REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



Faculté de Technologie Département d'Hydraulique

Manuel d'utilisation

Les modèles d'érosions RUSLE et EPM A l'aide du logiciel ArcGIS



Présenté par : Dr. MOKHTARI Elhadj

<u>Mai 2020</u>

Avant - Propos

Ce manuel s'adresse principalement aux étudiants et aux chercheurs qui s'apprêtent à utiliser les modèles d'érosions RUSLE et EPM à l'aide du système d'information géographique (SIG).

Le SIG est un outil d'aide à la décision permettant d'associer rapidement des informations d'origines diverses, grâce à la superposition de cartes, afin de les afficher par la suite sur un document homogène. Ce dernier va faciliter la visualisation des concepts spatiaux réels qui sont nécessaires à la compréhension d'un phénomène et de son évolution.

Notre choix opté pour le logiciel Arc Gis est basé sur le fait de sa popularité dans le monde, sa simplicité et la disponibilité de son environnement.

Auteur

SOMMAIRE

1. Le modèle d'érosion RUSLE à l'aide du logiciel ArcGIS	
1.1. Introduction	01
1.2. Méthode d'évaluation de l'érosion utilisée	01
1.3. Modèle numérique du terrain MNT	03
1.4. Détermination du facteur topographique LS	17
1.5. Calcul du facteur d'agressivité des précipitations (R)	22
1.6. Facteur de pratique anti-érosive P	31
1.7. Facteur C	43
1.8. Facteur d'érodibilité K	51
1.9. Erosion A	66
2. Le modèle d'érosion EPM à l'aide du logiciel ArcGIS	
2.1. Introduction	68
2.2. La méthodologie	68
2.3. Coefficient de température T en °C	70
2.4. Facteur Précipitation moyenne annuelle H	79
2.5. Le coefficient de protection du sol (Xa)	83
2.6. Coefficient de type et étendue de l'érosion (φ)	86
2.7. Pentes de la zone d'étude (Ja) en (%)	88
2.8. Coefficient d'érodibilité du sol (Y)	88
2.9. Coefficient d'érosion Z	100
2.10. Volume annuel moyen des sédiments érodés (W)	101
Conclusion	104
Références bibliographiques	105

Les modèles d'érosion RUSLE et EPM à l'aide du logiciel ArcGIS

1. Le modèle RUSLE à l'aide du logiciel ArcGIS

1.1. Introduction

L'érosion des sols est un processus naturel qui est sans doute largement responsable de la géomorphologie actuelle. Le terme érosion des sols ne peut être utilisé dans un contexte de menace ou de risque que s'il s'agit d'une érosion accélérée, au-delà des taux modérés, suite à des facteurs anthropiques, qui causera la perte d'une ou de plusieurs fonctions du sol.

La détection des zones érodées, ainsi que l'évaluation des facteurs qui contrôlent l'érosion et leur caractéristiques, sont des tâches complexes mais pouvant être résolus avec l'intégration de plusieurs sources de données (données spatiales, mesures et enquêtes sur le terrain et images satellitaires) dans des systèmes de traitement géo-spatiale, tels que les systèmes d'information géographique (SIG).

1.2. Méthode d'évaluation de l'érosion utilisée

L'avènement du système d'information géographique (SIG) et la télédétection ont permis à l'équation universelle de perte en sol révisée (RUSLE) d'être utilisée d'une manière répartie dans l'espace parce que chaque cellule dans une image raster s'agit de représenter une unité sur le terrain. L'approche utilisée a consisté dans un premier temps, à détecter les facteurs de déclenchant l'érosion et à les spatialiser en utilisant les images satellitaires Landsat-TM. Les données de télédétection multi-temporelles et les SIG sont utilisées pour évaluer et cartographier chaque facteur individuellement. La modélisation prédictive dans un environnement SIG offre une opportunité pour l'évaluation des risques d'érosion. Les données une base de données SIG, après quoi elles seront spatialement modélisées pour représenter le risque d'érosion des sols dans n'importe quel élément du paysage choisi.

Des couches individuelles ont été créées pour chaque paramètre de l'RUSLE et sont ensuite combinées par une procédure de modélisation dans la grille ArcGIS. Chaque grille de facteur avait une taille de cellule de 30 m, bien que la résolution réelle (de la source de données la plus basse résolution) est d'environ 100 m. Ce ré-échantillonnage a été fait pour intégrer la plus grande précision de la précipitation et interpolations topographiques. Toutes les couches ont été projetées en UTM zone 31N en utilisant le WGS 1984. La méthodologie suivante a été utilisée pour générer les grilles des facteurs. La figure montre le cadre général suivi.



Méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'érosion hydrique dans un bassin versant.

1.3. Modèle numérique du terrain MNT

Ouvrir arc map



Arc catalogue – nouveau dossier – nommé : Erosion_RUSLE – cliquer à droite sur le dossier Erosion_RUSLE – new Geodatabase – ok – renommée : bases des données – cliqué à droite sur base des données – importé le fichier MNT

Add fichier MNT - ouvrir

Ou bien : file - add data - add data - fichier Mnt - ouvrir

Selection Geoprocessing Customize Windows Help	
🗉 🕁 🗸 1:7 825 🔹 👻 🕵 🖾 🗊 🖓 🥘 🞦 📴 🥫	
↓ ☆ ☆ ☆ ☆ @ □ Q · =	
🖸 💺 🚯 🕖 💷 🏭 👫 🧩 💽 👰 🖕	abeling 🕶 🙈 🖓 🖓 🎧 🖓 Fast 🚽 🚽
ocessing • Characteristics • Parameters • HMS • Utility • 💲 🍟 Editor • ト 🍾 / 🦯 🏄 •	🔆 🖂 ҧ 📫 🙄 🕴 RAS Geometry 🕶 RAS Mapping
Snapping - 🔿 🖽 🗖 🗖	-
₽ ×	
Add Data	
Look in: 🔁 Exemple MNT 🔹 🏠 🔯	
mnt.tif	
Name: mnt.tif	Add
Show of type: Datasets, Layers and Results	▼ Cancel

Ouvrir



Converter la projection (GWS 84 vers UTM)

Arctoolbox – data management tools – projection an transformation – Raster - Project raster : Input : Mnt

Input coordinate système : WGS 84

Output raster dataset : mnt

Output coordinate système : WGS_1984_UTM_Zone_31N





Arctoolbox - Spatial analyst tools - hydrology - fill Input: mnt Output: Fill_mnt ok

	E	ArcToolbox
Snapping 🗸 🔘 🖽 🗖 🛒 🖕		🕀 🚳 GRAIP Lite
Fill		🗄 🚳 Linear Referencing Tools
		🗄 🚳 Multidimension Tools
Input surface raster	Input surface raster	🗄 🚳 Network Analyst Tools
mnt.tif	-	🕀 🚳 Parcel Fabric Tools
Output outforce reator	The input raster	🕀 🚳 Schematics Tools
	representing a continuous	🕢 🚳 Server Tools
	surface.	😑 🌍 Spatial Analyst Tools
Z limit (optional)		🕀 🗞 Conditional
		🕀 🗞 Density
		🕀 🗞 Distance
		🕀 🗞 Extraction
		🕀 🗞 Generalization
		🕀 🗞 Groundwater
		🖃 🗞 Hydrology
		Basin
		Fill
		Flow Accumulation
		Flow Direction
		Flow Length
۰	*	Sink
	—	Snap Pour Point
OK Cancel Environments << Hide Help	Tool Help	Stream Link
		Stream Order
		Stream to Feature
		Watershed
		I I Ma Local

Resultat : Fill_mnt

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessin □ □ □ □ □ ↓ □ ↓ ○ ↓ ↓ ↓ □ □ □ ↓ □ □ ↓ □ ↓	g Customize Windows Help · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	st v Pas Manning
Fable Of Contents 4 × Image: Second EMNT Image: Second EMNT Image: Second EMNT Image: Second Empirical Second Empir		Accouldox Accouldox Accouldox Accoundox Accoundox

Arctoolbox - Spatial analyst tools - hydrology - flow direction Input: fill_mnt

Output: Fow_direction

Preprocessing Project Setup Plasin Processing	characteristics * Param	erers , hives , or mith , & E : conton , 1 & . Y S. 1. 184	 act that the all 	E : KAS Geometry * KAS Mapping	ArcToolbox
		Snapping - 🔘 🖽 🔲 🗴	Í _		🗉 🈂 GRAIP Lite
able Of Contents	7 ×	Flow Direction		_ O X	🗉 🚳 Linear Referencing Tools
		·			🗄 😂 Multidimension Tools
		Input surface raster	~	Output flow	🗄 🌍 Network Analyst Tools
🖃 🥌 Layers		fill mnt	-	direction raster	🕀 🚳 Parcel Fabric Tools
E:\Exemple MNT\		Output flow direction ractor			🗄 🚳 Schematics Tools
E M till_mnt		EvEnergie MMC/Elenn D		The output raster that	🗄 🚳 Server Tools
Value High : 2205		E: (Exemple Mix) (How_D		shows the flow direction	🖃 😂 Spatial Analyst Tools
riigii 2000		Force all edge cells to flow outward (optional)		from each cell to its	Conditional
Low:0		Output drop ractor (optional)		steepest downslope	🗉 🗞 Density
20070		output urop raster (optional)		neighbor.	🗉 🔖 Distance
mattif				This output is of integer	Extraction
E I minuti				type	Generalization
High : 2305					Groundwater
					Kydrology
Low : -3					Basin
					Fill Clause Account of the second
					Flow Accumulation
					Elow Length
					Sink Sink
			Ŧ	*	Snan Pour Point
		OK Cancel Environments	<< Hide Help	Tool Help	Stream Link
					Stream Order
					Stream to Feature
					Waterched



Arctoolbox - Spatial analyst tools - hydrology - accumulation Input: Flow direction Output: Fow accumulation

	🖂 📦 GRAIP Lite
Flow Accumulation	☐ → Storal Ence → S
	🕤 🗉 😂 Multidimension Tools
Input flow direction raster	🗄 📦 Network Analyst Tools
Flow D	🕀 🚳 Parcel Fabric Tools
, ,	🕀 🚳 Schematics Tools
E-Exemple MNTElow acc	🕀 🚳 Server Tools
shows the accumulated	🖃 😂 Spatial Analyst Tools
Input weight raster (optional) flow to each cell.	🕀 🗞 Conditional
	Solution Density
Output data type (optional)	🕀 🗞 Distance
FLOAT	Extraction
	Generalization
	Hudrology
	Basin
	Fill
	Flow Accumulation
	Flow Direction
	Flow Length
	Sink
	Snap Pour Point
OK Cancel Environments < <hide help="" help<="" td="" tool=""><td>🔨 Stream Link</td></hide>	🔨 Stream Link
	Stream Order
	Stream to Feature
	🔨 Watershed

Ok



Arctoolbox - conditionnel - Con Input: Flow accumulation Expression : Value > 500

Input true raster : 1 Output : Confow_accum

Snapping ▼ ○ 田 □ ♫ _		🕀 🚳 GRAIP Lite
Con		🗄 🚳 Linear Referencing Tools
		🕀 🚳 Multidimension Tools
Input conditional raster	Output raster	Network Analyst Tools
Flow_acc 💌 🖻	_	Parcel Fabric Tools
Expression (optional)	The output raster.	Schematics Tools
value > 500		Spatial Analyst Tools
Input true raster or constant value		Conditional
		S Con
Input false raster or constant value (optional)		Pick
▼ 		🔨 Set Null
Output raster		🕀 🚳 Density
F:\Evemple MNT\Con Flow arc		🕀 🗞 Distance
		Extraction
		🕀 🍋 Generalization
		Sroundwater
		Basin
		i Fill
-	-	Flow Accumulation
		🔨 Flow Direction
OK Cancel Environments << Hide Help	Tool Help	🔨 Flow Length
		🔨 Sink
		🔨 Snap Pour Point
		Stream Link
		Stream Order
Ok		
Snapping • (GRAID Lite
ole Of Contents # ×		Good Lice Good Lice Good Lice Good Lice Good Lice
		Willidimension Tools Willidimension Tools Willidimension Tools
🥰 Layers		Parcel Fabric Tools
		 Image: Schematics Tools Image: Server Tools
□1 □ I Flow arc		Spatial Analyst Tools
Value		Conditional
High:11519e+007		Pick
Low:0	통비 관리는 물건 생물건	🖉 🇞 Density
E 🛛 Flow D		Son Distance Son Extraction
	n an	Seneralization
		So Groundwater So Hydrology
■ 8		Basin
10 32		Fill Flow Accumulation
64		S Flow Direction
□ 1.28 □ ☑ fill_mnt		Sink
Value High: 2305		Snap Pour Point
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		Stream Link

a- Réseau hydrographie

Arctoolbox - Spatial analyst tools - hydrology - stream to feature Input: Con flow accum Flow direction

Output: Stream t

Snapping 🗸 🔘 🖽 🗖 🛫		🕞 🚳 GRAIP Lite
Stream to Feature		📄 🗃 Linear Referencing Tool
		💿 🚳 Multidimension Tools
Input stream raster	Output polyline	Network Analyst Tools
Con_Flow_acc 🗾 🖻	features	Parcel Fabric Tools
Input flow direction raster		Schematics Tools
Flow D	Output feature class that	Server Lools
	will hold the converted	Spatial Analyst Tools
E:\Evennle MNT\Stream feature shn	streams.	Conditional
		Pick
Simplify polylines (optional)		Set Null
		🕀 🍋 Density
		🗉 🚳 Distance
		🗉 🗞 Extraction
		🕀 🎭 Generalization
		표 🗞 Groundwater
		🖃 🗞 Hydrology
		Sasin
		Fill .
Ψ.	T	Flow Accumulati
OK Cancel Environments <<< Hide Help	Tool Help	Flow Direction
	Toorneip	Sink
		Span Pour Point
		Stream Link
		Stream Order
		Stream to Feature



b- Délimitation du bassin versant

Arc catalogue - clique à droite - new - shapfile - create new shapfile - point

Labeling 🗸 👍 🖧 🆓 🏠 Fast 🔍 👳	
🛌 🗁 ズ 🦾 🌾 🖾 🏣 中 📲 RAS Geometry 🕶 RAS Mappi	ing Catalog
ng▼○⊞□□, _₹	← ▼ ⇒ ≙ 씁 强 Ⅲ ▼ ≅ 號
Create New Shapefile	Location: 🙀 Home - Exemple MNT
	Home - Exemple MNT
Name: Exutoire	E E E fill_mnt
Feature Type: Point	
Spatial Reference Description:	Guide_utilisation.mxd
Projected Coordinate System: Name: WGS_1984_UTM_Zone_31N Geographic Coordinate System: Name: GCS_WGS_1984	 Folder Connections C:\Users\az\Desktop C:\Users\az\Documents\ArcGIS\ D:\ D:\Article 2017 D:\BV OUED EL MALEH 30m D:\BV OUED EL MALEH 30m\BV O D:\CARTE C
Show Details Coordinates will contain M values. Used to store route data. Coordinates will contain Z values. Used to store 3D data. OK Cancel	 D:\CARTE_C D:\courbes D:\Epanet avec arc gis D:\erosio_soummam D:\Erosion-BV-Soummam\ D:\Erosion BV-Soummam\bv_sou D:\Erosion EPM 2020 D:\Erosion_soummam17 D:\Etude d'AEP Eulma
	⊕



Cliqué à droite sur le point Exutoire - editor _ start edditing - ok Create feature



Cliqué sur sanpping - use sanapping

Snapping •

Create feature - point - choisir le point d'exutoire sur le réseau hydrographique - ok



Editor - save - stop editing

Arctoolbox -	Spatial analyst tools -	hydrology	- watershed
--------------	-------------------------	-----------	-------------

Input: flow direction

Point

Output: Watershed	
Watersneu	
Input flow direction raster	Output raster
Flow_D	T
Input raster or feature pour point data	The output raster that shows the contributing
Exutoire 🗾 🖻	area.
Pour point field (optional)	
Id 🗸	This output is of integer
Output raster	type.
E:\Exemple MNT\Delimit_BV	
~	~
OK Cancel Environments << Hide Help	Tool Help





Convertir la délimitation du bassin versant : Raster to polygon

c- Classification du réseau hydrographique

Arctoolbox - Spatial analyst tools - hydrology -stream order Input: con folw accumulation Flow direction Output: stream order

Convertir stream order: raster to polyline

Snapping 🗸 🔘 🖽 🗖 📮			🕢 🕀 🗞 From GPS
Raster to Polyline			🔄 🛛 🕁 From KML
			🗕 🔄 🖏 From Raster
/ Input raster	^	Input raster	Raster to ASCII
StreamO_Con_2	┓ 👩 🔡		🔨 Raster to Float
Field (optional)		The input raster dataset.	🔨 Raster to Point
VALUE	-		Raster to Polygon
Output polyline features		The raster must be integer	Raster to Polyline
C:\Users\az\Documents\ArcGIS\Default.odb\RasterT_StreamO1		type.	Raster To Video
Redeseund unles (antianal)			From WFS
	-		
Minimum dangle length (optional)			
, initial dange lenger (optional)	0		To Collada
			To Coverage
Simplify polylines (optional)			To dBASE
			To Geodatabase
			🐨 🐝 To KML
			🗉 🗞 To Raster
			🕀 🗞 To Shapefile
	~		🚽 🛛 📦 Data Interoperability Tools
	,		🗄 🖶 📦 Data Management Tools
OK Cancel Environments	<< Hide Help	Tool Help	🗄 🚳 Editing Tools
			💷 🛛 🗃 Geocoding Tools
Ok			

d- Extraction du réseau hydrographique pour le BV délimité.

Analyse tools - extract - clip

Input: rasterT_streamO1

Clip feature: watersheds polygone

: snapping 🗸 🔾 t			🔄 🐚 Arc I oolbox
Clip	A PROPERTY AND INCOME.		📗 🗄 🚳 3D Analyst Tools
			🗌 🖻 🚳 Analysis Tools
Input Features		Output Feature	Extract
RasterT_StreamO1		Class	Clip
Clip Features			Select
BV_polygone	- 2	The feature class to be	Table Select
Output Feature Class		createu.	Tuble Select
E:\Exemple MNT\reseau_bv_de.shp			🕀 🚯 Proximity
XY Tolerance (optional)			🕀 🗞 Statistics
M	eters 🔻		🗄 🗄 🚳 Arc Hydro Tools
	1		🔢 🗃 Arc Hydro Tools Python
			🔢 🕀 🎯 ArcHydroPartialTerrainUp
			🕀 📑 Cartography Tools
			🗄 🦉 Conversion Lools
			Data Interoperability Tools
			Archiving
			H S Attachments
	+	-	🕀 🚳 Data Comparison
			🕀 🚯 Distributed Geodataba
OK Cancel Environm	ents << Hide Help	Tool Help	🕀 🚳 Domains
Ok			
E:\Exemple MNT			
Exutoire			
		-	
□			
-1		A CARA	~
-2		A BALLE	5.00
-3		AND FILM	2.5
— 4 — 5		AN TENAL	~~X.
- 6		CARLES STREET	e h
RasterT_StreamO1		ATT STATE STREAM	Et ?
GRID CODE		STATISTICS AND	
-1	•	A SE STANGUA	(I)
-2		A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	
-3		. (71)	

e- Extraction du MNT pour le bassin versant délimité

Spatial analyst tools – extraction – extract by mask Input: fill-mnt Input raster or feature mask data: delimitation bv Output: Mnt bv

Clique à droite sur le nom MNT BV puis utiliser l'outil copier coller voir le résultat

Nous utilisons deuxième copié pour réaliser la carte d'altitude Cliqué à droite sur le non de fichier MNT_BV propriété - symbology – classified – classify – choisir l'intervalle d'altitude puis les couleurs

ssing • Project Setup • Basin Processing • Cha	racter S Mappir
	General Source Key Metadata Extent Display Symbology Fields Joins & Relates Time
ontents	Participation Show: Draw raster grouping values into classes
	Vector Held Unique Values
	Classified Fields
 5	Discrete Color Value VAL
6	Classification
-7	Defined Interval Classes 17 - Classify
- 8	Celer Dama
Stream_feature	
BV_polygone	Symbol Range Label
	277 - 300 277 - 300 =
	300 - 400 300.0000001 - 400
Value	400 - 500 400.000001 - 500
High : 1866	500 - 600 500.000001 - 600
Low : 277	
	Show dass breaks using cell values Disnlav NoData as
MNT_BV	Use hilshade effect 7- 1
Value	About symbology
High : 1866	
Low: 277	
Low : 2/7	
StreamQ Con 2	
OK	
🖃 🛅 E:\Exemple MNT\	
VALUE	
277 - 300	
300.0000001 - 400	J
400.0000001 - 500	
500.0000001 - 600	
600.0000001 - 700	
700.000001 - 800	
800.000001 - 900	
900.0000001 - 1 000	
<u> </u>	
1 100.000001 - 1 200	
1 200.000001 - 1 300	
1 300.000001 - 1 400	
1 400.000001 - 1 500	
1 500.000001 - 1 600	
1 600.000001 - 1 700	
1 700.000001 - 1 800	
1 800.000001 - 1 900	

f- Carte des pentes Spatial analyst tools – surface -slope Input : MNT_BV Choisir la pente en degree Output : slope_bv

1.4. Détermination du facteur topographique LS

Le facteur topographique (LS) à l'intérieur de la RUSLE représente la combinaison des effets de la longueur (L) et du gradient (S). Ce facteur évalue les pertes de sol par érosion hydrique, considérant les effets que pourraient avoir la longueur (L) et le gradient (S) de la pente respectivement. Ainsi le facteur (LS) peut être défini comme la relation entre le sol perdu dans une zone avec une pente (p) et longueur (l), dans la parcelle standard correspondante de 22.1 m, utilisée pour le développement de la RUSLE.

L'estimation des composantes de l'effet de la topographie dans l'érosion de sol établi par la RUSLE: le facteur longueur de la pente (L) et le facteur gradient (S). Ci-après, les équations du calcul utilisées :

· Le facteur L: ou λ est la longueur de la pente (m), m est l'exposant de la longueur de la pente et β est l'angle de la pente. La longueur se définit comme la distance horizontale d'où commence le flux superficiel au point où commence le dépôt où l'écoulement coule à un canal défini *(U.H.A.S.L.S, 2016)*.