

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent



Institut de Technologie
Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement
Laboratoire de Recherche :
Hydrologie appliquée et Environnement



THESE

Présentée pour l'obtention du **diplôme de DOCTORAT 3^{eme} Cycle**

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Science de l'eau

Par : BENSELAMA Oussama

Intitulé de la thèse

Etude des processus d'érosion hydrique et analyse des facteurs de risque dans le bassin versant de l'Oued El Maleh, Nord – Ouest Algérien

Soutenue publiquement, le / / , devant le jury composé de :

BELARBI Lahcène	Pr	Président	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib / Ain Témouchent
BOUTAGHANE Hamouda	Pr	Examineur	Université Badji Mokhtar / Annaba
HABI Mohamed	Dr	Examineur	Université Abou Bekr Belkdaïd / Tlemcen
MAZOUR Mohamed	Pr	Directeur de thèse	Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib / Ain Témouchent
HASBAIA Mahmoud	Pr	Co - directeur de thèse	Université de M'sila

Année Universitaire : 2018/2019

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent



Institut de Technologie
Département de Génie de l'Eau et de
l'Environnement
Laboratoire de Recherche :
Hydrologie appliquée et Environnement



RESUME DE THESE

Oussama BENSELAMA

Etude des processus d'érosion dans le bassin versant d'OUED EL MALEH D'AIN TEMOUCHENT et l'analyse des facteurs de risque

Introduction générale

L'érosion du sol reste encore le plus grand problème de l'environnement au niveau mondial. Plus de 65% des sols sur la terre sont confrontés aux phénomènes de dégradation des sols parmi lesquels l'érosion et la désertification. En Europe, environ 12% des sols sont en cours d'être menacés par l'érosion hydrique. Elle existe également sur 95 millions d'hectares de terres en Amérique du Nord et 500 millions d'hectares en Afrique (Xinhua, 2002).

Pour l'environnement Méditerranéen, plusieurs zones sont touchées par une érosion accélérée, largement favorisée par les contextes géologiques et climatiques particulier et par les utilisations anthropiques des sols (Aucelli et al., 2004; 2012; 2014).

La région Nord-Africaine qui est sous un climat Méditerranéen est soumise à une dynamique érosive très importante. En Algérie, Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares (Chebbani et al. 1999). Le nord-ouest est le plus érodé, avec 47% de la superficie totale, le taux d'envasement des barrages est d'environ 15% (Achite et Ouillon, 2007).

Chapitre 1 : Présentation et étude morphométrique du bassin versant

1.1 Présentation du bassin versant de l'Oued El Maleh

Le bassin versant de l'Oued El Maleh se situe exactement dans le côtier oranais centre, dans la partie nord-ouest du territoire national, abritant le chef-lieu de la wilaya d'Aïn Témouchent et ses daïras limitrophes (Terga, El Malah...), il s'étale sur une superficie de 932,5 km². Il est caractérisé par un climat Méditerranéen semi-aride avec des influences chaudes du sahara au sud et fraîches au nord et de l'est.

1.2 Méthodologie, données et matériels utilisés

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé un modèle numérique d'élévation ASTER GDEM, téléchargé à partir de la plateforme Earth Explorer prise en 2018, leur utilisation est nécessaire pour élaborer toute une étude morphométrique.

L'intérêt d'un MNT est de délimiter le bassin d'étude et l'extraction automatique des paramètres caractérisant le relief. Dans ce cas, l'utilisation des logiciels ArcGis 10.3 est très nécessaire pour développer cette démarche.

1.3 Résultats et discussion

L'utilisation de différents paramètres et des indices de la morphométrie d'un bassin versant présente un résultat très indispensable, et ce afin de caractériser l'environnement physique et l'influence sur l'écoulement superficiel. Nous avons utilisé des techniques automatiques qui facilitent l'extraction de ces indices.

Le bassin versant de l'Oued El Maleh présente une forme allongée ($K_c = 1,78$), un bassin en état de maturité, un relief faible, le réseau hydrographique présente une hiérarchisation moyenne, une formation dans son ensemble perméable ainsi qu'un temps de concentration de ruissellement faible ($T_c = 16,59$ h), ces caractéristiques favorisent ainsi aux eaux superficielles le temps de s'infiltrer.

Les faibles densités de drainage et hydrographique ($D_d = 1.18$ km/km², $F = 2.22$ km⁻²) montrent que le bassin d'étude présente une région à substratum perméable, à couvert végétal important et à relief peu accidenté.

En ce qui concerne les caractéristiques des altitudes, Elles sont obtenues directement à partir d'un MNT et la courbe hypsométrique, l'altitude maximale est de 808m, tandis que l'altitude minimale est de 0m qui est l'exutoire, l'altitude moyenne est de l'ordre de 283m, et en fin l'altitude médiane est d'environ 244m.

Chapitre 2 : Inventaire et traitement des données pluviométriques

2.1 Inventaire des données disponibles

Le bassin versant de l'Oued El Maleh possède un réseau pluviométrique relativement dense, que ce soit à l'intérieur du bassin versant ou à proximité, soit 14 stations pluviométriques.

La plupart des stations ont des périodes d'observation différente, qui ont un nombre important de lacunes à l'échelle journalière surtout, mensuelle, et annuelle.

2.2 Comblement des lacunes

2.2.1 Calcul de la moyenne mensuelle interannuelle

Les données mensuelles se présentent sous forme d'une matrice à n lignes représentant les années et p colonnes représentant les mois, malheureusement, cette matrice peut contenir des vides correspondant aux lacunes d'observations.

lorsque la matrice comporte peu de valeurs manquantes (moins de 15%), le comblement de ces lacunes par la méthode de la moyenne mensuelle interannuelle est approprié.

2.2.2 Méthodes de la régression linéaire simple

Toutes les séries pluviométriques des différentes stations présentent des lacunes à l'échelle annuelle, Pour combler ces lacunes de ces stations ayant des séries de pluies discontinues, nous avons procédé à la méthode de régression linéaire.

2.3 Stations retenues après traitement

Sur la base de ces critères, et sur la base du besoin de ces données pour les utiliser dans les autres chapitre pour calculer l'érosivité R, toutes les stations pluviométriques ont été retenues malgré la discontinuité des années d'observation et les lacunes qu'elles contiennent.

Chapitre 3 : Modélisation du transport solide a différentes échelles

3.1 Présentation des données de la station hydrométrique

Le bassin versant de l'Oued El Maleh est contrôlé par une station hydrométrique installée à l'exutoire dite Turgot Nord, ces données sont au nombre de 2017, couvrent une période de 17 ans de 1981 à 1998, à l'exception de l'année 1982, marquée par l'absence de données.

3.2 Résultats et discussion

- la relation obtenue explique plus de 74% de la variance du transport sédimentaire.
- l'érosion spécifique moyenne du sol est d'environ $294,29 \cdot 10^3 \text{ kg/km}^2/\text{an}$.
- Des enquêtes antérieures rapportées dans les bassins versants côtiers affectés par le climat Méditerranéen, dans le bassin nord-est de l'Oued Mellahla valeur spécifique de l'érosion du sol de $373 \cdot 10^3 \text{ kg/km}^2/\text{an}$ (Hallouz et al., 2017). De même, des valeurs de $212 \cdot 10^3 \text{ kg/km}^2/\text{an}$ et de $211 \cdot 10^3 \text{ kg/km}^2/\text{an}$ ont été obtenues au nord-ouest de l'Oued Haddad et à Oued Mina respectivement (Khanchoul et Jansson, 2008; Achite et Meddi, 2004).

3.2.1 Variabilité à l'échelle des crues

- La courbe de transport des sédiments des crues explique plus de 76%.
- le transport se produit souvent lors d'évènements extrêmes et que les crues sont responsables en grande partie du transport.
- Plus de 80%, 82% et 92% des apports solide sont enregistrés de 1985, 1986 et 1988 respectivement. Une seule crue a généré plus 92,95% de transport de sédiment notée en Janvier 1988 à titre de comparaison, dans le bassin versant du Haut Tafna (nord-ouest de Algérien), une crue a généré plus de 93% de la charge annuelle en suspension (Megnounif et al.2003). À Oued Sikkak, une crue de Mars 1973 avec un débit d'eau de $176 \text{ m}^3/\text{s}$ a drainé 70% de la production annuelle totale d'eau.

3.2.2 Variabilité à l'échelle mensuelle

- Les résultats montrent également que plus de 84% de la charge sédimentaire annuelle est observée en seulement cinq mois : Septembre (16,07%), Novembre (13,11%), Janvier (28,66%), Février (12,91%) et en Mars (13,75%).), ce qui explique que l'intensité des précipitations précoces en Automne et celles en Hiver sont responsables de la majeure partie du transport des sédiments dans ce bassin.
- Il est noté que le mois de Janvier reste le plus élevé a cause du forte crue enregistré en ce mois (1988).

3.2.3 Variabilité à l'échelle saisonnière

- Les concentrations des sédiments en suspension ont tendance à être plus élevées en Hiver (45,41%) qu'en Automne (33,26%), au Printemps (20,79%) et en été (0,54%).
- La grande partie du transport des sédiments, soit 45,41% de la charge en sédiments, est donc transportée en Hiver, cela peut expliquer que la variabilité temporelle dépend de la contribution des

crues à l'activité sédimentaire. On note que pendant la saison Hivernale, trois crues (Février 1986, Janvier 1988 et Décembre 1997) ont généré plus de (82%, 92%, 38%) respectivement. -- - Nous avons également observé que la saison des pluies (humide) est responsable de plus de 78% de la dégradation des sols. Le rendement en sédiments en saison humide peut être plus de 4 fois supérieur à celui de la saison sèche.

3.2.4 Variabilité à l'échelle annuelle

- La charge sédimentaire varie considérablement d'une année à l'autre, les résultats montrent une large plage de valeurs, 0,46 103 kg/km²/an (1998) à 1236,94 103 kg/km²/an (1995).
- La valeur la plus élevée pour un apport en eau est observée en 1992 par 5144 millions de m³, associée à un transport de 200 millions de kg de sédiments et une perte de sol d'environ 214,58 103 kg/km²/an, tandis que la valeur basse est enregistrée en 1998 et représente 72000 m³ d'eau et 500000 kg de sédiment, ce qui équivaut à 0,54 103 kg/km²/an d'érosion hydrique
- En Algérie, les taux de perte de sol sont variables, cette disparité est due à la différence de lithologie, de couverture végétale, de pente et de taille des bassins versants (Walling, 1984).

3.3 Conclusion

- La grande partie du transport des sédiments en suspension a lieu pendant les crues, (92%) est observé dans un seul événement extrême, le cas de la crue de Janvier 1988.
- Sur la base mensuelle, l'activité sédimentaire la plus importante est enregistrée en Janvier avec plus de 28%, le transport de sédiments au cours de ce mois restant le plus élevé, nettement supérieur aux autres mois.
- À l'échelle saisonnière, la charge de sédiments en suspension est transportée en hiver et en automne, lors des crues de forte intensité, l'hiver assure près de la moitié de la dégradation totale du sol avec 45,41%.

Chapitre 4 : Modélisation et distribution spatiale de l'érosion hydrique à l'aide de *RUSLE* sous les SIG et télédétection

4.1 L'équation universelle révisée du perte du sol *RUSLE*

L'érosion du sol est estimée en utilisant l'équation empirique suivante :

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Où :

- A : Perte moyenne en sol (annuelle) ;
- R : Facteur d'érosivité des précipitations ;
- K : Facteur d'érodibilité du sol ;
- L : Indice de pente ;
- S : Facteur de longueur de pente ;
- C : Facteur d'exploitation du couvert ;
- P : Pratiques anti-érosives.

4.2 Résultats et discussion

4.2.1 Indice d'érosivité des précipitations (R)

L'érosivité des précipitations R une moyenne à long terme de l'énergie cinétique. Ce facteur est obtenu à partir de l'énergie cinétique des gouttes de pluie E dans un intervalle de temps court, c'est-à-dire 30 min, représenté par la formule suivante

$$R = MEc I_{30}$$

Malheureusement, cette équation n'est pas applicable en raison du manque de données sur l'intensité des précipitations. Pour cela, on a préféré utiliser la formule suivante basée sur les précipitations mensuelles et annuelles.

$$\log R = 1,74 \log \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} + 1,29$$

- Les valeurs de R varient entre 72,11 et 109,43 MJ.mm/ha.h.an avec une moyenne de 99,28 MJ.mm / ha.h.a.
- Les valeurs de R les plus basses présentées par la classe (72,11 à 93,33 MJ.mm/ha.h.an), avec plus de 15%, se concentrent principalement au nord-est
- Les valeurs les plus élevées dépassant 100,8 MJ.mm/ha.h.an se concentrent au centre
- La principale classe de distribution des valeurs de R entre 93,33 et 109,43 représente 84% de la surface totale.

4.2.2 Erodibilité du sol (K)

Le facteur d'érodibilité du sol K est un paramètre de risque qui affecte les processus d'érosion en mesurant la contribution du sol (Kumar et Gupta 2016). Ce facteur a été déterminé à partir de la carte mondiale des sols HWSD réalisé par la FAO, cette dernière fournit de nombreuses informations sur les paramètres des sols dans le monde entier, c'est une base de données contient des unités différentes de cartographie des sols qui combine les mises à jour régionales et nationales existantes des informations sur les sols.

$$K = E_{sand} \cdot E_s \cdot E_{Oc} \cdot E_{topsand}$$

La zone de forte érodabilité représente 37,33% de la superficie totale du bassin versant et est située au sud du bassin. Ce taux élevé est due à la nature grossière des sols qui favorisent l'infiltration, la valeur moyenne de K est de l'ordre de 0,0191. Il varie entre 0,0151 à 0,0226 comme le montre la carte.

4.2.3 Occupation du sol (C)

Les valeurs de ce paramètre sont estimées à l'aide de NDVI. Ce dernier est une formule mathématique exprimant la différence entre la réflectance dans la portion bande rouge (R) et la bande infrarouge proche (NIB) du spectre électromagnétique. Cet indice est lié à la nature de la végétation et à son pourcentage. Cet indicateur de télédétection a été calculé à partir d'une combinaison de Landsat TM8 de 2018 avec une résolution de 30 m. La formule utilisée est :

$$NDVI = \frac{NIB - R}{NIB + R}$$

Plusieurs auteurs (Gitas et al. 2009; Toumi et al. 2013; Djoukbal et al. 2018) ont utilisé cette équation pour calculer le paramètre C à partir de NDVI:

$$C = 0,9167 - 1,1667 \times NDVI$$

Les valeurs varient de 0,283 à 0,916. Plus de 84% de la surface du bassin est caractérisée par des valeurs de facteur C supérieures à 0,64, observées dans le sud. Ces zones sont des îles de sols nus ou en jachère. Toutefois, des valeurs allant de 0,28 à 0,64, représentant plus de 16% de la surface totale, sont généralement attribuées aux superficies couvertes de cultures céréalières et fourragères. Plus la valeur de C est élevée, plus le sol est moins protégé.

4.2.4 Facteur topographique (LS)

Plus la pente est haute, plus le ruissellement érodera le sol. Pour cette raison, un modèle numérique d'élévation DEM de cette zone est obtenue à partir du modèle altimétrique numérique global du radiomètre à émetteur et réflecteur thermique spatial ASTER GDEM). Téléchargé en 2018, nous avons utilisé la formule développée par (Wischmeier et Smith 1978) et également utilisé par de nombreux auteurs (Vezena et al. 2006; Khosrowpanah et al. 2007; Toumi et al. 2013; Djoukbal et al. 2018).

$$LS = \left(\frac{L}{22,13} \right)^A (0,06G + 0,045G + 0,065G^2)$$

- Ce facteur de risque a une valeur moyenne de 5,38 avec une variabilité allant de 0 à 42,5.
- Les valeurs inférieures à 6 occupent 62,51% de la surface du bassin versant de l'Oued El Maleh, ce qui correspond aux zones basses.
- Les valeurs supérieures à 6 (37,49%) indiquent un terrain accidenté avec des pentes abruptes. Plus ce facteur est élevé, plus le bassin versant est érodé.

4.2.5 Facteur de pratique de soutien à la conservation des sols (P)

Dans l'ensemble du bassin versant de l'Oued El Maleh, il n'y a pas de structures de conservation importantes et les agriculteurs n'utilisent pas de pratiques de conservation des sols. Les cultures sont principalement des céréales et les labours sont rarement parallèles aux courbes de niveau. Le facteur de conservation du sol P varie de 0 pour les bonnes pratiques anti-érosives à 1 pour les mauvaises pratiques (Ganasri et Ramesh 2016). Dans cette situation particulière, la valeur 1 est affectée au facteur P dans toute la zone du bassin versant.

4.2.6 Carte des risques potentiels d'érosion (A)

- La superposition multiplicative des quatre couches thématiques génère la carte d'érosion du sol au format Raster, exprimant le potentiel d'érosion en t/ha/an et par unité spatiale. La carte obtenue montre que les taux d'érosion couvrent une large gamme de valeurs. Ils varient de 0 à 754 t/ha/an sur l'ensemble de la zone d'étude, avec une moyenne d'environ 9 t/ha/an.
- Près de la moitié du bassin versant de l'Oued El Maleh présente une faible érosion hydrique (entre 0 et 4 t/ha/an), ce qui représente 42,8% de la surface du bassin, principalement concentrée dans le nord du. Alors que plus de 55% de la surface totale présente une érosion hydrique importante et que le sol est moins protégé.
- Cette constatation est conforme à celle observée dans nombreux bassins versants de l'Algérie, notamment dans le nord-ouest, tels que ceux de l'Oued Mina à 11,2 t/ha/an, de l'Oued Boumahdane à 11,18 t/ha/an (Benchettouh et al. 2017; Bouguerra et al. 2017) respectivement.

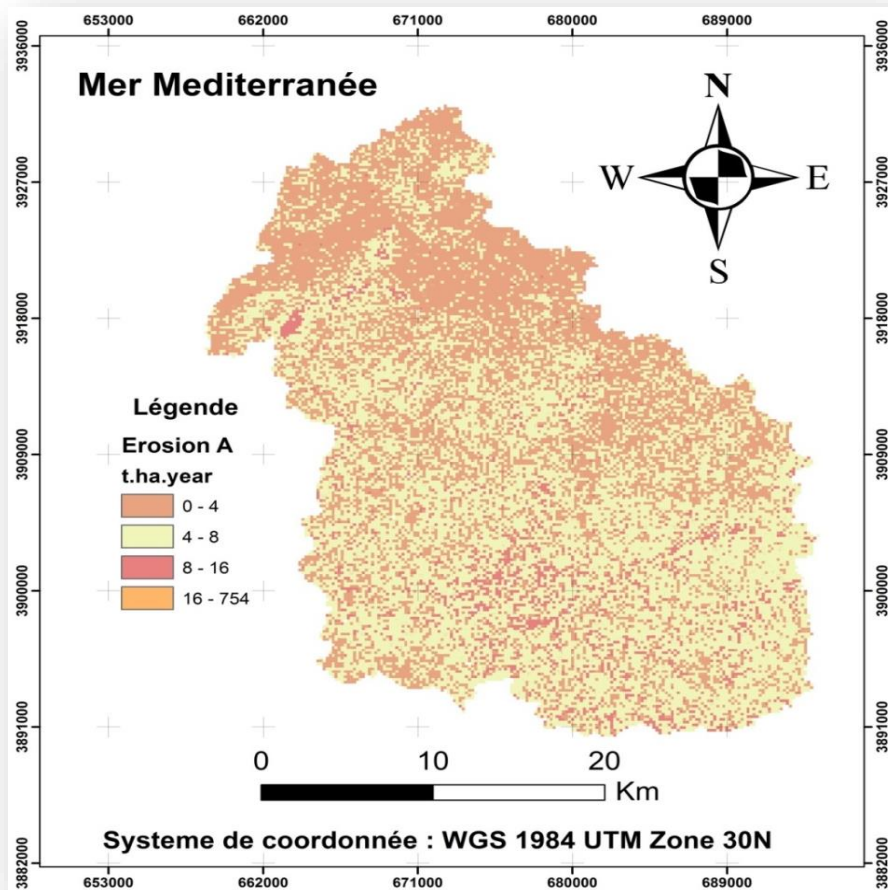


Figure : Carte finale de la perte du sol

4.3 Conclusion

- Il apparaît dans cette étude que l'érosion hydrique est omniprésente dans l'ensemble du bassin versant, avec un taux variable. L'érosion spécifique varie de 0 à 754 t/ha/an sur l'ensemble de la zone d'étude, avec une perte de sol moyenne annuelle d'environ 9 t/ha/an.

- On peut également observer que la perte de sol varie en fonction de l'érosivité des précipitations et de la densité de la végétation. Plus les valeurs d'érosivité R et l'occupation du sol C sont élevées, plus le sol est prédisposé à l'érosion hydrique.

- RUSLE est un modèle simple et pratique, il permet d'analyser de manière complète et systématique l'évolution de l'érosion des sols et constitue une base de référence pour la prévention des pertes de sols et d'eau, ainsi que de fournir des informations importantes pouvant aider les décideurs à élaborer des plans de conservation des sols et des eaux plus efficaces du bassin versant de l'Oued El Maleh.

Conclusion générale

- L'objectif de ce travail est l'utilisation de deux approches pour arriver dans un premier temps à évaluer la quantité des sédiments transportés au niveau d'Oued El Maleh, dans un deuxième temps, à cerner les paramètres responsables des différents processus de l'érosion hydrique dans le bassin versant et à quantifier les matériaux arrachés par l'érosion en nappe et comparer les

résultats de deux méthodes entre eux-mêmes, et entre les bassins versants voisins dans le même contexte du climat.

- Les résultats obtenus sur la zone d'étude donnent une perte en sol moyenne de 9 t/ha.an. Cette valeur correspond à une érosion modérée à faible due principalement aux faibles pentes et une dense végétation.

- Par ailleurs, quant au deuxième modèle, qui est la courbe du transport solide, l'étude est basée sur les données instantanées du débit d'eau QL et des concentrations de sédiments en suspension.

- Sur cette base, la valeur de la dégradation spécifique du sol a été estimée à 2.94 t/km²/an, l'activité sédimentaire se fait principalement lors des crues ou les mesures sont intensifiées toutes les heures, voire toutes 30 minutes et parfois 15 minutes.

- A partir de ces résultats, on peut conclure que, 32,6% des sédiments érodés sont transportées dans le cours d'eau principal, les deux autres tiers des sédiments érodés se déposent, particulièrement dans les plaines. Ces valeurs élevées des sédiments déposés sont principalement dues aux pentes relativement modérées et à la végétation dense.

Mots clés: sédiments en suspension; courbe d'évaluation des sédiments; l'érosion du sol; Oued El Maleh; RUSLE; L'érosion hydrique; bassin versant. Algérie.

General Introduction

Soil erosion is still the world's biggest environmental problem. Over 65% of the earth's soils are confronted with phenomena of soil degradation, including erosion and desertification. In Europe, around 12% of soils are being threatened by water erosion. It also exists on 95 million hectares of land in North America and 500 million hectares in Africa (Xinhua, 2002).

For the Mediterranean environment, several areas are affected by accelerated erosion, largely favored by the particular geological and climatic contexts and by anthropogenic land uses (Aucelli et al., 2004; 2012; 2014).

The North African region which is in a Mediterranean climate is subject to a very important erosive dynamic. In Algeria, it affects 45% of Tellian areas, ie 12 million hectares (Chebbani et al. 1999). The north-west is the most eroded, with 47% of the total area, the rate of siltation of dams is around 15% (Achite and Ouillon, 2007).

Chapter 1: Presentation and morphometric study of the watershed

1.1 Presentation of the Oued El Maleh watershed

The watershed of the Oued El Maleh is located exactly in the central Oran coast, in the northwestern part of the national territory, sheltering the capital of the wilaya of Aïn Témouchent and its neighboring daïras (Terga, El Malah. ..), it covers an area of 932.5 km². It is characterized by a semi-arid Mediterranean climate with warm influences from the Sahara in the south and cool in the north and east.

1.2 Methodology, data and materials used

As part of this study, we used an ASTER GDEM digital elevation model, downloaded from the Earth Explorer platform taken in 2018, their use is necessary to develop a whole morphometric study.

The interest of a DEM is to delimit the study basin and the automatic extraction of the parameters characterizing the relief. In this case, the use of ArcGis 10.3 software is very necessary to develop this approach.

1.3 Results and discussion

The use of different parameters and indices of morphometry of a watershed presents a very essential result, in order to characterize the physical environment and the influence on surface flow. We have used automatic techniques that make it easier to extract these clues.

The watershed of Oued El Maleh has an elongated shape ($K_c = 1.78$), a mature basin, low relief, the hydrographic network has an average hierarchy, an overall permeable formation as well as a low runoff concentration time ($T_c = 16.59$ h), these characteristics thus favor surface water time to infiltrate.

The low drainage and hydrographic densities ($D_d = 1.18$ km / km², $F = 2.22$ km⁻²) show that the study basin has a region with a permeable substratum, significant plant cover and low relief. Regarding the characteristics of the altitudes, They are obtained directly from a DEM and the hypsometric curve, the maximum altitude is 808m, while the minimum altitude is 0m which is the outlet, the altitude average is around 283m, and at the end the median altitude is around 244m.

Chapter 2: Inventory and processing of rainfall data

2.1 Inventory of available data

The Oued El Maleh watershed has a relatively dense pluviometric network, whether inside or near the watershed, ie 14 pluviometric stations.

Most of the stations have different observation periods, which have a significant number of gaps on the especially daily, monthly, and annual scale.

2.2 Filling in the gaps

2.2.1 Calculation of the monthly inter-annual average

Monthly data is in the form of an n-row matrix representing years and p columns representing months, unfortunately this matrix can contain gaps corresponding to the observation gaps.

when the matrix has few missing values (less than 15%), filling these gaps using the monthly interannual mean method is appropriate.

2.2.2 Simple linear regression methods

All the pluviometric series of the different stations have gaps on an annual scale. To fill these gaps in these stations with discontinuous rainfall series, we have carried out the linear regression method.

2.3 Stations retained after treatment

On the basis of these criteria, and on the basis of the need for these data to be used in the other chapters to calculate the erosivity R, all the rainfall stations were retained despite the discontinuity of the years of observation and the gaps that they contain.

Chapter 3: Modeling of solid transport at different time scales

3.1 Presentation of hydrometric station data

The Oued El Maleh watershed is controlled by a hydrometric station installed at the so-called Turgot Nord outlet, these data are in 2017, cover a period of 17 years from 1981 to 1998, with the exception of the year 1982, marked by the absence of data.

3.2 Results and discussion

- The relation obtained explains more than 74% of the variance of sediment transport.

- The average specific erosion of the soil is approximately 294.29 103 kg / km² / year.
- Previous surveys reported in coastal watersheds affected by the Mediterranean climate, in the northeastern basin of the Oued Mellah, the specific value of soil erosion of 373,103 kg / km² / year (Hallouz et al., 2017). Likewise, values of 212,103 kg / km² / year and 211,103 kg / km² / year were obtained in the north-west of Oued Haddad and Oued Mina respectively (Khanchoul and Jansson, 2008; Achite and Meddi, 2004).

3.2.1 Variability at the flood scale

- The flood sediment transport curve explains more than 76%.
- The sediment transport often occurs during extreme events and floods are largely responsible for transport.
- More than 80%, 82% and 92% of solid contributions are recorded from 1985, 1986 and 1988 respectively. A single flood generated more than 92.95% of sediment transport noted in January 1988 for comparison, in the Haut Tafna watershed (north-west of Algeria), a flood generated more than 93% of the annual load in suspension (Megnounif et al. 2003). In Oued Sikkak, a March 1973 flood with a water flow of 176 m³ / s drained 70% of the total annual water production.

3.2.2 Variability at the monthly scale

- The results also show that more than 84% of the annual sediment load is observed in just five months: September (16.07%), November (13.11%), January (28.66%), February (12, 91%) and in March (13.75%).), which explains why the intensity of early precipitation in Autumn and that in Winter is responsible for most of the sediment transport in this basin.
- It is noted that the month of January remains the highest because of the strong flood recorded in this month (1988).

3.2.3 Seasonal-scale variability

- The concentrations of suspended sediments tend to be higher in Winter (45.41%) than in Autumn (33.26%), Spring (20.79%) and summer (0.54%).
- Most of the sediment transport, ie 45.41% of the sediment load, is therefore transported in winter, which may explain that the temporal variability depends on the contribution of floods to sediment activity. We note that during the Winter season, three floods (February 1986, January 1988 and December 1997) generated more than (82%, 92%, 38%) respectively. - - We also observed that the rainy (wet) season is responsible for over 78% of soil degradation. The sediment yield in the wet season can be more than 4 times that in the dry season.

3.2.4 Annual variability

- The sediment load varies considerably from year to year, the results show a wide range of values, 0.46 103 kg / km² / year (1998) to 1236.94 103 kg / km² / year (1995).
- The highest value for a water supply is observed in 1992 by 5144 million m³, associated with a transport of 200 million kg of sediment and a soil loss about 214.58 103 kg / km² / year, while the low value is recorded in 1998 and represents 72,000 m³ of water and 500,000 kg of sediment, which is equivalent to 0.54 103 kg / km² / year of water erosion
- In Algeria, the soil loss rates are variable, this disparity is due to the difference in lithology, vegetation cover, slope and size of the watersheds (Walling, 1984).

3.3 Conclusion

- Most of the transport of suspended sediment takes place during floods, (92%) is observed in a single extreme event, the case of the January 1988 flood.
- On a monthly basis, the most significant sediment activity is recorded in January with more than 28%, the sediment transport during this month remaining the highest, significantly higher than the other months.
- On a seasonal scale, the suspended sediment load is transported in winter and in autumn, during high intensity floods, winter provides almost half of the total soil degradation with 45.41%.

Chapter 4: Modeling and spatial distribution of water erosion using RUSLE under GIS and remote sensing

4.1 The Revised Universal Equation for RUSLE Soil Loss

Soil erosion is estimated using the following empirical equation:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Or:

- A: Average soil loss (annual);
- R: Erosivity factor of precipitation;
- K: Soil erodibility factor;
- L: Slope index;
- S: Slope length factor;
- C: Cover exploitation factor;
- P: Anti-erosive practices.

4.2 Results and discussion

4.2.1 Precipitation erosivity index (R)

The erosivity of precipitation R is a long-term average of the kinetic energy. This factor is obtained from the kinetic energy of the raindrops E in a short time interval, i.e. 30 min, represented by the following formula

$$R = MEc I_{30}$$

Unfortunately, this equation is not applicable due to the lack of data on the intensity of precipitation. For this, we preferred to use the following formula based on monthly and annual precipitation.

$$\log R = 1,74 \log \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} + 1,29$$

- The values of R vary between 72.11 and 109.43 MJ.mm/ha.h.year with an average of 99.28 MJ.mm / ha.h.a.
- The lowest R values presented by the class (72.11 to 93.33 MJ.mm/ha.h.year), with more than 15%, are mainly concentrated in the northeast
- The highest values exceeding 100.8 MJ.mm/ha.h.year are concentrated in the center
- The main distribution class of R values between 93.33 and 109.43 represents 84% of the total surface.

4.2.2 Soil erodibility (K)

The soil erodibility factor K is a risk parameter that affects erosion processes by measuring the contribution of the soil (Kumar and Gupta 2016). This factor was determined from the HWSD world soil map produced by FAO, the latter provides a lot of information on soil parameters around the world, it is a database contains different units of soil mapping which combines existing regional and national updates of soil information.

$$K = E_{sand} \cdot E_S \cdot E_{Oc} \cdot E_{topsand}$$

The highly erodible zone represents 37.33% of the total area of the watershed and is located to the south of the basin. This high rate is due to the coarse nature of the soils which favor infiltration, the average value of K is of the order of 0.0191. It varies between 0.0151 to 0.0226 as shown on the map.

4.2.3 Land use (C)

The values of this parameter are estimated using NDVI. The latter is a mathematical formula expressing the difference between the reflectance in the red band portion (R) and the near infrared band (NIB) of the electromagnetic spectrum. This index is linked to the nature of the vegetation and its percentage. This remote sensing indicator was calculated from a combination of Landsat TM8 from 2018 with a resolution of 30 m. The formula used is:

$$\text{NDVI} = (\text{NIB} - \text{R}) / (\text{NIB} + \text{R})$$

Several authors (Gitas et al. 2009; Toumi et al. 2013; Djoukbala et al. 2018) have used this equation to calculate the parameter C from NDVI:

$$C = 0.9167 - 1.1667 \times \text{NDVI}$$

The values range from 0.283 to 0.916. Over 84% of the basin's surface is characterized by C factor values greater than 0.64, observed in the south. These areas are islands of bare or fallow soil. However, values ranging from 0.28 to 0.64, representing more than 16% of the total area, are generally attributed to areas covered by cereal and fodder crops. The higher the value of C, the less protected the soil is.

4.2.4 Topographic factor (LS)

The higher the slope, the more runoff will erode the soil. For this reason, a digital model of DEM elevation of this area is obtained from the global digital altimetric model of the radiometer with spatial thermal emitter and reflector ASTER GDEM). Downloaded in 2018, we used the formula developed by (Wischmeier and Smith 1978) and also used by many authors (Vezena et al. 2006; Khosrowpanah et al. 2007; Toumi et al. 2013; Djoukbala et al. 2018).

- This risk factor has an average value of 5.38 with a variability ranging from 0 to 42.5.
- Values below 6 occupy 62.51% of the surface area of the Oued El Maleh watershed, which corresponds to the low areas.
- Values greater than 6 (37.49%) indicate rough terrain with steep slopes. The higher this factor, the more the watershed is eroded.

4.2.5 Soil conservation support practice factor (P)

In the entire Oued El Maleh watershed, there are no significant conservation structures and farmers do not use soil conservation practices.

The crops are mainly cereals and the plows are rarely parallel to the contour lines. The soil conservation factor P varies from 0 for good anti-erosion practices to 1 for bad practices (Ganasri and Ramesh 2016). In this particular situation, the value 1 is assigned to the factor P throughout the area of the watershed.

4.2.6 Map of potential erosion risks (A)

- The multiplicative superposition of the four thematic layers generates the soil erosion map in Raster format, expressing the erosion potential in t / ha / year and per spatial unit.

The resulting map shows that the erosion rates cover a wide range of values. They vary from 0 to 754 t / ha / year over the entire study area, with an average of around 9 t / ha / year.

- Almost half of the Oued El Maleh watershed has low water erosion (between 0 and 4 t / ha / year), which represents 42.8% of the basin area, mainly concentrated in the north. While more than 55% of the total surface shows significant water erosion and the soil is less protected.

- This observation is in line with that observed in many watersheds of Algeria, especially in the north-west, such as those of Oued Mina at 11.2 t / ha / year, of Oued Boumahdane at 11, 18 t / ha / year (Benchettouh et al. 2017; Bouguerra et al. 2017) respectively.

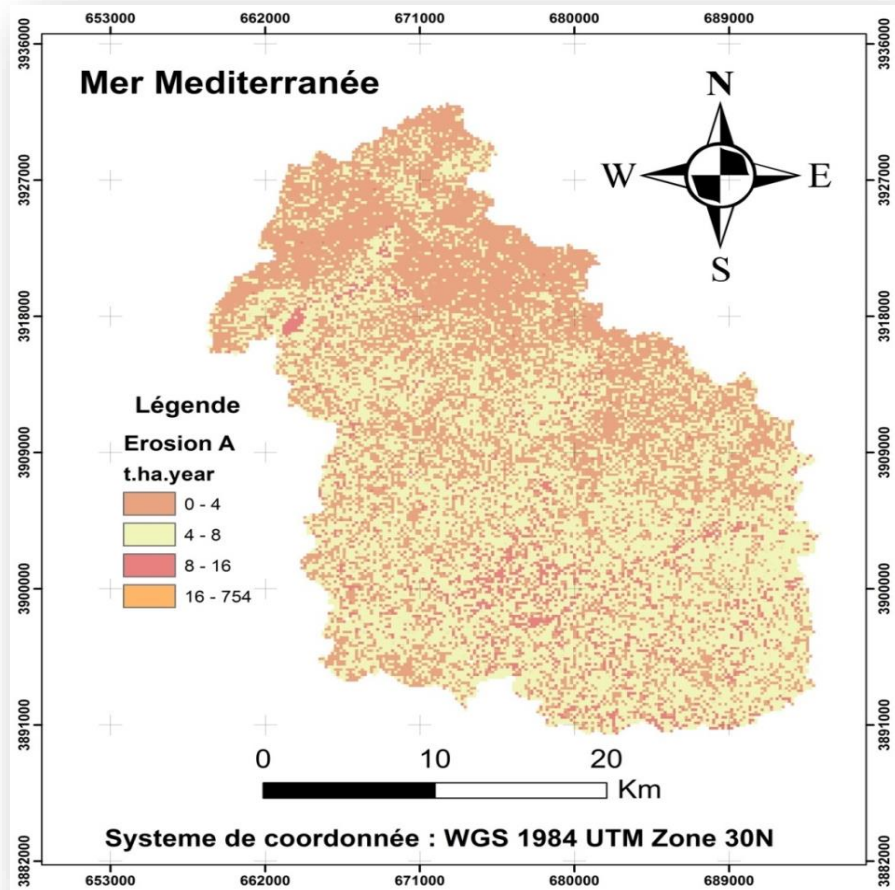


Figure: final map of soil loss of Oued El Maleh.

General conclusion

- The objective of this work is the use of two approaches to arrive firstly to evaluate the quantity of sediments transported to outlet of Oued El Maleh, secondly to identify the parameters responsible for the different processes of the 'water erosion in the watershed and to quantify the material removed by sheet erosion and compare the results of two methods among themselves, and between neighboring watersheds in the same climate context.

- The results obtained in the study area give an average soil loss of 9 t / ha.year. This value corresponds to moderate to low erosion mainly due to low slopes and dense vegetation.

- In addition, as for the second model, which is the solid transport curve, the study is based on instantaneous data of the water flow QL and the concentrations of suspended sediments.

- On this basis, the value of the specific degradation of the soil was estimated at 2.94 t / km² / year, the sediment activity occurs mainly during floods or the measurements are intensified every hour, even every 30 minutes and sometimes 15 minutes.

- From these results, it can be concluded that, 32.6% of the eroded sediments are transported in the main stream, the other two thirds of the eroded sediments are deposited, particularly in the plains. These high values of deposited sediments are mainly due to relatively moderate slopes and dense vegetation.

Keywords: Suspended Sediment; sediment rating curve; soil erosion; Oued El Maleh; RUSLE; Water erosion; Watershed; Algeria.

مقدمة عامة

لا يزال تآكل التربة أكبر مشكلة بيئية في العالم. تواجه أكثر من 65% من تربة الأرض ظواهر تدهور التربة، بما في ذلك التعرية والتصحر. في أوروبا، حوالي 12% من التربة مهددة بالتعرية المائية. كما توجد على 95 مليون هكتار من الأراضي في أمريكا الشمالية و500 مليون هكتار في إفريقيا بالنسبة لبيئة البحر الأبيض المتوسط، تتأثر العديد من المناطق بالتعرية المتسارعة، التي تفضلها إلى حد (Xinhua, 2002). (؛ 2012؛ 2014؛ 2004، Aucelli et al.) كبير السياقات الجيولوجية والمناخية واستخدامات الأرض البشرية المنشأ تخضع منطقة شمال إفريقيا، التي تتمتع بمناخ البحر الأبيض المتوسط، لديناميكيات تآكل كبيرة للغاية. في الجزائر، تؤثر على يعتبر الشمال الغربي الأكثر تعرضاً، حيث تبلغ (Chebani et al. 1999) 45% من مناطق تيليان، أي 12 مليون هكتار (Achite and Ouillon, 2007) مساحته 47% من إجمالي المساحة، ويبلغ معدل ترسب الطمي في السدود حوالي 15%.

الفصل الأول: عرض ودراسة شكلي لمتجمعات المياه

1.1 عرض لمستجمع مياه وادي المالح

يقع مستجمعات المياه في وادي المالح بالضبط في وسط ساحل وهران، في الجزء الشمالي الغربي من التراب الوطني، ويؤوي عاصمة ولاية عين تموشند والدورات المجاورة لها (ترجا، الملاح..). تبلغ مساحتها 932.5 كيلومتر مربع. يتميز بمناخ البحر الأبيض المتوسط شبه الجاف مع تأثيرات دافئة من الصحراء في الجنوب وبارد في الشمال والشرق.

1.2 المنهجية والبيانات والمواد المستخدمة

التي تم Earth Explorer، تم تنزيله من منصة ASTER GDEM كجزء من هذه الدراسة، استخدمنا نموذج ارتفاع رقمي التقاطها في عام 2018، واستخدامه ضروري لتطوير دراسة شكلية كاملة هو تحديد حوض الدراسة والاستخراج التلقائي للمعلومات التي تميز التضاريس. في هذه الحالة، يعد استخدام DEM الفائدة من ضرورياً جداً لتطوير هذا النهج 10.3 ArcGis برنامج

1.3 النتائج والمناقشة

يقدم استخدام معلومات ومؤشرات مختلفة لقياس الشكل لمستجمعات المياه نتيجة أساسية للغاية، من أجل وصف البيئة المادية والتأثير على تدفق السطح. استخدمنا تقنيات آلية تسهل استخراج هذه القرائن، وحوض ناضج، وتضاريس منخفضة، والشبكة ($Kc = 1.78$) مستجمعات المياه في واد المالح لها شكل ممدود ($Tc =$ الهيدرولوجرافية لها تسلسل هرمي متوسط، وتكوين شامل قابل للاختراق بالإضافة إلى وقت تركيز الجريان المنخفض، فإن هذه الخصائص تفضل وقت المياه السطحية للتسلل (ساعة 16.59 أن حوض الدراسة يحتوي ($F = 2.22 \text{ km}^2$ ، $Dd = 1.18 \text{ km} / \text{km}^2$) يُظهر الصرف المنخفض والكثافة الهيدرولوجرافية على منطقة ذات طبقة سفلية قابلة للاختراق وغطاء نباتي كبير وتضاريس منخفضة ومنحنى قياس الضغط، الحد الأقصى للارتفاع 808 DEM فيما يتعلق بخصائص الارتفاعات، يتم الحصول عليها مباشرة من م، بينما الحد الأدنى للارتفاع هو 0 م وهو المخرج، والارتفاع يبلغ المتوسط حوالي 283 متراً، وفي النهاية يبلغ متوسط الارتفاع حوالي 244 متراً

الفصل الثاني: حصر ومعالجة بيانات هطول الأمطار

2.1 جرد البيانات المتاحة

يحتوي مستجمعات المياه في واد المالح على شبكة بلوفيومترية كثيفة نسبياً، سواء داخل أو بالقرب من مستجمعات المياه، أي 14 محطة بلوفيومترية تحتوي معظم المحطات على فترات مراقبة مختلفة، والتي تحتوي على عدد كبير من الفجوات على النطاق اليومي والشهري والسنوي بشكل خاص

2.2 سد الثغرات

2.2.1 حساب المتوسط الشهري بين السنة تمثل n البيانات الشهرية في شكل مصفوفة من الصف تمثل شهراً، للأسف يمكن أن تحتوي هذه المصفوفة p سنوات وأعمدة

الثغرات المقابلة لثغرات المراقبة عندما تحتوي المصفوفة على عدد قليل من القيم المفقودة (أقل من 15٪) ، يكون ملء هذه الفجوات باستخدام طريقة المتوسط الشهري بين السنة مناسباً

2.2.2 طرق الانحدار الخطي البسيطة

جميع متسلسلة قياس الانحدار للمحطات المختلفة بها فجوات على مقياس سنوي ، ولملء هذه الفجوات في هذه المحطات بسلسلة هطول الأمطار المتقطعة ، استخدمنا طريقة الانحدار الخطي

المحطات المحتسبة بعد العلاج

، تم الاحتفاظ R على أساس هذه المعايير ، وعلى أساس الحاجة إلى استخدام هذه البيانات في الفصول الأخرى لحساب التآكل بجميع محطات هطول الأمطار على الرغم من انقطاع سنوات المراقبة والفجوات التي انهم يحتون

الفصل 3: نمذجة النقل الصلب في نطاقات زمنية مختلفة

عرض بيانات المحطة الهيدرومترية 3.1

، وهذه Turgot Nord يتم التحكم في مستجمعات المياه في واد المالح بواسطة محطة قياس هيدرومترية مثبتة في ما يسمى منفذ البيانات في عام 2017 ، تغطي فترة 17 عامًا من 1981 إلى 1998 ، باستثناء عام 1982 ، الذي تميز بالغياب البيانات

النتائج والمناقشة 3.2

العلاقة التي تم الحصول عليها توضح أكثر من 74٪ من تباين نقل الرواسب - يبلغ متوسط التعرية النوعية للتربة حوالي 294.29103 كجم / كم² / سنة - المسوحات السابقة التي تم الإبلاغ عنها في مستجمعات المياه الساحلية المتأثرة بمناخ البحر الأبيض المتوسط ، في الحوض - (Hallouz et al.، 2017) الشمالي الشرقي لوادي الملاح ، القيمة المحددة لتآكل التربة البالغة 373103 كجم / كم² / سنة وبالمثل ، تم الحصول على قيم 212103 كجم / كم² / سنة و 211103 كجم / كم² / سنة في شمال غرب واد حداد ووادي مينا (2004، Achite and Meddi؛ 2008، Khanchoul and Jansson) على التوالي

تقلب في مقياس الفيضان 3.2.1

يوضح منحني نقل رواسب الفيضان أكثر من 76٪ - غالبًا ما يحدث نقل الرواسب أثناء الظواهر المتطرفة والفيضانات مسؤولة إلى حد كبير عن النقل - تم تسجيل أكثر من 80٪ و 82٪ و 92٪ من المساهمات القوية في الأعوام 1985 و 1986 و 1988 على التوالي. وأد فيضان واحد أكثر من 92.95٪ من نقل الرواسب الذي لوحظ في يناير 1988 للمقارنة ، في مستجمعات المياه في تافنا (شمال غرب في وادي السقاق ، أدى فيضان (Megnounif et al. 2003) الجزائر) ، وأد فيضان أكثر من 93٪ من الحمل السنوي المعلق مارس 1973 بتدفق مياه بلغ 176 متر مكعب / ثانية إلى استنزاف 70٪ من إجمالي إنتاج المياه السنوي

تقلب على النطاق الشهري 3.2.2

أظهرت النتائج أيضًا أن أكثر من 84٪ من الحمل السنوي للرواسب لوحظ في خمسة أشهر فقط: سبتمبر (16.07٪) ، نوفمبر - ، وهو ما يفسر سبب أن شدة هطول الأمطار (13.75٪) ، (13.11٪) ، يناير (28.66٪) ، فبراير (12 ، 91٪) وفي مارس المبكرة في الخريف والشتاء هي المسؤولة عن معظم نقل الرواسب في هذا الحوض (1988) يُلاحظ أن شهر كانون الثاني (يناير) يظل الأعلى بسبب الفيضانات القوية التي سجلت في هذا الشهر -

تقلبات النطاق الموسمي 3.2.3

تميل تركيزات الرواسب المعلقة إلى الارتفاع في الشتاء (45.41٪) عنها في الخريف (33.26٪) والربيع (20.79٪) - (0.54٪) والصيف وبالتالي فإن معظم نقل الرواسب ، أي 45.41٪ من حمل الرواسب ، يتم نقله في الشتاء ، مما قد يفسر أن التغير الزمني يعتمد على مساهمة الفيضانات في نشاط الرواسب. نلاحظ أنه خلال فصل الشتاء ، نتج عن ثلاثة فيضانات (فبراير 1986 ، يناير 1988 وديسمبر 1997) أكثر من (82٪ ، 92٪ ، 38٪) على التوالي. - - لاحظنا أيضًا أن موسم الأمطار (الرطب) مسؤول عن أكثر من 78٪ من تدهور التربة. يمكن أن يكون محصول الرواسب في موسم الأمطار أكثر من 4 مرات في موسم الجفاف

التغير السنوي 3.2.4

يختلف حمل الرواسب اختلافاً كبيراً من سنة إلى أخرى ، وأظهرت النتائج مجموعة واسعة من القيم ، 0.46103 كجم / كم² - (1995) / سنة (1998) إلى 1236.94103 كجم / كم² / سنة لوحظت أعلى قيمة لإمدادات المياه في عام 1992 بمقدار 5144 مليون متر مكعب ، مصحوبة بنقل 200 مليون كيلوجرام من الرواسب وفقدان التربة بنحو 214.58103 كجم / كم² / سنة ، بينما سجلت القيمة المنخفضة عام 1998 ويمثل 72000 م³ من المياه و 500000 كجم من الرواسب أي ما يعادل 0.54103 كجم / كم² / سنة من التعرية المائية

في الجزائر ، معدلات فقدان التربة متغيرة ، ويعزى هذا التفاوت إلى الاختلاف في الصخر والغطاء النباتي وانحدار وحجم - (Walling ، 1984) مستجمعات المياه

3.3 الخلاصة

- يحدث معظم نقل الرواسب المعلقة أثناء الفيضانات ، لوحظ (92٪) في حدث شديد واحد ، وهو حالة فيضان يناير 1988 -
- على أساس شهري ، تم تسجيل أهم نشاط للرواسب في يناير بأكثر من 28٪ ، وظل نقل الرواسب خلال هذا الشهر هو الأعلى ، أعلى بكثير من الأشهر الأخرى
- على نطاق موسمي ، يتم نقل حمولة الرواسب المعلقة في الشتاء وفي الخريف ، أثناء الفيضانات الشديدة ، يوفر الشتاء ما يقرب من نصف إجمالي تدهور التربة بنسبة 45.41٪

الفصل 4: النمذجة والتوزيع المكاني للتعرية المائية باستخدام تحت نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

RUSLE المعادلة العالمية المعدلة لفقدان التربة 4.1

يقدر تآكل التربة باستخدام المعادلة التجريبية التالية

$$P = R * K * L * S * C * P$$

أو:

ج: متوسط خسارة التربة (سنوي) ؛

R: عامل التآكل للترسيب ؛

K: عامل تآكل التربة ؛

L: مؤشر المنحدر ؛

S: عامل طول المنحدر ؛

ج: عامل استغلال الغطاء

P: الممارسات المضادة للتآكل

النتائج والمناقشة 4.2

4.2.1 مؤشر تعرية الهطول (R)

هو متوسط طویل للأجل للطاقة الحركية. يتم الحصول على هذا العامل من الطاقة الحركية لقطرات R تآكل هطول الأمطار في فترة زمنية قصيرة ، أي 30 دقيقة ، ممثلة بالصيغة التالية E المطر

$$R = MEc I_{30}$$

لسوء الحظ ، هذه المعادلة غير قابلة للتطبيق بسبب نقص البيانات حول كثافة هطول الأمطار. لهذا ، فضلنا استخدام الصيغة التالية على أساس هطول الأمطار الشهرية والسنوية

$$R = 1,74 \sum_{i=1}^{12} \left[\frac{(P_i^2)}{P + 1,29} \right]$$

MJ.mm / ha.h.a. بمتوسط 99.28 MJ.mm / ha.h.a. بين 72.11 و 109.43 R تختلف قيم -

، بأكثر من 15٪ ، تتركز بشكل أساسي في الشمال (MJ.mm/ha.h.a. إلى 93.33 72.11) التي قدمتها الفئة R أدنى قيم - الشرقي

تتركز في المركز MJ.mm/ha.h. أعلى القيم التي تتجاوز 100.8 -

بين 93.33 و 109.43 84٪ من إجمالي السطح R تمثل فئة التوزيع الرئيسية لقيم -

4.2.2 قابلية تآكل التربة (K)

(Kumar and Gupta 2016) هو عامل خطر يؤثر على عمليات التعرية من خلال قياس مساهمة التربة K عامل تآكل التربة

التي أصدرتها منظمة الأغذية والزراعة ، وتوفر الأخيرة الكثير من HWSO تم تحديد هذا العامل من خريطة التربة العالمية

المعلومات حول معايير التربة في جميع أنحاء العالم ، وهي عبارة عن قاعدة بيانات تحتوي على وحدات مختلفة لرسم خرائط

التربة التي تجمع بين التحديثات الإقليمية والوطنية الحالية لمعلومات التربة

$$K = E_{sand} \cdot E_s \cdot E_{Oc} \cdot E_{topsand}$$

تمثل المنطقة شديدة التعرية 37.33٪ من المساحة الإجمالية لمستجمع المياه وتقع جنوب الحوض. هذا المعدل المرتفع يرجع إلى

هو من أجل 0.0191. يتراوح بين 0.0151 إلى 0.0226 كما هو K الطبيعية الخشنة للتربة التي تفضل التسلسل ، ومتوسط قيمة

موضح على الخريطة

استخدامات الأراضي (ج) 4.2.3

الأخير عبارة عن صيغة رياضية تعبر عن الفرق بين الانعكاس في جزء النطاق NDVI. يتم تقدير قيم هذه المعلمة باستخدام لطيف الكهرومغناطيسي. يرتبط هذا المؤشر بطبيعة الغطاء النباتي (NIB) ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (R) الأحمر من: 2018 بدقة 30 م. الصيغة المستخدمة هي Landsat TM8 ونسبته. تم حساب مؤشر الاستشعار عن بعد هذا من مزيج من

$$NDVI = (NIB - R) / (NIB + R)$$

هذه المعادلة لحساب (Gitas et al. 2009 ؛ Toumi et al. 2013 ؛ Djoukba et al. 2018) استخدم العديد من المؤلفين NDVI من المعلمة C

$$C = 0.9167 - 1.1667 \times NDVI$$

أكبر من 0.64 ، لوحظ في الجنوب. C تتراوح القيم من 0.283 إلى 0.916. أكثر من 84% من سطح الحوض يتميز بقيم عامل هذه المناطق عبارة عن جزر من التربة الجرداء أو البور. ومع ذلك ، فإن القيم التي تتراوح من 0.28 إلى 0.64 ، والتي تمثل C أكثر من 16% من المساحة الإجمالية ، تُعزى عمومًا إلى المناطق التي تغطيها محاصيل الحبوب والأعلاف. كلما زادت قيمة ، قلت حماية التربة

العامل الطبوغرافي (LS) 4.2.4

لهذه DEM كلما ارتفع المنحدر ، كلما زاد الجريان السطحي من التربة. لهذا السبب ، يتم الحصول على نموذج رقمي لارتفاع تم تنزيله (ASTER GDEM) المنطقة من نموذج الارتفاع الرقمي العالمي لمقياس الإشعاع مع باعث وعاكس حراري مكاني واستخدمها أيضًا العديد من المؤلفين (Wischmeier and Smith 1978) في 2018 ، واستخدمنا الصيغة التي طورها (Vezena et al. 2006؛ Khosrowpanah et al. 2007؛ Toumi et al. 2013؛ Djoukba et al. 2018).

يبلغ متوسط قيمة عامل الخطر هذا 5.38 مع تباين يتراوح من 0 إلى 42.5 - القيم التي تقل عن 6 تحتل 62.51% من المساحة السطحية لمستجمع مياه وادي المالح ، وهو ما يتوافق مع المناطق المنخفضة - تشير القيم الأكبر من 6 (37.49%) إلى أرض وعرة ذات منحدرات شديدة. وكلما زاد هذا العامل ، زاد تآكل مستجمعات المياه -

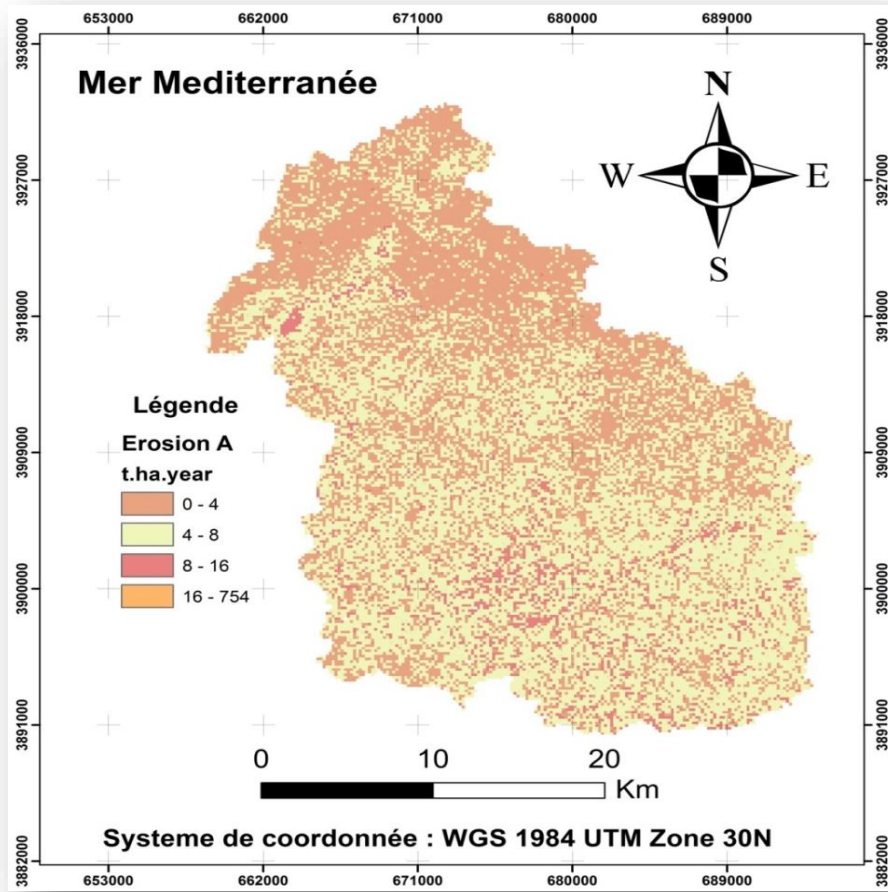
عامل ممارسة دعم الحفاظ على التربة 4.2.5 (P)

في مجمل مستجمعات مياه وادي المالح ، لا توجد هياكل حماية مهمة ولا يستخدم المزارعون ممارسات الحفاظ على التربة من P المحاصيل هي أساسا من الحبوب ونادرا ما تكون المحاريث موازية للخطوط الكنتورية. يختلف عامل الحفاظ على التربة في هذه الحالة بالذات ، يتم (Ganasri and Ramesh 2016) 0 للممارسات الجيدة لمكافحة التعرية إلى 1 للممارسات السيئة في جميع أنحاء منطقة مستجمعات المياه P تعيين القيمة 1 للعامل

خريطة مخاطر التعرية المحتملة (أ) 4.2.6

يولد التراكم المضاعف للطبقات الموضوعية الأربع خريطة تآكل التربة في شكل نقطي ، معبرة عن إمكانية التآكل بالطن / هكتار / سنة ولكل وحدة مكانية

توضح الخريطة الناتجة أن معدلات التعرية تغطي نطاقًا واسعًا من القيم. وتتراوح من صفر إلى 754 طن / هكتار / سنة



الشكل: الخريطة النهائية لفقدان التربة

خلاصة عامة

الهدف من هذا العمل هو استخدام طريقتين للوصول أولاً لتقييم كمية الرواسب المنقولة إلى منفذ واد المالح، وثانياً لتحديد العوامل المسؤولة عن العمليات المختلفة للانجراف المائي في متجمعات المياه وقياس الكميات. تمت إزالة المواد عن طريق تآكل الألواح ومقارنة نتائج طريقتين فيما بينهما، وبين متجمعات المياه المجاورة في نفس السياق المناخي. النتائج التي تم الحصول عليها في منطقة الدراسة أعطت متوسط خسارة في التربة 9 طن / هكتار. تتوافق هذه القيمة مع تآكل معتدل إلى منخفض بسبب المنحدرات المنخفضة والغطاء النباتي الكثيف بالإضافة إلى ذلك، أما بالنسبة للنموذج الثاني وهو منحني النقل الصلب، فقد اعتمدت الدراسة على البيانات اللحظية لتدفق الماء وتركيزات الرواسب المعلقة Q_L على هذا الأساس، قدرت قيمة التدهور النوعي للتربة بـ 2.94 طن / كم² / سنة، ويحدث نشاط الرواسب بشكل رئيسي أثناء الفيضانات أو يتم تكثيف القياسات كل ساعة، حتى كل 30 دقيقة وأحياناً 15 دقيقة من هذه النتائج يمكن استنتاج أن 32.6% من الرواسب المتآكلة يتم نقلها في التيار الرئيسي، بينما يتم ترسيب الثلثين الآخرين من الرواسب المتآكلة، خاصة في السهول. ترجع هذه القيم العالية للرواسب المترسبة بشكل أساسي إلى المنحدرات المعتدلة نسبياً والنباتات الكثيفة.

الكلمات المفتاحية: رواسب معلقة؛ منحني تصنيف الرواسب تآكل التربة وادي المالح روستل تآكل المياه متجمعات المياه الجزائر