

لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
تعماجي للاليج تماغنوب
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des Sciences de la Terre



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

Domaine : Sciences de la terre et de l'univers

Filière : Géologie appliquée

Spécialité : Ressource en Eau et Géo-environnement

THÈME:

GESTION DE RISQUE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LA PLAINE DE
KHEMIS MILIANA

Présenté par:

- *Secretário Marques José*
- *Porfirio Justina Ndapewelao*

Devant le jury:

Mr. HENIA Abdelkader	MCB	Président	(U.D.B Khemis Miliana)
Mr. SAHRAOUI A.	MAA	Promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme. ZAKOUDA Naima	MAA	Examineur	(U.D.B Khemis Miliana)

Année universitaire: 2020/2021

Remerciements

Nous remercions, le BON DIEU Tout PUISSANT qui nous a honneur avec sa présence dans nos vies, qui nous a protégé et nous a donné la santé et la patience, le savoir-faire pour réussir à réaliser ce mémoire.

Ce présent mémoire a été effectué en ALGERIE/Khemis Miliana ; précisément sur la plaine de Khemis Miliana. Lors de la réalisation de notre étude scientifique on a rencontré un grand nombre des personnes de bonne volonté qui ont apporté leur pierre à l'édifice dans le cadre ce travail, sur le plan scientifique surtout moral, Nous vous disons merci.

Nous remercions notre promoteur Mr SAHRAOUI (Maitre-Assistant A), pour toute le soutien, aide, l'orientation, la guidance, qu'il nous apporté lors de la réalisation de notre mémoire.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs remarques.

Nous exprimons toute nos reconnaissances à nos enseignants depuis le primaire année jusqu'à aujourd'hui, qui ont participé à notre formation et à l'orientation, particulièrement nous ne serons jamais oubliés de remercier l'honorable enseignant Monsieur GHARBI Ben Youcef pour sa disponibilité constante et son charisme et Monsieur KADI.

N'e jamais oublié de remercier nos aimables parents, qui nous ont mis au monde, nous ont guidé, soutenus dans toutes les épreuves et on fait de nous, l'Homme que nous avons devenu et certainement celui que nous deviendrons. Nos mots ne sauraient exprimer toute l'admiration que nous portons à votre endroit.

A tous les Algériens, en spécial Mr. HAMZA, un vrai père pour nous, merci c'est un intervalle inoubliable de notre vie.

Enfin nous tenons à remercier toutes nos collègues et amis de bataille et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A TOUS UN GRAND MERCI.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes aimables parents Arcanjo Secretário et Linda Raul, qui m'ont toujours encouragé à faire cette formation, et qui m'ont apporté le réconfort et amour.

Je dédie également ce travail à ma chérie du cœur Esperança João et à tous (es) mes frères et sœurs en spécial mes deux grandes sœurs Luciana Marques Secretário, Mariana Secretário en Angola, qui ont toujours présenté son soutien et qui ont prié pour moi au long de mon parcours universitaire.

A n'e pas oublier mes amies du cœur, Vanderson Nóbrega, Eduardo Rodrigues, Faustino Ndozi, Celestino Manuel, qui ont toujours été à mes côtés dans les bons et de mauvais moments.

A tous mes chers amis et collègues du promo 2016 à l'université Djilali Bounaama Khemis Miliana

A mon binôme Justina Porfirio

Mr. Secretário Marques José

DEDICACE

Ce modeste travail j'ai le grand plaisir de le dédier :

A ma chère mère Naemi André Hingatuyola, ma force, ma guide, avec sa foi et espoir, rêvait qu'un jour j'étudierais en étrangère pour approfondir mes connaissances scientifiques et ce finalement devenu en réalité, maman voilà, ta fille est maitresse et je vous dois tout ce que je suis aujourd'hui grâce à votre amour, patiente, aide et ses conseils de sagesse.

A mon cher père Porfirio Hingatuyola, mon magnifique modèle de l'homme de force et travail, malgré ses ressources financières limitées, ne m'a jamais laissé manquer de quoi que ce soit durant mon parcours académique, merci pour tout l'effort mon papa.

A tous mes nouveaux et nièces, surtout ma chère nièce Rossana Porfirio Morais, une vraie étoile sur ma vie.

A Monsieur DJILALI

A Monsieur ISRAEL Costa pour la force, jamais je n'oublierais vos paroles d'encouragement au moment de mon voyage en Algérie et je garde toujours votre conseil.

A mes frères et sœurs

A tout ma famille

A tous mes amis, spécialement ceux qui était toujours là dans les bons et mauvais moments, je vous aime beaucoup : UDEINGE Agnaldo, TJIMBUETI Joana, SIMAO Iria, TONGENI Regina, NAMWEYA Nelma, TCHINTIKI Alginas.

A mon binôme Marques

JUSTINA PORFIRIO

RESUME

L'érosion hydrique est un phénomène complexe, largement répandu en Afrique du Nord, notamment dans le haut et moyen Cheliff où les facteurs naturels et l'agressivité du milieu influencent fortement sur la perte de sol dans ces régions, qui est caractérisé par un relief très accidenté avec des altitudes qui varient de 66 à 1946,9 m avec une pente moyenne de 15 ,46 % et drainée par un réseau hydrographique dense. L'étude de l'érosion dans une plaine de zone semi - aride présente particulièrement un grand intérêt. Cette étude vise à l'étude complet de la plaine de Khemis Miliana (appelé aussi du Haut Cheliff) vis-à-vis l'érosion hydrique en utilisant la technique de télédétection et les systèmes d'information géographique SIG, cette étude nous a permis de délimiter les parties les plus sensible vis-à-vis l'érosion dans tout la plaine.

Dans cette étude, une approche cartographique a été appliqué pour identifier le zonage potentiel de l'érosion hydrique, dont laquelle cette approche permet d'estimer les paramètres de l'érosion hydrique du modèle USLE et RUSLE, pour identifier et de cartographier les zones sensibles et à haut risque d'érosion ainsi que les régions d'urgence d'intervention de gestions dans la plaine de Khemis Miliana. De façon générale l'érosion hydrique dépend de l'importance et de la fréquence des agents érosifs (pluie et ruissellement), des types de sols, de la topographie et de l'occupation du sol. À la fin nous avons utilisé ces facteurs pour classifier et estimer la carte finale d'érosion hydrique de la plaine avec la délimitation en fonction de sa quantité et des différentes mesures efficaces pour sa gestion.

Mots clés : Erosion, gestion, précipitation, sol, plaine de Khemis Miliana, SIG

SUMMARY

Water erosion is a complex phenomenon, widely responded to in North Africa, especially in upper and middle Chélif where natural factors and the aggressiveness of the environment strongly influence the loss of soil in these regions, which is characterized by a relief very rugged with altitudes varying from 66 to 1946.9m with an average slope of 15.46% and drained by a dense hydrographic network. Of particular interest is the study of erosion in a semi-arid zone plain. This study aims at the complete study of the plain of Khemis Miliana (also called Haut Cheliff) vis-à-vis water erosion by using the technique of remote sensing and GIS geographic information systems, this study allowed us to delimit the parts most sensitive to erosion throughout the plain.

In this study, a mapping approach was applied to identify the potential zoning of water erosion, of which this approach allows to estimate the water erosion parameters of the USLE and RUSLE model, to identify and map sensitive areas and at high risk of erosion as well as emergency management intervention regions in the Khemis Miliana plain. In general, water erosion depends on the importance and frequency of erosive agents (rain and runoff), soil types, topography and land use. At the end we used these factors to classify and estimate the water erosion of the plain with the delineation according to its quantity and the different effective measures for its management.

Keywords: Erosion, management, precipitations, soil, Khemis Miliana plain, GIS

المخلص

التعرية المائية هي ظاهرة معقدة، واسعة الانتشار في شمال إفريقيا، خاصة في منطقتي حوض الشلف العليا والوسطى حيث تؤثر العوامل الطبيعية وعدوانية البيئة بشدة على نؤدان الأراضي للتربة في هذه المناطق، والتي تتميز بتضاريس وعرة للغاية مع ارتفاعات متناوئة من 66 م حتى 1946 م، بمعدل انحدار 15.46 %، ويتم تصريف المياه بواسطة شبكة هيدروغرافية كثيفة. نحظى دراسة التعرية في سهل المنطرة شبه الجافة بأهمية خاصة. حيث تهدف إلى مقارنة شامله لسهل خميس مليانة (المعروف أيضًا باسم حوض الشلف العلوي) بمقابل التعرية المائية باستخدام مؤنبة السنشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية GIS، وؤد سمحت لنا هذه الدراسة بتحديد الأجزاء الأكثر حساسية لتعرية التربة في جميع أنحاء السهل..

في هذه الدراسة، تم تطبيق نهج رسم الخرائط لتحديد النقسيم المصنم للتعرية المائية، والذي يسمح بتؤدير معلومات التآكل المائي لنموذج USLE و Rusle، لتحديد ورسم خريطة المناطق الحساسة والحساسة. وكذلك مناطق تدخل إدارة الطوارئ في سهل خميس مليانة. بشكل عام، يعتمد الارتفاع المائي على أهمية ونؤانر عوامل التآكل (المطر والجريان السطحي) وأنواع التربة والتضاريس واستخدام الأراضي. في النهاية استخدمنا هذه العوامل لتؤنؤف وتؤدير الارتفاع المائي للسهل مع نؤنؤم الحدود حسب كمؤنؤها والتدابير البعالة المصنفة إدارتها.

الكلمات المفتاحية: تعرية، إدارة، ساقطات، تربة، سهل خميس مليانة، نظم المعلومات الجغرافية

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
I.1. Définition.....	5
I.2. Mécanisme de l'érosion hydrique.....	6
I.2.1. Le détachement	6
I.2.1.1. La pluie.....	6
I.2.1.2. Ruissellement	7
I.2.2. Le transport	8
I.3. Différentes formes de l'érosion	9
I.3.1. L'érosion en nappe ou aréolaire	10
I.3.2. Erosion linéaire	11
I.3.2.1. Griffes	12
I.3.2.2. Rigole	12
I.3.2.3. Ravine.....	13
I.3.2.4. Ravin	13
I.3.2.5. Ravinement généralisé	13
I.3.3. L'érosion en masse.....	14
I.4. Facteurs de l'érosion hydrique :	15
I.4.1. Facteurs naturels.....	15
I.4.2. Facteurs topographiques.....	15
I.4.3. Facteurs climatiques	15
I.4.4. Facteurs pédologiques	16
I.4.5. La végétation	16
I.4.6. Facteurs humains.....	17
I.5. Conséquences de l'érosion hydrique	17
II. 1. Situation géographique	20
II. 1.1. Contexte régional.....	20

II.1.2. Localisation géographique de la plaine de Khemis Miliana	21
II.1.2.1. Contexte local	22
II.2. Situation géologique générale	24
II.2.1. La géologie de la région de Khemis Miliana	24
II.3. La situation climatique.....	27
II.3.1. Précipitations.....	28
II.3.1.1. Régime pluviométrique.....	28
II.3.1.2. Pluviométrie moyenne annuelle :.....	28
II.3.1.3. Température de l'air :.....	29
II.3.1.4. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	30
II.3.1.5. Vent.....	31
II.3.1.6. La grêle.	32
II.3.1.6. La gelée blanche	32
II.3.1.7. Humidité relative	32
II.4. Situation Hydrologique et hydrographique.	33
II.5. Situation Hydrogéologique	35
II.5.1. Les principaux aquifères de la région d'étude	35
II.6. La Pédologie de la plaine	36
II.6.1. Les sols des bordures de la plaine.....	37
II.6.2. Les sols centraux de la plaine	37
II.7. La Végétation	38
II.8. Situation socioéconomique.....	38
II.8.1. Démographie.....	38
II.8.2. L'occupation du sol, ou situation agricole.....	38
III.1 Objectifs d'un modèle pour l'estimation de l'érosion hydrique :	41
III.2 Expérimentations méthodiques	42
III.2.1. Equation Universelle de perte en sol (USLE)	42
III.3. La gestion de l'érosion hydrique	45
III.3.1. Définition de la gestion de l'érosion hydrique	45

III.3.2 L'état des ressources en sols	46
III.3.3. Les processus de gestions des risques	47
III.3.3.1. Estimation des rayons d'impact	49
III.4. Les mesures efficaces de lutte contre la perte du sol.....	50
III.4.1. Les principaux objectifs en termes de lutte contre l'érosion	50
III.4.2. Les évolutions historiques des stratégies de la conservation du sol.....	50
III.4.3. Les stratégies traditionnelles de lutte antiérosive	50
III.4.3.1. Les caractéristiques de billons.....	52
III.4.3.1.2. Les objectifs d'installer des billons	53
III.4.4. Les stratégies modernes d'équipement hydraulique.....	54
III.4.5. L'intégration de l'approche participative dans la planification des programmes de lutte antiérosive.....	56
IV.1. Calcul l'indice d'érosivité des pluies R.....	60
IV.2. Facteur de déclivité LS	64
IV.3. Facteur d'érodibilité des sols (K).....	67
IV.4. Le facteur d'estimation d'érosion hydrique non calculé	71
IV.4.1. Couverture végétale C	71
IV.4.2. Le facteur pratiques antiérosives « P » ou de conservation	71
IV.5. Analyse des différents Facteurs	72
CONCLUSION GENERALE.....	76
BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXES	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Formes de l'érosion linéaire (Roose, 1994)	14
Tableau 2: Pluviométrie moyenne mensuelle en mm sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005).....	28
Tableau 3: Température moyen mensuelle sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)..	29
Tableau 4 : Vitesse de vents en m/s sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005).....	31
Tableau 5 : Les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91) (Source : ONM Alger)	32
Tableau 6: Nombres de jours de gelée sur une période d'observation de 30 ans 1975-2005).....	32
Tableau 7: Les valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005). (Source : Station météorologique d'El KHEMIS)	32
Tableau 8: Réseau Hydrographique (Bong. I ; et al, 2013).....	34
Tableau 9: Distance d'isolation initiales et d'activité de protection.	49
Tableau 10: Erosivité en (t/ha/an) dans La plaine alluviale du Haut Cheliff	63
Tableau 11: Classes des pentes avec leur surface en fonction de leur effet sur l'érosion. (Source: Sabah et al, 2018).	66
Tableau 12: Degré de formation lithologique avec leur surface en fonction de leur effet sur l'érodibilité	69
Tableau 13: Les valeurs pondérée du Facteur LS	72
Tableau 14: Les valeurs pondérée du Facteur R	73
Tableau 15: Les valeurs pondérée du Facteur K.....	73
Tableau 16: Tableau d'analyse des facteurs (R, K, LS) ainsi que le risque d'érosion hydrique	74

LISTE DES FIGURES ET CARTES

Figure 1: Etapes de l'érosion hydrique. (Source, Roose et al, 2000).....	6
Figure 2: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash. (Le Bissonais et al, 2002).....	7
Figure 3: Mode de transport solide par ruissellement. (Source, contribution à l'élaboration d'un abaque pour le bassin hydrographique de l'oued Cheliff. Blida, Mai 2008, p26).....	9
Figure 4: Types et formes de l'érosion. (Source, contribution à l'élaboration d'un abaque « érosion spécifique - surface - lame d'eau précipitée » pour le bassin hydrographique de l'oued Cheliff. Blida, Mai 2008,)	10
Figure 5: Erosion en nappe. (Source, Roose et al, 1994)	11
Figure 6: Erosion en griffes. (Roose, 1994)	12
Figure 7: Erosion en rigoles. (Roose, 1994).....	13
Figure 8: Erosion par ravinement. (Roose, et al, 1994).....	14
Figure 9: Situation géographique de la wilaya d'Ain defla (DSA,2016)	21
Figure 10: Les délimitations de la région de la plaine de Khemis Miliana (fr.wikipedia.org, 2021) .	22
Figure 11: Carte de la situation géographique de plaine alluviale de Khemis Miliana (sahraoui nawal 2014 /2015).....	23
Figure 12: Les limites administratives de Khemis Miliana (Google maps).....	24
Figure 13: Coupe passant par le télégraphe d'Adélia (Pomel et al, 1997).....	25
Figure 14: Coupe du Djebel Ouamborg (Pomel et al, 1997).....	26
Figure 15: Carte lithologique de la plaine de Khemis Miliana.	27
Figure 16: Graphe des précipitations en fonction des mois sur une période d'observation de 30 ans (1975 -2005).	28
Figure 17: Graphe de température moyenne mensuelle sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)	29
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Cheliff (Plaine de Khemis Miliana) 1990-2014.....	30
Figure 19: Graphe de la vitesse de vent.....	31
Figure 20: Graphe des valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005). (Source : Station météorologique d'El KHEMIS).....	33
Figure 21: Répartition spatial de réseau hydrographique de la plaine Alluviale de Khemis Miliana (Sahraoui et al, 2014 /2015)	34
Figure 22: Carte faciolithologique de la zone d'étude, à l'aide de l'ArcGIS.....	36

Figure 23 : Occupation des sols de la plaine de Khemis Miliana « du Haut Cheliff » (Source : ONID, 2012).....	39
Figure 24: Etapes de cartographie de l'érosion par le modèle RUSLE. (Source : Sadiki et al, 2004)	44
Figure 25: Processus global d'appréciation et de traitement des risques (Tiré de la norme ISO 31000:2009).....	47
Figure 26: Représentation graphique des rayons d'impact	49
Figure 27: a / Les terrasses en gradins soutenues par des talus	51
Figure 28: b/ Les terrasses en gradins soutenues par des murs.	52
Figure 29: c1 e c2 / Vue sur des billons	53
Figure 30: Carte de facteur d'érosivité R dans le bassin versant du Haut Cheliff à l'aide d'Arc GIS	62
Figure 31: Carte de pente en degré de la zone d'étude à l'aide d'ARCGIS.....	65
Figure 32: Carte d'érodibilité du sol selon le facteur (LS) à l'aide d'ARCGIS.....	67
Figure 33: Carte faciolithologique de la zone d'étude, à l'aide de d'ARCGIS.....	68
Figure 34: Carte de degré d'érodibilité basée sur la carte faciolithologique, à l'aide de d'ARC GIS	70
Figure 35: Carte final du risque d'érosion hydrique	75

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

A : Perte en sol par unité de surface et par an,

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

ARCE : Association pour la Recherche sur le Climat et l'Environnement.

B : code de structure du sol utilisé dans la classification

BV : Bassin versant

c : classe de perméabilité du profil

C : Indice des pratiques culturales,

C : Couverture Végétale

DRS : Défense et restauration des sols

E : Erosion en T/ha

E : Ecoulement (mm)

Ec : Energie cinétique des gouttes de pluies (joules).

Es : érosion spécifique dans la plaine($T/Km^2/an$) ;

Hmax : Altitude maximale (m).

Hmin : Altitude minimale (m).

Hi : hauteur pluviométrique correspondante (mm)

I₁ : indice lithologique (%) ;

I₃₀ : l'intensité maximale observée en 30 mm (mm/h)

I_i : l'intensité pluviométrique correspondante (mm/h)

Im : Pente moyenne du bassin versant (%)

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

Ip : Intensité des précipitations (%) ;

K : Perméabilité ;

K : Facteur d'érodibilité du sol,

LS : indice combinant l'effet de la longueur L de parcelle et de la pente S,

M : pourcentage de matière organique ;

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.

Moy : moyenne.

NDVI : indice de végétation normalisé dérivé

O.R.S.T.O.M : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer

Pi : précipitations mensuelles en mm

P : Indice d'aménagement anti-érosif.

Po : Pluie annuelle (mm).

R : Indice de pluie caractérisant l'agressivité climatique,

S : Pente exprimée en pourcentage

S : surface de la plaine ;

SIG : système d'information géographique

t_o : Température moyenne annuelle (°C).

T : coefficient de température

USLE : Universal Soil Loss Equation

RUSLE : Universal Soil Loss Equation

Ve : Végétation.

y : coefficient de la résistance du sol

Z : coefficient d'érosion

INTRODUCTION GENERALE

Les phénomènes de l'érosion sont actifs tout au long de l'histoire de la terre. Mais dès que l'homme s'est attaché à cultiver la terre, il a défriché la couverture végétale exposé le sol nu à l'agressivité des pluies et provoqué la dégradation de l'horizon humifère du sol ainsi que l'accélération de l'érosion et du ruissellement. Et depuis plus de 7 000ans l'homme s'acharne à lutter contre l'érosion pour protéger cette terre contre l'agressivité des pluies et du ruissellement (Lowdermilk, 1953).

Des crises d'érosion se sont succédés au cours de l'histoire en relation avec la crise sociale : on connait les conséquences des invasions et de la politique de la terre brulée qui ont entraîné la paupérisation des peuples au moyen âge, aux XVIIème siècle en Europe (LILIN, 1998 ; VOGT, 1970-74). Avec la croissance démographique du XXème siècle, les problèmes de dégradation des terres sont devenus des plus en plus grave et les surfaces érodées à la surface de la terre s'étendent des plus des dix millions d'hectares par un, l'essentiel provenant de l'érosion hydrique.

L'érosion est considérée comme l'un des grands problèmes de l'environnement au monde ; elle menace non seulement les pays en voie du développement mais aussi les pays émergents ; ce n'est que dans les années 1950, après le Congrès de Madison de l'Association Internationale de Science du Sol, que les méthodes américaines de mesure du ruissellement et de l'érosion sur petites parcelles se sont répandues en Afrique francophone (Fournier, 1960) et anglophone (Hudson, 1971), puis en Amérique latine et plus récemment en Asie et en Europe.

L'eau et le sol représentent sans doute le capital le plus précieux pour l'homme sur terre. Contrairement à l'eau, en effet le sol constitue une ressource non renouvelable, ou à renouvellement très lent qui se fait à l'échelle du millénaire. Sa reconstitution est extrêmement lente, difficilement envisageable à l'échelle humaine. Or, jour après jour, dans les régions semi-arides, le sol est emporté par l'eau, c'est l'érosion hydrique.

Parfois la combinaison de pluie et du ruissellement provoquent l'érosion hydrique, l'action de cette dernière entraîne la dégradation du sol qui est une perte irréversible de cette ressource non renouvelable. Ces caractéristiques aussi (abaissement des rendements par une perte des éléments fins du sol et de la couche arable, assèchement des sols, dégradations des infrastructures et les risques d'inondation, aggravent la dégradation des sols (Melalih, 2012).

Du fait que ce phénomène est irréversible mérite une attention particulière, La prédominance de roches de surface peu résistantes à l'altération, l'irrégularité climatique, la torrentialité des

écoulements, la faible densité du couvert végétal et la surexploitation des terres sont les principaux facteurs de dégradation des terres et d'envasement des retenues des barrages.

En Algérie, les conséquences de l'érosion hydrique sont désastreuses et spectaculaires, offrant un paysage nu et sillonné par un ravinement intense, particulièrement dans les régions montagneuses à réseau d'écoulement dense, et parmi ses conséquences on cite, la diminution de la fertilité des sols et les pertes des surfaces cultivables.

D'après le Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, 50 millions d'hectares de terres sont menacés par l'érosion hydrique, ce qui représente plus de 20 % de la surface totale du pays qui est de l'ordre de 238 millions d'hectares (MOSTEPHAOUI et al., 2013). Les surfaces menacées sont réparties en 14 millions d'hectares de zones montagneuses au nord (touchées par l'érosion hydrique), 32 millions d'hectares en zones steppiques (menacées par la désertification) et 4,1 millions d'hectares de forêts soumises aux menaces induites par les effets des changements climatique (MOSTEPHAOUI et al., 2013).

Le phénomène de l'érosion hydrique menace essentiellement les terres agricoles et engendre de lourdes retombées sur plusieurs plans : environnemental, économique et social. La diminution du potentiel biologique de terres cultivées constitue une contrainte majeure pour le développement de la production agricole, qui doit être confirmée par le choix de la méthode la plus utilisée de la quantification de la perte du sol sous l'action de l'eau, par la suite cela incite d'élaborer d'exigeantes interventions pour réduire ce phénomène à caractère difficilement réversible, et de préparer un plan de gestion qui visera à protéger les sols sensibles de la plaine de Khemis Miliana qui en souffre surtout dans la période de pluies torrentielles.

La plaine de Khemis Miliana a été choisi comme zone d'étude de notre travail non seulement pour la diversité des données qui y sont disponibles mais surtout parce que l'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord car ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées. L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre.

La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays (Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire, 2000).

Cette situation se dégrade davantage d'année en année, dans les régions du Nord-Ouest de l'Algérie notamment dans notre plaine de Khemis Miliana, et les vulnérabilités en la matière ne font que s'accroître (Mostephaoui et al, 2013). Cette étude s'intéresse alors à la gestion de l'érosion hydrique dans la plaine, car cela mérite une réflexion adéquate.

Les objectifs visés par ce travail sont :

- ❖ Quantification de la perte du sol dans la plaine.
- ❖ Détermination des zones sensibles à l'érosion hydrique
- ❖ Focalisation des mesures de prévention de protection des terres dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources naturelles.

De ce fait, nous avons jugé de structurer ce travail en quatre chapitres :

- ❖ **Introduction générale** pour présenter le phénomène de l'érosion hydrique à différentes échelles
- ❖ **Le chapitre I** : Synthèse bibliographique sur la gestion du risque de l'érosion hydrique.

Ce chapitre explique globalement les phénomènes de l'érosion hydrique, détermination de la définition de l'érosion, les facteurs naturels et humains, et préciser ses conséquences afin de prendre des mesures de gestion et remédier les hauts risques d'érosion.

- ❖ **Le chapitre II** : Présentation de la zone d'étude

Comme son nom l'indique, cette partie tente à situer la zone de la plaine de Khemis Miliana et expliciter ces caractérisations générales ; Présenter les caractéristiques naturelles (comme la situation géographique ; la géologie, climatologie, hydrologie, pédologie...) et sociales (les caractéristiques socioéconomiques surtout l'agriculture) car pour bien résoudre un problème dans une zone donnée, alors il faut interactivement ces attributs.

- ❖ **Le chapitre III** : Méthodes et Matériels (Estimation et Gestion d'érosion hydrique).

Ce chapitre consiste à proposer l'approche de gestion de l'érosion en suivant le processus de gestions de risques, les mesures efficaces de lutte contre la perte du sol et la justification de l'adoption de cette méthode

- ❖ **Le chapitre VI** : Résultats et Discussions

.Notre dernier chapitre consiste à démontrer l'application des formules de quantification, ainsi que la cartographie des zones sensibles à l'érosion et ensuite la discussion des résultats trouvés.

- ❖ **Conclusion générale** pour évaluer les résultats trouvés et envisager d'autres perspectives de recherche dans le sujet.

-La Méthodologie utilisée est assez simple :

Collecte des données, utilisation et exploitation des données, et critique si possible.

CHAPITRE I :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE
RISQUE DE L'EROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique constitue un grave problème environnemental, agricole et social qui affecte et menace d'immenses espaces de terres dans le monde notamment les plaines où le phénomène d'érosion modifie la forme et l'hydrologie des milieux, et provoque parfois des mouvements de terrain. Les conséquences peuvent être lourdes pour la biodiversité comme pour la sécurité de tous à proximité directe des milieux. L'érosion entraîne également une dégradation de la qualité de l'eau, provoquée par les matières en suspension.

Les régions nord africaines sont assez vulnérables à la dynamique érosive, à l'instar de la plaine de KHEMIS MILIANA en ALGERIE qui est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride ce qui favorise des pertes considérables en sol. Dans la partie amont du bassin, les phénomènes d'érosion hydrique sont accentués par les fortes pentes et la couverture végétale réduite du sol.

L'érosion se définit comme le détachement et le transport de particules de sol de son emplacement d'origine par différents agents vers un lieu de dépôt. Elle est sous l'influence de deux grands facteurs qui sont l'érosivité des pluies et l'érodibilité, cela dépend des caractéristiques physiques du sol, de l'action humaine sur le sol et du relief. Ces éléments permettent de déterminer les facteurs de l'érosion hydrique (le climat, la morphologie de la zone, les caractéristiques du sol, la couverture du sol et les actions humaines).

I.1. Définition

Erosion, nom provenant à partir du verbe latin "ERODERE", qui signifie "ronger, corroder" (Rampon ,1987). D'après son étymologie, ce mot signifie donc l'action d'enlever en rongant.

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).

L'érosion des sols correspond à 'l'arrachage' et au 'transport' des particules de sol, par différents agents (gravité, eau, vent, glace) de leur emplacement d'origine à un endroit de 'dépôt' à l'aval. En tout le cas, ces mouvements de sol sont des processus discontinus à fortes variations spatio-temporelles, difficile à d'écrire sous forme d'équations mathématiques (Bruno Ledoux, Editions TEC et DOC 2006).

Les deux agents principaux de l'érosion hydrique sont les précipitations et le ruissellement superficiel. Le phénomène peut être lent et passer relativement inaperçu ou il peut aussi se produire à un rythme alarmant et causer alors de lourdes pertes de terres arables.

I.2. Mécanisme de l'érosion hydrique

Les trois phases par lesquelles passe l'érosion sont le détachement, le transport et la sédimentation. Cependant, il est à signaler que la pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine du détachement, du transport et du dépôt des particules du sol arrachées comme schématisé dans la figure suivante :

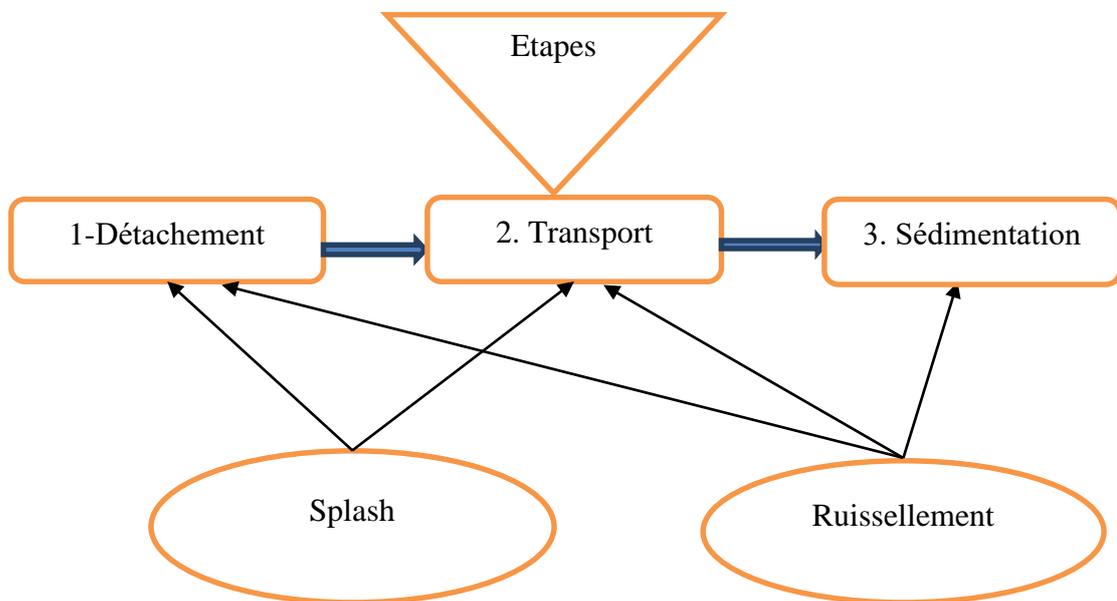


Figure 1: Etapes de l'érosion hydrique. (Source, Roose et al, 2000)

I.2.1. Le détachement

Les deux agents principaux qui conduisant au détachement sont les précipitations 'pluie' et le ruissellement.

I.2.1.1. La pluie

Le potentiel érosif de la pluie est désigné par le terme général d'érosivité (Bergkmap et al.1996). L'érosivité de la pluie est la capacité de la pluie à causer des pertes en terre par ruissellement donc elle va provoquer un détachement et un transport des particules, l'action de la pluie sur le sol est également appelée 'agressivité', l'analyse de l'effet de pluie ne peut être réalisée qu'après séparation en séquences pluvieuses., précédé d'un ruissellement qui dépend de l'énergie et de l'intensité de la pluie.

L'impact des gouttes de pluies sur la surface de sol provoque le détachement des particules de sol qui seront éjectées de la surface et transportées, avant de se déposer à la surface. Ce rejaillissement d'eau et de sol est désigné par le terme de splash.

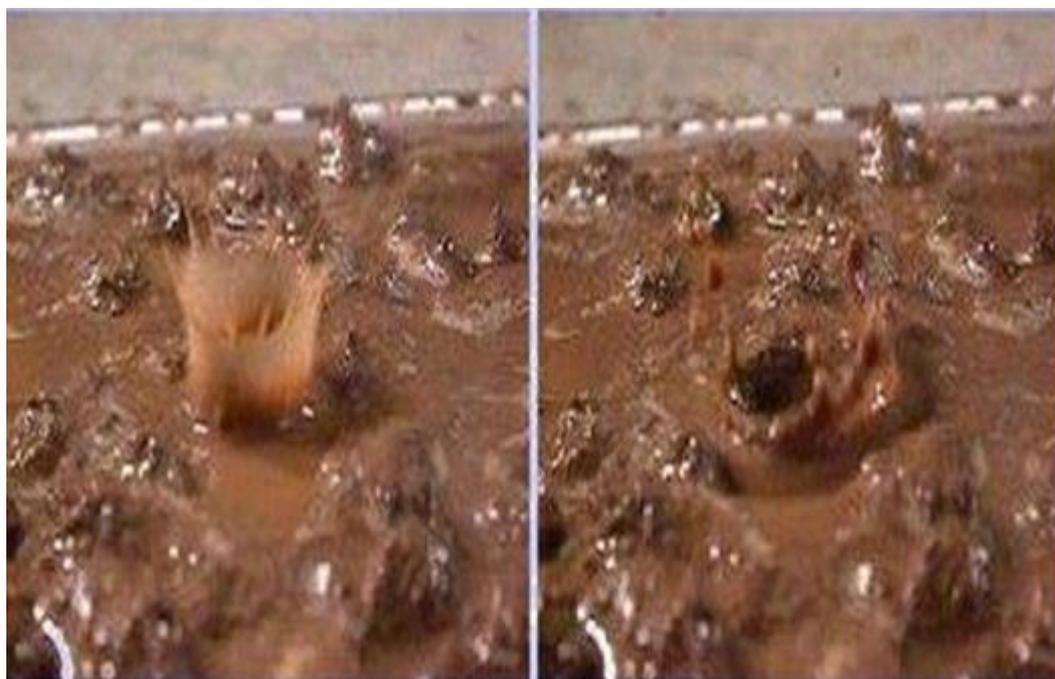


Figure 2: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash. (Le Bissonais et al, 2002).

I.2.1.2. Ruissellement

Le ruissellement apparaît dès que l'intensité d'une pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration du sol. Il est nettement plus élevé sur sol nu que sous cultures. 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.

Une fois le ruissellement déclenché sur la parcelle, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace pouvant donner naissance soit une érosion diffuse

et /ou soit une érosion concentrée.

Les plus faibles ruissellements proviennent des pluies tombantes après une période sèche. Par contre, les ruissellements et les pertes en terres les plus élevées ont eu lieu à une époque où le sol est déjà très humide et dans le cas de pluies exceptionnelles et des orages d'automne et de printemps (Chebbani, R et al.). Le ruissellement ne débute qu'après un cumul pluviométrique journalier de 18 à 20 mm (Laouina, A. 1998) sur sol sec même si les pluies sont intenses ou après un cumul de 4 mm sur sol humide et compact (Loup, J. 1974).

I.2.2. Le transport

Le transport solide est par définition la quantité de sédiment transporté par un cours d'eau, il constitue la seconde phase de l'érosion. Il est dû à la fois aux gouttes d'eau de pluie (par rejaillissement = effet splash) et aux eaux de ruissellement. Ainsi, le transport est assuré par ces eaux. Cependant, il est à signaler que le mode de transport par effet splash est généralement négligeable sauf sur pente forte. Alors que les eaux de ruissellement sont les plus responsables du transport des particules du sol détachées. Les particules de sols détachés sont transportées vers le bas des pentes sous l'action des écoulements de surface par suspension, saltation et traction sur des distances plus ou moins importantes.

Quand la charge en sédiments est inférieure à la capacité de transport de l'écoulement, les particules de sol peuvent être ainsi transportées. Quand la charge est supérieure à la capacité de transport, les sédiments en excès se déposent. L'exportation des sédiments par le ruissellement est grandement influencée par le fait que la lame d'eau soit soumise ou non à l'impact des gouttes de pluie. Pour un écoulement en nappe peu épais (érosion diffuse), la pluie tend à augmenter la concentration et la granulométrie de la charge solide exportée (Chaplot et al, 2000; Beuselinck et al, 2002).

Le schéma ci-dessous illustre le mode de transport par ruissellement :

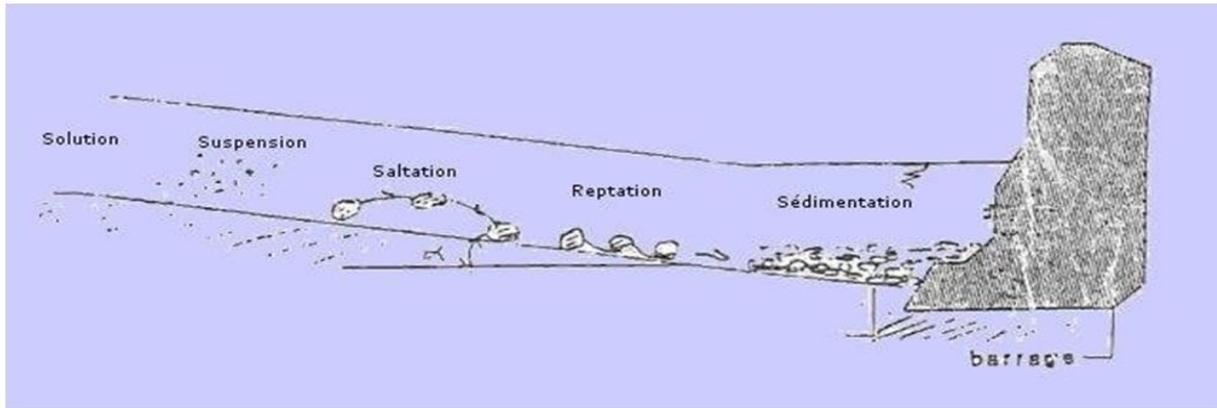


Figure 3: Mode de transport solide par ruissellement. (Source, contribution à l'élaboration d'un abaque pour le bassin hydrographique de l'oued Cheliff. Blida, Mai 2008, p26).

L'eau de ruissellement c'est l'agent responsable de la sédimentation, les particules les plus grossières sont les premières à sédimenter, les plus fines étant transportées plus loin. On parle de tri granulométrique (Kaurak et al, 1990). Il constitue la troisième phase de l'érosion hydrique. Quand la capacité de transport de l'écoulement est dépassée, c'est au-delà où se produit la sédimentation.

Le dépôt de ces particules tenant en compte leur dimension, leur densité et sa capacité de transport du ruissellement ou du cours d'eau.

I.3. Différentes formes de l'érosion

L'érosion hydrique est la principale forme de la 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 alors que uniquement 300 millions d'hectares en Algérie en Amérique 157 millions d'hectares en Europe, en Amérique du nord, environ 95 millions d'hectares sont touchées, 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 cultures d'Allemagne, Danemark, France, des pays bas réunis (FEM ET FIDA 2002).

Selon les conditions des milieux, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion en nappe, linéaire en rigole, griffes, ravinement, suffusion glissement en rigole et en masse.

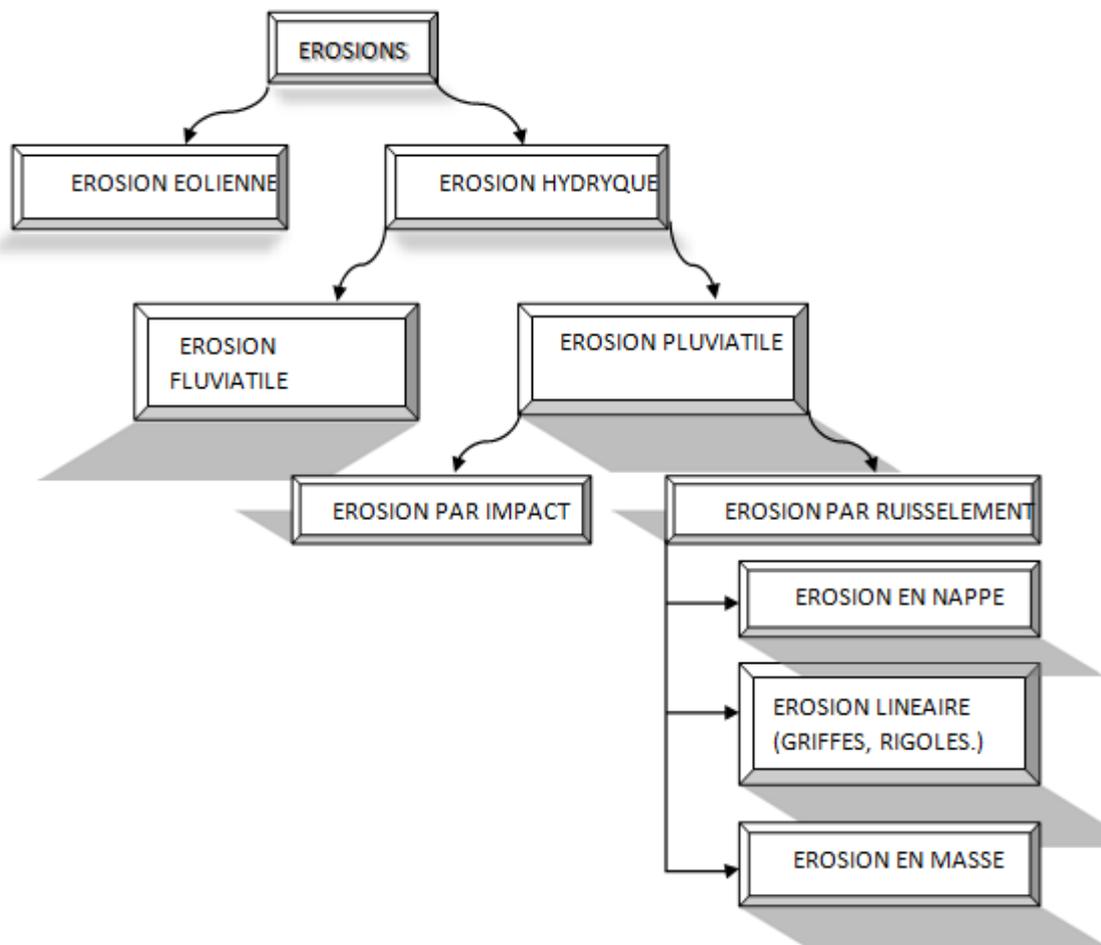


Figure 4: Types et formes de l'érosion. (Source, contribution à l'élaboration d'un abaque « érosion spécifique - surface - lame d'eau précipitée » pour le bassin hydrographique de l'oued Cheliff. Blida, Mai 2008,)

I.3.1. L'érosion en nappe ou aréolaire

L'érosion en nappe s'entend du déplacement des particules de sol provoqué par la chute des gouttes de pluie et les eaux de ruissellement. Elle se produit habituellement d'une manière égale sur une pente uniforme et passe inaperçue jusqu'à ce que la quasi-totalité de la couche arable productive ait été enlevée. Le sol fertile détaché par l'érosion se retrouve au bas de la pente ou dans des terres basses. On reconnaît aussi ce type d'érosion à la couleur claire du sol sur les buttes, aux changements dans l'épaisseur des couches de sol et aux faibles rendements sur les épaulements et les buttes.

L'érosion en nappe appelée encore 'sheet érosion' est beaucoup plus importante sur les sommets des versants ainsi que sur les terres de faibles pentes régulièrement cultivées. C'est le

stade initial de la dégradation des sols par érosion.

Cette érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface, autrement dit c'est une forme d'érosion diffuse. Elle se manifeste par un blanchissement du sol seule la couche superficielle est érodée mais d'après des études faites en Algérie, l'érosion en nappe reste en dessous du seuil autorisé soit 2 à 9 T/ha/an (Arabi et al 1989). Alors que l'érosion linéaire participe beaucoup dans le transport solide (Heusch 1970 ; Roose et al.1973 ; Meddi 1998, Kouri et al 1993).

Avec le décapage de la couche superficielle du sol et au cours des temps, les racines sont plus exposées en surface. Ainsi, l'érosion en nappe peut se manifester in-situ comme suite :



Figure 5: Erosion en nappe. (Source, Roose et al, 1994)

I.3.2. Erosion linéaire

Cette érosion est liée directement au ruissellement. Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques ; ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau ont atteint une certaine vitesse, 25 cm par seconde d'après Hjulström (1935), ils acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace par des lignes d'écoulement. Cette énergie n'est plus dispersée sur l'ensemble de la surface du sol, mais elle se concentre sur des lignes de plus forte pente.

L'érosion linéaire peut exister sous plusieurs formes :

I.3.2.1. Griffes

Elles représentent généralement comme des lignes parallèles le long des versants, leurs tracés sont fins, la largeur et la profondeur ne dépassent pas 10 cm. Il est admis que les griffes sont les premiers signes d'une érosion linéaire. On parle de griffes lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur.



Figure 6: Erosion en griffes. (Roose, 1994)

I.3.2.2. Rigole

Il s'agit des sillons qui se caractérisent par une largeur comprise généralement entre 20 et 30 cm d'autant d'une profondeur, par contre la longueur est très variable elle est liée à la longueur du versant. Les rigoles apparaissent surtout lors des grandes averses, elles s'effacent facilement lorsque le paysan effectue un labour profond à part quelques rigoles qui peuvent évoluer en ravines ou même en ravins.

On assiste à l'érosion en rigoles quand les eaux de ruissellement se concentrent et forment des filets ou rigoles. Ces dépressions bien définies qui résultent de l'enlèvement du sol par la force de l'eau qui coule sont néanmoins suffisamment petites pour ne pas nuire au travail de la machinerie. Dans bien des cas, ces rigoles sont comblées chaque année par le travail du sol.



Figure 7:Erosion en rigoles. (Roose, 1994)

I.3.2.3. Ravine

Il s'agit d'une incision linéaire suivant le sens de la pente dont la profondeur minimale est de 1 m ; celle-ci peut atteindre 2 à 3 m la ravine peut être classée comme ravin selon certaines descriptions par contre la largeur peut avoir une dizaine de mètres quant à la longueur elle est très variable.

I.3.2.4. Ravin

C'est la forme la plus marquée sa profondeur est supérieure à 3 m quant à la largeur, elle est égale à celle d'une ravine par contre la longueur peut atteindre un kilomètre de long.

I.3.2.5. Ravinement généralisé

Il s'agit d'un ensemble de ravins et des ravines juxtaposées liées les unes aux autres par la ligne des crêtes aigues. C'est une forme plus organisée et hiérarchisée de chenaux. Le profil général longitudinal est redressé, la pente est forte et régulière, le versant est généralement dénudé les badlands représentent le stade ultime du ravinement.



Figure 8: Erosion par ravinement. (Roose, et al, 1994)

Dans le tableau ci-dessus, nous donnons les différentes formes d'incision dues à l'érosion linéaire d'érosion hydrique.

Tableau 1: Formes de l'érosion linéaire (Roose, 1994)

Formes	Tracé	Longuer	Largeur	Profondeur
Griffe	Sinueux	<1m	< 10cm	5-6cm
Rill	Rectiligne	Centaine de m	10-20cm	5-10cm
Rigole	Sinueux	Dizaine de m	5-70cm	10-30cm
Ravine	Peu Sinueux	Centaine de m	50cm-1m	30-50cm
Petit Ravin	Peu Sinueux	Centaine de m	50cm-1m	50-200cm

I.3.3. L'érosion en masse

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. On attribue à l'érosion en masse tout déplacement de terre selon des formes non définies, comme les mouvements de masse, les coulées de boue et les glissements de terrain.

Dans ce cas, seul l'Etat dispose des moyens techniques, financiers et légaux, pour maîtriser les problèmes de glissement de terrain, souvent catastrophiques, et pour imposer des restrictions d'usage aux terres soumises à des risques majeurs de mouvement de masse.

I.4. Facteurs de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique qui affecte les sols méditerranéens est en fonction de multiples facteurs qui selon Morgan (1986), semblent être les mêmes partout dans le monde.

I.4.1. Facteurs naturels

Les principaux facteurs naturels qui interviennent dans les processus de l'érosion hydrique on peut citer rentre autres Structure, Taux de matière organique, Texture, Importance de la pente, Absence de couverture végétale, Absence d'obstacles naturels permettant la régulation de l'eau, Intensité et fréquence des précipitations.

I.4.2. Facteurs topographiques

Sur les pentes fortes, l'eau de pluie ruisselle vite et cause une érosion grave. Dans les milieux semi arides et arides, le gradient de la pente est corrélé positivement avec le recouvrement de la surface du sol par des fragments de roches qui agissent en diminuant le ruissellement et la perte des sols (Abrahamas et al, 1991 ; Cooke et al 1993 ; Simanton et al, 1994). Le ruissellement moyen et maximal diminue lorsque la pente augmente (en Algérie : Arabi et al, 1992 ; Mazour, 1992 ; Roose et al, 1993) ainsi qu'au Maroc sur vertisol (Heusch, 1970) ces auteurs indiquent que la position morphologique est parfois plus importante que la pente.

Plusieurs auteurs ont montré que la topographie agit sur le ruissellement et les pertes en sol par deux composantes : le degré de la pente et la longueur de la plus grande pente (Borst et al, 1940 ; Ischémie et al, 1978).

I.4.3. Facteurs climatiques

Plus grandes sont l'intensité et la durée d'un épisode de pluie, plus grand est le risque d'érosion. L'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol peut briser les agrégats et disperser les particules de sol. En zone méditerranéenne, les précipitations sont faibles, elles tombent entre novembre et mars, période durant laquelle les sols cultivés sont nus.

En Algérie, sur des parcelles peu couvertes, pendant les orages d'automne, le ruissellement

journalier maximal a dépassé 19 à 32% et jusqu'à 70-85% de averses importantes en hiver, des sols tempérées (Arabi et al, 1989) durant le reste de l'année sévit une période sèche, ces pluies ont des intensités fortes. Ces averses de fréquence rare tombant sur des sols déjà saturés et de faible épaisseur sont à l'origine de la formation des ravines, de l'apparition des mouvements de masse et d'inondations lors d'averses exceptionnelles.

I.4.4. Facteurs pédologiques

Les principales caractéristiques des sols qui permettent de déterminer le degré de sensibilité à l'érosion hydrique sont les suivants : la profondeur, la granulométrie, la teneur en matière organique, la nature minéralogique des argiles (Papy et al, 1995) et la cohésion. Les sols se caractérisent par leur vulnérabilité à l'érosion. L'érodibilité d'un sol représente la sensibilité d'un sol à l'arrachement et au transport des particules qui le composent sous l'action des gouttes de pluies et/ou de l'écoulement (Le Bissonais et al. 2005). Les sols de la région méditerranéenne sont souvent peu profonds sauf ceux situant sur des formes géomorphologiques d'accumulation ou des sables. Or la résistance à l'érosion hydrique est plus faible pour les sols superficiels que pour les sols profonds (Ryan, 1982) car dès que le sol peu épais est saturé par la pluie, il y a glissement de terrain, même sur pente très faible.

I.4.5. La végétation

L'érosion des sols est fortement contrôlée par la couverture végétale dont dépend la production de la biomasse. La production de matière organique est limitée dans les milieux méditerranéens arides, ce qui rend les terres très susceptibles à l'érosion hydrique (Thornes, 1995).

L'érosion affecte plus les sols nus ; en effet, si le sol est bien protégé par le couvert végétal ou une couche de résidus de culture, le risque d'érosion diminue.

Dans les régions méditerranées semi arides, les sols sous forêts bien entretenues sont considérés comme non sensibles à l'érosion hydrique (Clauzon et al, 1969 ; Martin, 1975 ; Delhoume, 1981) car la litière et la végétation nasses favorisent l'infiltration (Rosse, 1994) ainsi beaucoup des ravines apparaissent sous Pins d'Alep de 20 ans dont le recouvrement est inférieur à 40%. On observe l'apparition de nombreuses ravines qui proviennent des eaux de ruissellement de l'eau s'accroît ce qui entraîne des pertes de terres considérables. Ce fort ruissellement aboutit à la formation de profondes ravines lorsqu'il atteint des terres cultivées (Laouina et al 2000).

I.4.6. Facteurs humains

L'intensité de l'érosion hydrique des sols méditerranéens est affectée significativement par les activités humaines qui augmentent ou diminuent les pertes en terre. De nos jours, l'homme constitue la source de déclenchement et de l'accélération de l'érosion par ses diverses pratiques inadaptées sur les versants : Les incendies répétés, défrichement, surpâturages et le déboisement illégal détériorent les forêts existants, ceci favorise fortement le ruissellement et aboutit à une forte érosion par la suite (Benchabaane, 1997). Mais après les incendies, la colonisation par les plantes réduit l'érosion des sols qui devient inférieure à celle existant avant le feu (Garcia-Ruiz et al 1996). Sans oublier les pratiques des aménagements urbains, car ils augmentent les surfaces imperméables ce qui favorise l'intensité du ruissellement, et contribuent par la suite à l'entraînement du sol.

I.5. Conséquences de l'érosion hydrique

Les conséquences de l'érosion hydrique, particulièrement en Algérie du Nord sont catastrophiques, on cite :

- ❖ Réduction de la production agricole (pertes en sol agricole) ;
- ❖ Pertes en terre et en éléments nutritifs : les griffes, fines rigoles formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes, sur le bord des pistes ou dans les champs sillonnés par les labours, elles deviennent des ravines par élargissement dû à la concentration de ruissellement excessif.
- ❖ Pertes d'engrais et de matière organique
- ❖ Destruction de la structure du sol
- ❖ Réduction de la profondeur du sol
- ❖ Eutrophisation des eaux de surface : La qualité de l'eau est détériorée par eutrophisation à cause du réchauffement de la température de l'eau et l'intensification du développement d'algues et de bactéries causant le vieillissement prématuré des eaux des exutoires et, par le fait même, une perte de la biodiversité.
- ❖ Dégâts aux infrastructures routières

Du point de vue socio-économique outre les baisses croissantes de rendements, il y a aussi des préjudices à la société et aux générations futures suite aux pertes définitives des terres :

- ❖ Une dégradation spécifique dépassant les 5000 t/km²/an ;
- ❖ Une quantité de 120 millions de tonnes de sédiments rejeté en mer chaque année par les

bassins tributaires de la méditerranée ;

- ❖ Un exode rural important ;
- ❖ Un rehaussement des lits des oueds provoquant par la suite des inondations, menace les voies de communication et les ouvrages d'arts, ...
- ❖ L'envasement précoce des barrages en exploitation.

En dernier lieu, on constate de temps en temps que le phénomène de l'érosion s'aggrave, dont le plus répandu est la forme de l'érosion hydrique, plus précisément sur les régions méditerranéennes du climat subhumide et semi-aride. L'érosion est aujourd'hui ressentie de façon plus tangible en raison des forts développements démographique, économique, urbain, agricole et industriel. Les travaux réalisés en zone semi-aride ont montré la gravité du phénomène de l'érosion hydrique et particulièrement de l'érosion par ruissellement.

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Le deuxième chapitre vise la présentation des caractéristiques naturelles de la zone d'étude tout en appuyant sur les conditions physiques et les caractéristiques socioéconomiques (surtout l'agriculture) ou bien les potentialités que dispose ce milieu. La plaine de Khemis Miliana appelée aussi du Haut-Chélif est une plaine agricole située dans la vallée de l'Oued Chelif, entre les massifs de Dahra et ceux de l'Ouarsenis, au nord de l'Algérie. Sa longueur est d'environ 50 km pour une largeur de 10 à 20 km.

La plaine de Khemis Miliana a été choisie pour l'étude de l'érosion hydrique pas par hasard mais parce qu'elle appartient au bassin hydrographique le plus étendue du pays du point de vue superficie (43.750km²). Le Haut Cheliff se situe à l'Ouest du pays qui est la partie le plus vulnérable où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, le centre avec 27% et en fin l'Est avec 26%.

En plus, le Maghreb en particulier l'Algérie est l'une des régions au monde les plus vulnérables au phénomène de l'érosion des sols, en raison de son climat semi-aride, de son relief accidenté, des pluies torrentielles temporaires et irrégulières tant dans l'espace que dans le temps, et de son appauvrissement en couverture végétale en raison de la concentration massive de la population et bétails. (Achite et al. 2006). La plaine de Khemis Miliana est une plaine agricole située dans la vallée de l'oued Chélif, entre les massifs de Dahra et ceux de l'Ouarsenis, au nord de l'Algérie.

II. 1. Situation géographique

II. 1.1. Contexte régional

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et L'Ouest, le Nord et le Sud, occupant de ce fait, une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant ainsi une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison entre la région Ouest et celle de l'Est du pays.

Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA-ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'est en Ouest par oued Cheliff, cours d'eau d'importance nationale.

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au sud-ouest de la capitale et s'étend sur une superficie de 4544,28 km².

La wilaya d'Ain Defla est limitée par 05 wilayas :

- ❖ Au Nord la wilaya de TIPAZA
- ❖ Au Nord-Est la wilaya de BLIDA
- ❖ A L'Est la wilaya de MEDEA
- ❖ A l'Ouest la wilaya de CHLEF
- ❖ Au Sud la wilaya de TISSEMSILT



Figure 9: Situation géographique de la wilaya d'Ain Defla (DSA, 2016)

II.1.2. Localisation géographique de la plaine de Khemis Miliana

La plaine Khemis Miliana distante de 120 Km au Sud-ouest d'Alger à 25 km du l'est de Chlef lieu de la wilaya Ain Defla. Elle appartient au bassin versant dit haut Cheliff. Elle apparait sous la forme d'une dépression intra-montagneuse. La plaine est comprise entre les coordonnées suivant :

- ❖ 36°12' et 36°17' de latitude Nord, c'est-à-dire entre les communes de Bir-ouel-Khelifa et Malliana.
- ❖ 2°12' et 2°17' de longitude est entre djebels Doui et gantas

La plaine de Khemis Miliana est située à une altitude qui oscille de 230 à 380 m. Elle reçoit une pluie annuelle moyenne supérieur à 600 mm/an. Elle est limitée au nord par le massif du mont Zaccar, contrefort des monts du Dahra au sud par le massif de l'Ouarsenis, à l'est par le Djebel Gontas et à l'ouest par le Djebel Doui qui le sépare de la plaine d'El Abadia.

La plaine de Khemis Miliana couvre 2 communes de la wilaya de Médéa : Ouamri et Hannacha; et 12 communes de la wilaya de Ain Defla, Khemis Miliana, Ain Soltane, Djendel, Ain Lechikh, Oued Djamaa, Bordj Emir Kheled, Bir Oued Khelifa, Sidi Lakhdar, Djelida, Arib et Ain Defla sur une superficie 360 km² soit 7 % du territoire de la wilaya.



Figure 10: Les délimitations de la région de la plaine de Khemis Miliana (fr.wikipedia.org, 2021)

II.1.2.1. Contexte local

La plaine de Khemis Miliana (alluviale) appelée aussi plaine d'Affreville appartient à la wilaya d'Ain Defla. Elle a une superficie de 359 Km². Elle est limitée au Nord par les monts du Zaccar, Au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est Par Djebel Gontas.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Elle est caractérisée par une pente relativement faible (15%). (Hattab. M ,1998). Elle est bordée au Nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne.

La plaine est comprise géographiquement entre les coordonnées, $36^{\circ}12'$ et $36^{\circ}17'$ de latitude Nord, entre les communes celui de Bir-Ouled-Khelifa et le sud Miliana, et $2^{\circ}12'$ et $2^{\circ}17'$ de longitude Est, soit entre seuils de djebels Doui et Gontas.

La plaine alluviale de Khemis Miliana est marquée comme une zone à vocation agricole nécessite une irrigation à cause d'un climat semi- aride avec des étés très secs et hivers pluvieux qui provoquent parfois des inondations de l'oued Cheliff.

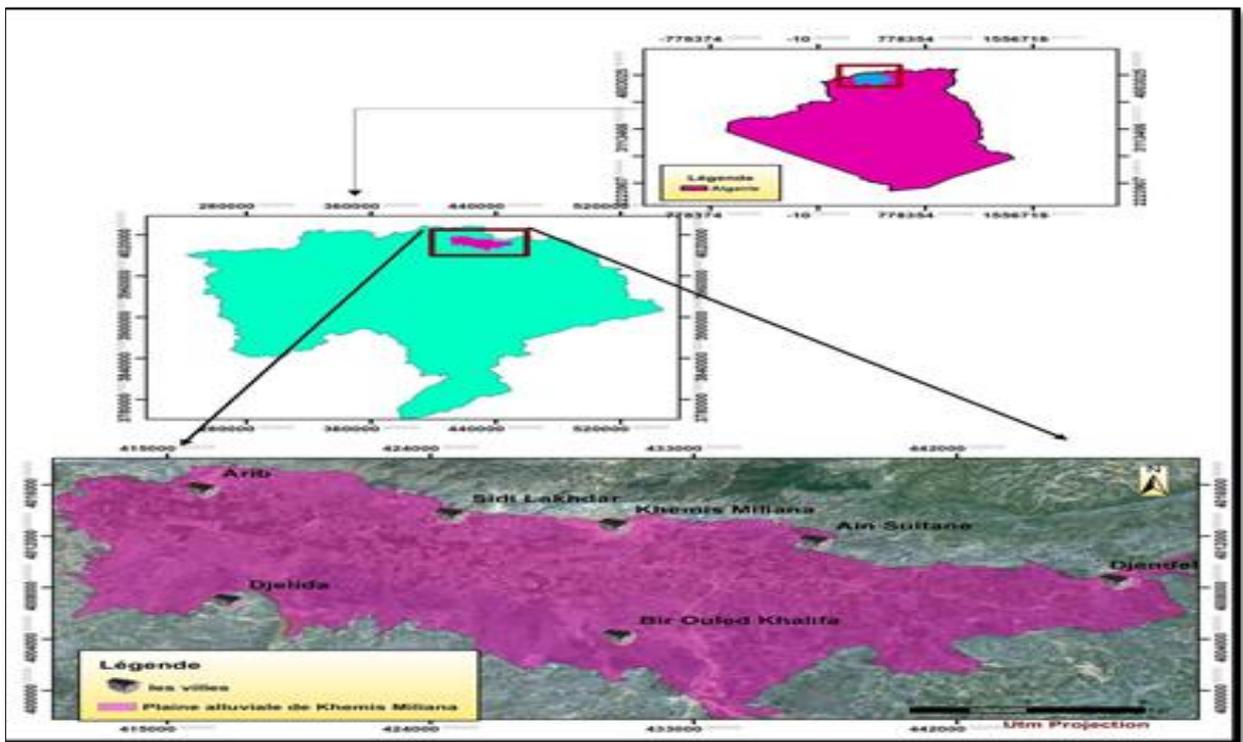


Figure 11: Carte de la situation géographique de plaine alluviale de Khemis Miliana (sahraoui nawal 2014 /2015)



Figure 12: Les limites administratives de Khemis Miliana (Google maps)

II.2. Situation géologique générale

Le territoire de notre recherche et ses environs appartiennent à différentes unités géologiques de l'Algérie du nord dont nous présentons ici quelques traits essentiels :

- ❖ Les différentes unités géologiques de l'Algérie du nord.
- ❖ Le nord de l'Algérie septentrional est constitué de plusieurs unités structurales dispersées.
- ❖ Le long de la côte méditerranéenne qui appartiennent à la chaîne alpine d'Afrique du nord appelé aussi les Maghrébines (Durand-Delga, 1969).

D'âge Tertiaire, cette chaîne s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du sud à l'arc callabro-sicilien (fig.1). Elle est séparée de la plateforme saharienne par l'accident sud-atlasique en Algérie (KAZI-TANI, 1986) et par l'accident sud atlasique au Maroc (LA VILLE, 1985).

II.2.1. La géologie de la région de Khemis Miliana

Les formations miocènes que nous venons de voir si développées ont presque totalement disparu dans toute cette partie de la plaine de Khemis Miliana (haut Chélif) qui s'étend jusqu'à Duperré. Cependant, il reste suffisamment de témoins échelonnés à la bordure Sud du massif

de Miliana, pour permettre de suivre ces formations vers l'Ouest et les rattacher à celles qui constituent la plaine des Attafs.

Etudions une coupe passant par Adélia et dirigée toujours Nord-Sud, nous y retrouverons la même série de couches que dans le bassin de Bou-Medfa, avec cette différence, toutefois, que les assises correspondant à l'Helvétien inférieur sont représentées par des marnes qu'il est impossible de séparer des assises marneuses supérieures, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment.

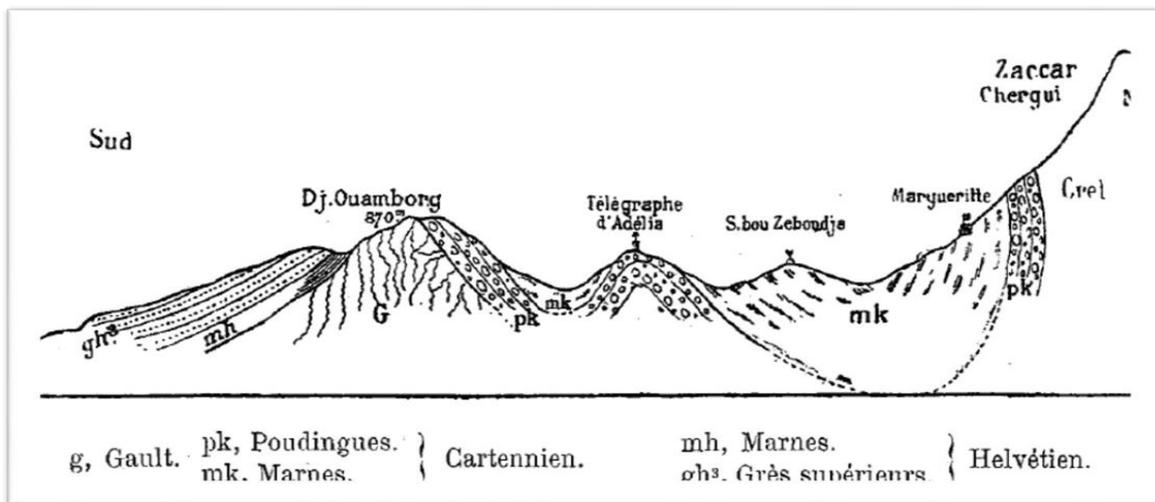


Figure 13: Coupe passant par le télégraphe d'Adélia (Pomel et al, 1997).

1° Sur le flanc Sud du Zaccar, nous retrouvons le Cartennien bien développé, toujours constitué par :

- ❖ Poudingues et grès.
- ❖ Marnes à délit conchoïde et à faciès langhien.
- ❖ L'assise inférieure, poudingues et grès, forme une bande continue depuis le col de Tizi-Ouchir, par lequel elle se rattache à la bande d'Hammam- R'irha, jusqu' aux environs de Miliana, toujours très fortement relevée et quelquefois déversée à Sud, sous les calcaires du Zaccar, ainsi que l'a constaté
- ❖ M. Gentil. Elles réapparaissent au Sud, constituant les crêtes du Djebel Kekkou et du Djebel Ouamborg. Au Djebel Kekkou, elle présente une particularité intéressante signalée depuis longtemps par M. Pomel, c'est l'intercalation dans les poudingues d'un calcaire coralligène atteignant environ une quinzaine de mètres de puissance ; il est

constitué de polypiers empâtés et passe latéralement à un lit marneux également intercalé dans les poudingues.

- ❖ L'assise supérieure, marnes dures, se présente typique et bien développée dans la région comprise entre Miliana et Adélia. Sur le flanc Sud du Djebel Kekkou, elle vient buter par faille contre le Cénomaniens dans la haute vallée de l'Oued Zebboudj et remonte sur le flanc du Djebel Ouamborg sans paraître au Sud.

2° Le flanc Sud de cette dernière crête est constitué par les terrains crétaqués : Cénomaniens et Gault, qui supportent directement les formations helvétiques qui se présentent ici, formées seulement des marnes et des grès à Ostreocrassissima, sans trace de Cartennien au contact, qui est pourtant visible sur une dizaine de kilomètres (Pomel et al, 1997).

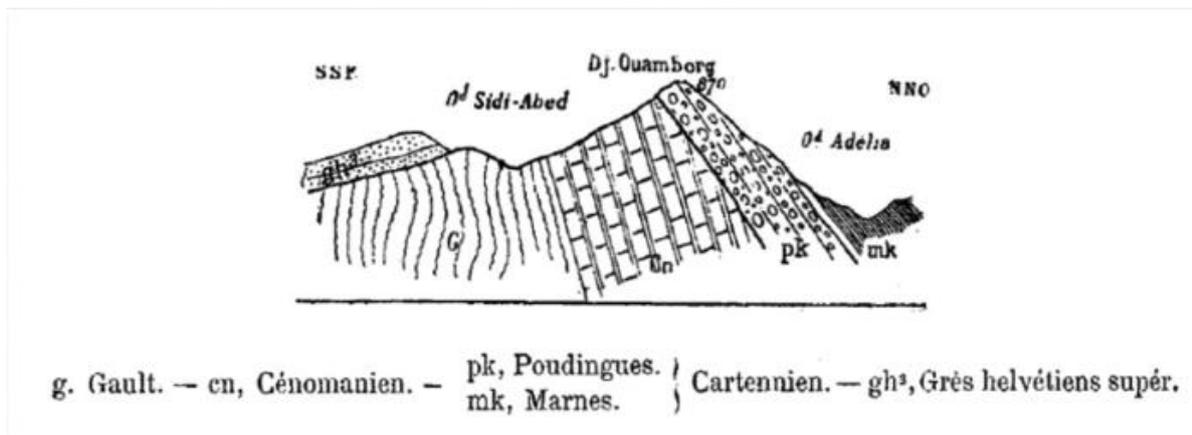


Figure 14: Coupe du Djebel Ouamborg (Pomel et al, 1997).

Environ. Un fait intéressant que montre aussi le Djebel Ouamborg, ainsi que l'indique la coupe ci-dessous :

- ❖ C'est la superposition directe des grès à Ostreocrassissima sur le crétaqué. Cette transgressivité de l'assise supérieure de l'Helvétien sur les marnes n'est pas un fait local, c'est, au contraire, un fait général dont nous retrouvons l'indication dans de nombreux points, au cours de cette étude, et ce fait est très important en ce qu'il n'a pu se produire que sur le bord du bassin helvétique et que nous avons donc là un moyen de constater les rivages de la mer helvétique.
- ❖ Cette coupe montre, en outre, une discordance bien nette entre les formations cartennienne et helvétique ; et cette discordance est très visible à la montée du tunnel

d'Adélia, où l'on peut constater que les marnes helvétiques viennent s'étaler sur les marnes et sur les poudingues carteniens en coupant nettement les têtes de couches.

- ❖ A partir d'Affreville jusqu' à Littré, l'Helvétien n'est plus représenté sur la bordure Nord de la plaine ; les seuls dépôts miocènes que l'on y trouve sont les grès et poudingues carteniens ; les marnes de cet étage font également défaut.
- ❖ Sur la bordure Sud, au contraire, le Cartennien manque, et l'Helvétien, représenté seulement par les marnes, forme une petite bande qui repose directement sur le crétacé, passe au Sud du Doui pour l'entourer presque complètement, sauf au Nord-Est, et rejoindre ainsi la bande des Beni- Ghomerian (Pomel et al, 1997).

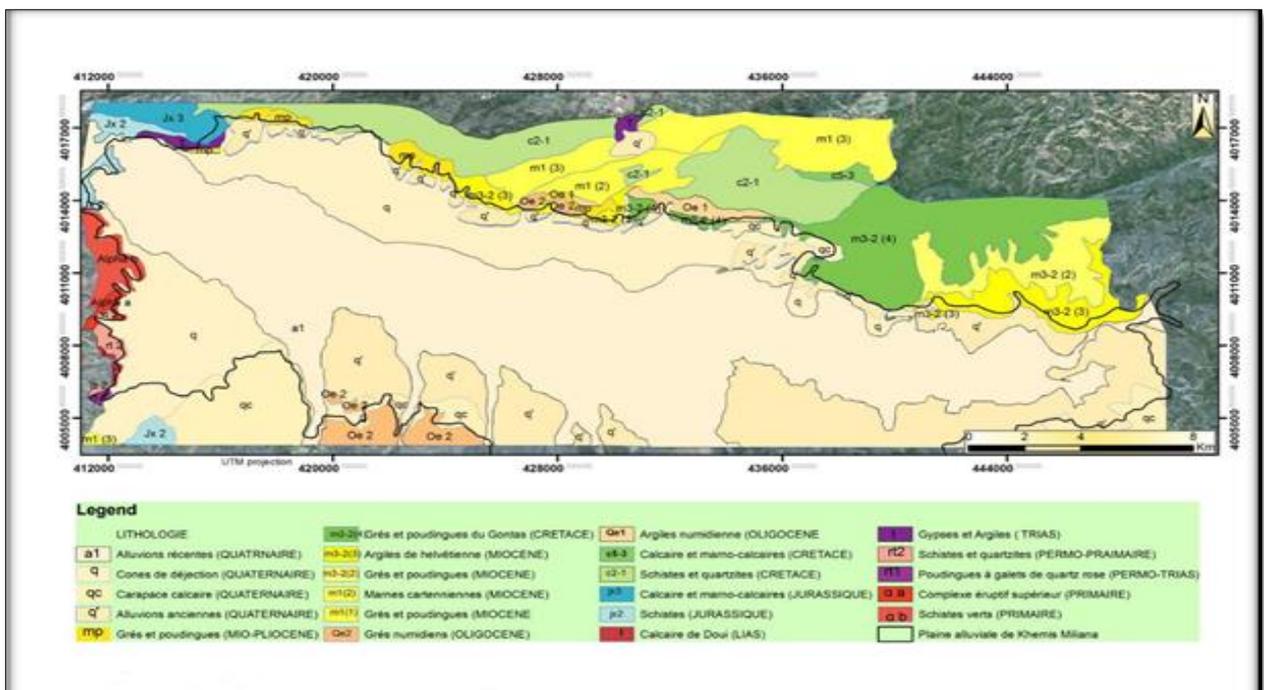


Figure 15: Carte lithologique de la plaine de Khemis Miliana. (LABADLIA 2016-2017)

II.3. La situation climatique

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

- ❖ Les précipitations
- ❖ La température
- ❖ Les vents
- ❖ L'humidité
- ❖ La gelée blanche

Le climat de Khemis Miliana est caractérisé par un climat semi-aride avec des influences sahariennes en été, et des influences méditerranéennes en hiver, les précipitations annuelles présentent une variabilité interannuelle importante caractéristique d'un régime pluviométrique irrégulier (Hufty.2001).

II.3.1. Précipitations.

II.3.1.1. Régime pluviométrique

L'étude pluviométrique de la plaine de Khemis Miliana est basée sur les données de quelques stations (généralement 06 stations), ces données proviennent de l'ANRH avec une période de 30 ans et assurée par ONM, dans notre zone d'étude la répartition des pluviomètres est homogène et les postes pluviométriques réalisés de façon plus ou moins agissante à la plaine, cette répartition couvre presque toute sa superficie.

II.3.1.2. Pluviométrie moyenne annuelle :

Elle est d'un régime variable et irrégulier suivant les mois et les années comme présente ce tableau :

Tableau 2: Pluviométrie moyenne mensuelle en mm sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P (mm)	19,83	36,43	51,86	54,92	61,95	58,66	46,55	41,55	32,68	10,35	3,82	5,88	424,48

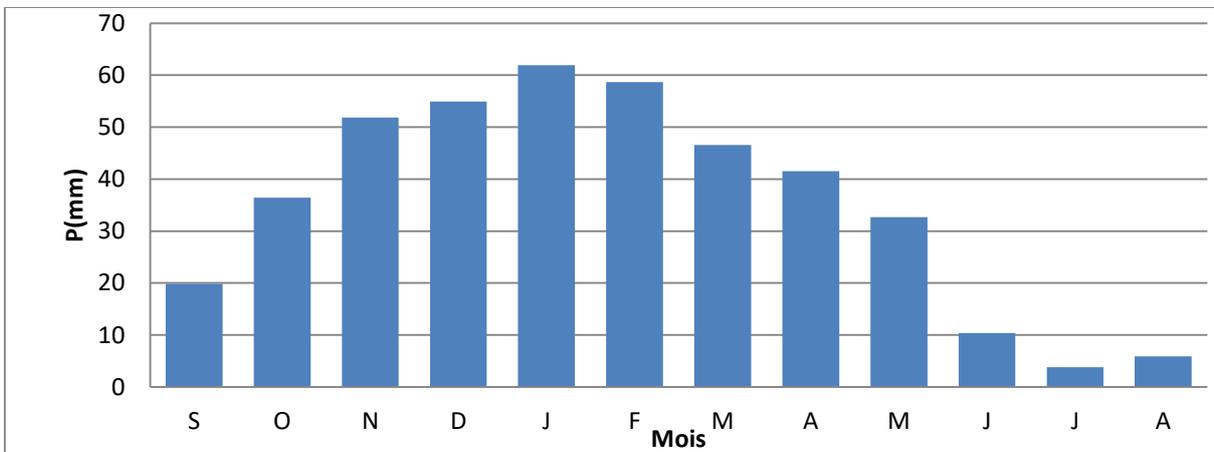


Figure 16: Graphe des précipitations en fonction des mois sur une période d'observation de 30 ans (1975 -2005).

II.3.1.3. 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. Les relèves moyennes mensuelles des températures sur une période de 30 ans (1975-2005) sont portés dans le tableau suivant :

Tableau 3:Température moyen mensuelle sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuelle
T°min(°C)	19,7	15,5	10,39	6,22	5,13	6,24	8,13	10,3	14,4	19,58	23,8	22,94	13,53
T°max(°C)	32,0	25,98	18,57	14,5	12,4	15,6	17,6	21,7	27,8	33,11	37,16	37,22	24,47
T°Moy(°C)	25,8	20,74	14,48	10,4	8,76	10,9	12,8	16,0	21,1	26,34	25,48	30,08	19,00
Ecart(°C)	12.3	10.48	8.18	8.28	7.27	9.36	9.47	11.4	13.4	13.53	13.36	14.28	10.94

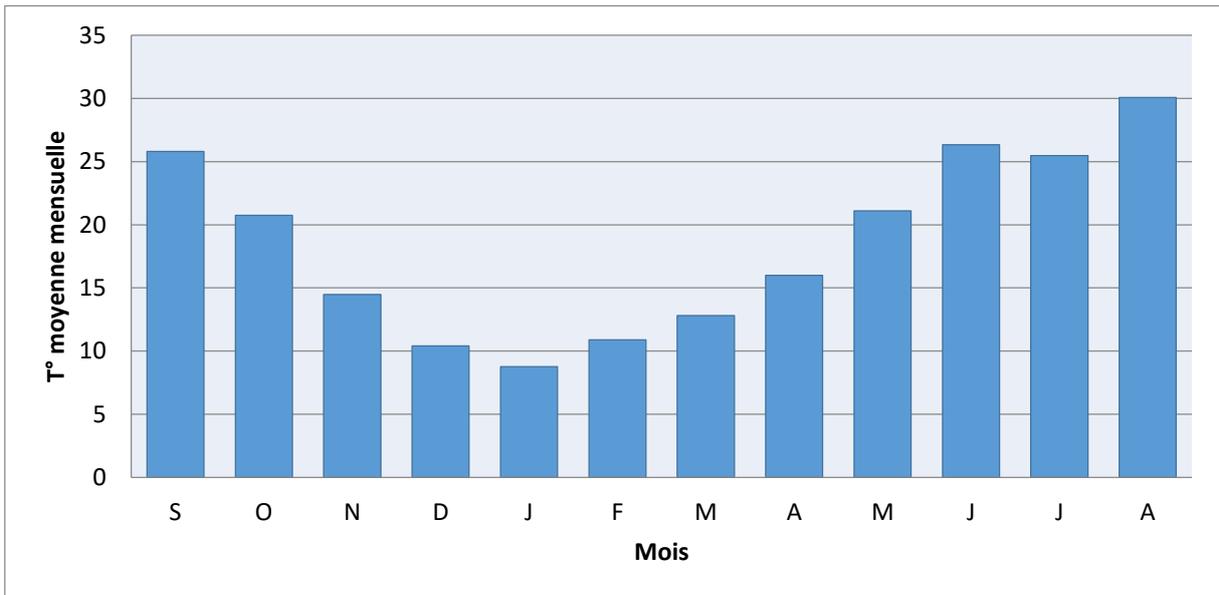


Figure 17: Graphe de température moyenne mensuelle sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)

D'après les observations recueillies auprès de la région Khemis Miliana, on remarque la température moyenne mensuelle varier de 5.30C en janvier jusqu'à 23.80C en Aout.

La température moyenne mensuelle de la région Khemis Miliana est de 18,50C. La température maximale correspondant au mois d'Aout est de 37,220C alors que le minimum est de 5.130C en janvier.

D'autre part, les moyennes annuelles des températures minimales sont de 13.530C et maximal de 24.47 0C ; l'écart le plus faible pour la station Khemis Miliana est de 7.27 0C.

II.3.1.4. Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Le Diagramme Ombrothermique de Gausсен (1953) ou le Climagramme pluviométrique de Gausсен est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région. Le cumul des mois secs constitue la saison sèche. Pour vérifier cette relation, on doit adapter une échelle qui la concrétise ($P \leq 2T$) ; c'est la zone où la courbe de P passe en au-dessous de celle 2T.

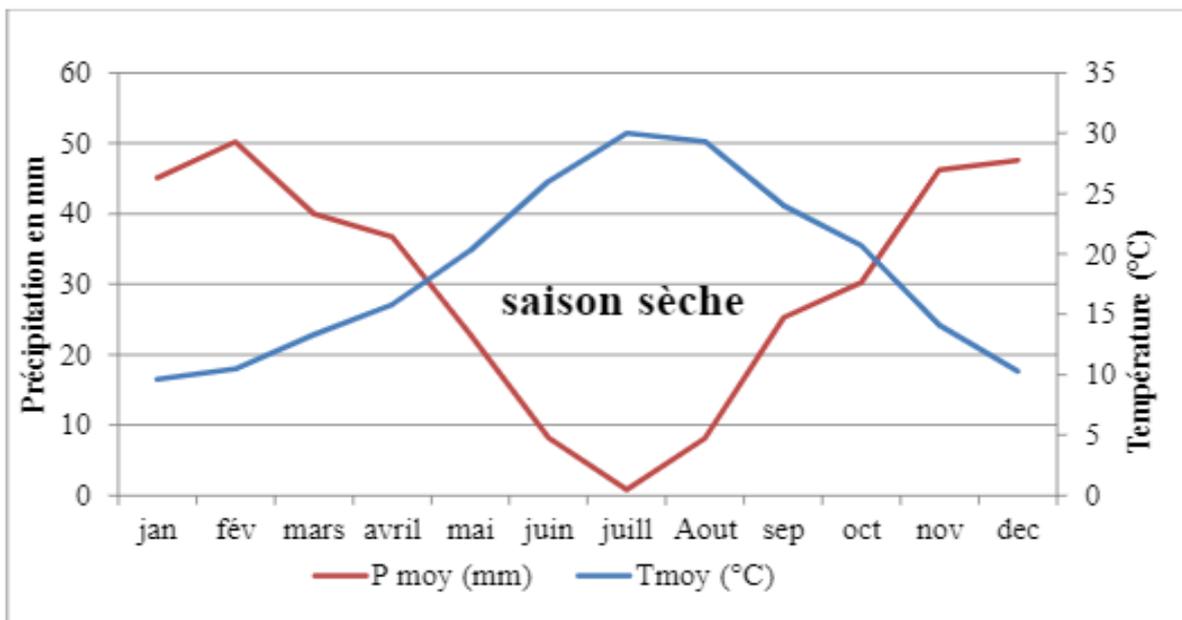


Figure 18 : Diagramme ombrothermique de la région du Haut-Cheliff (Plaine de Khemis Miliana) 1990-2014

D'après les résultats donc une longue période de sécheresse est révélée, elle s'étale sur six mois sont secs, allant la fin de mois d'Avril jusqu'à fin de mois d'octobre.

II.3.1.5. Vent

Les vents de la région d'El KHEMIS sont très fréquents et dont la vitesse varie entre 0.5à 2.5m/s.

Leur direction varie avec la saison. En hiver les vents dominants sont de direction Ouest. En été les vents dominants sont de direction Est.

Le maximum des forces des vents se situe au cours des mois (M, A, M) et le minimum se Situes-en (A, S, O).

Tableau 4 : Vitesse de vents en m/s sur une période d'observation de 30 ans (1975-2005)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	0,04	0,67	0,52	0,54	0,41	0,64	0,85	0,66	0,90	0,44	0,61	0,28

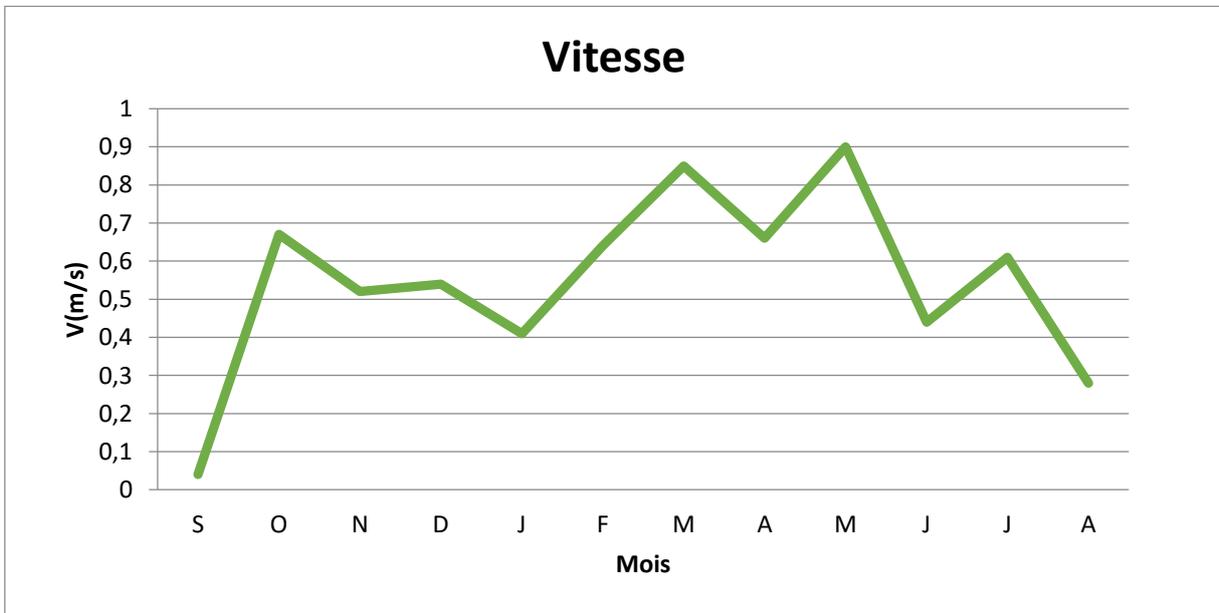


Figure 19: Graphe de la vitesse de vent

II.3.1.6. La grêle.

La grêle a des effets négatifs sur l'agriculture, surtout pour les petites plantes, à Khemis Miliana, les fréquences les plus élevées sont remarquées en janvier, février et mars. (1,6. 1,8. 1,4).

Tableau 5 : Les fréquences de la grêle pour une période de deux ans (90/91) (Source : ONM Alger)

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

II.3.1.6. La gelée blanche

Les gelées commencent du mois de novembre jusqu'au mois d'avril, le maximum du nombre de jour de gelées est au mois de janvier.

Tableau 6: Nombres de jours de gelée sur une période d'observation de 30 ans 1975-2005).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre De Jours	0	0	1,3	4,6	5,4	2,4	1,00	0,40	0	0	0	0

II.3.1.7. Humidité relative

L'humidité relative moyenne annuelle de l'air est de 67%. La plus grande humidité relative de l'air pendant la période hivernale atteint la valeur de 86.3%, et la plus petite valeur pendant la période estivale atteint 40.7%.

Tableau 7: Les valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005). (Source : Station météorologique d'El KHEMIS)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité %	79,6	81,9	77	68,46	71,66	60,93	44,03	52,33	71,33	75,53	83,03	89,3

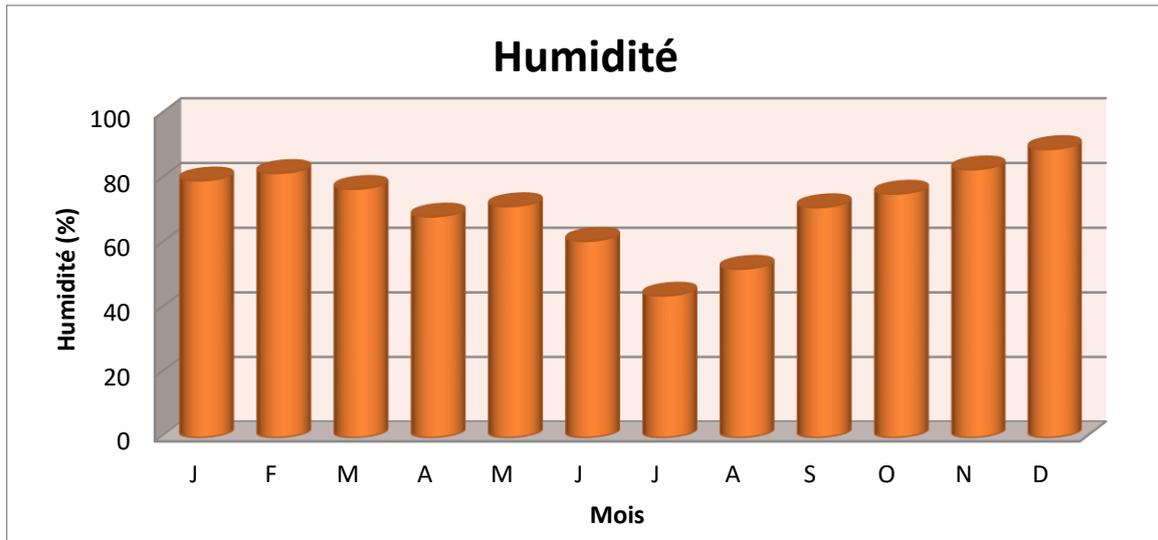


Figure 20: Graphe des valeurs de l'humidité relative de l'air sur une période de 30 ans (1975-2005). (Source : Station météorologique d'El KHEMIS)

II.4. Situation Hydrologique et hydrographique.

La plaine de Khemis Miliana est traversée d'Est en Ouest par Oued Cheliff et ses principaux affluents qui alimentent la zone et qui sont Oued Souffay, Boutane au Nord, Deurdeur, Massine et Harreza au sud.

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturel ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement.

Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importants du bassin et peut prendre une multitude de formes.

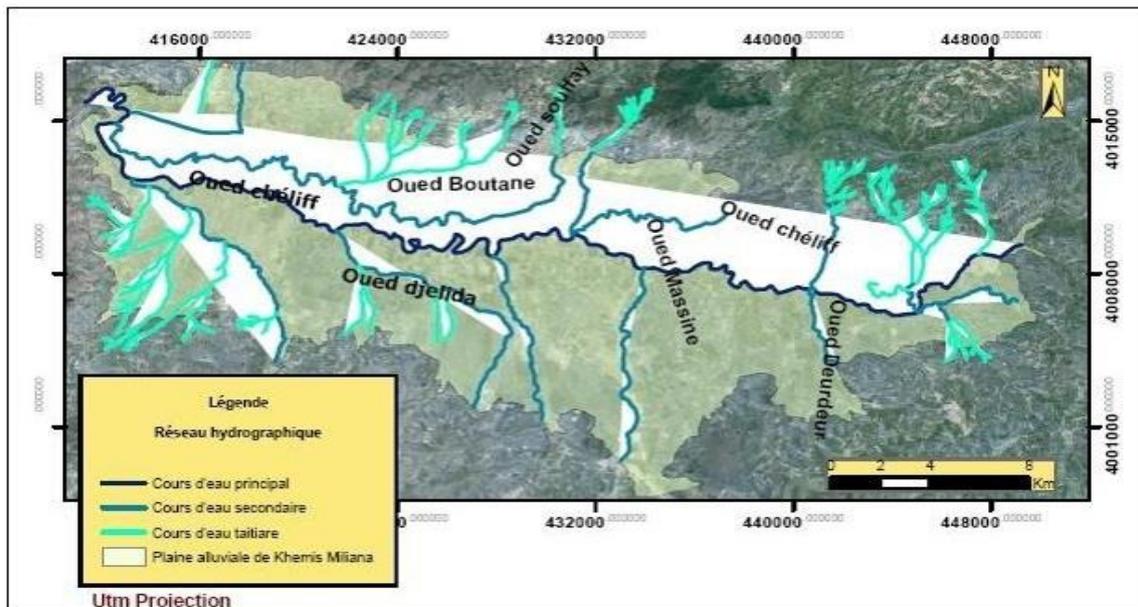


Figure 21:Répartition spatiale de réseau hydrographique de la plaine Alluviale de Khemis Miliana (Sahraoui et al, 2014 /2015)

La plaine de Khemis Miliana (haut Chélif) est constituée par des alluvions récentes provenant du Cheliff et ses alluvions et formée de galets, graviers, sables sous-jacents à des niveaux argileux et limoneux qui dominent les vallées des oueds. Elle est caractérisée par un climat dont les pluies tombent sous formes **d’averses intenses** et aussi des pluies de faible intensité et irrégulières ainsi que des **périodes de sécheresse** qui traversent la zone d’une année à autre. Une partie de ces eaux pluviales ruisselle tandis que d’autre s’évapore, le sol n’arrive à retenir qu’une faible partie.

Tableau 8:Réseau Hydrographique (Bong. I ; et al, 2013).

Oued (Cours d’eau)	Chélif	Souffay	Boutane	Deurdeur	Massine	Harreza	Djelida
Longueur (m)	5927.567	4305.85	30897	5171	6424	10273	5665
Direction D’écoulement	E-W	N _{NE} -S _{SO}	E-W	S _{SO} -N _{NE}	S _{SE} -N _{NO}	S _E -N _O	E _{SE} -O _{NO}

Les eaux des barrages sont insuffisantes pour irriguer la majorité des cultures et sont d'ailleurs de moindre qualité chimique et qui provoquant une salinisation secondaire qui n'est pas sans conséquence sur l'écosystème.

L'évaluation des terres dans le haut Chélif montre que l'eau est le facteur limitant de la production végétale (Abdesselam, 1996). Cette eau devient rare, de plus en plus chère et souvent minéralisée. L'évaporation est importante, le sol retient une autre partie d'une manière énergique, il faudrait estimer la part des pluies qui profite aux cultures, chercher également le moyen pour améliorer cette réserve du sol et son utilisation maximale par les plantes.

II.5. Situation Hydrogéologique

Dans cette partie, nous représentons les différentes formations géologiques susceptibles de présenter un intérêt hydrogéologique dans la région.

II.5.1. Les principaux aquifères de la région d'étude

D'après l'étude de la série stratigraphique et ses caractères lithologiques et structuraux, on distingue les niveaux aquifères suivants :

a- Les aquifères à nappe du Pliocène

Le Pliocène se présente sous forme des grès de l'Astien Jaunâtres passant à leur sommet à desables dunaires à hélix, avec une épaisseur moyenne de 100 m.

b- Aquifère à nappe alluvionnaire du Quaternaire

Les formations alluvionnaires du Quaternaire constituent l'aquifère le plus important et plus exploité. Dans la plaine alluviale de Khemis Miliana. Les descriptions lithologiques des forages montrent que plus de 20% des matériaux traversés sont des sables, graviers où ; et une gamme de profondeur des forages qui varie de 5 à 150 m. D'après l'étude de la série stratigraphique de la région et de ses caractéristiques lithologiques, nous avons remarqué la présence d'un aquifère alluvial à double caractère localement une nappe libre avec des passages lithologiques et une présence d'un recouvrement limoneux-argileux, ce qui rend la nappe des alluvions grossières semi captive localement. Un autre aquifère s'avérait intéressant attribué au Miocène et l'aquifère des calcaires de Zaccar. Nous allons focaliser notre étude seulement pour les alluvions grossières du Quaternaire. Cet aquifère renferme une nappe très exploitée dans la plaine. Son substratum imperméable et représenté par les marnes.

II.6. La Pédologie de la plaine

Dans la zone semi-aride de la plaine Khemis Miliana (haut Chélif), les épisodes du tertiaire et surtout du quaternaire ont joué un rôle essentiel dans la genèse et la composition de ces sols (Boulaine, 1957). Les dolomies sont fréquentes ainsi que les schistes, les marnes miocènes pliocènes sont omniprésentes autour du périmètre du haut Chélif. Un caractère commun à ces formations est qu'elles sont riches en argiles et en calcaire.

Les sols du Haut Cheliff ont été cartographiés par Boulaine 1957, ils comprennent deux grandes divisions des sols.

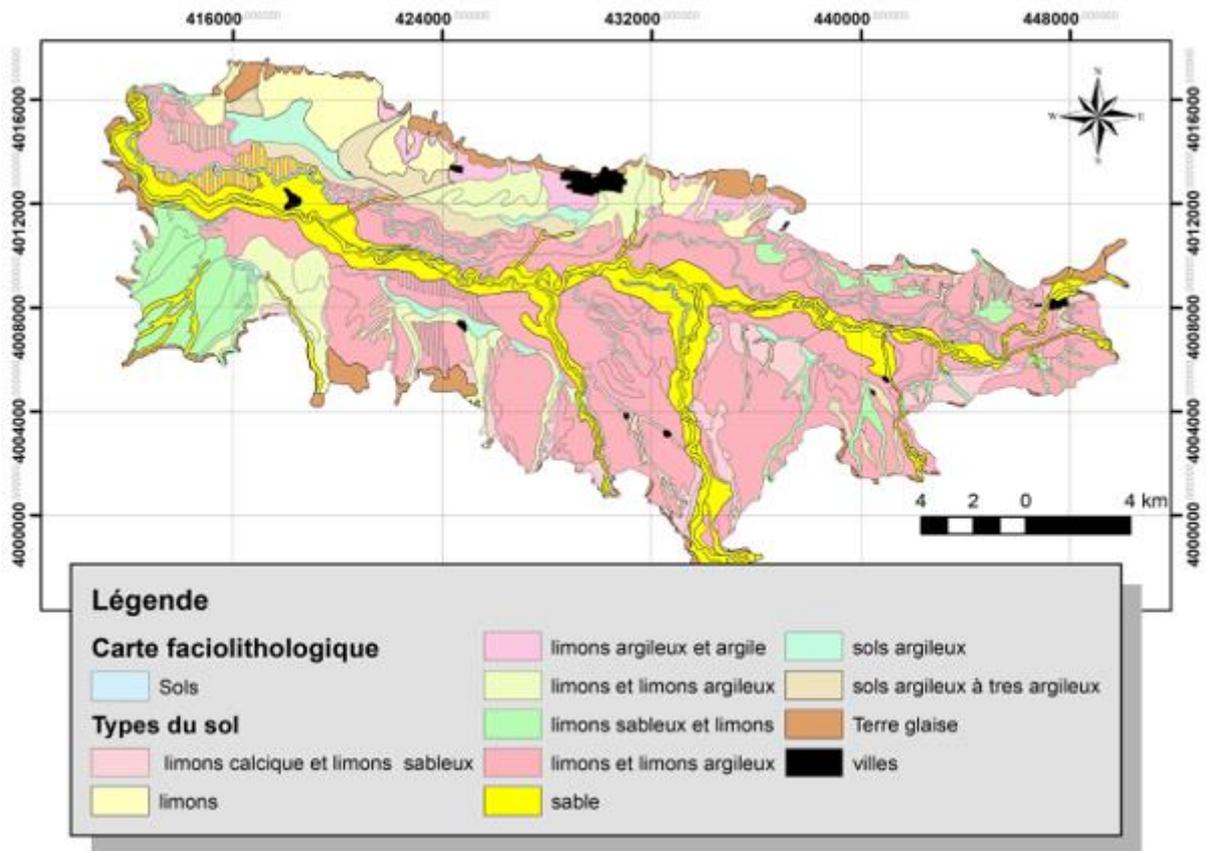


Figure 22: Carte faciolithologique de la zone d'étude, à l'aide de l'ArcGIS

II.6.1. Les sols des bordures de la plaine

Ces types des sols sont formés par des associations de sol plus ou moins érodés et par l'altération des roche mère, qui peuvent évoluer par les calcaires du miocène et du pliocène sur les bordent de la plaine au nord, et des grès ou des marnes entre Khemis Miliana et Miliana sous forme des sols jeunes, et parfois formé sur roche mère siliceuse variées du massif du Doui et sur roche mère schisteuse dans le nord de la plaine, est la partie de massif du Doui sont des sols colluviaux peu ou pas évolués des cônes de déjection .

Ces sols sont caractérisés par une bonne structure, texture équilibrée, bonne perméabilité et par des teneurs moyennes en calcaire total.

·II.6.2. Les sols centraux de la plaine

Ces types des sols comprennent six classes à savoir :

- ❖ Sols alluviaux non évolués : les caractéristiques physicochimiques ces sols sont très variées, sols alluviaux non évolue des dépôts sableux du lit majeur des oueds par texture sableux fine et limoneux plus au moins sableux, profonds et très perméable, sols alluviaux non évolue des dépôts sableux du bourrelet des oueds par texture sable fin et limoneux plus au moins sableux, peu épais et mois perméable.
- ❖ Sols calciques : les sols calciques, plus ou moins différenciés et présentent parfois des accumulations calcaires, et les caractéristiques physicochimiques ces sols sont, texture limons et limons sableux, peu épais et recouvrent une carapace calcaire.
- ❖ Sols alluviaux évolue : sont des sols alluviaux tristifiés au solonetxique, au bien des sols présentant un début de décalcification et une accumulation du calcaire et sulfate, est caractérise par texture limons et limons argileux, riches, profonds, perméable, ces sols existent surtout dans les terrasses récentes des oueds.
- ❖ Sols colluviaux et sols alluviaux des affluents mineurs : sont des sols très varié selon des massifs existants, ces sols caractérisés par des sols jeunes, légère moyenne limon sableux et limons et par fois plus argileuse, en vois l'évolution par lessivage pour les argiles.
- ❖ Sols très évolue : sont des sols dont l'évolution plus au moins élevée par l'influence partiellement décalcifiés et insaturés avec accumulation progressive du calcaire, est

caractérisé par texture limons et limons argileux, et l'accumulation de calcaire en profondeur sous forme nodules.

- ❖ Sols hydro morphes : sont des sols engorgés par des eaux en réseaux d'écoulement d'eaux superficielles au bien par des eaux à couvert temporaire et à nappe phréatique non salées et par fois par des eaux d'inondation temporaire hivernale, est caractérisé par texture humifères argileux à très argileux.

II.7. La Végétation

En général la couverture végétale, intervient dans le processus de ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Cela veut dire que la végétation joue le rôle de « Régulateur » du régime d'écoulement. L'occupation végétale a une influence directe non seulement sur l'écoulement fluvial mais aussi sur facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est fonction de la densité de l'occupation végétale.

Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle crucial.

II.8. Situation socioéconomique

II.8.1. Démographie

Statistiquement, le nombre populationnel dans la plaine de Khemis Miliana à la fin 2016 montre que la population atteint 833 742 habitants avec un taux d'accroissement de 1,3% dont la population urbaine est de 82,55% et 17,45% uniquement est rurale. La majorité de cette population se situe dans les agglomérations au Nord de la plaine.

Les plus importantes agglomérations sont respectivement d'Est en Ouest : Djendel, Ain Sultan, Khemis- Miliana, Sidi Lakhdar et Aribis, au Sud de la plaine les agglomérations sont minimes et moins denses, les plus importantes sont la ville de Djelida. (Sahraoui N, 2014).

II.8.2. L'occupation du sol, ou situation agricole.

La région de la plaine de Khemis Miliana est une zone à vocation agricole. L'arboriculture fruitière couvre environ 47% de la superficie totale cultivée prédomine. Les cultures céréalières et maraîchères (principalement pomme de terre), oléiculture, cultures industrielles, et les zones montagneuses sont occupées par les cultures en sec (céréales et fourrages) et l'élevage ovin et caprin. (ABH, 2004).



Figure 23 : Occupation des sols de la plaine de Khemis Miliana « du Haut Cheliff » (Source : ONID, 2012).

La plaine est aujourd'hui à la recherche de nouvelles pratiques agricoles capables d'améliorer les propriétés des sols, d'assurer une production agricole performante et donc de permettre une amélioration du niveau de vie population locale. Il s'agit donc de définir pour ce périmètre une agriculture durable dans un contexte climatique et pédologique fort complexe. Les études essentielles pédologiques et agro-pédologiques sont nombreuses, mais souvent descriptives (Durand, 1954 ; Boulaine, 1957 ; Legoupil, 1971 ; Daoud, 1983) et devraient être relayée par une autre phase de genèse et fonctionnement et doivent être approfondies (Daoud, 1993 ; Abdesselam, 1996).

D'après les recherches faites, du milieu physique et la détermination des caractéristiques géologiques, pédologique et hydrologique et hydrographique de la région d'étude ont permis de dire que la plaine de Khemis Miliana est sensible à l'érosion hydrique, ce qui menace le potentiel biologique des terres cultivées surtout que la zone à vocation agricole.

CHAPITRE III:
**METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET
GESTION D'EROSION HYDRIQUE)**

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'ÉROSION HYDRIQUE)

La quantification de l'érosion hydrique se fait en utilisant des modèles adaptés au but recherché. Les modèles mathématiques sont simples à utiliser pour quantifier les pertes des sols, qui sont continuellement améliorés par les chercheurs dans beaucoup des pays qui adaptent aux conditions locales (Arnalds et al., 2001). Bien qu'il soit difficile de trouver un modèle qui considère toutes les formes d'érosion, certains modèles ont été développés pour aider les gestionnaires des eaux et des sols à identifier les zones les plus vulnérables à l'érosion.

Les méthodes décrites dans ce document sont essentiellement celles de Wieschmeier et Smith (1965,1978) -conçues pour être appliquées aux États-Unis, à l'est des Rocheuses (USLE)-la version révisée des méthodes de Wieschmeier et Smith (Mc Cool et al., 1991) et les adaptations de ces modèles pour fins d'application au Canada (Cook, 1985 ; Hayhoe et al.,1992b, 1993). Il serait nécessaire de mettre au point des méthodes plus précises que celles contenues dans l'USLE et la RUSLE afin que la prévision des pertes en sols réponde aux besoins du 21esiècle.De nouvelles méthodes sont en cours d'élaboration aux États-Unis et au Canada. L'USLE et sa version révisée offrent néanmoins des méthodes simples et relativement exactes ; il n'en existe pas pour le moment de meilleures (Wall. G.J. et al, 2002).

III.1 Objectifs d'un modèle pour l'estimation de l'érosion hydrique :

- ❖ Avoir une évaluation rapide du rythme de l'érosion dans une région ;
- ❖ Etablir une échelle d'intensité des processus afin de donner la priorité aux interventions antiérosives ;
- ❖ Ou mettre à jour la sensibilité des sols à l'érosion. Ces modèles sont plus ou moins efficaces, établis par des chercheurs différents, selon des modèles différents, aboutissent à des cartes d'érosion différents, aboutissent à des cartes d'érosion différentes pour une même région.
- ❖ Cependant, on peut rappeler que la modélisation a pour objectifs d'une part, de tester notre compréhension des processus intervenant dans la dégradation des sols par l'érosion et d'autre part, prévoir les risques futurs sous des conditions variables.

Il faut surveiller, lors de la modélisation, la cohérence et la précision de l'ensemble des données de départ qui proviennent d'informations ponctuelles ou spatialisées (d'origine cartographique ou dérivées de télédétection) et il faut s'assurer que toutes les couches d'information ont des précisions et des marges d'erreur comparables, car les équations de type multiplicatif,

répercutent les erreurs les plus fortes à l'étape de la modélisation (R. Bou Kheir et al...2001).

III.2 Expérimentations méthodiques

Elles consistent à, retenir et étudier d'abord les paramètres des facteurs pertinents influençant le phénomène (l'érosivité de la pluie, l'indice topographique, NDVI et l'érodibilité des sols).

III.2.1. Equation Universelle de perte en sol (USLE)

Parmi les nombreux modèles de perte en sol, le plus simple est l'équation universelle des pertes de sol, USLE, qui a été utilisée dans le monde entier depuis les années 1960. USLE est un modèle empirique, qui sert à estimer la perte de sol annuelle. Avec sa version révisée (RUSLE). L'avantage de l'USLE est de fournir des estimations à long terme de moyenne de perte annuelle de sol à partir de petites zones et est considéré comme un « bon modèle » si le but de la modélisation est d'arriver à des estimations globales de l'érosion des sols.

Mais cette méthode a de limite, dans le sens où il ne peut pas simuler l'érosion du lit de dépôt, ou en ravin, elle ne tient pas aussi compte du phénomène du dépôt au moment du transport jusqu'à l'exutoire. Pour remédier à cela, Benmoussa et al. (1993), Anys et al. (1994) et Talbi et al. (2002) ont ajouté au modèle USLE un coefficient de transportabilité lors d'études au Maroc. En effet, ce coefficient est un indice compris entre 0 et 1 qui permet de calculer pour chaque cellule du SIG la quantité de sédiments érodés qui sera transportée jusqu'au cours d'eau. Ainsi, la superposition des couches des facteurs de l'USLE donne une carte du potentiel érosif. La superposition de la couche du facteur à la carte du potentiel érosif fournit une carte de pertes de sol. Ce modèle empirique établi à partir du traitement statistique des résultats de nombreuses mesures en parcelles expérimentales menées sur plus de 20 ans exprime les pertes en sol comme le produit de différents facteurs selon la formule :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (\text{III.1})$$

Où :

A est le taux annuel de perte en sol en t/ha/an,

R est le facteur de l'érosivité des pluies ; il correspond à la moyenne annuelle des sommes des produits de l'énergie cinétique de la pluie par son intensité en 30 mn consécutives ; il est exprimé en MJ.mm / ha. H .an,

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

K est l'érodibilité des sols ; il dépend de la granularité, de la quantité de matière organique de la perméabilité et de la structure du sol ; il est exprimé en t.ha. H / ha.MJ.mm,

LS est un facteur sans dimension qui représente l'inclinaison (Sen%) et la longueur de pente (Len m),

C, est un facteur sans dimension qui représente l'effet de la couverture végétale,

P, facteur sans dimension, est un rapport qui tient compte des techniques culturales anti-érosives telles que le labour en courbes de niveau.

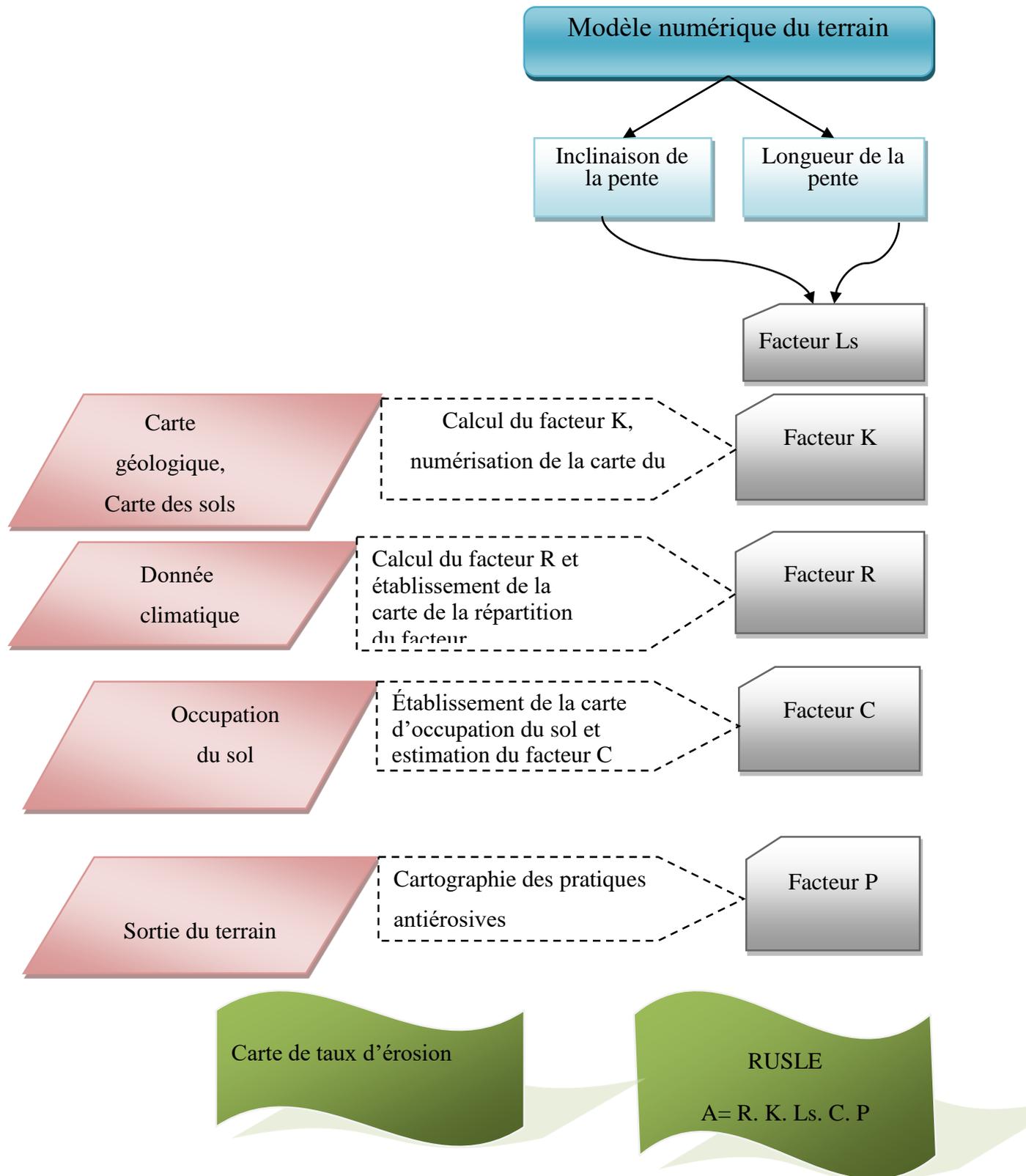


Figure 24: Etapes de cartographie de l'érosion par le modèle RUSLE. (Source : Sadiki et al, 2004)

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'ÉROSION HYDRIQUE)

Dans ce chapitre on parlerait aussi de la gestion d'érosion, d'une manière general et spécifiquement du notre zone d'étude.

III.3. La gestion de l'érosion hydrique

C'est au milieu de l'assurance que l'on doit le développement, au cours des années 1960 et 1970, du concept de gestion des risques. Avec l'objectif de réduire leurs pertes, les compagnies d'assurance ont commencé à cette époque à inciter leurs clients commerciaux à accroître la sécurité de leurs installations contre les risques, par la suite, la gestion des risques au tournant des années 1990, devant les évidences toujours plus grandes de l'impact des activités humaines sur le milieu naturel, les préoccupations se sont aussi portées sur la protection de l'environnement. Elle est maintenant globale et systématique, utilisé dans une multitude de domaines d'activités.

Dans un monde de plus en plus complexe où les interdépendances entre les différents éléments du fonctionnement de nos sociétés sont en constant augmentation, un consensus s'établit désormais selon lequel une gestion efficace des risques nécessite d'adopter une approche perspective et permanente, dont les préoccupations et les enjeux relatifs aux risques, particulièrement les risques hydriques, sont l'affaire de tous.

III.3.1. Définition de la gestion de l'érosion hydrique

La gestion des risques hydrique est une approche adoptée pour une collectivité ou une organisation, visant la réduction des risques hydrique et misant sur la prise en compte constante et système des risques dans ses décisions administratives, dans la gestion de ressources ainsi que dans la façon dont elle assume ses responsabilités.

La gestion des risques tente à prendre des mesures nécessaires qui puissent en réduire l'effet, y compris les mesures de prévention et protection qui servent à mettre en œuvre des solutions de réduction de risque efficace, cette discipline porte le nom de mitigation. Cette mitigation des risques de l'érosion hydrique est l'action qui conduit à réduire l'intensité de l'érosion et la vulnérabilité pour faire en sorte que le cout humain et matériel des dommages liés à la survenue de ce phénomène soit supportable par notre société.

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

La gestion des risques est le processus de planification en fonction de ces événements. Une bonne gestion des risques signifie réfléchir à l'avance aux événements indésirables qui pourraient se produire et prendre des mesures qui réduisent l'incidence potentielle de ces événements avant qu'ils ne se produisent.

La méthodologie présentée dans cette étude peut être généralisée à toutes les zones de moyenne montagne en particulière de notre plaine de Khemis Miliana et elle permettra de mettre en place les zones de priorités d'intervention pour atténuer le risque d'érosion hydrique et l'envasement des barrages en aval.

Devant ces problèmes préoccupants d'érosion, les populations développent, en générale, deux types d'attitude:

- ❖ Les paysans sont principalement concernés par la dégradation de la productivité de leurs champs: ils cherchent à adapter leur système de production pour optimiser la productivité de leur terre et de leur travail. La formation de rigoles (griffes d'érosion linéaire décimétriques) et de ravines (rigoles profondes de plus de 50 cm que les façons culturales ne peuvent effacer) est un indicateur d'un mauvais fonctionnement du système de production. Les paysans tentent de reboucher les rigoles et les ravines par le travail de la surface du sol, mais ils maîtrisent rarement les problèmes techniques posés par la réhabilitation des ravines. La plupart des études sur l'érosion dans les champs cultivés concernent l'érosion en nappe et en rigoles et leur spatialisation est basée sur l'équation universelle des pertes en terre (USLE de Wieschmeier et Smith, 1978) laquelle tente de prévoir à long terme (> 20 ans) l'érosion en nappe et rigoles en fonction de l'érosivité des pluies, du sol, de la pente et du système de culture.
- ❖ D'autre part, la population urbaine et les utilisateurs d'eau sont plus préoccupés par la qualité de l'eau, le transfert des boues lors des tempêtes, la pollution des eaux souterraines en aval et l'inondation des terres arables dans les rivières et les lacs. D'une manière générale, l'Etat chargera des ingénieurs du service public de surveiller l'impact des forêts et des eaux douces sur toutes ces pollutions

III.3.2 L'état des ressources en sols

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

Sur l'ensemble du territoire la surface agricole utile est de 7.6 millions d'ha et ne représente que 3 % du territoire. La SAU par habitant est passée durant ces 30 dernières années de 0.6 à 0.3 ha ha b; au rythme de l'accroissement démographique actuel, ce ratio ne sera plus que de 0.15 en 2010. Ces ressources en sols déjà limitées en surface sont soumises à une série de dégradations. En effet, elles sont menacées par plusieurs facteurs naturels mais aussi par les pratiques liées à l'homme. Parmi les principales atteintes au patrimoine foncier, il convient de citer: l'érosion hydrique.

III.3.3. Les processus de gestions des risques

Action d'élaborer, de mettre en œuvre et d'évaluer des mesures, politiques et stratégies destinées à mieux comprendre les risques de catastrophes, à favoriser la réduction et le transfert de ces risques et à promouvoir l'amélioration constante de la préparation de la catastrophe, des réponses à y apporter et du rétablissement postérieur, dans le but explicite de renforcer la protection des personnes, leur bien-être, la qualité de vie, la résilience et le développement durable.

Elle est basée sur processus de gestion des risques. Le schéma ci-dessous représente donc le processus des risques.

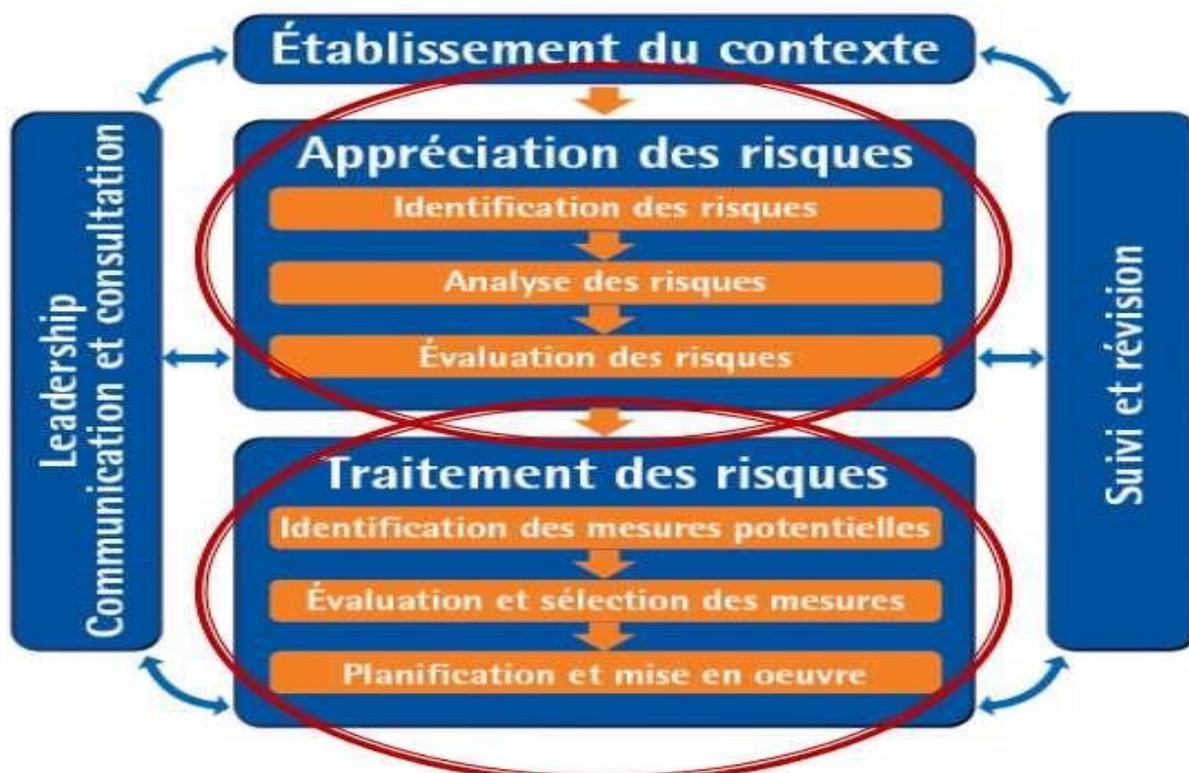


Figure 25: Processus global d'appréciation et de traitement des risques (Tiré de la norme ISO 31000:2009)

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

L'appréciation des risques a été présentée à la sous-section notions de base et principes de l'évaluation des risques. Avec les résultats obtenus de l'analyse et de l'évaluation des risques, il faut maintenant définir quelles mesures mettre en place afin de réduire les risques considérés inacceptables ou, du moins, nécessitant une action correctrice. Quatre options s'offrent d'abord aux organisations face aux résultats obtenus dans l'évaluation des risques:

- ❖ **Transférer le risque:** Est-il possible de déplacer le risque vers des fournisseurs ou des sous-traitants par exemple? Peut-on s'assurer pour ainsi minimiser les conséquences financières d'un événement? On utilise souvent cette option pour des événements rares, mais de conséquences élevées.
- ❖ **Mettre fin au risque:** Si le risque est considérable, par exemple une forte probabilité d'occurrence et des conséquences élevées, on doit considérer mettre carrément fin à l'activité en cause.
- ❖ **Tolérer le risque:** Le risque évalué nous apparaît acceptable et ne requiert pas d'autres mesures de traitement additionnelles.
- ❖ **Traiter le risque:** Le risque est dans une zone qui requiert des mesures supplémentaires pour le rendre tolérable. C'est ce dont nous allons maintenant discuter.

Dans le cadre du traitement des risques, on peut agir sur la probabilité d'occurrence ou sur la gravité des conséquences potentielles d'un événement, parfois sur les deux composantes du risque. De façon générale, il existe cinq grandes catégories d'options de traitement des risques qui doivent toutes être considérées afin de faire une gestion efficace des risques:

1. **La prévention** qui vise la réduction de la probabilité que des événements indésirables surviennent.
2. **L'atténuation** qui vise à réduire les conséquences si de tels événements se produisaient en limitant l'exposition (des gens, de l'environnement, des structures, etc.) par la mise en place de mesures techniques ou de distanciation.
3. **La préparation** qui vise aussi à réduire les conséquences si de tels événements se produisaient, mais cette fois, en augmentant la capacité d'intervention des équipes d'urgence et la résilience de l'organisation.
4. **L'intervention** lorsque de tels événements se produisent réellement, c'est-à-dire la mise en œuvre et l'ajustement des mesures d'urgence préparées au préalable selon les besoins de la situation en cours.

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

5. **La continuité** des fonctions critiques de l'organisation et le rétablissement chronologique des autres fonctions essentielles par la mise en œuvre et l'ajustement des mesures préparées au préalable. L'ensemble de ces options constitue ce qu'on appelle des barrières de sécurité. Afin d'expliquer les options possibles, le concept de barrières de sécurité doit être vu plus en détail.

III.3.3.1. Estimation des rayons d'impact

Tableau 9: Distance d'isolation initiales et d'activité de protection.

NIP GUIDE NOM DE LA MATIÈRE	PETIT DÉVERSEMENT (Provenant d'un petit colis ou une petite fuite d'un grand colis)			GRAND DÉVERSEMENT (Provenant d'un grand colis ou de plusieurs petits colis)		
	D'abord ISOLER Dans toutes les directions mètres	Ensuite PROTÉGER Les personnes en aval du vent pendant-		D'abord ISOLER Dans toutes les directions mètres	Ensuite PROTÉGER Les personnes en aval du vent pendant-	
		JOURS Kilometers	NUIT Kilomètres		JOURS kilomètres	NUIT kilomètres
1005 * 125 Ammoniac, anhydre	30m	0,1 km	0,2 km	150m	0,8 km	0,2 km

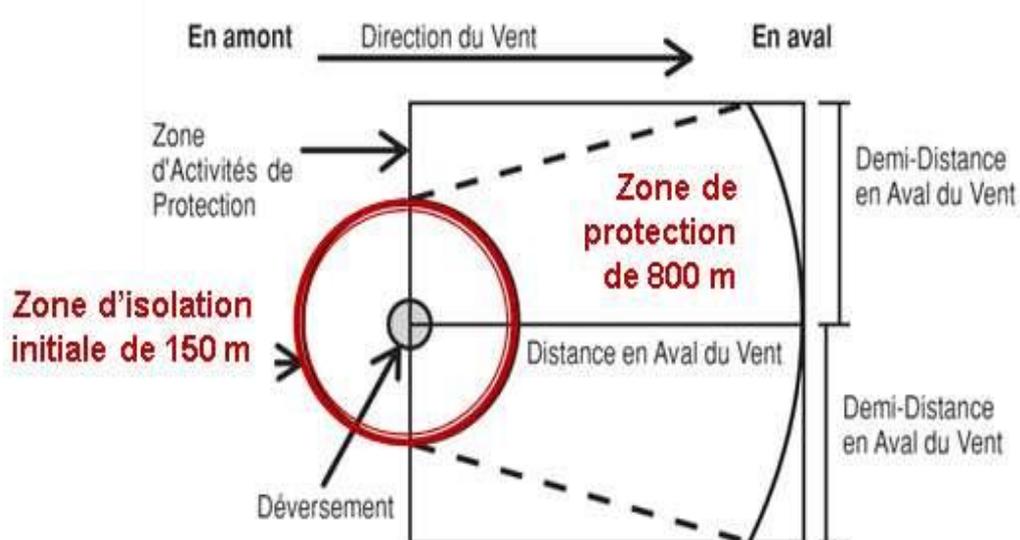


Figure 26: Représentation graphique des rayons d'impact

III.4. Les mesures efficaces de lutte contre la perte du sol

Infiltrer l'eau le plus en amont possible, freiner le ruissellement et permettre un stockage temporaire sont les principaux objectifs pour limiter les phénomènes d'érosion.

Pour répondre à ces objectifs, une multitude de solutions existent. Deux types de solutions peuvent être mis en œuvre: améliorer les pratiques agricoles et viticoles (approche globale sur le système cultural) et réaliser des aménagements de régulation des eaux.

III.4.1. Les principaux objectifs en termes de lutte contre l'érosion sont :

- ❖ La réduction de l'envasement des barrages et l'amélioration de la qualité de l'eau ;
- ❖ Le développement socio-économique des populations ;
- ❖ La sécurisation de tout le domaine forestier (9 millions d'hectares) ;
- ❖ La prévention contre les incendies et la surveillance sanitaire.

III.4.2. Les évolutions historiques des stratégies de la conservation du sol

Toutes les sociétés rencontrent des problèmes de dégradation du milieu par divers types d'érosion et ont tenté d'y porter remède par des stratégies traditionnelles adaptées aux pressions foncières, en aménageant les eaux de surface pour améliorer la productivité des sols et stabiliser les versants. Leur abandon ne signifie pas leur manque d'efficacité antiérosive mais plutôt une évolution du milieu socio-économique.

III.4.3. Les stratégies traditionnelles de lutte antiérosive

- a) **La culture** itinérante sur brûlis est probablement la plus ancienne stratégie utilisée sur tous les continents pour maintenir la productivité de la terre. Cette stratégie ne s'applique que sur des terres peu peuplées (moins de 20 à 40 habitants au kilomètre carré).
- b) **Les terrasses** en gradins et les terrasses méditerranéennes sur murettes en pierres : se sont développées 2 000 ans avant J.-C., en Asie.

Ces terrasses sont apparues là où la population est dense, les terres cultivables rares et le travail bon marché. Comme ces aménagements exigent un gros effort pour la construction des terrasses (700 à 1 200 hommes, jours /ha), pour l'entretien des talus et la restauration de la fertilité des sols remués, il faut que la production soit rentable ou vitale. Ces améliorations foncières ne sont acceptées que là où les paysans n'ont plus d'autre choix pour subsister (pressions foncières,

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

militaires, religieuses ou économiques) ou pour produire des cultures particulièrement rentables. On distingue, parmi ces terrasses, celles qui sont soutenues par un mur et celles qui sont soutenues par un talus.

Ce sont les aménagements les plus connues et les plus utilisées par les agriculteurs. Ce sont des constructions qui arrivent à casser la pente. Ces terrasses tirent leur nom de la forme qu'elles donnent au versant lorsque celui-ci est totalement aménagé. Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Ces terrasses, accrochées au versant, doivent s'adapter à la pente de celui-ci : lorsque la pente augmente les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur.

Il existe plusieurs possibilités pour construire ce type de terrasses. Cela dépend de la profondeur du sol, de l'espace disponible et de la quantité de cailloux présents sur le terrain.



Figure 27: a / Les terrasses en gradins soutenues par des talus



Figure 28: b/ Les terrasses en gradins soutenues par des murs.

c) Les billons, les cultures associées et l'agroforesterie.

Dans cette rubrique, nous allons plus détailler le type d'aménagement par billons

III.4.3.1. Les caractéristiques de billons.

- ❖ Les billons sont des petits cordons en terre : selon les courbes de niveau
- ❖ Ils ont une hauteur comprise entre 0,2 et 0,4 m.
- ❖ Leur largeur à la base est variable, et peut parfois atteindre 0,9 m.
- ❖ Ils sont utilisés sur des pentes faibles. Ils sont généralement construits avec une pente très légère (2 à 3 %), qui permet l'écoulement d'une cuvette à l'autre.
- ❖ Il y a divers types de billons : des billons simples et des billons cloisonnés. Les billons cloisonnés sont des petites cuvettes de 2 à 10 m² entourées par des billons de terre. Les billons peuvent également être consolidés en pierres quand la parcelle se situe dans le lit d'un oued.
- ❖ Ils donnent une rugosité au sol, ce qui facilite l'infiltration et ralentit le ruissellement.

Ce type d'équipement sous forme de billons permet l'infiltration d'une quantité maximale d'eau : cela permet donc la culture de nombreuses espèces. Les espèces nécessitant un apport important d'eau sont cultivées dans les cuvettes (la luzerne par exemple), et les espèces les plus résistantes à la sécheresse sont semées sur les billons (le maïs par exemple).

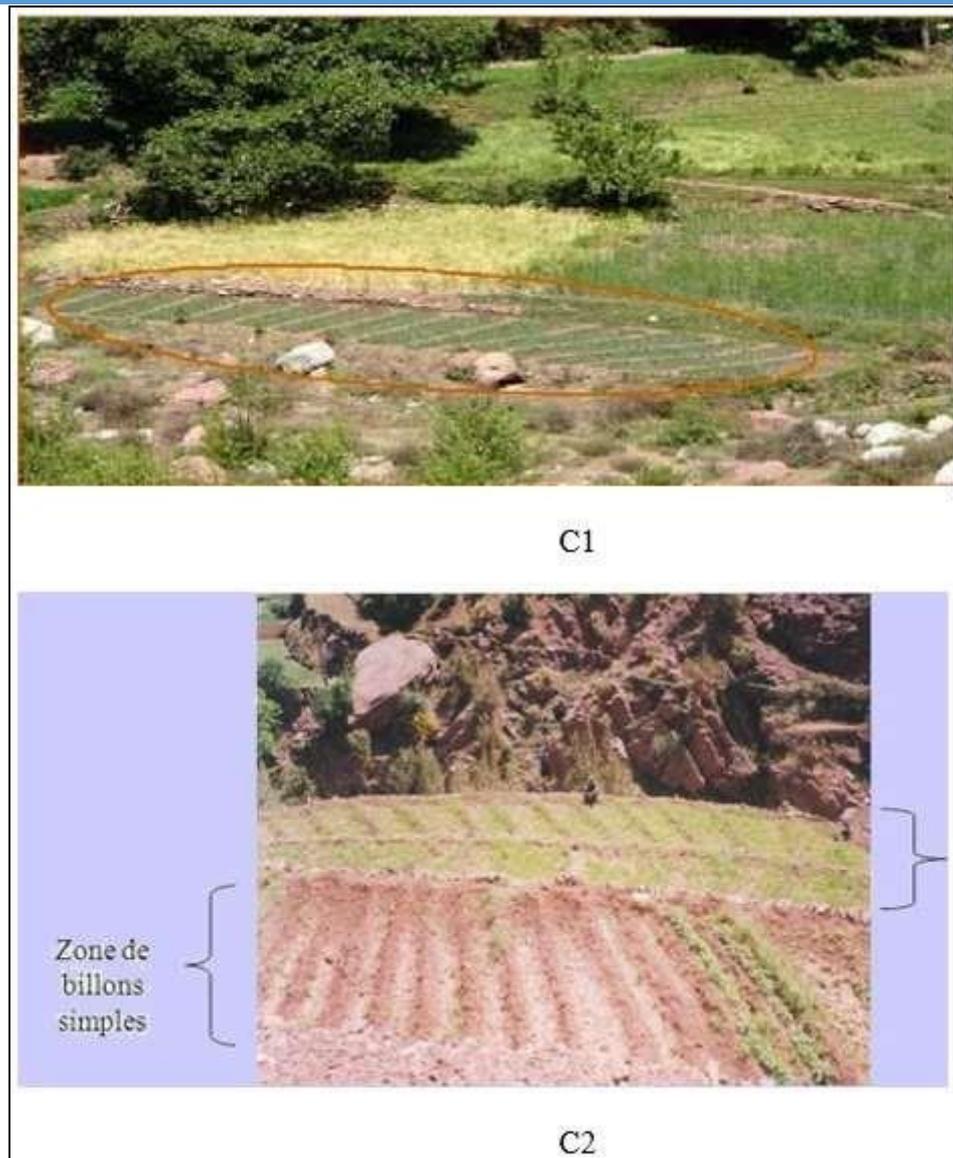


Figure 29: c1 e c2 / Vue sur des billons

III.4.3.1.2. Les objectifs d'installer des billons

1. Augmenter l'infiltration de l'eau.
2. Diminuer la vitesse du ruissellement grâce à la rugosité apportée par ces éléments (et donc une diminution de la quantité de sol arrachée).

d) **Les alignements** de pierre et les murettes combinés à l'entretien de la fertilité par la fumure organique : Les murettes sont des petits murs construits en pierres sèches (sans ciment ni enduit) selon les courbes de niveau. Elles permettent à la fois de débarrasser

les parcelles des pierres qui handicapent leur valorisation, de réduire le ruissellement et sa vitesse et de piéger les sédiments transportés. Sur les pentes moyennes à fortes, on aboutit rapidement à des terrasses progressives du fait de l'érosion hydrique et mécanique. Elles constituent des ouvrages de LAE par la cassure de l'énergie du ruissellement mais aussi d'amélioration des terres (humidité, profondeur) et donc de la productivité des sols. Elles sont plus adaptées aux pentes fortes (>15 %).

- e) **Amélioration** de la structure du sol : Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol, ... etc.).

III.4.4. Les stratégies modernes d'équipement hydraulique

Les méthodes antiérosives choisies dans ce chapitre, sont des techniques qui agissent en modifiant le trajet de l'agent d'érosion et en réduisant sa force.

En voici quelques exemples de mesures de lutte les plus utilisées et qui vont être traités dans cette partie selon le plan suivant :

* **Amélioration de la structure du sol**

Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol, ... etc.).

* **Couverture permanente du sol**

La végétation protège le sol de l'impact des gouttes de pluies, elle ralentit les filets d'eau superficiels et favorise ainsi l'infiltration. La couverture végétale peut être faite de végétaux vivants ou morts.

Le rôle de la Végétation dans la protection contre l'érosion se résume en:

- ❖ L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui

diminue dans une large mesure l'effet "splash".

- ❖ Les plantes ralentissent les eaux de ruissellement par la rugosité qu'elles donnent au terrain.

Elle augmente la cohésion du sol par son système racinaire

*** Protection des pentes contre l'érosion**

Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol, ... etc.).

*** Correction torrentielle**

Elle s'applique au ravinement et aux torrents. La conception d'une installation de lutte contre le ravinement comporte trois étapes :

- ❖ L'inspection du ravin pour déceler les causes de l'érosion : Quels changements ont-ils pu se produire qui ont aggravé le problème ? Le lit du ravin cache-t-il une source ?
- ❖ L'estimation du débit maximal de l'eau se déversant dans le ravin. Ce débit est fonction de la topographie du bassin versant, de sa superficie, de sa végétation, du type de sol et de la capacité du bassin de retenue des eaux. Cette étape fait appel à des compétences techniques.
- ❖ La mesure approximative de la longueur et de la pente du ravin. Une fois muni de ces renseignements, on peut passer au choix de l'installation de lutte contre le ravinement.

Dans le cas de petit ravinement : l'activité des petites ravines est très variable d'une région à l'autre en fonction du stade de dégradation atteint. Dans cette section, nous allons aborder les différentes de mesure pour lutter contre les petits ravins à savoir la correction par la fixation biologique, ces types d'aménagement a deux objectifs majeurs à savoir premièrement l'amélioration de la productivité agricole ou forestière et deuxièmement la réduction du débit solide et la régularisation des écoulements. L'outil de base est un seuil placé en travers de la ravine et constitué par du matériel végétal vivant. Et par des diguettes en pierre sèche, Par ailleurs, l'utilisation des petits seuils en pierres sèches peut jouer un rôle provisoire dans la correction de ravinement avant la mise en place des seuils biologiques par de la végétation. Ces seuils peuvent créer par leur atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants.

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

Dans le cas de grosses ravines, souvent on a recours au traitement par génie mécanique. Ce type d'aménagement peut avoir deux objectifs : Stabiliser le profil en long de la ravine dans les secteurs où la tendance générale est au surcreusement, ces ouvrages retiennent sur tout la partie du versant qui serait peu à peu descendue dans la ravine (par sapement de berges et par glissement) si l'incision s'était poursuivie. Ils arrêtent l'érosion régressive au niveau de la ravine ainsi traitée. L'objectif n'est donc pas ici de retenir beaucoup de sédiments, mais de limiter l'approfondissement de la ravine. Retenir les sédiments dans les sections en transit où l'incision est faible.

III.4.5. L'objectif de l'étude est la conception d'aménagements et d'ouvrages antiérosifs qui assureront :

- ❖ Une meilleure conservation des sols sur le bassin versant dominant la retenue ;
- ❖ La réduction éventuelle du taux de transport des sédiments vers la retenue ;
- ❖ La réduction du taux de sédimentation et d'envasement de la retenue ;
- ❖ Et, conséquemment, la prolongation de la vie utile de la retenue.

Pour cela, deux approches ont été utilisées dont la première a fait appel à sept formules régionales de production, de transport ou d'apport solides adaptées au contexte algérien.

III.4.6. L'intégration de l'approche participative dans la planification des programmes de lutte antiérosive.

- ❖ Souvent, la population est généralement la ressource non sollicitée
- ❖ Sans l'action participative rien de durable ne sera achevé
- ❖ Il faut intégrer la population locale et ce,
- ❖ En commençant par la reconnaissance des traditions et du savoir-faire des paysans
- ❖ En identifiant les besoins de la population ainsi que les contraintes et les potentialités du milieu.

La sauvegarde des terres agricoles est vitale pour l'avenir compte tenu de l'exiguïté de la SAU. Il est essentiel de redonner à la terre agricole sa valeur de facteur rare et d'assurer sa gestion

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

de manière rationnelle. Les différentes actions tentées sur le terrain, avec leur cortège de succès et d'échecs, et les données acquises par la recherche mais aussi dans le cadre de projets pilotes permettent aujourd'hui d'avoir le recul suffisant pour proposer les Cléments nécessaires à l'élaboration d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive basée sur une gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (la GCES). Cette nouvelle doctrine semble constituer la réponse la plus appropriée pour une gestion durable des sols en milieu montagnard.

Il est important que les projets de la lutte antiérosive soient flexibles et s'ajustent aux priorités paysannes quant à l'unité d'intervention. La lutte antiérosive réalisée par des paysans sur leur propre terrain et selon leur initiative propre est généralement bien entretenue. Cependant, l'aménagement du territoire demeure sous l'emprise de l'état qui dispose en plus des ingénieurs compétents, des moyens suffisants pour mener des actions tels que la reforestation des montagnes, l'aménagement des rivières, la stabilisation des zones de glissements de terrain et la correction torrentielle. Actuellement, la RTM et la CES restent des stratégies valables mais qui devraient tenir compte des intérêts des paysans.

Chaque membre d'une collectivité ou d'une organisation, doit se sentir concerné par la gestion du risque hydrique dans notre plaine de Khemis Miliana, comme ça nous évitera leurs conséquences néfastes.

En conclusion, la région de plaine de Khemis Miliana, comme les autres régions des pays, n'échappe pas à l'érosion hydrique qui menace les terres à vocation agricole. Sommes-nous tous appelé à contribuer avec tous les moyens possibles à la régulation environnementale. La sensibilisation des citoyens et la divulgation de l'information scientifique en ce qui concerne les questions environnementales, les mesures et les instruments viendront pour compléter des actions déjà entamées par la volonté de faire face à toute dégradation actuelle et éventuelle du sol.

Le potentiel hydrique n'atteint les valeurs caractéristiques de la capacité au champ que rarement. Le drainage a été estimé nul durant la période d'observation. (Année agricole 2007-2008). Les réserves en eau du sol n'ont pu être constituées ; la teneur en eau dans les horizons

CHAPITRE III : METHODES ET MATERIELS (ESTIMATION ET GESTION D'EROSION HYDRIQUE)

de profondeur est restée loin de ses capacités de retentions. Les sols maintenus en jachère perdent plus d'eau durant cette période que les sols cultivés.

Les fortes températures et les vents durant le printemps, accompagnés d'une forte activité biologique coïncident.

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre on discuterait les résultats trouvés pour la gestion d'érosion, dans notre zone d'études.

IV.1. Calcul l'indice d'érosivité des pluies R

R est appelé facteur pluie ou **indice d'érosivité** (rainfall factor). Il a été défini comme le produit de l'énergie de la pluie par son intensité maximum en 30 minutes. Il peut aussi être considéré comme l'indice moyen annuel d'érosion par la pluie. Ainsi ont été dressées des cartes d'érosion hydraulique pour le sud-est des Etats-Unis.

Le moteur de l'érosion hydrique est la pluie ; sans laquelle on ne parle plus de ce type d'érosion. Mais c'est surtout intensité de pluie qui aggrave l'érosion. Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé.

La pluie est l'un des principaux facteurs de l'érosion des sols, ceci se produit lorsque les eaux pluviales ne peuvent plus s'infiltrer dans le sol et arrachent les particules du sol en emportant des particules (Le Bissonais et al., 2002). Ainsi, le rôle du facteur R est de caractériser la force érosive des précipitations sur le sol. Il considère les différences régionales du climat selon le type, l'intensité et la fréquence des précipitations. L'érosivité de la pluie est définie par l'équation :

$$R = E * I_{30} \quad (\text{Équation n}^\circ 2)$$

Où :

E = l'énergie cinétique des pluies (MJ/ha)

I_{30} = l'intensité maximale des pluies en 30 minutes exprimées en mm/heure.

L'énergie cinétique des pluies est donnée par la formule suivante :

$$E = 210 + 89 \log_{10} * I \quad (\text{Équation n}^\circ 3)$$

Où I = l'intensité de pluie.

De nombreuses équations permettent cependant le calcul de R en fonction des précipitations annuelles ou de l'indice de Fournier (Kalman, 1970; Roose, 1977; Arnoldus, 1980; Renard et Freimund, 1994). Ces équations de substitution ont été appliquées dans différents travaux impliquant une modélisation USLE (Morschel et Fox, 2004 ; Sadiki et al., 2004; El Gouarani et al., 2008) et ont montré des résultats satisfaisants. Disposant uniquement de données de

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

moyenne mensuelle des précipitations pour plusieurs années, sur plusieurs stations pluviométriques. Au vu de l'étendue de la zone d'étude et des données disponibles, l'équation de régression proposée par Renard and Freimund (Équation n° 4) a été retenue. Celle-ci est établie à partir de données provenant de 08 stations disposées sur l'ensemble des de la zone d'étude et établit une relation statistique entre R et la hauteur de pluie annuelle moyenne P, pour des précipitations annuelles inférieures à 850 mm. L'équation est définie de la manière suivante:

$$R = 0.0483 * P^{1.610} \text{ (Équation n° 4)}$$

Où

P = Moyenne des précipitations annuelles en mm

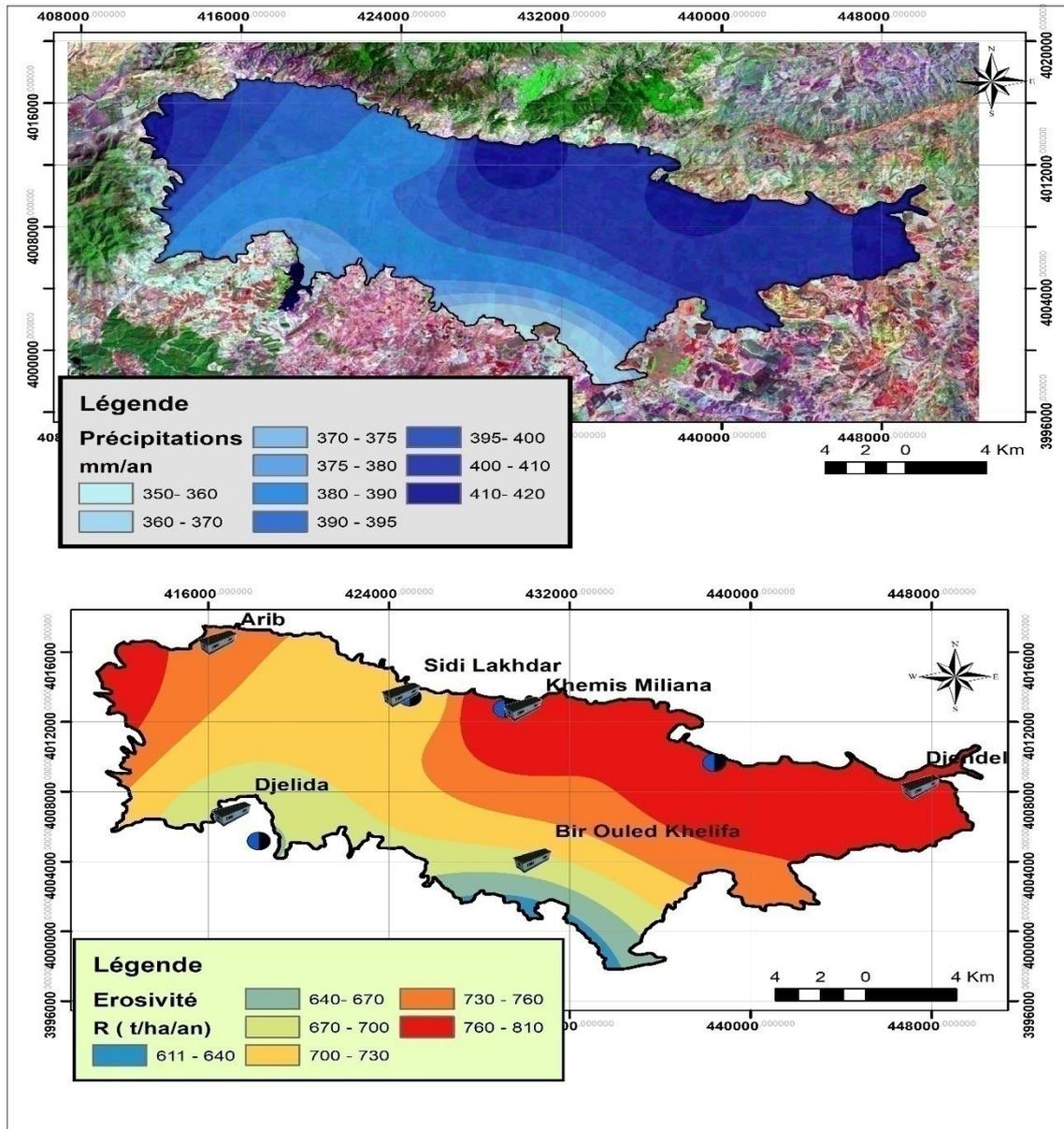


Figure 30: Carte de facteur d'érosivité R dans le bassin versant du Haut Cheliff à l'aide d'Arc GIS

La carte du taux d'érosion (facteur R) présentée ci-dessus a été réalisée à l'aide d'Arc GIS, et elle a été réalisée à partir de la carte initiale des précipitations de notre plaine. Le degré d'érosivité étant directement lié aux précipitations, il peut être considéré comme un indice moyen annuel d'érosion pluviométrique. La carte montre la gamme des niveaux d'érosivité les plus bas aux plus élevés. Dans notre de plaine, le taux d'érosivité varie de 611 à 8110 tonnes/ha/an. Parmi eux, on peut observer : Le plus fort érosivité se situe à 40 kilomètres à l'est d'Aïn Defla, qui est la zone de Djendel ; situé à 20 kilomètres à l'est d'Ain Defla La zone de

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Khemis Miliana, présente également les caractéristiques d'une forte érosivité de la plaine ; la zone d'Arib présente également une érosivité moyenne ; La zone la moins menacée par l'érosion hydrique est la zone de Bordj Emir Khaled. Toutes les régions ci-dessus sont caractérisées par le climat méditerranéen chaud en été.

La carte du taux d'érosion (facteur R) présentée ci-dessus a été réalisée à l'aide d'Arc GIS, et elle a été réalisée à partir de la carte initiale des précipitations de notre plaine. Le degré d'érosivité étant directement lié aux précipitations, il peut être considéré comme un indice moyen annuel d'érosion pluviométrique. La carte montre la gamme des niveaux d'érosivité les plus bas aux plus élevés. Dans notre de plaine, le taux d'érosivité varie de 611 à 8110 tonnes/ha/an. Parmi eux, on peut observer: Le plus fort érosivité se situe à 40 kilomètres à l'est d'Ain Defla, qui est la zone de Djendel; situé à 20 kilomètres à l'est d'Ain Defla la zone de Khemis Miliana, présente également les caractéristiques d'une forte érosivité de la plaine ; la zone d'Arib présente également une érosivité moyenne ; La zone la moins menacée par l'érosion hydrique est la zone de Bordj Emir Khaled. Toutes les régions ci-dessus sont caractérisées par le climat méditerranéen chaud en été.

Tableau 10: Erosivité en (t/ha/an) dans La plaine alluviale du Haut Cheliff

Noms	X	Y	Codes	Pm	Ppuis	Facteur	R (t/ha/an)
Barrage Ghrib	460683.16	4001649.64	011405	459.6	19338.9029	0.0483	934.069009
Ain Sultan	438405.95	4009668.83	011512	412.1	16223.8607	0.0483	783.612473
Arib Chellif	412425.88	416350.44	011702	410.5	16122.567	0.0483	778.719985
Bordj El Emir Khaled	428717.98	3997548.6	011703	335.7	11662.2315	0.0483	563.285783
Sidi Lakhdar	424917.27	4013411.07	011711	384.9	14534.836	0.0483	702.03258
El khemis Anrh	429115.34	4012747.91	011717	418	16599.4544	0.0483	801.753648
Harreza Bge	418241.22	4005181.56	011718	373.1	13824.1568	0.0483	667.706773
Ain Defla	407517.26	4013715.71	011804	424.8	17036.3698	0.0483	822.85666

En utilisant des précipitations moyennes annuelles en (mm) de différentes régions situées dans le secteur d'étude ou dans ses environs. Le tableau ci-dessus), récapitule les différents résultats

de l'érosivité en (t/ha/an). Ensuite les valeurs de R calculées ont été interpolées en utilisant une méthode d'interpolation IDW.

IV.2. Facteur de déclivité LS

Le facteur pente et déclivité tient compte à la fois de la longueur de la pente (L) et de son inclinaison (S). Dans la pratique, les deux facteurs de pente, L et S sont combinés en un seul facteur topographique qui permet d'évaluer globalement l'influence de la pente sur la vitesse de l'érosion. Il joue un rôle important avec la raideur et la longueur de la pente (à partir de l'endroit où les éléments du sol sont détachés jusqu'à l'endroit où ils sont déposés (Brooks, 1992). Des formules, tables et abaques permettent de quantifier les valeurs du facteur topographique.

Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont en général à l'origine d'une érosion importante dont l'importance dépend de la géologie, de la nature des sols, et de la protection par la couverture végétale.

La pente joue un rôle très important dans le processus érosif. Son inclinaison influe fortement sur la vitesse de ruissellement, ce dernier accélère le phénomène de transport solide.

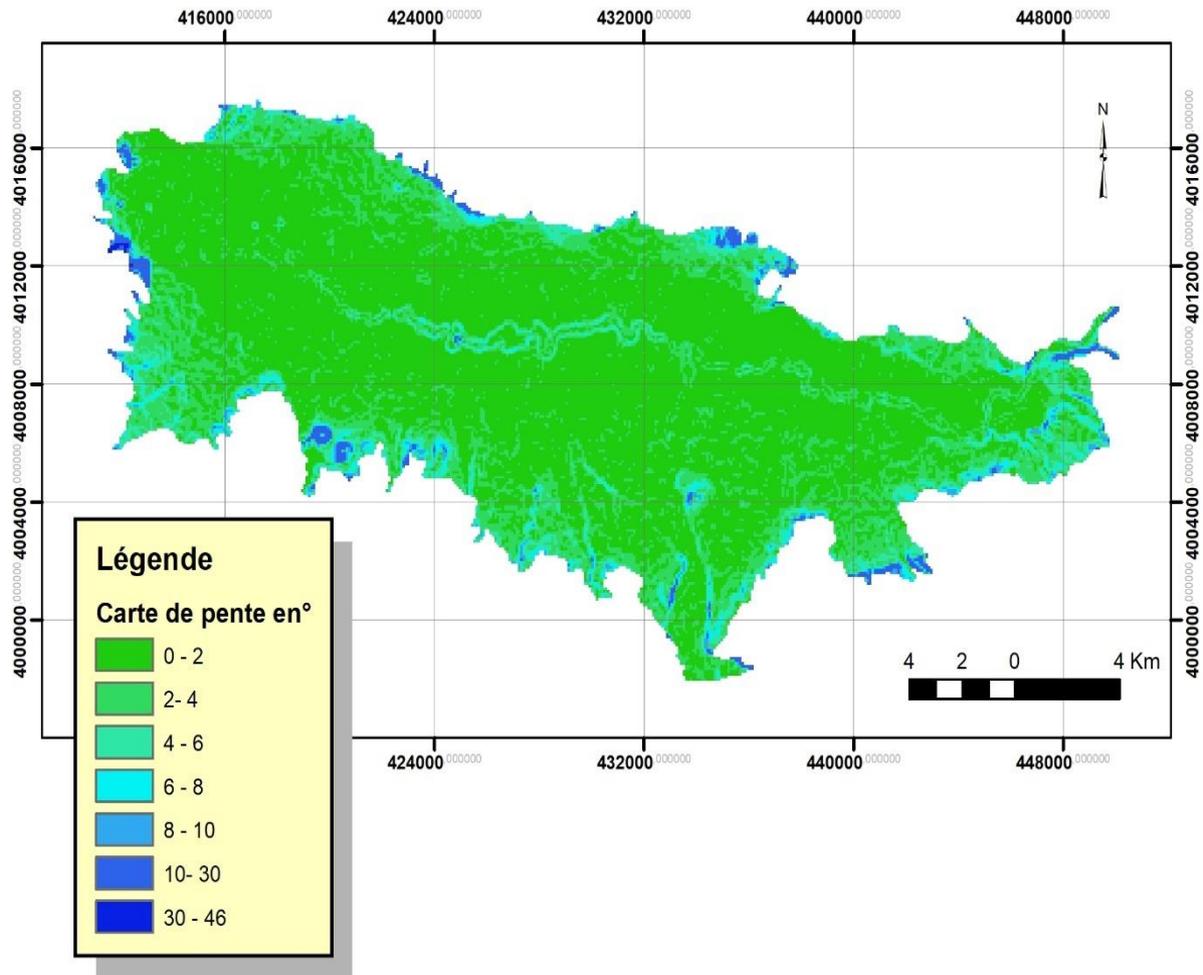


Figure 31: Carte de pente en degré de la zone d'étude à l'aide d'ARCGIS

Les risques érosifs sont plus ou moins forts à raison de son relief accidenté. Les pentes moyennes sont réparties beaucoup plus en aval bassin. En revanche les pentes faibles ses sites au niveau de la plaine et occupent ainsi une surface non moins importante. On peut noter que, plus la pente du terrain est importante plus les sols seront vulnérables à l'érosion.

La valeur totale de pixel observé au moment de la réalisation de la carte de pentes est de 44337, donc en terme pourcentage est 100%, et le pixel pour chaque classe sont :

[0 5] = 41821; [5 10] = 1935;

[10 15] = 400; [15 20] = 113

[< 20] = 68

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Pour le calcul du pourcentage de chaque zone on utilise la méthode de trois simples, est donc suivant:

$$\begin{array}{l} 44337 \dots\dots\dots 100\% \\ \text{Pixel de classe} \dots\dots\dots X ? \end{array}$$

La surface totale de la plaine est 359km². Pour le calcul de la surface de chaque zone on utilise la méthode de trois simples, est donc suivant :

$$\begin{array}{l} 359\text{km} \dots\dots\dots 100\% \\ X ? \dots\dots\dots \% \text{ trouvé} \end{array}$$

C'est ainsi que sont réparties les cinq classes, leurs surfaces occupées et leurs indices de poids en fonction de l'effet à l'érosion dans le tableau ci-dessus :

Tableau 11: Classes des pentes avec leur surface en fonction de leur effet sur l'érosion. (Source: Sabah et al, 2018).

Classe des pentes	Surface occupé (Km ²)	Effet sur l'érosion	Indice de poids
0-5°	338,626	Très Faible	1
5-10°	15,666	Faible	2
10-15°	3,238	Moyenne	3
15-20°	0,911	Forte	4
>20°	0,549	Très forte	5

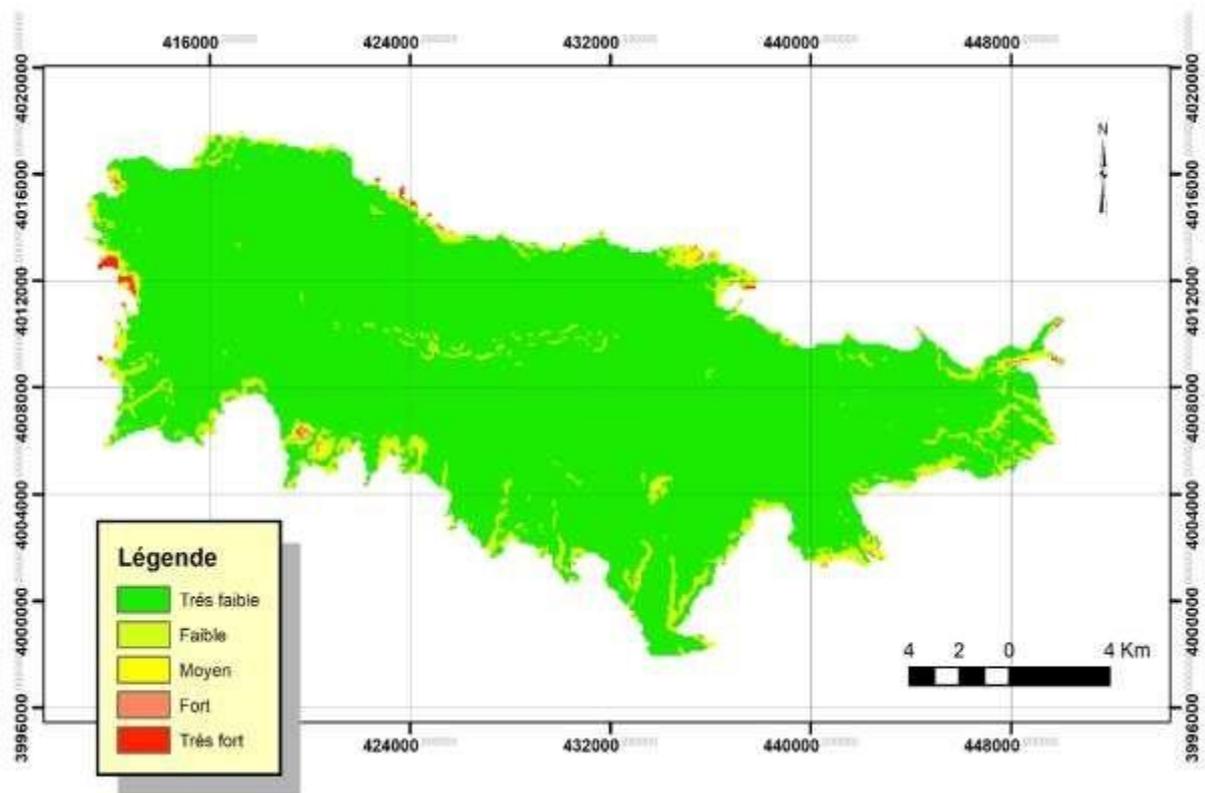


Figure 32: Carte d'érodibilité du sol selon le facteur (LS) à l'aide d'ARC GIS

Observant à la carte de la Figure 26 et au Tableau ci-dessus, on remarque que c'est les très faibles pentes à faible qui dominent (98%) de la surface totale de la plaine ; cependant le moyen, forte à très fortes n'occupent que les 2 % restant cette zone favorise l'érosion.

IV.3. Facteur d'érodibilité des sols (K)

Les sols diffèrent selon leur résistance à l'érosion, en fonction de la texture, de la structure, de la rugosité, de la teneur en matière organique et du degré d'humidité du sol. K est appelé le facteur sol et caractérise l'érodabilité de ce sol (soil erodibility factor). Elle peut être définie comme la susceptibilité du sol à l'érosion et est établie par rapport à une parcelle standard, évaluée en tenant compte de la texture, de la teneur en matière organique, de la structure et de la perméabilité du sol sans tenir compte du couvert végétal et des pratiques culturales. Il a été établi après le travail sur 8 sols limoneux et varie de 0.58 à 1.12T/ha suivant les types de sol rencontrés.

Le facteur K exprime la vulnérabilité du sol à être érodé par la pluie. L'érodibilité du sol K est la susceptibilité du sol à l'érosion. Le facteur érodibilité des sols et le taux d'érosion sont

déterminés expérimentalement sous des conditions standard. Ci-dessous la carte pédologique de la zone d'étude.

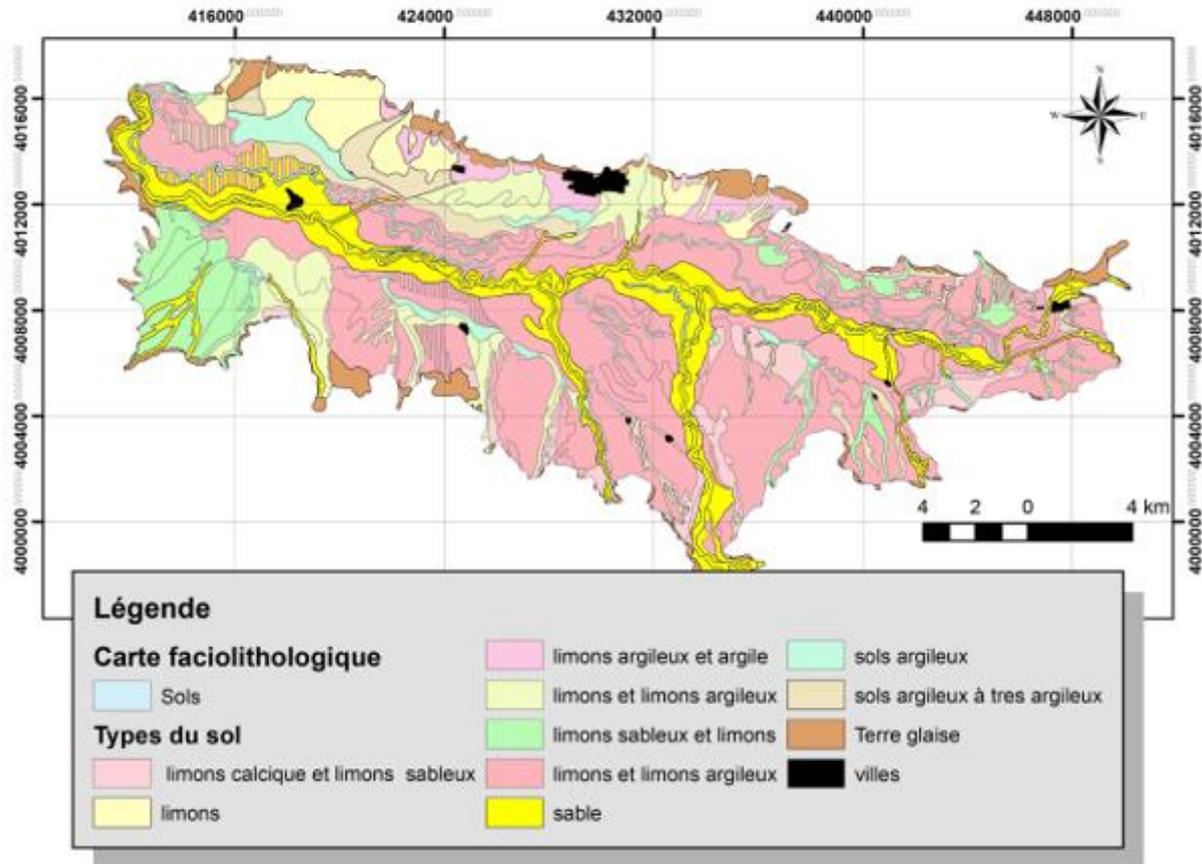
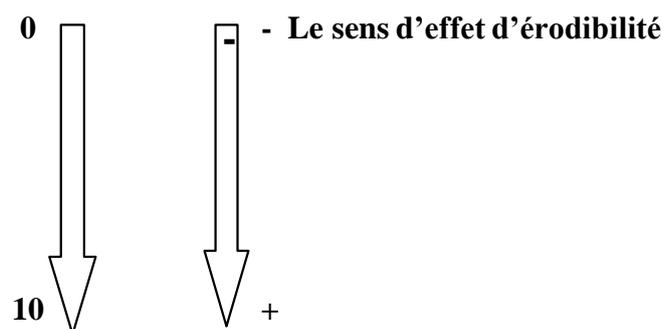


Figure 33: Carte faciolithologique de la zone d'étude, à l'aide de d'ARCGIS

La représentation des divers types de faciès lithologiques et leurs structures dans la carte de la Fig28, donnent une indication sur la capacité d'infiltration des zones occupées par des faciès et par les sols et en conséquence sur la quantité de sol susceptible d'être érodée (Boukheir et al..., 2001).

Le **tableau 11** présente le résumé des ces faciès avec leurs surfaces en fonction de leur effet sur l'érodibilité. En utilisant la représentation suivante:



L'analyse de cette représentation nous permet de constater des effets d'érodibilité variant de 0 à 10 respectivement où: Le 0 représente un effet d'érodibilité nul et par contre le 10 un effet d'érodibilité forte. Ci-dessous tous les résultats résumés dans le tableau suivant:

Tableau 12: Degré de formation lithologique avec leur surface en fonction de leur effet sur l'érodibilité

Groupe lithologique	Classe d'érodibilité	Surface occupé en :			Degrés d'érodibilité	Indice de classe
		(Km ²)	Ha (hectare)	Pourcentage (%)		
Ville Sable	[1 - 2]	61,85	6100	17,23	Erodibilité Faible	1
-Limons sableux et limons -Calcique limons et limons -Limons sableux -Limons -Limons et limons argileux -Limons argileux et Argile	[3 - 7]	247	24700	68,82	Erodibilité Moyenne	2
-Sol argileux à très argileux -Terres glaise	[8 - 10]	50,04	5000	13,94	Erodibilité forte	3

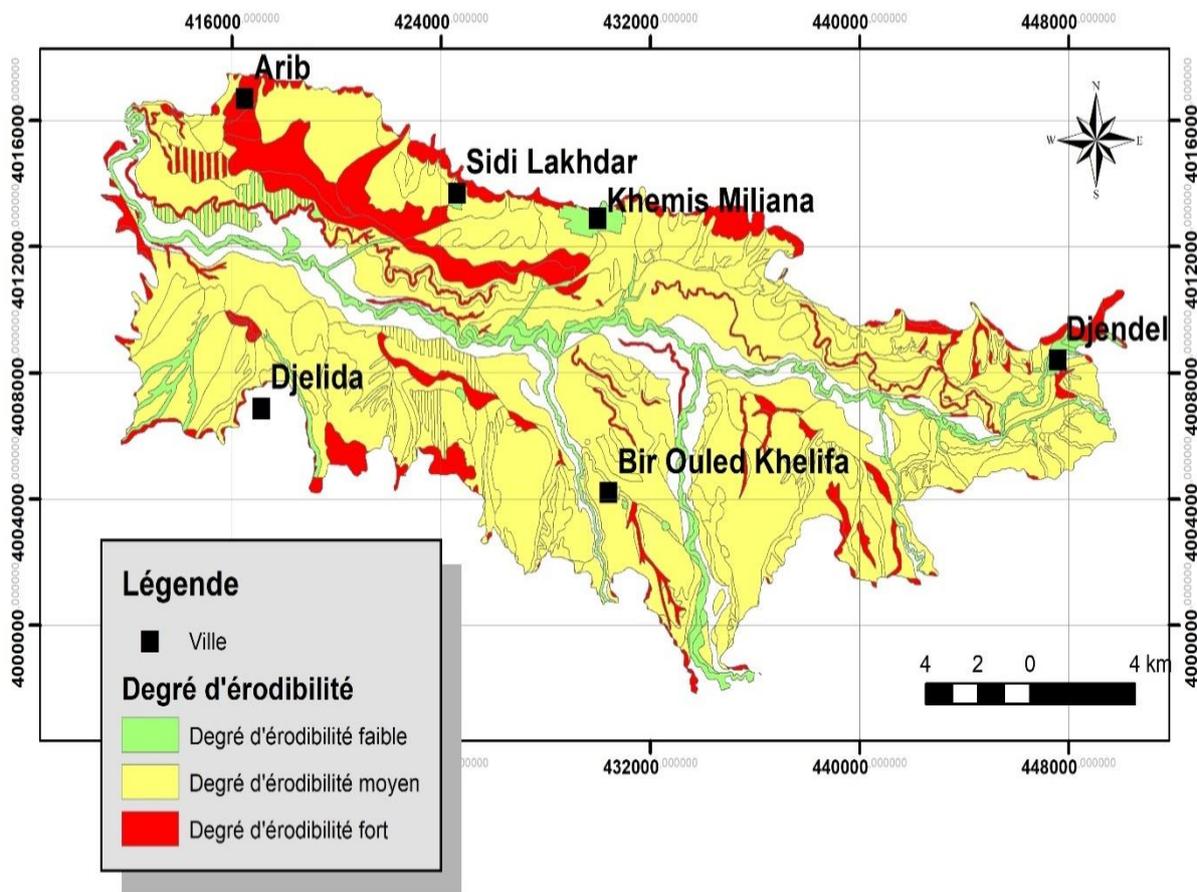


Figure 34: Carte de degré d'érodibilité basée sur la carte faciolithologique, à l'aide de d'ARC GIS

D'après notre carte lithologique des faciès érodables et le tableau ci-dessus, nous avons constaté que la plupart de nos plaines sont couvertes de faciès moyennement érodables, dont 68,82 % sont des limons sableux et limoneux ; limons calcaires et limons sableux ; limons ; limons et limons argileux ; argile limon et argile. Dans la zone de Sidi Lakhdar, notamment dans le sud et le milieu de la zone Arib, nous avons constaté que selon son érodabilité, l'intensité de l'érosion est très forte, car les principales phases de la zone sont d'argile à très argileuse ; l'argile est vraisemblablement à éroder, en fonction de sa granulométrie et de sa perméabilité. Une faible degré d'érodabilité est observé dans les zones où il traverse les grands cours d'eau de nos plaines; cela signifie que l'influence des cours d'eau et l'influence de ces structures de sol affluent représentent la stabilité en assurant l'érodabilité.

IV.4. Le facteur d'estimation d'érosion hydrique non calculé

La sélection des facteurs d'estimation de l'érosion est basée sur le site étudié dans le modèle USLE. Par conséquent, dans notre cas, nous avons choisi trois facteurs, tels que R, LS et K, car ces facteurs nous aident à estimer les zones les plus touchées par l'érosion hydrique. Deux facteurs n'ont pas été considérés dans ce travail, car l'impact du risque d'érosion sur le facteur C est très faible, ce qui est très logique, car le facteur C agit comme un protecteur. Néanmoins, nous présenterons:

IV.4.1. Couverture végétale C

Couverture du sol, un facteur important pour la surveillance des changements dans l'utilisation des terres et des risques d'érosion, a été largement suivi et évaluée par les indices de végétation. Le facteur de couverture végétale est défini dans l'USLE comme le rapport entre la perte de sol d'une parcelle cultivée dans des conditions définies et la perte de sol correspondante d'une parcelle cultivée en jachère nue continue. Le facteur de culture exprime l'influence des méthodes culturales et de la régie des sols et des cultures sur les pertes de sol par érosion. L'occupation des terres et la végétation sont en rapport avec d'autres facteurs tels que: la topographie, la géologie, les sols, le climat et les caractéristiques hydrologiques.

La classification de la végétation est réalisée suivant les conditions de seuillage suivantes:

- ❖ $NDVI < -0.1$: Eau
- ❖ $0.1 < NDVI < 0.15$: Sol nu
- ❖ $0.15 < NDVI < 0.25$: Végétation clairsemée
- ❖ $0.25 < NDVI < 0.4$: Végétation moyennement dense
- ❖ $NDVI > 0.4$: Végétation dense

IV.4.2. Le facteur pratiques antiérosives « P » ou de conservation

Le facteur P représente, par définition, le rapport de la perte de sol liée à une pratique de soutien particulière à la perte correspondante liée aux cultures et aux récoltes et ensemencement en amont et en aval de la pente (Wieschmeier Smith, 1978).

Les valeurs de P sont inférieures ou égales à 1. La valeur 1 est attribuée aux terrains sur lesquels aucune des pratiques citées n'est utilisée. Dans la plaine de Khemis Miliana, pratiquement il n'y a pas d'aménagements anti-érosifs, et les agriculteurs n'utilisent pas de pratiques culturales antiérosives. Il y a quelques essais de réhabilitation des forêts par des reboisements mais pas en banquettes. Dans ce contexte, la valeur $P = 1$ a été attribuée à toute la superficie de la plaine.

IV.5. Analyse des différents Facteurs

Pour l'analyse des facteurs, on a utilisé la méthode de pondération, qui consiste à donner aux valeurs qui le composent un poids différent sous forme de code, en fonction des divers critères qui rendent compte l'importance relative de chacun des éléments ou facteurs qui contribuent à l'occurrence probable du phénomène dangereuse, dans notre cas, le phénomène de risque de l'érosion hydrique. Les tableaux ci-dessous représente les valeurs pondérées de chaque facteur.

Tableau 13: Les valeurs pondérée du Facteur LS

Classe d'érodibilité de pentes	Indice de poids (W_i)	Codes (q_i)	$(W_i) \times (q_i)$
Très Faible	1	1	1
Faible	1	2	2
Moyenne	1	3	3
Forte	1	4	4
Très forte	1	5	5

Tableau 14: Les valeurs pondérée du Facteur R

Classe d'érosivité	Indice de poids (Wi)	Codes (qi)	(Wi) * (qi)
[611 - 640]	2	1	2
[640 - 670]	2	2	4
[670 - 700]	2	3	6
[700 - 720]	2	4	8
[720 - 760]	2	5	10
[760 - 810]	2	6	12

Tableau 15: Les valeurs pondérée du Facteur K

Classe d'érodibilité lithologique	Indice de poids (Wi)	Codes (qi)	(Wi) * (qi)
Faible	3	1	3
Moyenne	3	2	6
Forte	3	3	9

Selon les 3 cartes qui nous avons réalisé au moment de la superposition, et les tableaux ci-dessus, on a classé le poids de 1 à 3 tel que :

- ❖ La carte d'érodibilité selon la pente (LS) : Poids 1
- ❖ La carte d'érosivité selon la précipitation (R) : Poids 2
- ❖ La carte d'érodibilité faciolithologique: Poids 3 car la lithologie c'est le paramètre qui est plus influencé ou bien, la plus impacté.

Notamment pour les codes sont classé de façon suivante:

- ❖ L'érodibilité selon la pente : De 1 à 5
- ❖ Carte d'érosivité selon la précipitation : De 1 à 6
- ❖ La carte d'érodibilité selon la lithologie : De 1 à 3

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau ci-dessous résume les valeurs Max, Min et moyenne les facteurs (R, K, LS) ainsi que le risque d'érosion hydrique.

Tableau 16: Tableau d'analyse des facteurs (R, K, LS) ainsi que le risque d'érosion hydrique

Couche	Min	Max	Moyenne
Risques d'érosion hydrique	6	26	6,5
Facteur R (t/ha/an)	563.285	934.069	187,169
Facteur K (km ² / ha)	1	10	3,666
Facteur LS	0	20	4

La plaine de Khemis Miliana, avec une surface de 359 km², est caractérisée par un climat semi-aride, marqué par une irrégularité spatio-temporelle de tous les paramètres climatologiques, avec un réseau hydrographique diversifié. La précipitation moyenne interannuelle est d'environ 396 mm et la température moyenne est de 19.7 C°.

Pour le critère du facteur K, érodibilité du sol, les plus grandes superficies de la plaine se répartie entre moyenne à faible sensibilité d'érosion. La région des fortes sensibilités d'érosion hydrique représente 13.94% de la surface. Nous constatons que le facteur très influent sur le risque érosif dans la plaine sont les facteurs R et K. Le risque érosif présente une influence très faible avec le facteur C ce qui est très logique car le facteur C joue le rôle de protecteur.

Par la superposition des trois cartes des facteurs d'estimation d'érosion hydrique (LS, R, K), nous avons obtenu par la méthode de pondération une carte finale appelée, carte de zonation du risque d'érosion hydrique représenté ci-dessous.

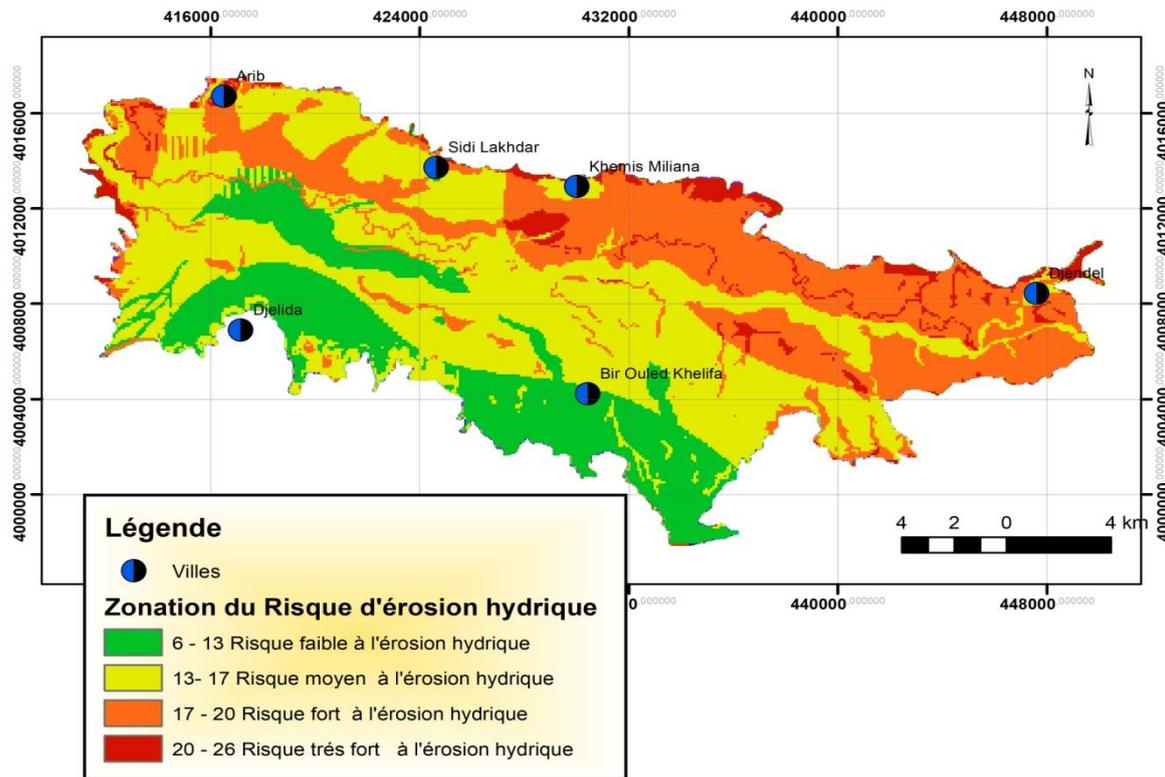


Figure 35: Carte final du risque d'érosion hydrique

La carte finale du risque de l'érosion hydrique est a été classée en 4 classes:

- ❖ Risque faible à l'érosion hydrique: [6 - 13]
- ❖ Risque moyen à l'érosion hydrique : [13 - 17]
- ❖ Risque fort à l'érosion hydrique: [17 - 20]
- ❖ Risque très fort à l'érosion hydrique : [20 - 26]

L'analyse de la carte, nous permet de constater que la partie Nordique de notre plaine est plus touché par l'érosion hydrique par apport la partie SUD de la plaine qui est caractérisé par un risque faible à l'érosion, notamment les régions de Djelida et Bir Ouled Khelifa. La partie centrale de la plaine est caractérisé du risque moyen à l'érosion hydrique.

Ainsi, la partie Nord-est de Khemis Miliana, Djendel et Nord-Ouest de la région d'Arib sont caractérisé par un risque très fort à l'érosion hydrique, c'est-à-dire que ces régions méritent une attention spéciale pour la conservation du sol.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le sujet de la gestion de l'érosion hydrique dans la plaine de Khemis Miliana mérite d'être traité parce que l'érosion présente un risque notable pour cette plaine, alors il est nécessaire d'évaluer ce danger par une étude de l'érosion à l'aide de l'équation universelle de Wieschmeier (USLE), qui permet une estimation moyenne potentielle des pertes de sols au niveau de notre plaine. Le SIG permet de gérer d'une façon rationnelle, une multitude de données, à référence spatiale, relatives aux différents facteurs de la dégradation des sols, ce qui nous a permis de conclure que ces facteurs principaux qui influencent l'érosion hydrique.

Le présent travail fait ressortir les zones les plus exposées à l'érosion.

En pratique, après avoir calculé les valeurs de l'érodibilité et érosivité des sols, puis on détermine les pratiques antiérosives utilisables, enfin on envisage les travaux de réduction de la pente afin de maintenir l'érosion sous un seuil tolérable (maximum 12t/ha/an selon les recommandations de WISCHMEIER).

Dans le cadre de la réalisation du travail, nous avons rencontré quelques difficultés, telle que :

- ❖ La constatation in Locus, nous ne sommes pas partis personnellement dans toutes les zones de la plaine, nous nous limitons que dans quelques régions en raison des divers facteurs locaux, tels que les restrictions sanitaires liés à la maladie du Sars Covid19.
- ❖ Nous n'avions pas assez d'informations suffisants qui nous permettre enrichir notre recherche scientifique, tel que quelque manque de documentation sur la collecte des données exactes de notre plaine de Khemis Miliana.

Dans le cadre du traitement des risques, et de comparer les méthodes et les solutions utilisées dans les autres pays pour bénéficier des expériences et gagner du temps., on peut citer donc quelques mesures antiérosives utilisé en Italie, Angleterre et en Burkina Faso. De cet effet quelques catégories d'options de traitement des risques qui doivent toutes être considérées afin de faire une gestion efficiente des risques :

En ray-grass d'Italie et Angleterre

1. Diminuer l'impact des gouttes de pluie
2. Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage à la surface du sol
3. Consolider le sol (par l'apport de matières organiques, et par l'amendement calcique)

4. Empêcher la concentration des eaux
5. Reconversion des terres (Par des mesures agro-environnementales)

Après notre étude scientifique, nous suggérons quelques recommandations à adopter :

Quand la rotation des cultures ou la modification des pratiques de travail du sol ne suffit pas à maîtriser l'érosion dans un champ, il faut parfois recourir à une combinaison de mesures ou à des mesures extrêmes. Il y a alors lieu d'envisager, par exemple, la culture suivant les courbes de niveau, la culture en bandes ou l'aménagement de terrasses. Dans les cas vraiment graves où l'on est en présence d'écoulements superficiels concentrés, l'aménagement d'ouvrages fait partie de la solution.

La prise de conscience survient ordinairement une fois que la terre a subi des dommages des pertes de sol arable parce que d'autres producteurs ne sont pas conscients de l'aggravation du problème sur leurs terres. Nous devons, dans toute la mesure du possible, protéger les terres agricoles en prêtant une attention particulière aux situations les plus à risques qui exposent le sol à l'érosion.

En conclusion, la région de plaine de Khemis Miliana, comme les autres régions des pays, n'échappe pas à l'érosion hydrique qui menace les terres à vocation agricole. Sommes-nous tous appelé à contribuer avec tous les moyens possibles à la régulation environnementale. La sensibilisation des citoyens et la divulgation de l'information scientifique en ce qui concerne les questions environnementales, les mesures et les instruments viendront pour compléter des actions déjà entamées par la volonté de faire face à toute dégradation actuelle et éventuelle du sol.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

A :

Aissaoui A, Messaoudi N 2015. Caractéristique temporelle de régime pluviométrique de laplainedu Moyen Cheliff

ANRH.,2017. Données pluviométriques et hydrométriques, fichier Excel agence nationale des ressources hydriques Blida et Alger.

Anys, H., Bonn, F., et Merzouk, A., 1994. Remote sensing and GIS based mapping and modeling of water erosion and sediment yield in a semi-arid watershed of Morocco. GeocartoInternational,9 (1), 31–40.

Albergel, J., Chevallier, P. et Lortic, B. ,1987 D'Oursi à Gagara : transposition d'un modèle de ruissellement dans le Sahel (Burkina Faso), Hydrologie continentale, 2(2), 77-86.

ACHITE M. ,1999 Analyse multivariée de la variable « Erosion Spécifique » Cas du bassin versant de l'oued Mina. Thèse de magister. Ecole Nationale supérieure d'hydraulique, Blida, Algérie, 206p.

ACHITE M., MEDDI M., 2004 Estimation Du Transport Solide Dans Le Bassin Versant De L'oued Haddad (Nord-Ouest Algérien) ; Sécheresse 2004 ; 15 (4) : 367-73.

Afric mémoire plateforme web pour le partage des mémoires et TFC entre étudiants du monde entier. (<https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-i-generalites-et-revue-de-la-litterature-1600.html> Exclude)

Association E.N.H.Y.D.-Energoprojekt., 1994 Etude générale de la petite et moyenne hydraulique agricole de l'Algérie du nord, détermination des potentialités globales par zone homogène, volume 3 érosion, 39 pages.

B :

Bouaichi, I., et B.,Touaibia, 2006. Approche quantitative de l'érosion spécifique Pour l'élaboration d'un abaque.

Boukheir, R., M.C., Girard, M., Khawlie, et C., Abdallah, 2001. Erosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. Etude et Gestion des sols, Volume8, 4. p231 à245.

BIBLIOGRAPHIE

Bureau National D'étude Pour Le Développement Rural, 1979 Etude d'inventaire des terres et foret de l'Algérie du Nord carte de l'érosion, échelle 1/200 000.

Bouanani Abderrazak., 2000 Hydrologie, Transport solide et modélisation « étude de quelque sous bassin de la Tafna ». Thèse De Doctorat, Université De Tlemcen ; 250 pages.

C :

Chebbani. R, Djelil. K, Roose.E,1999 : Etude des risques d'érosion dans le bassin Versant Isser, Algérie. Bulletin Réseau Erosion 19 : 85-95.

D :

Daigle J.L. 1989. Planification à l'échelle de la ferme des ouvrages de contrôle des eaux de surface. Présenté à la Session de formation en conservation du soi et des eaux organisées par le MAPAQ à Ste-Hyacinthe (nov. déc. 1989) ; à la page75 du présent document.

Documentation technique de la JGRC Générer l'abondance dans le Sahel par la lutte contre la désertification Vol.5
2021(https://www.pseau.org/outils/ouvrages/jgrc_guide_technique_de_la_conservation_de_s_terres_agricoles_2001.pdf)

E :

Ellison, W.D. (1944). Studies of raindrop érosion. Agric. Eng. (25),pp131-181.

El Garouani, A., H., Chen, L., Lewis, A., Tribak, M., Abahrour, 2007.Apport de la Télédétection et du SIG pour le suivi spatio-temporel de l'occupation du sol et de l'érosion nette dans le bassin de l'Oued Tlata (Maroc). Acte des JSIRAUF, Hanoi,6-9.

F:

Foster G.R., Mayer L.D.1972. A closed-form erosion equation for upland areas. In: Sedimentation: Symposium to Honor Professor H. A. Einstein, Fort Collins, Colorado, (ed. By H. W. Shen), p: 12.112.19.

Foster, G.R. et W.H. Wieschmeier, 1974. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Trans. ASAE 17:305--309.

Fournier. F, (1960) : Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. PUF, Paris, France.

BIBLIOGRAPHIE

Francis M., Denis B Synthèse bibliographique : bilan des connaissances sur l'érosion et les phénomènes de ruissellement ; Université Montaigne Bordeaux, 28 pages.

G :

García Rodríguez, J.L. et Giménez Suárez, M.C., 2010. Historical review of topographic al factor, LS, of water erosion models. Aqua -LAC,2, Sep.2010,56–61. UNESCO -IHP for Latin America and the Caribbean.

GEORGES Y., (2008). Contribution à l'évaluation de l'érosion dans le bassin versant de la rivière grise en Haiti. Mémoire de Master, faculté universitaire des sciences agronomiques, Liège (Belgique),90p ;

Greco,J. (1966). L'Érosion, la défense et la restauration des sols : Le reboisement en Algérie. Publication du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (Alger).384p.

Gomer, D., et B., Touaibia,1991. Détermination de l'érosion spécifique moyenne sur parcelles expérimentales et bassins, bassin versant de l'Oued Mina. Actes du colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages. P106-115.

H :

Hadir, Sofia. 2010. Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREAM dans le bassin versant de l'Oued Sabo un. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II– B.P.6202

Hudson, N.W. (1971). Raindrop Size in Soil conservation Cornell University Press. Ithaca. New York. USA.

HudsonN.1973. Soil Conservation. BatsfordLtd.London;320p

I:

Ikhelef., S, (2005-2006). Mémoire de magister « étude de la pollution de la nappe alluviale du haut Chélif par les nitrates ».

J:

Jensen, J. R. (2000): Remote sensing of the environment: An earth resource perspective, published as 1sted. Upper Sad del River, New Jersey: Prentice Hall, In ckorea. p.75

Joftic L, milliman J, sestini G, 1992. Climate change and the méditerranéan. UNEP-E. Arnold pub. NY

K :

BIBLIOGRAPHIE

Kara Dalila, 2014. Contribution à la quantification du transport solide de l'oued Cheliff, mémoire de master, université de Djilali Bounaama khemis Miliana

Keita .M, et al 2013. Mémoire de fin d'étude, étude des variations hydro climatique du bassin de moyen et haut Cheliff dans le cadre du changement climatique.

KINNELL P.I.A.2001.Slope length factor for applying the USLE-M to erosion in grid cells. Soil Till Res 58: 11-17.

Khosrowpanah, S., Water and Environmental Research Institute of the Western Pacific,2007. Developing a GIS-based soil erosion potential model of the watershed.

R:

Roose, E., 1993. Erosion: a current environmental problem. The GCES, a new strategy for fight in gerosion to resolve this dilemnia of a growing society. In: S. Wicherek (Editor), Farm and land erosion: intemperate plains environment and hills. Else vier Science Publisher, Amsterdam,571-585.

Revel J.C. Coste N., Cavalié J. et Costes J.L. 1989. Premiers résultats expérimentaux sur l'entraînement mécanique des terres par le travail du sol dans le Terrefort toulousain France. Cah. ORSTOM Pédol. 25(1) : 111-118.

Ramdane, M., 1989. "La notion de représentativité dans les études de l'érosion. Application au bassin versant de l'Isser." Revue Eaux et Sols d'Algérie 2:40-45.

T :

Terfous.A, Bouanani.A, Megnounif.A., 1998Etude du débit solide transporté par l'Oued Mouilah à l'amont du barrage Hammam Bougrara, Géographie Aménagement.

Tixeront.J., 1960Taux d'abrasion et teneur en suspension des Cours d'eau d'Algérie et la Tunisie ; Rapport secret d'état à l'agriculture, Tunis, 31p.

W :

WallG.J., W.T.DickinsonetJ. Greuel .1983. Rain fall erosion indices for Canada east of the Rocky mounstains. Can.J. Soil Sci. 63 : 271--280.

BIBLIOGRAPHIE

White W.R.1986. Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants. Etude set rapports d'hydrologie-35-, Programme Hydrologique International. Unesco,161p.

Wieschmeier, W.H., D.D. Smith et R.E. Uhland, 1958. Evaluation of factors in soil loss equation. Agr. Eng. ASAE 39(8):458--464, 474.

Wieschmeier. W. H & Smith, D.D. (1960). A Universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7EMECongrès on Soil Science USA (1), pp 418-425.

Wieschmeier, W.H., 1962. Rainfall erosion potential -- geographic and locational differences of distribution. Ag. Eng. ASAE 43(4):212--215, 225.

Wieschmeier, W.H.; C.B. Johnson et B.V. Cross, 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil and Water Cons. 26:189--193.

Wieschmeier, W.H.,1976. Use and misuse of the universal soil loss equation. J. Soil and Water Cons.31:5--9.

Wieschmeier, H & Smith, D.D. (1978). Predicting rain fall erosion losses. Guide to conservation planning USDA-ARS, Agriculture Handbook n°537. Washington DC USA 58 p.

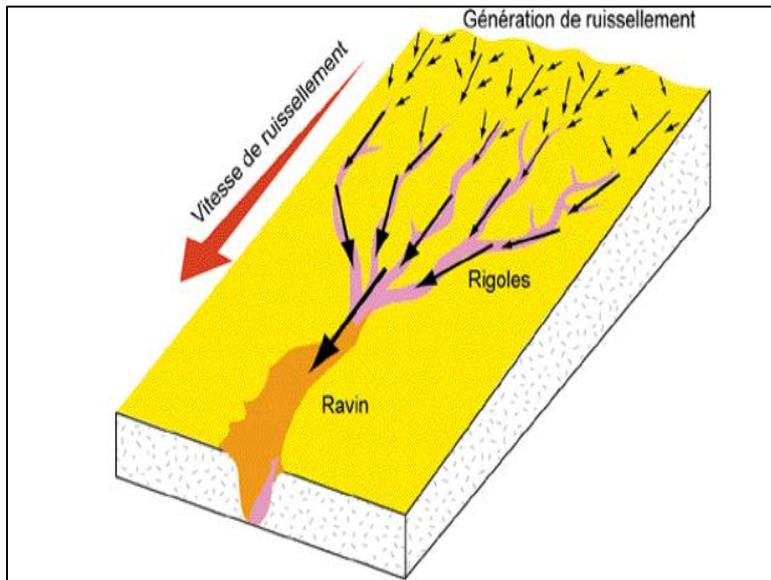
Wieschmeier, W.H., et D.D. Smith. 1978. « Predicting Rainfall Erosion Losses - À Guide to Conservation Planning ». Agriculture Handbook, n° .537, Department of Agriculture Science and Education Administration, Washington, District of Columbia USA. U.S.

Z:

Zhou, P., Luuk kanen, O., Toko la, T., Nieminen, J., 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. CATENA 75 (3), 319e325.

ANNEXES

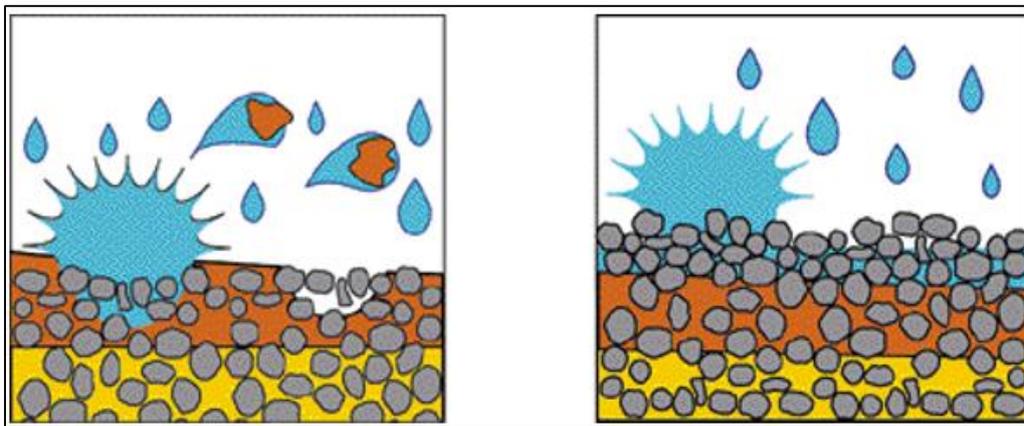
Annexe 1 : Le processus de progression de l'érosion du sol (Au Niger)



Description : L'énergie du ruissellement dépend de sa vitesse. La vitesse du ruissellement à laquelle le déplacement des particules de terre devient remarquable varie selon le type de sol, mais plus les particules sont fines, plus leur transport se fait facilement même avec un ruissellement lent. Dans les pentes, plus l'inclinaison est prononcée, plus la vitesse est élevée, et plus la puissance de transport du sol augmente. L'accroissement de l'inclinaison fait augmenter la

puissance d'érosion du sol de manière exponentielle. Quant aux effets de la longueur de la pente, ils sont dirigés selon son inclinaison et sa forme. On considère généralement que la puissance de transport augmente en fonction exponentielle de la longueur de la pente

Annexe 2 : Effet de protection assuré par une couche de gros sable en surface (Au Niger)



Description : La croûte structurelle (forme que prend la croûte en début de formation) est recouverte de gros sable. Lorsqu'elle perd son gros sable, cette croûte structurelle se développe pour prendre une forme moins perméable, que l'on nomme croûte érosive, mais lorsque le gros sable demeure en surface, il remplit un rôle de protection contre la pluie. Si l'épaisseur du gros sable fait plusieurs centimètres, il s'agit alors d'une protection extrêmement efficace. Or, pour conserver ce gros sable, il est efficace de procéder à un paillage ou d'installer des diguettes selon les courbes de niveau, pour empêcher la vitesse du ruissellement d'augmenter. Dans un champ, il est également efficace de laisser des arbres pour empêcher l'érosion éolienne et favoriser l'accumulation du sol transporté par le vent.

Source : Documentation technique de la JGRC Générer l'abondance dans le Sahel par la lutte contre la désertification Vol.5 2021 (https://www.pseau.org/outils/ouvrages/jgrc_guide_technique_de_la_conservation_des_terres_agricoles_2001.pdf)