20539100000	-0.02860	0.000818017	2740	0.95917100000	1.03493000000	-0.07576	0.005739426
347	0.35056900000	0.20561000000	0.14496	0.021013112	2741	0.56155500000	1.03523000000	-0.47368	0.224368006
348	0.30278100000	0.20590900000	0.09687	0.009384184	2742	0.35027300000	1.03566000000	-0.68539	0.46975534
349	0.22036000000	0.20638100000	0.01398	0.000195412	2743	0.77558700000	1.03751000000	-0.26192	0.068603658
350	0.17155400000	0.20656500000</							

379	0.1767000000	0.2139990000	-0.03730	0.001391215	2773	2.3150900000	1.0598200000	1.25527	1.575702773
380	0.1899770000	0.2140210000	-0.02404	0.000578114	2774	0.8030250000	1.0631200000	-0.26010	0.067649409
381	0.1788590000	0.2140440000	-0.03519	0.001237984	2775	0.8581140000	1.0633800000	-0.20527	0.042134311
382	0.1579360000	0.2142250000	-0.05629	0.003168452	2776	0.5080420000	1.0635600000	-0.55552	0.308600248
383	0.2033580000	0.2142900000	-0.01093	0.000119509	2777	0.9198590000	1.0672500000	-0.14739	0.021724107
384	0.4274460000	0.2143980000	0.21305	0.04538945	2778	0.9709090000	1.0676200000	-0.09671	0.067353018
385	0.2284940000	0.2149100000	0.01358	0.000184525	2779	0.9700900000	1.0695200000	-0.09943	0.009886325
386	0.1955510000	0.2153450000	-0.01979	0.000391802	2780	0.8955590000	1.0700100000	-0.17445	0.030433151
387	0.1597470000	0.2154840000	-0.05574	0.003106613	2781	0.9519110000	1.0702400000	-0.11833	0.014001752
388	0.3769670000	0.2155700000	0.16140	0.026048992	2782	0.8331290000	1.0706800000	-0.23755	0.056430478
389	0.1319300000	0.2156840000	-0.08375	0.007014733	2783	0.7352880000	1.0746800000	-0.33939	0.11518693
390	0.1608790000	0.2157420000	-0.05486	0.003009949	2784	0.7442280000	1.0762500000	-0.33202	0.110238608
391	0.1890100000	0.2163290000	-0.02732	0.000746328	2785	0.6804730000	1.0775600000	-0.39709	0.157678086
392	0.2440880000	0.2163600000	0.02773	0.000768842	2786	1.0006600000	1.0778400000	-0.07718	0.005956752
393	0.1395460000	0.2166300000	-0.07708	0.005941943	2787	0.7235720000	1.0819700000	-0.35840	0.128449126
394	0.1636700000	0.2167260000	-0.05306	0.002814939	2788	1.0917200000	1.0826400000	0.00908	8.24464E-05
395	0.1805210000	0.2168090000	-0.03629	0.003116819	2789	0.8740240000	1.0828400000	-0.20882	0.043604122
396	0.1555380000	0.2170100000	-0.06147	0.003778807	2790	0.7564680000	1.0832700000	-0.32680	0.106799547
397	0.1079710000	0.2171080000	-0.10914	0.011910885	2791	1.1131700000	1.0839900000	0.02918	0.000851472
398	0.1522340000	0.2174280000	-0.06519	0.004250258	2792	0.6004480000	1.0851100000	-0.48466	0.234897254
399	0.2079600000	0.2175490000	-0.00959	9.19489E-05	2793	0.8451470000	1.0860000000	-0.24085	0.058010168
400	0.2172400000	0.2175910000	-0.00035	1.23201E-07	2794	0.9742590000	1.0866500000	-0.11239	0.012631737
401	0.3291140000	0.2179880000	0.11113	0.012348988	2795	0.7224420000	1.0873800000	-0.36494	0.133179744
402	0.1801680000	0.2180410000	-0.03787	0.001434364	2796	0.5283870000	1.0878300000	-0.55944	0.31297647
403	1.1168000000	0.2180490000	0.89875	0.80775336	2797	0.9038270000	1.0882300000	-0.18440	0.034004466
404	0.2000770000	0.2182610000	-0.01818	0.000330658	2798	0.8750590000	1.0883600000	-0.21330	0.045497317
405	0.2800700000	0.2185110000	0.06156	0.00378951	2799	0.9097490000	1.0885300000	-0.17878	0.031962646
406	0.1346880000	0.2185660000	-0.08388	0.007035519	2800	0.8180180000	1.0887400000	-0.27072	0.073290401
407	0.1229130000	0.2185710000	-0.09566	0.009150453	2801	0.8914180000	1.0893900000	-0.19797	0.039192913
408	0.1363060000	0.2186780000	-0.08237	0.006785146	2802	1.0527900000	1.0908300000	-0.03804	0.001447042
409	0.1839140000	0.2188460000	-0.03493	0.001220245	2803	1.7085600000	1.0914400000	0.61712	0.380837094
410	0.1366100000	0.2190830000	-0.08247	0.006801796	2804	1.1060500000	1.0920600000	0.01399	0.00019572
411	0.1775460000	0.2190870000	-0.04154	0.001725655	2805	0.5572130000	1.0921400000	-0.53493	0.286146895
412	0.1677730000	0.2190960000	-0.05132	0.00263405	2806	0.5734020000	1.0926500000	-0.51925	0.269618486
413	0.2958040000	0.2193820000	0.07642	0.005840322	2807	0.8516020000	1.0934400000	-0.24184	0.058485618
414	0.1549690000	0.2202830000	-0.06531	0.004265919	2808	0.9002530000	1.0941800000	-0.19393	0.037607681
415	0.2067470000	0.2203930000	-0.01365	0.000186213	2809	0.9130780000	1.0954100000	-0.18233	0.033244958
416	0.1847340000	0.2204460000	-0.03571	0.001275347	2810	0.6703730000	1.0958200000	-0.42545	0.18100515
417	0.1827590000	0.2208780000	-0.03812	0.001453058	2811	1.1941700000	1.0974800000	0.09669	0.009348956
418	0.1716620000	0.2210890000	-0.04943	0.002443028	2812	0.9310660000	1.0982800000	-0.16721	0.02796052
419	0.1770950000	0.2215100000	-0.04442	0.001972692	2813	1.0051600000	1.0983700000	-0.09321	0.008688104
420	0.1181490000	0.2216600000	-0.10351	0.010714527	2814	1.2676300000	1.0994000000	0.16823	0.028301333
421	0.2263570000	0.2218700000	0.00449	2.01322E-05	2815	1.1566600000	1.0994600000	0.05720	0.003271184
422	0.1541130000	0.2218740000	-0.06776	0.004591553	2816	1.1389900000	1.1003700000	0.03862	0.001491504
423	0.3438390000	0.2221000000	0.12174	0.014820384	2817	0.8882180000	1.1006600000	-0.21244	0.045131603
424	0.1486220000	0.2222580000	-0.07364	0.00542226	2818	0.9203930000	1.1015900000	-0.18120	0.032832353
425	0.2501260000	0.2223890000	0.02774	0.000769341	2819	1.0661000000	1.1026100000	-0.03651	0.00133298
426	0.2617160000	0.2227970000	0.03892	0.001514689	2820	0.6857170000	1.1037400000	-0.41802	0.174743229
427	0.1568630000	0.2229290000	-0.06607	0.004364716	2821	0.5237190000	1.1038600000	-0.58014	0.33656358
428	0.1781010000	0.2232460000	-0.04515	0.002308071	2822	0.7742740000	1.1044900000	-0.33022	0.102904267
429	0.1655330000	0.2233050000	-0.05797	0.003360753	2823	0.5886890000	1.1045200000	-0.51583	0.266081621
430	0.1642140000	0.2239500000	-0.05974	0.00356839	2824	0.6733290000	1.1048900000	-0.43156	0.186244897
431	0.1840440000	0.2239950000	-0.03959	0.001567447	2825	0.7036350000	1.1054300000	-0.40180	0.161439222
432	0.1723820000	0.2240010000	-0.05162	0.002664521	2826	0.7460810000	1.1056000000	-0.35952	0.129253911
433	0.2347000000	0.2244130000	0.01029	0.000105822	2827	0.9556650000	1.1061100000	-0.15045	0.022633698
434	0.1879200000	0.2249520000	-0.03703	0.001371369	2828	0.7338550000	1.1062800000	-0.37243	0.138700381
435	0.3071410000	0.2249520000	0.08219	0.006755032	2829	1.1828600000	1.1064000000	0.07646	0.005846132
436	0.1877440000	0.2251590000	-0.03742	0.001399882	2830	0.6317890000	1.1066700000	-0.47488	0.225511964
437	0.6035970000	0.2252300000	0.37837	0.143161587	2831	0.9290210000	1.1080600000	-0.17904	0.032054964
438	0.3087530000	0.2252920000	0.08346	0.006965739	2832	1.3107200000	1.1085900000	0.02013	0.040856537
439	0.1232450000	0.2257250000	-0.10248	0.01050215	2833	0.9674530000	1.1091000000	-0.14165	0.020063873
440	0.1572810000	0.2257290000	-0.06845	0.004685129	2834	0.9163030000	1.1098200000	-0.19352	0.037448829
441	0.1876140000	0.2259970000	-0.03838	0.001473255	2835	0.8665530000	1.1104800000	-0.24393	0.059500381
442	0.1497580000	0.2269720000	-0.07721	0.005962002	2836	1.7930000000	1.1115500000	0.68145	0.464374103
443	0.2315890000	0.2270280000	0.00456	2.08027E-05	2837	0.9635940000	1.1128700000	-0.14928	0.022283324
444	0.2274760000	0.2271520000	0.00032	1.04976E-07	2838	0.9862980000	1.1129800000	-0.12668	0.016048329
445	0.2689460000	0.2276890000	0.04126	0.00170214	2839	1.4665900000	1.1137000000	0.35289	0.124531352
446	0.4610160000	0.2277100000	0.23331	0.05443169	2840	0.4111670000	1.1138900000	-0.70272	0.493819615
447	0.1992300000	0.2281330000	-0.02890	0.000835383	2841	0.8943110000	1.1148000000	-0.22049	0.048615399
448	0.1509860000	0.2281340000	-0.06815	0.00464415	2842	0.9917190000	1.1152400000	-0.12352	0.015257437
449	0.1382780000	0.2282810000	-0.09000	0.00810054	2843	0.9396280000	1.1153500000	-0.17572	0.030878221
450	0.1516300000	0.2282950000	-0.07667	0.00587522	2844	0.4615460000	1.1159200000	-0.65437	0.428205332
451	0.1786250000	0.2286330000	-0.05003	0.002502801	2845	1.6920900000	1.1184300000	0.57366	0.329085796
452	0.1863980000	0.2288110000	-0.04241	0.001798863	2846	0.6320460000	1.1218900000	-0.48984	0.239947144
453	0.1485180000	0.2288480000	-0.08033	0.006452909	2847	0.9479910000	1.1223500000	-0.17436	0.030401061
454	0.1965390000	0.2289060000	-0.03237	0.001047623	2848	0.9027230000	1.1228000000	-0.22008	0.048433886
455	0.1279170000	0.2290620000	-0.10115	0.010230311	2849	0.6884760000	1.1234600000	-0.43498	0.18921108
456	0.1953940000	0.2290620000	-0.03367	0.001133534	2850	1.1551800000	1.1264600000	0.02872	0.000824838
457	0.1910300000	0.2291190000	-0.03809	0.001450772	2851	0.7922640000	1.1268700000	-0.33461	0.011961175
458	0.1355090000	0.2293590000	-0.09385	0.008087823	2852	0.5488040000	1.1279500000	-0.57915	0.335410089
459	0.2095510000	0.2295280000	-0.01998	0.000399081	2853	0.9613710000	1.1285000000	-0.16713	0.072932103
460	0.2252170000	0.2300570000	-0.00484	2.34256E-05	2854	3.4312900000	1.1289000000	2.30239	5.300999712
461	0.1513550000	0.2313410000	-0.07999	0.00639776	2855	0.9435330000	1.1292700000	-0.18574	0.034498233
462	0.1860410000	0.2314200000	-0.04538	0.002059254	2856	1.3482500000	1.1297500000	0.21850	0.04774225
463	0.1739710000	0.2327310000	-0.05876	0.003452738	2857				

490	0.14765700000	0.24352200000	-0.09587	0.009190098	2884	0.92313800000	1.15477000000	-0.23163	0.053653383
491	0.12072500000	0.24422600000	-0.12350	0.015252497	2885	0.72428500000	1.15556000000	-0.43128	0.185998126
492	0.32801800000	0.24459600000	0.08342	0.00695923	2886	1.37209000000	1.15768000000	0.21441	0.045971648
493	0.12598700000	0.24481100000	-0.11882	0.014119143	2887	0.75057900000	1.15823000000	-0.40765	0.116179338
494	0.19892700000	0.24486100000	-0.04593	0.002109932	2888	1.15138000000	1.15904000000	-0.00766	5.86756E-05
495	0.21340900000	0.24583300000	-0.03242	0.001051316	2889	0.91627900000	1.16058000000	-0.24430	0.035968297
496	0.25127000000	0.24600200000	0.00527	2.77518E-05	2890	0.75803800000	1.16299000000	-0.40495	0.163986122
497	0.42647700000	0.24612200000	0.18036	0.032527926	2891	0.79842600000	1.16391000000	-0.36548	0.133578554
498	0.30581400000	0.24651500000	0.05930	0.003516371	2892	0.11218400000	1.16433000000	-1.05215	1.107011205
499	0.19830000000	0.24657000000	-0.04827	0.002329993	2893	0.90261600000	1.16454000000	-0.26192	0.068604182
500	0.19828600000	0.24687900000	-0.04859	0.00236128	2894	0.98045900000	1.16484000000	-0.18438	0.033996353
501	0.66721100000	0.24753100000	0.41968	0.176131302	2895	0.97187500000	1.16517000000	-0.19330	0.037362957
502	0.36447300000	0.24894600000	0.11553	0.013346488	2896	0.97512300000	1.16545000000	-0.19033	0.036224367
503	0.21702500000	0.24947500000	-0.03245	0.001053003	2897	0.96942200000	1.16579000000	-0.19637	0.038560391
504	0.22671000000	0.24957800000	-0.02287	0.000522945	2898	0.89381000000	1.16593000000	-0.27212	0.074049294
505	0.20319700000	0.24970500000	-0.04651	0.002162994	2899	1.61089000000	1.16786000000	0.44303	0.196275581
506	0.17491700000	0.24981100000	-0.07489	0.005609111	2900	1.02782000000	1.16835000000	-0.14053	0.019748681
507	0.13648500000	0.24987700000	-0.11339	0.012857746	2901	1.11371000000	1.16872000000	-0.05501	0.0030261
508	0.16630100000	0.24995500000	-0.08365	0.006979992	2902	0.88929500000	1.16895000000	-0.27966	0.078206919
509	0.18098600000	0.25039800000	-0.06941	0.004818026	2903	0.76360800000	1.17065000000	-0.40704	0.16568319
510	0.12919600000	0.25071400000	-0.12152	0.014766624	2904	2.08220000000	1.17071000000	0.91149	0.83081402
511	0.20423700000	0.25160400000	-0.04737	0.002243633	2905	1.03421000000	1.17281000000	-0.13860	0.01920996
512	0.22664000000	0.25171500000	-0.02508	0.000628756	2906	0.83123600000	1.17292000000	-0.34168	0.116747956
513	0.22450900000	0.25186200000	-0.02735	0.000748187	2907	1.35122000000	1.17337000000	0.17785	0.031630623
514	0.17398500000	0.25277200000	-0.07879	0.006207391	2908	1.30295000000	1.17362000000	0.12933	0.016726249
515	0.49399200000	0.25298400000	0.24101	0.058084856	2909	0.95373500000	1.17442000000	-0.22069	0.048701869
516	0.24815400000	0.25303900000	-0.00489	2.38632E-05	2910	0.73332400000	1.17448000000	-0.44116	0.1744818616
517	0.14355800000	0.25318400000	-0.10963	0.01201786	2911	0.95772000000	1.17617000000	-0.21845	0.047720403
518	0.15618400000	0.25331200000	-0.09713	0.009433848	2912	0.99456000000	1.17797000000	-0.18341	0.033639228
519	0.21180600000	0.25406700000	-0.04226	0.001785992	2913	3.41740000000	1.17968000000	2.23772	5.007390798
520	0.22255700000	0.25408200000	-0.03153	0.000993826	2914	0.64407400000	1.18009000000	-0.53602	0.287313152
521	0.23849600000	0.25416200000	-0.01567	0.000245424	2915	0.65996300000	1.18068000000	-0.52072	0.271146194
522	0.14393400000	0.25431900000	-0.11039	0.012184848	2916	0.98486800000	1.18117000000	-0.19630	0.035834475
523	1.29710000000	0.25442400000	1.04268	1.087173241	2917	0.98440400000	1.18257000000	-0.19817	0.093269764
524	0.17098000000	0.25447800000	-0.08350	0.006971916	2918	0.69204400000	1.18321000000	-0.49117	0.24124404
525	0.25056500000	0.25450400000	-0.00394	1.55157E-05	2919	1.05078000000	1.18365000000	-0.13287	0.017654437
526	0.21642200000	0.25459900000	-0.03818	0.001457483	2920	1.02148000000	1.18432000000	-0.16284	0.026516866
527	0.22367700000	0.25479000000	-0.03111	0.000968019	2921	0.55646900000	1.18534000000	-0.62887	0.39548735
528	0.20504100000	0.25518200000	-0.05014	0.00251412	2922	0.89609000000	1.18704000000	-0.29095	0.084651903
529	0.21364200000	0.25518600000	-0.04154	0.001725904	2923	0.98962300000	1.18725000000	-0.19763	0.039056431
530	0.20757700000	0.25578500000	-0.04821	0.002324011	2924	1.02889000000	1.18915000000	-0.16026	0.025683268
531	0.22567100000	0.25668300000	-0.03101	0.000961744	2925	1.02518000000	1.18937000000	-0.16419	0.026958356
532	0.11811600000	0.25691500000	-0.13880	0.019265162	2926	0.31053600000	1.19028000000	-0.87974	0.773949506
533	0.21438900000	0.25694800000	-0.04256	0.001811268	2927	0.92079600000	1.19216000000	-0.27136	0.07363842
534	0.18502000000	0.25744600000	-0.07243	0.005245525	2928	1.09930000000	1.19312000000	-0.09382	0.008802192
535	0.19588900000	0.25790200000	-0.06201	0.003845612	2929	0.93405500000	1.19332000000	-0.25927	0.06721834
536	0.22593500000	0.25793200000	-0.03200	0.001023808	2930	1.06907000000	1.19378000000	-0.12471	0.015552584
537	0.14530500000	0.25824800000	-0.11294	0.012756121	2931	1.07534000000	1.19435000000	-0.11901	0.01416338
538	0.18527600000	0.25872400000	-0.07345	0.005394609	2932	0.95359500000	1.19580000000	-0.24221	0.058663262
539	0.23015500000	0.25900600000	-0.02885	0.00083238	2933	0.96115000000	1.19596000000	-0.23481	0.055135736
540	0.26648300000	0.25944000000	0.00704	4.96038E-05	2934	1.08426000000	1.19768000000	-0.11342	0.012864096
541	0.20807200000	0.25952300000	-0.05145	0.002647205	2935	1.05189000000	1.19896000000	-0.14707	0.021629585
542	0.21793900000	0.25992700000	-0.04199	0.001762992	2936	0.97490500000	1.19948000000	-0.22458	0.050433931
543	0.25639600000	0.26001400000	-0.00362	1.30899E-05	2937	1.09734000000	1.20190000000	-0.10456	0.00352794
544	0.33857400000	0.26021200000	0.07836	0.006140603	2938	1.08816000000	1.20273000000	-0.11457	0.031126285
545	0.17773600000	0.26081700000	-0.08308	0.006902453	2939	0.96882200000	1.20423000000	-0.23541	0.055416926
546	0.19449300000	0.26095900000	-0.06647	0.004417729	2940	1.07631000000	1.20435000000	-0.12804	0.016394242
547	0.20232300000	0.26131700000	-0.05899	0.003480292	2941	1.19909000000	1.20451000000	-0.00542	2.93764E-05
548	0.22172100000	0.26144200000	-0.03972	0.001577758	2942	0.77848500000	1.20776000000	-0.42928	0.184277026
549	0.14347400000	0.26158200000	-0.11811	0.0139495	2943	0.81303200000	1.20847000000	-0.39544	0.156371212
550	0.21373500000	0.26210300000	-0.04837	0.002339463	2944	0.51898200000	1.20853000000	-0.68955	0.475476444
551	0.25161900000	0.26246100000	-0.01084	0.000117549	2945	1.00063000000	1.20871000000	-0.20808	0.043297286
552	0.11161300000	0.26261000000	-0.15100	0.022800094	2946	1.00932000000	1.20981000000	-0.20049	0.04019624
553	0.20751800000	0.26295700000	-0.05544	0.003073483	2947	0.93470400000	1.21108000000	-0.27638	0.076383693
554	0.19738400000	0.26388300000	-0.06650	0.004422117	2948	1.63558000000	1.21154000000	0.42404	0.179809922
555	0.25956600000	0.26465000000	-0.00508	2.58471E-05	2949	1.68969000000	1.21256000000	0.47713	0.227653037
556	0.18866600000	0.26468100000	-0.07602	0.00577828	2950	0.97205700000	1.21336000000	-0.24130	0.058227138
557	0.51998800000	0.26473800000	0.25525	0.065152563	2951	0.54932200000	1.21467000000	-0.66535	0.442687961
558	0.23866400000	0.26504200000	-0.03638	0.001323359	2952	1.02020000000	1.21473000000	-0.19453	0.037841921
559	0.14850400000	0.26547900000	-0.11698	0.013683151	2953	1.65415000000	1.21573000000	0.43842	0.192212096
560	0.15457500000	0.26577600000	-0.11120	0.012365662	2954	0.83188800000	1.21703000000	-0.38514	0.18333436
561	0.28828200000	0.26617200000	0.02211	0.000488852	2955	1.00153000000	1.21727000000	-0.21574	0.046543748
562	0.15506500000	0.26654900000	-0.11148	0.012428682	2956	0.73990300000	1.21882000000	-0.47892	0.229361493
563	0.32732400000	0.26698200000	0.06034	0.003641157	2957	1.20970000000	1.21976000000	-0.01006	0.000101204
564	0.17099400000	0.26734300000	-0.09635	0.00928313	2958	1.26711000000	1.22085000000	0.04626	0.002139988
565	0.35538000000	0.26850000000	0.08688	0.007548134	2959	0.55408700000	1.22651000000	-0.67242	0.452152691
566	0.21934800000	0.26863800000	-0.04929	0.002429504	2960	1.12948000000	1.22652000000	-0.09704	0.009416762
567	0.41865600000	0.26866700000	0.14999	0.0224967	2961	0.92742100000	1.22661000000	-0.29919	0.009514058
568	0.26426300000	0.26938500000	-0.00512	2.62349E-05	2962	1.12924000000	1.22796000000	-0.09872	0.029745638
569	0.19877500000	0.26957200000	-0.07080	0.005012215	2963	1.16185000000	1.22860000000	-0.06675	0.004455562
570	0.37253700000	0.26974200000	0.10280	0.010566812	2964	0.87103500000	1.22915000000	-0.35812	0.128246353
571	0.20721300000	0.27002000000	-0.06281	0.003944719	2965	0.88062600000	1.22955000000	-0.34892	0.121747958
572	0.15268800000	0.27063400000							

601	0.32011900000	0.27713600000	0.04298	0.001847538	2995	0.78846300000	1.26019000000	-0.47173	0.222526362
602	0.16641700000	0.27756200000	-0.11115	0.012353211	2996	1.08579000000	1.26118000000	-0.17539	0.030761652
603	0.23050100000	0.27767900000	-0.04718	0.002225764	2997	1.11509000000	1.26393000000	-0.14884	0.022153346
604	0.14547100000	0.27770100000	-0.13223	0.017484773	2998	1.06455000000	1.26414000000	-0.19959	0.003963168
605	0.18353900000	0.27833900000	-0.09480	0.00898704	2999	0.57493900000	1.26425000000	-0.68931	0.047149655
606	0.18716800000	0.27847200000	-0.09130	0.00833642	3000	1.05551000000	1.26441000000	-0.20890	0.043630921
607	0.21400800000	0.27852000000	-0.06451	0.004161798	3001	0.98536200000	1.26492000000	-0.27956	0.078152675
608	0.21539700000	0.27880400000	-0.06341	0.004020448	3002	1.50047000000	1.26635000000	0.23412	0.054812174
609	0.11282400000	0.27896500000	-0.16614	0.027602832	3003	1.15448000000	1.26649000000	-0.11201	0.01254624
610	0.58996600000	0.27898500000	0.31098	0.096709182	3004	1.28358000000	1.26659000000	0.01699	0.00028866
611	0.25535700000	0.27922400000	-0.02387	0.000569634	3005	1.05047000000	1.26903000000	-0.21856	0.047768474
612	0.28571000000	0.27928000000	0.00643	4.13449E-05	3006	1.24292000000	1.26956000000	-0.02664	0.00070969
613	0.16896600000	0.27977800000	-0.11081	0.012279299	3007	1.03048000000	1.26993000000	-0.23945	0.057336303
614	0.46913100000	0.28048100000	0.18865	0.035588823	3008	0.98522800000	1.27169000000	-0.28646	0.082060477
615	0.33461600000	0.28053700000	0.05408	0.002924538	3009	1.05966000000	1.27198000000	-0.21232	0.045079782
616	0.19704600000	0.28062500000	-0.08358	0.006985449	3010	1.51477000000	1.27202000000	0.24275	0.058927563
617	0.24537800000	0.28076600000	-0.03539	0.001252311	3011	0.69028700000	1.27355000000	-0.58326	0.340195727
618	0.20576100000	0.28098000000	-0.07522	0.005657898	3012	0.85252700000	1.27368000000	-0.42115	0.177369849
619	0.23748100000	0.28098500000	-0.04350	0.001892598	3013	1.10239000000	1.27458000000	-0.17219	0.029649396
620	0.26621100000	0.28121600000	-0.01501	0.00022515	3014	0.78960100000	1.27470000000	-0.48510	0.23532104
621	0.22698200000	0.28146800000	-0.05449	0.002968724	3015	1.06766000000	1.27486000000	-0.20720	0.04293184
622	0.27578600000	0.28234200000	-0.00656	4.29811E-05	3016	0.94335000000	1.27634000000	-0.33299	0.11088234
623	0.24074400000	0.28242100000	-0.04168	0.001736972	3017	0.99116700000	1.27718000000	-0.28601	0.081803436
624	0.33419400000	0.28243400000	0.05176	0.002679098	3018	0.80107300000	1.27911000000	-0.47804	0.228519373
625	0.19911600000	0.28253300000	-0.08342	0.006958396	3019	1.36793000000	1.27948000000	0.08845	0.007823403
626	0.23692000000	0.28263800000	-0.04572	0.002090136	3020	1.03672000000	1.28266000000	-0.24594	0.060486484
627	0.43734500000	0.28269900000	0.15465	0.023915385	3021	1.05226000000	1.28270000000	-0.23044	0.053102594
628	0.43700100000	0.28318000000	0.15382	0.0236609	3022	1.03484000000	1.28401000000	-0.24917	0.062085689
629	0.19238500000	0.28320800000	-0.09082	0.008248817	3023	1.01555000000	1.28490000000	-0.26935	0.072549423
630	0.23690300000	0.28343200000	-0.04653	0.002164948	3024	0.97294300000	1.28580000000	-0.31286	0.097879502
631	0.15193300000	0.28354900000	-0.13162	0.017322771	3025	2.16526000000	1.28611000000	0.87915	0.772904723
632	0.20805500000	0.28364600000	-0.07559	0.005713999	3026	1.38435000000	1.28644000000	0.09791	0.009586368
633	0.13187800000	0.28429000000	-0.15241	0.023229418	3027	1.09005000000	1.28721000000	-0.19716	0.038872066
634	0.32179900000	0.28435100000	0.03745	0.001402353	3028	1.30712000000	1.28872000000	0.01840	0.00033856
635	0.20827000000	0.28446000000	-0.07619	0.005804916	3029	0.51241500000	1.28903000000	-0.77662	0.603130858
636	0.32560300000	0.28466400000	0.04094	0.001676002	3030	1.09446000000	1.28958000000	-0.19512	0.038071814
637	0.45958300000	0.28502700000	0.17456	0.030469797	3031	1.08835000000	1.28979000000	-0.20144	0.047588074
638	0.24904000000	0.28505500000	-0.03602	0.00129708	3032	1.59518000000	1.28997000000	0.30521	0.091351344
639	0.23306200000	0.28510900000	-0.05205	0.00270889	3033	1.18536000000	1.29042000000	-0.10506	0.011307604
640	0.25236100000	0.28588800000	-0.03353	0.00112406	3034	1.05003000000	1.29046000000	-0.24043	0.057806585
641	0.24934700000	0.28628300000	-0.03694	0.001364268	3035	1.08588000000	1.29216000000	-0.20628	0.042551438
642	0.22943000000	0.28687100000	-0.05744	0.003299468	3036	1.10156000000	1.29313000000	-0.19157	0.036699065
643	0.27923500000	0.28728500000	-0.00805	0.04825E-05	3037	0.90244600000	1.29372000000	-0.39127	0.153095343
644	0.21851600000	0.28730700000	-0.06879	0.004732202	3038	0.83389300000	1.29809000000	-0.46420	0.315478855
645	0.24011900000	0.28763800000	-0.04752	0.002258055	3039	1.83745000000	1.29853000000	0.53892	0.290434766
646	0.18702300000	0.28798000000	-0.10096	0.010192316	3040	1.08320000000	1.29883000000	-0.21563	0.046496297
647	0.25881700000	0.28801700000	-0.02920	0.00085264	3041	1.19708000000	1.29919000000	-0.10211	0.010426452
648	0.21563100000	0.28827400000	-0.07264	0.005277005	3042	0.82367200000	1.30146000000	-0.47779	0.228281373
649	0.23867600000	0.28849400000	-0.04982	0.002481833	3043	1.19897000000	1.30146000000	-0.10249	0.0105042
650	0.24074200000	0.28909100000	-0.04835	0.002337626	3044	1.34836000000	1.30238000000	0.04598	0.002211416
651	0.25109900000	0.28949900000	-0.03840	0.00147456	3045	0.86519900000	1.30287000000	-0.43767	0.191555904
652	0.17993500000	0.29012600000	-0.11019	0.012142056	3046	1.06755000000	1.30287000000	-0.23532	0.055375502
653	0.18538600000	0.29039100000	-0.10501	0.01102605	3047	1.08490000000	1.30379000000	-0.21889	0.047912832
654	0.22311500000	0.29065600000	-0.06754	0.004561787	3048	0.95049900000	1.30397000000	-0.35347	0.124941748
655	0.24283600000	0.29105100000	-0.04822	0.003234686	3049	0.89372200000	1.30450000000	-0.41078	0.061738565
656	0.16544100000	0.29115900000	-0.12572	0.015805016	3050	1.34224000000	1.30630000000	0.03594	0.001291684
657	0.17128700000	0.29121800000	-0.11993	0.014383445	3051	0.93070100000	1.30726000000	-0.37656	0.14179668
658	0.29098800000	0.29125800000	-0.00027	7.29E-08	3052	0.63693600000	1.30748000000	-0.67054	0.049629256
659	0.23123800000	0.29132300000	-0.06009	0.003610207	3053	1.50706000000	1.30888000000	0.19818	0.039275312
660	0.22982800000	0.29153000000	-0.06170	0.003807137	3054	0.96705300000	1.30899000000	-0.34194	0.116920912
661	0.40078200000	0.29172000000	0.10906	0.01189452	3055	3.02410000000	1.31093000000	1.71317	2.934951449
662	0.18413400000	0.29278300000	-0.10865	0.011804605	3056	0.35851100000	1.31156000000	-0.95305	0.908302396
663	0.25307200000	0.29293700000	-0.03987	0.001589218	3057	1.22508000000	1.31160000000	-0.08652	0.00748571
664	0.48010700000	0.29301200000	0.18710	0.035004539	3058	1.04044000000	1.31162000000	-0.27118	0.073538592
665	0.27620300000	0.29339200000	-0.01719	0.000295462	3059	0.86789000000	1.31234000000	-0.44453	0.19760781
666	0.22185700000	0.29342600000	-0.07157	0.005122122	3060	0.98794800000	1.31376000000	-0.32581	0.106153459
667	0.15107400000	0.29366900000	-0.14260	0.020333334	3061	1.07491000000	1.31648000000	-0.24157	0.058356065
668	0.20843700000	0.29399000000	-0.08555	0.007319316	3062	1.50481000000	1.31661000000	0.18820	0.03541924
669	0.24524100000	0.29442800000	-0.04919	0.002419361	3063	1.29415000000	1.31711000000	-0.02296	0.000527162
670	0.15903900000	0.29446600000	-0.13543	0.018340472	3064	0.44483800000	1.31718000000	-0.87234	0.760980565
671	0.15484000000	0.29447900000	-0.13964	0.01949905	3065	1.10159000000	1.31730000000	-0.21571	0.046530804
672	0.28843000000	0.29456100000	-0.00613	3.75892E-05	3066	1.12263000000	1.31761000000	-0.19498	0.0380172
673	0.10786700000	0.29486800000	0.78380	0.014345575	3067	2.19034000000	1.31797000000	0.87237	0.761029417
674	0.34034100000	0.29501700000	0.04532	0.002054265	3068	0.84098800000	1.31814000000	-0.47715	0.227674031
675	0.21057400000	0.29513400000	-0.08456	0.007150394	3069	1.11787000000	1.31871000000	-0.20084	0.040336706
676	0.21868900000	0.29513800000	-0.07645	0.00584445	3070	1.06134000000	1.31998000000	-0.25864	0.06689465
677	0.34890500000	0.29566500000	0.05324	0.002834498	3071	1.03634000000	1.32030000000	-0.28396	0.080633282
678	0.27869500000	0.29576400000	-0.01707	0.000291351	3072	1.11814000000	1.32122000000	-0.20308	0.041241486
679	0.24666300000	0.29579600000	-0.04913	0.002414052	3073	0.73507400000	1.32188000000	-0.58681	0.344341282
680	0.28211600000	0.29580100000	-0.01369	0.000187279	3074	1.18256000000	1.32317000000	-0.14061	0.019771172
681	0.17931000000	0.29585400000	-0.11654	0.013582504	3075	1.24189000000	1.32461000000	-0.08272	0.006842598
682	0.25093300000	0.29613100000	-0.04520	0.002042859	3076	1.13574000000	1.32473000000	-0.18899	0.03571722
683	0.28788500000	0.29681100000	-0.00893</						

712	0.2539620000	0.3054670000	-0.05151	0.002652765	3106	1.2663800000	1.3630800000	-0.09670	0.00935089
713	0.2210610000	0.3055950000	-0.08453	0.007145997	3107	1.2932400000	1.3636600000	-0.07042	0.004958976
714	0.2637740000	0.3056660000	-0.04189	0.00175494	3108	1.1368100000	1.3645300000	-0.22772	0.051856398
715	0.4339060000	0.3064950000	0.12741	0.016233563	3109	1.0272700000	1.3650900000	-0.33782	0.114122352
716	0.2542540000	0.3065830000	-0.05233	0.002738324	3110	1.7662300000	1.3668300000	0.39940	0.15952036
717	0.3199990000	0.3066110000	0.01339	0.000179239	3111	1.1135500000	1.3677700000	-0.25422	0.064627808
718	0.1715330000	0.3066670000	-0.13513	0.018261198	3112	0.2297890000	1.3699700000	-1.14018	1.300012713
719	0.2227310000	0.3072270000	-0.08000	0.00639936	3113	1.1792400000	1.3709000000	-0.19166	0.036733556
720	0.1200550000	0.3075790000	-0.18752	0.035165251	3114	1.1440400000	1.3743400000	-0.23030	0.05303809
721	0.2823910000	0.3076390000	-0.02525	0.000637462	3115	1.0895000000	1.3748400000	-0.28534	0.081418916
722	0.1186770000	0.3077150000	-0.18904	0.035735365	3116	1.3756100000	1.3791100000	-0.00350	1.225E-05
723	0.3727820000	0.3078230000	0.06496	0.004219672	3117	0.9623270000	1.3793900000	-0.41706	0.173941546
724	0.2568910000	0.3081410000	-0.05125	0.002626563	3118	0.9668780000	1.3822700000	-0.41539	0.172550514
725	0.1940290000	0.3082320000	-0.11420	0.013042325	3119	1.5283100000	1.3839300000	0.14438	0.020845584
726	0.2846360000	0.3083040000	-0.02367	0.000560174	3120	1.2031900000	1.3869200000	-0.18373	0.037356713
727	0.1876940000	0.3083700000	-0.12068	0.014562697	3121	0.7787440000	1.3882400000	-0.60950	0.371485374
728	0.1927160000	0.3084440000	-0.11573	0.01339297	3122	1.2391100000	1.3883800000	-0.14927	0.022281533
729	0.2570870000	0.3088480000	-0.05176	0.002679201	3123	0.6760610000	1.3916700000	-0.71561	0.512096421
730	0.1844460000	0.3092370000	-0.12479	0.015572794	3124	1.0904800000	1.3922370000	-0.30189	0.091137572
731	0.3004270000	0.3096430000	-0.00922	8.49347E-05	3125	0.4709050000	1.3924000000	-0.92150	0.849153035
732	0.2625960000	0.3102100000	-0.04761	0.002267093	3126	1.3431300000	1.3932200000	-0.05009	0.032509008
733	0.3576620000	0.3102370000	0.04743	0.002249131	3127	0.9598480000	1.3941800000	-0.43433	0.188644286
734	0.1367370000	0.3107930000	-0.17406	0.030295491	3128	1.9502700000	1.3979600000	0.55231	0.305046336
735	0.4548510000	0.3110430000	0.14381	0.020680741	3129	1.6388200000	1.3985400000	0.24028	0.067374478
736	0.3429700000	0.3115360000	0.03143	0.000988096	3130	1.1514300000	1.4032900000	-0.25186	0.06343346
737	0.2464460000	0.3116320000	-0.06519	0.004249215	3131	1.1246600000	1.4062100000	-0.28155	0.079270403
738	0.3137570000	0.3124140000	0.00134	1.80365E-06	3132	0.8508830000	1.4067300000	-0.55585	0.308965887
739	0.4239110000	0.3124460000	0.11147	0.012424446	3133	1.5310900000	1.4097000000	0.12139	0.01735532
740	0.4438500000	0.3126010000	0.13125	0.0172263	3134	0.8054310000	1.4106900000	-0.60526	0.366338457
741	0.4803420000	0.3127420000	0.16760	0.02808976	3135	1.2114700000	1.4115400000	-0.20007	0.040028005
742	0.2393600000	0.3128790000	-0.07352	0.005405043	3136	0.8253730000	1.4150200000	-0.58965	0.347683585
743	0.2775950000	0.3129640000	-0.03537	0.001250966	3137	1.5985800000	1.4160400000	0.18254	0.033230852
744	0.2611980000	0.3131160000	-0.05192	0.002695479	3138	1.7467100000	1.4176500000	0.32906	0.108280484
745	0.2033770000	0.3131660000	-0.10979	0.012053625	3139	1.3023900000	1.4210200000	-0.11863	0.014073077
746	0.3381980000	0.3132440000	0.02495	0.000622702	3140	0.5597200000	1.4221600000	-0.86244	0.743802754
747	0.2613780000	0.3136510000	-0.05227	0.002732467	3141	0.6984510000	1.4252600000	-0.72681	0.58251322
748	0.1956480000	0.3137430000	-0.11810	0.013946429	3142	1.1022400000	1.4253800000	-0.32314	0.10441946
749	0.2436170000	0.3140060000	-0.07039	0.004954611	3143	1.0779200000	1.4257200000	-0.34780	0.12096484
750	0.2552120000	0.3142450000	-0.05903	0.003484895	3144	0.7881930000	1.4265200000	-0.63833	0.047461359
751	0.2821870000	0.3143720000	-0.03219	0.001035874	3145	1.2942800000	1.4268100000	-0.13253	0.017564201
752	0.2604960000	0.3151770000	-0.05468	0.002990012	3146	1.1481800000	1.4279100000	-0.27973	0.078248873
753	0.2802670000	0.3154200000	-0.03515	0.001235733	3147	1.0977800000	1.4285400000	-0.33076	0.109402178
754	0.3977830000	0.3156520000	0.08213	0.006745501	3148	0.6173630000	1.4289600000	-0.81160	0.65586969
755	0.1928470000	0.3158960000	-0.12305	0.015141056	3149	0.8861860000	1.4293700000	-0.54318	0.295048858
756	0.4925640000	0.3161870000	0.17638	0.031108846	3150	0.7325770000	1.4293900000	-0.69681	0.485548357
757	0.4824570000	0.3165550000	0.16590	0.027523474	3151	1.1134800000	1.4299600000	-0.31648	0.10015959
758	0.3032290000	0.3168760000	-0.01365	0.000186241	3152	0.8350010000	1.4305500000	-0.59555	0.354678611
759	0.2678460000	0.3169420000	-0.04910	0.002410417	3153	0.8037290000	1.4309200000	-0.62719	0.39336855
760	0.1441190000	0.3171270000	-0.17301	0.029931768	3154	1.2020200000	1.4317300000	-0.22971	0.052766684
761	0.2541040000	0.3174160000	-0.06331	0.004008409	3155	1.0256900000	1.4317900000	-0.40610	0.16491721
762	0.2198800000	0.3174500000	-0.09757	0.009519905	3156	1.3567900000	1.4318000000	-0.07501	0.00562625
763	0.1329590000	0.3176930000	-0.18473	0.034126651	3157	0.8347910000	1.4350300000	-0.60024	0.30826857
764	0.2916960000	0.3176990000	-0.02600	0.000676156	3158	0.5981630000	1.4354500000	-0.83729	0.70104952
765	0.2695980000	0.3178680000	-0.04827	0.003239993	3159	1.0227000000	1.4358900000	-0.41319	0.170725976
766	0.2933190000	0.3179310000	-0.02461	0.000605711	3160	1.0845500000	1.4398000000	-0.35525	0.126022563
767	0.2377750000	0.3180500000	-0.08028	0.00644076	3161	1.2459200000	1.4411400000	-0.19522	0.038110848
768	0.2572410000	0.3180920000	-0.06085	0.003702844	3162	1.1194400000	1.4414100000	-0.32197	0.103664681
769	0.1347130000	0.3183290000	-0.18362	0.033714835	3163	1.0265800000	1.4419500000	-0.41537	0.172532237
770	0.5127660000	0.3183990000	0.19437	0.037778531	3164	0.9854420000	1.4426800000	-0.45724	0.209066589
771	0.3201040000	0.3191540000	0.00095	9.025E-07	3165	1.0988880000	1.4436900000	-0.34481	0.118893936
772	0.2181390000	0.3191630000	-0.10102	0.010205849	3166	0.6019720000	1.4442600000	-0.84229	0.709449075
773	0.2565260000	0.3192850000	-0.06276	0.003938692	3167	0.7789770000	1.4449600000	-0.66598	0.443533356
774	0.2862900000	0.3196150000	-0.03333	0.001110556	3168	1.0850500000	1.4483900000	-0.36388	0.132408654
775	0.2188270000	0.3196250000	-0.10080	0.010160237	3169	1.3455800000	1.4495600000	-0.10398	0.01081184
776	0.2943460000	0.3196490000	-0.02530	0.000640242	3170	0.5474650000	1.4498500000	-0.90239	0.814298688
777	0.2361490000	0.3204620000	-0.08431	0.007108682	3171	1.4808400000	1.4499600000	0.03088	0.005953574
778	0.2674380000	0.3206310000	-0.05319	0.002829495	3172	0.3743580000	1.4512900000	-1.07693	1.12982533
779	0.2749750000	0.3207500000	-0.04578	0.002095351	3173	1.1028100000	1.4516600000	-0.34885	0.15196323
780	0.3734170000	0.3213430000	0.05207	0.002711701	3174	0.8923740000	1.4528600000	-0.56049	0.314144556
781	0.3126860000	0.3216890000	-0.00900	8.1054E-05	3175	1.1372900000	1.4530600000	-0.31577	0.099710693
782	0.3777000000	0.3219360000	0.05576	0.003109624	3176	1.3403600000	1.4532600000	-0.11290	0.01274641
783	0.3561060000	0.3220960000	0.03401	0.00115668	3177	1.1017600000	1.4534200000	-0.35166	0.123664751
784	0.1485250000	0.3222180000	-0.17369	0.030169258	3178	1.2136600000	1.4542200000	-0.24056	0.057869114
785	0.1693300000	0.3222920000	-0.15296	0.023397373	3179	1.1044800000	1.4545900000	-0.35011	0.122577012
786	0.3167840000	0.3223320000	-0.00555	3.07803E-05	3180	0.6393060000	1.4558100000	-0.81650	0.666678782
787	0.2445750000	0.3226950000	-0.07812	0.006102734	3181	1.1795700000	1.4563700000	-0.27680	0.07661824
788	0.2736340000	0.3229500000	-0.04932	0.002432068	3182	0.8572810000	1.4564000000	-0.59912	0.358943576
789	0.3118960000	0.3230080000	-0.01111	0.000123477	3183	1.2334800000	1.4589000000	-0.22542	0.050814176
790	0.2997470000	0.3234790000	-0.02373	0.000563208	3184	1.2596700000	1.4602500000	-0.20058	0.040232336
791	0.2930460000	0.3235670000	-0.03052	0.000931531	3185	1.3396200000	1.4615600000	-0.12194	0.014869364
792	0.2611080000	0.3236040000	-0.06250	0.00390575	3186	1.5619800000	1.4617300000	0.10025	0.001005063
793	0.2761200000	0.3236870000	-0.04757	0.002262619	3187	2.2746700000	1.4623600000	0.81231	0.659847536
794	0.3295020000	0.3239280000	0.00557	3.10695E-05	3188	0.8527090000	1.4624300000	-0.60972	0.371759698
795	0.2810340000	0.3239420000	-0.04291	0.001841096	3189	0.8556400000	1.4643300000	-0.60869	0.370503516
796	0.3358980000	0.3240040000	0.01189	0.000141467	3190	1.1638900			

823	0.2862490000	0.3310460000	-0.04480	0.002006771	3217	1.2036800000	1.4978000000	-0.29412	0.086506574
824	0.2752040000	0.3314440000	-0.05624	0.003162938	3218	1.1290800000	1.4994400000	-0.37036	0.13716653
825	0.3666790000	0.3316860000	0.03499	0.00122451	3219	1.5082000000	1.4999000000	0.00830	6.889E-05
826	0.2388290000	0.3318490000	-0.09302	0.00865272	3220	1.1984400000	1.5012700000	-0.30283	0.091760609
827	0.2758800000	0.3322640000	-0.05638	0.003179155	3221	1.1541200000	1.5034400000	-0.34932	0.122024462
828	0.2706260000	0.3325490000	-0.06192	0.003834458	3222	1.5550900000	1.5034600000	0.05163	0.002665657
829	0.2514630000	0.3330500000	-0.08159	0.006656439	3223	1.4882400000	1.5048000000	0.01656	0.000274234
830	0.2868260000	0.3331000000	-0.04627	0.002141283	3224	1.1508900000	1.5048700000	-0.35398	0.12530184
831	0.2778190000	0.3333280000	-0.05551	0.003081249	3225	1.2845000000	1.5054300000	-0.22093	0.048810065
832	0.1297720000	0.3333350000	-0.20356	0.041437895	3226	1.2798200000	1.5110600000	-0.23124	0.053471938
833	0.2593630000	0.3334980000	-0.07414	0.005495998	3227	1.2376800000	1.5126600000	-0.27498	0.075614
834	0.4559300000	0.3342140000	0.12172	0.014814785	3228	1.0373700000	1.5131000000	-0.47573	0.0226319033
835	0.3253580000	0.3349390000	-0.00958	9.17956E-05	3229	1.1764900000	1.5152400000	-0.33875	0.114751563
836	0.2547660000	0.3349850000	-0.08022	0.006435088	3230	1.7721700000	1.5161700000	0.25600	0.065536
837	0.2791400000	0.3354820000	-0.05634	0.003174421	3231	1.3189700000	1.5185400000	-0.19957	0.039828185
838	0.2428460000	0.3354920000	-0.09265	0.005883281	3232	1.6596900000	1.5188300000	0.14086	0.01984154
839	0.4766020000	0.3355720000	0.14103	0.019889461	3233	1.1958000000	1.5190000000	-0.32320	0.10445824
840	0.4445110000	0.3356210000	0.10889	0.011857032	3234	0.7294370000	1.5207400000	-0.79130	0.626160438
841	0.6713480000	0.3359750000	0.33537	0.112475049	3235	0.5360360000	1.5213500000	-0.98531	0.970843679
842	0.2403610000	0.3365220000	-0.09616	0.009246938	3236	1.0681700000	1.5220800000	-0.45391	0.206034288
843	0.2711450000	0.3365500000	-0.06541	0.004277814	3237	1.2436100000	1.5223900000	-0.27878	0.07718288
844	0.2645150000	0.3367710000	-0.07226	0.00522093	3238	1.4744500000	1.5240500000	-0.04960	0.00246016
845	0.2423220000	0.3368030000	-0.09448	0.008926659	3239	1.0559700000	1.5249900000	-0.46902	0.21997976
846	0.2526760000	0.3368500000	-0.08417	0.007085262	3240	0.6173110000	1.5250300000	-0.90772	0.023953783
847	0.2310930000	0.3370000000	-0.10591	0.011216293	3241	1.2609200000	1.5254300000	-0.26451	0.06969554
848	0.2810150000	0.3370370000	-0.05602	0.003138464	3242	0.6826430000	1.5261400000	-0.84350	0.711487189
849	0.3769470000	0.3370880000	0.03986	0.00158874	3243	0.8914540000	1.5271900000	-0.63574	0.404160262
850	0.1763220000	0.3371020000	-0.16078	0.025850208	3244	1.2378600000	1.5276400000	-0.28978	0.083972448
851	0.4005620000	0.3371230000	0.06344	0.004024507	3245	1.4400400000	1.5278700000	-0.08783	0.007714109
852	0.2703340000	0.3372100000	-0.06688	0.004472399	3246	1.6435000000	1.5289000000	0.11460	0.01313316
853	0.3894070000	0.3373500000	0.05206	0.002709931	3247	1.0382700000	1.5289200000	-0.49065	0.240737423
854	0.1461590000	0.3373660000	-0.19121	0.036560117	3248	0.9973330000	1.5297000000	-0.53237	0.283414623
855	0.5298900000	0.3375860000	0.19230	0.036980828	3249	1.2369400000	1.5320100000	-0.29507	0.087066305
856	0.3906000000	0.3375940000	0.05301	0.002809636	3250	1.2808100000	1.5353200000	-0.25451	0.06477534
857	0.2765790000	0.3382260000	-0.06165	0.003800353	3251	0.7186050000	1.5374800000	-0.81888	0.630756266
858	0.4028010000	0.3386370000	0.06416	0.004117019	3252	1.0137600000	1.5375600000	-0.52380	0.27436644
859	0.3243260000	0.3386920000	-0.01437	0.000206382	3253	1.6708900000	1.5376800000	0.13321	0.017734904
860	0.2739890000	0.3387170000	-0.06473	0.004189714	3254	1.1469600000	1.5377800000	-0.39082	0.152740272
861	0.3829440000	0.3387220000	0.04422	0.001955585	3255	1.4055100000	1.5378400000	-0.13233	0.017511229
862	0.3837950000	0.3389950000	0.04480	0.00200704	3256	1.0598700000	1.5379800000	-0.47811	0.228589172
863	0.2661570000	0.3390000000	-0.07284	0.00306103	3257	0.8175020000	1.5402400000	-0.72274	0.522350017
864	0.2771390000	0.3393650000	-0.06223	0.003872075	3258	1.4868000000	1.5422500000	-0.05545	0.003074703
865	0.1464190000	0.3395620000	-0.19314	0.037304218	3259	1.0221900000	1.5434100000	-0.52122	0.217670288
866	0.2861470000	0.3398110000	-0.05366	0.002879825	3260	0.5972900000	1.5444500000	-0.94716	0.897112066
867	0.1972520000	0.3401350000	-0.14288	0.020415552	3261	1.2889200000	1.5449000000	-0.25598	0.06552576
868	0.2734000000	0.3401530000	-0.06675	0.004455963	3262	0.9039940000	1.5478200000	-0.64383	0.414511918
869	0.3191110000	0.3401970000	-0.02109	0.000444619	3263	0.8886890000	1.5480300000	-0.65934	0.343730554
870	0.7603790000	0.3402780000	0.42010	0.17648485	3264	0.8215210000	1.5493200000	-0.72780	0.529991384
871	0.3612270000	0.3405370000	0.02069	0.000428076	3265	1.2919800000	1.5502000000	-0.25822	0.066677568
872	0.4263090000	0.3406820000	0.08563	0.007331983	3266	0.8415720000	1.5506600000	-0.70909	0.550685792
873	0.2595930000	0.3409050000	-0.04497	0.002022481	3267	0.6496780000	1.5515400000	-0.90186	0.081355067
874	0.3255480000	0.3409110000	-0.01536	0.000236022	3268	1.2693900000	1.5524900000	-0.28310	0.08014561
875	0.2863490000	0.3416410000	-0.05529	0.003057205	3269	1.1927900000	1.5543100000	-0.36152	0.13069671
876	0.2227950000	0.3419400000	-0.11915	0.014195531	3270	1.0493600000	1.5560000000	-0.50664	0.25668409
877	0.2836650000	0.3423530000	-0.05869	0.003444281	3271	1.4627000000	1.5562200000	-0.09352	0.00874599
878	0.2839390000	0.3425060000	-0.05857	0.003430093	3272	0.7076130000	1.5583600000	-0.85075	0.723770458
879	0.3442750000	0.3426310000	0.00164	2.70274E-06	3273	0.7440170000	1.5590500000	-0.81503	0.664278791
880	0.1812370000	0.3426780000	-0.16144	0.206663196	3274	1.2994600000	1.5598300000	-0.26037	0.606792537
881	0.2185190000	0.3428320000	-0.12431	0.015453722	3275	0.9876450000	1.5622900000	-0.57465	0.330216876
882	0.4711700000	0.3439030000	0.12727	0.01396889	3276	1.2399600000	1.5624000000	-0.32244	0.103967554
883	0.2973670000	0.3439640000	-0.04660	0.00217128	3277	1.2275900000	1.5638300000	-0.33624	0.131305738
884	0.7878901000	0.3441940000	0.03471	0.0021204576	3278	1.2692800000	1.5719700000	-0.30269	0.091621236
885	0.2964020000	0.3442040000	-0.04780	0.002285031	3279	1.1036400000	1.5728900000	-0.46925	0.220195563
886	0.2829580000	0.3444150000	-0.06146	0.003776963	3280	1.1740500000	1.5733200000	-0.39927	0.159416533
887	0.8975670000	0.3447280000	0.55284	0.30563096	3281	1.4465600000	1.5753700000	-0.12881	0.016592016
888	0.3179530000	0.3453010000	-0.02735	0.000747913	3282	1.4780300000	1.5760000000	-0.09797	0.009598121
889	0.2967310000	0.3454600000	-0.04873	0.002374515	3283	1.3145400000	1.5767400000	-0.26220	0.06874884
890	0.3989780000	0.3456660000	0.05331	0.002842169	3284	1.3720400000	1.5821100000	-0.21007	0.004129405
891	0.3435120000	0.3456870000	-0.00218	4.73063E-06	3285	1.1990000000	1.5825500000	-0.38355	0.147110603
892	0.5339490000	0.3457050000	0.18824	0.035435804	3286	1.2112700000	1.5830900000	-0.37182	0.138250112
893	0.1651210000	0.3458820000	-0.18076	0.032674539	3287	1.0510400000	1.5847500000	-0.53371	0.284846364
894	0.1205130000	0.3465520000	-0.22604	0.05109363	3288	1.1133400000	1.5855800000	-0.47224	0.223010618
895	0.3821360000	0.3474970000	0.03464	0.00119986	3289	1.2373100000	1.5856400000	-0.34833	0.121333789
896	0.2870570000	0.3476730000	-0.06062	0.003674299	3290	1.3213600000	1.5862000000	-0.26484	0.070140226
897	0.2879210000	0.3478870000	-0.05997	0.003595921	3291	0.2681020000	1.5865900000	-1.31849	0.073841066
898	0.5353570000	0.3479590000	0.18740	0.03511801	3292	0.2117360000	1.5866200000	-1.37488	1.890360613
899	0.1479810000	0.3481530000	-0.20017	0.04006883	3293	0.8164600000	1.5890500000	-0.77259	0.596895308
900	0.3128220000	0.3482190000	-0.03540	0.001252948	3294	1.1776200000	1.5911000000	-0.41348	0.17096571
901	0.3734790000	0.3487370000	0.02474	0.000612167	3295	0.8990040000	1.5920800000	-0.69308	0.480354342
902	0.3113070000	0.3487860000	-0.03748	0.001404675	3296	1.5697300000	1.5921500000	-0.02242	0.000502656
903	0.2792570000	0.3488260000	-0.06957	0.004839846	3297	1.3150200000	1.5932000000	-0.27818	0.077384112
904	0.3258900000	0.3488430000	-0.02295	0.00505264	3298	1.5152100000	1.5953300000	-0.08012	0.006419214
905	0.2585770000	0.3491030000	-0.06323	0.003997527	3299	1.8090800000	1.5954100000	0.21367	0.045654869
906	0.2847660000	0.3491060000	-0.06434	0.004139636	3300	0.7992150000	1.5966500000	-0.79744	0.635902579
907	0.2400730000	0.3492370000	-0.10916	0.011916779	3301	1.4003500000			

934	0.29546500000	0.35629900000	-0.06083	0.003700776	3328	1.36352000000	1.64050000000	-0.27698	0.07671792
935	0.26646700000	0.35631400000	-0.08985	0.008072483	3329	0.62708700000	1.64208000000	-1.01499	1.03021079
936	0.17683800000	0.35644900000	-0.17961	0.032260111	3330	1.62566000000	1.64234000000	-0.01668	0.000278222
937	0.29578900000	0.35658000000	-0.06079	0.003695246	3331	1.21502000000	1.64294000000	-0.42792	0.183115526
938	0.29836000000	0.35699000000	-0.05864	0.003438532	3332	1.35476000000	1.64555000000	-0.29079	0.094588824
939	0.31016800000	0.35728900000	-0.04712	0.002270000	3333	1.33227000000	1.64577000000	-0.31350	0.08828225
940	0.30934300000	0.35730400000	-0.04796	0.002300258	3334	1.22887000000	1.64618000000	-0.41731	0.174147636
941	0.26904700000	0.35885000000	-0.08980	0.008064579	3335	1.69401000000	1.64891000000	0.04510	0.00203401
942	0.33828200000	0.35894200000	-0.02066	0.000426836	3336	1.33000000000	1.64900000000	-0.31900	0.101761
943	0.16175700000	0.35914600000	-0.19739	0.038962417	3337	0.58508400000	1.65113000000	-1.06605	1.136454074
944	0.39516200000	0.35927900000	0.03588	0.00128759	3338	1.68982000000	1.65320000000	0.03662	0.001341024
945	0.27365800000	0.35933500000	-0.08568	0.007340548	3339	1.37265000000	1.65430000000	-0.28165	0.079326723
946	0.51054500000	0.35959500000	0.15095	0.022785903	3340	1.49328000000	1.65440000000	-0.16112	0.025959654
947	0.53995500000	0.35998300000	0.17997	0.032389921	3341	1.33516000000	1.65726000000	-0.32210	0.10374841
948	0.35367100000	0.36013400000	-0.00646	4.17704E-05	3342	1.15630000000	1.65740000000	-0.50110	0.25110121
949	0.40270900000	0.36022300000	0.04249	0.00180506	3343	1.26795000000	1.65773000000	-0.38978	0.151928448
950	0.15565200000	0.36062100000	-0.20497	0.042012291	3344	0.73526500000	1.66009000000	-0.92483	0.855301281
951	0.28086100000	0.36078500000	-0.07992	0.006387846	3345	0.87800500000	1.66115000000	-0.78315	0.163136091
952	0.15970700000	0.36086600000	-0.20116	0.040464943	3346	0.79304800000	1.66183000000	-0.86878	0.754782164
953	0.40353000000	0.36104000000	0.04249	0.0018054	3347	1.45472000000	1.66243000000	-0.20771	0.043143444
954	0.39985900000	0.36113700000	0.03872	0.001499393	3348	1.04669000000	1.66390000000	-0.61721	0.380948184
955	0.33800500000	0.36119100000	-0.02319	0.000537591	3349	1.29541000000	1.66418000000	-0.36877	0.135991313
956	0.27882600000	0.36130000000	-0.08247	0.006801961	3350	1.36945000000	1.66493000000	-0.29548	0.08730843
957	0.57530400000	0.36144400000	0.21386	0.0457361	3351	0.89362600000	1.66540000000	-0.77177	0.595635107
958	0.24635400000	0.36149500000	-0.11514	0.01325745	3352	0.84094700000	1.66633000000	-0.82538	0.681257097
959	0.24334400000	0.36172700000	-0.11838	0.014014535	3353	1.46200000000	1.66740000000	-0.20540	0.04218916
960	0.30576600000	0.36178900000	-0.05602	0.003138577	3354	1.55679000000	1.66743000000	-0.11064	0.01224121
961	0.33695200000	0.36260500000	-0.02565	0.000658076	3355	1.38385000000	1.66804000000	-0.28419	0.080763956
962	0.74599800000	0.36300300000	0.38300	1.4668517	3356	1.35538000000	1.66915000000	-0.31377	0.098451613
963	0.38220400000	0.36309700000	0.01911	0.000365077	3357	1.29439000000	1.67174000000	-0.37735	0.142393023
964	0.30302900000	0.36326900000	-0.06024	0.003628858	3358	1.47533000000	1.67273000000	-0.19740	0.03896676
965	0.22786300000	0.36328500000	-0.13542	0.018339118	3359	1.62604000000	1.67395000000	-0.04791	0.002295368
966	0.22452800000	0.36337100000	-0.13884	0.019277379	3360	1.45944000000	1.67521000000	-0.21577	0.046556693
967	0.37675500000	0.36366800000	0.01309	0.00017127	3361	0.59675700000	1.67635000000	-1.07959	1.165521046
968	0.30482100000	0.36492600000	-0.06011	0.003612611	3362	2.85022000000	1.67686000000	1.17336	1.37677369
969	0.59280500000	0.36517900000	0.22763	0.051813596	3363	2.10581000000	1.67725000000	0.42856	0.183663674
970	0.30124100000	0.36587200000	-0.06463	0.004177166	3364	1.54000000000	1.67913000000	-0.13913	0.019357157
971	0.27506200000	0.36598200000	-0.09092	0.008266446	3365	1.39212000000	1.67916000000	-0.28704	0.082391962
972	0.29973300000	0.36601400000	-0.06628	0.004393171	3366	1.25804000000	1.67947000000	-0.42143	0.107603245
973	0.30404400000	0.36610500000	-0.06206	0.003851568	3367	1.49335300000	1.68085000000	-0.18732	0.035088782
974	0.30008300000	0.36627700000	-0.06619	0.004381646	3368	1.30845000000	1.68135000000	-0.37290	0.139054441
975	0.24779000000	0.36646700000	-0.11868	0.01408423	3369	1.39285000000	1.68162000000	-0.28877	0.083388113
976	0.42918600000	0.36681400000	0.06237	0.003890266	3370	1.41365000000	1.68201000000	-0.26836	0.07201709
977	0.28032700000	0.36740500000	-0.08708	0.007582578	3371	2.22707000000	1.68235000000	0.54472	0.296719878
978	0.19905200000	0.36815800000	-0.16911	0.028596839	3372	0.53765200000	1.68385000000	-1.14620	1.313769855
979	0.46137000000	0.36819900000	0.09317	0.008680835	3373	1.38341000000	1.68436000000	-0.30095	0.090570903
980	0.29368800000	0.36839600000	-0.07471	0.005581285	3374	1.28594000000	1.68665000000	-0.40071	0.160568504
981	0.54907000000	0.36839800000	0.18067	0.032642372	3375	1.42276000000	1.68923000000	-0.26647	0.07106261
982	0.26306000000	0.36869900000	-0.10569	0.01117101	3376	1.41851000000	1.68929000000	-0.27078	0.073321808
983	0.23048200000	0.36888300000	-0.13840	0.019154837	3377	1.87112000000	1.69131000000	0.17981	0.032331636
984	0.38424800000	0.36903900000	0.01521	0.000231314	3378	2.81648000000	1.69260000000	1.12388	1.263106254
985	0.30416400000	0.36925200000	-0.06509	0.004236468	3379	0.81786500000	1.69275000000	-0.87489	0.765423763
986	0.32093800000	0.37022400000	-0.04929	0.00242911	3380	1.21919000000	1.69314000000	-0.47395	0.224628603
987	0.14729700000	0.37027600000	-0.22298	0.049719634	3381	0.77841600000	1.69484000000	-0.91642	0.839832948
988	0.13630400000	0.37049900000	-0.23420	0.054847298	3382	1.31611000000	1.69705000000	-0.38094	0.145115284
989	0.30491500000	0.37090200000	-0.06599	0.004354284	3383	0.42254200000	1.70007000000	-1.27753	1.632077791
990	0.30763300000	0.37108300000	-0.06345	0.004025903	3384	2.08685000000	1.70132000000	0.38553	0.148633381
991	0.35440400000	0.37112700000	-0.01672	0.000279659	3385	2.14620000000	1.70220000000	0.44400	0.197136
992	0.42242700000	0.37116900000	0.05126	0.002627383	3386	1.34913000000	1.70255000000	-0.35342	0.124905696
993	0.19341600000	0.37128300000	-0.17787	0.03136667	3387	1.30528000000	1.70590000000	-0.40062	0.160496384
994	0.47599600000	0.37128600000	0.10471	0.010964184	3388	1.43373000000	1.70653000000	-0.27280	0.07441984
995	0.42596400000	0.37141400000	0.05455	0.002975753	3389	0.45364900000	1.71012000000	-1.25647	1.578719374
996	0.32873500000	0.37158700000	-0.04285	0.001836294	3390	0.85411600000	1.71195000000	-0.85783	0.735879172
997	0.34920300000	0.37198600000	-0.02278	0.000519065	3391	1.35669000000	1.71216000000	-0.35547	0.12638921
998	0.34269300000	0.37198700000	-0.02929	0.000858138	3392	1.14596000000	1.71630000000	-0.57034	0.325287716
999	0.25109700000	0.37210800000	-0.12101	0.014643662	3393	0.75324500000	1.71659000000	-0.96335	0.928033589
1000	0.35463300000	0.37219300000	-0.01756	0.000308354	3394	0.72288200000	1.71674000000	-0.99386	0.987735724
1001	0.23061700000	0.37226700000	-0.14165	0.020064723	3395	0.59636000000	1.71730000000	-1.12104	1.256370682
1002	0.40255600000	0.37235600000	0.03020	0.00091204	3396	1.25107000000	1.71782000000	-0.46675	0.217855563
1003	0.43326300000	0.37247500000	0.06079	0.003695181	3397	1.56693000000	1.71888000000	-0.15195	0.223088803
1004	0.35836600000	0.37254500000	-0.01418	0.000201044	3398	1.22127000000	1.72002000000	-0.49875	0.248751563
1005	0.53581900000	0.37282900000	0.16299	0.02656574	3399	1.48971000000	1.72202000000	-0.23231	0.053967936
1006	0.49962900000	0.37300200000	0.12663	0.016034397	3400	1.73093000000	1.72360000000	0.00733	5.37289E-05
1007	0.29906300000	0.37315200000	-0.07409	0.00548918	3401	1.44654000000	1.72481000000	-0.27827	0.077434193
1008	0.29626300000	0.37354200000	-0.07728	0.005972044	3402	1.49100000000	1.72568000000	-0.23468	0.055074702
1009	0.40955000000	0.37384600000	0.03570	0.001274776	3403	2.08749000000	1.72613000000	0.36136	0.13058105
1010	0.48155300000	0.37385300000	0.10770	0.01159929	3404	1.31513000000	1.72621000000	-0.41108	0.16868766
1011	0.27911200000	0.37400100000	-0.09489	0.009003922	3405	1.16330000000	1.72813000000	-0.56483	0.319032929
1012	0.38845300000	0.37436100000	0.01409	0.000198584	3406	1.34190000000	1.73034000000	-0.38844	0.150885634
1013	0.21399800000	0.37441200000	-0.16041	0.025732651	3407	1.03879000000	1.73226000000	-0.69347	0.480900641
1014	0.62513600000	0.37459600000	0.25054	0.062770292	3408	1.19083000000	1.73235000000	-0.54152	0.29324391
1015	0.34549700000	0.37466200000	-0.02917	0.000850597	3409	1.33346000000	1.73258000000	-0.39912	0.159296774
1016	0.30284800000	0.37469500000							

1045	0.20494100000	0.38259500000	-0.17765	0.031560944	3439	1.45092000000	1.78811000000	-0.33719	0.113697096
1046	0.32715400000	0.38293300000	-0.05578	0.00311297	3440	1.49225000000	1.78840000000	-0.29615	0.087704822
1047	0.36426900000	0.38306500000	-0.01880	0.00035329	3441	1.94145000000	1.78973000000	0.15172	0.020318958
1048	0.79422900000	0.38342700000	0.41080	0.168758283	3442	1.70453000000	1.79416000000	-0.08963	0.008035337
1049	0.35487200000	0.38344500000	-0.02857	0.000816416	3443	4.25427000000	1.79730000000	2.45697	6.036701581
1050	0.34677000000	0.38352700000	-0.03676	0.00135177	3444	1.61598000000	1.79755000000	-0.18157	0.032967665
1051	0.38970800000	0.38375800000	0.00595	3.54025E-05	3445	2.00185000000	1.80061000000	0.20124	0.040497538
1052	0.27367500000	0.38379000000	-0.11012	0.01125313	3446	3.41229000000	1.80252000000	1.60977	2.591359453
1053	0.72091600000	0.38391900000	0.33700	0.113566978	3447	1.22259000000	1.80563000000	-0.58304	0.339935642
1054	0.31807000000	0.38414100000	-0.06607	0.004365377	3448	1.42082000000	1.80970000000	-0.38888	0.151227654
1055	0.33130400000	0.38468700000	-0.05338	0.002849745	3449	1.50734000000	1.81031000000	-0.30297	0.091790821
1056	0.31018500000	0.38531700000	-0.07513	0.005644817	3450	1.66403000000	1.81117000000	-0.14714	0.02165018
1057	0.37519100000	0.38565500000	-0.01046	0.000109495	3451	1.57636000000	1.81345000000	-0.23709	0.056211668
1058	0.37973000000	0.38590700000	-0.00618	3.81553E-05	3452	1.79312000000	1.81448000000	-0.02136	0.00045625
1059	0.33234100000	0.38591700000	-0.05358	0.002870388	3453	1.67637000000	1.81490000000	-0.13853	0.019190561
1060	0.31988300000	0.38636000000	-0.06648	0.004419192	3454	1.24049000000	1.81595000000	-0.57546	0.331154212
1061	0.25070300000	0.38658000000	-0.13588	0.018462559	3455	1.65370000000	1.81773000000	-0.16403	0.026905841
1062	0.51381000000	0.38671500000	0.12710	0.016153139	3456	1.52022000000	1.81994000000	-0.29972	0.089832078
1063	0.27087200000	0.38693500000	-0.11606	0.01347062	3457	1.27762000000	1.82242000000	-0.54480	0.29680704
1064	0.23471300000	0.38700400000	-0.15229	0.023192549	3458	1.62057000000	1.82544000000	-0.20487	0.041971717
1065	0.42053800000	0.38701100000	0.03353	0.00112406	3459	0.83844300000	1.82550000000	-0.98706	0.974281521
1066	0.53729100000	0.38707800000	0.15021	0.022563945	3460	2.18751000000	1.82594000000	0.36157	1.130732865
1067	0.32228900000	0.38717400000	-0.06489	0.004210063	3461	1.41276000000	1.82661000000	-0.41385	0.171271823
1068	0.32365600000	0.38755400000	-0.06390	0.004082954	3462	1.31934000000	1.82862000000	-0.50928	0.259366118
1069	0.33813800000	0.38777700000	-0.04964	0.00246403	3463	1.49102000000	1.83110000000	-0.34008	0.151565406
1070	0.32105700000	0.38799100000	-0.06693	0.00448016	3464	1.72520000000	1.83156000000	-0.10636	0.01131245
1071	0.30675200000	0.38811000000	-0.08136	0.006619124	3465	1.19444000000	1.83273000000	-0.63829	0.407141424
1072	0.29863600000	0.38938200000	-0.09075	0.008234837	3466	1.47284000000	1.83292000000	-0.36008	0.129657606
1073	0.34898300000	0.38973400000	-0.04075	0.001660644	3467	2.69483000000	1.83505000000	0.85978	0.739221648
1074	0.30653200000	0.38989100000	-0.08336	0.006948723	3468	1.56992000000	1.83527000000	-0.26535	0.070410623
1075	0.74830600000	0.39003300000	0.35827	0.128355243	3469	1.57475000000	1.83825000000	-0.26350	0.06943225
1076	0.51943000000	0.39013200000	0.12930	0.016717973	3470	0.58686700000	1.84133000000	-1.25446	1.573677418
1077	0.33365000000	0.39027500000	-0.05663	0.003260391	3471	0.93987100000	1.84246000000	-0.90259	0.814666903
1078	0.55136800000	0.39029800000	0.16107	0.025943545	3472	1.69993000000	1.84484000000	-0.14491	0.020989806
1079	0.38061400000	0.39036300000	-0.00975	9.5043E-05	3473	1.44170000000	1.85051000000	-0.40881	0.176125616
1080	0.58969600000	0.39056100000	0.19914	0.039654748	3474	1.34363000000	1.85133000000	-0.50770	0.25775929
1081	0.37806600000	0.39095600000	-0.01289	0.00166152	3475	2.50743000000	1.85370000000	0.65373	0.427362913
1082	0.26918400000	0.39103000000	-0.12185	0.014846448	3476	1.69197000000	1.85697000000	-0.16500	0.027225
1083	0.75897600000	0.39120500000	0.36777	0.135255508	3477	1.58866000000	1.85954000000	-0.27088	0.073375974
1084	0.31420700000	0.39128600000	-0.07708	0.005941172	3478	1.60632000000	1.86281000000	-0.25649	0.06578712
1085	0.52501700000	0.39139100000	0.13363	0.017855908	3479	1.65057000000	1.86681000000	-0.21624	0.046759738
1086	0.33953300000	0.39172400000	-0.05219	0.0027239	3480	1.40782000000	1.86840000000	-0.46058	0.212133936
1087	0.34349700000	0.39200500000	-0.04851	0.002353026	3481	0.66395600000	1.86990000000	-1.20594	1.454300931
1088	0.34339500000	0.39214900000	-0.04875	0.002376953	3482	2.15423000000	1.87018000000	0.28405	0.080684403
1089	0.30830900000	0.39266500000	-0.08436	0.007115935	3483	1.27020000000	1.87152000000	-0.60132	0.361585742
1090	0.31203100000	0.39322400000	-0.08119	0.0016952303	3484	1.71583000000	1.87436000000	-0.15853	0.025131761
1091	0.28001900000	0.39333500000	-0.11332	0.012840516	3485	1.32911000000	1.87630000000	-0.54719	0.299416896
1092	0.27265900000	0.39350000000	-0.12084	0.014602547	3486	1.93655000000	1.87654000000	0.06001	0.0036012
1093	0.21853500000	0.39356500000	-0.17503	0.030635501	3487	1.56440000000	1.87928000000	-0.31488	0.099149414
1094	0.23614500000	0.39364400000	-0.15750	0.024805935	3488	1.02595000000	1.87993000000	-0.85398	0.27928184
1095	0.33171700000	0.39375900000	-0.06204	0.00384921	3489	1.56823000000	1.88449000000	-0.31626	0.100020388
1096	0.32018500000	0.39384700000	-0.07366	0.00542609	3490	0.47711800000	1.88495000000	-1.40783	1.98199094
1097	0.36634000000	0.39409100000	-0.02775	0.000770118	3491	1.15112000000	1.88653000000	-0.73541	0.540827868
1098	0.14888500000	0.39411900000	-0.24523	0.060139715	3492	1.51919000000	1.88952000000	-0.37033	0.137144309
1099	0.32477700000	0.39452600000	-0.06975	0.004864923	3493	1.15471000000	1.89088000000	-0.73617	0.541946269
1100	0.21611700000	0.39460600000	-0.17849	0.031858323	3494	1.21039000000	1.89315000000	-0.68276	0.466616218
1101	0.48245200000	0.39475700000	0.08770	0.007690413	3495	1.08537000000	1.89477000000	-0.80940	0.65512836
1102	0.29992000000	0.39557400000	-0.09565	0.009149688	3496	1.96910000000	1.89916000000	0.06994	0.004891604
1103	0.23785300000	0.39579200000	-0.15794	0.024944728	3497	1.56297000000	1.90143000000	-0.33846	0.114555172
1104	0.31811900000	0.39579500000	-0.07768	0.006033561	3498	1.62010000000	1.90295000000	-0.28285	0.080004122
1105	0.33351900000	0.39602000000	-0.06250	0.003906375	3499	1.33690000000	1.90298000000	-0.56608	0.320446566
1106	0.32591800000	0.39607600000	-0.07016	0.004922145	3500	1.83181000000	1.90310000000	-0.07129	0.008882264
1107	0.60233900000	0.39608900000	0.20625	0.042539063	3501	1.08182000000	1.90363000000	-0.82181	0.675371676
1108	0.33586600000	0.39614600000	-0.06028	0.003633678	3502	1.05350000000	1.90370000000	-0.85020	0.72284004
1109	0.32551500000	0.39636200000	-0.07085	0.005019297	3503	1.59034000000	1.90531000000	-0.31497	0.099206101
1110	0.28005000000	0.39656300000	-0.11651	0.013575279	3504	1.27863000000	1.90562000000	-0.62699	0.39311646
1111	0.45365500000	0.39658800000	0.05707	0.003256642	3505	0.75810800000	1.90679000000	-1.14868	1.319470337
1112	0.46853800000	0.39748900000	0.07105	0.00504796	3506	1.07937000000	1.90935000000	-0.82998	0.6888668
1113	0.42700200000	0.39798700000	0.02902	0.00084187	3507	1.81516000000	1.91611000000	-0.10095	0.010190903
1114	0.38303900000	0.39800900000	-0.01497	0.000224101	3508	1.59578000000	1.91697000000	-0.32119	0.103163016
1115	0.34955500000	0.39819300000	-0.04864	0.002365655	3509	1.64226000000	1.91739000000	-0.27513	0.075696517
1116	0.40726000000	0.39901000000	0.00825	6.80625E-05	3510	1.51989000000	1.92263000000	-0.40274	0.162199508
1117	0.36799500000	0.39927400000	-0.03128	0.009978376	3511	0.98059800000	1.92365000000	-0.94305	0.889347075
1118	0.27255100000	0.39966300000	-0.12711	0.016157461	3512	2.84363000000	1.92479000000	0.91884	0.844266946
1119	0.47838800000	0.40024600000	0.07814	0.006106172	3513	1.65812000000	1.92941000000	-0.27129	0.073598264
1120	0.35546300000	0.40068400000	-0.04522	0.002044939	3514	1.26632000000	1.93141000000	-0.66509	0.442344708
1121	0.34484100000	0.40084300000	-0.05600	0.003136224	3515	1.58742000000	1.93239000000	-0.34497	0.119004301
1122	0.33155000000	0.40122400000	-0.06967	0.004854466	3516	1.47620000000	1.93355000000	-0.45733	0.209150629
1123	0.30003300000	0.40123300000	-0.10120	0.01024144	3517	2.07480000000	1.93746000000	0.13734	0.001882276
1124	0.37077800000	0.40135300000	-0.03058	0.000934831	3518	1.59862000000	1.93890000000	-0.34028	0.115790478
1125	0.41827100000	0.40168000000	0.01659	0.000275261	3519	1.85044000000	1.93906000000	-0.08862	0.007853504
1126	0.33627200000	0.40184100000	-0.06557	0.004299294	3520	1.91892000000	1.94065000000	-0.02	

1156	0.32442600000	0.40875400000	-0.08433	0.00711212	3550	1.64756000000	1.97995000000	-0.33239	0.110483112
1157	0.38310200000	0.40876500000	-0.02566	0.0065859	3551	1.80812000000	1.98024000000	-0.17212	0.029625294
1158	0.64348200000	0.40902100000	0.23446	0.054971961	3552	1.76633000000	1.98055000000	-0.21422	0.045890208
1159	0.33925500000	0.41009700000	-0.07084	0.005018589	3553	2.41774000000	1.98074000000	0.43700	0.190969
1160	0.45320300000	0.41060800000	0.04260	0.001814334	3554	0.99349600000	1.98349000000	-0.98999	0.98008812
1161	0.38339700000	0.41083400000	-0.02744	0.000572589	3555	1.41027000000	1.98413000000	-0.57386	0.3293153
1162	0.38247500000	0.41131600000	-0.02884	0.000831803	3556	1.45291000000	1.98440000000	-0.53149	0.28248162
1163	0.22802100000	0.41184500000	-0.18382	0.033791263	3557	1.84746000000	1.98443000000	-0.13697	0.106760781
1164	0.47015100000	0.41185600000	0.05830	0.003398307	3558	1.27720000000	1.98496000000	-0.70776	0.500924218
1165	0.66507400000	0.41192700000	0.25315	0.064083404	3559	0.51158800000	1.98674000000	-1.47515	2.176073423
1166	0.33635200000	0.41259900000	-0.07625	0.005813605	3560	1.27938000000	1.99047000000	-0.71109	0.505648988
1167	0.40468600000	0.41285500000	-0.00817	6.67326E-05	3561	1.56875000000	1.99072000000	-0.42197	0.178058681
1168	0.25822300000	0.41388300000	-0.15566	0.024230036	3562	1.53466000000	1.99176000000	-0.45710	0.20894041
1169	0.19918000000	0.41402500000	-0.21485	0.046158374	3563	1.79342000000	1.99526000000	-0.20184	0.040739386
1170	1.06517000000	0.41427300000	0.65090	0.423666905	3564	1.58639000000	1.99532000000	-0.40893	0.167223745
1171	0.27286300000	0.41446400000	-0.14160	0.020050843	3565	1.70342000000	1.99814000000	-0.29472	0.086859878
1172	0.37723500000	0.41464600000	-0.03741	0.001399583	3566	1.59482000000	1.99876000000	-0.40394	0.163167524
1173	0.28880800000	0.41478400000	-0.12598	0.015869953	3567	1.61519000000	2.00024000000	-0.38505	0.148263503
1174	0.45236900000	0.41508300000	0.03729	0.00139032	3568	2.16027000000	2.00025000000	0.16002	0.0256064
1175	0.37929300000	0.41509900000	-0.03581	0.00128207	3569	1.22415000000	2.00100000000	-0.77685	0.603495923
1176	0.19370700000	0.41530200000	-0.22160	0.049104344	3570	1.58565000000	2.00115000000	-0.41550	0.17260425
1177	0.29024900000	0.41539000000	-0.12514	0.01566027	3571	3.14201000000	2.00138000000	1.14063	1.301036797
1178	0.32707700000	0.41574800000	-0.08867	0.007862546	3572	1.12337000000	2.00225000000	-0.87888	0.724305094
1179	0.29653800000	0.41596900000	-0.11943	0.014263764	3573	1.65234000000	2.00370000000	-0.35136	0.12345385
1180	0.21197600000	0.41598400000	-0.20401	0.041619264	3574	1.65346000000	2.00397000000	-0.35051	0.12285726
1181	0.30342500000	0.41598700000	-0.11256	0.012670204	3575	1.49242000000	2.00586000000	-0.51344	0.263620634
1182	0.34567600000	0.41615200000	-0.07048	0.004966867	3576	1.33383000000	2.00695000000	-0.67312	0.453090534
1183	0.11883600000	0.41639500000	-0.29756	0.088541358	3577	2.26800000000	2.00696000000	0.26104	0.068141882
1184	0.19248900000	0.41705100000	-0.22456	0.050428092	3578	1.90958000000	2.00717000000	-0.09759	0.009523880
1185	0.45019600000	0.41723200000	0.03296	0.001086625	3579	1.69422000000	2.00830000000	-0.31408	0.098646246
1186	0.40650200000	0.41755300000	-0.01105	0.000122125	3580	1.31766000000	2.00917000000	-0.69151	0.47818608
1187	0.36209700000	0.41777800000	-0.05568	0.003100374	3581	1.60644000000	2.01005000000	-0.40361	0.162901032
1188	0.39776600000	0.41810600000	-0.02034	0.000413716	3582	1.74960000000	2.01068000000	-0.26108	0.068162766
1189	0.37119400000	0.41835800000	-0.04716	0.002224443	3583	2.32480000000	2.01097000000	0.31383	0.09489269
1190	0.16993000000	0.41847100000	-0.24854	0.061772629	3584	1.80162000000	2.01110000000	-0.20948	0.00388187
1191	0.32418200000	0.42070400000	-0.09652	0.009316496	3585	2.14110000000	2.01377000000	0.12733	0.016212929
1192	0.38313900000	0.42095600000	-0.03782	0.001430125	3586	4.06776000000	2.01690000000	2.05086	4.20602674
1193	0.57536000000	0.42100200000	0.15436	0.023826392	3587	1.08680000000	2.01777000000	-0.93097	0.866705141
1194	0.55532000000	0.42115300000	0.13417	0.018000784	3588	1.08602000000	2.01920000000	-0.93318	0.870824912
1195	0.52490000000	0.42179100000	0.10311	0.010631466	3589	2.27921000000	2.02105000000	0.25816	0.066646586
1196	0.34906300000	0.42194900000	-0.07289	0.005312369	3590	1.61019000000	2.02172000000	-0.41153	0.139569441
1197	0.35493200000	0.42204900000	-0.06712	0.004504692	3591	1.73589000000	2.02336000000	-0.28747	0.082639001
1198	0.75254600000	0.42214400000	0.33040	0.109165482	3592	1.68692000000	2.02390000000	-0.33698	0.11355552
1199	0.55329000000	0.42220600000	0.13108	0.017183015	3593	1.74544000000	2.02411000000	-0.27867	0.077656969
1200	0.15344200000	0.42268600000	-0.26924	0.072492332	3594	0.65939400000	2.02516000000	-1.36577	1.865316767
1201	0.33080100000	0.42334200000	-0.09254	0.008563837	3595	1.87661000000	2.02728000000	-0.15067	0.022701449
1202	0.36368300000	0.42375100000	-0.06007	0.003608165	3596	1.83326000000	2.02806000000	-0.19480	0.37194704
1203	0.33772600000	0.42442500000	-0.08670	0.007516717	3597	1.28081000000	2.03026000000	-0.74945	0.561675303
1204	0.34799500000	0.42498000000	-0.07699	0.00592669	3598	1.57876000000	2.03074000000	-0.45198	0.20428592
1205	0.37740600000	0.42540600000	-0.04800	0.002304	3599	2.02949000000	2.03167000000	-0.00218	0.47524E-06
1206	0.62008100000	0.42555000000	0.19453	0.03784231	3600	2.12224000000	2.03183000000	0.09041	0.008173968
1207	0.43163300000	0.42584400000	0.00579	3.35125E-05	3601	1.66067000000	2.03308000000	-0.37241	0.138689208
1208	0.35257800000	0.42601400000	-0.07344	0.005392846	3602	1.78001000000	2.04336000000	-0.26335	0.069535222
1209	0.28850500000	0.42603300000	-0.13753	0.018913951	3603	1.69056000000	2.04415000000	-0.35359	0.125025888
1210	0.37673300000	0.42605200000	-0.04932	0.002432364	3604	1.43696000000	2.04557000000	-0.60861	0.370406132
1211	0.36478000000	0.42630000000	-0.06152	0.00378471	3605	0.54772400000	2.04936000000	-1.50164	2.254910676
1212	0.46747100000	0.42630000000	0.04117	0.001695051	3606	0.87100600000	2.05620000000	-1.18519	1.404684818
1213	0.38095400000	0.42632600000	-0.04537	0.002058618	3607	2.48555000000	2.05712000000	0.42843	0.183552265
1214	0.31435200000	0.42646400000	-0.11211	0.012569101	3608	1.29709000000	2.05984000000	-0.76275	0.581787563
1215	0.25411600000	0.42654700000	-0.17243	0.02973245	3609	1.44190000000	2.06008000000	-0.61818	0.382146512
1216	0.35522700000	0.42682900000	-0.07160	0.005126846	3610	1.68755000000	2.06120000000	-0.37365	0.139614323
1217	0.88941100000	0.42684500000	0.46257	0.213967304	3611	1.56433000000	2.06343000000	-0.50001	0.25001
1218	0.34719100000	0.42694900000	-0.07976	0.006361339	3612	1.62329000000	2.06582000000	-0.44253	0.195832801
1219	0.26870100000	0.42702000000	-0.15832	0.00564906	3613	1.75224000000	2.06665000000	-0.31441	0.098853648
1220	0.32671800000	0.42710600000	-0.10039	0.010077751	3614	1.43881000000	2.06712000000	-0.62831	0.39473456
1221	0.35620400000	0.42728100000	-0.07108	0.00505194	3615	1.78926000000	2.06813000000	-0.27887	0.07768847
1222	0.25543300000	0.42736400000	-0.17193	0.029560269	3616	1.27721000000	2.07052000000	-0.79331	0.629340756
1223	0.46479000000	0.42773400000	0.03706	0.001373147	3617	1.87177000000	2.07213000000	-0.20036	0.04014413
1224	0.32442600000	0.42792800000	-0.10350	0.010712664	3618	1.50693000000	2.07272000000	-0.56579	0.320118324
1225	0.26207700000	0.42840300000	-0.16633	0.02764338	3619	2.17753000000	2.07378000000	0.10375	0.010764063
1226	0.31897700000	0.42843300000	-0.10946	0.011980616	3620	1.06355000000	2.07583000000	-1.01228	1.024710798
1227	0.34283000000	0.42885600000	-0.08603	0.007400473	3621	1.79627000000	2.07620000000	-0.27993	0.078360805
1228	0.35345900000	0.42890400000	-0.07545	0.005691948	3622	1.68018000000	2.07793000000	-0.39775	0.1058205063
1229	0.37692300000	0.42891800000	-0.05200	0.00270348	3623	1.24379000000	2.07834000000	-0.83455	0.696473703
1230	0.28885600000	0.42921400000	-0.14036	0.019700368	3624	2.40662000000	2.08314000000	0.32348	0.10643931
1231	0.22697300000	0.42932400000	-0.20235	0.040945927	3625	1.75045000000	2.08433000000	-0.33388	0.111475854
1232	0.35687500000	0.42947100000	-0.07261	0.005272793	3626	1.02144000000	2.08476000000	-1.06332	1.130649422
1233	0.46855300000	0.42954000000	0.03901	0.001522014	3627	2.07844000000	2.08524000000	-0.06080	4.624E-05
1234	0.34710100000	0.42973900000	-0.08264	0.006829039	3628	2.14909000000	2.08677000000	0.06232	0.003883782
1235	0.29149200000	0.42987600000	-0.13838	0.019150131	3629	1.70990000000	2.08724000000	-0.37734	0.142385476
1236	0.31612000000	0.43043700000	-0.11432	0.013068376	3630	1.15973000000	2.08738000000	-0.92765	0.806534523
1237	0.50196500000	0.43049900000	0.07147	0.005107389	3631	1.62124000000	2.08811000000	-0.46687	0.2

1267	0.23659800000	0.44049200000	-0.20389	0.041572763	3661	1.95630000000	2.13500000000	-0.17870	0.03193369
1268	0.46380500000	0.44079000000	0.02302	0.00052969	3662	1.49910000000	2.13722000000	-0.63812	0.407197134
1269	0.20472200000	0.44089200000	-0.23617	0.055776269	3663	2.27301000000	2.13792000000	0.13509	0.018249308
1270	0.52673100000	0.44110300000	0.08563	0.007332154	3664	0.82745600000	2.14276000000	-1.31530	1.73024612
1271	0.34026700000	0.44134600000	-0.10108	0.010216964	3665	1.86524000000	2.14871000000	-0.28347	0.080355241
1272	0.38736100000	0.44146900000	-0.05411	0.002927676	3666	1.54363000000	2.14923000000	-0.60560	0.36675136
1273	0.41952200000	0.44206500000	-0.02254	0.000508187	3667	1.82225000000	2.15020000000	-0.32795	0.107551203
1274	0.45092300000	0.44232500000	0.00860	7.39256E-05	3668	3.99980000000	2.15516000000	1.84464	3.40269673
1275	0.36928600000	0.44234800000	-0.07306	0.005338056	3669	0.85355000000	2.15665000000	-1.30310	1.69806961
1276	0.36911600000	0.44305100000	-0.07394	0.005466384	3670	1.75031000000	2.15822000000	-0.40791	0.166390568
1277	0.35216600000	0.44309400000	-0.09093	0.008267901	3671	1.70103000000	2.15841000000	-0.45738	0.209196464
1278	0.30299400000	0.44314200000	-0.14015	0.019641462	3672	1.68118000000	2.16009000000	-0.47891	0.229354788
1279	0.38580700000	0.44321200000	-0.05741	0.003295334	3673	1.11730000000	2.16147000000	-1.04417	1.090290989
1280	0.37618900000	0.44325600000	-0.06707	0.004497982	3674	1.82867000000	2.16291000000	-0.33424	0.111716378
1281	0.33592500000	0.44354900000	-0.10762	0.011582925	3675	1.91866000000	2.16646000000	-0.24780	0.06140484
1282	0.30938000000	0.44358800000	-0.13421	0.018011787	3676	1.81149000000	2.16754000000	-0.35605	0.126771603
1283	0.58038500000	0.44429100000	0.13609	0.018521577	3677	1.68072000000	2.16855000000	-0.48783	0.237978109
1284	0.44717400000	0.44431800000	0.00283	8.00324E-06	3678	1.88583000000	2.16877000000	-0.28294	0.080055044
1285	0.37042500000	0.44443700000	-0.07401	0.004577776	3679	0.94052400000	2.17246000000	-1.23194	1.517666308
1286	0.34268600000	0.44491000000	-0.10222	0.010449746	3680	2.25647000000	2.17541000000	0.08106	0.006570724
1287	0.43863400000	0.44499000000	-0.00636	4.03987E-05	3681	2.18125000000	2.17549000000	0.00576	3.31776E-05
1288	0.41760800000	0.44507500000	-0.02747	0.000754436	3682	1.94978000000	2.17643000000	-0.22665	0.051370222
1289	0.40762800000	0.44511300000	-0.03749	0.001405125	3683	1.98756000000	2.18220000000	-0.19464	0.037788473
1290	0.23065500000	0.44516700000	-0.21451	0.046015398	3684	1.66980000000	2.18380000000	-0.51400	0.264196
1291	0.28694500000	0.44519800000	-0.15825	0.025044012	3685	2.52958000000	2.18630000000	0.34328	0.117841158
1292	0.31661100000	0.44524900000	-0.12864	0.016547735	3686	0.90273300000	2.18672000000	-1.28399	1.648622616
1293	0.37365700000	0.44536600000	-0.07171	0.005142181	3687	2.26370000000	2.18676000000	0.07694	0.005919764
1294	0.52697100000	0.44538000000	0.08159	0.006657091	3688	1.82258000000	2.19237000000	-0.36979	1.136744644
1295	0.31851600000	0.44550100000	-0.12699	0.01612519	3689	0.82650300000	2.19424000000	-1.36774	1.870740501
1296	0.29291500000	0.44579900000	-0.15288	0.023373517	3690	1.85837000000	2.19613000000	-0.33776	0.114081812
1297	0.36575600000	0.44660100000	-0.08085	0.006535914	3691	2.08316000000	2.19634000000	-0.11318	0.012809712
1298	0.13941800000	0.44668100000	-0.30726	0.094410551	3692	1.97075000000	2.19953000000	-0.22878	0.052340288
1299	0.37693900000	0.44768100000	-0.07074	0.005004431	3693	2.02736000000	2.20040000000	-0.17304	0.029942842
1300	0.72376200000	0.44777500000	0.27599	0.076168824	3694	1.85074000000	2.20555000000	-0.35481	0.125890136
1301	0.32164800000	0.44801700000	-0.12637	0.015969124	3695	1.89474000000	2.20687000000	-0.31213	0.097425137
1302	0.47112000000	0.44874300000	0.02238	0.00050073	3696	2.39216000000	2.21216000000	0.18000	0.0324
1303	0.33839600000	0.44876600000	-0.11037	0.012181537	3697	4.12491000000	2.21302000000	1.91189	3.655323372
1304	0.39195000000	0.44956000000	-0.05761	0.003318912	3698	1.85713000000	2.21467000000	-0.35754	0.127834852
1305	0.21927100000	0.44964300000	-0.23037	0.053071258	3699	1.77627000000	2.21542000000	-0.43915	0.025852723
1306	0.47138700000	0.44987900000	0.02151	0.000462594	3700	2.48330000000	2.21724000000	0.26806	0.071856164
1307	0.38517400000	0.44991700000	-0.06474	0.004191656	3701	1.87735000000	2.21833000000	-0.34098	0.11626736
1308	0.37277100000	0.45058200000	-0.07781	0.006054552	3702	2.23481000000	2.22081000000	0.01400	0.000196
1309	0.29536300000	0.45100100000	-0.15564	0.024232187	3703	2.29448000000	2.22124000000	0.07324	0.005364098
1310	0.33268500000	0.45120200000	-0.11852	0.014046279	3704	2.17330000000	2.22172000000	-0.04842	0.002344496
1311	0.39269200000	0.45125100000	-0.05856	0.003429156	3705	1.82206000000	2.22316000000	-0.40110	0.16088121
1312	0.31288900000	0.45227000000	-0.13938	0.019427063	3706	1.63736000000	2.22544000000	-0.58808	0.345838086
1313	0.50705500000	0.45258200000	0.05447	0.002967308	3707	1.04310000000	2.23240000000	-1.18930	1.41434449
1314	0.35084100000	0.45267700000	-0.10184	0.010370571	3708	1.61543000000	2.23522000000	-0.61979	0.384139644
1315	0.38395300000	0.45281400000	-0.06886	0.004741837	3709	1.60021000000	2.23541000000	-0.63520	0.40347904
1316	0.39355500000	0.45321700000	-0.05966	0.003559554	3710	2.00943000000	2.23607000000	-0.52264	0.05136569
1317	0.34485800000	0.45327600000	-0.10842	0.011754463	3711	2.03884000000	2.23940000000	-0.20056	0.040224314
1318	0.86262800000	0.45337600000	0.40925	0.1674872	3712	1.21710000000	2.23950000000	-1.02240	1.04530176
1319	0.31885600000	0.45355300000	-0.13470	0.018143282	3713	1.74568000000	2.24484000000	-0.49916	0.249160706
1320	0.31765100000	0.45358900000	-0.13594	0.01847914	3714	1.87250000000	2.24655000000	-0.37405	0.139913403
1321	0.27723300000	0.45382200000	-0.17659	0.031183675	3715	1.98581000000	2.25240000000	-0.26659	0.071070228
1322	0.37438400000	0.45399000000	-0.07961	0.006337115	3716	1.88699000000	2.26401000000	-0.37702	0.14214408
1323	0.32345100000	0.45426500000	-0.13081	0.017112303	3717	0.78668900000	2.26738000000	-1.48069	2.192445837
1324	0.35484300000	0.45437700000	-0.09954	0.009090908	3718	1.68398000000	2.27309000000	-0.58911	0.034705092
1325	0.25255800000	0.45444800000	-0.20189	0.040759572	3719	1.86780000000	2.27411000000	-0.40631	0.165087816
1326	0.44098200000	0.45446300000	-0.01348	0.000181737	3720	2.44668000000	2.27866000000	0.16802	0.02823072
1327	0.74840200000	0.45476000000	0.29364	0.086225624	3721	2.18796000000	2.27877000000	-0.09081	0.008264556
1328	0.21896200000	0.45478300000	-0.23582	0.055611544	3722	2.99736000000	2.27987000000	0.71749	0.5147919
1329	0.56248000000	0.45497400000	0.10751	0.01155754	3723	1.64410000000	2.28639000000	-0.64229	0.412536444
1330	0.36075600000	0.45523600000	-0.09448	0.0082647	3724	1.77779000000	2.28676000000	-0.50897	0.259050461
1331	0.36625500000	0.45528500000	-0.08903	0.007926341	3725	3.63436000000	2.28709000000	1.34727	1.815136453
1332	0.26264600000	0.45551500000	-0.19287	0.031798451	3726	1.75759000000	2.28919000000	-0.53160	0.28259856
1333	0.42774500000	0.45591200000	-0.02817	0.00079338	3727	1.59873000000	2.29171000000	-0.69298	0.48022128
1334	0.27061200000	0.45624100000	-0.18563	0.034458126	3728	0.28571900000	2.29418000000	-2.00846	4.039315589
1335	0.47387800000	0.45640400000	0.01747	0.000305341	3729	1.82234000000	2.29645000000	-0.47411	0.224780292
1336	0.28112400000	0.45641800000	-0.17529	0.030727986	3730	2.46658000000	2.29672000000	0.16986	0.02885242
1337	0.31936700000	0.45679400000	-0.13743	0.01888618	3731	2.34145000000	2.29962000000	0.04183	0.001749749
1338	0.31885600000	0.45685600000	-0.13800	0.019044	3732	0.96546700000	2.30032000000	-1.33485	1.781832532
1339	0.26042300000	0.45697100000	-0.19655	0.038631116	3733	1.38050000000	2.30036000000	-0.91986	0.84614242
1340	0.39702200000	0.45719300000	-0.06017	0.003620549	3734	2.18544000000	2.30079000000	-0.11535	0.013305623
1341	0.52468900000	0.45719400000	0.06750	0.004555575	3735	2.30850000000	2.30128000000	0.00722	5.21284E-05
1342	0.13397900000	0.45749900000	-0.32352	0.10466519	3736	2.24823000000	2.30190000000	-0.05367	0.002880469
1343	0.30142200000	0.45786700000	-0.15645	0.024475038	3737	2.23772000000	2.30217000000	-0.06445	0.004153802
1344	0.39858100000	0.45803300000	-0.05945	0.00353454	3738	1.20914000000	2.30352000000	-1.09438	1.197667584
1345	0.26841700000	0.45835600000	-0.18994	0.036076824	3739	2.09520000000	2.30620000000	-0.21100	0.044521
1346	0.38818200000	0.45841200000	-0.07023	0.004932253	3740	1.69610000000	2.31039000000	-0.61429	0.377352204
1347	0.39554500000	0.45946400000	-0.06392	0.004085639	3741	2.27562000000	2.31228000000	-0.03666	0.001343956
1348	0.37287400000	0.46035600000	-0.08748	0.0076531	3742	1.90398000000	2.31261000000	-0.40863	0.1669784

1378	1.1608900000	0.4698620000	0.69103	0.477519697	3772	2.1745900000	2.3563100000	-0.18172	0.033022158
1379	0.4610270000	0.4701140000	-0.09099	8.25736E-05	3773	2.3232800000	2.3577600000	-0.03448	0.00118887
1380	0.3740160000	0.4709120000	-0.09690	0.009388835	3774	1.6131100000	2.3578500000	-0.74474	0.0554637668
1381	0.2144200000	0.4710780000	-0.25666	0.065873329	3775	1.6340100000	2.3581500000	-0.72414	0.52437874
1382	0.4743930000	0.4718020000	0.00259	6.71328E-06	3776	2.3118600000	2.3587600000	-0.04690	0.00219961
1383	0.4649590000	0.4722880000	-0.00733	5.37142E-05	3777	3.1341200000	2.3650400000	0.76908	0.591484046
1384	0.4285170000	0.4724920000	-0.04398	0.001933801	3778	2.1197200000	2.3676900000	-0.24797	0.0661489121
1385	0.5082100000	0.4727230000	0.03549	0.001259327	3779	2.3098800000	2.3677000000	-0.05772	0.003331598
1386	0.3907180000	0.4730570000	-0.08234	0.006779711	3780	2.1601800000	2.3695400000	-0.20936	0.04383161
1387	0.3617420000	0.4731500000	-0.11141	0.012411742	3781	1.8190600000	2.3746600000	-0.55560	0.30869136
1388	0.7575550000	0.4733070000	0.28425	0.080796926	3782	1.3869200000	2.3760600000	-0.98914	0.97839794
1389	0.3899430000	0.4734370000	-0.08349	0.006971248	3783	1.9057200000	2.3762900000	-0.47057	0.221436125
1390	0.4365160000	0.4737040000	-0.03719	0.001382947	3784	1.9327300000	2.3768700000	-0.44414	0.19726034
1391	0.3480190000	0.4738140000	-0.12580	0.015824382	3785	1.9428600000	2.3772200000	-0.43436	0.18866861
1392	0.4805530000	0.4741270000	0.00643	4.12935E-05	3786	1.9843200000	2.3832400000	-0.39892	0.159137166
1393	0.3690470000	0.4743780000	-0.10533	0.01109462	3787	2.1484300000	2.3843600000	-0.23593	0.055662965
1394	0.4235780000	0.4748190000	-0.05124	0.00262564	3788	2.5358800000	2.3862500000	0.14963	0.022389137
1395	0.3643220000	0.4749630000	-0.11064	0.012241431	3789	1.4360700000	2.3870200000	-0.95095	0.904305903
1396	0.3576140000	0.4758700000	-0.11826	0.013984482	3790	1.4776700000	2.3885500000	-0.91088	0.829702374
1397	0.3966640000	0.4763620000	-0.07970	0.006351771	3791	2.0319000000	2.3908100000	-0.35891	0.128816388
1398	0.3454080000	0.4765010000	-0.13109	0.017185375	3792	1.2984400000	2.3914300000	-1.09299	1.19462714
1399	0.2979300000	0.4775420000	-0.19781	0.039129587	3793	2.0155800000	2.4025200000	-0.38694	0.149722564
1400	0.3940190000	0.4779510000	-0.08393	0.007044581	3794	1.9337900000	2.4038300000	-0.47004	0.220937602
1401	0.3179380000	0.4779910000	-0.16005	0.025616963	3795	2.9170800000	2.4041400000	0.51294	0.263107444
1402	0.1777750000	0.4780960000	-0.30032	0.090192703	3796	2.1373900000	2.4044900000	-0.26710	0.07134241
1403	0.1480780000	0.4784830000	-0.33041	0.109167464	3797	2.0083200000	2.4069500000	-0.39863	0.158905877
1404	0.3598770000	0.4790820000	-0.11921	0.014209832	3798	2.4324900000	2.4081300000	0.02436	0.00059341
1405	0.5869600000	0.4794230000	-0.12073	0.014575009	3799	2.0111700000	2.4111500000	-0.39998	0.159984
1406	0.2379630000	0.4795200000	-0.24156	0.058349784	3800	2.1988000000	2.4122500000	-0.21345	0.045560903
1407	0.4034010000	0.4795920000	-0.07619	0.005805068	3801	2.3501700000	2.4127800000	-0.06261	0.003920011
1408	0.4297810000	0.4796270000	-0.04985	0.002484624	3802	2.0221100000	2.4210700000	-0.39896	0.159169082
1409	0.3737130000	0.4804330000	-0.10672	0.011389158	3803	2.2321100000	2.4216500000	-0.18954	0.035925412
1410	0.3507910000	0.4813860000	-0.13060	0.017055054	3804	1.9457100000	2.4254300000	-0.47972	0.230131278
1411	0.3134120000	0.4814270000	-0.16802	0.02822904	3805	2.1857600000	2.4263200000	-0.24056	0.057869114
1412	0.3635730000	0.4814590000	-0.11789	0.013897109	3806	1.7813700000	2.4268000000	-0.64543	0.075679885
1413	0.3514540000	0.4815480000	-0.13009	0.016924449	3807	1.8438800000	2.4294200000	-0.58554	0.342857092
1414	0.3496120000	0.4815720000	-0.13196	0.017413442	3808	2.0705800000	2.4302900000	-0.35971	0.129391284
1415	0.6731120000	0.4819270000	0.19119	0.036551704	3809	2.5993300000	2.4341800000	0.16515	0.027274523
1416	0.1692320000	0.4826730000	-0.31344	0.09824526	3810	1.8982000000	2.4345200000	-0.53632	0.287639142
1417	0.3271100000	0.4827870000	-0.15568	0.024235328	3811	1.3403100000	2.4354300000	-1.09512	1.199287814
1418	0.5295770000	0.4828560000	0.04672	0.00182852	3812	1.8348200000	2.4363000000	-0.60148	0.367187819
1419	0.5366300000	0.4828990000	0.05373	0.00288702	3813	1.7358900000	2.4367700000	-0.70088	0.491232774
1420	0.4076300000	0.4839390000	-0.07631	0.005823063	3814	1.7006100000	2.4376600000	-0.73705	0.543242703
1421	0.6415490000	0.4840180000	0.15753	0.024816016	3815	1.9969200000	2.4397500000	-0.44283	0.196098409
1422	0.4706890000	0.4840290000	-0.01334	0.000177956	3816	2.2673900000	2.4397700000	-0.17238	0.029714864
1423	0.6278350000	0.4841840000	0.14365	0.02063561	3817	2.7675000000	2.4402800000	0.32722	1.07072928
1424	0.5186960000	0.4844520000	0.03424	0.001172652	3818	2.2923700000	2.4521500000	-0.15978	0.025529648
1425	0.3289250000	0.4844700000	-0.15555	0.024194247	3819	1.9111300000	2.4526600000	-0.54153	0.293254741
1426	0.4036340000	0.4845010000	-0.08087	0.006539472	3820	2.0059400000	2.4596400000	-0.45370	0.20584369
1427	0.4292850000	0.4848970000	-0.05561	0.003092695	3821	2.2122400000	2.4600100000	-0.24777	0.061389973
1428	0.2976870000	0.4849170000	-0.18723	0.035055073	3822	2.1702100000	2.4609600000	-0.29075	0.084535563
1429	0.2176780000	0.4850220000	-0.26734	0.071472814	3823	2.1742900000	2.4701400000	-0.29585	0.087527222
1430	0.4099530000	0.4850350000	-0.07508	0.005637307	3824	2.0490400000	2.4731800000	-0.42414	0.17989474
1431	0.4053340000	0.4852640000	-0.07993	0.006388805	3825	2.0733600000	2.4732200000	-0.39986	0.15988802
1432	0.6263510000	0.4853760000	0.14098	0.019873951	3826	1.9712300000	2.4732500000	-0.50202	0.25202408
1433	0.5149020000	0.4858100000	0.02909	0.000846544	3827	2.1545900000	2.4738000000	-0.31921	0.101895024
1434	0.1497170000	0.4861320000	-0.33642	0.113175052	3828	1.1858100000	2.4800000000	-1.29419	1.674927756
1435	0.5311070000	0.4862290000	0.04488	0.002014035	3829	2.5810300000	2.4807100000	0.10032	0.010064102
1436	0.5000540000	0.4866500000	0.01340	0.000179667	3830	2.5113800000	2.4843600000	0.02702	0.00073908
1437	0.4361380000	0.4869800000	-0.05084	0.002584909	3831	2.2907400000	2.4853200000	-0.19458	0.037861376
1438	0.4110030000	0.4869820000	-0.07598	0.005772808	3832	0.8392620000	2.4928500000	-1.65359	2.734353274
1439	0.4249300000	0.4876000000	-0.06267	0.003927529	3833	1.9176000000	2.4948000000	-0.57720	0.33315984
1440	0.4113280000	0.4879160000	-0.07659	0.005865722	3834	1.3740400000	2.5021400000	-1.12810	1.27260961
1441	0.3053460000	0.4880070000	-0.18266	0.033365041	3835	1.9515800000	2.5026300000	-0.55105	0.303656103
1442	0.6831520000	0.4881400000	0.19501	0.03802968	3836	1.9007200000	2.5032700000	-0.60255	0.363066053
1443	0.2980380000	0.4892750000	-0.19124	0.03657159	3837	1.7792400000	2.5034400000	-0.72420	0.52446564
1444	0.3632750000	0.4894340000	-0.12616	0.015916093	3838	1.8396700000	2.5074400000	-0.66777	0.445916773
1445	0.6107400000	0.4898570000	0.12088	0.0146127	3839	1.5784200000	2.5084000000	-0.92998	0.8648628
1446	0.4092210000	0.4900280000	-0.08081	0.006529771	3840	1.9127700000	2.5105500000	-0.59778	0.357340928
1447	0.4499090000	0.4900830000	-0.04017	0.00161395	3841	2.3479200000	2.5153700000	-0.16745	0.028039503
1448	0.4151610000	0.4903180000	-0.07516	0.005648575	3842	2.1693900000	2.5172800000	-0.34789	0.121027452
1449	0.3236760000	0.4903770000	-0.16670	0.027789223	3843	2.7114300000	2.5174400000	0.19399	0.03763212
1450	0.3720200000	0.4904180000	-0.11840	0.014018086	3844	2.1628100000	2.5187900000	-0.35598	0.12672176
1451	0.4272810000	0.4905390000	-0.06326	0.004001575	3845	2.2171800000	2.5189400000	-0.30176	0.091050998
1452	0.4079680000	0.4908510000	-0.08288	0.006869592	3846	2.5971100000	2.5251300000	0.07198	0.00518112
1453	1.2744800000	0.4911290000	0.78335	0.613638789	3847	0.9394850000	2.5254900000	-1.58601	2.51541186
1454	0.4103230000	0.4912080000	-0.08088	0.00654206	3848	2.2588200000	2.5273500000	-0.26853	0.072108361
1455	0.3687640000	0.4913410000	-0.12258	0.015025121	3849	2.3194500000	2.5317800000	-0.21233	0.045084029
1456	0.4042740000	0.4913710000	-0.08710	0.007585887	3850	1.1765100000	2.5342100000	-1.35770	1.84334929
1457	0.3706340000	0.4919490000	-0.12132	0.014717329	3851	0.7104950000	2.5355300000	-1.82504	3.33075251
1458	0.1980840000	0.4936040000	-0.29552	0.08733207	3852	2.8069100000	2.5366000000	0.26831	0.071990256
1459	0.4287730000	0.4937570000	-0.06498	0.00422292	3853	1.0223200000	2.5409700000	-1.51865	2.306297823
1460	0.4648060000	0.4940430000	-0.02924	0.000854802	3854	2.2458000000	2.5467100000	-0.30091	0.090546828
1461	0.4963110000	0.4943360000	0.00198	3.90063E-06	3855	2.4257400000	2.5470600000	-0.12132	0.014718542
1462	0.341								

1489	0.40312200000	0.50180200000	-0.09868	0.009737742	3883	2.13300000000	2.62206000000	-0.48906	0.239179684
1490	0.39811500000	0.50187300000	-0.10376	0.010765723	3884	2.76148000000	2.62408000000	0.13740	0.01887876
1491	0.26963200000	0.50192400000	-0.23229	0.053959573	3885	4.29568000000	2.62810000000	1.66758	2.780823056
1492	0.87205800000	0.50216700000	0.36989	0.136819352	3886	1.92685000000	2.62970000000	-0.70285	0.493998123
1493	0.40649700000	0.50233300000	-0.09584	0.009184539	3887	2.19128000000	2.63050000000	-0.44177	0.195160733
1494	0.41921600000	0.50243400000	-0.08322	0.006925236	3888	1.53301000000	2.63370000000	-1.10069	1.211518476
1495	0.32717300000	0.50273500000	-0.17556	0.030822016	3889	2.25379000000	2.63797000000	-0.38418	0.147594272
1496	0.38209900000	0.50315700000	-0.12106	0.014655039	3890	2.28685000000	2.63864000000	-0.35179	0.12756204
1497	0.33576000000	0.50320400000	-0.16744	0.028037493	3891	2.43723000000	2.63936000000	-0.20213	0.040856537
1498	0.47438500000	0.50325100000	-0.02887	0.000833246	3892	2.14214000000	2.64104000000	-0.49890	0.24890121
1499	0.42917600000	0.50326200000	-0.07409	0.005488735	3893	2.20130000000	2.64136000000	-0.44006	0.193652804
1500	0.25490000000	0.50371400000	-0.24881	0.061908407	3894	2.46372000000	2.64142000000	-0.17770	0.03157729
1501	0.36754400000	0.50378300000	-0.13624	0.018561065	3895	1.58509000000	2.64608000000	-1.06099	1.12569978
1502	0.38869000000	0.50379900000	-0.11511	0.013250082	3896	2.27353000000	2.65168000000	-0.37815	0.142997423
1503	0.41914600000	0.50382400000	-0.08468	0.007170364	3897	2.02791000000	2.65839000000	-0.63048	0.39750503
1504	0.43024500000	0.50382400000	-0.07358	0.005413869	3898	2.16606000000	2.65863000000	-0.49257	0.242625205
1505	0.36944500000	0.50398200000	-0.13454	0.018100204	3899	1.30607000000	2.66024000000	-1.35417	1.833776389
1506	0.35336000000	0.50493200000	-0.15157	0.022974071	3900	2.53638000000	2.66180000000	-0.12542	0.015730176
1507	0.25504500000	0.50540700000	-0.25036	0.062681131	3901	2.02539000000	2.66324000000	-0.63785	0.406852623
1508	0.35982600000	0.50559000000	-0.14576	0.021247144	3902	2.25746000000	2.66384000000	-0.40638	0.165144704
1509	0.37553200000	0.50594700000	-0.13042	0.017008072	3903	2.32327000000	2.66751000000	-0.34424	0.118501178
1510	0.42399300000	0.50611100000	-0.08212	0.006743366	3904	1.42060000000	2.66773000000	-1.24713	1.555333237
1511	0.42216900000	0.50633900000	-0.08417	0.007084589	3905	2.75887000000	2.67032000000	0.08855	0.007841103
1512	0.42088400000	0.50675700000	-0.08587	0.007374172	3906	2.34566000000	2.67076000000	-0.32510	0.10569001
1513	0.59611500000	0.50675800000	0.08936	0.007984673	3907	1.73709000000	2.67252000000	-0.93543	0.875029285
1514	0.77089600000	0.50678700000	0.26411	0.069753564	3908	2.22763000000	2.67357000000	-0.44594	0.198862484
1515	0.46834000000	0.50706700000	-0.03873	0.001499781	3909	1.58294000000	2.67401000000	-1.09107	1.190433745
1516	0.39116900000	0.50748500000	-0.11632	0.013529412	3910	2.04855000000	2.67439000000	-0.62584	0.391675706
1517	0.50640000000	0.50750000000	-0.00110	1.21E-06	3911	0.43089800000	2.68220000000	-2.25130	5.068360695
1518	0.42540500000	0.50793700000	-0.08253	0.006811531	3912	1.06058000000	2.68258000000	-1.62200	2.630884
1519	0.44129500000	0.50802700000	-0.06673	0.004453116	3913	2.33738000000	2.68330000000	-0.34592	0.119606646
1520	0.87447600000	0.50837300000	0.36610	0.134031407	3914	1.90697000000	2.68443000000	-0.77746	0.604444052
1521	0.41702900000	0.51028900000	-0.09326	0.00697428	3915	1.78140000000	2.69292000000	-0.91152	0.837086871
1522	0.66449700000	0.51075600000	0.15374	0.023636295	3916	1.24299000000	2.69312000000	-1.45013	2.102877017
1523	0.46582300000	0.51116800000	-0.04564	0.002083466	3917	1.79145000000	2.69481000000	-0.90336	0.0605929
1524	0.42249000000	0.51199400000	-0.08950	0.008010966	3918	2.57385000000	2.69962000000	-0.12577	0.015818093
1525	0.66553200000	0.51250100000	0.15303	0.023418487	3919	2.06162000000	2.70367000000	-0.64205	0.412228203
1526	0.38383600000	0.51373300000	-0.12990	0.016873231	3920	0.98594900000	2.70628000000	-1.72033	2.95953875
1527	0.74324500000	0.51438700000	0.22886	0.052375984	3921	1.87571000000	2.71006000000	-0.83435	0.696139923
1528	0.50743000000	0.51458500000	-0.00715	5.1194E-05	3922	1.92866000000	2.71041000000	-0.78175	0.61133063
1529	0.41348800000	0.51473000000	-0.10124	0.014024993	3923	1.96927000000	2.71229000000	-0.74302	0.55207872
1530	0.31574300000	0.51482600000	-0.19908	0.039634041	3924	2.44760000000	2.71393000000	-0.26633	0.070931669
1531	0.42289500000	0.51488700000	-0.09199	0.008462528	3925	1.98153000000	2.71522000000	-0.73369	0.538301016
1532	0.60974100000	0.51505200000	0.09469	0.008966007	3926	2.10392000000	2.71733000000	-0.61341	0.376271828
1533	0.42645800000	0.51526500000	-0.08881	0.007886683	3927	3.65279000000	2.72162000000	0.93117	0.867077569
1534	0.30131200000	0.51586100000	-0.21455	0.046031273	3928	2.47149000000	2.72596000000	-0.25447	0.705545981
1535	0.50863800000	0.51595000000	-0.00731	5.34653E-05	3929	2.21114000000	2.72713000000	-0.51599	0.26624568
1536	0.38746400000	0.51703100000	-0.12957	0.016787607	3930	1.83954000000	2.72771000000	-0.88817	0.678845949
1537	0.54436400000	0.51745500000	0.02691	0.000724094	3931	2.11048000000	2.72894000000	-0.61846	0.382492772
1538	0.41642100000	0.51761600000	-0.10120	0.010240428	3932	2.50754000000	2.73112000000	-0.22358	0.049988016
1539	0.26834700000	0.51774700000	-0.24940	0.06220036	3933	2.19301000000	2.73255000000	-0.53954	0.291103412
1540	0.55152000000	0.51780600000	0.03371	0.001136634	3934	1.89303000000	2.73736000000	-0.84433	0.712893149
1541	0.21526000000	0.51838600000	-0.30313	0.091885372	3935	2.11291000000	2.74999000000	-0.63708	0.0490870926
1542	0.33367700000	0.51872900000	-0.18505	0.034244243	3936	2.58369000000	2.75399000000	-0.17030	0.02500209
1543	0.44423700000	0.51904500000	-0.07481	0.005596237	3937	2.64117000000	2.75674000000	-0.11557	0.013356425
1544	0.65060700000	0.51972000000	0.13089	0.017314307	3938	2.22071000000	2.75747000000	-0.53676	0.288111298
1545	0.46609900000	0.52029500000	-0.05420	0.002937206	3939	2.37462000000	2.76141000000	-0.38679	0.149606504
1546	0.47048600000	0.52048300000	-0.05000	0.0024997	3940	2.41716000000	2.76238000000	-0.34522	0.19176848
1547	0.36648000000	0.52060700000	-0.15413	0.023755132	3941	2.51579000000	2.76339000000	-0.24760	0.06130576
1548	0.25249600000	0.52077400000	-0.26828	0.071973085	3942	3.01383000000	2.76428000000	0.24955	0.002752503
1549	0.17078500000	0.52083200000	-0.35005	0.122532902	3943	2.06585000000	2.76537000000	-0.69952	0.48932823
1550	0.53393300000	0.52104300000	0.01289	0.000166152	3944	2.68727000000	2.77045000000	-0.08318	0.006918912
1551	0.21589300000	0.52286200000	-0.30697	0.094229967	3945	0.74090400000	2.77126000000	-2.03036	4.122345487
1552	0.51319400000	0.52366200000	-0.01047	0.000109579	3946	2.96943000000	2.77221000000	0.19722	0.038895728
1553	0.38608000000	0.52415700000	-0.13725	0.018837288	3947	1.83581000000	2.77531000000	-0.93950	0.88266025
1554	0.75852200000	0.52450300000	0.23402	0.054764892	3948	2.18315000000	2.77664000000	-0.59349	0.55223038
1555	0.37734900000	0.52501800000	-0.14767	0.021806134	3949	1.65366000000	2.77713000000	-1.12347	1.262184841
1556	0.49871100000	0.52532100000	-0.02661	0.000708092	3950	2.92195000000	2.78376000000	0.13819	0.019096476
1557	0.67279100000	0.52537200000	0.14742	0.021732362	3951	2.48359000000	2.78398000000	-0.30039	0.090234152
1558	0.37749400000	0.52581100000	-0.14832	0.021997932	3952	3.22328000000	2.78699000000	0.43629	0.190348964
1559	0.76465100000	0.52591300000	0.23874	0.05695833	3953	2.32222000000	2.78703000000	-0.46481	0.216048336
1560	0.49206600000	0.52662300000	-0.03456	0.001194186	3954	2.39290000000	2.78706000000	-0.39416	0.155362106
1561	0.37195300000	0.52685700000	-0.15490	0.023995249	3955	2.00945000000	2.78847000000	-0.77902	0.66782216
1562	0.36348100000	0.52753900000	-0.16406	0.026915027	3956	1.96904000000	2.78992000000	-0.82088	0.673843974
1563	0.27847500000	0.52769300000	-0.24922	0.062109612	3957	2.33156000000	2.79116000000	-0.45960	0.21123216
1564	0.45905900000	0.52773500000	-0.06868	0.004716393	3958	2.21118000000	2.80366000000	-0.59248	0.35103255
1565	0.37752800000	0.52813200000	-0.15060	0.022681565	3959	3.46894000000	2.80636000000	0.66258	0.439012256
1566	0.42411400000	0.52857600000	-0.10446	0.010912309	3960	2.00216000000	2.81240000000	-0.81024	0.656488858
1567	0.45723400000	0.52864000000	-0.07141	0.005098817	3961	1.19104000000	2.81562000000	-1.62458	2.639260176
1568	0.37689800000	0.52878100000	-0.15188	0.023068446	3962	2.33996000000	2.81639000000	-0.47643	0.226985545
1569	0.26660800000	0.52894300000	-0.26234	0.068819652	3963	1.65494000000	2.81700000000	-1.16206	1.350383444
1570	0.37655700000	0.52901200000	-0.15246	0.023242527	3964	2.64993000000	2.82721000000	-0.	

1600	0.3731080000	0.5368390000	-0.16373	0.02680784	3994	2.1002900000	2.9390300000	-0.83874	0.703484788
1601	0.6925830000	0.5369900000	0.15559	0.024209182	3995	2.4525100000	2.9433000000	-0.49079	0.2403874824
1602	0.4272230000	0.5375440000	-0.11032	0.012170723	3996	2.1031600000	2.9475500000	-0.84439	0.172994472
1603	0.5497810000	0.5375580000	0.01222	0.000149402	3997	2.2065200000	2.9494000000	-0.74288	0.551870694
1604	0.4497870000	0.5376990000	-0.08791	0.00772852	3998	3.3873800000	2.9502500000	0.43713	0.191082637
1605	0.7465640000	0.5379630000	0.20860	0.043514377	3999	2.7021900000	2.9520100000	-0.24982	0.062410032
1606	0.4125110000	0.5384010000	-0.12589	0.015848292	4000	1.9184000000	2.9553000000	-1.03690	1.07516161
1607	0.5287680000	0.5384190000	-0.00965	0.31418E-05	4001	1.8865900000	2.9627900000	-1.07620	1.15820644
1608	0.3359980000	0.5387040000	-0.20271	0.041089722	4002	2.3956100000	2.9640200000	-0.56841	0.323089928
1609	0.4963110000	0.5392060000	-0.04290	0.001839981	4003	2.7019800000	2.9659500000	-0.26397	0.069680161
1610	0.2436650000	0.5392500000	-0.29559	0.087370492	4004	1.1722400000	2.9692400000	-1.79700	3.229209
1611	0.4658500000	0.5396020000	-0.07375	0.005439358	4005	2.7453700000	2.9716200000	-0.22625	0.051189063
1612	0.4038800000	0.5399960000	-0.13612	0.018527565	4006	1.5628100000	2.9776800000	-1.41487	2.001857117
1613	0.4976340000	0.5400920000	-0.04246	0.001802682	4007	1.8831300000	2.9790800000	-1.09595	1.201106403
1614	0.4501670000	0.5402850000	-0.09012	0.008121254	4008	2.8809700000	2.9798900000	-0.09892	0.009785166
1615	0.4330380000	0.5406010000	-0.10756	0.011569799	4009	2.5932300000	2.9824900000	-0.38926	0.151523348
1616	0.4161170000	0.5406360000	-0.12452	0.015504981	4010	2.6128400000	2.9826600000	-0.36982	0.136766832
1617	0.3578250000	0.5409490000	-0.18312	0.033534399	4011	2.7941400000	2.9844700000	-0.19033	0.036225509
1618	0.4841480000	0.5409560000	-0.05681	0.003227149	4012	2.6172800000	2.9871400000	-0.36986	0.13679642
1619	0.5290850000	0.5410540000	-0.01197	0.000143257	4013	2.5292000000	2.9922400000	-0.46304	0.214466042
1620	0.5991350000	0.5412900000	0.05784	0.003346044	4014	2.5972600000	2.9971500000	-0.39989	0.159912012
1621	0.3772620000	0.5420010000	-0.16474	0.027138938	4015	2.9816700000	3.0082400000	-0.02657	0.000705965
1622	0.1563470000	0.5420260000	-0.38568	0.148748291	4016	2.5848600000	3.0105400000	-0.42568	0.181203462
1623	0.5391980000	0.5426020000	-0.00340	1.15872E-05	4017	0.7024790000	3.0107000000	-2.30822	5.327884185
1624	0.4361350000	0.5427400000	-0.10661	0.011364626	4018	2.4190100000	3.0187500000	-0.59974	0.359688068
1625	0.4460480000	0.5428230000	-0.09678	0.009365401	4019	0.4807970000	3.0192100000	-2.53841	6.443540059
1626	0.4590030000	0.5435280000	-0.08453	0.007144476	4020	2.6583300000	3.0231600000	-0.36483	0.133100929
1627	0.3711090000	0.5436270000	-0.17252	0.02976246	4021	3.1887100000	3.0237300000	0.16498	0.0272184
1628	0.4201000000	0.5447870000	-0.12469	0.015546848	4022	0.9610800000	3.0245800000	-2.06350	4.32803225
1629	0.3747010000	0.5448030000	-0.17010	0.02893499	4023	3.9734100000	3.0245800000	0.94883	0.900278369
1630	0.6076700000	0.5451990000	0.06247	0.003902626	4024	2.3955400000	3.0251200000	-0.62958	0.396370976
1631	0.2971320000	0.5452530000	-0.24812	0.061564031	4025	1.3740700000	3.0261500000	-1.65208	2.729368326
1632	0.3259660000	0.5459050000	-0.21994	0.048373164	4026	2.3720800000	3.0272800000	-0.65520	0.42948704
1633	0.4647070000	0.5463530000	-0.08165	0.006666069	4027	3.0528400000	3.0387900000	0.01405	0.000197403
1634	0.4834350000	0.5467910000	-0.06336	0.004013983	4028	2.6037700000	3.0403200000	-0.43655	0.190575903
1635	0.2587000000	0.5469240000	-0.28822	0.083073074	4029	2.7989300000	3.0412800000	-0.24235	0.058733523
1636	0.4136160000	0.5470400000	-0.13342	0.017801964	4030	1.3694800000	3.0425400000	-1.67306	2.799129764
1637	0.4536310000	0.5476790000	-0.09405	0.008845026	4031	1.9021600000	3.0547600000	-1.15260	1.32848676
1638	0.5241330000	0.5479500000	-0.02382	0.000567429	4032	2.5429600000	3.0567200000	-0.51376	0.263499338
1639	0.4523620000	0.5481990000	-0.09584	0.009184731	4033	4.0746200000	3.0582300000	0.101639	1.4033048632
1640	0.7404410000	0.5483640000	0.19208	0.036893574	4034	2.3904100000	3.0619300000	-0.67152	0.40393911
1641	0.2516960000	0.5484080000	-0.29671	0.088038011	4035	2.6573100000	3.0640100000	-0.40670	0.16540489
1642	0.3921880000	0.5486770000	-0.15649	0.024488807	4036	1.7118700000	3.0668500000	-1.35498	1.8359708
1643	0.8221180000	0.5492760000	0.27384	0.074442757	4037	2.1896100000	3.0683000000	-0.87859	0.771920388
1644	0.5513310000	0.5495040000	0.00183	3.33793E-06	4038	2.2066040000	3.0712900000	-0.86525	0.748657563
1645	0.5748400000	0.5495130000	0.02533	0.000641457	4039	3.1820600000	3.0757200000	0.10634	0.011380196
1646	0.5283500000	0.5498850000	-0.02154	0.000463756	4040	2.4396400000	3.0781400000	-0.63850	0.407682257
1647	0.3520080000	0.5500070000	-0.19800	0.039203604	4041	2.1669200000	3.0895400000	-0.92262	0.851227664
1648	0.3895020000	0.5501230000	-0.16062	0.025799106	4042	2.5899800000	3.0909700000	-0.50099	0.25099098
1649	0.4236390000	0.5505380000	-0.12690	0.016103356	4043	2.7911900000	3.0918500000	-0.30066	0.090396436
1650	0.3301740000	0.5507200000	-0.22055	0.048640538	4044	2.5932000000	3.0942100000	-0.50101	0.25101102
1651	1.4077900000	0.5507590000	0.85703	0.734502135	4045	2.1805200000	3.0993700000	-0.91885	0.844285323
1652	0.3807010000	0.5513660000	-0.17067	0.029126542	4046	2.2755300000	3.1038900000	-0.82836	0.68618029
1653	0.4808480000	0.5514560000	-0.07061	0.00498549	4047	2.6285900000	3.1104000000	-0.48181	0.232140876
1654	0.5069610000	0.5515980000	-0.04464	0.001992462	4048	2.8390400000	3.1120100000	-0.27297	0.074512621
1655	0.3704070000	0.5519370000	-0.18153	0.032953141	4049	2.7803800000	3.1139400000	-0.33356	0.111262274
1656	0.4675800000	0.5522590000	-0.08468	0.007170533	4050	2.3416600000	3.1151800000	-0.77352	0.59883319
1657	0.3443940000	0.5523200000	-0.20793	0.043233221	4051	2.5635500000	3.1169300000	-0.55338	0.306229424
1658	0.4614570000	0.5523850000	-0.09093	0.008267901	4052	3.3427200000	3.1190300000	0.22369	0.050037216
1659	0.3849860000	0.5527060000	-0.16772	0.028129988	4053	1.9350100000	3.1191400000	-1.18413	1.402163857
1660	0.5307000000	0.5527190000	-0.02202	0.000484836	4054	2.5104300000	3.1193600000	-0.60893	0.370795745
1661	0.7528820000	0.5531540000	0.19973	0.039891274	4055	2.5303000000	3.1246600000	-0.59436	0.35326381
1662	0.3875190000	0.5533550000	-0.16584	0.027501579	4056	2.0701500000	3.1317200000	-1.06157	1.126930865
1663	0.8250600000	0.5534550000	0.27161	0.073769276	4057	3.1289200000	3.1346100000	-0.00569	0.323761E-05
1664	0.5136170000	0.5535140000	-0.03990	0.001591771	4058	2.6789000000	3.1360800000	-0.45718	0.209013552
1665	0.4294000000	0.5539400000	-0.12419	0.01542415	4059	2.1170000000	3.1397000000	-0.12270	0.10491529
1666	0.5358350000	0.5536610000	-0.01783	0.000317766	4060	2.2073700000	3.1440500000	-0.93668	0.877369422
1667	0.4144580000	0.5540240000	-0.13957	0.019478668	4061	2.1726800000	3.1453400000	-0.97266	0.946067476
1668	0.3520180000	0.5540660000	-0.20205	0.040823394	4062	2.5882700000	3.1465400000	-0.55827	0.311665393
1669	0.4682190000	0.5541030000	-0.08588	0.007376061	4063	2.6483600000	3.1481400000	-0.49978	0.249780048
1670	0.4569830000	0.5543670000	-0.09738	0.009483643	4064	2.4040400000	3.1481600000	-0.74412	0.535714574
1671	0.2591560000	0.5559100000	-0.29644	0.087873709	4065	4.0542100000	3.1491400000	0.90507	0.819151705
1672	0.4347370000	0.5560240000	-0.12129	0.014710536	4066	2.9309900000	3.1537900000	-0.22280	0.04963984
1673	0.4857020000	0.5561980000	-0.07050	0.049496986	4067	2.0524100000	3.1557300000	-1.10332	1.217315022
1674	0.3885320000	0.5562640000	-0.16773	0.0028134024	4068	2.8528300000	3.1631100000	-0.31028	0.096273678
1675	0.5101670000	0.5564980000	-0.04633	0.002146562	4069	2.4297100000	3.1668900000	-0.73718	0.543434352
1676	0.1733280000	0.5569320000	-0.38360	0.147152029	4070	2.5345300000	3.1728500000	-0.63832	0.407452422
1677	0.5313080000	0.5577980000	-0.02649	0.00070172	4071	1.8171400000	3.1781600000	-1.36102	1.85237544
1678	0.4654340000	0.5581180000	-0.09268	0.008590324	4072	2.8786300000	3.1819700000	-0.30334	0.090201516
1679	0.5457000000	0.5582620000	-0.01256	0.000157804	4073	3.2270600000	3.1820200000	0.04504	0.002028602
1680	0.5099560000	0.5585450000	-0.04859	0.001260891	4074	2.8788700000	3.1827400000	-0.30387	0.092336977
1681	0.3380730000	0.5586650000	-0.22059	0.04866083	4075	0.9809630000	3.1845400000	-2.20358	4.855751595
1682	0.4166710000	0.5587120000	-0.14204	0.020175646	4076	3.0551800000	3.1915800000	-0.13640	0.01860496
1683	0.5877340000	0.5591790000	0.02856	0.000815388	4077	3.0954500000	3.1916600000	-0.09621	0.009256364

1711	0.65122300000	0.56620900000	0.08501	0.00722738	4105	2.86004000000	3.28264000000	-0.42260	0.17859076
1712	0.15907900000	0.56633300000	-0.40725	0.165855821	4106	2.20722000000	3.28308000000	-1.07586	1.15747474
1713	0.53376900000	0.56637300000	-0.03260	0.001063021	4107	3.13114000000	3.28710000000	-0.15596	0.2942325522
1714	1.10380000000	0.56639900000	0.53740	0.288799835	4108	1.27491000000	3.29027000000	-2.01536	0.406167593
1715	0.42748500000	0.56703700000	-0.13955	0.019474761	4109	2.86021000000	3.29167000000	-0.43146	0.186157732
1716	0.47306300000	0.56725100000	-0.09419	0.008871379	4110	3.08397000000	3.29445000000	-0.21088	0.044470374
1717	0.49636600000	0.56727200000	-0.07091	0.005027661	4111	3.25373000000	3.29910000000	-0.04537	0.002058437
1718	0.99852800000	0.56751200000	0.43102	0.185774472	4112	4.06490000000	3.29980000000	0.76510	0.58537801
1719	0.51700900000	0.56753400000	-0.05052	0.002552776	4113	2.56091000000	3.30383000000	-0.74292	0.551930126
1720	0.61635500000	0.56771200000	0.04864	0.002366141	4114	1.62230000000	3.30616000000	-1.68386	2.8353845
1721	0.58882500000	0.56844600000	0.02038	0.000415304	4115	2.90214000000	3.30676000000	-0.40462	0.163717344
1722	0.64542200000	0.56857500000	0.07685	0.005905461	4116	2.69360000000	3.31212000000	-0.61852	0.38256699
1723	0.57181300000	0.56866700000	0.00315	9.89732E-06	4117	1.76888000000	3.31331000000	-1.54448	2.38541847
1724	0.46855400000	0.56900700000	-0.10045	0.010090805	4118	3.23738000000	3.31512000000	-0.07774	0.006043508
1725	0.37097700000	0.56912700000	-0.19815	0.039263423	4119	2.57641000000	3.32162000000	-0.74521	0.555337944
1726	0.34420500000	0.56933600000	-0.22513	0.050683967	4120	2.60912000000	3.32227000000	-0.71315	0.508382923
1727	0.43447000000	0.56941100000	-0.13494	0.018209073	4121	2.63681000000	3.32740000000	-0.69023	0.476417453
1728	0.34435900000	0.56948500000	-0.22513	0.050681716	4122	2.50686000000	3.33069000000	-0.82383	0.678695869
1729	0.68828500000	0.57057800000	0.11771	0.013854938	4123	2.71177000000	3.33475000000	-0.62298	0.38810408
1730	0.52899100000	0.57178200000	-0.04279	0.00183107	4124	2.67680000000	3.34776000000	-0.67096	0.450187322
1731	0.33283700000	0.57180500000	-0.23897	0.057105705	4125	2.55078000000	3.35250000000	-0.80447	0.647171981
1732	0.48263000000	0.57195200000	-0.08932	0.00978482	4126	2.84822000000	3.35625000000	-0.50803	0.258094481
1733	0.51332800000	0.57230000000	-0.05897	0.003477697	4127	2.78304000000	3.35688000000	-0.57364	0.329696285
1734	0.12726600000	0.57352700000	-0.44626	0.19914888	4128	3.09088000000	3.36123000000	-0.27035	0.073089123
1735	0.64983400000	0.57370100000	0.07613	0.005796234	4129	1.91146000000	3.36359000000	-1.45213	2.108681537
1736	0.66042500000	0.57382000000	0.08661	0.007500426	4130	3.54489000000	3.36530000000	0.17959	0.032525268
1737	0.43297200000	0.57383600000	-0.14086	0.019842666	4131	2.85341000000	3.36629000000	-0.51288	0.263045894
1738	0.51567300000	0.57438100000	-0.05871	0.003446629	4132	3.21455000000	3.36958000000	-0.15503	0.024034301
1739	0.51131900000	0.57444300000	-0.06312	0.003984639	4133	2.23074000000	3.37148000000	-1.14074	1.301287748
1740	0.59898900000	0.57453300000	0.02446	0.000598096	4134	2.24912000000	3.37403000000	-1.12491	1.265422508
1741	0.41837300000	0.57511400000	-0.15674	0.024567114	4135	2.87783000000	3.37489000000	-0.49706	0.274068644
1742	0.60183800000	0.57547800000	0.02636	0.00069485	4136	2.87275000000	3.37601000000	-0.50326	0.253270628
1743	0.51548300000	0.57554800000	-0.06006	0.003607804	4137	2.82186000000	3.37623000000	-0.55437	0.307326097
1744	0.53083000000	0.57593800000	-0.04511	0.002034732	4138	1.50583000000	3.37811000000	-1.87228	3.505432398
1745	0.49315900000	0.57636800000	-0.08321	0.006923738	4139	2.23661000000	3.38205000000	-1.14544	1.312032794
1746	0.57231700000	0.57688000000	-0.00456	2.0821E-05	4140	3.26875000000	3.38618000000	-0.11743	0.031789805
1747	0.23990800000	0.57737300000	-0.33747	0.113882626	4141	3.01742000000	3.39710000000	-0.37968	0.144156902
1748	0.34488000000	0.58026000000	-0.23538	0.055403744	4142	2.39563000000	3.39860000000	-1.00297	1.005498221
1749	0.59692000000	0.58061600000	0.01630	0.00026582	4143	2.83689000000	3.40339000000	-0.56650	0.320927225
1750	0.46732800000	0.58083500000	-0.11351	0.012883839	4144	3.17007000000	3.41107000000	-0.24100	0.058081
1751	0.54976300000	0.58100200000	-0.03124	0.000975875	4145	1.23603000000	3.41160000000	-2.17557	4.733104825
1752	0.43450500000	0.58151900000	-0.14701	0.021613116	4146	0.92046500000	3.41288000000	-2.49242	6.212132532
1753	0.61430700000	0.58231800000	0.03199	0.001023296	4147	4.07550000000	3.41384000000	0.66166	0.437393956
1754	0.38707300000	0.58254000000	-0.19547	0.038207348	4148	3.00136000000	3.41391000000	-0.41255	0.170197503
1755	0.49470100000	0.58257100000	-0.08787	0.00721137	4149	0.84764000000	3.41663000000	-2.56899	6.59970962
1756	0.48641700000	0.58275900000	-0.09634	0.009281781	4150	2.04000000000	3.42774000000	-1.38774	1.925823308
1757	0.45021200000	0.58286800000	-0.13266	0.017597614	4151	3.30130000000	3.43112000000	-0.12982	0.016853232
1758	0.39856900000	0.58289200000	-0.18432	0.033974968	4152	2.86225000000	3.43632000000	-0.57407	0.329556365
1759	0.54599500000	0.58316500000	-0.03717	0.001381609	4153	2.49809000000	3.43865000000	-0.94056	0.884653114
1760	0.52614700000	0.58350700000	-0.05736	0.00329017	4154	2.14657000000	3.44272000000	-1.29615	1.680004823
1761	0.23400700000	0.58356200000	-0.34956	0.122188698	4155	2.88068000000	3.44428000000	-0.56360	0.31764496
1762	0.49780600000	0.58522400000	-0.08742	0.007641907	4156	2.88536000000	3.44971000000	-0.56435	0.318490923
1763	0.36994300000	0.58540800000	-0.21547	0.046425166	4157	2.37009000000	3.45362000000	-1.08353	1.174037261
1764	0.30520700000	0.58575900000	-0.28055	0.078709425	4158	2.76821000000	3.45544000000	-0.68723	0.022852073
1765	0.47282700000	0.58590000000	-0.11307	0.012785503	4159	2.95232000000	3.45620000000	-0.50388	0.253895054
1766	0.46913100000	0.58614900000	-0.11702	0.013693212	4160	2.95478000000	3.45717000000	-0.50239	0.252595712
1767	0.49048800000	0.58639000000	-0.09590	0.009197194	4161	0.94457900000	3.46077000000	-2.51619	6.331217148
1768	0.27580500000	0.58765800000	-0.31185	0.097252294	4162	2.98014000000	3.47232000000	-0.49218	0.242241152
1769	0.34711300000	0.58766300000	-0.24055	0.057864303	4163	2.64236000000	3.47674000000	-0.83438	0.696189984
1770	0.64217600000	0.58782800000	0.05435	0.002953705	4164	2.91695000000	3.48078000000	-0.56383	0.17904269
1771	0.52709700000	0.58786200000	-0.06077	0.003692385	4165	2.85316000000	3.48572000000	-0.63256	0.400132154
1772	0.39202200000	0.58814400000	-0.19612	0.038463839	4166	3.58831000000	3.48865000000	0.09966	0.009932116
1773	1.12824000000	0.58820500000	0.54004	0.291637801	4167	3.09111000000	3.49054000000	-0.39943	0.191544325
1774	0.29009600000	0.58892800000	-0.29883	0.089300564	4168	3.06891000000	3.50692000000	-0.43801	0.01985276
1775	0.96002100000	0.58962500000	0.37040	0.137193197	4169	2.96520000000	3.50934000000	-0.54414	0.29608834
1776	0.32785500000	0.58997500000	-0.26212	0.068706894	4170	3.40200000000	3.51114000000	-0.10914	0.01191154
1777	1.29502000000	0.59012800000	0.70489	0.496827732	4171	3.48836000000	3.51163000000	-0.02327	0.000541493
1778	0.37112600000	0.59054200000	-0.21942	0.048143381	4172	2.08045000000	3.51812000000	-1.43767	2.066895029
1779	0.48209600000	0.59135900000	-0.10926	0.011938403	4173	3.22182000000	3.51826000000	-0.29644	0.08786674
1780	0.26762500000	0.59153100000	-0.32391	0.104915097	4174	4.16767000000	3.51874000000	0.64893	0.421110145
1781	0.45717700000	0.59157600000	-0.13440	0.018063091	4175	3.09043000000	3.51904000000	-0.42861	0.183706532
1782	0.49579700000	0.59176500000	-0.09597	0.009209857	4176	1.37261000000	3.52330000000	-2.15069	4.625467476
1783	0.47616500000	0.59182400000	-0.11566	0.013377004	4177	3.55328000000	3.52707000000	0.02621	0.000686964
1784	0.51039200000	0.59285300000	-0.08246	0.006799817	4178	2.43392000000	3.53599000000	-1.10207	1.214558285
1785	0.55598200000	0.59332800000	-0.03735	0.001394724	4179	2.41809000000	3.54406000000	-1.12597	1.26708844
1786	0.20205500000	0.59361900000	-0.39156	0.153322366	4180	2.84961000000	3.55577000000	-0.70616	0.498661946
1787	0.72951400000	0.59363400000	0.13588	0.018463374	4181	4.55227000000	3.55742000000	0.99485	0.989726523
1788	0.45982900000	0.59366400000	-0.13384	0.017911807	4182	2.96356000000	3.55934000000	-0.59578	0.354953808
1789	0.32488550000	0.59396100000	-0.26911	0.072418039	4183	3.04524000000	3.56016000000	-0.51492	0.265142606
1790	0.51964300000	0.59396500000	-0.07432	0.00552376	4184	2.81153000000	3.56179000000	-0.75026	0.562890068
1791	0.50656800000	0.59415100000	-0.08758	0.007670782	4185	3.22652000000	3.56576000000	-0.33924	0.15083778
1792	0.58916800000	0.59424500000	-0.00508	2.57759E-05	4186	3.39747000000	3.56843000000		

1822	0.3746690000	0.6010310000	-0.22636	0.051239755	4216	3.3106800000	3.7147400000	-0.40406	0.163264484
1823	0.3543080000	0.6010330000	-0.24673	0.060873226	4217	3.1048500000	3.7270300000	-0.62218	0.387107952
1824	0.3161730000	0.6012360000	-0.28506	0.081260914	4218	3.2739800000	3.7359200000	-0.46194	0.213388564
1825	0.3422820000	0.6014680000	-0.25919	0.067177383	4219	3.1724500000	3.7394300000	-0.56698	0.32146632
1826	0.2375200000	0.6018850000	-0.36437	0.132761853	4220	3.9543100000	3.7503300000	0.20398	0.04160784
1827	0.3327220000	0.6020830000	-0.26936	0.072555348	4221	4.5444100000	3.7547300000	0.78968	0.623594502
1828	0.7315230000	0.6023850000	0.12914	0.016676623	4222	3.3879200000	3.7647100000	-0.37679	0.141970704
1829	0.5632830000	0.6025080000	-0.03923	0.001538601	4223	3.1477100000	3.7656700000	-0.61796	0.381874562
1830	0.8820440000	0.6025960000	0.27945	0.078091185	4224	3.7878900000	3.7709200000	0.01697	0.000287981
1831	0.3578310000	0.6026910000	-0.24486	0.05995642	4225	3.0911800000	3.7771800000	-0.68600	0.470596
1832	0.3868510000	0.6031230000	-0.21627	0.046773578	4226	3.1263700000	3.7813000000	-0.65493	0.428933305
1833	0.5994260000	0.6037160000	-0.00429	1.84041E-05	4227	4.0294500000	3.7969900000	0.23246	0.054037652
1834	0.6238650000	0.6042240000	0.01964	0.000385769	4228	2.8799100000	3.7974600000	-0.91755	0.841898003
1835	0.5257410000	0.6043080000	-0.07857	0.006172773	4229	3.5840600000	3.8183500000	-0.23429	0.054891804
1836	0.4618800000	0.6044110000	-0.14253	0.020315086	4230	2.9634500000	3.8185400000	-0.85509	0.731178908
1837	0.5154850000	0.6044300000	-0.08895	0.007911213	4231	3.7321000000	3.8192000000	-0.08710	0.00758641
1838	0.4220540000	0.6047930000	-0.18274	0.033393542	4232	3.6671700000	3.8219000000	-0.15473	0.023941373
1839	0.5508790000	0.6049500000	-0.05407	0.002923673	4233	2.9952600000	3.8350600000	-0.83980	0.70526404
1840	0.4473400000	0.6049970000	-0.15766	0.02485573	4234	3.1474200000	3.8410500000	-0.69363	0.481125277
1841	0.5874590000	0.6050610000	-0.01760	0.00030983	4235	3.3769000000	3.8578200000	-0.48092	0.231284046
1842	0.5029130000	0.6054660000	-0.10255	0.010517118	4236	3.3300200000	3.8579700000	-0.52795	0.278731203
1843	0.4189100000	0.6054840000	-0.18657	0.034809857	4237	1.7851700000	3.8609800000	-2.07581	4.308987156
1844	0.2673390000	0.6055380000	-0.33820	0.114378564	4238	3.6329700000	3.8806900000	-0.24772	0.061365198
1845	0.4900330000	0.6056250000	-0.11559	0.01336151	4239	3.2566800000	3.8816600000	-0.62498	0.3906
1846	0.5400480000	0.6058300000	-0.06578	0.003427272	4240	2.8932300000	3.8848100000	-0.99158	0.983230896
1847	0.3258890000	0.6059320000	-0.28004	0.078424082	4241	3.7288000000	3.8869200000	-0.15812	0.025001934
1848	0.5237520000	0.6059990000	-0.08225	0.00674569	4242	3.4762800000	3.8891000000	-0.41282	0.170420352
1849	0.5046440000	0.6060160000	-0.10137	0.010276282	4243	3.9777700000	3.8954400000	0.08233	0.006782229
1850	0.5872030000	0.6061890000	-0.01899	0.00360468	4244	3.6479600000	3.8957100000	-0.24775	0.061380063
1851	0.4055520000	0.6063920000	-0.20084	0.040336706	4245	3.4602500000	3.8981400000	-0.43789	0.191747612
1852	0.5332020000	0.6064610000	-0.07326	0.005366881	4246	3.8004900000	3.9039800000	-0.10349	0.01707058
1853	0.6517790000	0.6064940000	0.04529	0.002050731	4247	2.7544500000	3.9076600000	-1.15321	1.329893304
1854	0.7158180000	0.6076970000	0.10812	0.011690151	4248	2.7069500000	3.9124500000	-1.20550	1.453230205
1855	0.4876180000	0.6078070000	-0.12019	0.014445396	4249	3.9546000000	3.9156000000	0.03900	0.001521
1856	0.6828680000	0.6078460000	0.07502	0.0056283	4250	3.5374300000	3.9163300000	-0.37890	0.14356521
1857	0.4833270000	0.6079000000	-0.12457	0.015518432	4251	3.9511800000	3.9178400000	0.03334	0.001111556
1858	0.4251300000	0.6080100000	-0.18288	0.003445094	4252	3.0519900000	3.9218300000	-0.86984	0.756621626
1859	0.5193840000	0.6081370000	-0.08875	0.007877095	4253	3.9457200000	3.9272700000	0.01800	0.000324
1860	0.6138550000	0.6096810000	0.00417	1.74223E-05	4254	3.3316700000	3.9328500000	-0.60118	0.361417392
1861	0.3721350000	0.6098210000	-0.23769	0.056494635	4255	7.5222000000	3.9382500000	3.58395	12.8446976
1862	0.5122070000	0.6102830000	-0.09808	0.009618902	4256	2.9343700000	3.9419500000	-1.00758	1.015217456
1863	0.5635480000	0.6102890000	-0.04674	0.002184721	4257	4.2581700000	3.9460400000	0.31213	0.097425137
1864	0.2473920000	0.6107650000	-0.36337	0.132039937	4258	2.9930900000	3.9485200000	-0.95543	0.912846485
1865	0.3885370000	0.6114680000	-0.22293	0.049698231	4259	5.2241500000	3.9524500000	1.27170	1.61722089
1866	1.8742900000	0.6115520000	1.26274	1.594507257	4260	3.3025800000	3.9605800000	-0.65800	0.432964
1867	0.3870910000	0.6116260000	-0.22454	0.050415966	4261	4.6234000000	3.9612100000	0.66219	0.438495596
1868	0.3694500000	0.6118040000	-0.24235	0.058735461	4262	3.4985700000	3.9644400000	-0.46587	0.217034857
1869	0.3877670000	0.6122980000	-0.22453	0.05041417	4263	3.4711900000	3.9644100000	-0.49522	0.245242848
1870	0.2603830000	0.6133720000	-0.35299	0.124601234	4264	1.3688000000	3.9696600000	-2.60086	6.76447274
1871	0.7143250000	0.6139730000	0.10035	0.010070524	4265	3.2593000000	3.9736400000	-0.71434	0.510281636
1872	0.3814840000	0.6142080000	-0.23272	0.05416046	4266	3.3119900000	3.9740500000	-0.66206	0.438323444
1873	0.4856770000	0.6143090000	-0.12863	0.016546191	4267	3.9977800000	3.9743000000	0.02348	0.00055131
1874	0.2990710000	0.6157320000	-0.31666	0.100274189	4268	3.3145400000	3.9803900000	-0.66585	0.443562223
1875	0.5813030000	0.6167410000	-0.03544	0.001255852	4269	3.0874400000	3.9804700000	-0.89303	0.97002581
1876	0.5602850000	0.6170110000	-0.05673	0.003217839	4270	1.7365900000	3.9967000000	-2.26011	5.108097212
1877	0.6534380000	0.6172230000	0.03622	0.001311526	4271	4.4074900000	4.0025000000	0.40499	0.1640169
1878	0.7928560000	0.6174010000	0.17546	0.030784457	4272	3.1630900000	4.0161900000	-0.85310	0.72777961
1879	0.4265880000	0.6176910000	-0.19110	0.036520357	4273	4.2579600000	4.0261600000	0.23180	0.05373124
1880	0.4224790000	0.6178750000	-0.19540	0.038179597	4274	3.4134700000	4.0312600000	-0.61779	0.381664484
1881	0.6749670000	0.6181580000	0.05681	0.003227262	4275	4.7224600000	4.0328300000	0.68963	0.475589537
1882	0.5517870000	0.6182660000	-0.06648	0.004419457	4276	3.7515300000	4.0351100000	-0.28358	0.080417616
1883	0.5246230000	0.6183170000	-0.09369	0.007878566	4277	3.0475400000	4.0365200000	-0.98898	0.97808144
1884	0.4712120000	0.6189280000	-0.14772	0.021820017	4278	3.8005200000	4.0388500000	-0.23833	0.056801189
1885	0.4728810000	0.6190530000	-0.14617	0.021366254	4279	3.1412700000	4.0408900000	-0.89962	0.809316144
1886	0.5357860000	0.6192910000	-0.08351	0.006973085	4280	3.6082800000	4.0484900000	-0.44021	0.193784844
1887	0.5456690000	0.6193100000	-0.07364	0.005422997	4281	3.5365300000	4.0523500000	-0.51582	0.266070272
1888	0.4987250000	0.6199760000	-0.12125	0.014701805	4282	2.7517100000	4.0565800000	-1.30487	1.702685717
1889	0.4851150000	0.6199970000	-0.13488	0.018193154	4283	3.1982200000	4.0659700000	-0.86775	0.752990063
1890	0.4729560000	0.6201500000	-0.14719	0.021666074	4284	2.3405800000	4.0716200000	-1.73104	2.996499482
1891	1.0249000000	0.6216210000	0.40328	0.162633952	4285	3.2356700000	4.0872100000	-0.85154	0.725120372
1892	0.5602060000	0.6216260000	-0.06142	0.00372416	4286	2.9736700000	4.0874700000	-1.11380	1.24055044
1893	0.5700300000	0.6218620000	-0.05182	0.002685727	4287	3.0415500000	4.0899500000	-1.04840	1.09914256
1894	0.2358490000	0.6219060000	-0.38606	0.149040007	4288	2.5991800000	4.0919600000	-1.49278	2.228392128
1895	0.5628810000	0.6221280000	-0.05925	0.003510207	4289	3.4447600000	4.1229400000	-0.67818	0.455992812
1896	0.3667980000	0.6225350000	-0.25574	0.065401413	4290	3.6515400000	4.1300800000	-0.47854	0.229000532
1897	0.3057230000	0.6226370000	-0.31691	0.100434483	4291	4.3994600000	4.1309700000	0.26849	0.07208688
1898	1.1402700000	0.6227410000	0.51753	0.267836266	4292	3.7580800000	4.1339400000	-0.37586	0.14127074
1899	0.9465420000	0.6230540000	0.32349	0.104644486	4293	3.3418800000	4.1441100000	-0.80223	0.643572973
1900	0.6593980000	0.6234830000	0.03592	0.001289887	4294	6.2114700000	4.1489000000	2.06257	4.254159505
1901	0.5154680000	0.6243340000	-0.10887	0.011851806	4295	3.0080900000	4.1562700000	-1.14818	1.318317312
1902	0.6742180000	0.6245240000	0.04969	0.002469494	4296	3.9058200000	4.1663600000	-0.26054	0.067881092
1903	0.3500050000	0.6255640000	-0.27556	0.075932762	4297	2.9609300000	4.1665200000	-1.20559	1.453447248
1904	0.2849270000	0.6255890000	-0.34066	0.116050598	4298	3.4463000000	4.1668400000	-0.72054	0.519177892
1905	0.4550350000	0.6257090000	-0.17067	0.029129614	4299	3.9027200000	4.1837300000	-0.28101	0.07896662
1906	0.56985600								

Annexes

1933	0.57338200000	0.63384200000	-0.06046	0.003655412	4327	4.53967000000	4.34335000000	0.19632	0.038541542
1934	0.54216100000	0.63408600000	-0.09193	0.008450206	4328	3.56006000000	4.34447000000	-0.78441	0.615299048
1935	0.35593700000	0.63440100000	-0.27846	0.077542199	4329	3.82526000000	4.34974000000	-0.52448	0.27507927
1936	0.89792000000	0.63485400000	0.26307	0.069203272	4330	2.97504000000	4.35099000000	-1.37595	1.893238403
1937	0.63588000000	0.63510700000	0.00077	5.97529E-07	4331	3.40020000000	4.35169000000	-0.95149	0.90533322
1938	0.56496200000	0.63533900000	-0.07038	0.004952922	4332	4.76557000000	4.35177000000	0.41380	0.17123044
1939	0.44455000000	0.63545600000	-0.19091	0.036445101	4333	2.76965000000	4.35986000000	-1.59021	2.528767844
1940	0.54170800000	0.63548100000	-0.09377	0.007993376	4334	3.81940000000	4.36502000000	-0.54562	0.299770184
1941	0.53211600000	0.63576100000	-0.10365	0.010742286	4335	5.00990000000	4.36965000000	0.64025	0.409920063
1942	0.72014200000	0.63615000000	0.08399	0.007054656	4336	3.98117000000	4.37188000000	-0.39071	0.152654304
1943	0.52550300000	0.63710800000	-0.11161	0.012455676	4337	3.33793000000	4.37415000000	-1.03622	1.073751888
1944	0.56819100000	0.63777800000	-0.06959	0.004842351	4338	3.69624000000	4.37800000000	-0.68176	0.464796698
1945	0.44144500000	0.63811500000	-0.19667	0.038679089	4339	2.89458000000	4.38435000000	-1.48977	2.219414653
1946	0.43419900000	0.63811800000	-0.20392	0.041582959	4340	3.01924000000	4.39526000000	-1.37602	1.89343104
1947	0.89005700000	0.63812400000	0.25193	0.063470236	4341	3.71775000000	4.40505000000	-0.68730	0.47238129
1948	0.45645500000	0.63815700000	-0.18170	0.033015617	4342	3.56973000000	4.41679000000	-0.84706	0.717510644
1949	0.45945200000	0.63827800000	-0.17883	0.031978738	4343	4.73117000000	4.43054000000	0.30063	0.090378397
1950	0.61813700000	0.63893300000	-0.02080	0.00432474	4344	4.08925000000	4.43302000000	-0.34377	0.118177813
1951	0.43679200000	0.63946400000	-0.20267	0.04107594	4345	1.36069000000	4.44834000000	-3.08765	9.533582523
1952	0.55097500000	0.63949000000	-0.08852	0.007834905	4346	3.54772000000	4.45067000000	-0.90295	0.815318702
1953	0.51517400000	0.63973300000	-0.12456	0.015514944	4347	3.89711000000	4.45301000000	-0.55590	0.30920481
1954	0.35756800000	0.63984200000	-0.28227	0.079678611	4348	3.08443000000	4.45379000000	-1.36936	1.87514681
1955	0.58073400000	0.63993200000	-0.05920	0.003504403	4349	4.45260000000	4.45526000000	-0.00266	7.0756E-06
1956	0.55085500000	0.64067200000	-0.08982	0.008067093	4350	2.23535000000	4.47326000000	-2.23791	5.008241168
1957	0.44211600000	0.64069500000	-0.19858	0.039433619	4351	3.73146000000	4.47977000000	-0.74831	0.559967856
1958	0.47049000000	0.64076900000	-0.17036	0.02902253	4352	4.34136000000	4.48023000000	-0.13887	0.019284877
1959	0.28966300000	0.64124500000	-0.35164	0.123652096	4353	2.16605000000	4.48070000000	-2.31465	5.357604623
1960	0.57088800000	0.64126200000	-0.07037	0.0049525	4354	4.19736000000	4.48843000000	-0.29107	0.084721745
1961	0.72870200000	0.64246000000	0.08624	0.007437683	4355	4.44868000000	4.49740000000	-0.04872	0.002373638
1962	0.31516100000	0.64248200000	-0.32732	0.107139037	4356	3.45311000000	4.49872000000	-1.04561	1.093300272
1963	0.54217300000	0.64323300000	-0.10106	0.010213124	4357	4.03999000000	4.51029000000	-0.47030	0.22118209
1964	0.48369400000	0.64328000000	-0.15963	0.025483014	4358	3.77250000000	4.51610000000	-0.74360	0.55294096
1965	0.50334400000	0.64422100000	-0.14088	0.019846329	4359	4.06553000000	4.51981000000	-0.45428	0.206370318
1966	0.54190600000	0.64443100000	-0.10253	0.010511376	4360	3.43927000000	4.54249000000	-1.10322	1.217094368
1967	0.60333500000	0.64463000000	-0.04130	0.001705277	4361	4.33177000000	4.54302000000	-0.21125	0.044626563
1968	0.50285700000	0.64479200000	-0.14194	0.020145544	4362	4.61419000000	4.54307000000	0.07112	0.005058054
1969	0.55318300000	0.64593800000	-0.09276	0.00860349	4363	3.63547000000	4.55134000000	-0.91587	0.838817857
1970	0.97872900000	0.64609700000	0.33263	0.110644047	4364	4.43548000000	4.55586000000	-0.12038	0.01491344
1971	0.51755200000	0.64689700000	-0.12935	0.016730129	4365	4.07681000000	4.56461000000	-0.48780	0.23794884
1972	0.47575500000	0.64738400000	-0.17163	0.029456514	4366	4.33915000000	4.56501000000	-0.22586	0.05101274
1973	0.42505600000	0.64740500000	-0.22235	0.049439078	4367	4.85221000000	4.57018000000	0.28203	0.079540921
1974	0.54181100000	0.64780900000	-0.10600	0.011235576	4368	3.30691000000	4.58084000000	-1.27393	1.622897645
1975	0.37308000000	0.64795600000	-0.27488	0.05756815	4369	3.52129000000	4.58320000000	-1.06253	1.128970001
1976	0.62412700000	0.65040600000	-0.02638	0.000690586	4370	3.82601000000	4.58921000000	-0.76320	0.58247424
1977	0.55975700000	0.65044800000	-0.09069	0.008224857	4371	3.56243000000	4.59012000000	-1.02769	1.056146736
1978	0.42826500000	0.65101500000	-0.22275	0.049617563	4372	4.30991000000	4.59124000000	-0.28133	0.591246569
1979	0.60949700000	0.65104400000	-0.04155	0.001726153	4373	3.14830000000	4.59259000000	-1.44429	2.085973604
1980	0.46406300000	0.65175000000	-0.18769	0.03522641	4374	3.83116000000	4.59501000000	-0.76385	0.583466823
1981	0.70219000000	0.65175600000	0.05043	0.002543588	4375	3.83702000000	4.59741000000	-0.76039	0.578129252
1982	0.70182500000	0.65224900000	0.04958	0.00245778	4376	4.18035000000	4.61559000000	-0.43524	0.189433858
1983	0.71713300000	0.65260800000	0.06453	0.004166347	4377	7.06525000000	4.62115000000	2.44410	5.97362481
1984	0.52411700000	0.65308100000	-0.12896	0.016363173	4378	3.85103000000	4.62373000000	-0.77270	0.59706529
1985	0.32993200000	0.65319500000	-0.32326	0.104498967	4379	2.90861000000	4.63491000000	-1.72630	2.98011169
1986	0.35600500000	0.65332900000	-0.29732	0.088401561	4380	5.00184000000	4.63666000000	0.36518	0.133356432
1987	0.47212800000	0.65355700000	-0.18143	0.032916482	4381	4.96680000000	4.64133000000	0.32547	0.105930721
1988	0.53177000000	0.65404800000	-0.12228	0.014951909	4382	3.86437000000	4.64137000000	-0.77700	0.603729
1989	0.40946400000	0.65463700000	-0.24517	0.0601098	4383	3.71359000000	4.64193000000	-0.92834	0.861815156
1990	0.52685300000	0.65528800000	-0.12844	0.016495549	4384	3.34771000000	4.65203000000	-1.30432	1.701250662
1991	0.48447700000	0.65630300000	-0.17183	0.029524174	4385	4.03938000000	4.65735000000	-0.61797	0.381886921
1992	0.51666900000	0.65638100000	-0.13971	0.019519433	4386	3.37831000000	4.65813000000	-1.27982	1.637939232
1993	0.54207300000	0.65681300000	-0.11474	0.013165268	4387	3.54772000000	4.66103000000	-1.11331	1.239459156
1994	0.67655400000	0.65698800000	0.01957	0.000382828	4388	5.59210000000	4.66256000000	0.92954	0.86044612
1995	0.37060300000	0.65699800000	-0.28640	0.082022096	4389	2.47201000000	4.66332000000	-2.19131	4.801839516
1996	0.57919800000	0.65785300000	-0.07866	0.006186609	4390	3.52198000000	4.66526000000	-1.14328	1.307089158
1997	0.48994400000	0.65842700000	-0.16848	0.028386521	4391	4.23498600000	4.67182000000	-2.23196	4.981645442
1998	0.50885100000	0.65843700000	-0.14959	0.022375971	4392	3.80305000000	4.67449000000	-0.87144	0.794047674
1999	0.44443400000	0.65867500000	-0.21424	0.045899206	4393	3.83257000000	4.67860000000	-0.84603	0.715766761
2000	0.44734600000	0.65944800000	-0.21210	0.044987258	4394	3.27073000000	4.68044000000	-1.40971	1.987282284
2001	0.43403600000	0.65997400000	-0.22594	0.05104798	4395	3.25524000000	4.68946000000	-1.43422	2.056987008
2002	0.52964500000	0.65998900000	-0.13034	0.016989558	4396	4.04578000000	4.70256000000	-0.65678	0.431359968
2003	0.58617800000	0.66019100000	-0.07401	0.005477924	4397	3.85055000000	4.70606000000	-0.85551	0.73189736
2004	0.54114100000	0.66024600000	-0.11911	0.014186001	4398	3.99847000000	4.70898000000	-0.71051	0.50482446
2005	0.46089900000	0.66137600000	-0.20048	0.040191028	4399	4.10136000000	4.71463000000	-0.61327	0.376100093
2006	0.52373900000	0.66145200000	-0.13771	0.01896487	4400	4.68597000000	4.72138000000	-0.03541	0.001253868
2007	0.59133800000	0.66160400000	-0.07027	0.004937311	4401	4.20535000000	4.72598000000	-0.52063	0.10555597
2008	0.46523200000	0.66249600000	-0.19726	0.038913086	4402	4.74245000000	4.73122000000	0.01123	0.000126113
2009	0.52643600000	0.66271400000	-0.13628	0.018571693	4403	4.29561000000	4.73590000000	-0.44029	0.193855284
2010	0.52613400000	0.66338700000	-0.13725	0.018838386	4404	3.39649000000	4.74265000000	-1.34616	1.812146746
2011	0.34718100000	0.66389400000	-0.31671	0.100307124	4405	3.95164000000	4.75206000000	-0.80042	0.662721276
2012	0.87036700000	0.66402200000	0.20635	0.042578259	4406	2.60175000000	4.76260000000	-2.16085	4.669272723
2013	0.58094200000	0.66436400000	-0.08342	0.00695923	4407	3.02887000000	4.78153000000	-1.75266	3.071817076
2014	0.55200600000	0.66595200000	-0.11395	0.012983691	4408	4.88805000000	4.78468000000		

2044	0.52817700000	0.67287000000	-0.14469	0.020936064	4438	3.61746000000	4.95515000000	-1.33769	1.789414536
2045	0.99049000000	0.67292200000	0.31757	0.100849435	4439	4.19973000000	5.01072000000	-0.81099	0.65770478
2046	0.63424900000	0.67295200000	-0.03870	0.001497922	4440	5.89821000000	5.02933000000	0.86888	0.85952454
2047	0.74602300000	0.67302700000	0.07300	0.005328416	4441	4.08410000000	5.03241000000	-0.94831	0.899291856
2048	0.38960100000	0.67349200000	-0.28389	0.0805941	4442	3.63963000000	5.04288000000	-1.40325	1.969110563
2049	0.70712600000	0.67379300000	0.03333	0.00111089	4443	4.50786000000	5.05455000000	-0.54759	0.299854808
2050	0.38991700000	0.67396300000	-0.28405	0.08068213	4444	5.00498000000	5.05686000000	-0.05188	0.002691534
2051	0.42083600000	0.67412200000	-0.25329	0.064153798	4445	7.28950000000	5.06913000000	2.22037	4.930042937
2052	0.74123800000	0.67414500000	0.06709	0.004501471	4446	4.33313000000	5.07680000000	-0.74367	0.553045069
2053	0.94289700000	0.67446800000	0.26843	0.072054128	4447	4.27681000000	5.11835000000	-0.84154	0.708189572
2054	0.79043800000	0.67452800000	0.11591	0.013435128	4448	4.22001000000	5.12080000000	-0.90079	0.811422264
2055	0.53981300000	0.67510000000	-0.13529	0.018302572	4449	4.32180000000	5.12388000000	-0.80208	0.643332326
2056	0.47696000000	0.67585000000	-0.19889	0.039557232	4450	5.21346000000	5.12605000000	0.08741	0.007604058
2057	0.49963400000	0.67617900000	-0.17655	0.031168137	4451	4.46347000000	5.12913000000	-0.66566	0.443103236
2058	0.61001800000	0.67707300000	-0.06706	0.004496373	4452	5.80623000000	5.12961000000	0.67662	0.457814624
2059	0.35886700000	0.67740600000	-0.31854	0.101467095	4453	4.18596000000	5.15983000000	-0.97387	0.948422777
2060	0.34101500000	0.67846200000	-0.33745	0.113870478	4454	3.54381000000	5.16169000000	-1.61788	2.617535694
2061	0.65501400000	0.67875100000	-0.02374	0.000563445	4455	4.04424000000	5.16411000000	-1.11987	1.254081589
2062	0.26064200000	0.67896600000	-0.41832	0.174994969	4456	4.04647000000	5.16677000000	-1.12030	1.25507209
2063	0.55835500000	0.67935300000	-0.12100	0.014640516	4457	3.66413000000	5.17008000000	-1.50595	2.267885403
2064	0.50072100000	0.67968600000	-0.17897	0.032028471	4458	3.64453000000	5.17448000000	-1.52995	2.340747003
2065	0.56659600000	0.67970800000	-0.11311	0.012794325	4459	4.58639000000	5.17749000000	-0.59110	0.34939921
2066	0.67969900000	0.68007500000	-0.00038	1.41376E-07	4460	3.73711000000	5.17758000000	-1.44047	2.074953821
2067	0.49928200000	0.68012500000	-0.18084	0.032704191	4461	4.26333000000	5.17827000000	-0.91494	0.837115204
2068	0.46345600000	0.68017600000	-0.21672	0.046967558	4462	4.05482000000	5.18165000000	-1.12683	1.269745849
2069	0.50622800000	0.68116800000	-0.17494	0.030604004	4463	4.55422000000	5.18515000000	-0.63093	0.398072665
2070	0.54776300000	0.68131200000	-0.13355	0.017835335	4464	2.91599000000	5.20806000000	-2.29207	5.253584885
2071	0.56902800000	0.68215300000	-0.11313	0.012797266	4465	3.83575000000	5.21650000000	-1.38075	1.906470563
2072	0.56851300000	0.68224400000	-0.11373	0.01293474	4466	7.00155000000	5.22844000000	1.77311	3.143919072
2073	0.92115900000	0.68271200000	0.23845	0.056856972	4467	4.06720000000	5.23331000000	-1.16611	1.359812532
2074	0.55989600000	0.68291200000	-0.12302	0.015132936	4468	5.74411000000	5.23511000000	0.50900	0.259081
2075	0.71929600000	0.68294400000	0.03633	0.001319506	4469	3.68611000000	5.23518000000	-1.54907	2.399617865
2076	0.65484600000	0.68305800000	-0.02821	0.000795917	4470	2.44733000000	5.23756000000	-2.79023	7.785383453
2077	0.54365600000	0.68362700000	-0.13997	0.019591881	4471	5.23466000000	5.24383000000	-0.00917	8.40889E-05
2078	0.59545700000	0.68377000000	-0.08831	0.00779186	4472	3.66303000000	5.24721000000	-1.58418	2.509626272
2079	0.63053100000	0.68387100000	-0.05334	0.002845156	4473	4.35049000000	5.25719000000	-0.90670	0.82210489
2080	0.42811200000	0.68413200000	-0.25602	0.06554624	4474	5.26858000000	5.26421000000	0.00437	1.90969E-05
2081	0.59533200000	0.68421300000	-0.08888	0.007899832	4475	4.61946000000	5.26763000000	-0.64817	0.420124349
2082	0.75816400000	0.68650400000	0.07166	0.005135156	4476	4.40609000000	5.27620000000	-0.86953	0.758828242
2083	0.48964400000	0.68675800000	-0.19711	0.038853929	4477	3.72665000000	5.27771000000	-1.55106	2.405787124
2084	0.75581200000	0.68802700000	0.06779	0.004594806	4478	3.80697000000	5.27817000000	-1.47120	2.16442944
2085	0.44368300000	0.68845700000	-0.24477	0.059914311	4479	4.45730000000	5.30991000000	-0.85261	0.726943812
2086	0.61874000000	0.68928900000	-0.07055	0.004977161	4480	2.54507000000	5.31168000000	-2.76661	7.654130892
2087	0.56420400000	0.68939000000	-0.12519	0.015671535	4481	6.67988000000	5.32383000000	1.35605	1.838871603
2088	0.47992400000	0.68985100000	-0.20993	0.044069345	4482	4.02360000000	5.33901000000	-1.31541	1.730303468
2089	0.37055700000	0.68986600000	-0.31931	0.010958237	4483	3.37457000000	5.34438000000	-1.96981	3.880151436
2090	0.73693900000	0.69000000000	0.04694	0.002203227	4484	5.07317000000	5.34549000000	-0.27232	0.074158182
2091	0.83037400000	0.69055900000	0.13982	0.019548234	4485	4.67744000000	5.35108000000	-0.67364	0.45379085
2092	0.56233500000	0.69143200000	-0.12910	0.016666035	4486	4.11706000000	5.35954000000	-1.24248	1.54375655
2093	0.56752600000	0.69145900000	-0.12393	0.015359388	4487	3.94445000000	5.37312000000	-1.42867	2.041097969
2094	0.45932300000	0.69166100000	-0.23234	0.053980946	4488	3.72590000000	5.37813000000	-1.65223	2.729863973
2095	0.56686800000	0.69169600000	-0.12483	0.01558203	4489	3.92467000000	5.38894000000	-1.46427	2.144086633
2096	0.80332300000	0.69349300000	0.10983	0.012062629	4490	5.21740000000	5.39083000000	-0.17343	0.030077965
2097	0.82112700000	0.69352700000	0.12760	0.01281176	4491	4.52772000000	5.39505000000	-0.86733	0.752612329
2098	0.79945300000	0.69390300000	0.10555	0.011140803	4492	4.54784000000	5.39720000000	-0.84936	0.72141241
2099	0.50561600000	0.69418900000	-0.18857	0.035559776	4493	3.82870000000	5.39768000000	-1.56898	2.45169824
2100	0.56049700000	0.69451300000	-0.13402	0.017960288	4494	3.94236000000	5.40405000000	-1.46169	2.136357656
2101	0.83574400000	0.69457800000	0.14117	0.01992784	4495	4.67553000000	5.40549000000	-0.72996	0.532841602
2102	1.28336000000	0.69459800000	0.58876	0.346640693	4496	4.20429000000	5.40787000000	-1.20358	1.448604816
2103	0.59047000000	0.69469500000	-0.10423	0.010862851	4497	4.17162000000	5.42381000000	-1.25219	1.567979796
2104	0.28812000000	0.69477200000	-0.40665	0.165365849	4498	4.75151000000	5.42858000000	-0.67707	0.458423785
2105	0.34282900000	0.69505900000	-0.35223	0.124065973	4499	7.03075000000	5.44153000000	1.58922	2.525620208
2106	0.71360300000	0.69553000000	0.01807	0.000326633	4500	4.62576000000	5.45201000000	-0.82625	0.682689063
2107	1.20429000000	0.69580000000	0.50849	0.25856208	4501	4.56154000000	5.47317000000	-0.91163	0.836092527
2108	0.39365100000	0.69605900000	-0.30241	0.091450598	4502	3.68555000000	5.47981000000	-1.79426	3.219368948
2109	0.58784400000	0.69669300000	-0.10909	0.011899755	4503	5.50192000000	5.48991000000	0.01201	0.00014424
2110	0.58073200000	0.69712400000	-0.11639	0.013547098	4504	2.82780000000	5.49127000000	-2.66347	7.094072441
2111	0.49025700000	0.69722300000	-0.20697	0.042834925	4505	0.96482400000	5.49775000000	-4.53293	20.54741812
2112	0.64504100000	0.69743300000	-0.05239	0.002744922	4506	4.61203000000	5.49963000000	-0.88760	0.78783376
2113	0.51665000000	0.69756300000	-0.18091	0.032729514	4507	3.42642000000	5.51655000000	-2.09013	4.368643417
2114	0.50986300000	0.69781200000	-0.18795	0.035324827	4508	3.33169000000	5.54575000000	-2.21406	4.902061684
2115	1.00701000000	0.69792900000	0.30908	0.095531065	4509	4.14548000000	5.55516000000	-1.40968	1.98719702
2116	0.23938300000	0.69796200000	-0.45858	0.210294699	4510	6.27513000000	5.56737000000	0.70776	0.500924218
2117	0.69528200000	0.69906000000	-0.00378	1.42733E-05	4511	4.12979000000	5.57740000000	-1.44761	2.095574712
2118	0.58502100000	0.69989800000	-0.11488	0.013196725	4512	4.85281000000	5.59917000000	-0.74636	0.20575325
2119	0.66958300000	0.70056800000	-0.03098	0.00906007	4513	4.86774000000	5.60577000000	-0.73803	0.544688281
2120	0.77358800000	0.70063300000	0.07296	0.00322432	4514	5.32612000000	5.60813000000	-0.28201	0.02952964
2121	0.58267700000	0.70068200000	-0.11801	0.01392518	4515	5.20192000000	5.61646000000	-0.41454	0.171843412
2122	0.56078400000	0.70097400000	-0.14019	0.019653236	4516	3.96733000000	5.62153000000	-1.65420	2.73637764
2123	0.70385800000	0.70113300000	0.00272	7.42562E-06	4517	4.04502000000	5.62363000000	-1.57861	2.492009532
2124	0.45209600000	0.70163000000	-0.24953	0.06267217	4518	5.43344000000	5.63237000000	-0.19893	0.039573145
2125	0.67172100000	0.70172900000	-0.03001	0.00900948	4519	3.79698000000	5.63755000000	-1.84	

2155	0.72660600000	0.71615700000	0.01045	0.000109182	4549	6.75036000000	6.02046000000	0.72990	0.53275401
2156	0.36006300000	0.71658600000	-0.35652	0.12710865	4550	4.76176000000	6.02134000000	-1.25958	1.586541776
2157	0.63037500000	0.71693500000	-0.08656	0.007492634	4551	4.13671000000	6.02285000000	-1.88614	3.55752241
2158	0.59159900000	0.71736500000	-0.12577	0.015817087	4552	4.57275000000	6.02352000000	-1.45077	2.104733593
2159	0.46821000000	0.71744400000	-0.24923	0.062115787	4553	5.19306000000	6.04460000000	-0.85154	0.725120372
2160	0.65055400000	0.71767600000	-0.06712	0.004505363	4554	3.47171000000	6.06114000000	-2.58943	6.705147725
2161	0.57671500000	0.71780700000	-0.14109	0.019906952	4555	5.14613000000	6.06750000000	-0.92137	0.848922677
2162	0.60421500000	0.71811900000	-0.11390	0.012974121	4556	5.37066000000	6.10859000000	-0.73793	0.544540685
2163	0.62460000000	0.71846400000	-0.09386	0.00881045	4557	4.69265000000	6.11266000000	-1.42001	2.0164284
2164	0.62224600000	0.71878500000	-0.09654	0.009319779	4558	4.41641000000	6.15224000000	-1.73583	3.031305789
2165	0.60666800000	0.71914900000	-0.11248	0.012651975	4559	1.87755000000	6.16153000000	-4.28398	18.35248464
2166	0.31176100000	0.71942300000	-0.40766	0.166188306	4560	5.15821000000	6.16218000000	-1.00397	1.007955761
2167	0.41029400000	0.72031300000	-0.31002	0.09611178	4561	3.27223700000	6.16300000000	-2.89063	8.355741797
2168	0.66516500000	0.72035900000	-0.05519	0.003046378	4562	2.09826000000	6.16630000000	-4.06804	16.54894944
2169	0.29685900000	0.72072600000	-0.42387	0.179663234	4563	5.15385000000	6.17145000000	-0.10760	1.03550976
2170	0.62478500000	0.72124700000	-0.09646	0.009304917	4564	5.58932000000	6.17543000000	-0.58611	0.343524932
2171	0.54769800000	0.72143400000	-0.17374	0.030184198	4565	8.00627700000	6.17819000000	1.82808	3.341876486
2172	0.35642300000	0.72174000000	-0.36532	0.13345651	4566	5.15654000000	6.17839000000	-1.02185	1.044177423
2173	0.69523800000	0.72276400000	-0.02753	0.000757681	4567	5.28142000000	6.17892000000	-0.89750	0.80530625
2174	0.59889300000	0.72309500000	-0.12420	0.015426137	4568	5.40926000000	6.19763000000	-0.78837	0.621527527
2175	0.54840600000	0.72322800000	-0.17482	0.030562732	4569	3.83919000000	6.19874000000	-2.35955	5.567476203
2176	0.60614400000	0.72373300000	-0.11759	0.013827173	4570	4.12993000000	6.20453000000	-0.27460	4.30396516
2177	0.61569700000	0.72380200000	-0.10811	0.011686691	4571	4.74859000000	6.20610000000	-1.45751	2.124354
2178	0.38510000000	0.72396100000	-0.33886	0.114826777	4572	3.04975000000	6.22115000000	-3.17140	10.05777796
2179	0.60162700000	0.72447700000	-0.12285	0.015092123	4573	4.41569000000	6.22498000000	-1.80929	3.273530304
2180	0.86127400000	0.72569900000	0.13558	0.018380581	4574	5.18811000000	6.23269000000	-1.04548	1.091147376
2181	0.58521600000	0.72616300000	-0.14095	0.019866057	4575	3.59835000000	6.24207000000	-2.64372	6.989255438
2182	0.39116300000	0.72743500000	-0.33627	0.113078858	4576	5.55402000000	6.25535000000	-0.70133	0.491863769
2183	0.56346400000	0.72744500000	-0.16398	0.026889768	4577	5.23975000000	6.32231000000	-1.08256	1.171936154
2184	0.24856800000	0.72745900000	-0.47889	0.22933659	4578	3.95443000000	6.33094000000	-2.37651	5.64779978
2185	0.60549200000	0.72755700000	-0.12207	0.014899864	4579	6.43886000000	6.34096000000	0.09790	0.009584441
2186	1.07121000000	0.72812900000	0.34308	0.117704573	4580	6.40786000000	6.34744000000	0.06042	0.003650576
2187	0.49839100000	0.72836500000	-0.22997	0.052888041	4581	5.54272000000	6.35055000000	-0.80783	0.652589309
2188	0.69956400000	0.72891100000	-0.02935	0.000861246	4582	5.62794000000	6.35791000000	-0.72997	0.532856201
2189	0.81591400000	0.72905800000	0.08686	0.007543565	4583	3.40412000000	6.36246000000	-2.95834	8.751175556
2190	0.77713400000	0.72917800000	0.04796	0.002299778	4584	5.49527000000	6.36445000000	-0.86918	0.475473872
2191	0.76842500000	0.72924500000	0.03918	0.001535072	4585	4.86302000000	6.43068000000	-1.56766	2.457557876
2192	0.37182000000	0.72972600000	-0.35791	0.128096705	4586	5.67926000000	6.44169000000	-0.76243	0.581299050
2193	0.51498800000	0.72983500000	-0.21485	0.046159233	4587	4.88137000000	6.44799000000	-1.56662	2.454298224
2194	0.59608400000	0.73014600000	-0.13406	0.01797262	4588	4.01377000000	6.44839000000	-2.43462	5.927374544
2195	0.67160900000	0.73014800000	-0.05854	0.003426815	4589	5.51000000000	6.45333000000	-0.94333	0.889871489
2196	0.31921200000	0.73028100000	-0.41107	0.168977723	4590	5.66815000000	6.46060000000	-0.79245	0.627977003
2197	0.55775300000	0.73115300000	-0.17340	0.03006756	4591	4.50169000000	6.46870000000	-1.96701	3.86912834
2198	0.55302400000	0.73179400000	-0.17877	0.031958713	4592	5.71666000000	6.48147000000	-0.76481	0.584934336
2199	0.67381700000	0.73191100000	-0.05809	0.003374913	4593	3.30528000000	6.48593000000	-3.18065	10.11653442
2200	0.54541700000	0.73213900000	-0.18672	0.034865105	4594	5.83861000000	6.49607000000	-0.65746	0.432253652
2201	0.54327500000	0.73255400000	-0.18928	0.03582654	4595	5.93560000000	6.50173000000	-0.56613	0.320503177
2202	0.62721000000	0.73259200000	-0.10538	0.011503366	4596	5.60030000000	6.51618000000	-0.91588	0.838836174
2203	0.59282000000	0.73290000000	-0.14008	0.019622406	4597	4.41767000000	6.52146000000	-2.10379	4.425293264
2204	0.59432400000	0.73378400000	-0.13946	0.019449092	4598	4.74691000000	6.53147000000	-1.78456	3.184654394
2205	0.63667300000	0.73464900000	-0.09798	0.005992977	4599	4.74120000000	6.53487000000	-1.79367	3.212752069
2206	0.47602100000	0.73474500000	-0.25872	0.066938108	4600	6.27103000000	6.54974000000	-0.27871	0.547769264
2207	0.81293700000	0.73476300000	0.07817	0.006111174	4601	3.92853000000	6.56072000000	-2.63219	6.928424196
2208	0.60505500000	0.73485800000	-0.12980	0.016848819	4602	6.08468000000	6.58718000000	-0.50250	0.25250625
2209	0.61334200000	0.73554600000	-0.12220	0.014933818	4603	5.48410000000	6.59102000000	-1.10692	1.225271886
2210	0.66117200000	0.73572700000	-0.07456	0.015854448	4604	5.89877000000	6.59195000000	-0.69318	0.480489512
2211	0.69757100000	0.73596800000	-0.03840	0.00147433	4605	5.49303000000	6.59648000000	-1.10345	1.217601903
2212	0.52043100000	0.73676500000	-0.21633	0.0468004	4606	5.83065000000	6.60780000000	-0.77715	0.603706213
2213	0.61672200000	0.73680200000	-0.12008	0.014419206	4607	6.56167000000	6.62279000000	-0.06112	0.003735654
2214	0.65065300000	0.73681900000	-0.08617	0.00742548	4608	4.25077000000	6.64068000000	-2.38991	5.711669808
2215	0.58158000000	0.73734200000	-0.15576	0.024261801	4609	5.82183000000	6.65505000000	-0.83322	0.694255568
2216	0.93446000000	0.73776600000	0.19669	0.03868853	4610	5.66342000000	6.67035000000	-1.00693	1.01380025
2217	0.72855300000	0.73798100000	-0.00943	8.88872E-05	4611	4.79223000000	6.67930000000	-1.88697	3.560655781
2218	0.31067600000	0.73860100000	-0.42793	0.183119806	4612	5.71516000000	6.69658000000	-0.98142	0.963185216
2219	0.37099700000	0.73887100000	-0.36787	0.13533128	4613	4.37300000000	6.70559000000	-2.33259	5.440976108
2220	0.46556100000	0.73937600000	-0.27382	0.074974654	4614	5.01064000000	6.71706000000	-1.70642	2.911869216
2221	0.52412800000	0.73946800000	-0.21534	0.046371316	4615	5.68372000000	6.72673000000	-1.04301	1.08769896
2222	0.87685800000	0.73955000000	0.13731	0.018853487	4616	6.18322000000	6.73244000000	-0.54922	0.301642608
2223	0.48115800000	0.74055000000	-0.25939	0.06728421	4617	4.70204000000	6.74112000000	-2.03908	4.157847246
2224	0.70233200000	0.74077400000	-0.03844	0.001477787	4618	6.06013000000	6.74400000000	-0.68387	0.467678177
2225	0.53059200000	0.74119500000	-0.21060	0.044353624	4619	3.42869000000	6.79181000000	-3.36312	11.31057613
2226	0.41840500000	0.74155700000	-0.32315	0.104427215	4620	4.24163000000	6.79594000000	-2.55431	6.524499576
2227	0.54789600000	0.74161500000	-0.19372	0.037527051	4621	5.84835000000	6.82048000000	-0.97213	0.945036737
2228	0.50785400000	0.74269800000	-0.23484	0.055151704	4622	5.69340000000	6.83219000000	-1.13879	1.296842664
2229	0.45649600000	0.74296000000	-0.28646	0.082061623	4623	6.79523000000	6.84374000000	-0.04851	0.25535322
2230	0.49619700000	0.74310700000	-0.24691	0.060964548	4624	5.84213000000	6.85218000000	-1.01005	1.020201003
2231	0.45185700000	0.74482600000	-0.29297	0.085830835	4625	6.01159000000	6.89764000000	-0.88605	0.7858464603
2232	1.17370000000	0.74522000000	0.42848	0.18359511	4626	6.07030000000	6.90196000000	-0.83166	0.691658356
2233	0.60103500000	0.74657000000	-0.14554	0.01280436	4627	6.00131000000	6.93284000000	-0.93153	0.867748141
2234	0.52754300000	0.74674900000	-0.21921	0.04805127	4628	4.27520000000	6.94915000000	-2.67395	7.150008603
2235	0.41237600000	0.74685300000	-0.33448	0.111874864	4629	5.61509000000	6.96881000000	-1.35372	1.832557838
2236	0.54356200000	0.74739200000	-0.20383	0.041546669	4630	5.87693000000	6.98546000000	-1.	

2266	1.0083200000	0.7593780000	0.24894	0.061972119	4660	6.0966000000	7.4268200000	-1.33022	1.769485248
2267	0.4738360000	0.7599190000	-0.28608	0.081843483	4661	5.5089400000	7.4533000000	-1.94436	3.78053581
2268	0.4108950000	0.7603050000	-0.34941	0.122087348	4662	6.2190900000	7.4564600000	-1.23737	1.531084517
2269	0.8509250000	0.7609290000	0.09000	0.00809928	4663	6.4791300000	7.4983000000	-1.01917	1.038707489
2270	0.6222030000	0.7616900000	-0.13949	0.019456623	4664	5.8143600000	7.5037100000	-1.68935	2.853903423
2271	0.5638840000	0.7621860000	-0.19830	0.039323683	4665	6.1623100000	7.5135900000	-1.35128	1.825957638
2272	0.5896740000	0.7628670000	-0.17319	0.029995815	4666	5.3617800000	7.5495600000	-2.18778	4.786381328
2273	1.5399000000	0.7633280000	0.77657	0.603064407	4667	3.6847400000	7.5597500000	-3.87501	15.0157025
2274	0.5033680000	0.7637700000	-0.26040	0.067809202	4668	7.6143100000	7.5618600000	0.05245	0.002751002
2275	0.5483020000	0.7650780000	-0.21678	0.046991834	4669	6.2062200000	7.5770100000	-1.37079	1.879065224
2276	1.0532400000	0.7651090000	0.28813	0.083019473	4670	6.6911100000	7.6104800000	-0.91937	8.845241197
2277	0.5888440000	0.7653680000	-0.17652	0.031160723	4671	6.6451600000	7.6215900000	-0.97643	0.953415545
2278	0.7876470000	0.7654840000	0.02216	0.000491199	4672	6.6619700000	7.6293200000	-0.96735	0.935766022
2279	0.5345930000	0.7659310000	-0.23134	0.05351727	4673	6.0209000000	7.6555800000	-1.63468	2.672178702
2280	0.1626120000	0.7659490000	-0.60334	0.364015536	4674	6.4598100000	7.6705300000	-1.21072	1.465842918
2281	0.7040830000	0.7689610000	-0.06488	0.004209155	4675	6.0581100000	7.6817200000	-1.62361	2.636109432
2282	0.7176480000	0.7694710000	-0.05182	0.002685623	4676	5.0060700000	7.7089100000	-2.70284	7.305344066
2283	1.1627000000	0.7698340000	0.39287	0.154343694	4677	6.8326600000	7.7417300000	-0.90907	8.826408265
2284	0.7672110000	0.7699580000	-0.00275	7.54601E-06	4678	6.4638900000	7.7582700000	-1.29438	1.675419584
2285	0.9384590000	0.7704390000	0.16802	0.02823072	4679	5.9313600000	7.7795600000	-1.84820	3.41584324
2286	0.8291050000	0.7719860000	0.05712	0.00326258	4680	6.2706500000	7.8072700000	-1.53662	2.361201024
2287	0.7766910000	0.7719980000	0.00469	2.20242E-05	4681	6.6269200000	7.8211900000	-1.19427	1.426280833
2288	0.6443420000	0.7722930000	-0.12795	0.016371458	4682	5.7815900000	7.8634400000	-2.08185	4.334099423
2289	1.2569100000	0.7730900000	0.48382	0.234081792	4683	6.1515600000	7.9505000000	-1.79894	3.236185124
2290	0.8960520000	0.7731420000	0.12291	0.015106868	4684	6.7761600000	7.9511700000	-1.17501	1.3806485
2291	0.3765020000	0.7732120000	-0.39671	0.157378824	4685	5.9537100000	7.9836400000	-0.20993	4.120615805
2292	0.8089120000	0.7734260000	0.03549	0.001259256	4686	5.7693200000	7.9866700000	-2.21735	4.916641023
2293	0.6298390000	0.7749140000	-0.14508	0.021046756	4687	6.3934800000	7.9962000000	-1.60272	2.568711398
2294	0.9855580000	0.7751170000	0.21044	0.042854144	4688	6.7709500000	8.0369000000	-1.26595	1.602629403
2295	0.5525800000	0.7751270000	-0.22255	0.049527167	4689	6.7067500000	8.0823600000	-1.37561	1.892302872
2296	0.5066760000	0.7755750000	-0.26890	0.072306672	4690	6.6589500000	8.0868100000	-1.42786	2.03878418
2297	0.4526400000	0.7758670000	-0.32323	0.104475694	4691	5.2545200000	8.1068800000	-2.85236	8.13595757
2298	0.5025560000	0.7759370000	-0.27338	0.074737171	4692	7.6220800000	8.1273400000	-0.50526	0.255287668
2299	0.7898650000	0.7761300000	0.01374	0.00018865	4693	6.3551900000	8.1327700000	-1.77758	3.159706056
2300	1.9551900000	0.7769830000	1.17821	1.388171735	4694	7.0185200000	8.1420900000	-1.12357	1.262049545
2301	0.5580570000	0.7770070000	-0.21895	0.047939103	4695	8.0357500000	8.1536800000	-0.11793	0.013907485
2302	0.6372510000	0.7777950000	-0.14054	0.019752616	4696	8.3013500000	8.1779500000	0.12340	0.01522756
2303	0.8009180000	0.7778860000	0.02303	0.000530473	4697	7.0630700000	8.1883300000	-1.12526	1.266210068
2304	0.3025230000	0.7788520000	-0.47633	0.226893166	4698	10.3990000000	8.2037200000	2.19528	4.819254278
2305	0.3518580000	0.7789060000	-0.42705	0.182369994	4699	6.2099200000	8.2039900000	-1.99407	3.976351565
2306	0.6783530000	0.7789450000	-0.10059	0.01011875	4700	1.8380300000	8.2042000000	-6.36617	40.52812047
2307	0.6142980000	0.7795590000	-0.16526	0.027311198	4701	7.0327100000	8.2174900000	-1.18478	1.403703648
2308	0.6163360000	0.7798410000	-0.16351	0.026733885	4702	8.3234700000	8.2405800000	0.08189	0.006705972
2309	0.8719480000	0.7800460000	0.09190	0.008445978	4703	7.1273800000	8.3226000000	-1.19522	1.428550848
2310	1.0860000000	0.7801650000	0.30584	0.093535047	4704	2.6983000000	8.3243100000	-5.62601	31.65198852
2311	0.6711380000	0.7802570000	-0.10912	0.011906956	4705	4.6715400000	8.3540100000	-3.68247	13.5605853
2312	0.2773610000	0.7818070000	-0.50415	0.254163189	4706	8.0023900000	8.4189000000	-0.41651	0.17348058
2313	0.4669810000	0.7816460000	-0.31467	0.099014062	4707	7.2734100000	8.4303000000	-1.15962	1.344718544
2314	1.6533900000	0.7828530000	0.87054	0.757834668	4708	7.6480000000	8.4428600000	-0.79486	0.63180242
2315	0.6402560000	0.7828790000	-0.14262	0.02034132	4709	7.1266800000	8.4564100000	-1.32973	1.768181873
2316	0.4879480000	0.7838820000	-0.29593	0.087576932	4710	10.0462000000	8.4902400000	1.55596	2.421011522
2317	0.4279260000	0.7843700000	-0.35644	0.127052325	4711	6.1585600000	8.5119600000	-2.35340	5.53849156
2318	0.5223800000	0.7865500000	-0.26417	0.069785789	4712	7.4393500000	8.5526400000	-1.11329	1.239414624
2319	0.8417140000	0.7867420000	0.05497	0.003021911	4713	7.1486600000	8.5710300000	-1.42237	2.032136417
2320	0.6546590000	0.7869560000	-0.13230	0.017502496	4714	6.0847200000	8.5777000000	-2.49298	6.21494928
2321	0.6699470000	0.7876200000	-0.11767	0.013846935	4715	9.7483000000	8.6092600000	-1.13904	1.297412122
2322	0.7786480000	0.7878600000	-0.00921	8.48609E-05	4716	7.1230000000	8.6419100000	-1.51891	2.307087588
2323	0.6793980000	0.7884790000	-0.10908	0.011898665	4717	3.4370300000	8.6538700000	-5.21684	27.21541959
2324	0.3470360000	0.7885550000	-0.44152	0.194939027	4718	4.2452600000	8.6622500000	-4.41699	19.50980066
2325	0.7046550000	0.7890820000	-0.08443	0.007127918	4719	7.4743800000	8.6899300000	-1.21555	1.477561803
2326	0.6483580000	0.7895800000	-0.14122	0.019943653	4720	6.0319500000	8.7187100000	-2.68676	7.218679298
2327	0.7959510000	0.7898350000	0.00612	3.74055E-05	4721	7.6217200000	8.7241600000	-1.10244	1.215373954
2328	0.6560320000	0.7909140000	-0.13488	0.018193154	4722	8.3526700000	8.7849000000	-0.43223	0.186822773
2329	0.8717550000	0.7912090000	0.08055	0.008487658	4723	6.8998000000	8.8105300000	-1.91055	3.650201303
2330	0.6644880000	0.7912960000	-0.12685	0.016090415	4724	6.6730600000	8.8508100000	-2.17775	4.742595062
2331	0.6119050000	0.7917220000	-0.17982	0.032334153	4725	7.5783800000	8.8840700000	-1.30569	1.704826376
2332	0.5876820000	0.7922770000	-0.20460	0.041859114	4726	7.1134800000	8.8966900000	-1.78321	3.179837904
2333	0.3719120000	0.7923800000	-0.43047	0.176793339	4727	6.8888000000	8.9456900000	-2.05689	4.230766472
2334	0.6362730000	0.7948100000	-0.15854	0.02513398	4728	5.0571000000	9.0069300000	-3.94983	15.60115703
2335	0.5543660000	0.7949710000	-0.24061	0.057890766	4729	7.5222100000	9.0386700000	-1.51646	2.299660932
2336	0.5972980000	0.7950260000	-0.19773	0.039096362	4730	10.2274000000	9.0431900000	-1.18421	1.402353324
2337	0.7601370000	0.7951920000	-0.03506	0.001238853	4731	8.0702200000	9.2707800000	-1.20056	1.441344314
2338	0.7688460000	0.7953710000	-0.02653	0.000703576	4732	9.4775300000	9.2733700000	0.20416	0.041681306
2339	0.9602220000	0.7955310000	0.16469	0.027123125	4733	11.4244000000	9.3009400000	2.12346	4.509082372
2340	0.6757840000	0.7965570000	-0.12077	0.014586118	4734	2.8284600000	9.3188800000	-6.49042	42.12555178
2341	0.5995570000	0.7976800000	-0.19812	0.039252723	4735	5.8615800000	9.4029300000	-3.54135	12.54115982
2342	0.6694800000	0.7982280000	-0.12875	0.016576048	4736	8.0512000000	9.4230500000	-1.37185	1.881972423
2343	0.8511870000	0.7983210000	0.05287	0.002794814	4737	9.2551800000	9.5930500000	-0.33787	0.114156137
2344	0.4943390000	0.7992840000	-0.30495	0.092991453	4738	7.9914500000	9.5933000000	-1.60185	2.569323423
2345	0.7081240000	0.7993170000	-0.09119	0.008316163	4739	8.3399100000	9.6018300000	-1.26192	1.592442086
2346	0.4948680000	0.7997910000	-0.30492	0.092978036	4740	7.5416400000	9.6139400000	-2.07230	4.29442729
2347	0.5781020000	0.8006270000	-0.22253	0.049517376	4741	7.6021900000	9.6189000000	-2.01671	4.067119224
2348	0.3153690000	0.8008340000	-0.48547	0.235676266	4742	5.5037000000	9.6640000000	-4.16030	17.30809609
2349	0.6687970000	0.8013330000	-0.13254	0.017565791	4743	6.3739300000	9.8031000000	-3.42917	11.759206

Annexes

2377	0.6866900000	0.8139380000	-0.12724	0.016189763	4771	9.5865000000	12.5989000000	-3.01240	9.07455376
2378	0.6792260000	0.8141130000	-0.13489	0.018194503	4772	10.7845000000	12.7136000000	-1.92910	3.72142681
2379	1.5324700000	0.8146450000	0.71783	0.515272731	4773	11.0424000000	12.8841000000	-1.84170	3.39185889
2380	0.6345420000	0.8166610000	-0.18212	0.03316733	4774	11.3281000000	13.0586000000	-1.73050	2.99463025
2381	0.6154980000	0.8170470000	-0.20155	0.040621999	4775	9.3134100000	13.0689000000	-3.75549	14.10370514
2382	0.6512160000	0.8177520000	-0.16654	0.027734239	4776	10.3108000000	13.3294000000	-3.01860	9.11194596
2383	0.6036100000	0.8202330000	-0.21662	0.046925524	4777	9.1488800000	13.8686000000	-4.71972	22.27575688
2384	0.8368890000	0.8203080000	0.01658	0.00027493	4778	9.4002800000	13.8751000000	-4.47482	20.02401403
2385	0.6351280000	0.8211460000	-0.18602	0.034602696	4779	11.6895000000	13.9065000000	-2.21700	4.915089
2386	0.6622600000	0.8213590000	-0.15910	0.025312492	4780	11.5680000000	14.3889000000	-2.82090	7.95747681
2387	1.0733700000	0.8214750000	0.25190	0.063451091	4781	12.5995000000	15.1170000000	-2.51750	6.33780625
2388	0.6096220000	0.8214780000	-0.21186	0.044882965	4782	9.4624000000	15.6522000000	-6.18980	38.31362404
2389	0.3783840000	0.8219570000	-0.44357	0.196757006	4783	12.8324000000	15.9123000000	-3.07990	9.48578401
2390	0.6743600000	0.8223140000	-0.14795	0.021890386	4784	13.5877000000	15.9453000000	-2.35760	5.55827776
2391	0.9098040000	0.8245080000	0.08530	0.007275408	4785	13.9809000000	16.2082000000	-2.22730	4.96086529
2392	0.6814210000	0.8248610000	-0.14344	0.020575034	4786	14.3394000000	16.4216000000	-2.08220	4.33555684
2393	0.4970630000	0.8250140000	-0.32795	0.107551858	4787	16.5802000000	17.4653000000	-0.88510	0.78340201
2394	1.0595200000	0.8252700000	0.23425	0.054873063	--	--	--	--	--

Annexe 14. Valorisation des résultats

Advances in Environmental Research, Vol. 9, No. 4 (2020) 251-273

DOI: <https://doi.org/10.12989/aer.2020.9.4.251>

251

Potential soil loss evaluation using the RUSLE/RUSLE-runoff models in Wadi Saida watershed (N-W Algeria)

Kessar Cherif^{*1,2}, Nasrallah Yahia^{1a} and Blissag Bilal^{2b}¹Laboratory of Biotoxicology, Pharmacognosia and Biological Valuation of Plants,
Department of Biology, Faculty of Science, University of Saida, Algeria²Algerian Space Agency, Space Techniques Center, Arzew, Algeria

(Received September 22, 2020, Revised November 17, 2020, Accepted November 29, 2020)

Abstract. Soil degradation has become a major worldwide environmental problem, particularly in arid and semi-arid climate zones due to irregular rainfall and the intensity of storms that frequently generate heavy flooding. The main objective of this study is the use of geographic information system and remote sensing techniques to quantify and to map the soil losses in the Wadi Saida watershed (624 km²) through the revised universal soil loss equation model and a proposed model based on the surface erosive runoff. The results analysis revealed that the Wadi Saida watershed showed moderate to moderately high soil loss, between 0 and 1000 t/km²/year. In the northern part of the basin in the region of Sidi Boubekeur and the mountains of Daia; which are characterized by steep slopes, values can reach up to 3000 t/km²/year. The two models in comparison showed a good correlation with $R = 0.95$ and $RMSE = 0.43$; the use of the erosive surface runoff parameter is effective to estimate the rate of soil loss in the watersheds. The problem of soil erosion requires serious interventions, particularly in basins with disturbances and aggressive climatic parameters. Good agricultural practices and forest preservation areas play an important role in soil conservation.

Keywords: RUSLE; RUSLE-runoff; soil loss; GIS; RS; Wadi Saida watershed

1. Introduction

The earthly system faces too many ecological problems that require real attention to ensure the future and sustainability of natural resources. One of the most important natural resources to preserve is the soil, which is an underestimated wealth. The accelerated loss of the arable layer due to the erosion of agricultural land has been recognized as a major threat to the world's soil resources. It is the principal cause of land degradation. Land degradation, loss of soil fertility and siltation of rivers are eco-environmental problems caused by soil erosion (Wang *et al.* 2018). Although, erosion is a physical process. Its global variability and frequency are taken into consideration where it influenced by other elements such as socio-economic, political and institutional factors (Morgan 2005). According to the report of status of the World's Soil

*Corresponding author, Ph.D. Student, E-mail: cherif.kessar@univ-saida.dz, cherifkessar@yahoo.fr

^aLecturer, E-mail: ynasrellah@yahoo.fr

^bResearcher, E-mail: bblissag@cts.asal.dz



Erosion potential model-based ANN-MLP for the spatiotemporal modeling of soil erosion in wadi Saida watershed

Kessar Cherif^{1,2} · Nasrallah Yahia¹ · Beldjilali Bilal² · Blissag Bilal²Received: 2 October 2022 / Accepted: 23 December 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG 2023

Abstract

Soil erosion is currently one of the most discussed natural resource degradation phenomena in the world. The depletion of fertile soils and the degradation of terrestrial ecosystems are among the most fatal consequences of soil erosion. The severity of soil erosion results mainly from the dynamics of land use/land cover, hydro-climatic disturbances, and anthropogenic activities. This study aims to quantify and predict soil erosion and sediment yield in the wadi Saida watershed, NW of Algeria (642 km²). To estimate the erosion amount and the sediments yield for 2010, 2015, and 2020 with a projected perspective to 2025, we used the EPM model (Erosion Potential Model) in association with artificial neural networks based on multilayer perceptron (ANN-MLP) according to two approaches, one based on the LULC producing the EPM_{LULC} model and the second based on the spatial distribution of normalized difference vegetation index NDVI producing the EPM_{NDVI} model. The land use/land cover mapping of the watershed was carried out on a multi-temporal aspect using the MLH classification of Landsat products. Artificial Neural Networks by Cellular Automata (ANN-CA) was used to generate the projected map of LULC for 2025. The results show that in the learning, validation, and test phases, the model based on the NDVI presents excellent behavior ($r=0.98$, RMSE = 20.17 m³/km²/year) for the three stages, while the model based on LULC shows quite a lower correlation and slightly bigger error than the previous model ($r=0.85$, RMSE = 64.1 m³/km²/year). At the prediction stage, the model EPM_{NDVI} presents less root mean square error between the calculated and estimated values than the RMSE from the model EPM_{LULC}, with 48.45 m³/km²/year of difference between the two models.

Keywords LULC · Soil erosion · Sediment yield · ANN-MLP · RS-GIS

Introduction

Soil is a shallow zone of mixed mineral and organic materials with one or more strata that differ in shape, particle size, chemical content and biological characteristics from

the underlying regolith (Butzer 1974). Representing the largest carbon deposits on earth, soils are the essential support ensuring the different exchange operations in the biosphere. Among the issues of the environment that are exponentially increasing worldwide is soil degradation by erosion (Angima et al. 2003; Sahaar 2013; Nasir and Selvakumar 2018; Bhattacharya et al. 2020; Shmilovitz et al. 2021). Water erosion is the world's most significant land degradation problem (Eswaran et al. 2001; Vrieling 2006). Some authors have mentioned its impact on agriculture, soil productivity and food security (Pimentel et al. 1995; Crosson 1997; Lomborg 2001; Lal 2003). Its environmental impact implies indirect damage to the global economy (agricultural production), infrastructure and water quality. As the main threat to soil conservation, accurate information on the spatial distribution of erosion potential is essential to address this problem in an amplitude needed to achieve the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) (Panagos and Katsoyianis 2019; Montanarella and Panagos 2021; Matthews et al.

✉ Kessar Cherif
ckessar@cts.asal.dz
Nasrallah Yahia
ynasrellah@yahoo.fr
Beldjilali Bilal
bbeldjilali@cts.asal.dz
Blissag Bilal
bblissag@cts.asal.dz

¹ Laboratory of Biotoxicology, Pharmacognosy and Biological Valuation of Plants, Department of Biology, Faculty of Science, University of Saida, Saida, Algeria

² Agence Spatiale Algérienne, Centre Des Techniques Spatiales, Arzew, Algérie