

**Ministère de l'enseignement supérieur
Et de la recherche scientifique**
Université Mohamed Boudiaf - M'sila



Faculté de technologie
Département d'Hydraulique

MEMOIRE

**Présenté pour l'obtention du diplôme
De MASTER**

FILIERE : Hydraulique
Option :OHA

THEME

**Estimation de l'érosion hydrique des sols à l'aide de l'Equation
Universelle de Perte de Sol (USLE)
Le cas du bassin versant de Cheliff-Ghrib**

Dirigé par :
Mr. MOKHTARI ELHADJ

Présenté par :
BENCHAA YUCEF

Promotion : 2014/2015.

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, on remercie en premier lieu notre dieu miséricordieux qui nous a donné la force pour achever cette réalisation.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences.

Nous tenons aussi à remercier notre encadreur Mr : MOKHTARI.H pour leur suivi et leurs conseils durant l'évolution de ce travail.

Nos remerciements vont également :

Mes remerciement vont aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner, d'évaluer et d'enrichir ce travail.

A tous nos enseignants qui ont contribués à notre formation.

A toute notre promotion pour tous les bons moments qu'on a passé ensemble.

Et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- ➡ *Mon père et ma mère qui m'ont toujours soutenus durant toutes les périodes de ma vie, que dieu le tout puissant les protègent et les gardent.*
- ➡ *Mes frères Hamza, Mohamed*
- ➡ *Mes sœurs Fatima, Aicha, Safaa*
- ➡ *Ma future femme Marwa*
- ➡ *A tous mes amis surtout (ABDELKEBIR Ali-DECHOUCHA Bilal – BOUICHICHAMohamed -BELOUADAH Anouar- CHE BIKA Dhewadi SAADI Tarek- NOUIBATE Yacine-JOUDI Mustapha-YAHIA Mohamed-FORDJAN Hamza-SAHOUANE Laid-LOUIFI Zakaria-BETKA Zine elabidine-*
- ➡ *A mon encadreur Mr : MOKHTARI ELHADJ.*
- ➡ *A tous les enseignants de faculté de technologie.*
- ➡ *A toute la promotion 2015.*
- ➡ *Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*
- ➡ *A toute LES FAMILLES BENCHAA et BELOUADAH.*

YUCEF

Résumé:

Dans cette étude, on a fait appel aux SIG et Vertical Mapper pour évaluer et cartographier l'érosion hydrique en utilisant l'équation universelle des pertes en sol USLE dans le bassin versant de l'Oued Cheliff-Ghrib en Algérie. Ce bassin est caractérisé par une grande irrégularité dans les précipitations, une forte pente, une lithologie essentiellement marneuse et une couverture végétale très faible ce qui le rend très vulnérable à l'érosion. L'USLE est la combinaison de six facteurs spécifiques qui décrivent les caractéristiques du bassin versant. Les données hydro morphologiques et les SIG sont utilisés pour évaluer et cartographier chaque facteur individuellement. L'intégration des cartes thématiques des facteurs du modèle USLE dans le SIG permet de cerner l'impact de chaque facteur dans les pertes en sol, de classer par importance relative les zones d'érosion, et de quantifier les pertes en sol dans le bassin.

Abstract:

In this study, remote sensing and GIS are implemented in order to map and assess water erosion using the Universal Soil Loss Equation (USLE) in the Wadi Cheliff-Ghrib watershed in Algeria. The study area is characterized by a great irregularity in rainfall which is mainly generated during storm events. The region is also known for its steep slopes, a marly lithology and a very low vegetation cover, which makes it more exposed and vulnerable to erosion. The USLE model can be described as the combination of six factors that feature the specific characteristics of the watershed. Morphological hydro data and GIS are used to individually assess and map each factor. The integration of thematic maps for the USLE factors in the GIS is used to identify the impact of each factor on soil loss, as well as to rank the relative importance of the erosion zones, and further to quantify the soil loss for the investigated region.

ملخص :

تم في هذه الدراسة استعمال تقنية الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية لتحديد و تقييم انجراف التربة باستخدام معادلة فقدان التربة العالمية (USLE) في حوض وادي الشلف غريب هذا الاخير يتميز بانتشار غير منتظم في سقوط الامطار و التي تكون بشدة كبيرة خاصة خلال العاصفة وكما هو معروف بالمنطقة شديدا الانحدار و ذات خصائص صخرية تسهل عملية الانجراف كما ان الغطاء النباتي منخفض جدا مما يجعله أكثر عرضة لانجراف التربة.

يجمع النموذج المستعمل بين ستة عوامل تميز خصائص الحوض و قد استخدمت بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم كل عامل من هذه العوامل على حدى ثم تم دمجهم في نظام المعلومات الجغرافية لتحديد تأثير كل عامل على فقدان التربة فضلا عن ترتيب المناطق حسب أهمية و نسبة الانجراف

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	2
I -L'érosion et le transport solide	2
I-1- L'érosion	3
I-1-1- Généralités	3
I-1-2- Définition	3
I-1-3- La tolérance en perte de sol	4
I-1-4- Types d'érosion.....	4
a- L'érosion éolienne.....	4
b- L'érosion aratoire ou mécanique sèche.....	5
*Facteurs d'érosion mécanique	5
*L'orientation du travail du sol	5
c- L'érosion hydrique	5
*Erosion en nappe	6
I-1-5- Causes d'érosion et facteurs de résistance du milieu :.....	8
I-1-6- L'impact De L'érosion Dans Différentes Régions.....	9
I-1-7- Quantification de l'érosion :	11
a-Formule de Henin "1950"	12
b- Formule universelle de Wischmeir "1959"	12
*l'indice d'érosivité des pluies R	13
* Erodibilité du sol, K	13
* Facteur topographique.....	14
* La forme du versant.....	14
*L'inclinaison de la pente.....	14
* Longueur de la pente	15
*Couvert végétal	16
c- Formule de Gravelovic (1960).....	17
d-Formule de L'A.N.R.H (1970)	18
e- Formule de Tixeront (1960).....	18
f- Formule de Fournier (1960)	19
I-2-1- Rappel Bibliographiques des travaux sur le transport solide en Algérie	19
I-2-2- Des études faites dans la région méditerranéenne et en Afrique	23
I-3- Conclusion.....	23
Chapitre II : Présentation de la région d'étude.....	23
Introduction :	23
II - Présentation de la zone d'étude :	23
II-1- Présentation générale :	23

II-2- Situation Géographique :	23
II-3- Morphologie du bassin.....	25
II-3-1- Caractéristiques physiques :	25
a-Géologie du bassin :	25
b- Végétation du bassin versant :	26
II-3-2- Caractéristiques climatique :	26
a-Température de l'air :	27
b- La grêle :	28
c- La gelée blanche :	28
d- L'humidité :	28
f- Le vent :	29
II-3-3- Caractéristiques De Forme :	29
a-Indice de compacité ou indice de Gravélius :	29
b-Coefficient de forme « Rf »	29
c- Coefficient de forme « Kf »	30
d-Elancement « Re »	30
e-Rectangle équivalent	30
II-3-4- Caractéristiques De Relief :	31
a-Hypsométrie des bassins :	31
b-Indice de pente :	31
c-Indice de pente de roche « Ip » :	31
d-Indice de pente globale Ig :	32
e-Pente moyenne d'un bassin versant «Im » :	32
Chapitre III : Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper.....	34
Introduction :	34
III-1-Approche méthodologique :	34
III-2- Supports et moyens de travail :	34
III-2-1- Supports cartographiques et image :	34
III-2-2- Moyens de travail :	35
III-3- Initiation au logiciel Vertical Mapper :	35
III-3-1- Elaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT) :	35
a-Acquisition des données :	36
b-Extraction du MNT de la zone d'étude.....	41
III-3-2- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) :	43
III-3-3- Opération sur les grilles :	45
a-Création d'une carte hypsométrique	45
b-Création des profils des oueds	47
c-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen)	49
III-4-Conclusion :	51

Chapitre IV : Evaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation Universelle des pertes en sol	52
Introduction :	52
IV-1- Méthodologie.....	53
IV-1-1-Production et traitement du modèle numérique de terrain (MNT) du bassin de Cheliff-Ghrib.....	53
IV-1-1-1-Numérisation de courbes de niveau et calcul du modèle numérique du terrain (MNT).....	54
a-Numérisation des courbes de niveau :	54
b- Elaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT).....	54
IV-1-2- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation).....	55
IV-1-2-1- Le fichier des pentes.....	55
IV-1-2-2- Le fichier d'Orientation du bassin.....	57
IV-1-3- Calcul du facteur d'agressivité des précipitations : R.....	58
IV-1-4- Détermination du facteur d'érodibilité des sols.....	60
IV-1-5-Détermination du Facteur topographique (LS).....	62
IV-1-6-Détermination du facteur occupation des sols (C).....	63
IV-1-7-Calcul des pertes en sols.....	64
IV-2-Résultats et discussion :	66
IV-2-1-Resultats :	66
IV-2-1-1-Estimation des pertes en sol :	66
IV-2-2-Discussion.....	67
CONCLUSION GENERALE.....	68

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure-I-1-Erosion en nappe (Bassin Cheliff-Ghrib, 2009)	6
Figure-I-2-Erosion linéaire (Oued Cheliff, 2009)	7
Figure-I-3-Abaque d'Erodabilité de sol K	13
Figure-I-4-Facteur topographique en fonction de la longueur de la pente et de son inclinaison ..	15

CHAPITRE II

Figure-II- 1-Situation du bassin d'étude (oued Cheliff-Ghrib)	23
Figure-II- 2-Carte du bassin de l'oued Cheliff-Ghrib.....	23

CHAPITRE III

Figure-III-1-Digitalisation des courbes de niveau sous MAPINFO	35
Figure-III-2-Exécution l'application POLY2POINT du logiciel VerticalMapper	36
Figure-III-3-méthode d'interpolation (triangulation) étape1.	37
Figure-III-4méthode d'interpolation (triangulation) étape2.....	37
Figure-III-5-méthode d'interpolation (triangulation) étape3.	38
Figure-III-6-méthode d'interpolation (triangulation) étape4.	38
Figure-III-7-méthode d'interpolation (triangulation) étape5.	38
Figure-III-8-méthode d'interpolation (triangulation) étape6.	39
Figure-III-9-méthode d'interpolation (triangulation) étape7.	39
Figure-III-10-méthode d'interpolation (triangulation) étape8.	40
Figure-III-11-Resultat d'interpolation (triangulation)	40
Figure-III-12-Extraction du MNT de la zone d'étude étape1	41
Figure-III-13-Extraction du MNT de la zone d'étude étape2	41
Figure-III-14-Extraction du MNT de la zone d'étude étape3	42
Figure-III-15-Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape1	42
Figure-III-16-Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape 2	43
Figure-III-17-Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape3	43
Figure-III-18-Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape4	44
Figure-III-19-Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) Resultat.....	44
Figure-III-20-Opération sur les grilles étape 1	45
Figure-III-21-Opération sur les grilles étape 2.....	45
Figure-III-22-Opération sur les grilles étape 3.....	46
Figure-III-23-Opération sur les grilles étape 4.....	46

Figure-III-24-Création des profils des oueds étape 1	47
Figure-III-25-Création des profils des oueds étape 2	47
Figure-III-26-Création des profils des oueds étape 3	48
Figure-III-27-Création des profils des oueds résultat	48
Figure-III-28-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 1	49
Figure-III-29-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 2	49
Figure-III-30-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 3	50
Figure-III-31-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) résultat	50
CHAPITRE IV	
Figure-IV-1-Organigramme méthodologique de l'intégration de l'Equation universelle de perte en sol dans le SIG.....	53
Figure-IV--2Modèle numérique du terrain (MNT) du bassin de l'Oued Cheliff-Ghrib	54
Figure-IV-3-Carte des classes de pentes en % (A) et de longueurs de pente en m (B)	55
Figure-IV-4-Courbe de répartition des pentes en fonction du % de surface du bassin oued Cheliff-Ghrib	56
Figure-IV-5-Carte d'orientation du bassin de l'oued Cheliff-Ghrib	57
Figure-IV-6-Distribution des valeurs du facteur R, calculées d'après la formule de Rango&Arnoldus (1987).....	59
Figure-IV-7-Carte géologique du bassin versant Chélift-Ghrib	60
Figure-IV-8-Répartition des classes des valeurs du facteur K dans le bassin versant Chélift-Ghrib	61
Figure-IV-9-Distribution des classes du facteur LS dans le bassin versant	62
Figure-IV-10-Distribution spatiale des principales valeurs du facteur C dans le bassin versant..	63
Figure-IV-11-Distribution des pertes en sol dans le bassin versant	64

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 1:

Tableau-I- 1Formes d'érosion hydrique.....	7
Tableau-I- 2Formes de dégradation et d'érosion, causes, facteurs de résistance du milieu (Roose, 1994)	8
Tableau-I- 3L'état d'envasement de quelques barrages algériens (Remini et als, 2003).....	11

Chapitre 2:

Tableau-II- 1La température de l'air de la station d'EL-Khmis	26
Tableau-II- 2les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91)	27
Tableau-II- 3Les fréquences de la gelée blanche (sur une période de deux ans).....	27
Tableau-II- 4Les fréquences d'humidité	27
Tableau-II- 5Les fréquences de Sirocco.....	27
Tableau-II- 6Les fréquences des vents	28
Tableau-II- 7Caractéristiques géométriques et hydromorphométriques du bassin.....	32

Chapitre 4:

Tableau-IV- 1Les classes de pentes du bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib.....	56
Tableau-IV- 2Les Classes d'orientation du bassin de Cheliff-Ghrib	57
Tableau-IV- 3Précipitations moyennes mensuelles (mm), annuelles (mm) et valeur de R moyen pour la période 1976-2004	58
Tableau-IV- 4Indice cultural C de quelques cultures (Masson, 1971)	62
Tableau-IV- 5Lignes directrices pour évaluer les classes de risque d'érosion du sol.	64
Tableau-IV- 6Sensibilité des surfaces à l'érosion (km ²).....	65

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'érosion est l'usure de la partie supérieure de l'écorce terrestre.

Depuis des siècles, les géographes ont considéré la zone des bassins méditerranéens comme très sensible à l'érosion sous toutes ses formes. L'Algérie, faisant partie de cette zone, n'est pas à l'abri de ce phénomène, il est parmi les pays les plus menacés par l'érosion hydrique. Cette situation se dégrade davantage d'année en année, notamment dans les régions du Nord-Ouest de l'Algérie, et les vulnérabilités en la matière ne font que s'accroître.

L'érosion hydrique est un phénomène complexe par son caractère irrégulier, aléatoire et par sa discontinuité spatio-temporelle. En raison de son ampleur et son agressivité, elle constitue une contrainte majeure au développement de l'agriculture et à la promotion des activités rurales. L'érosion hydrique constitue en Algérie un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares cultivables. Ce phénomène devient encore plus grave si l'on sait que 85% des surfaces cultivables, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion [17]. Les deux agents principaux de l'érosion hydrique sont les précipitations et le ruissellement superficiel. Toutefois un grand nombre de facteurs (intensité et agressivité des précipitations, caractéristiques du sol, pentes et longueur de pente, le couvert végétal et l'état hydrique initial)

Différents travaux ont été réalisés à travers les programmes de défense et de restauration des sols, mais la plupart de ces travaux n'ont pas abouti aux objectifs escomptés. Devant l'accélération de l'érosion et l'aggravation des dégâts observés, il s'est manifesté un besoin de recherche sur le diagnostic du phénomène et les facteurs causaux.

Le but de cette étude est d'évaluer les pertes en sols du bassin versant Cheliff-Ghrib par le modèle USLE. Pour cela, on récapitule les formules les plus utilisées, pour chaque facteur de modèle USLE, leurs domaines de validité et leurs conditions d'application.

Pour mener à bien notre travail, ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre II: Présentation de la région d'étude

Chapitre III: Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

Chapitre IV: Evaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation Universelle des pertes en sol.

Enfin, une conclusion qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

Chapitre 1:

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I -L'érosion et le transport solide

L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement « Hortonien »), soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe (ruissellement par saturation). Ces deux types de ruissellement apparaissent généralement dans des milieux très différents, bien que l'on observe parfois une combinaison des deux [1]. Une fois le ruissellement déclenché sur la parcelle, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion de versant diffuse ou en rigoles parallèles et l'érosion linéaire ou concentrée de talweg.

Comme le suggèrent ces définitions, les processus érosifs dépendent d'une multitude de facteurs interagissant entre eux et sont de ce fait, complexes à modéliser. Les facteurs de l'érosion devant être pris en compte pour étudier les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus et regroupent le sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat [2]

L'érosion hydrique est la principale forme de dégradation dans les zones semi-arides et les régions subhumides sèches, tandis que l'érosion éolienne domine dans les zones arides. En Afrique, on estime que 500 millions d'hectares ont subi une dégradation depuis les années 1950 environ, portant sur 65% des terres agricoles de la région. La dégradation des terres concerne quelque 300 millions d'hectares en Amérique latine. En Europe, 157 millions d'hectares souffrent de l'érosion hydrique et éolienne. En Amérique du Nord, environ 95 millions d'hectares sont touchés [3]

La Chine a perdu au cours de la période 1957-1990 des terres arables d'une superficie égale à celle de toutes les terres de culture d'Allemagne, du Danemark, de France et des Pays-Bas réunis, principalement suite à la dégradation des terres [3].

Les problèmes de dégradation de l'environnement sont intimement liés au développement des populations et des civilisations. Ils concernent autant les agronomes, les forestiers, les géographes, les hydrologues, les sédimentologues que les socio-économistes. Mais chacun dans sa discipline a développé un langage propre, si bien que les mêmes mots n'ont pas la même portée selon les professions.

-Les conséquences de l'érosion : les nuisances

L'érosion hydrique est un phénomène naturel qui est accéléré par diverses pratiques de gestion agricole. L'érosion entraîne la perte ou le déplacement d'une dégradation du sol et une diminution de la qualité et du rendement des cultures, de plus les sédiments sont transportés dans les cours d'eau. Ils peuvent provoquer un accroissement de la turbidité et de la sédimentation. En outre, les éléments nutritifs, les pesticides et les bactéries peuvent être fixées aux particules de sol érodé, ce qui contribue à détériorer encore plus la qualité des eaux. L'envasement trop rapide des barrages, la destruction d'ouvrages d'art, des routes et des villages ne sont pas à négliger.

I-1- L'érosion

I-1-1- Généralités

Les études récentes sur la vulnérabilité au changement climatique dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement à l'aridité qui accélère l'érosion hydrique [4].

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays de la méditerranée. Il continue à prendre des proportions considérables en particulier sur les pentes à cause de la torrencialité des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendre ; sols fragiles ; pentes raides et couvert végétal souvent dégradé) et de l'impact défavorable des activités agricoles, selon la FAO (1990) [5], la situation continue à se dégrader ; En Tunisie 45% de la superficie totale est menacée par l'érosion hydrique [6], au Maroc 40% [7] et en l'Algérie 45% des zones telliennes sont touchées , soit 12 millions d'hectares [8].

I-1-2- Définition

Erosion vient de "*ERODERE*", verbe latin qui signifie "ronger". L'érosion ronge la terre comme un chien s'acharne sur un os. D'où l'interprétation pessimiste de certains auteurs qui décrivent l'érosion comme une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi: les montagnes calcaires qui entourent la Méditerranée illustrent bien ce processus de décharnement des montagnes dès lors qu'on les défriche et que l'on brûle leur maigre végétation (ex. Grèce). En réalité, c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes (d'où le terme de "dénudation rate", vitesse d'abaissement du sol des géographes anglophones) mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne

partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable tolérable.

C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement; l'érosion est l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels. [9].

L'érosion est un phénomène naturel qui affecte l'ensemble de la couverture terrestre géopédologique et c'est l'un des facteurs important de formation et l'évolution des milieux naturels [10].

I-1-3- La tolérance en perte de sol

Dans le domaine de l'érosion, la tolérance a d'abord été définie comme la perte en terre tolérée car elle est équilibrée avec la formation du sol par l'altération des roches. Elle varie de 1 à 12 t/ha/an en fonction du climat, du type de roche et de l'épaisseur des sols. Mais on s'est bien vite rendu compte que la productivité des horizons humifères, riches en éléments biogènes est bien supérieure à celle des altérites, roches pourries, quasiment stériles. De plus, cette approche nie l'importance de l'érosion sélective des nutriments et des colloïdes qui font la fertilité des sols.

I-1-4- Types d'érosion

Il y a trois types d'érosion

a- L'érosion éolienne

Le vent exerce sur les particules solides au repos une pression sur la surface exposée au flux d'air, appliquée au-dessus du centre de gravité, auquel s'oppose un frottement centré sur la base des particules. Ces deux forces constituent un couple tendant à faire basculer et rouler les particules lourdes (0,5 à 2 mm), de plus, la différence de vitesse entre la base et le sommet des particules provoque leur aspiration vers le haut. Les particules les plus légères s'élèvent à la verticale jusqu'à ce que le gradient de vitesse ne les porte plus. Elles retombent alors, poussées par le vent, suivant une trajectoire sub -horizontale. En retombant, ces grains de sable transmettent leur énergie à d'autres grains de sable (comme dans un jeu de boules) ou se dégradent les agrégats limono-argileux en dégageant de la poussière (**Heusch, 1988**).

L'érosion éolienne prend de l'importance en Afrique de l'Ouest dans les zones tropicales sèches, là où la pluviosité annuelle est inférieure à 600 mm, où la saison sèche s'étend sur plus de six mois et où la végétation de type steppique laisse de larges plaques de sol dénudé. Ailleurs,

elle peut aussi se développer dans des conditions de préparation du sol qui amènent une pulvérisation importante des matériaux superficiels secs.

b- L'érosion aratoire ou mécanique sèche

Ce phénomène d'érosion n'est pas dû à l'intervention de l'eau, c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose soit en bas de parcelle, soit en talus.

****Facteurs d'érosion mécanique***

Les facteurs influençant la quantité de terre déplacée sont :

- Le type d'outil
- La fréquence des passages
- La pente

Plus la pente est forte, plus les mottes de terres détachées roulent vers le bas. C'est ce qui explique que les sommets des collines sont souvent décapés.

****L'orientation du travail du sol***

Celui ci peut être orienté soit en courbes de niveaux, soit du haut de la parcelle vers le bas (ce qui est le cas pour les tracteurs travaillant sur des pentes supérieures à 15 %), soit du bas de la parcelle vers le haut (pour le travail manuel notamment). Il est très rare que la terre soit remontée par les outils. Par contre, il arrive qu'en montagne et dans les zones où la terre est rare, que l'on récupère mécaniquement ou dans des petits paniers de la terre dans la plaine pour la remonter dans la montagne, c'est le cas sur les vignes. On constate aussi que l'aller et le retour des outils peuvent réduire considérablement la vitesse du décapage par l'érosion mécanique sèche (**Revel, 1989**).

c- L'érosion hydrique

L'élément déclencheur de ce type d'érosion est la pluie, qui provoque le détachement des particules élémentaires du sol

****Erosion en nappe***

Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffes ou rigoles visibles. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies (effet splash), les particules sont arrachées et transportées. Ce phénomène est observé sur les pentes faibles où l'eau ne peut pas se concentrer.

Dans un premier temps, c'est l'impact des gouttes qui va arracher les particules. La battance des gouttes de pluie va envoyer des gouttelettes dans toutes les directions. Seulement, sous l'effet de la gravité les gouttelettes auront une vitesse plus importante vers l'aval que vers l'amont. Si l'on réalise une moyenne sur l'ensemble des gouttelettes, la vitesse sera dirigée de l'amont vers l'aval. A partir de là, il y aura formation de flaques et débordement de l'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre ce qui entraînera un ruissellement en nappe.

L'érosion en nappe dépend de:

- L'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement
- L'énergie cinétique des pluies qui détachent les particules
- La durée des pluies et/ou l'humidité avant les pluies, c'est à dire l'état du sol.

Les signes qui permettent de caractériser l'érosion en nappe sont l'apparition de plages de couleur claire aux endroits les plus décupés et la remontée de cailloux à la surface du sol, les conséquences de l'érosion en nappe sont:

- Le nivellement de la surface du sol.
- La squelettisation des horizons superficiels.
- Le décapage entraînant l'apparition de taches claires.



Figure I-1-Erosion en nappe (Bassin Cheliff-Ghrib, 2009)

****Erosion linéaire, en griffes ou en rigoles***

Ce type d'érosion intervient à la suite du ruissellement. Dans un premier temps, des flaques se forment. En débordant, les flaques communiquent entre elles et des lignes d'écoulement limitées dans l'espace apparaissent selon la ligne de plus grande pente: selon la profondeur de ces lignes, le vocabulaire employé est différent. Dans le tableau I.1, nous donnons les différentes formes d'érosion hydrique.



Figure I-2-Erosion linéaire (Oued Cheliff, 2009)

Appellation des lignes d'écoulement (d'après Roose.1994)	
Profondeur	Appellation
Quelques centimètres	Griffes
>10 cm	Rigoles
10 à 20 cm quelques mètres de large	Nappe Ravinante
>50 cm	Ravines

Tableau I-1-Formes d'érosion hydrique

Tout comme l'érosion en nappe, il existe une méthode pour mesurer l'érosion linéaire. Cette méthode est basée sur la méthode des volumes [11].

I-1-5- Causes d'érosion et facteurs de résistance du milieu :

Le tableau I-2 présente les processus de dégradation, les causes ainsi que les facteurs de résistance du milieu.

Les processus de dégradation et d'érosion et leurs formes	Les causes : différentes sources d'énergie	Les facteurs de résistance du milieu
<u>Erosion mécanique sèche</u> Forme : creeping	Gravité et poussée par les outils de travail du sol	- fonction de l'intensité du travail du sol, c'est-à-dire de la fréquence des travaux et du type d'outil - fonction de la pente et de la cohésion du terrain
<u>Erosion en nappe</u> Forme: nappe de sable, pellicule de battance ou de sédimentation, "demoiselle coiffée", micro-falaise	Battance des gouttes de pluie	- le couvert végétal, - la pente, - le sol, - les techniques et structures anti- érosives
<u>Erosion linéaire</u> Formes: griffes, rigoles, ravines	L'énergie du ruissellement dépend du volume du ruissellement et de sa vitesse au carré $1/2MV^2 = 1/2MGH$	- la vitesse du ruissellement est fonction de la pente et de la rugosité, - le volume ruisselé est fonction de la surface du bassin versant et de la capacité d'infiltration, - résistance du profil du sol et des racines

**Tableau I-2- Formes de dégradation et d'érosion, causes, facteurs de résistance du milieu
(Roose, 1994)**

I-1-6- L'impact De L'érosion Dans Différentes Régions :

L'érosion est un problème dont la gravité varie beaucoup d'un site à un autre. **Kanwar (1982)** a montré au congrès de l'Association Internationale des Sciences du Sol à New Delhi que sur 13.500 millions d'hectares de surface exondées dans le monde, 22 % sont cultivables et seulement 10 % sont actuellement cultivés (soit 1.500 millions d'ha). Ces dix dernières années, les pertes en terres cultivables ont augmenté jusqu'à atteindre 7 à 10 millions d'ha/an, suite à l'érosion, à la salinisation ou à l'urbanisation. A ce rythme, il faudrait trois siècles pour détruire toutes les terres cultivables. L'érosion est donc un problème sérieux à l'échelle mondiale mais il est bien plus préoccupant dans certaines régions du monde, comme c'est le cas au Magreb et plus particulièrement en Algérie.

Aux Etats-Unis, vers 1930, 20 % des terres cultivables ont été gravement endommagées par l'érosion suite à la mise en culture inconsidérée des prairies de la Grande Plaine par les colons européens, peu habitués à ces conditions semi-arides. C'est l'époque sombre des "dust bowl", nuages de poussières qui obscurcissaient complètement l'air dans la Grande Plaine. Ces phénomènes, impressionnant l'opinion publique, ont poussé le Gouvernement américain à former un grand service de conservation de l'eau et des sols mettant à la disposition des agriculteurs volontaires un appui technique et financier dans chaque canton. Parallèlement, un réseau de stations de recherche a été mis en place, qui, trente ans plus tard, aboutit à la formulation de l'équation universelle de perte en terre, connue sous le nom de USLE [2]. **En 1986, Lovejoy et al** remarquent qu'après cinquante ans d'investissement massif en hommes et en moyens, encore 25 % des terres cultivées perdent plus de 12 t/ha/an, limite reconnue tolérable. Le problème reste donc à l'ordre du jour, même si aujourd'hui on s'intéresse plus à la pollution et à la qualité des eaux qu'à la conservation des sols.

Pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne (CEE), [12] estime que 25 millions d'hectares ont été gravement affectés par l'érosion. La France totaliserait 5 millions d'hectares et le coût des nuisances occasionnées par l'érosion s'élèverait à 10 milliards de FF sans compter la valeur intrinsèque des sols perdus, difficilement chiffrables.

Plus sérieux que ces affirmations dramatiques, sont les résultats des mesures de pertes en terre sur parcelle (100 m²) mises en place sous l'impulsion du Professeur Frédéric Fournier depuis les années 1950, par l'ORSTOM et les Instituts du CIRAD [13]. Ces pertes en terre varient de 1 à 200 t/ha/an (jusqu'à 700 tonnes en montagne, sur des pentes de 30 à 60 %) sous des cultures propres aux régions forestières à pentes moyennes (4 à 25 %), des pertes en terre de 0,5

à 40 t/ha sous mil, sorgho, arachide, coton sur les longs glacis ferrugineux tropicaux des régions soudano-sahéliennes [14].

Si on accepte une densité apparente des horizons de surface variant de 1,2 à 1,5, les ablations correspondantes par érosion varient de 0,1 à 7 (et même 15 mm en montagne), en fonction de la topographie, du climat et des cultures. Ceci correspond à 1 à 70 cm (150) cm/siècle ou 0,2 à 14 mètres depuis le début de l'ère chrétienne.

La durée de vie des sols peut aussi être estimée à partir des pertes en terre annuelles moyennes, de l'épaisseur du sol explorable par les racines, de la vitesse de la régénération de la fertilité du sol et de la courbe de rendement du sol en fonction de l'épaisseur de la couche arable (Elwell et al, 1984). En milieu forestier, où les pluies sont agressives et les pentes fortes, les pertes en terre peuvent être importantes et la dégradation des terres est très rapide (quelques années). Cependant, la régénération des sols y est également rapide, car un sol dégradé est rapidement envahi par la végétation.

En milieu semi-aride, la durée de vie peut atteindre quelques dizaines d'années, malgré la modestie des pentes et de l'agressivité des pluies, mais la restauration de la fertilité des sols est d'autant plus lente que la production de biomasse est faible en zone aride et que les sols sont profondément épuisés.

L'analyse des transports solides de centaines de rivières américaines et européennes, montre qu'il existe une zone climatique semi-aride (pluies annuelles moyennes variant de 350 à 700 mm, en fonction de la continentalité des bassins) où la dégradation spécifique des bassins est maximale. En zone plus aride, le transport solide spécifique diminue avec l'énergie des pluies [15]. En zone plus humide, le couvert végétal intercepte une part importante de l'énergie des pluies et du ruissellement [15]. Ce qui est vrai statistiquement sur un grand échantillon de bassins versants, ne l'est plus à l'échelle du terroir et encore moins à l'échelle de la parcelle. Le mode de gestion particulier de chaque parcelle, entraîne des différences locales très importantes et c'est ce qui justifie la mise au point de techniques culturales de lutte antiérosive.

En Algérie, L'érosion hydrique affecte de plein fouet les ouvrages hydrauliques, conséquence d'un envasement rapide, face à cet épineux problème l'Algérie tente bien que mal d'y remédier. Cependant des mesures ont été effectuées au niveau de ces ouvrages dans le but de mesurer l'ampleur de ce phénomène qui est l'envasement. Des chiffres alarmants de l'état d'envasement des barrages algériens sont présentés dans la tableau I-3 :

Barrage	Mise en eau	Capacité Initiale (10 ⁶ m ³)	Envasement moyen annuel (10 ⁶ m ³ /an)
	Année	Mm ³	Mm ³
OUED FODDA	1932	228	2.66
GHRIB	1939	280	3.2
DJORF EL TORBA	1934	350	1.3
S.B.M.A	1978	235	1
LACHEFFIA	1965	175.68	0.17
EGHIL EMDA	1953	154.8	1.6
BOUHANIFIA	1944	73	0.78
BENI BAHDELS	1940	63	0.2
BAKHADA	1936	37.6	0.27
FOUM EL GHERZA	1950	47	0.8
ZERDEZAS	1936	14.9	0.25
HAMIZII	1935	21	0.35
MEFROUCH	1936	16	0.12
K'SOB	1940	11.6	0.3
FOUM EL GUEISS	1939	3	0.03

Tableau I-3-L'état d'envasement de quelques barrages algériens (Remini et als, 2003)

I-1-7- Quantification de l'érosion :

L'importance de l'érosion hydrique et ces préjudices pour l'activité humaine d'un coté (pertes en sol), ont poussé l'homme à chercher et à proposer les méthodes pour y remédier à ce phénomène crucial. Pour ce faire, il a été procédé à la quantification de cette érosion par des méthodes empiriques.

-Quantification de l'érosion :

Plusieurs formules et méthodes qui impliquent tous les paramètres physiques sont utilisées pour la quantification de l'érosion hydrique.

a-Formule de Henin "1950"

Cette formule symbolise la relation existante entre l'érosion et les facteurs susceptibles de la favoriser ou de la limiter. La quantification de l'érosion spécifique "Es" est donnée par la formule I-1

$$E_s = \frac{I_p I_s}{KV_e} \quad (\text{I-1})$$

Avec : Ip : Intensité des précipitations;

I : Pente du bassin versant;

Les facteurs "Ip" et "I" favorisent l'érosion

Et S : Susceptibilité des sols;

K : Perméabilité;

Ve : Végétation.

Les facteurs S, K et Ve limitent l'érosion et en plus, les facteurs S et Ve semblent les plus difficiles à quantifier.

b- Formule universelle de Wischmeier "1959" :

Vingt ans après la mise en place des essais d'érosion en parcelles dans une bonne dizaine d'Etats d'Amérique du Nord, il existait une accumulation d'un grand nombre de données sur l'érosion dont il convenait de faire la synthèse. En 1958, Wischmeier, statisticien du Service de Conservation des Sols fut chargé de l'analyse et de la synthèse de plus de 10.000 mesures annuelles de l'érosion sur parcelles et sur petits bassins versants dans 46 stations de la Grande Plaine américaine. L'objectif de Wischmeier et Smith (1978 ;1960) était d'établir un modèle empirique de prévision de l'érosion à l'échelle du champ cultivé pour permettre aux techniciens de la lutte antiérosive de choisir le type d'aménagement nécessaire pour garder l'érosion en-dessous d'une valeur limite tolérable étant donné le climat, la pente et les facteurs de production.

Analyse des principes du modèle

Selon ce modèle, l'érosion est une fonction multiplicative de l'érosivité des pluies (le facteur **R**, qui est égal à l'énergie potentielle) que multiplie la résistance du milieu **K** (l'érodibilité du sol), **LS** (le facteur topographique), **C** (le couvert végétal et les pratiques culturales) et **P** (les pratiques antiérosives). C'est une fonction multiplicative, de telle sorte que si un facteur tend vers zéro, l'érosion tend vers 0.

Ce modèle de prévision de l'érosion est le suivant:

$$E = R \times K \times SL \times C \times P \quad (\text{I-2})$$

***l'indice d'érosivité des pluies R**

Il est égal à E, l'énergie cinétique des pluies, que multiplie I_{30} (l'intensité maximale des pluies durant 30 minutes exprimée en cm par heure). Cet indice correspond aux risques érosifs potentiels dans une région donnée où se manifeste l'érosion en nappe sur une parcelle nue de 9 % de pente.

$$R = \sum EI_{30} / 100 \quad (\text{I-3})$$

$$E = 200 + 89 \log I \quad (\text{I-4})$$

E = énergie cinétique de la pluie exprimée en tonne métrique x mètre/ha/cm de pluie.

$$E = 11,9 + 8,73 \log(I) \quad (I-5)$$

E en J/m²/mm de pluie

I l'intensité moyenne de la pluie (mm/h).

R peut-être déterminé pour des périodes variables (1 averse à 1 année).

Lorsqu'il est utilisé comme paramètre du modèle de Wischmeier ,l'indice R est généralement calculé comme la moyenne de plusieurs années .

* Erodibilité du sol, K

Fonction de la quantité de matières organiques, de la texture, de la structure, et de la perméabilité du sol, l'érodibilité du sol est déterminée pour une parcelle de 22.2 m de long, travaillée dans le sens de la pente (9 %), sans apport de matières organiques depuis trois ans.(Roose, 1994)

La formule de Wischmeier et Smith (1978) permet de déterminer K.

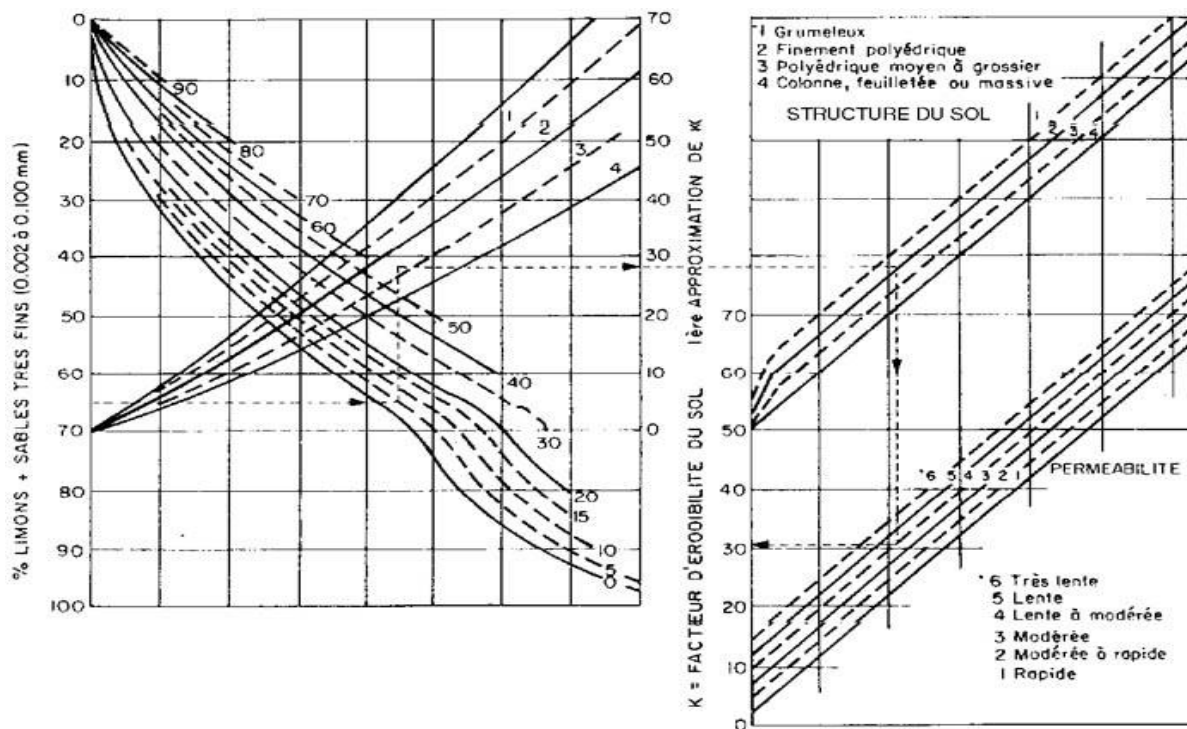
$$100 \cdot K = 2.1 \times 10^{-4} \times M^{1.14} (12 - a) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3) \quad (I-6)$$

M : produit du pourcentage de limon compris entre 0.1 et 0.002 mm par le pourcentage de tout ce qui n'est pas de l'argile.

a : pourcentage de matière organique

b : code de structure du sol utilisé dans la classification

c : classe de perméabilité du profil



Limon et sable fin=65%; sable=5%; matière organique=2.8%; structure du sol=2 ;perméabilité=4
K = 31%

Figure I-3 : Abaque d'Erodabilité de sol K

*** Facteur topographique**

L'influence de la pente sur l'évolution des versants est bien connue des géomorphologues , au point que certains d'entre eux ,caractérisent l'âge du paysage par l'inclinaison et la forme des pentes .De fortes pentes et des vallées encaissées se rencontrent dans un relief jeune comme celui des Alpes ,tandis que dans un relief adulte ou sénile comme on en trouve sur le vieux continent africain ,ce sont des plateaux ,des glacis à pentes douces et de vastes pénéplaines qui offrent des paysages dégradés.

La pente intervient dans les phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur.

*** La forme du versant**

D'après Wischmeier (1974), une pente concave diminue les transports solides (par sédimentation localisée) tandis qu'une pente convexe l'augmente en fonction de l'inclinaison du segment le plus pentu. La présence de pentes concaves dans le paysage indique qu'il doit y avoir des piégeages, des colluvions et d'alluvions dans la vallée.

***L'inclinaison de la pente**

Lorsque la pente augmente, c'est l'énergie cinétique du ruissellement qui augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies lorsque les pentes sont supérieures à 15 %. De plus, ce sont les particules fines qui sont les plus sensibles et qui seront arrachées les premières avec la matière organique.

Les formes d'érosion changent selon l'inclinaison de la pente. Ainsi, pour des pentes inférieures à 4%, ce sont les particules fines qui migrent. Pour des pentes supérieures à 7 %, des rigoles apparaissent. Des particules plus importantes sont transportées à l'intérieur de griffes. Enfin, au delà de 20 %, les rigoles se creusent et deviennent de plus en plus profondes (5 à 20 cm), ce qui se traduit par une surface très accidentée. (Roose, 1994).

Aux Etats-Unis, **Wischmeier et Smith(1960)** ont montré que l'on pouvait exprimer l'érosion de parcelles soumises à des pluies naturelles pendant 17 ans, et dont la pente est comprise entre 3 et 18 %, sous la forme d'une équation du second degré :

$$E = \frac{\sqrt{L}}{100} (0.76 + 0.53S + 0.076S^2) \quad \text{(I-7)}$$

E : Erosion en T/ha

S : Pente exprimée en pourcentage

L : longueur exprimée en pieds.

*** Longueur de la pente**

La vitesse étant proportionnelle à la distance parcourue, plus la longueur de la parcelle est grande, plus la vitesse augmente. Les particules d'eau qui ruissellent emmagasinent donc une énergie plus importante qui se traduit par la création et le creusement de rigoles. Cependant, il est très difficile de connaître précisément l'exposant qui relie l'érosion et la longueur de la pente. Cependant, le facteur topographique de Wischmeier & Smith donné sur le graphe ci-dessous permet de donner des résultats satisfaisant :

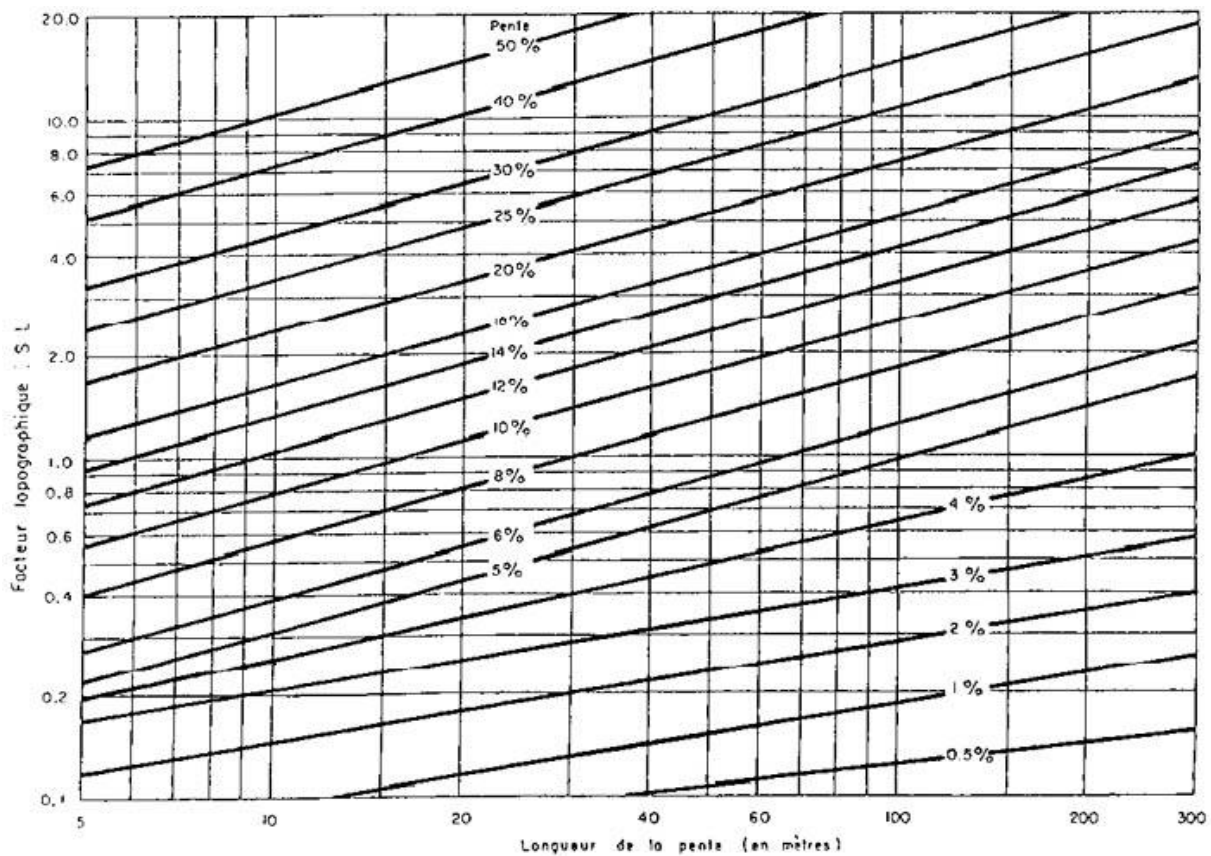


Figure I-4:Facteur topographique en fonction de la longueur de la pente et de son inclinaison

***Couvert végétal**

Le type de couvert végétal est absolument à prendre en compte puisque c'est de lui que va dépendre l'amortissement des gouttes de pluies, le ralentissement du ruissellement, et l'infiltration. Le facteur C tenant compte de la couverture dépend de:

- Le pourcentage de sol à nu : l'érosion intervient majoritairement sur des sols à nus lors d'épisodes pluvieux agressifs.

- La hauteur du couvert végétal : si celui-ci est trop élevé, l'amortissement des gouttes de pluies n'interviendra plus. En effet, après une première interception, les gouttes seront de nouveau rejetées vers le sol.

- l'architecture des plantes : des plantes en forme d'entonnoir (ananas) auront tendance à drainer l'écoulement et à provoquer des ravinements. A l'inverse, les plantes dites "parapluie" vont disperser les gouttes d'eau et donc diminuer leur énergie. (babanier).

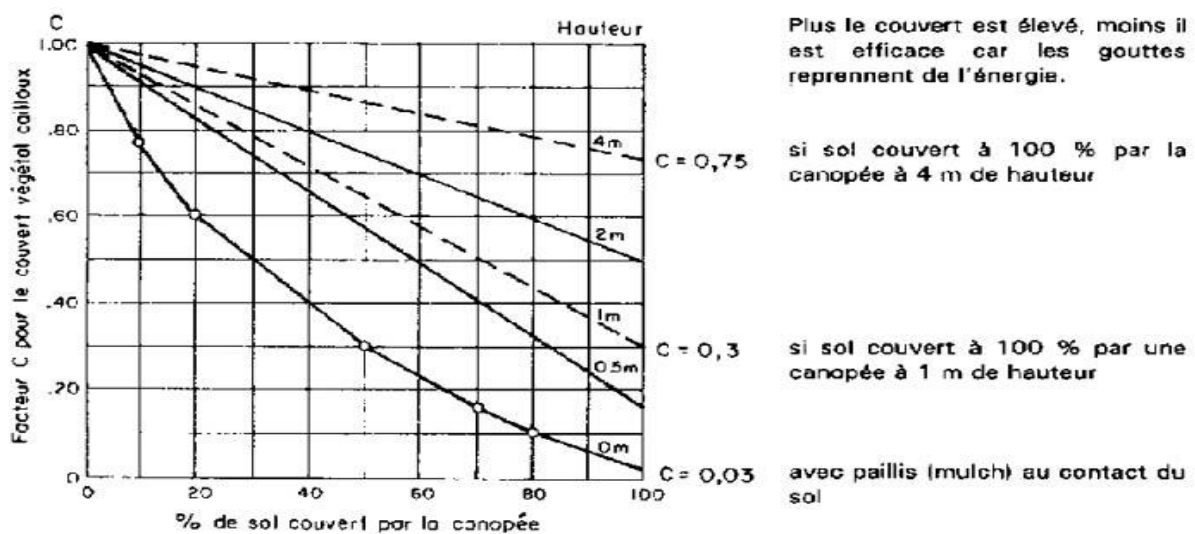


Figure I.5: Couvert végétal (Roose (1994,))

Par exemple, lorsque le couvert végétal est de 100 % mais qu'il se trouve à 4 m de hauteur, l'érosion sera de l'ordre de 75 % d'une parcelle nue. Si le couvert est à deux mètres, l'érosion sera de l'ordre de 50 %. S'il est à 50 cm, l'érosion sera encore de l'ordre de 18 %. Par contre, au cas où l'on a une litière, l'érosion sera réduite à 3 %. Si on regarde la baisse de l'érosion en fonction du pourcentage du sol couvert par le mulch, on observe une baisse très rapide de l'érosion pour une surface couverte relativement réduite. Par exemple, pour 10 % de sol couvert, l'érosion n'est plus que de 78 %, pour 20 %, l'érosion n'est plus que de 60 %, pour 50 % de sol couvert, l'érosion est réduite à 30 % de celle mesurée sur la parcelle nue témoin.

c- Formule de Gravilovic (1960)

Il a défini l'érosion spécifique, comme étant proportionnelle à la température, à la pluie et à un coefficient d'érosion, l'équation est donnée par l'expression I.8:

$$E_s = 3,14.T.P_0 \sqrt{Z^3} \quad (\text{I-8})$$

Où

Es : érosion spécifique dans le bassin versant (T/km².an)

T : coefficient de température

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10}} + 0.1 \quad (\text{I-9})$$

Avec :

t₀ : température moyenne annuelle en °C.

P₀ : pluie annuelle en (mm).

Z : coefficient d'érosion.

Avec

$$Z = y.[x.a](\delta + \sqrt{I_{\text{moy}}}) \quad (\text{I.10})$$

Où

y : valeur du coefficient de la résistance du sol dû à l'érosion. Il dépend de la roche mère, le type du sol et du climat.

[x.a] : Coefficient de régularisation du bassin versant, se rapportant à la protection des sols, des influences des phénomènes atmosphériques des forces érosives liées aux conditions naturelles. Il est aussi tabulé.

δ : équivalent numérique des processus visibles et nettement prononcés dans le bassin versant.

I_{moy} : indice de pente moyenne du bassin versant.

d-Formule de L'A.N.R.H (1970)

$$T_{ss} = 26.62 I_e + 5.071 I_p + 9.77 C_t - 593.59 \quad (\text{I-11})$$

T_{ss} : transport solide spécifique moyen annuel (T/Km².an)

I_e : indice lithologique (%).

I_p : indice des précipitations (%).

C_t : coefficient de torrentialité. C_t = D_d.F₁

D_d : Densité de drainage

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

L_i : longueur de tous les cours d'eau d'ordre « 1 » (K m).

F₁ = nombre de talweg/ surface fréquence des talwegs élémentaire

Cette formule est applicable dans les conditions suivantes :

$$I_e > 10\%$$

$$I_p > 300$$

e- Formule de Tixeront (1960)

$$Es = [S_1.Ta_1 + S_2.Ta_2 + S_3.Ta_3 + \dots S_n.Ta_n]. \quad (\text{I-12})$$

Avec :

Es : Erosion spécifique (t/Km².an).

Ta₁ , Ta₂ , Ta_n : Taux d'abrasion en fonction de la perméabilité du sol dans les sous Bassin (T/Km²).

S : superficie totale du bassin (Km²).

S₁ , S₂ , S_n : Superficie des sous bassins (Km²).

Maintenant, si on suppose que la totalité du bassin possède une même perméabilité,

$$\text{On a} \quad Es = K.Le \quad (\text{I-13})$$

Le : Lamé d'eau ruisselée moyenne interannuelle (mm).

K : constante

K : coefficient qui tient compte de la perméabilité des terrains.

K = 8,5 pour les terrains d'une perméabilité élevée.

K = 75 pour les terrains d'une perméabilité moyenne élevée.

K = 350 pour les terrains d'une perméabilité faible à moyenne.

K = 1400 pour les terrains d'une perméabilité faible.

K = 3200 pour les terrains perméables.

f- Formule de Fournier (1960)

$$Q_s = \frac{1}{36} \cdot \left[\frac{P}{P_a} \right]^{2,65} \cdot \left[\frac{H_{\text{moy}}^2}{S} \right]^{0,46} \quad (\text{I-14})$$

Q_s : l'apport solide moyen inter annuel (T/Km².an).

P : la pluviométrie du mois le plus arrosé (mm).

H_{moy} : l'altitude moyenne (mm).

P_a : la pluviométrie moyenne inter annuelle (mm).

S : la superficie du bassin versant (Km²).

I-2-1- Rappel Bibliographiques des travaux sur le transport solide en Algérie

Le phénomène d'érosion et l'envasement sont une véritable calamité en Algérie. La nature et la morphologie des terrains en pente, la fragilité du couvert végétal, le manque de boisement et l'urbanisation en amont des barrages engendrent une forte érosion qui réduit la capacité de stockage des barrages de 2 à 3% chaque année, suite à l'envasement dû au transport et au dépôt de sédiments par les eaux de ruissellement.

Touaïbia (2000) : le caractère irrégulier, aléatoire de l'érosion hydrique et sa discontinuité spatio-temporelle la rendent complexe.

Touaïbia (2001) : dans ces études sur le bassin Oued Mina, les zones marneuses sont sensibles à l'érosion hydrique et ont dépassé le seuil tolérable de 10 t/Ha.an.

Les rivières drainent souvent des collines et des montagnes marno-argileuses. Le courant provoque une érosion multiforme, avec la formation de ravins profonds et hiérarchiques, caractéristiques de mauvaises terres.

En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Les éléments de quantification concernant les taux et les concentrations d'érosion spécifique, issus des travaux de [16], donnent des chiffres allant de 20 à 500 tonnes/km²/an, avec une turbidité comprise entre 16 et 28 g/l. Le taux d'érosion spécifique atteint les 5.000 tonnes/km²/an dans le bassin de l'Agrioun qui alimente le barrage d'Ighil Emda (Bejaia). 120 millions de tonnes de sédiments sont rejetées chaque année dans la mer. L'irrégularité du climat influence directement les flux, qui sont caractérisés par :

- L'irrégularité saisonnière et interannuelle des flux d'eau ;
- La violence et la soudaineté des inondations : le débit du Cheliff peut dépasser les 4200 m³/s ;
- La sévérité et la durée des périodes basses eaux.

En Algérie, un effort louable a été entrepris depuis les années 1945 pour reforester les vallées (50.000 ha), les "bad-lands" ; fixer les ravines et corriger les oueds ; aménager 300.000 ha de terres cultivées en banquettes d'absorption ou de diversion (construites par les services de DRS) puis par la Direction Nationale des Forêts. Depuis 1978, la construction de banquettes a été suspendue, suite aux critiques des chercheurs, au rejet des paysans, et surtout, aux difficultés économiques. La lutte antiérosive a été restreinte à la protection des ouvrages d'art, à la reforestation, à la végétalisation des ravines et à la construction des grands barrages.

Pour les paysans, les seules actions de l'Etat concernent aujourd'hui l'amélioration foncière (c'est-à-dire, sous-solage des sols à croûte calcaire, qui augmente la productivité des céréales) et la création de petites retenues collinaires, fournissant de l'eau en tête de vallée pour le bétail, l'habitat et quelques hectares d'irrigation. Même cette politique est remise en cause par des hydrologues qui font remarquer que l'envasement des barrages n'a pas diminué depuis l'effort consenti par l'aménagement des hautes vallées.

Heusch (1970) et Demmak (1982) [16]: montrent que la majorité des sédiments piégés dans les réservoirs proviennent du ravinement, des glissements de terrain, des éboulements des berges et de la divagation des oueds. En fonction des objectifs des projets de lutte antiérosive en vue de réduire les nuisances à l'aval ou de préserver le capital foncier des versants, on cherchera un compromis permettant d'intervenir dans les vallées pour piéger les sédiments et stabiliser les berges tout en aménageant les versants pour réduire et retarder le ruissellement (améliorations foncières, talus enherbés,). Des méthodes de calcul économique existent, qui permettent de choisir les interventions de lutte antiérosive les plus efficaces, en se basant sur les coûts des traitements antiérosifs, des nuisances auxquelles on peut s'attendre en l'absence d'intervention.

Touaïbia (2003) : la couverture végétale, le coefficient d'écoulement, la surface et la densité de drainage sont autant d'éléments qui influent directement sur l'érosion hydrique sur les bassins versants, un modèle a été établi dans ce sens dans le cas du bassin versant de l'oued Mina dont la formulation est donnée par la formule I.24

$$Es = 34,12 \cdot S^{0,164} \cdot Dd^{-0,284} \cdot Ce^{0,573} \cdot Cv^{-0,329} \quad (\text{I-24})$$

Avec un coefficient de corrélation multiple de 0,95

F.A.O (1980) ; Demmak (1982) : les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par des roches et par les sols, en conséquence sur la quantité du sol susceptible d'être érodée. Une faible infiltration des roches affleurant indique qu'une grande quantité de sédiment d'eau ruisselée par conséquent une grande quantité de terre peut être emportée.

Chebbani (1999) : Les sols marneux lorsqu'ils sont secs restent non érodables, mais dès qu'ils atteignent une certaine humidité leur sensibilité à la détectabilité et au ruissellement augmente.

Roose (1994) : Les argiles, les marnes, les schistes, les basaltes, les gneiss sont très vulnérables au ravinement, les transports solides dans un bassin versant dépendent de la surface en roche de différents types (argileuses, marneuses, schisteuses..).

Tixeront (1960) : Ses travaux sont basés sur les données de 32 bassins d'Algérie et 6 bassins de Tunisie, dont la superficie varie de 90 à 22300 km².

L'auteur a procédé à la correction et l'homogénéisation des séries qui figurent dans les annuaires hydrologiques de l'Algérie. Après avoir regroupé les bassins en trois classes, suivant

un critère régional, il a essayé de mettre en évidence le rôle des facteurs suivants : précipitations, écoulement annuel, répartition saisonnière des pluies, le couvert végétal et les facteurs géomorphologiques dans la dégradation du sol.

Il a trouvé que :

- Les teneurs en suspension des trois groupes de bassins augmentent d'une façon générale lorsque le débit liquide diminue,
- Le substratum joue un rôle considérable,
- Le crétacé inférieur, Jurassique, les terrains primaires, cristallins et cristallophylliens manifestent un taux d'abrasion négligeable,
- Les bassins à plus forte abrasion se situent dans les régions sismiquement actives,
- La répartition régulière des pluies avec un maximum en saison végétative est favorable aux faibles teneurs.
- Une zone de 300 à 700 mm où l'érosion est très active ($1200 \text{ Tonnes.km}^{-2} .\text{an}^{-1}$).

Capolini (1965-1969) : L'auteur a entrepris une étude géomorphologique régionale sur le bassin de Cheliff, afin de mettre en clair le processus d'érosion qui conditionne les transports solides des principaux affluents de l'Oued Cheliff.

Il a basé son étude sur l'analyse morphométrique des réseaux (densité de drainage, coefficient de torrentialité) mise au point par les géographes Américains Schumm et Horton. L'application a permis de trouver des résultats encourageants sur les bassins du Rhiau et du Fodda. A partir de ces résultats, l'auteur a généralisé la méthode à l'ensemble du bassin de l'Oued Cheliff.

Les résultats ont permis à Capolini de :

- Proposer une quantification des débits solides en associant à chaque formation lithologique un débit spécifique,
- D'établir une relation statistique entre l'érosion spécifique des bassins et le coefficient de torrentialité,
- De suggérer la cartographie des zones susceptibles à l'érosion à partir de la carte du coefficient de torrentialité.

Sogreah (1969) : L'étude est basée sur les données d'observations recueillis au niveau de 9 barrages et 18 stations hydrométriques.

Sur un bassin de nature géomorphologique donné, le transport solide apporté par les crues croît avec le volume ruisselé.

Leurs résultats ont été présentés sous forme d'une relation graphique traduisant des relations de la forme :

$$T = a R_b$$

Ou : T est la dégradation spécifique exprimée en $T.km^{-2}.an^{-1}$,

R : la lame d'eau annuelle moyenne écoulée exprimer en mm,

$$b = 0,15$$

a : est un paramètre empirique variant avec le degré de perméabilité des bassins de 3,3 (perméabilité élevée) à 3200 (bassins imperméables).

I-2-2- Des études faites dans la région méditerranéenne et en Afrique :

Delhoume (1981), dans les régions méditerranéennes semi-arides, les sols sous forêts bien entretenus sont considérés comme non sensible à l'érosion.

Roose (1994), La litière et les végétations basses favorisent l'infiltration.

D'après **Razafiniaina** (2002), la couverture végétale agit de façon positive sur la réduction de la formation des croûtes donc sur l'amélioration de la rugosité, la limitation de la compacité et par conséquent une amélioration de l'infiltration. Les travaux de labour favorisent également l'infiltration par amélioration de la rugosité mais l'effet n'est pas durable car il suffit de deux pluies successives pour la réduire.

I-3-Conclusion

Après cette recherche bibliographique, plusieurs modèles ont été proposés dont chacun à son domaine d'application. Nous proposons le modèle de Wischmeier et Smith le plus utilisé parmi les modèles mathématiques de prédiction de l'érosion en nappe.

Chapitre 2:

Présentation de la région d'étude

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

Introduction :

Le bassin versant de l'Oued Cheliff- Ghrib a été choisi comme bassin d'application de notre travail pour la diversité des données qui y sont disponibles, et malgré l'absence quasi-totale d'études sur ce bassin.

L'abondance des données semble parfois induire une vision globale satisfaisante du bassin versant. En fait, les choses ne sont pas si simples et les mesures dont on dispose, ainsi que les interprétations qui en découlent sont parfois complexes.

Nous présentons ici les principales caractéristiques du bassin, les données du milieu physique dont nous disposons, et l'interprétation que nous pouvons en faire quant au fonctionnement hydrologique de notre site d'étude. [17]

II - Présentation de la zone d'étude :

II-1- Présentation générale :

Le bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib est de forme allongée dans l'axe du cours d'eau principal. L'oued est un affluent de l'oued Cheliff. L'exutoire se trouve à environ 20 Km au Sud-ouest de la wilaya de Médéa.

II-2- Situation Géographique :

Le bassin versant de l'oued Cheliff Ghrib fait partie du bassin de l'oued Cheliff (Figure II.1). Il se situe à 100 km au Sud-ouest d'Alger, entre 2°25' et 3°45' de longitude Est et entre 35°45' et 36°00' de l'altitude Nord. D'une altitude moyenne de 895 mètres, il draine une superficie de 1378,67 km². L'oued Cheliff Ghrib parcourt une distance de 79,9 km suivant une orientation Sud-est à l'Ouest du bassin versant, le relief atteint une altitude de 1500 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 400 mètres.

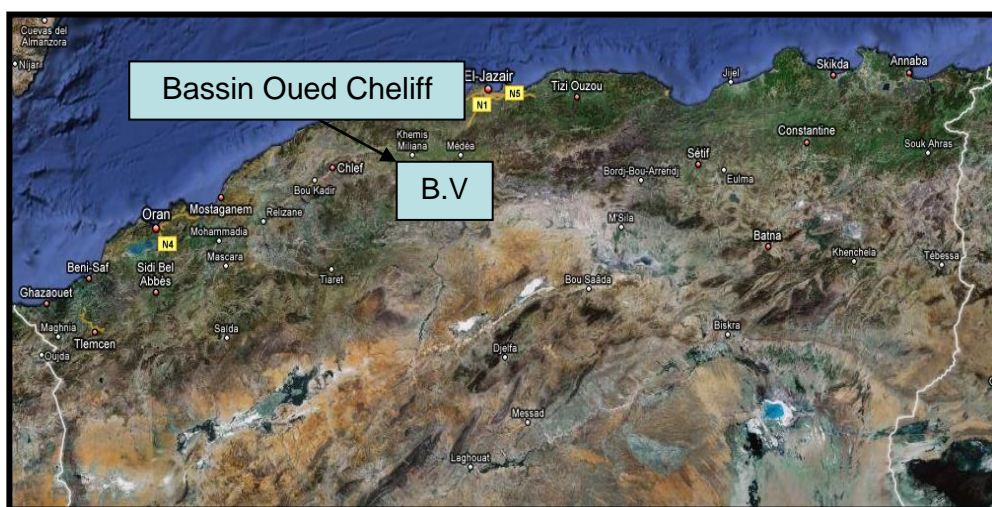
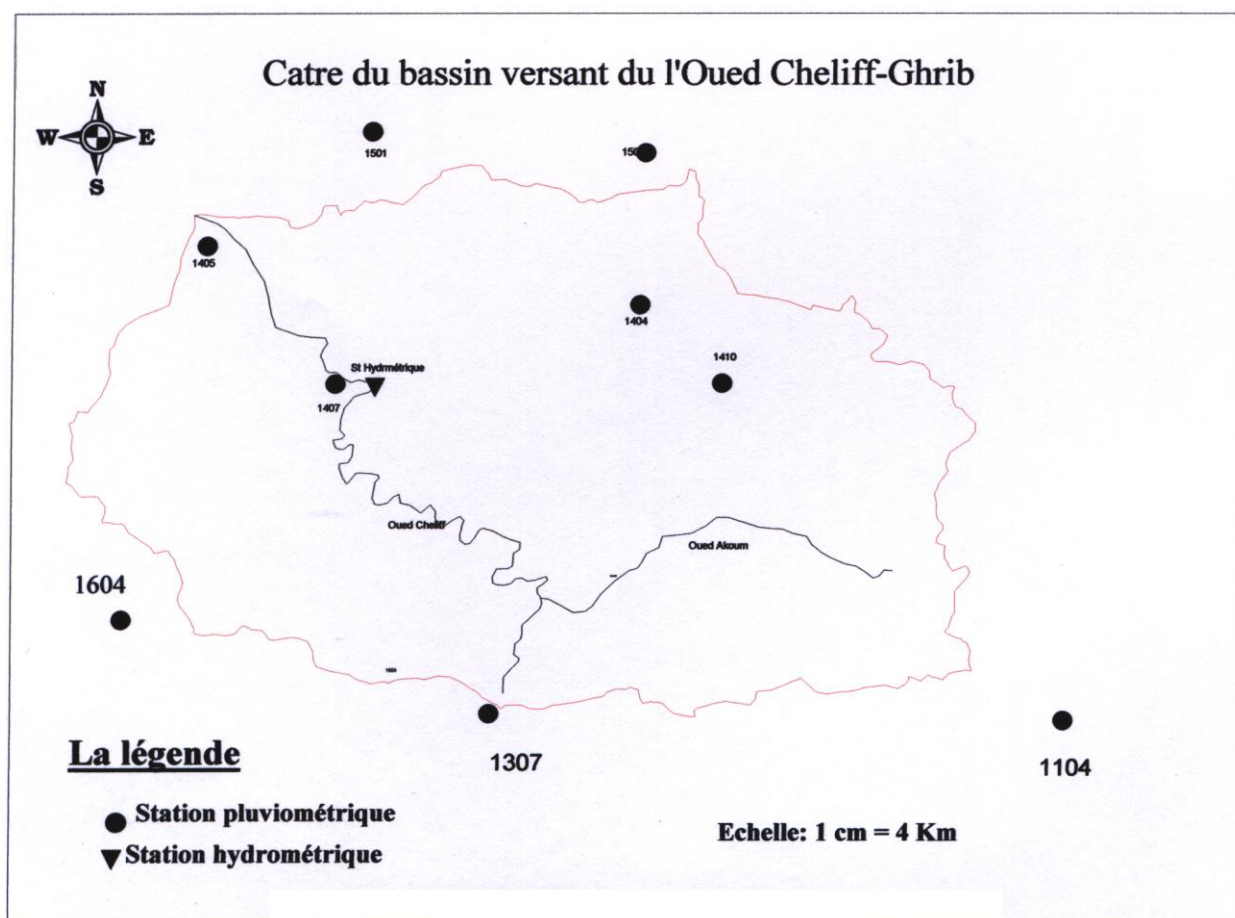


Figure II -1- Situation du bassin d'étude (oued Cheliff-Ghrib)



FigureII-2-Carte du bassin de l'oued Cheliff-Ghrib

II-3- Morphologie du bassin :

II-3-1- Caractéristiques physiques :

a-Géologie du bassin :

La structure tectonique joue un rôle prépondérant dans la morphologie de cette région (Berouaghia). A l'allochtone correspond des sommets élevés mais au relief assez mou et à l'architecture anarchique. Par contre, à l'autochtone crétacé correspond des reliefs orientés généralement Est-West, parallèles aux axes et replis tectoniques, cet ensemble est dominé par la terminaison occidentale des Bibans dont la masse de flysch culmine à 1249 m. Seule la vallée de l'Oued El Akoum est orientée Nord-Sud, constituant une excellente voie de passage pour la grande route Alger-Laghouat. A l'Est de Berrouaghia, une dépression topographique correspondant aux marnes du Crétacé supérieur sépare les Bibans de la zone sud –tellienne, et facilite les communications en direction de l'Est.

Le quaternaire est assez réduit. Outre quelques placage d'éboulis sur les pentes, il est constitué essentiellement de remplissage d'alluvions plus ou moins fins dans les lits des oueds, avec localement des restes de terrasses plus anciennes témoignant d'une reprise d'érosion actuelle.

Le Miocène affleurant dans la partie Nord de la feuille constitue la bordure méridionale du grand bassin de Médéa, qui se prolonge à l'Ouest par le bassin du Chélif et à l'Est vers Bouira.

Une série oligocène de même faciès que celle connue plus à l'Est sur la feuille Souagui au Draâ el Mensdjel, où l'on observe sur plusieurs centaines de mètres des grès grossiers à huitres, des marnes sableuses grises et des calcaires détritiques, attribués à l'Oligocène.

Sénonien autochtone – on distingue du bas en haut :

Épaisse série (460m) de marnes grés –bleuté, à petites intercalations calcaires (calcaires sublithographique brun-clair et calcaire argileux gris) avec au milieu de la série, une passée (70m) de marnes grises à boudins et miches calcaires abondants ; les marnes sont ferrugineuses au dessus de cette passée.

Cuesta de calcaire bien lités, gris calcaires dont l'épaisseur varie du 8 à 15 m du sud au Nord.

Au niveau des calcaires organogènes à Bryozoaires.

Gros bancs massifs de calcaires gris-clair à pâte fine, et avec à la base de rares niveaux marneux à débit schisteux.

b- Végétation du bassin versant :

Aux nappes telliennes, généralement dépourvues de toute végétation, s'oppose le Crétacé des Biban. Celui-ci est inégalement recouvert d'espèces différentes :

- au flysch Albien correspond une végétation où dominent les épineux et les chênes verts, accompagnés de rares chêne-liège ;
- sur les marnes cénomaniennes, formant la dépression de Berrouaghia, se cultivent la vigne et un peu de céréales ;
- sur les séries marneuses du Sénonien poussent, là où elle n'a pas été détruite par les chèvres et les moutons ou par le feu pendant la guerre, une maigre forêt de pins.
- Les pins d'Alep et les genévriers couvrent la majeure partie de la zone crétacée où ne se rencontrent que de maigres cultures de céréales dans les clairières ou dans l'étroite vallée du Cheliff.
- Par contre, dans le reste du pays, si les massifs gréseux ne supportent que des broussailles éparses, les dépressions marneuses et les grandes vallées alluviales sont couvertes par de riches cultures de céréales (blé et orge).

II-3-2- Caractéristiques climatique :

Le climat d'une région est influencé par de nombreux paramètres climatologiques qui sont :

- la température
- les précipitations
- les vents
- l'évapotranspiration
- l'humidité

Ces données sont prises de l'étude de (SELTZEIR) : « climat d'Algérie » à l'A.N.RH de Blida ou de l'O.N.M de Dar el Beida.

- la climatologie a essentiellement pour but :
- L'analyse complète des éléments météorologiques qui déterminent le climat
- La recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent.

a-Température de l'air :

C'est l'un des éléments les plus importants de la radiation solaire. Un certain nombre de phénomènes physiques tels-que l'évaporation, le dégel de l'eau, la gelée blanche. La dilatation et la concentration de certains matériaux : phénomène physiologique ou pathologique tel que la transpiration sont liées à la température de l'air. La température dont il s'agit est la température de l'air mesurée à l'ombre dans un abri météorologique.

Le tableau ci dessous donne les valeurs de la température de l'air de station d'EL-Khmis sur une période de trois ans.

Les différents paramètres sont présenté par :

-m : la moyenne de tous les minimums (sur une période de « ans)

-M : la moyenne de tous maximums (sur une période de « ans)

-(M+m)/2 : c'est la moyenne mensuelle (demi-sommes)

-M-m : c'est la différence de la température (Maximum et minimum)

D'après les observations recueillies auprès de la région d'Elkhemis

On remarque la température moyenne mensuelle varier de 10,9⁰C en janvier jusqu'à 29⁰C en Aout.

La température moyenne mensuelle de la région d'EL-Khmis est de 18,5⁰C

La température maximale correspondant au mois d'Aout est de 37,9⁰C alors que le minimum est de 6,02⁰C en janvier

D'autre part, les moyennes annuelles des températures minimales sont de 10,6⁰C et maximal de 28,9 ⁰C ; l'écart le plus faible pour la station d'EL-Khmis est de 9,4⁰C

station	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T moy
El-Khmis	M	15,6	19	20,15	23,5	25,86	31,13	34,11	37,9	32,91	25,64	18,04	17,36	28,9
	m	6,2	4,9	3,8	6,7	10,6	14,5	19,98	19,8	18,09	15,56	8,05	6,02	10,6
	M+m/2	10,9	11,95	11,97	15,1	18,23	22,81	27,04	28,85	25,5	25,6	13,04	11,69	19,7
	M-m	9,4	14,1	16,35	16,8	15,26	16,63	14,13	18,1	14,82	20,08	9,99	11,34	18,3

Tableau II-1- La température de l'air de la station d'EL-Khmis

b- La grêle :

La grêle a des effets négatifs sur l'agriculture, surtout pour les petites plantes, à El khemis, les fréquences les plus élevées sont remarquées en janvier, février et mars. (1,6, 1,8, 1,4), alors qu'à Djendel elles sont de (1,4, 1,7, 1,1).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
El Khemis	1,6	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0	0	0,1	0,1	0,3	0,5	7,9
de Djendel	1,4	1,7	1,1	1,1	0,5	0,2	0,1	0	0,1	0	0,3	0,7	7,2

Tableau II-2-les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91)

c- La gelée blanche :

La gelée blanche est nuisible pour les cultures, à cet effet une étude sur les fréquences s'avère nécessaire pour avoir une bonne idée sur le genre de culture qu'on devrait pratiquer.

Les fréquences les plus élevées sont remarquées en juin, juillet pour El Khemis et pour Djendel

Mois / station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
El Khemis	0	0,1	0,3	1,1	2,0	3,3	6,6	4,7	1,4	0,2	0,1	0,1	19,8
Djendel	0	0,1	0,4	0,2	0,6	3,3	6,2	4,6	1,6	0,1	0	0,1	19

Tableau II-3- Les fréquences de la gelée blanche (sur une période de deux ans)

d- L'humidité :

Les mois les plus humides de l'année s'étalent de juin jusqu'à septembre avec des fréquences maximales de 10,3 ; 11 ; 11,3 ; 11,9.

Mois/ Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Médéa	5,8	5,4	6,6	6,9	8,9	10,3	11,0	11,3	11,9	8,9	6,8	5,9	8,2

Tableau II-4-Les fréquences d'humidité

e- Le Sirocco :

C'est un vent sec, chaud chargé de poussières, il influe sur la nature du climat.

Dans la région on remarque que les fréquences les plus élevées sont de Juillet et Aout.

Mois/ Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
El Khemis	0	0,1	0,3	1,1	2,0	3,3	6,6	4,7	1,4	0,2	0,1	0	19,8

Tableau II-5-Les fréquences de Sirocco

f- Le vent :

Le vent est un air en mouvement qui se déplace des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

Dans la région, en général il est faible puisque sa force est comprise entre 1,4 et 2.

(Pour $1 < F < 2$ donc vent faible avec F : la force de vent)

Mois/ Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
El Khemis	1,5	1,8	2	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	19,5

Tableau II-6-Les fréquences des vents

II-3-3- Caractéristiques De Forme :

La forme du bassin versant est la configuration géométrique telle qu'elle est projetée sur un plan horizontal. Elle influence directement le temps de réponse du bassin, c'est à dire sur le temps de parcours des eaux à travers le réseau de drainage et par conséquent sur l'hydrogramme de crue (Llamas, 1992).

a-Indice de compacité ou indice de Gravélius :

Il est défini par la relation II-2

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (\text{II-2})$$

Avec :

P : Périmètre du bassin en Km

S : Surface du bassin en Km^2

Si, K_c tend vers 1 : le bassin est ramassé

Si, $K_c > 1$ le bassin est allongé

b-Coefficient de forme « Rf »

Selon Horton, ce paramètre est le rapport entre la superficie du bassin et le carré de la largeur (Lm):

$$R_f = \frac{A}{L_m^2} \quad (\text{II-3})$$

Avec : A : surface du bassin en Km^2

L_m : distance entre l'embouchure et le point le plus éloigné du bassin suivant le cours d'eau principale en Km

c- Coefficient de forme « Kf »

Il exprime le rapport entre la largeur moyenne et la longueur axiale.

$$Kf = \frac{Bm}{La} \quad (\text{II-4})$$

Avec :

Bm : largeur du cours d'eau principal en Km

La : longueur axiale du bassin en Km.

d-Elancement « Re »

Ce rayon de circulation entre la superficie du bassin et celle du cercle dont la circonférence est égal au périmètre du bassin, soit :

$$Re = \frac{4 \Pi A}{P^2} = 12.56 \cdot \frac{A}{P^2} \quad (\text{II-5})$$

Sa valeur est 1 pour un bassin circulaire et de 0.78 pour un bassin carré.

e-Rectangle équivalent

Il est défini par sa longueur "L" et sa largeur "l" et par la même surface du bassin versant "S".

Les dimensions de ce rectangle sont données par les formules suivantes :

$$\text{La longueur} : L = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{Kc} \right)^2} \right] \quad (\text{II-6})$$

$$\text{La largeur} : l = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{Kc} \right)^2} \right] \quad (\text{II-7})$$

II-3-4- Caractéristiques De Relief :

a-Hypsométrie des bassins :

La variation d'altitude à l'intérieur d'un bassin ainsi que l'altitude moyenne sont des données essentielles aux études de la température et des précipitations (Llamas, 1992).

La description détaillée de l'élévation d'un bassin est donnée par les courbes hypsométriques, et à partir de celles –ci, nous pouvons déterminer les caractéristiques de relief, à savoir.

L'altitude maximale (Hmax).

L'altitude minimale (Hmin).

L'altitude médiane correspond à 50% de la surface (H50%).

L'altitude moyenne (Hmoy) déterminée par l'expression II.8.

L'altitude correspond à 5% de la surface (H5%)

L'altitude correspond à 95% de la surface (H95%)

La dénivelée (D= H5% - H95%).

$$H_{\text{moy}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot H_i}{A} \quad (\text{II-8})$$

Avec :

Hmoy : altitude moyenne du bassin(m)

Si : surface comprise entre deux courbes de niveaux i et i+1 (Km2)

hi : altitude entre ces deux courbes de niveaux (m)

A : surface totale du bassin versant en Km2

b-Indice de pente :

Selon Dudreuil (1974), le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant pour permettre des comparaisons et des classifications entre bassins. Ils sont déterminés à partir de la connaissance des courbes hypsométriques.

c-Indice de pente de roche « Ip » :

Il permet de déterminer la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant, il est calculé par l'expression II.9.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^N \sqrt{B_i (a_i - a_{i-1})} \quad (\text{II-9})$$

Avec :

Ip : indice de pente de roche en %

B_i : fraction de surface comprise entre l'altitude ai et ai+1 (ai, ai+1) altitude des courbes de niveau du bassin (m).

L : longueur du rectangle équivalent en Km.

a_{i+1}, a_i : Côtes de ligne de niveaux du bassin en m.

d-Indice de pente globale Ig :

Il est utilisé pour la classification des bassins versants, cet indice est déterminé par la formule II.10 :

$$I_g = \frac{D}{L} \quad \text{en \%} \quad (\text{II-10})$$

Avec : D : Dénivelée en m.

L : Longueur du rectangle équivalent en Km.

e-Pente moyenne d'un bassin versant «Im » :

La pente moyenne d'un bassin versant peut se calculer par l'expression II-11.

$$I_m = \frac{H(0.5L_{1+} + L_2 + L_3 + + 0.5L_n)}{A} \quad (\text{II-11})$$

Avec :

I_m : pente moyenne du bassin en (%).

H : hauteur entre deux courbes de niveaux consécutives (m).

L_i : longueur de la courbe de niveau (Km).

A : superficie du bassin versant (Km^2).

L : longueur du rectangle équivalent en (Km).

II-3-5- Paramètres Du Réseau Hydrographique :

a-Densité de drainage Dd :

C'est le rapport de la longueur totale des talwegs à la surface du bassin versant, elle est exprimée en Km/Km^2 , soit :.

$$Dd = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{S} \quad (\text{II-12})$$

Avec : $\sum_{i=1}^n l_i$: Longueur totale cumulée des talwegs

S : Surface du bassin versant (Km^2).

b-Coefficient de torrentialité (C_t) :

$$C_t = F_t \times D_d \quad (\text{II-13})$$

Avec : F_t : Fréquence des talwegs élémentaires : $F_t = \frac{N}{S}$.

N : Nombre des talwegs d'ordre 1.

c-Temps de concentration :

C'est le temps que met une goutte de pluie la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. Il peut être calculé par la formule de Giandotti.

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} \quad (\text{II-14})$$

Avec :

L : longueur du talweg principal qu'est égale à 79,9 Km
Tous les résultats de calcul sont résumés dans le tableau II-7

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Superficie	A	Km ²	1378,63
Périmètre	P	Km	175,67
Indice de compacité	K _c	/	1,32
Longueur du rectangle équivalent	L _R	m	66,92
Largeur du rectangle équivalent	l _R	m	20,6
Indice de pente de Roche	I _p	%	5,39
Indice de pente global	I _g	%	9,26
Dénivelée spécifique	D _s	m	344
Type de relief	/	/	fort
Altitude moyenne	H _{moy}	m	895
Altitude maximale	H _{max}	m	1500
Altitude minimale	H _{min}	m	400
Altitude à 5%	H _{5%}	m	943
Altitude à 95%	H _{95%}	m	814
Longueur des thalwegs retenus	L _{pt}	Km	1246,18
Longueurs des thalwegs permanents	L _p	Km	79,91
Longueurs des thalwegs temporaires	L _t	Km	1166,27
Densité de drainage totale	D _d	Km/Km ²	0,90
Densité de drainage permanente	D _d	m/Km ²	56
Densité de drainage temporaire	D _d	Km/Km ²	0,84
Pente moyenne de l'oued chelif-Ghrib	I _{c moy}	%	29,63
Coefficient de torrentialité	C _t	/	0,08
Temps de concentration	T _c	Heures	15,07
Classification de Horton	Ordre	/	06

Tableau II-7- Caractéristiques géométriques et hydromorphométriques du bassin

Chapitre 3:

Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

Chapitre III : Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

Introduction :

Les méthodes d'approches traditionnelles de gestion des données environnemental sont devenues de plus en plus inadaptées vu les rythmes des changements des indicateurs (occupation du sol, pluviométrie, etc...). Elles sont lourdes à mettre en œuvre et ne peuvent suivre le rythme des aménagements intégrés des bassins versants, d'où leur relative inefficacité.

Afin de combler cette déficience, l'utilisation des nouveaux outils d'investigation tels que la télédétection, la cartographie numérique et les techniques des systèmes d'information géographiques est nécessaire. Ces dernières sont particulièrement bien adaptées aux problèmes des aménagements intégrés des bassins versants et la cartographie des champs d'inondation et d'érosion. Par suite de la complexité de la modélisation des données nécessaires à la gestion du monde réel, il est important de stratifier ce monde afin de garantir une efficacité à sa gestion.

C'est dans cette optique, que nous allons étudier les pertes de sol à l'aide du Systèmes d'information géographiques (SIG) et vertical Mapper.

III-1-Approche méthodologique :

La démarche adoptée s'articule autour des points suivants :

- Délimiter le bassin versant à étudier,
- Caractérisation spatiale du bassin versant. Plusieurs couches d'information sont nécessaires pour atteindre notre objectif : topographie, carte d'occupation du sol, pluviométrie et d'autres couches auxiliaires (limites administratives, carte numérique d la ville, etc...),
- Présentation de la force des SIG pour l'élaboration des cartes de synthèses,

III-2- Supports et moyens de travail :

III-2-1- Supports cartographiques et image :

Les composantes descriptives de notre SIG, ont été relevées sur les différents supports :

Topographie : une carte topographique qu'on au 1/25000°, scannées puis calées et géo-référenciées sous MAPINFO. Les courbes de niveau et le réseau hydrographique ont été numérisés à partir des mêmes cartes.

III-2-2- Moyens de travail :

L'acquisition des données se fera par numérisation des cartes citées, qui nécessite un traitement pour la réalisation des différentes couches d'information en la rendant exploitable en format numérique. Les logiciels utilisés sont :

Le logiciel MAPINFO est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer, traiter et à cartographier l'information géographique. Il compile, assemble, croise des données thématiques professionnelles avec des données génériques vecteurs ou raster.

Le logiciel VERTICAL MAPPER est un logiciel complémentaire important de MapInfo. Les principaux apports de Vertical Mapper concernent la mise à disposition de nouvelles techniques d'analyse des informations localisées qui varient de manière continue dans l'espace ; la capacité de comparaison et d'analyse sur de multiples couches de données ; et des visualisations originales. Outre les types de données connues sous Map Info que sont les Points, les Polygones et les Polygones, Vertical Mapper introduit un nouveau type le grid-file mieux adapté pour représenter des données qui varient de manière continue dans l'espace comme l'ensoleillement, la pollution, la température ou l'altitude.

III-3- Initiation au logiciel Vertical Mapper :

Dans cette partie, on va donner les principales fonctionnalités du logiciel Vertical Mapper, et montrer à force dans l'élaboration des MNT et ses produits dérivés.

III-3-1- Elaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT) :

A l'image de la carte topographique pour la cartographie traditionnelle, le MNT est devenu l'une des couches d'information les plus utilisées dans un SIG-numériques pour les sciences de la terre. Les raisons sont les mêmes qu'au paravent, car l'altitude apparaît comme paramètre explicatif pour de très nombreux phénomènes (ruissellements, inondations, érosions, etc...).

a-Acquisition des données :

L'acquisition des données altimétriques a été numérisée à partir des courbes de niveau sur écran à partir de la carte existante au 1/25000^{ème} (voire la procédure ci-après).

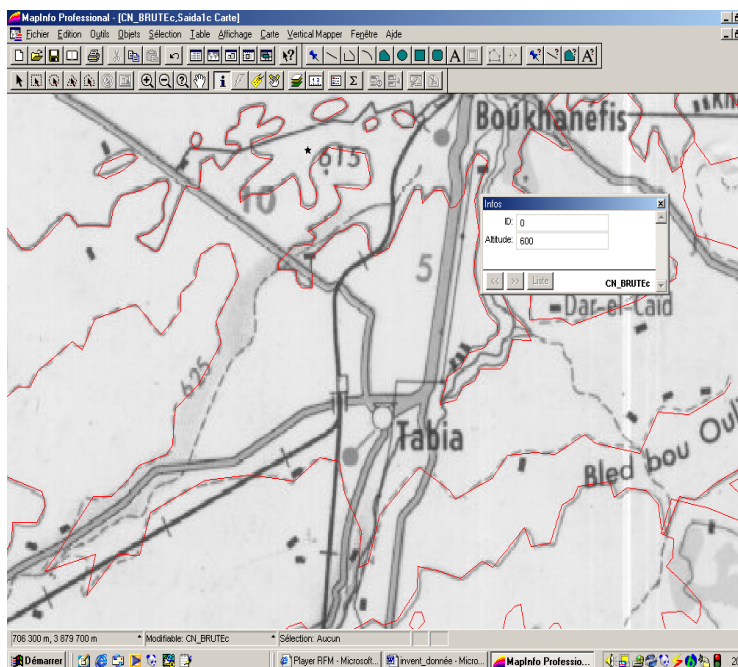


Figure- III-1 - Digitalisation des courbes de niveau sous MAPINFO

Pour obtenir un fichier d'interpolation (le GRID[.GRD]) on a besoin des points connus en X Y Z. A cet effet, il était nécessaire de transformer les lignes en points. L'une des fonctions du logiciel VERTICAL MAPPER est «poly2point ». Cette fonctionnalité nommée «Poly to Point » crée une table de points, à partir d'une table d'objets de type «poly ligne» ou «polygone». Les attributs attachés aux tables en entrée sont conservés au niveau des objets ponctuels dans la table créée.

Cliquez « GO » et donnez le chemin de la table des courbes de niveaux. Ensuite donnez un nom au fichier de point extrait à partir de celui des courbes.

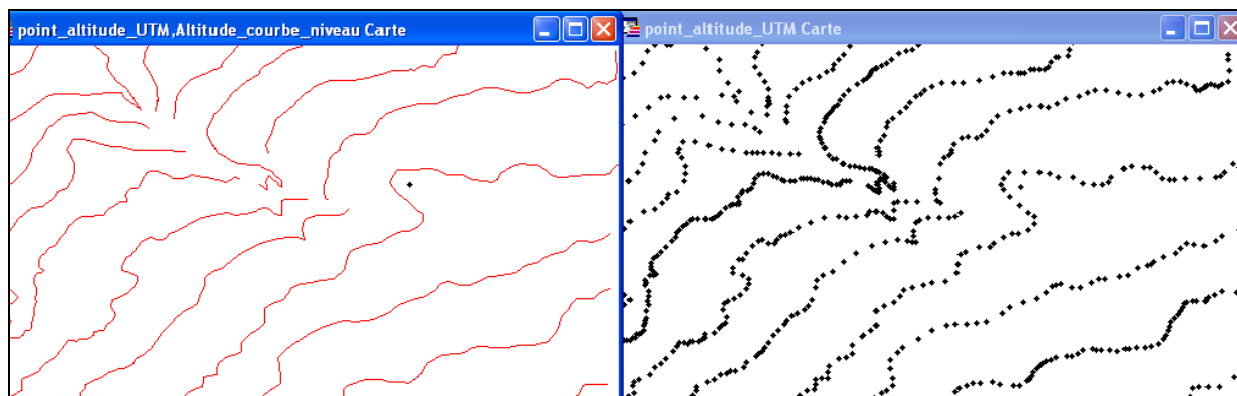


Figure III-2- Exécution l'application POLY2POINT du logiciel VerticalMapper

La possibilité de générer des grids à partir des lots de données des utilisateurs est une des fonctionnalités importante de Vertical Mapper. En général le processus de création de grille créé un maillage imaginaire rectangulaire. L'interpolation est alors faite à partir des cellules de ce maillage. Choisir une technique de création de grille parmi les différentes solutions possibles dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des données, leur distribution, l'utilisation postérieure attendu du résultat et de savoir si l'on veut obtenir un grid numérique ou un grid classier.

Le logiciel VERTICAL MAPPER pour MAPINFO met à disposition plusieurs méthodes d'interpolation. Nous allons utiliser la triangulation avec lissage (*TIN -based*) qui est une triangulation de Delaunay.

La triangulation de Delaunay est appliquée pour construire des grids avec des données qui ne nécessitent pas de moyennes locales. La triangulation irrégulière utilise un réseau de triangles aussi équilatéraux que possible qui vont connecter les points du lot de données. Cette triangulation est appelée triangulation de Delaunay. Cette solution est très utile pour travailler sur des lots de données de répartition spatiale quelconque où l'on souhaite faire participer chaque information à la constitution du résultat.

Cette triangulation est produite par un procédé qui connecte tous les points originaux par un réseau de triangles réguliers, aussi équilatéraux que possible. C'est la règle de Delaunay qui fixe que chaque triangle formé définit un cercle circonscrit qui ne contient aucun autre sommet de

triangle. Une expression polynomiale calcule l'attribut de chaque point (X et Y) de chaque face en résolvant l'équation linéaire du plan (option « Linear Solution »).

- Ouvrir la table des points à interpoler.
- Choisir VerticalMapper >>Grid Creation >>Interpolation >>Triangulation with smoothing»

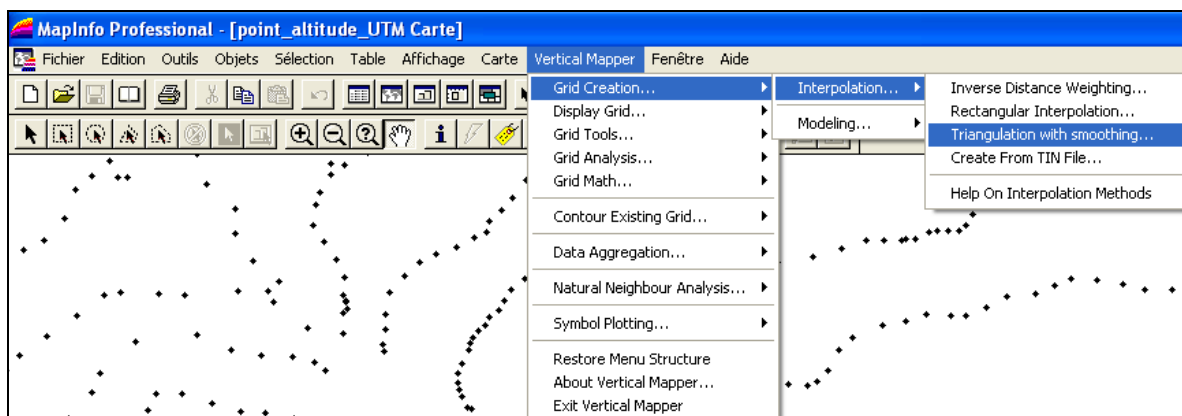


Figure III-3-Méthode d'interpolation (triangulation) étape1.

- Choisissez la table et la colonne à traiter dans le dialogue suivant.
- Choisir le Mètre comme unité de travail dans la fenêtre « Unit Type » et cliquez OK>>

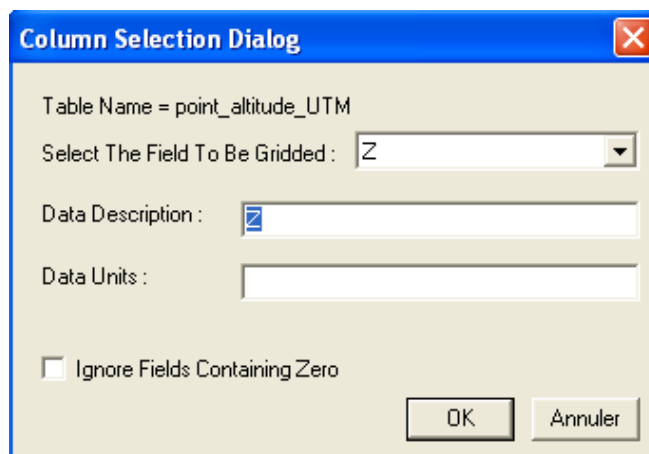


Figure III-4-Méthode d'interpolation (triangulation) étape2.

Choisissez « Create TIN and Grid Files » pour créer le réseau de triangle et la grille du MNT à partir de ce dernier.

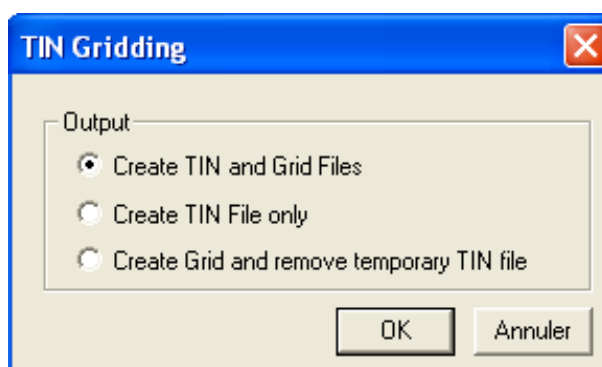


Figure III-5-Méthode d'interpolation (triangulation) étape3.

- Diminuer le plus grand côté des triangles dans « Max. Triangle Side Length (Set) » pour ne pas extrapoler dans les bords de la carte.

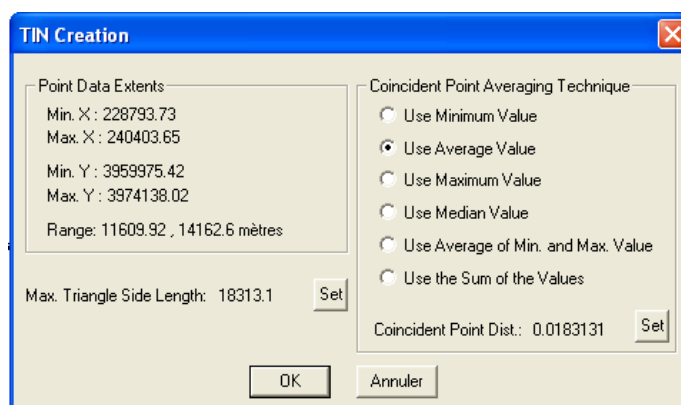


Figure III-6-Méthode d'interpolation (triangulation) étape4.

- choisir un nom au fichier du réseau des triangle (*.tri) et enregistrer.

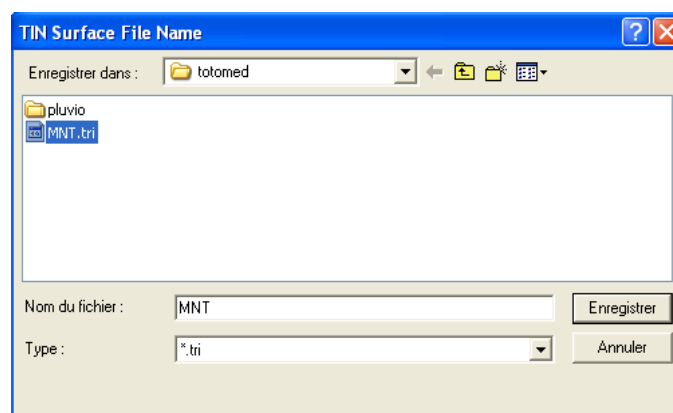


Figure III-7-Méthode d'interpolation (triangulation) étape5.

Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

- Changer la taille de la maille de la grille suivant vos objectifs et la capacité de vos machines. Et n'oubliez pas de cocher « create Mif from Tin surface » pour que vous puissiez visualiser la triangulation de « delaunay ».

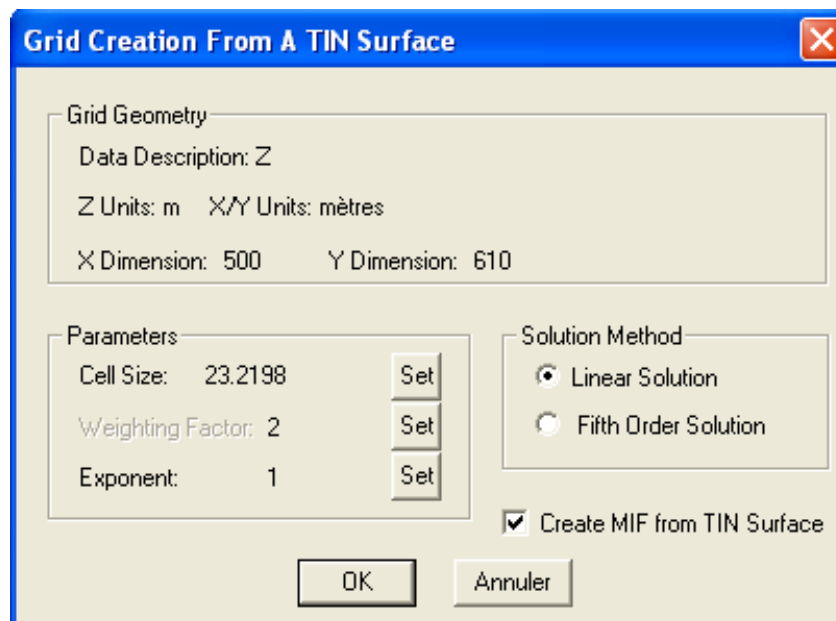


Figure III-8-Méthode d'interpolation (triangulation) étape6.

Choisir un nom au fichier de la grille (*.grd) et enregistrer.

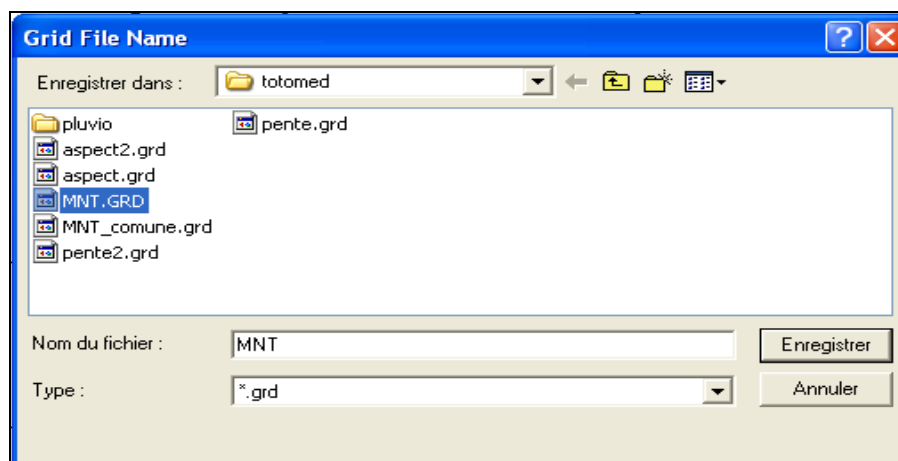


Figure III-9-Méthode d'interpolation (triangulation) étape7.

Une fois la grille (le fichier grid) créée. Vertical mapper offre quatre (04) possibilité de la visualisation.

- En couleur continue (colour and display grid)
- En couleur estompé (hill shade and display grid)

Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

- En trois dimensions (3D) (run 3D grid viewer)

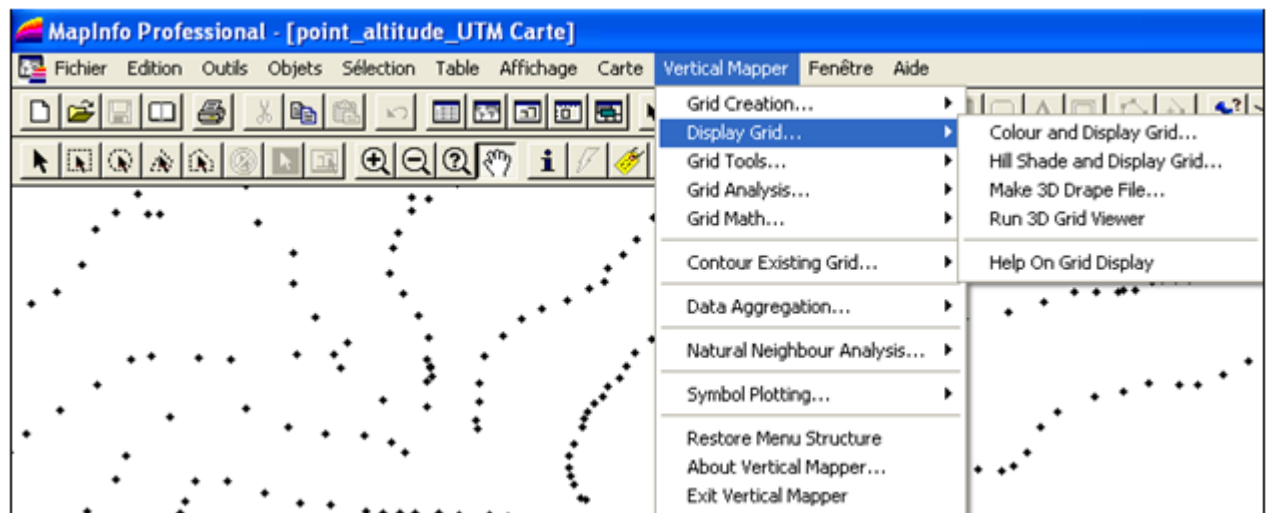


Figure III-10-Méthode d'interpolation (triangulation) étape8.

- Le résultat sera de la manière suivante :

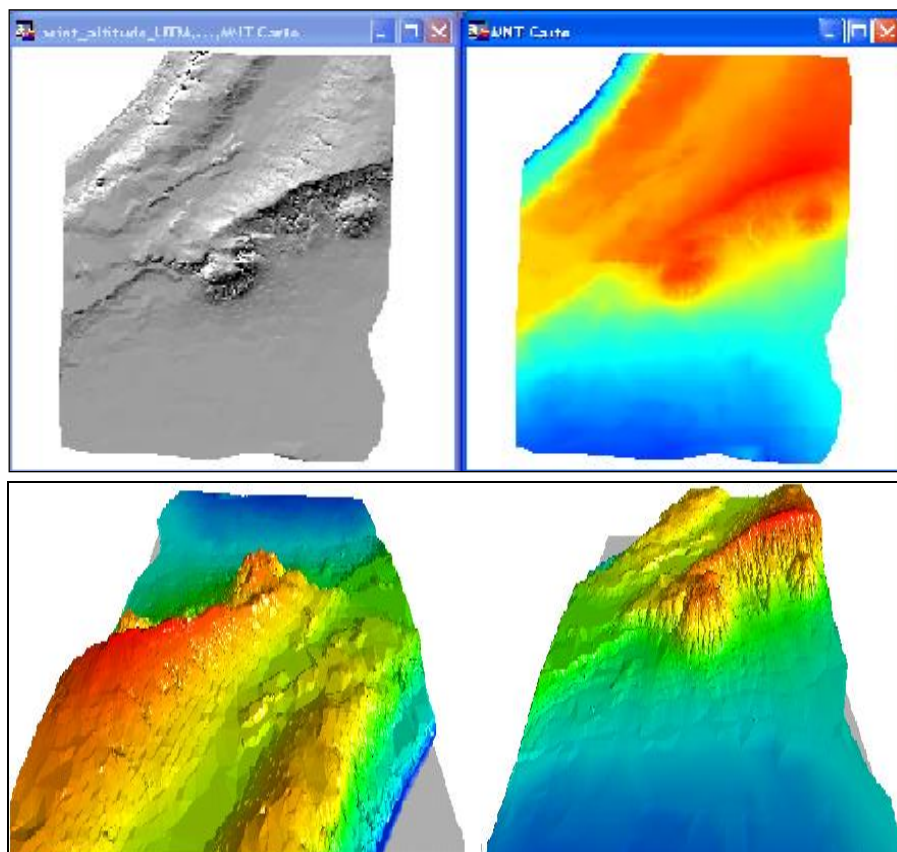


Figure III-11-Resultat d'interpolation (triangulation)

b-Extraction du MNT de la zone d'étude

Avant de commencer, Fermer tous dans Mapinfo, et ouvrez la table du MNT et celle des limite de la zone d'étude (limite administrative d'une commune, limite d'un bassin versant...). Et sélectionner la zone.

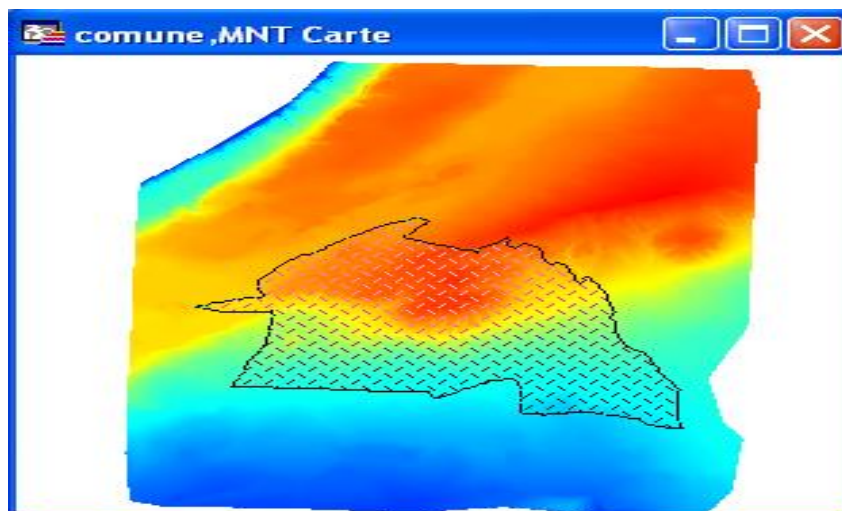


Figure III-12- Extraction du MNT de la zone d'étude étape1

Choisissez Vertical Mapper >> Grid Tools >> Trim Grid To Boundary et ouvrez la grille du MNT (MNT.grd)

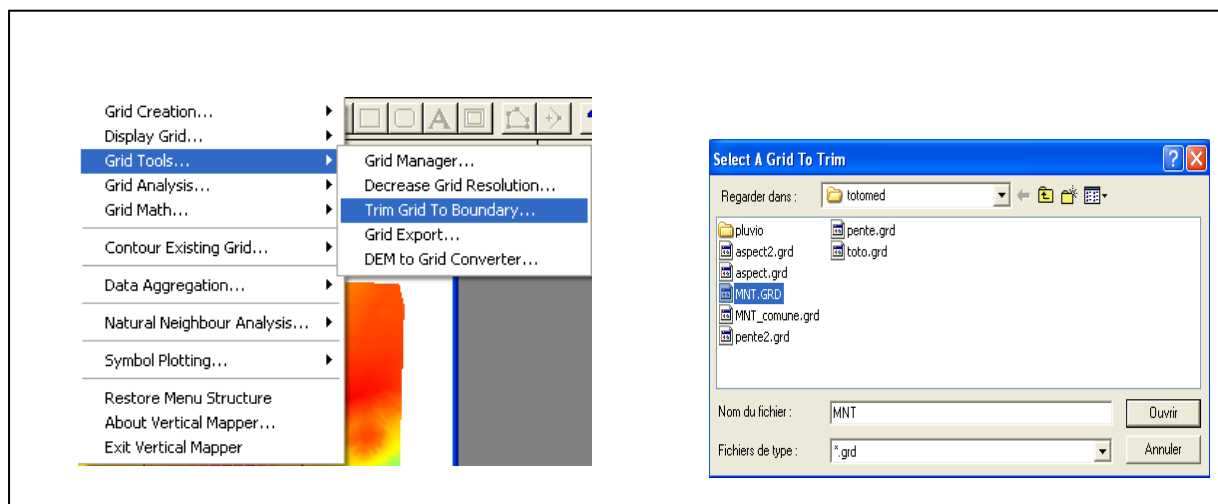


Figure III-13- Extraction du MNT de la zone d'étude étape2

Ensuite entrez un nom pour le fichier grille du résultat. Et visualiser le résultat (toujours avec « colour and display »).

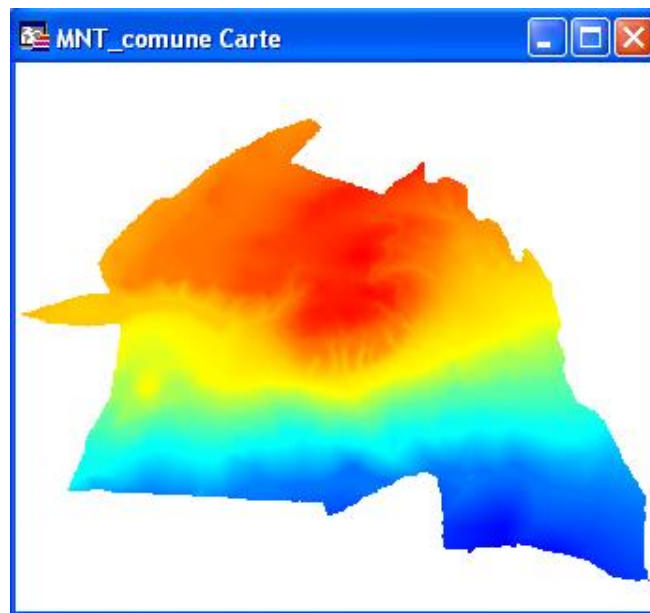


Figure III-14- Extraction du MNT de la zone d'étude étape3

III-3-2- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) :

Le logiciel VERTICAL MAPPER permet la création automatique de la carte des pentes à partir du MNT à l'aide de la fonctionnalité (create slope&aspect).

- Choisir VerticalMapper >>Grid Analysis >>create slope&aspect grid

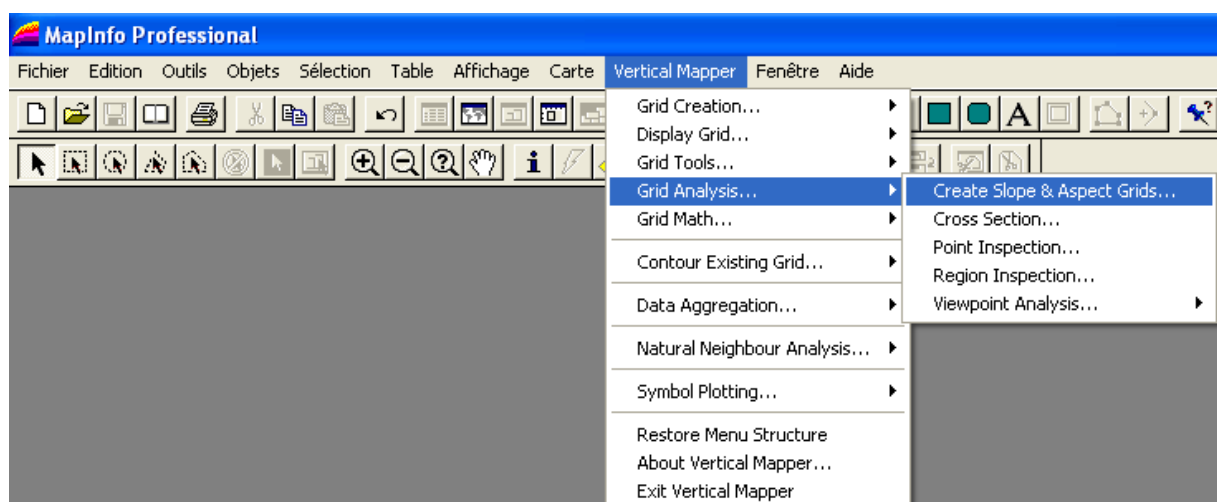


Figure III-15- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape1

- Ouvrir la grille du MNT que vous voulez dériver ses produits.

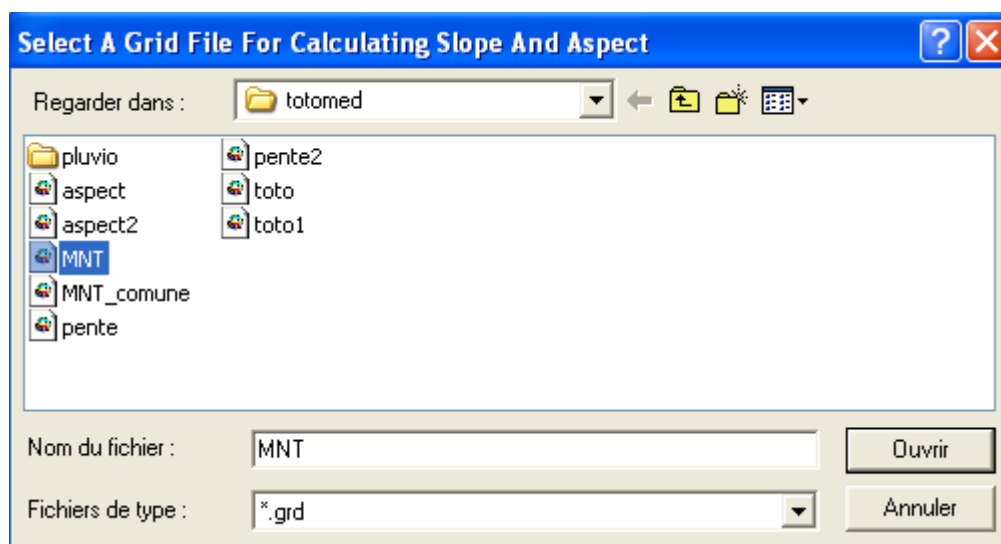


Figure III-16- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape 2

- Sélectionner dans la fenêtre suivante les paramètres de la carte des pentes et celle des aspects

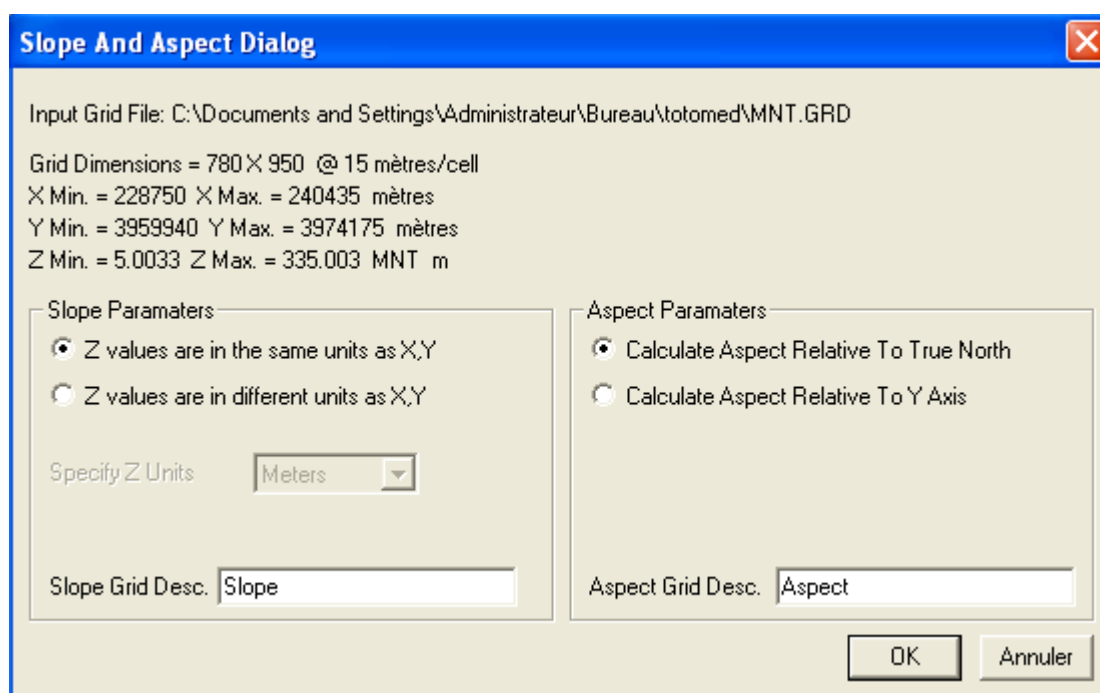


Figure III-17- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape3

Ensuite donnez des noms aux fichiers grids des pentes et des aspects

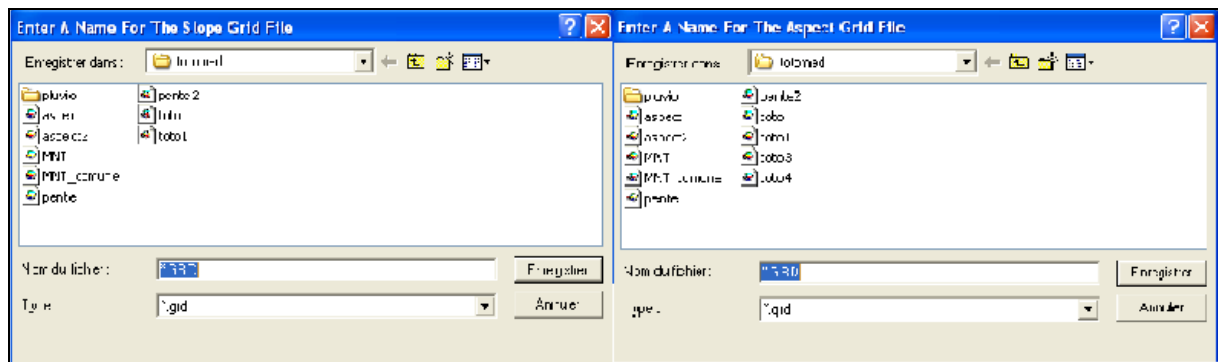


Figure III-18- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) étape4

Enfin vous pouvez visualiser les deux grilles avec « colour and display »

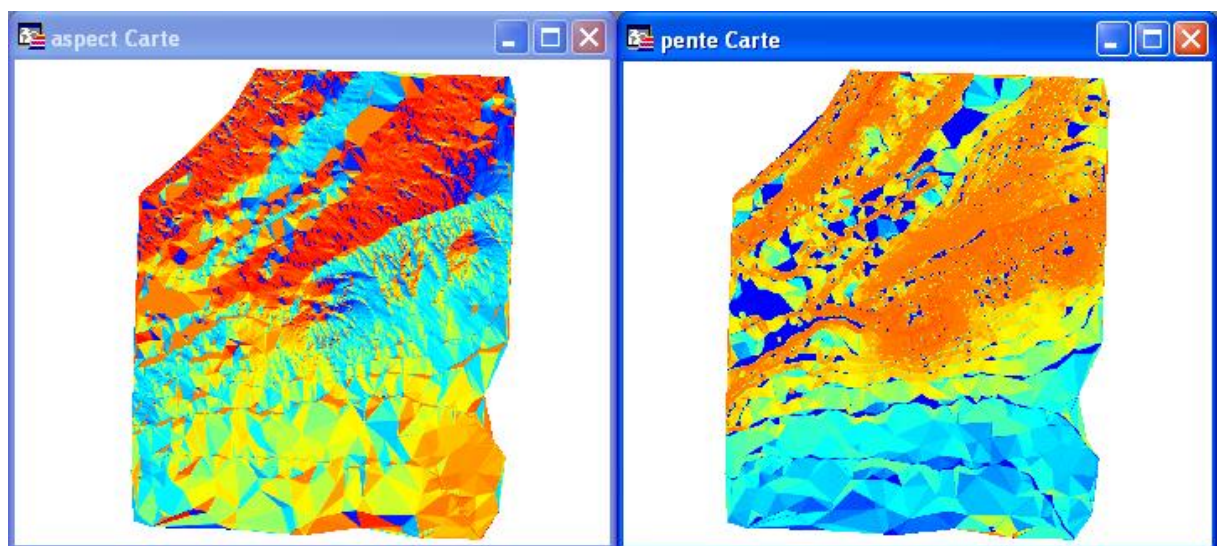


Figure III-19- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation) Resultat

III-3-2-1- Opération sur les grilles :

a-Création d'une carte hypsométrique :

Pour créer une telle carte avec le Vertical Mapper il faut que vous disposiez d'un fichier « Grid » et suivre ces étapes :

Choisir VerticalMapper >>contour existing grid >>create region contour

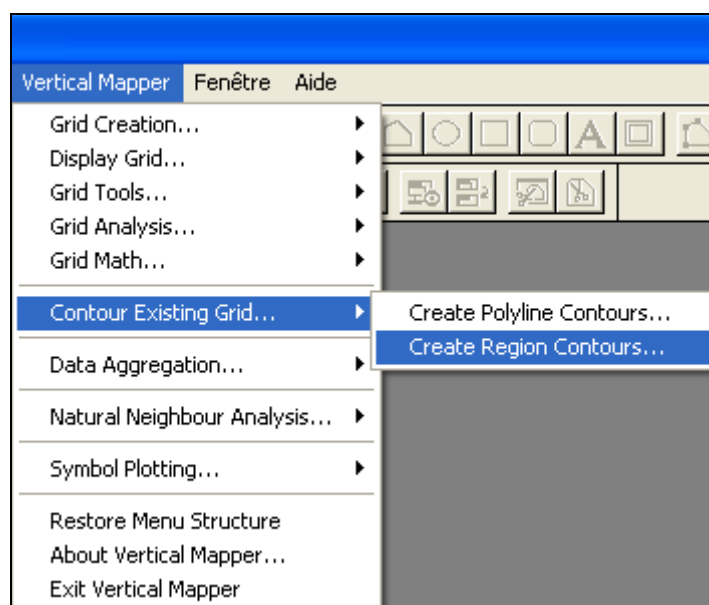


Figure -III-20 Opération sur les grilles étape 1

Ouvrir la grille du MNT (*.grd).

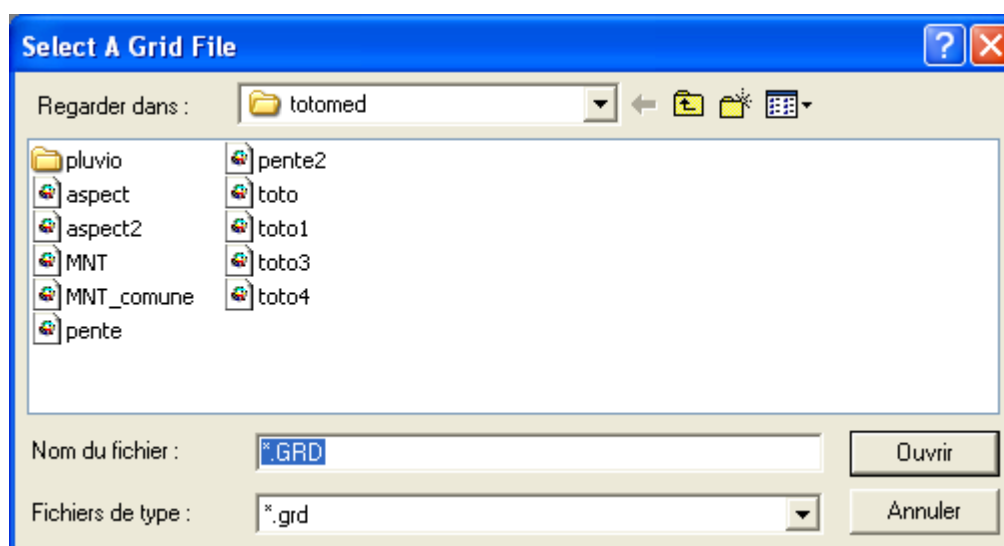


Figure -III-21 Opération sur les grilles étape 2

Définir les intervalles de cette « régionalisation » en définissant le minimum, le maximum et l'intervalle des tranches d'altitude.

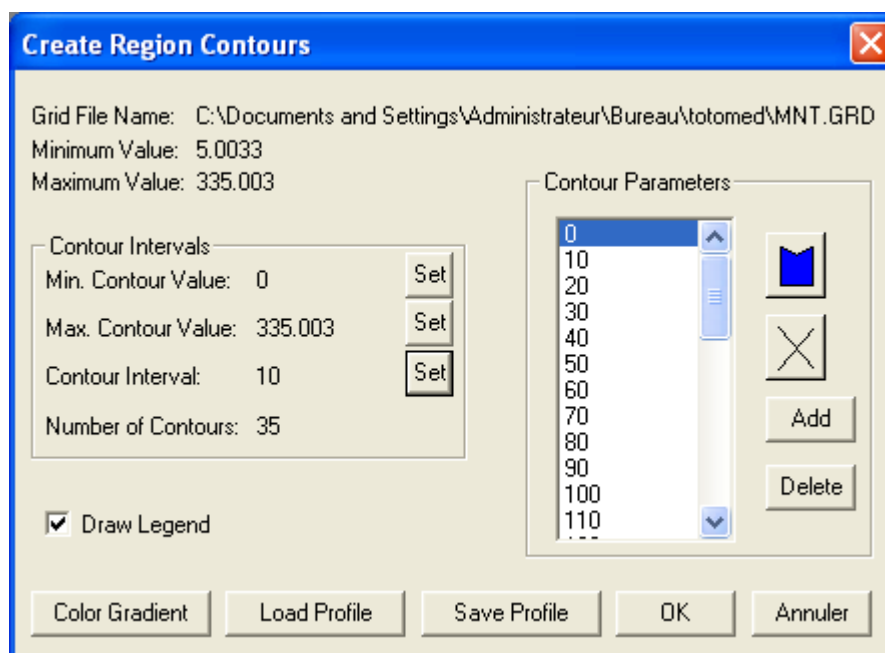


Figure -III-22 Opération sur les grilles étape 3

Enfin, donner un nom à la table résultante et un autre à la légende. Et vous obtiendrez le résultat suivant :

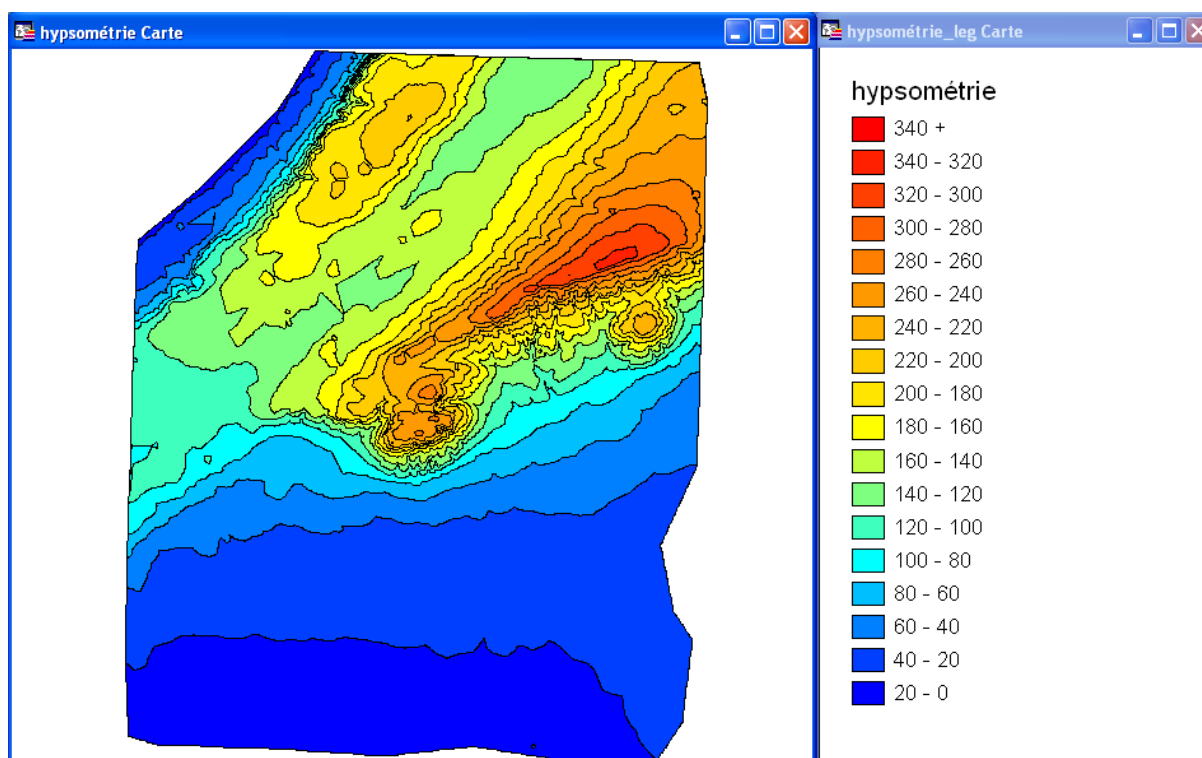


Figure -III-23 Opération sur les grilles étape 4

a-Création des profils des oueds

Vertical Mapper permet la création automatique des profils des oueds et différent tronçon linéaire avec la fonction « cross section ». Les étapes à suivre sont :

- Ouvrir la table du MNT et celle du réseau hydrographique (ou route), sur laquelle vous sélectionnez un objet linéaire.
- Choisir VerticalMapper >>grid analysis >>cross section

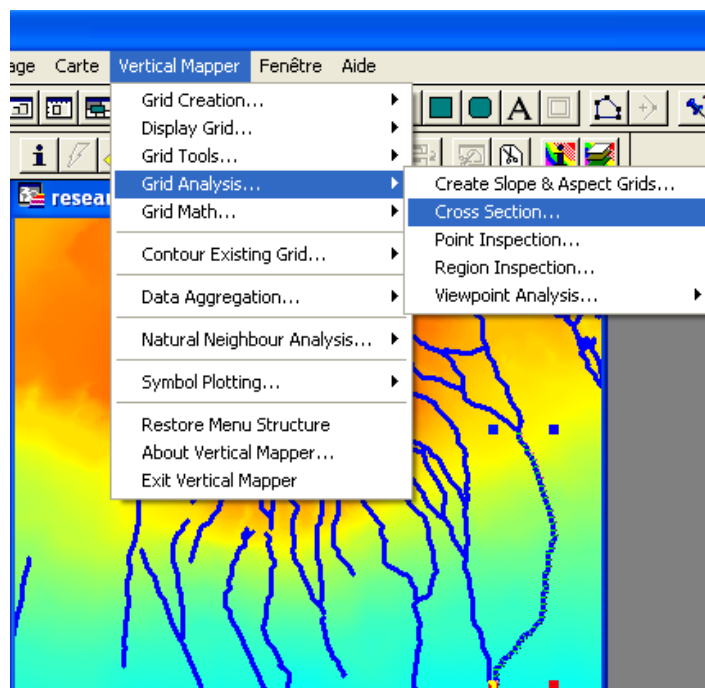


Figure-III-24-Création des profils des oueds étape 1

Si la grille du MNT n'est pas ouverte, vous l'ajutez et vous la sélectionnez.

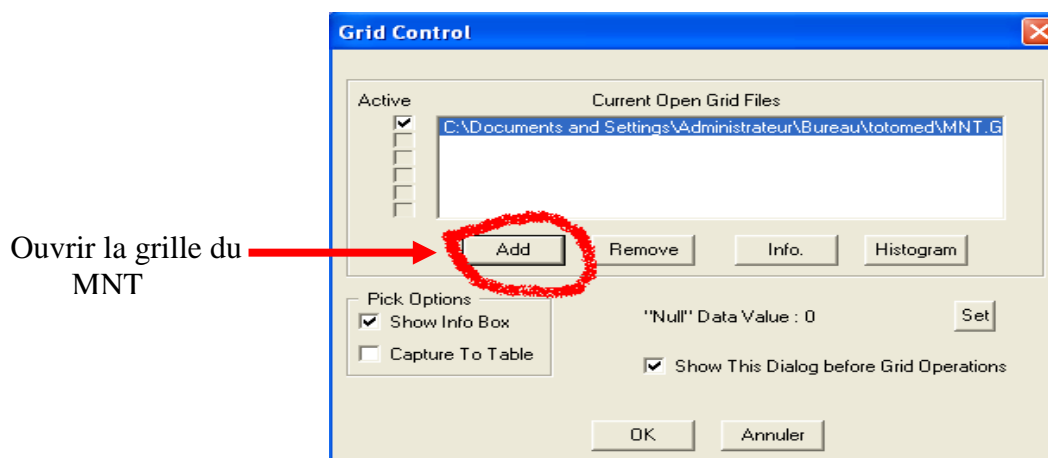


Figure-III-25-Création des profils des oueds étape 2

Paramétrer votre profil en définissant la distance entre les profil en travers ou leur nombre.

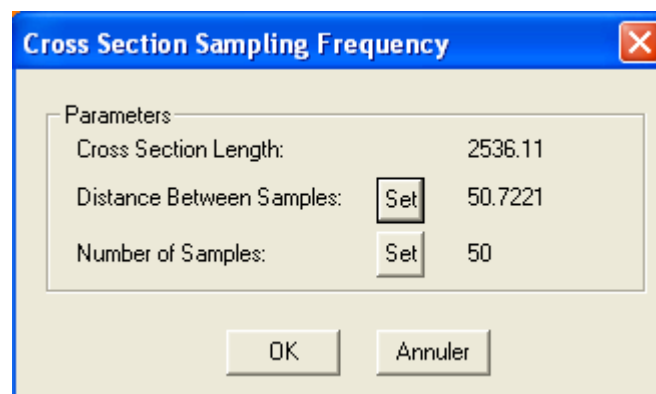


Figure-III-26-Création des profils des oueds étape 3

Enregistrer le résultat sous une table. Ou faite une capture d'écran du résultat.

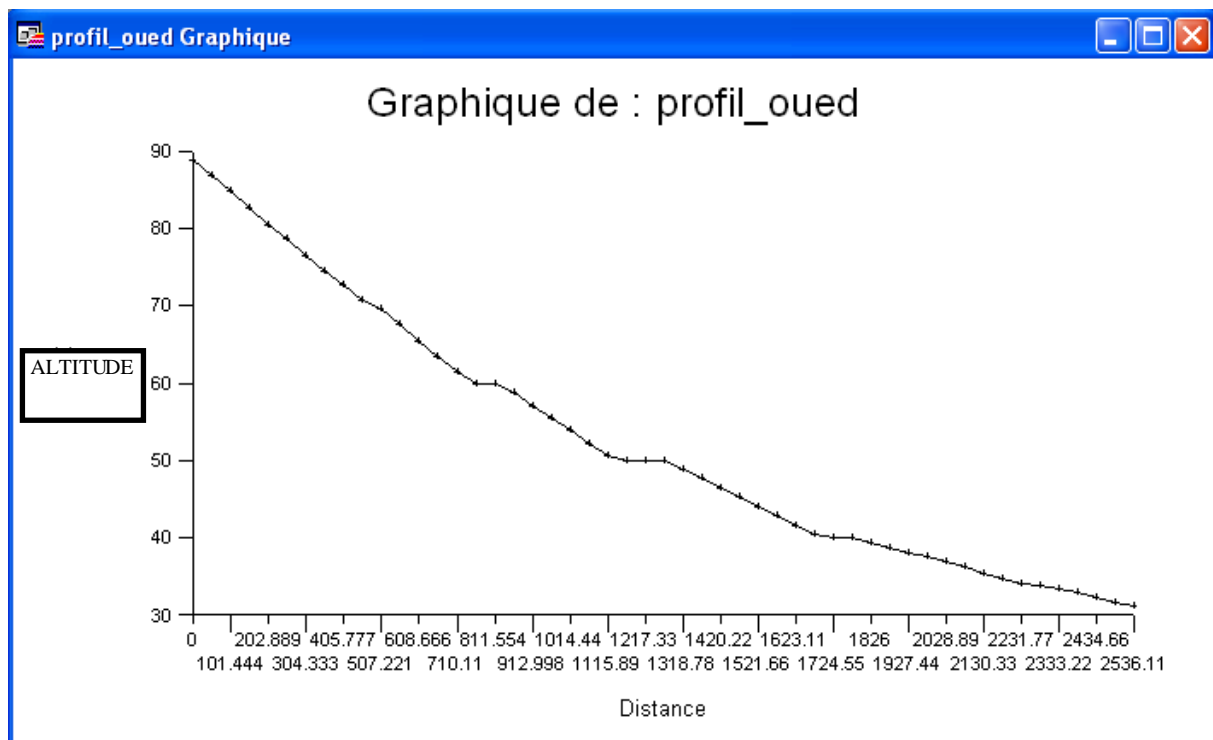


Figure-III-27-Création des profils de oued résultat

b-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen)

Si on dispose d'un réseau de stations pluviométrique qui est connu en coordonnées (lambert ou UTM). On doit d'abord les cartographier (les dessiner) sur Mapinfo par la fonction « créer points ». Puis établir les étapes suivantes sous Vertical Mapper pour spatialiser la pluviométrie par la méthode de Thiessen:

- Ouvrir la table des stations pluviométriques.

Description du logiciel Map-Info et Vertical Mapper

- Choisir VerticalMapper >>natural neighbour analysis >>create regions from points (Voronoi)

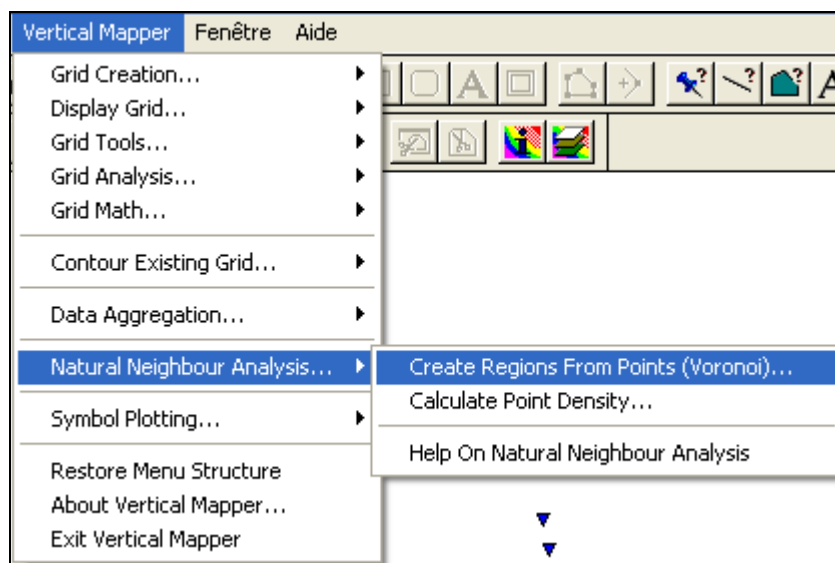


Figure III-28-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 1

Sélectionner la table de points à spatialiser.

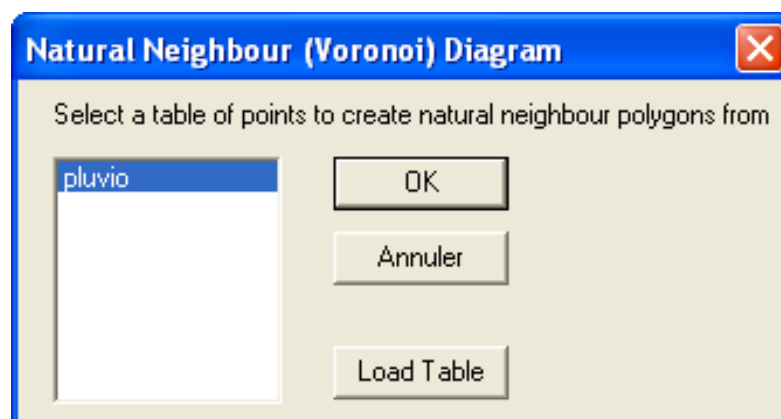


Figure III-29-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 2

Sélectionner le champ à spatialiser (exemple la moyenne annuelle de précipitation)



Figure III-30-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) étape 3

Vous obtenez une table des polygones de thiessen de votre série de pluviométrie

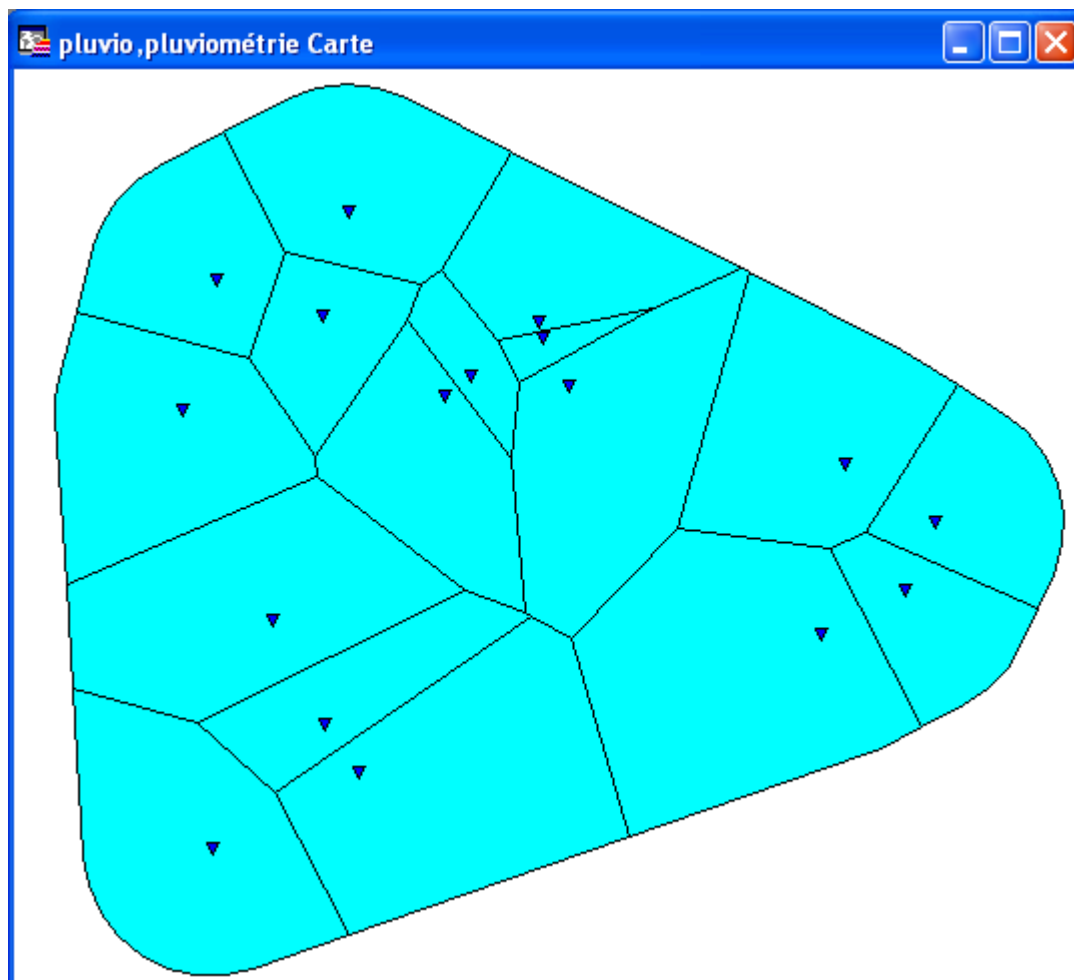


Figure III-31-Spatialisation de la pluviométrie (méthode de Thiessen) résultat

III-4-Conclusion :

La conception d'un système d'information géographique pour la gestion des bassins versants, ne peut pas être perçue comme processus figé, mais plutôt comme système qui gère les changements à venir des facteurs pertinents et facilement cartographiables pour les modélisations des bassins versants.

Chapitre 4:
Evaluation et la cartographie des risques
d'érosion par l'Equation Universelle des
pertes en sol

Chapitre IV : Evaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation Universelle des pertes en sol

Introduction :

La modélisation USLE (Universal Soil Loss Equation) mise en œuvre par Wischmeier et Smith en 1978 permet d'apporter une estimation des particules de sol susceptibles d'être arrachées et de spatialiser les zones les plus sensibles à l'érosion, sans prise en compte des dynamiques de transport/sédimentation des matières terrigènes. L'objectif était alors d'établir un modèle empirique de prévision de l'érosion à l'échelle de la parcelle, afin d'aménager celle-ci pour que l'érosion régresse en dessous d'une valeur limite tolérable étant donné le climat, la pente et les facteurs de production, l'équation universelle de perte en sols USLE constitue un des modèles les plus adaptés pour l'estimation annuelle de l'érosion hydrique potentielle des sols. En effet, il a été mis en pratique dans de nombreux pays du Nord et adapté en fonction du contexte climatique, pédologique, topographique à différents pays (Renard et Freimund, 1994 ; Mati *et al.* 2000 ; Boggset *al.* 2001 ; Cohen *et al.*, 2005 ; Dumas *et al.* , 2010 ; Dumas et Printemps, 2010 ; FengyinYeet *al.*, 2010). Afin de tenir compte des contextes (données, type de milieu et de climat), différentes équations dérivées ont été proposées. L'application du modèle à une région du globe donnée consiste donc aujourd'hui à choisir les méthodes les plus adaptées pour le calcul des facteurs. La robustesse, la reproductibilité à différents niveaux d'échelles et à différents milieux de ce modèle (Jabbar et Chen, 2005 ; Mati *et al.* 2000) permettent alors d'apporter les premiers éléments de réponses sur la dégradation des bassins versants pour les territoires peu renseignés. L'avantage des modèles quantitatifs et empiriques de ce type, basés sur l'expérience, réside dans le fait qu'ils prennent en compte l'ensemble des facteurs jouant un rôle prépondérant dans les processus d'érosion, à savoir l'érodabilité des sols, la topographie, l'occupation du sol, l'érosivité des pluies et les pratiques culturales antiérosives. Seuls les processus d'érosion en nappe sont pris en compte dans le modèle. Par ailleurs, l'usage de l'équation USLE est largement facilité par un déploiement aisé dans les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Le développement des SIG et une diffusion plus grande de l'information géographique numérique expliquent le succès de cette approche. Malgré les critiques faites sur l'utilisation abusive du modèle USLE dans des conditions autres que celles où il a été mis en œuvre, en pratique, cette approche peut donner des résultats pertinents pour l'évaluation potentielle de l'érosion hydrique des sols.

Cet étude a pour but de décrire la mise en œuvre d'un modèle USLE et son application afin d'estimer les pertes en sols sur le bassin versant du Cheliff-Ghrib

IV-1- Méthodologie

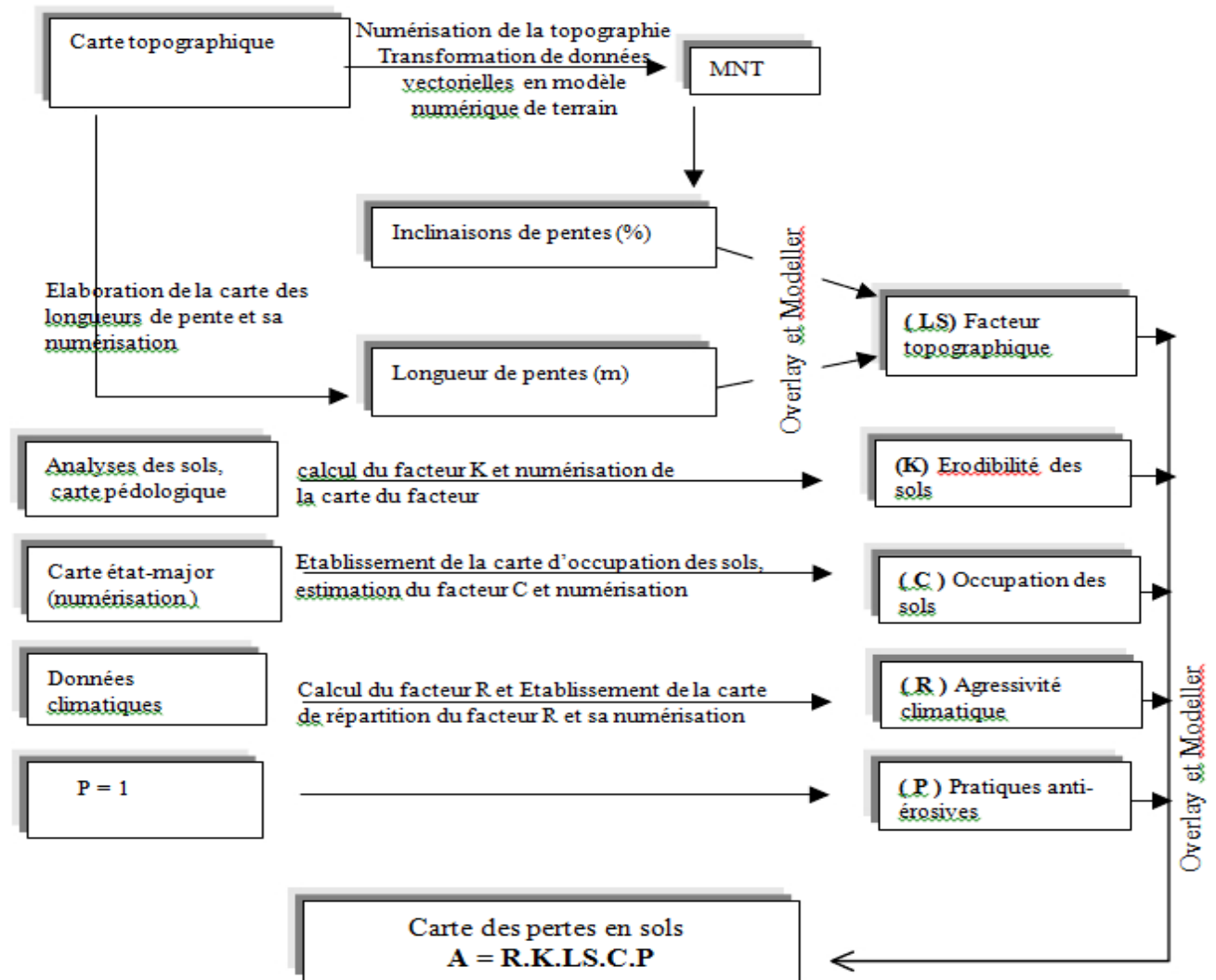


Figure-IV-1- Organigramme méthodologique de l'intégration de l'Equation universelle de perte en sol dans le SIG.

IV-1-1-Production et traitement du modèle numérique de terrain (MNT) du bassin de Cheliff-Ghrib :

De nos jours, on ne peut parler de caractérisation morphologique d'une région donnée sans faire intervenir la notion de modèles numériques du terrain (MNT). Un modèle numérique de terrain est une représentation numérique d'une région donnée par un champ d'altitudes. Cette représentation peut être sous forme d'un semis de points caractéristiques de la région, soit sous forme d'un vecteur constituant une planche de courbes de niveau, soit sous forme d'une grille régulière à mailles carrées connue sous le nom de représentation « raster » (Derouiche, 1994). Par abus de langage les gens ont tendance à donner le nom de modèle numérique de terrain à cette seule dernière représentation parce qu'elle est la plus utilisée.

Dans la suite, il vous sera présenté la méthodologie qui a été utilisée pour le calcul du MNT, du bassin versant d'oued Cheliff-Ghrib. Ensuite, on passera à son exploitation pour des fins morphologiques, morpho-métriques, hydrologiques, et hydrométriques.

IV-1-1-1-Numérisation de courbes de niveau et calcul du modèle numérique du terrain (MNT) :

a-Numérisation des courbes de niveau :

La saisie de la planche de courbes de niveau du bassin versant du Cheliff-Ghrib a été effectuée à l'aide de Mapinfo. Etant donné l'étendue du bassin ($\approx 1380 \text{ Km}^2$), l'échelle des cartes (1/50.000) utilisées et la surface active de la table a scanné (305 x 457 mm), plusieurs sessions de saisie ont été nécessaires pour couvrir tout le bassin versant. En tout, on a utilisé sept (07) sessions de saisie. Une session correspondant à chaque feuille topographique.

Toutes les courbes de niveau ont été saisies (avec une variation d'équidistance entre 20 m et 100 m selon le relief du bassin versant).

b- Elaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT)

A l'image de la carte topographique pour la cartographie traditionnelle, le MNT est devenu l'une des couches d'information les plus utilisées dans un SIG-numérique pour les sciences de la terre. Les raisons sont les mêmes qu'au paravent, car l'altitude apparaît comme paramètre explicatif pour de très nombreux phénomènes (ruissellements, inondations, érosions, etc..).

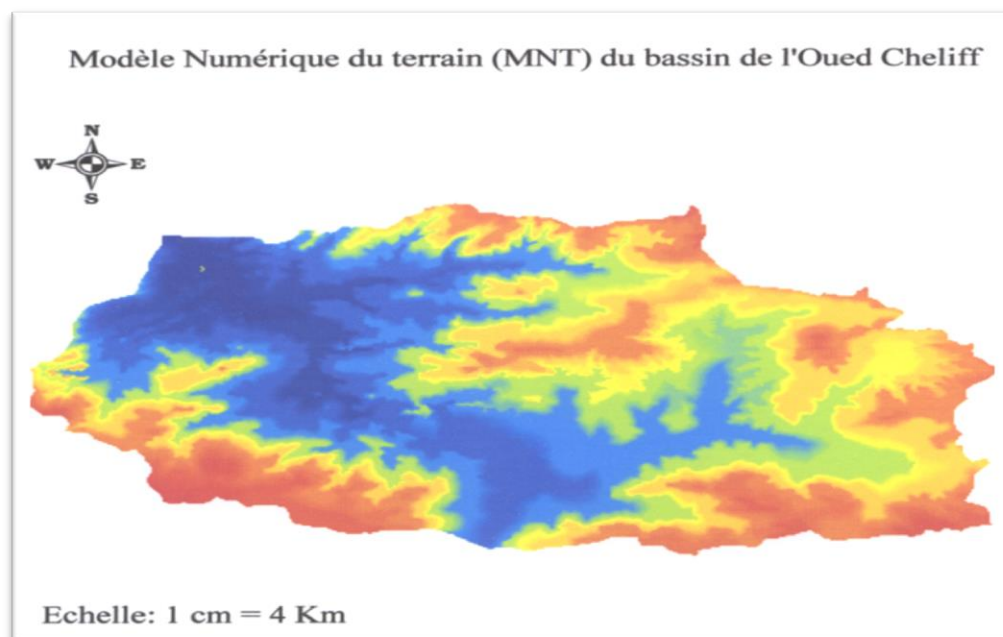


Figure-IV-2- Modèle numérique du terrain (MNT) du bassin de l'Oued Cheliff-Ghrib

IV-1-2- Elaboration des produits dérivés du MNT (Pente & orientation)

IV-1-2-1- Le fichier des pentes

Le fichier des pentes met en exergue, sur l'ensemble du bassin les différentes formes de relief.

Les grandes pentes sont constatées sur les formations montagneuses du bassin. Les faibles pentes sont constatées à l'aval du bassin (juste en face du barrage Ghrib) (figure IV-3).

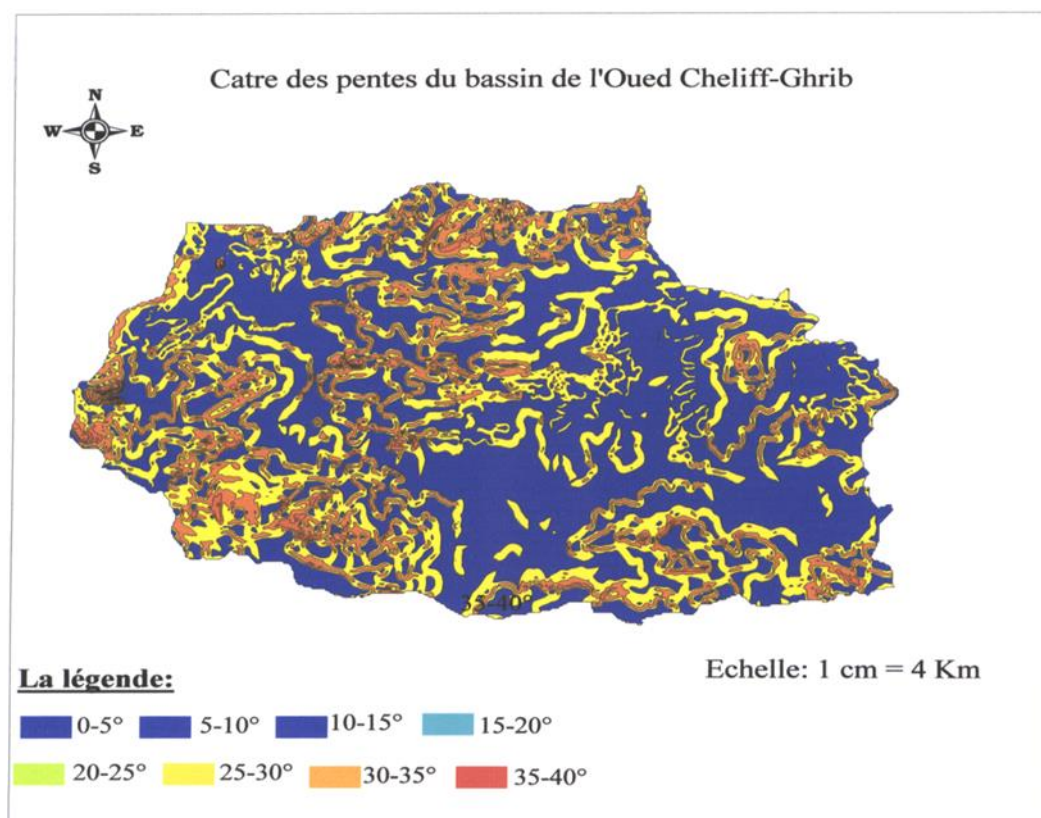


Figure-IV-3-Carte des classes de pentes en % (A) et de longueurs de pente en m (B) du bassin versant

Le tableau IV-1 Contient les classes de ce fichier, dont les valeurs extrêmes sont 0 et 36°, représentées sur la carte des pentes (figure IV-3).

A partir de ce fichier on a déterminé la répartition des pentes en fonction du % de superficie du bassin qu'elles occupent.(tableau IV-1 et figure IV-3).

Classes	Pentes (Degré)	Surfaces (Km ²)	% de surfaces
1	0-5	721	52,30
2	5-10	466,5	33,84
3	10-15	176,03	12,78
4	15-20	11,5	0,83
5	20-25	2,5	0,18
6	25-30	0,6	0,04
7	>30	0,5	0,03

Tableau-IV-1-Les classes de pentes du bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib

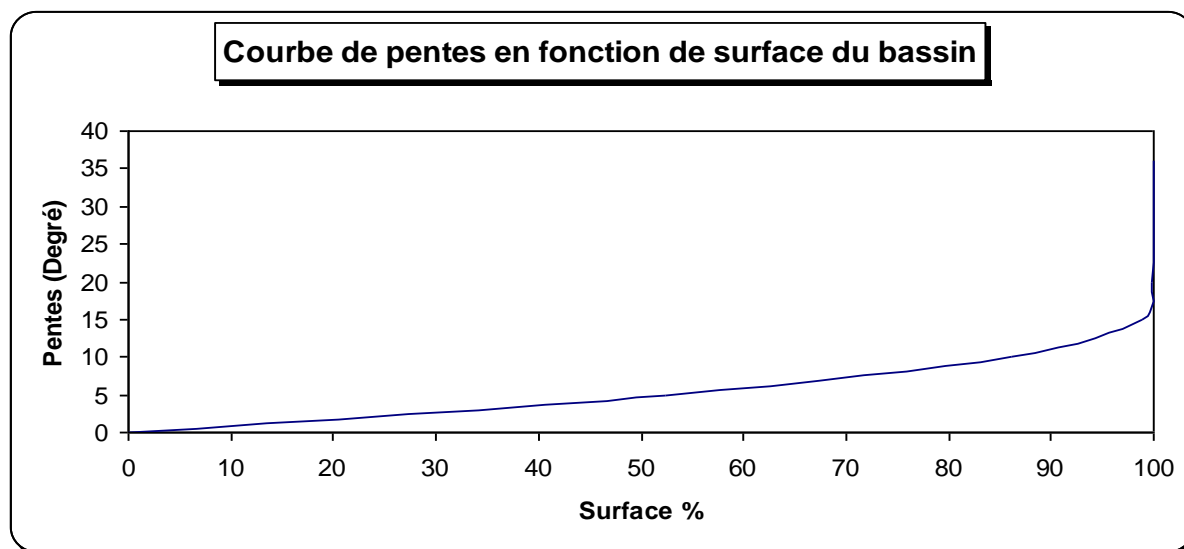


Figure IV-4-Courbe de répartition des pentes en fonction du % de surface du bassin oued Cheliff-Ghrib

La courbe ci-dessus (figure IV-4) montre qu'il y a prédominance de pentes faibles sur le bassin de Cheliff-Ghrib. En effet plus de 52 % du bassin ont une pente inférieure à 5° et plus de 85 % du bassin ont une pente inférieure à 10°. Cela peut traduire que les pentes jouent un rôle important dans le transport solide de ce bassin.

IV-1-2-2- Le fichier d'Orientation du bassin

Ce fichier rend compte des orientations de la surface du bassin de Cheliff-Ghrib. Cinq cas sont possibles; l'orientation vers le nord, vers le sud, vers l'est, vers l'ouest et sans orientation quand la pente est nulle.

On constate que sur le bassin de l'oued Cheliff-Ghrib les orientations dominantes sont celles vers l'Est et vers le Sud. D'une part, vers l'Est parce que c'est l'orientation du cours d'eau principal. Et d'autre part, vers le Sud parce que l'oued Cheliff débutera du Sud-Est vers l'Ouest. Les valeurs de ce fichier sont comprises entre 0 et 360° et ont été divisées en 4 classes qui figurent dans le tableau IV-2 et représentées sur la carte d'Orientation du bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib (figure IV-5).

Classe	Orientation	Valeurs d'angle	% Superficie
1	OUEST	0-90	15.08
2	NORD	90-180	19.15
3	EST	180-270	26.11
4	SUD	270-360	39.66

Tableau -IV-2-Les Classes d'orientation du bassin de Cheliff-Ghrib

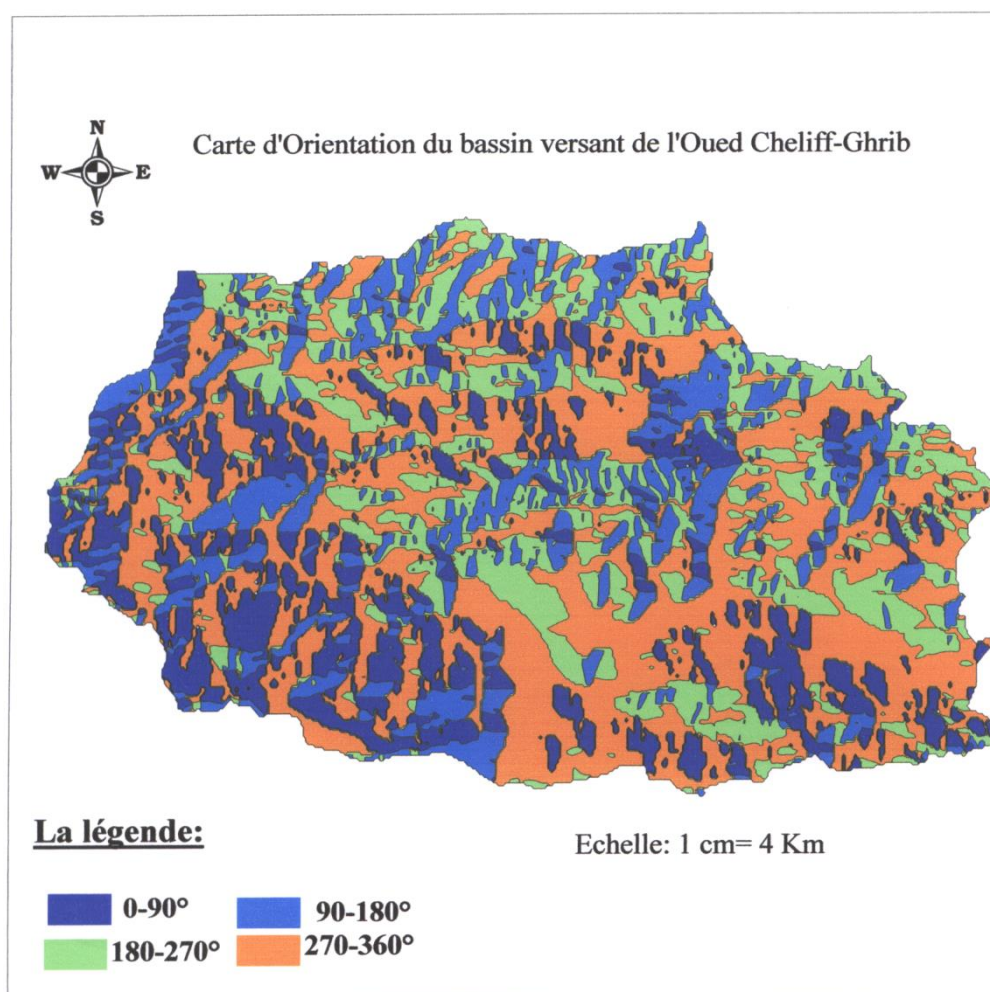


Figure- IV-5- Carte d'orientation du bassin de l'oued Cheliff-Ghrib

IV-1-3- Calcul du facteur d'agressivité des précipitations : R

L'estimation du facteur R selon la formule de Wischmeier nécessite la connaissance des énergies cinétiques E_c et l'intensité moyenne sur 30 minutes I_{30} des gouttes de pluie de chaque averse. Elles sont données par la formule empirique de Wischmeier & Smith (1978): $R = K E_c I_{30}$. Les seules données disponibles concernant les précipitations dans les stations qui se trouvent dans le bassin ou à sa proximité sont des moyennes mensuelles et annuelles.

Des auteurs comme Kalman (1967), Arnoldus (1987) et Rango & Arnoldus (1987) ont développé des formules alternatives qui n'impliquent que les précipitations mensuelle et annuelle pour déterminer le facteur R.

$$\log R = 1.74 \cdot \log \sum (P_i^2/P) + 1.29$$

P_i : Précipitations mensuelles

P : Précipitations annuelles

station	Ain boucif	Boukhar i GR	Mongorno	Ghrib barrage	Ghrib amont	Médéa	Kherbat helale	Oumari a
Sept	27.19	18	24.51	22.15	23.40	25.61	18.54	28.10
Oct	30.98	28.60	44.37	40.04	39.01	50.30	29.29	32.00
Nov	36.41	31.28	57.33	53.65	50.69	77.44	36.31	37.70
Dec	42.76	38.90	74.13	65.16	65.93	96.22	43.93	37.70
Jan	46.79	42.70	65.00	64.16	64.53	95.71	39.69	48.30
Fev	34.14	27.30	54.09	55.33	48.64	72.84	33.19	35.40
Mars	18.93	23.90	43.31	43.61	42.34	59.52	31.69	20.50
Avr	26.78	27.60	51.72	43.23	19.38	62.54	36.07	27.70
Mai	19.09	23.80	38.32	29.56	12.79	40.95	31.33	19.70
Juin	9.00	7.50	10.76	8.39	5.67	9.15	7.26	9.30
Juil	3.94	3.30	3.28	4.51	3.66	4.21	2.43	4.00
Aou	7.09	11.01	11.01	4.92	2.33	4.81	3.27	7.30
annuelle	301.38	477.82	477.82	434.71	313.00	595.13	313.00	468.67
R	50.36	71.77	71.77	68.43	77.30	90.88	51.59	36.62

Tableau IV-3- Précipitations moyennes mensuelles (mm), annuelles (mm) et valeur de R moyen pour la période 1976-2004

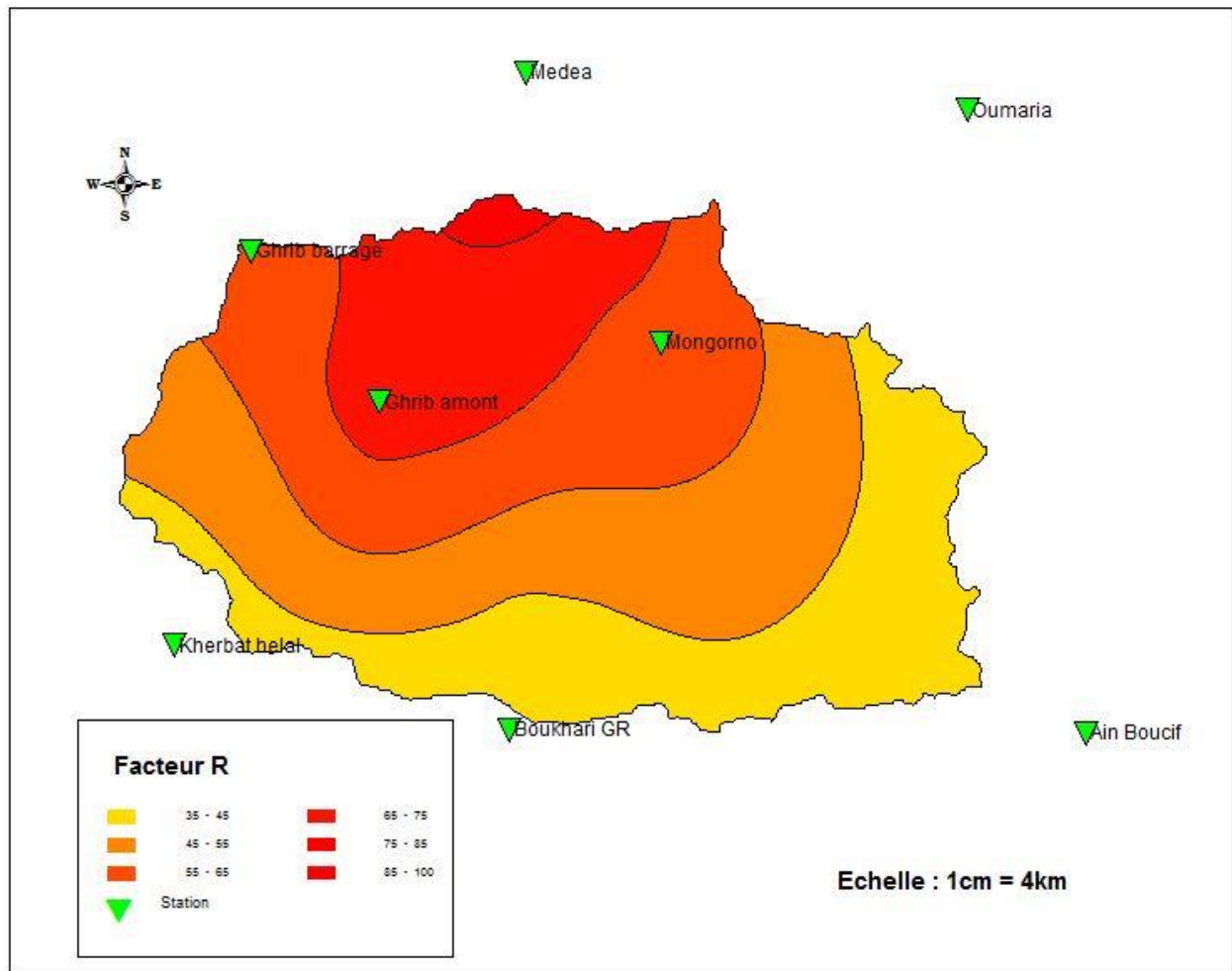


Figure-IV-6- Distribution des valeurs du facteur R, calculées d'après la formule de Rango&Arnoldus (1987).

IV-1-4- Détermination du facteur d'érodibilité des sols : K

Pour déterminer le facteur K dans le bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrif on a analysé la surface des formations meubles pouvant être mobilisées par l'érosion (altérites, sols, alluvions et colluvions) couvrant les différentes formations géologiques affleurant dans le bassin. Pour limiter l'influence des autres facteurs, nous avons retenu la moyenne de 3 ou 4 valeurs de K pour chaque formation lithologique. Certaines surfaces montrent une grande quantité d'éléments grossiers qui ralentissent l'érosion en interceptant les gouttes de pluie, ce qui inhibe l'effet splash (désagrégation des mottes du sol par l'impact des gouttes de pluie). Ils réduisent la vitesse du ruissellement et font diminuer son énergie et sa capacité à détacher et à transporter les particules du sol. Plusieurs auteurs ont proposé des équations qui impliquent les proportions en éléments grossiers en surface et ajustent la formule de Wischmeier & Smith (Dumas 1964, Römken et al. in Renard et al. 1996). La formule 4 a été choisie pour effectuer l'ajustement, ce qui permet d'obtenir un facteur K plus proche de la réalité : $K_{ajusté} = K (0,983 - 0,0189 X + 0,0000973$

X2) (4) où X est le pourcentage des éléments grossiers de taille > 2mm en surface ; K est le facteur calculé par l'équation de Wischmeier & Smith. Les valeurs obtenues pour le facteur K varient de 0,021 (altérites du calcaire détritique du Miocène supérieur de l'avant-pays) à 0,60 (pélites sombres du Crétacé inférieur de la nappe de Chélif et marnes bleues de la Nappe pré-rifaine). La carte de répartition du facteur K épouse celle de la lithologie du bassin versant (Figure.IV-7).

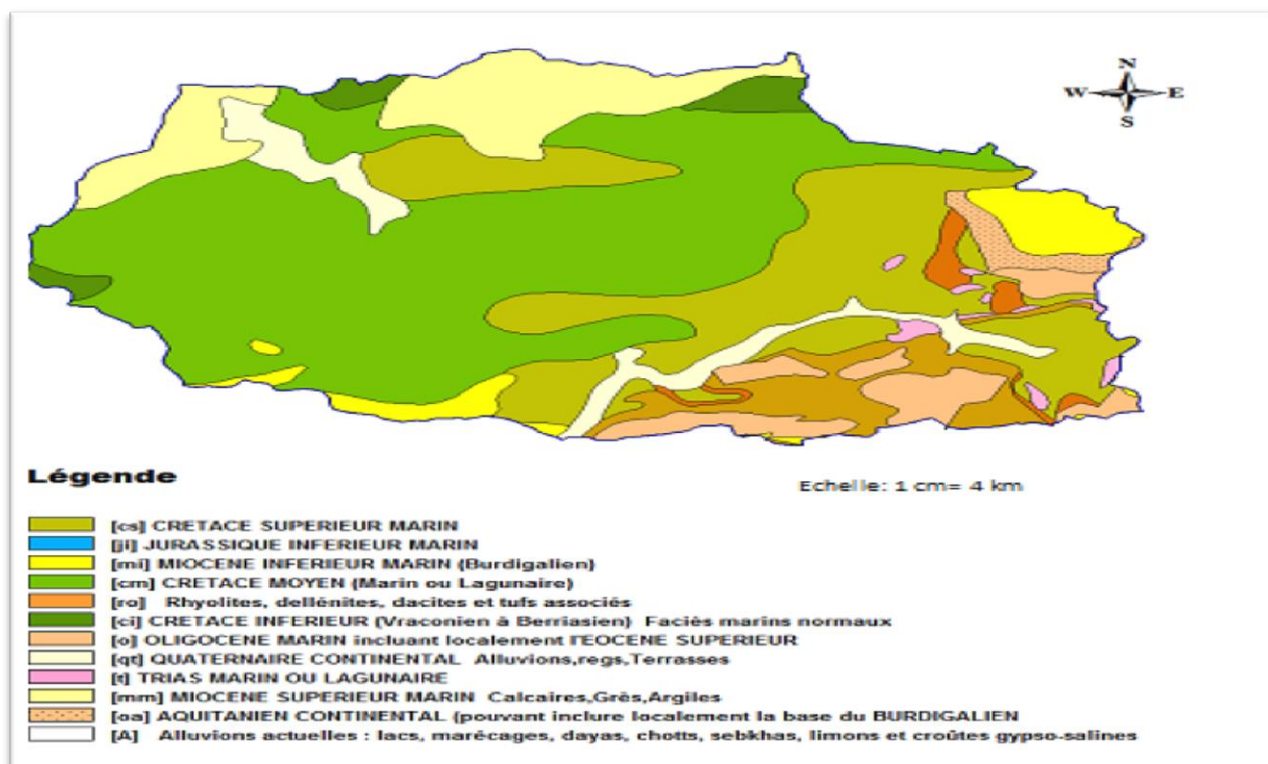


Figure-IV-7- Carte géologique du bassin versant Chélif-Ghrib

La figure IV-8 montre les fréquences des classes de K dans le bassin versant.

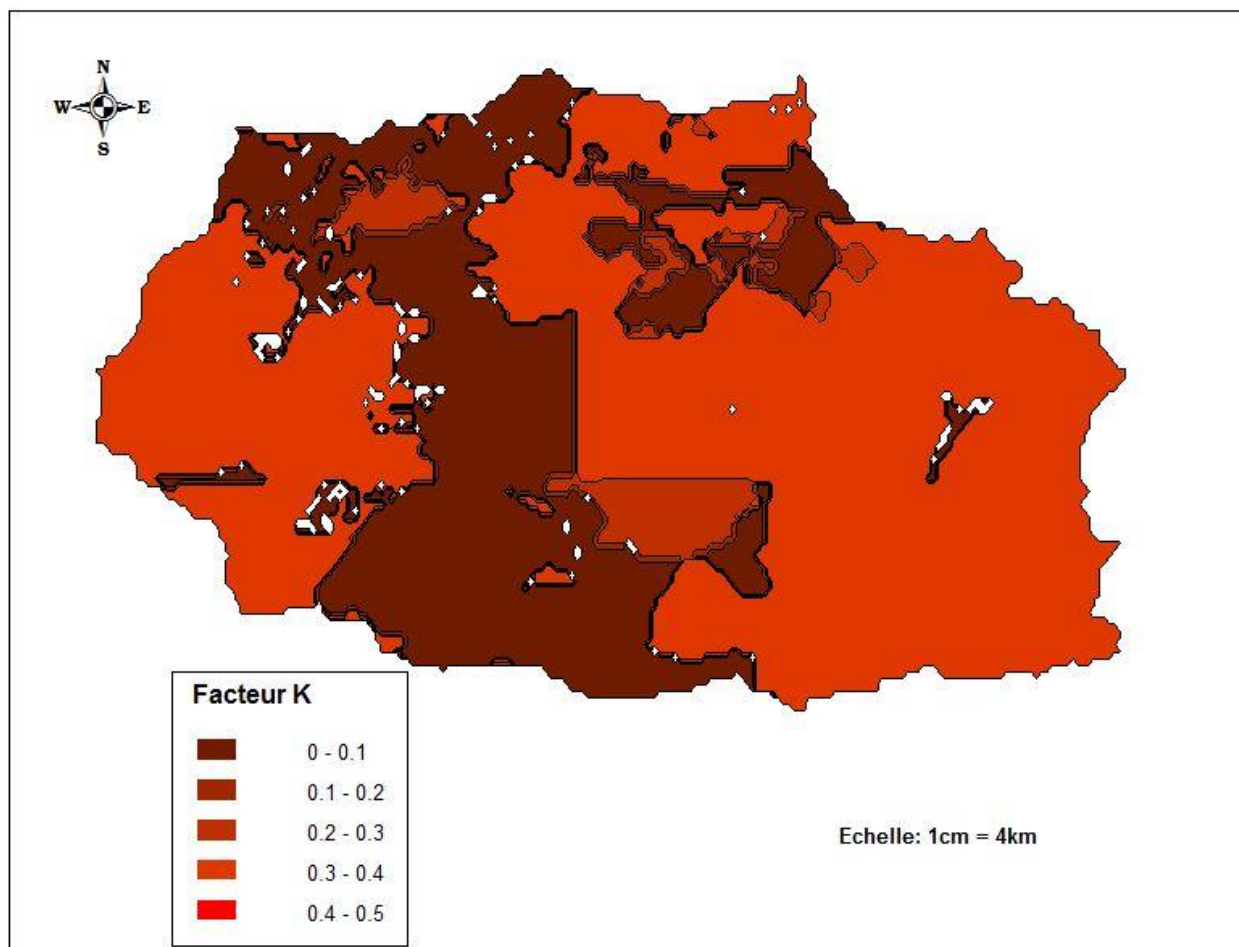


Figure-IV-8- Répartition des classes des valeurs du facteur K dans le bassin versant Chélif-Ghrib

IV-1-5-Détermination du Facteur topographique (LS)

Le facteur topographique (LS) a été calculé à partir de l'inclinaison des pentes et de leur longueur par la formule de Wischmeier & Smith (1978):

$$LS = (L/22,13)m \cdot (0,065 + 0,045.S + 0,065.S^2)$$

Où: L est la longueur de pente en m,

S est l'inclinaison de la pente en % ,

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%.

Les données topographiques ont été intégrées dans le SIG par digitalisation des courbes de niveau (carte topographique au 1/50000, équidistance 10 m). Le SIG permet la transformation de ces données en modèle numérique de terrain (MNT).

Par l'application du module « Topographer », nous avons extrait du MNT les cartes qui nous intéressent : la carte hypsométrique par tranches altitude.

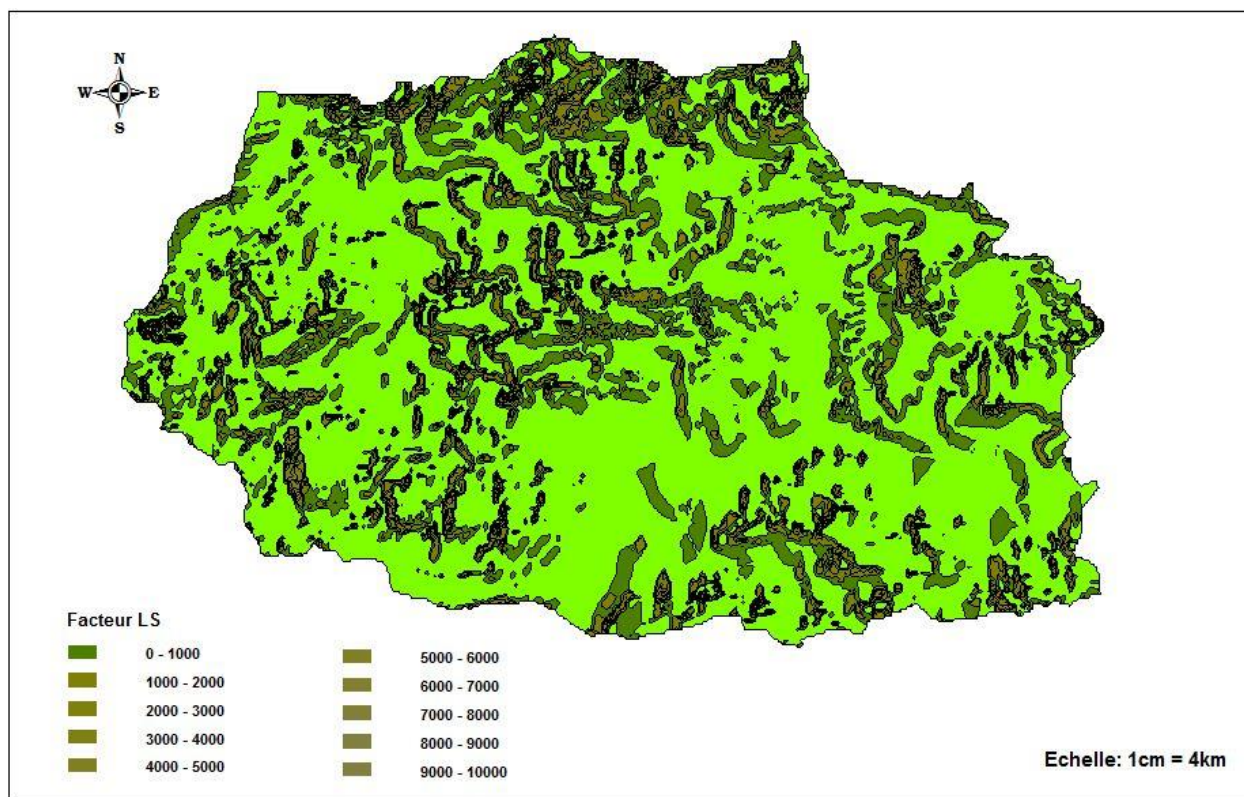


Figure IV-9- Distribution des classes du facteur LS dans le bassin versant

IV-1-6-Détermination du facteur occupation des sols (C)

Type de végétation	C
Terre nue, jachère nue	1
Arboriculture fruitière	0,9
Blé d'hiver	0,7
Assolement céréaliier	0,4
Fourrages	0,2
Assolement céréaliier + fourrages	0,1 à 0,01
Pâturages améliorés	0,01

Tableau IV-4- Indice cultural C de quelques cultures (Masson, 1971)

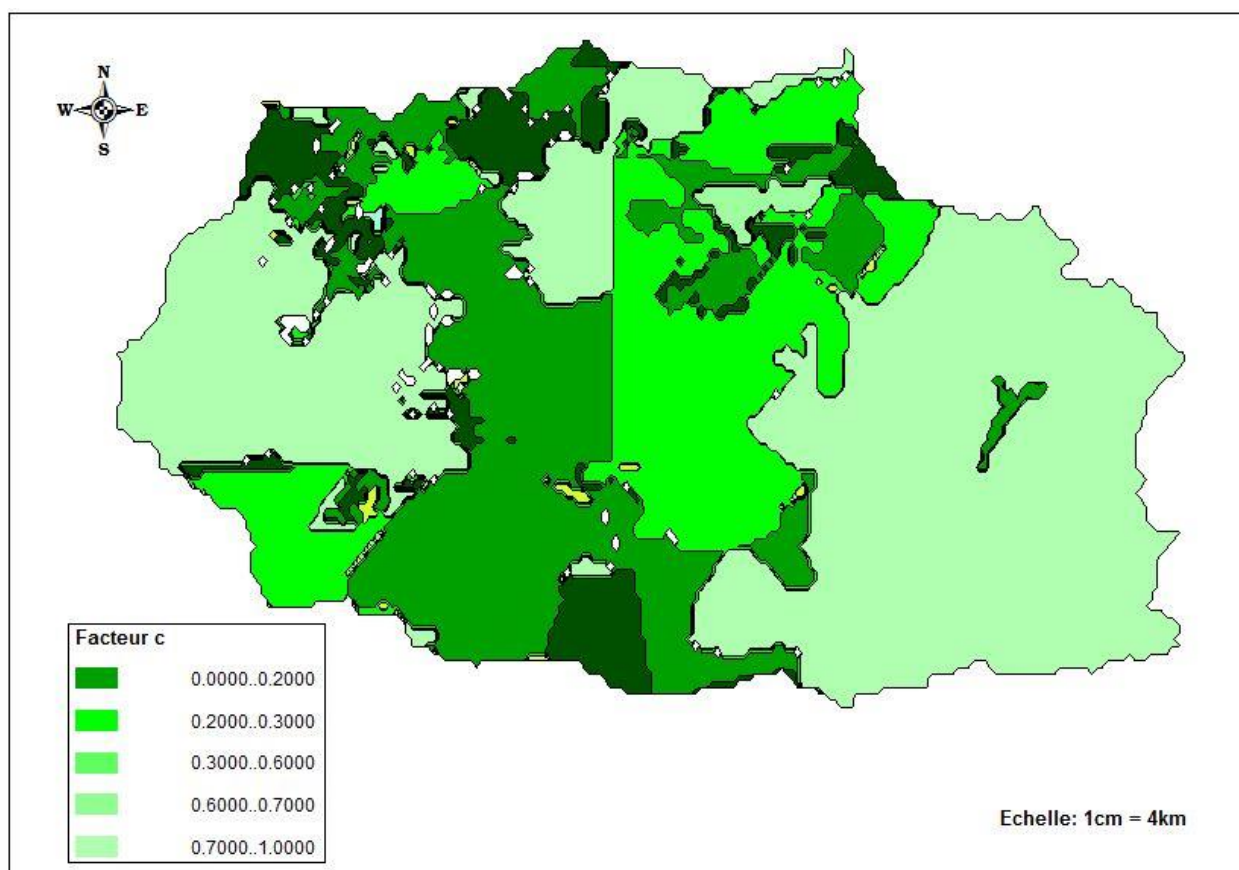


Figure IV-10- Distribution spatiale des principales valeurs du facteur C dans le bassin versant

IV-1-7-Calcul des pertes en sols :

Pour calculer les pertes en sols total dans le bassin versant Cheliff-Ghrib, on a relit toutes les cartes soient :Carte d'indice d'érodabilité de la région d'étude, carte du facteur LS, carte d'indice d'érosivité R et carte d'occupation du sol C. Par la suite, on a calculé les pertes en sols dans chaque maille et à la fin la perte totale qui est la somme des pertes en sols de chaque maille.

Après avoir calculé les différents facteurs de l'équation universelle de pertes en sols, ainsi que les pertes en sol total estimées en t/ha/an. En déduire la carte suivante:

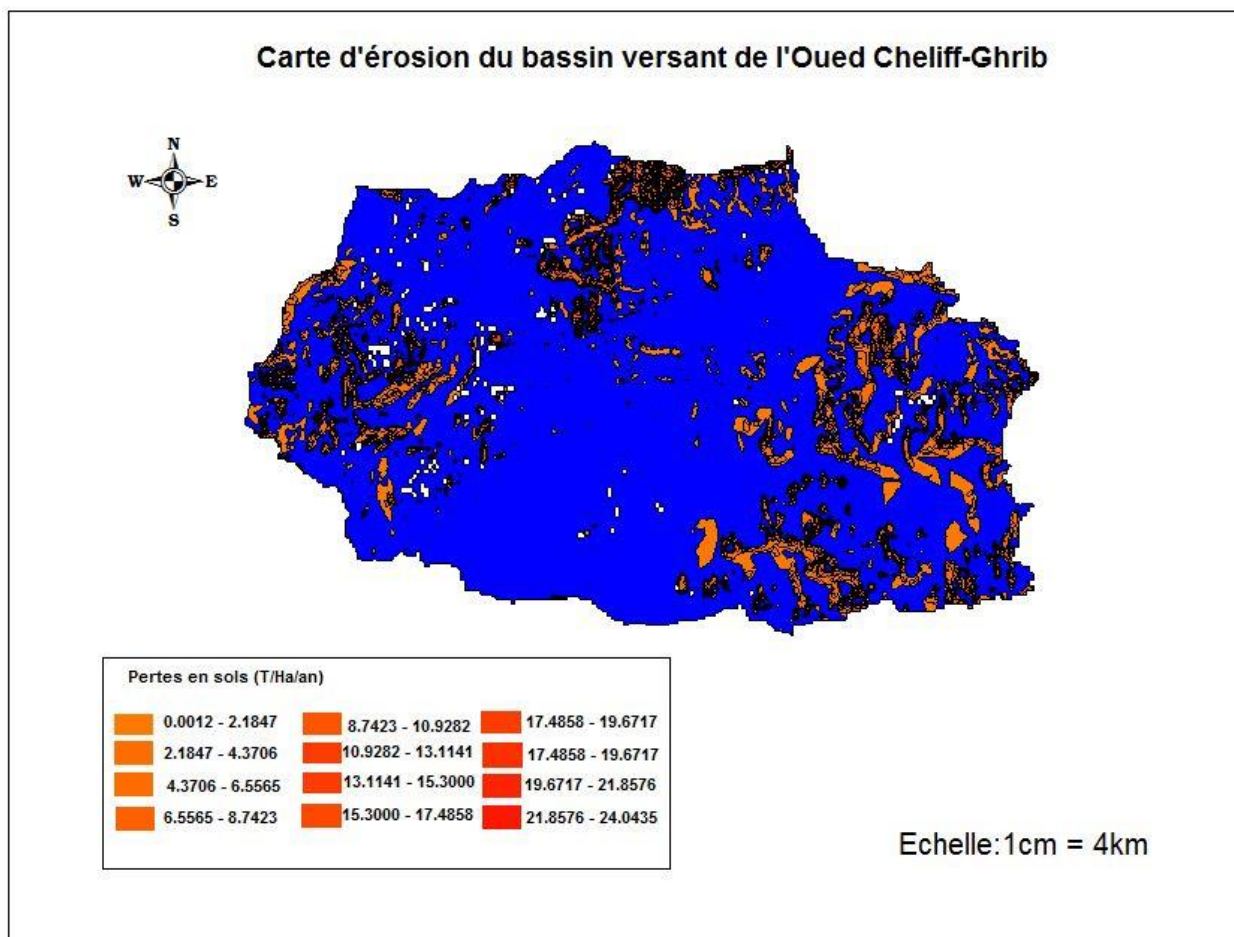


Figure.IV-11- Distribution des pertes en sol dans le bassin versant

Classes	Érosion des sols	Perte en sol possible
		tonnes/hectare/année
1	Très faible	< 6
2	Faible	6 - 11
3	Modérée	11 - 22
4	Élevée	22 - 33
5	Grave	> 33

Tableau -IV-5 Lignes directrices pour évaluer les classes de risque d'érosion du sol.

IV-2-Résultats et discussion :

IV-2-1-Resultats :

IV-2-1-1-Estimation des pertes en sol :

Le croisement des cartes des principaux facteurs intervenant dans l'érosion hydrique des sols permet d'obtenir la carte des pertes en sols en tout point du bassin versant. L'application de la formule de Wischmeier & Smith (1978) en tenant compte des valeurs numériques des cinq facteurs donne la perte en sol pour chaque point du bassin versant.

Pour les besoins de lisibilité de la carte, ces différentes unités ont été regroupées en classes. La classification adoptée est une classification établie aux Etats-Unis fondée sur la tolérance des sols aux pertes. Elle suppose qu'en moyenne, les sols peuvent tolérer des pertes allant jusqu'à 7,41 t/ha/an tout en permettant un niveau élevé de production agricole. Au-delà de 20 t/ha/an, la perte est forte et les sols sont très dégradés ce qui peut nuire à la production. La perte moyenne par érosion hydrique en nappes pour l'ensemble des unités homogènes est d'environ 55,35 t/ha/an. Les pertes maximales et minimales par unité sont respectivement de 1159,51 t/ha/an et de 0,09 t/ha/an. Les pertes totales annuelles du bassin sont de 240435 t/an. Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant, selon l'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion. La répartition des pertes en terre n'est pas proportionnelle aux surfaces des pertes facteurs dans le processus d'érosion. Les résultats des pertes moyennes ont été confrontés aux valeurs de chaque facteur pour appréhender l'impact de ces derniers. Ceux qui montrent une bonne corrélation sont présentés et des explications seront fournies pour les anomalies observées. Pour chaque facteur seront présentés des graphiques qui montrent d'une façon schématique les variations des pertes moyennes, les proportions des pertes moyennes par rapport aux pertes totales du bassin et les proportions des surfaces par rapport à la superficie totale du bassin pour chaque classe de valeurs des différents facteurs.

Surface totale	Faible à Moyen	Elevé
1379	979	400
100%	71%	29%

Tableau IV-6 Sensibilité des surfaces à l'érosion (km²)

IV-2-2-Discussion:

Le modèle empirique de Wischmeier & Smith (1978) présente plusieurs limites à son applicabilité dans des conditions différentes de celles où il a été élaboré. Outre le fait qu'il ne s'applique qu'à l'érosion en nappe et que les quantités de pertes estimées n'incluent pas les pertes par les autres types d'érosion (linéaire, solifluxion, ...), le modèle considère que toutes les surfaces sont soumises à l'érosion si aucun des facteurs n'est nul. Il ne met pas en évidence les dépôts aussi bien de versants que fluviaux. Ces limites étant admises, l'intégration du modèle dans un SIG présente en revanche beaucoup d'avantages, surtout ceux liés au grand nombre de résultats relatifs aux facteurs impliqués dans l'érosion. Cette intégration permet de : – gérer d'une façon rationnelle une multitude de données qualitatives et quantitatives relatives aux différents facteurs de la dégradation des sols ; ceci permet de conclure que les facteurs décisifs de l'érosion dans le bassin versant de l'oued Cheliff-Ghrib sont la pente et à un moindre degré l'érodibilité des sols et la couverture végétale, et que c'est sur ces facteurs que les interventions doivent être focalisées pour lutter contre l'érosion hydrique en nappes ; – démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs déterminant de l'érosion par croisements successifs des couches informatives relatives aux cartes thématiques, comme par exemple le cas de la hausse anormale de la classe 0,2-0,3 du facteur C ; il y a donc un cumul d'influence de la pente et de l'érodibilité des sols sur cette classe du facteur C, ce qui a accentué les pertes dans les zones où se trouve cette classe et l'a empêché de s'exprimer plus librement ; – introduire la notion d'évolutivité à travers l'enrichissement et l'actualisation permanente des données ; le SIG offre la possibilité de mise à jour continue des données – établir une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion des différentes zones du bassin versant ; chaque zone du bassin versant est analysée à travers la combinaison des facteurs intervenant dans le processus érosif.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion

Après la recherche bibliographique, plusieurs modèles ont été proposés dont chacun à son domaine d'application. Nous proposons le modèle de Wischmeier et Smith le plus utilisé parmi les modèles mathématiques de prédiction de l'érosion en nappe.

La conception d'un système d'information géographique pour la gestion des bassins versants, ne peut pas être perçue comme processus figé, mais plutôt comme système qui gère les changements à venir des facteurs pertinents et facilement cartographiables pour les modélisations des bassins versants.

Bien que l'érosion hydrique ait été étudiée pendant de longues années en Algérie, cela n'a pas empêché que beaucoup de choses restent inconnues, les problèmes déterminants de l'érosion sont multiples. L'érodibilité des sols et comme elle peut varier sous différentes conditions mérite une meilleure compréhension afin de nous aider à réduire les pertes en eau et en sol. L'envasement des barrages ne peut être considéré comme un mal inéluctable. Mais c'est un phénomène inévitable, qu'il faudrait introduire dans les calculs technicoéconomiques.

La méthode des pertes en sols USLE sous SIG apporte une aide importante aux décideurs et aux aménageurs pour simuler des scénarios d'évolution de la région et planifier les interventions de lutte contre l'érosion, surtout dans les zones où l'érosion en nappe est prédominante sur l'érosion linéaire. Elle permet aussi de suivre l'impact de ces aménagements antiérosifs dans la région. Ce travail se veut néanmoins un modeste point de départ pour la réalisation d'un SIG de la région

BIBLIOGRAPHIE

- [1]CROS-CAYOT, 1996 : Distribution spatiale des transferts de surface à l'échelle du versant.
- [10]DU BOY M.P. (1879) : Le rohne et les rivières à lit affouillable.Mem .et Doc, Annales des ponts
- [11]LUDIWG, 1992 : L'érosion par ruissellement concentré des terres cultivées du nord du bassin
- [12]DE PLOEY, 1990 : L'érosion pluviale : Expérience à l'aide de sable traceurs et bilan
- [13]ROSSE, 1967 : Dix années de mesures de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. Agronomie
- [14]ROOSE et PIOT, 1984 : Runoff, erosion and soil fertility restoration on the mossi plateau (central
- [15]FOURNIER,F.,1960: Climat et érosion : La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les
- [16]DEMMAK.A.(1982) : Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie
- [2]WISCHMEIER, 1978 : Predicting rainfall erosion losses, aguide to conservation planning.
- [4]SHABBAN .A,KHAWLIE.M,1998. Ceoenvironmental assessment of riparian zones under
- [5]FOA,1990 : Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides. Bulletin.
- [6]CHEVALIER.J.J, POULIOT.J, THOMSON.K, BOUSSEMA.M-R, 1995 : Système d'aide à la
- [7]CELIK.I, AYDINE.M, YAZICI.U, 1996: A review of the ersion control studies during the
- [8]CHEBBANI. R, DJELIL.K, ROSSE.E, 1999: Etude des risques d'érosion dans le bassin versant
- [9]GRECO,J.,1966 : L'érosion , la défense et la restauration des sols , le reboisement en 170 169 185 171p252 2.1991 2.1991 .
- [17] BENKADJA . R., (2010), Le comportement d'un système hydrologique en climat continental semi-aride par les analyses corrélatoire et spectrale et en ondelettes des débits et des pluies. Cas du bassin K'sob (BBA – Algérie) » Proceeding GIRE3D Conference, Agadir 24-26 march 2010, Morocco

Heusch B. 1988. Aménagement d'un terroir et lutte contre l'érosion. Techniques de lutte contre l'érosion. CNEARC, Montpellier, 199 p.

2October,1998 ,25per A hnlichkeitsmechanik und turbulenz forschung. Mitteil preuss, versuchants

A.N.R.H, 1970 : Etude de transport solide dans le Nord Algérie. Rapport de l'Agence Nationale

A.R.C.E, 2001 : Rapport de l'Association pour la Recherche sur le Climat et l'Environnement,

ABALIANZ, 1958 : comptes rendus saniri,N°96 Russie.

Agricultur Hand- Book. N°537.USA.

Algérie.MARA.Alger.

ANDERSON H.W.(1949) : Flood frequencies and sedimentation from forest watersheds

Appliquée. France

AXELSSON.V,1967 : The laitaure Delta. A study of deltaic morphology and processes.

bassin versant de l'Oued Mina en zone semi-aride de l'Algérie septentrionale. Journal des sciences

BENKHALED.A., REMINI.B, 2003 : Influence des paramètres hydrométéorologiques sur

BENKHALED.A., REMINI.B, 2003 :Analysis of a sediment rating curve in Wahrane river basin

BENKHALED.A., REMINI.B, 2003 :Tomporal variabilty of sediment concentration and

BOBEE.B, 1990 : Eléments de statistiques. Univ.P et M. Curie. Laboratoire de Géologie

BOUSSEMA, 1996 : Système d'information pour la conservation et la gestion des ressources

Canada.

COLA R.(1980) : Presupposti teorici et technica della ricerca sperimentale in idraulica .Atti del

Colloque International Oasis, Eau et Population. Biskra.22-23 et 24 Septembre.

Contexte armoricain. Thèse de Docteur de l'ENSAR, 218p.+annexe.

DELHOUME J-P, 1981 : Etude en milieu méditerranéen semi-aride : ruissellement et érosion en

DEMIURGE à des fins hydrologiques. Mémoire de fin d'étude d'ingénieurs, ESIER

DEROUICHE A., 1994: Tests et limites d'application d'un modèle numérique de terrain de type

des fins de modélisation hydrologique. Mémoire de fin d'études d'ingénieurs, ESIER/ORSTOM.

des ressources hydrique. Alger.

DUTIL, P., 1984 : L'érosion en grande culture, revue technique des agriculteurs dynamique,

editor 1st international conference on land degradation, Adan. Turkey.10-14 june 1996, 175-18

élémentaire. Thèse de doctorat, université de Strasbourg I, 201p.

ELLISON W.D.(1947) : Erosion studies. Parts I to VII .Agric .Engng.

ENGELUND,F et HANSEN,E 1967 : A monograph on sediment transport in alluvial
et chaussées .Ser 5 Vol .XVIII.

events in rivers.J.Hydrol.N°111.pp89-106.

extreme climatic events ; a case study of representative rivers in lebanon.Mediterranean rivers
and

FEM et FIDA,2002. Publication FIDA. Edition GMS GRAFICHE,Rome , juillet 2002.[3]

FOURNIER,F.,1969 : Transport solides effectués par le cours d'eau, Bull. Assoc . Int. Hydrol.
France.

Geogr.Ann. 49A.pp 1-127.

géographique utilisant les données de télédétection. Act du colloque scientifique international,

GRAVILOVIC ,S. , 1972 : Ingénierie des cours d'eau torrentiels et de l'érosion.Yougoslavie.
Hammamet. Tunisie, 1-2 Novembre 1994, 4-12

HEUSCH B.(1971) : Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin versant

HUDSON N.W., 1957 : Erosion control Research Progress Report on Experiments at Henderson
hydrologique p 235.

hydrologique. 46(1), 41-53.

hysteresis in the Wadi Wahrane basin. Algérie. Hydrological Science Journal. N° 48 (2). Pp 243-
IHAR , Stockholm

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Djendel est NJ-31-III-7 .1985

INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection d'Alger.

Isser, Algérie. Bulletin Réseau Erosion 19 : 85-95.

Journal of hydrology. N°92.pp59-76.

KATTAN.Z et al,1987 : Suspended sediment load and mechanical erosion in the Senegal basin.

KHANCHOU,2008 : Cours de transport solide.

KINGUMBI .A, Caractérisation morphométrique Du bassin versant du merguellil Application a
la

l'estimation des apports solides dans un bassin versant de zone semi-aride. L'oued Ouahrane.

l'information en matière de protection de l'environnement, Tunis, 1-2 Novembre 1994, P.P.64-70.

LABORDE,2003 : Hydrologie de surface. Univ de Nice –Sophia Antipolis

LEOPOLD.L.B, MADDOCK.T.G.,1953 :The hydraulic geomertry of sream channels and some

LEVAINDIER,1989 : L'hydrologie Appliquée aux petits Bassins Versants Ruraux, CEMAGREF,

LIAMAS.J, 1992 : L'Hydrologie Générale . application et principe. Edition Gaetan morin.

Logiciels utilisés

MEDDI M.(1992) : Hydropluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'oued Mina

MEGUENNI K.et REMINI B, 2008 : Evaluation du débit dans Le bassin versant de harreza

MEYER –PETER,1934 : Formulas for bed –load transport preceding of second meeting of

MIL et d'ARACHID au Sénégal. DAKAR.

Mina, Thèse de Doctorat d'état , INA, EL-Harrache, Algérie.

MOOG,D.B.,WHITHING,P.J.1998. Annual hysteresis in bed load rating curves. Water resources

morphogénique. Acta géog. Lovaniensia, Vol VII, p1-89

N° 24.pp 437-445

N°169, France.

naturelles ; Colloque International sur le rôle des technologies de télécommunication et de

ONIBON H.; 1995: Caractérisation des zones homogènes du bassin versant de l'oued EZZIOUD à

Oran, Algérie.

parisien : analyse de la variabilité des symptômes d'érosion à l'échelle du bassin versant

PAUSTIAN.S.J ; BESCHTA.R.L, 1979 : The suspended sediment regime of an oregon coast

physiographic implications. Waschington D.C.U.S. Geological.Survey. Proffessional Paper.252p.

planification pour la conservation des eaux et des sols (Tunisie). Système d'information

précipitations atmosphiriques.PUF,Paris,France.

range stream . Water Ressources Bulletin.v. 15 N° 1. pp 144-154

RAZAFINIAINA, 2002 : Etude expérimentale de l'érosion hydrique inter rigole sous culture de

Références Bibliographiques

Références des cartes topographiques utilisées

REMINI, AVENARD et KHETTAB, 2003: Envasement des barrages, EDOC, ALGER.

republic in Turkey. In Kapur.S, Akça.E, Eswaran.H, Kelling.G, Vita-Finzi, Mermut A6R, Ocal A-D, research N°34(9).pp 2393-2399.

Research Station 1953-1956, Rhod. Agric.J, 54 (4); P297-230.

riparian zones- processes and management symposium, Zaragosa, Spain, 21 September-

ROCHE, M ; 1960. Hydrologie du surface. Gauthier VILLARS. Paris. 430 p

ROOSE, 1937: Modern conception of the mechanic of fluid turbulence. Trans-ASCE.U.S.A.

ROOSE, 1994 : Introduction à la GCES. Bulletin pédologique FAO. 76, 420p

SAUGREAH, (1969) : Etude de syntèse sur les apports solides en Algérie

Scient ; t.13, N°3.

septentrionale .Thèse de docteur –Ingénieur. Université de Pierre et Marie Curie ,France .p 323

SHIELDS.A, 1936. Anwendung d

simulation des Ecoulements de surface et a l'érosion. Projet de Fin d'études d'ingénieurs.

steamflow, topography, soil and land use, Trans American Geophysical Union, vol 35 n°2.

streams, Teknisk for lag, Compenhagen, Danemark

Symposium I.A.N.S publ, 144, p 485-498.

temporelles de l'écoulement solide en zone semi aride, de l'Algérie du Nord . journal des science

TIXERONT J .(1960) : Taux d'abrasion et teneur en suspension des cours d'eau d'Algérie et de

TOUAIBIA B , ACHITE.M, 2003 : Contribution à la cartographie de l'érosion spécifique du

TOUAIBIA.B, 2000 : Erosion – Transport solide- envasement des barrages . cas du bassin versant

TOUAIBIA.B, GOMER.D, AIDAOUI.A et ACHITE, 2001. Quantification et variabilité

tropicale (France), volume 22, n°2, p 123-152

Tunisie .Secretariat d'état à l'agriculture Tunis.

wasser und schiffsbou, Berlin n°26, Allemagne.

WILLIAMS.G.P,1989: Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic

WOOD.P.A, 1977: Controls of variation in suspended sediment concentration. Revue Sedimentol.

XVII convegno di idraulica et costruzioni idrauliche pp.129-18

XXII-1.1991

zone montagneuses de Tunisie (Djebel Semmama). Compagne 1975-1979. Tunis, Orstom/ DRE.

zone of upper- volta).Symp. Intern challenge in African Hydrology and water ressource. Harare

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Berouaghia Ouest NJ-31-III-8 .1987

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Berrouaghia Est NJ-31-III-8 .1987

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Beni slimane Est NJ-31-IV-7.1987

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Chellalat el Oudaoura Ouest NI-31-

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Ksar El Boukhari Ouest NI-31-XXI-

-INCT : Carte d'état Major de l'Algérie, 1/50 000, feuille de Ksar El Boukhari Est NI-31-XXI-

-S.I.G : Système d'information géographique, Map Info Professional version 7.5

-Vertical Mapper version V 2.6 Logiciel complémentaire de Mapinfo.

)Algérie). Revue des sciences de l'Eau N°16/3.pp 333-356.

)algerie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 7-19

.

.Aplication au Maghreb.mines et géologie, Rabat.

.Thèse unique , Université louis Pasteur.

.Trans.American Geophysical Union ,Vol 30 ,n°4.(1954) : Suspended sediment discharge related to

/

Résumé

Dans cette étude, on a fait appel aux SIG et Vertical Mapper pour évaluer et cartographier l'érosion hydrique en utilisant l'équation universelle des pertes en sol USLE dans le bassin versant de l'Oued Cheliff-Ghrib en Algérie. Ce bassin est caractérisé par une grande irrégularité dans les précipitations, une forte pente, une lithologie essentiellement marneuse et une couverture végétale très faible ce qui le rend très vulnérable à l'érosion. L'USLE est la combinaison de six facteurs spécifiques qui décrivent les caractéristiques du bassin versant. Les données hydro morphologiques et les SIG sont utilisés pour évaluer et cartographier chaque facteur individuellement. L'intégration des cartes thématiques des facteurs du modèle USLE dans le SIG permet de cerner l'impact de chaque facteur dans les pertes en sol, de classer par importance relative les zones d'érosion, et de quantifier les pertes en sol dans le bassin.

Abstract

In this study, remote sensing and GIS are implemented in order to map and assess water erosion using the Universal Soil Loss Equation (USLE) in the Wadi Cheliff-Ghrib watershed in Algeria. The study area is characterized by a great irregularity in rainfall which is mainly generated during storm events. The region is also known for its steep slopes, a marly lithology and a very low vegetation cover, which makes it more exposed and vulnerable to erosion. The USLE model can be described as the combination of six factors that feature the specific characteristics of the watershed. Morphological hydro data and GIS are used to individually assess and map each factor. The integration of thematic maps for the USLE factors in the GIS is used to identify the impact of each factor on soil loss, as well as to rank the relative importance of the erosion zones, and further to quantify the soil loss for the investigated region.

ملخص

تم في هذه الدراسة استعمال تقنية الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية لتحديد و تقييم انجراف التربة باستخدام معادلة فقدان التربة العالمية (USLE) في حوض وادي الشلف غريب هذا الاخير يتميز بانتشار غير منتظم في سقوط الامطار و التي تكون بشدة كبيرة خاصة خلال العاصفة وكما هو معروف فالمنطقة شديدة الانحدار و ذات خصائص صخرية تسهل عملية الانجراف كما ان الغطاء النباتي منخفض جدا مما يجعله أكثر عرضة لانجراف التربة.

يجمع النموذج المستعمل بين ستة عوامل تميز خصائص الحوض و قد استخدمت بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم كل عامل من هذه العوامل على حدى ثم تم دمجهم في نظام المعلومات الجغرافية لتحديد تأثير كل عامل على فقدان التربة فضلا عن ترتيب المناطق حسب أهمية و نسبة الانجراف.