

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AMAR TLIDJI LAGHOUAT

Faculté des Sciences

Département de Biologie



جامعة عمار تليجي - الأغواط -

كلية العلوم

قسم العلوم البيولوجية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière: Ecologie végétale et environnement

Thème

Cartographie des risques de l'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un SIG dans le bassin versant de SEKLAFI (Laghouat)

Pésenté par :

Mlle, HAKOUM Khadidja

Mlle, MESSAOUDI Soumia

Soutenu le 26/6/2022 à 14h

Jury de soutenance :

Président : Dr. Chaibi Rachid

Examineur : Dr. Youcefi Mustafa

Encadré par :

Dr. Benchettouh Ahmed

Dr. Anteur Djamel

Année universitaire : 2021 /2022

REMERCIEMENTS

On tient tout d'abord à remercier et en premier lieu ALLAH le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour mener à bonne fin ce travail.

Nos remerciements les plus sincères au Monsieur BENCHATTOUH Ahmed l'encadreur de ce mémoire, pour l'aide qu'il a fournie, pour sa disponibilité et la qualité de ses conseils.

Nous remercions tout particulièrement le professeur ANTEUR Djamel, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Saida, pour son suivi et ses conseils au travail et pour nous avoir aidés à élaborer les différentes cartes d'érosion ,

Nous remercions également le chef du département, le professeur CHAIBI Rachid , qui a accepté de nous honorer par sa présence et de présider ce jury ,

A Monsieur YUCEFI Mustafa, Maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Laghouat , qui a accepté de faire parti du jury, j'exprime mes remerciements.

On tient à remercier les enseignants de département de biologie à Laghouat. Nous vous remercions d'avoir partagé avec nous votre passion pour l'enseignement.

Nous avons grandement apprécié votre soutien, votre implication et votre expérience tout au long de 5 années .

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à : A nos parents pour tous leurs sacrifices , leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de nos études. A nos frères et sœurs, pour leurs appuis et leurs encouragements. Que ce modeste travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués , et le fruit de votre soutien infailible. Que DIEU vous garde et vous protège pour nous ! Merci d'être toujours là pour nous.

Résumé : L'intégration des données des différents facteurs de l'Equation universelle de pertes en sol dans le Système d'Information Géographique (SIG), avec lequel on peut estimer les risques d'érosion du sol , a permis d'une manière rapide et efficace de démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs dans l'analyse des risques d'érosion.

L'intégration dans le SIG des formules de l'Equation universelle des pertes en sol ; en produisant une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion, de déterminer le taux d'érosion ; et d'établir les facteurs déterminants qui contrôlent l'érosion hydrique dans notre bassin versant qui sont, par ordre d'importance : le facteur climatique, la pente, l'érodibilité des sols, la couverture végétale et les pratiques culturales.

Mots clés : Erosion hydrique, risques d'érosion, SIG, USLE

Abstract: Integration of maps of the Universal soil loss equation factors into GIS, which can be used to estimate risks of soil erosion, in a fast and efficient way, to disentangle complexity and interdependence of factors in erosion risks analysis and to better determine the impact of each factor and to evaluate its contribution to soil loss. Integration of GIS and the application of the USLE formulas, by producing a synthetic map of sensitivity degrees to erosion, to establish the decisive factors which controls erosion which are by order of importance, the climate factors , the slope, the soil erodibility , the vegetable cover and practical culturally .

Key words: Water erosion, erosion risk, SIG, USLE .

Table des matières

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction générale | 1 |
| 1 Chapitre 1 : Etude du phénomène de l'érosion hydrique | 2 |
| 1.1 Processus de dégradation des sols par le phénomène d'érosion | 2 |
| 1.2 Définition | 2 |
| 1.3 Origine et mécanisme | 2 |
| 1.3.1 Impact de gouttes de pluies sur le sol | 2 |
| 1.3.2 Ruissellement | 3 |
| 1.3.3 Transport..... | 4 |
| 1.3.4 Sedimentation | 4 |
| 1.4 Différentes formes d'érosion hydrique | 5 |
| 1.4.1 Erosion hydrique en nappe (Sheet - erosion)..... | 5 |
| 1.4.2 Erosion hydrique linéaire..... | 5 |
| 1.4.3 Erosion en ravines (Gully erosion)..... | 6 |
| 1.4.4 Érosion en masse | 7 |
| 1.4.5 Érosion des berges | 8 |
| 1.5 Différents facteurs de l'érosion hydrique sont : | 8 |
| 1.5.1 Climat et l'hydrologie | 9 |
| 1.5.2 Morphologie du terrain :..... | 10 |
| 1.5.3 Sol..... | 11 |
| 1.5.4 Végétation..... | 12 |
| 1.5.5 Homme | 12 |
| 1.6 Conséquences de l'érosion hydrique | 13 |
| 1.6.1 Envasement des barrages..... | 13 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.2 | Pertes des terres arables et la diminution de la fertilité des sols..... | 13 |
| 1.6.3 | Dégradation des infrastructures | 13 |
| 1.6.4 | Conséquences sur l'agriculture..... | 14 |
| 1.7 | L'équation universelle des pertes en terre: (Modèle USLE)..... | 14 |
| 1.7.1 | Analyse des principes du modèle : | 14 |
| 1.8 | Techniques et stratégies de la Conservation de l'Eau et du Sol (CES) | 17 |
| 1.8.1 | Evolution des techniques | 17 |
| 2 | Chapitre2 :système d'information géographique (SIG) | 19 |
| 2.1 | Definitions | 19 |
| 2.2 | STRUCTURE D'UN SIG..... | 19 |
| 2.3 | FONCTIONNALITES D'UN SIG | 20 |
| 2.4 | Donnees dans le SIG | 21 |
| 2.4.1 | Données spatiales | 22 |
| 2.5 | Modes de données dans les SIG..... | 23 |
| 2.5.1 | Mode vecteur | 23 |
| 2.5.2 | Mode Raster..... | 24 |
| 2.6 | Les principales fonctions d'un SIG..... | 25 |
| 2.7 | Les domaines d'applications..... | 25 |
| 2.8 | . Utilisation des SIG dans le monde forestier | 26 |
| 2.9 | Initiation aux sig sous arcgis..... | 27 |
| 3 | Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude | 29 |
| 3.1 | Cadre géologique générale : | 29 |
| 3.1.1 | Stratigraphie de l'Atlas Saharien : | 29 |
| 3.2 | Localisation du bassin versant de l'Oued Seklafa | 32 |
| 3.3 | Caractéristiques géomorphologiques du bassin | 33 |
| 3.4 | Les indice de pente | 35 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------|----|
| 3.5 | Réseau hydrographique..... | 36 |
| 4 | Chapitre 4 : Matériels et methods..... | 41 |
| 4.1 | Matériels utilisé..... | 41 |
| 4.1.1 | Cartes :..... | 41 |
| 4.1.2 | Données satellitaires | 41 |
| 4.1.3 | Model Numérique de Terrain | 41 |
| 4.1.4 | .Logiciels utilisée..... | 41 |
| 4.2 | Méthodologie | 43 |
| 5 | Chapitr 5 : Résulta et Discussion..... | 45 |
| 5.1 | Résultats des différents facteurs..... | 45 |
| 5.1.1 | Facteur de la pente S..... | 45 |
| 5.1.2 | Facteur Topographique LS | 46 |
| 5.1.3 | L'érosivité de la pluie R : | 47 |
| 5.1.4 | L'érodibilité des sols K | 48 |
| 5.1.5 | Facteur couvert végétal (C) | 49 |
| 5.1.6 | Le facteur de pratiques anti-érosives (P) | 52 |
| 5.2 | Evaluation des pertes en sols | 52 |
| 5.3 | Disscusion | 55 |
| 6 | Conclusion générale | 56 |
| | REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 57 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Figure 1.1: Effet des gouttes de pluie" Effet splash" | 10 |
| Figure 1.2: mode de transport par ruissellement | 3 |
| Figure 1.3: Erosion Hydrique en nappe | 5 |
| Figure 1.4: érosion en griffes..... | 6 |
| Figure 1.5 : érosion en rigole | 6 |
| Figure 1.6: Principe de fomation et d'évolution d'une ravine | 7 |
| Figure 1.7: Différentes formes d"érosion en masse..... | 8 |
| Figure 1.8: Erosivité et erodibilité | 11 |
| Figure 2.1: les composants d'un SIG | 19 |
| Figure 2.2: Structure d'un SIG | 20 |
| Figure 2.3 : Superposition sous un SIG | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 2.4: Exemple de sélection | 21 |
| Figure 2.5: Types de données dans un SIG | 22 |
| Figure 2.6: Modes de données d'un SIG..... | 23 |
| Figure 2.7: Représentation des objets vecteurs..... | 24 |
| Figure 2.8: Représentation des données raster | 24 |
| Figure 2.9 : Image Raster..... | 24 |
| Figure 3.1: Ophites (roches vertes) (Laghouath 2011)..... | 30 |
| Figure 3.2: carte géologique du bassin versant Seklafa | 32 |
| Figure 3.3: Carte du localisation de bassin versant Seklafa | 32 |
| Figure 3.4 : carte modèle numérique MNT | 33 |
| Figure 3.5 : carte de l'exposition du bassin de SEKLAFa | 35 |
| Figure 3.6 : carte des countour du bassin de SEKLAFa | 34 |
| Figure 3.7 : carte des pentes de bassin versant de seklafa..... | 36 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Figure 3.8 : carte de Réseau hydrographique | 37 |
| Figure 3.9 : carte d'Occupation du solde bassin versant de sekafa..... | 38 |
| Figure 3.10: carte de l'indice de végétation | 39 |
| Figure 4.1: démarche méthodologique | 44 |
| Figure 5.1: carte des pentes de bassin versant de Seklafa | 45 |
| Figure 5.2: carte du Facteur topographique (LS) du bassin de Seklafa | 46 |
| Figure 5.3: Carte de localisation des stations météorologique | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure 5.4: Carte de Facteur d'érosivité de bassin de Seklafa | 47 |
| Figure 5.5 : carte litologique de bassin versant seklafa..... | 48 |
| Figure 5.6: Carte du facteur d'érodabilité K | 49 |
| Figure 5.7 : Carte de l'Occupation du sol | 51 |
| Figure 5.8 : carte facteur couvert végétal C du bassin versant Seklafa | 51 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 : Exemple de parcelles de maïs sous culture pendant ans | 9 |
| Table 4 : classe des pentes de bassin | 46 |
| Table 5 : Facteur C en fonction de la classe d'occupation du sol | 51 |
| Table 6: Classes de perte en sol de bassin versant de Skelafa | 55 |

LISTE DES ABREVIATIONS

FAO : Food Agriculture Organisation.

MNT : Modèle Numérique de Terrain.

MUSLE : Equation Universelle des pertes en terre modifiée

RUSLE : Equation Universelle des pertes en terre révisée.

SGBD : Système de Gestion de Base de Données.

SIG : Système d'Information Géographique.

USLE : Equation Universelle de pertes en terre (Universal Soil Loss Equation).

RTM : Restauration des terres en montagne

CES : Conservation des eaux et des sols

DRS: Défense et restauration des sols

Introduction

Dans le monde, l'érosion est une menace environnementale majeure pour la durabilité et la capacité productive de terres.

L'érosion hydrique est un phénomène naturel qui a façonné la surface de la terre au cours des âges géologiques (White, 1986). Les changements climatiques et des paysages sous l'influence de la pression démographique et l'extension des cultures d'exploitation, ont contribué à l'augmentation de l'exposition des terres au processus de ruissellement, et par conséquent, à la dégradation des sols par l'érosion (Vezena et Bonn, 2006). Diverses sortes d'activités humaines, pratiques agricoles, exploitations forestières, pâturages, construction des routes et bâtiments tendent à modifier les phénomènes d'érosion, en l'accéléralant souvent de façon considérable (Wachal, 2007). Elle résulte du détachement, sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et du transport de fragments ou de particules de sol ou de roches de leur emplacement initial par l'eau, dégradant la qualité des eaux et la fertilité des sols et réduisant la capacité des réservoirs. En Algérie septentrionale, l'érosion hydrique reste un problème majeur qui s'est accélérée suite aux défrichements des forêts et maquis protégeant les sols sensibles. Chaque année, plus de 1 million de m³ de sédiments sont déposés en mer. Selon les océanographes, cet apport de sédiments contribue largement à la stabilisation du système côtier. Cependant, il présente une gravité majeure dans la gestion conservatoire des ressources en eau et en sol (Touaibia, 2000). L'Algérie est, de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion (Demmak, 1982),

La présente étude pose la problématique de l'érosion hydrique des sols dans le bassin versant du barrage Seklafa. Pour comprendre, prévoir et gérer le problème de l'érosion hydrique des sols dans divers milieux, la télédétection et le système d'information géographique (SIG) constituent des outils importants. L'Equation universelle de pertes en sol (USLE) de Wischmeier & Smith (1978) reste, de loin, le modèle le plus utilisé parmi les modèles mathématiques de prédiction de l'érosion en nappes. L'intégration des cartes thématiques des facteurs de ce modèle dans le SIG a permis de cerner l'impact de chaque facteur dans les pertes en sol, de classer par importance relative les zones d'érosion, et de quantifier les pertes en sol

Introduction générale

Ce travail s'articulera autour de cinq chapitres principaux :

Dans le premier et le deuxième chapitre nous présenterons une synthèse bibliographique sur l'érosion et les systèmes d'informations géographiques (SIG).

Le troisième chapitre sera consacré à une étude succincte des caractéristiques du milieu.

Dans le quatrième chapitre nous présenterons la méthodologie adoptée.

Le cinquième chapitre présentera les principaux résultats et les discussions

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

1 Chapitre 1 : Etude du phénomène de l'érosion hydrique

1.1 Processus de dégradation des sols par le phénomène d'érosion

En Algérie, la généralisation et l'accélération de l'érosion révèlent des aspects de plus en plus inquiétants. Les zones de montagnes restent les plus touchés par ce phénomène.

L'érosion est l'usure de la partie supérieure de l'écorce terrestre. Elle se définit comme le détachement et le transport de particules de sol de leur emplacement d'origine par différents agents (gravité, eau, vent) vers un lieu de dépôt. Il existe plusieurs types d'érosion. Dans notre étude, nous nous intéressons à l'érosion dont l'agent causal est l'eau.

1.2 Définition

L'érosion hydrique est composée d'un ensemble de processus complexes et interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol.

Elle se définit comme la perte de sol due à l'eau qui arrache et transporte la terre vers un lieu de dépôt.

1.3 Origine et mécanisme

La pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine de l'arrachage du transport et du dépôt de la terre enlevée.

L'arrachage est due à la fois aux gouttes d'eau (par rejaillissement) et aux eaux de ruissellement, et le transport est assuré par ces eaux. (TOURE , et al., 2004)

1.3.1 Impact de gouttes de pluies sur le sol

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie.

Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa porosité est élevée.

Cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules et d'un tassement du sol.

Lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément

(figure 1) :

- La dégradation de la structure.
- la formation d'une pellicule de battance.
- l'érosion par splash ou érosion par rejaillissement.

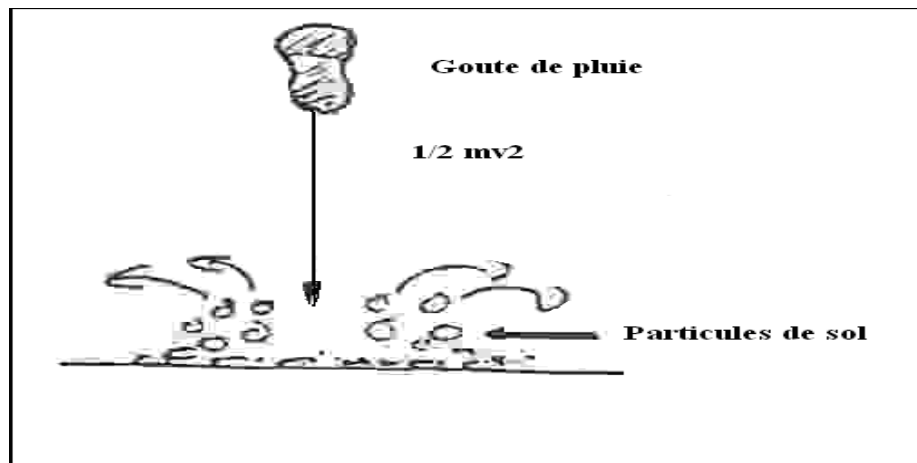


Figure.1: Effet des gouttes de pluie" Effet splash" (TOURE , et al., 2004)

1.3.2 Ruissellement

Comme les précipitations , le ruissellement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport (figure 2)

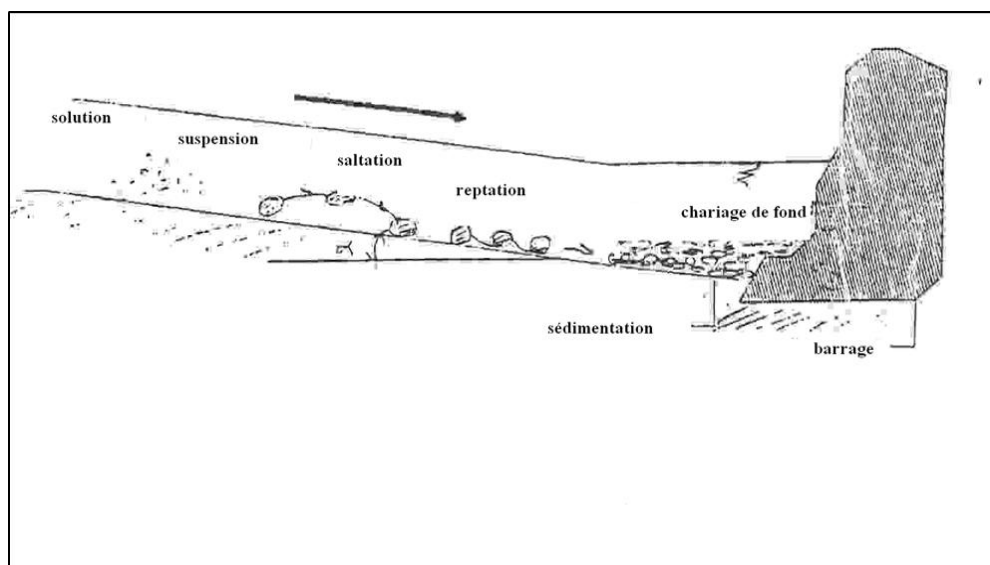


Figure.2: mode de transport par ruissellement(TOURE , et al., 2004)

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

Selon la nature du sol, la rugosité superficielle et la pente de terrain, l'une ou l'autre de ces actions est prépondérante. D'une manière globale, il est admis que la vitesse de l'eau est le paramètre prépondérant de l'action érosive du ruissellement superficiel. Réduire la vitesse de ruissellement revient à pratiquer des techniques anti-érosives. Il s'agira

par exemple :

- d'aménagement fonciers réduisant la pente de la parcelle
- de techniques améliorant l'infiltration
- des techniques culturales augmentant la rugosité de la surface du sol.

1.3.3 Transport

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 modes de transport par ruissellement sont illustrés sur le graphique cidessous

1.3.4 Sedimentation

Les particules arrachées aux terres se déposent entre le lieu d'origine et les mers en fonction :

1. De leur dimension.
2. De leur densité.
3. De la capacité de transport du ruissellement ou de la rivière.

Les particules se déposent dans l'ordre suivant :

1. Sable.
2. Sable Fin .
3. Limon.

Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où il se dépose soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.

1.4 Différentes formes d'érosion hydrique

L'érosion hydrique est divisée en deux types : érosion en nappe et érosion linéaire, selon le degré de concentration du ruissellement superficiel.

1.4.1 Erosion hydrique en nappe (Sheet - erosion)

On parle d'érosion hydrique en nappe ou aréolaire (sheet érosion) parce que l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol et le transport des matériaux détachés s'effectue par le ruissellement en nappe. C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion. (ROOSE, 1994). Elle se produit par des précipitations brutales (Vitesse de chute $V < 30$ cm/s) et elle provoque l'enlèvement plus ou moins uniforme d'une mince couche ou "nappe" de sol d'un champ lisse en pente faible non protégée. (FAO, 1983)



Figure.3: Erosion Hydrique en nappe(Smiri.2018)

1.4.2 Erosion hydrique linéaire

Les formes de l'érosion linéaire liée au ruissellement sont nombreuses et spectaculaires:

1.4.2.1 Erosion en griffes (Rill erosion)

Les griffes se présentent dans le paysage comme des lignes parallèles le long des versants. Leurs tracés sont fins, elles ont une largeur de 10 cm et moins de 10 cm de profondeur environ, quant à la longueur, elle est surtout fonction de l'action des eaux et de la longueur des versants.

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

Les griffes sont formées au niveau des jachères nues, dans les parcelles travaillées. Elles sont effacées par les labours et les façons culturales. (ROOSE, 1994)

1.4.2.2 Erosion en rigoles

Il s'agit de sillon qui se caractérise par une largeur comprise généralement entre 20 et 30 cm et d'autant en profondeur par contre la longueur est très variable, elle est liée à la longueur des versants. Les rigoles apparaissent surtout lors des grandes averses (on citera le cas des pluies torrentielles), qui s'effacent facilement lorsque le paysan effectue un labour profond, néanmoins certaines rigoles échappent à la gomme des paysans sur les terres abandonnées, ce qui laisse dire que certaines rigoles peuvent évoluer en ravines voire même en ravins. Quand la capacité d'arrachement des pluies augmente (V entre 30 et 60 cm/s), le sol s'érode de façon inégale et des petites rigoles, entaillant le sol sur plusieurs centimètres de profondeur apparaissent. (FAO, 1976)



Figure.4 :erosion en rigole(Ali.2018)



Figure.5:erosion en griffes (Ali.2018)

1.4.3 Erosion en ravines (Gully erosion)

La ravine est une rigole approfondie où se concentrent les filets d'eau. La rigole se transforme en ravine lorsque sa profondeur interdit son nivellement par des simples instruments aratoires. Le ravinement constitue un stade avancé de l'érosion. Cette forme d'érosion peut transformer le paysage en "badlands"



Figure.6: Principe de formation et d'évolution d'une ravine (d'après MORGAN ,1986)

1.4.4 Érosion en masse

Les mouvements en masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Elles marquent souvent une évolution très avancée, voire irréversible. En effet ils sont particulièrement fréquents dans les secteurs marneux. Les versants atteints par ces phénomènes présentent un paysage chaotique.

Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux (ROOSE, 1994):

1.4.4.1 Glissements lents (Creep)

C'est un glissement plus au moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes. Grâce à la forme couchée des jeunes arbres forestiers et à la forme en croc de la base des arbres adultes. Dans les zones sylvopastorales, la circulation des animaux le long des versants peut également entraîner la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures (MOEYERSONS, 1989). (Figure 1.8)

1.4.4.2 Glissements rapides (en planche)

Ce sont des décollements d'une couche plus au moins épaisse de sols, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement (Figure.7).

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

1.4.4.3 Versants moutonnés

Ce sont des formes molles qui apparaissent dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racine qui retient l'horizon de surface est l'horizon compact imperméable que représente l'altérite des marnes ou des argiles par exemple.

1.4.4.4 Coulées boueuses (lave torrentielle)

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante (Figure.7)

1.4.4.5 Glissements rotationnels

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contrepenne sur le versant. (Figure.7)

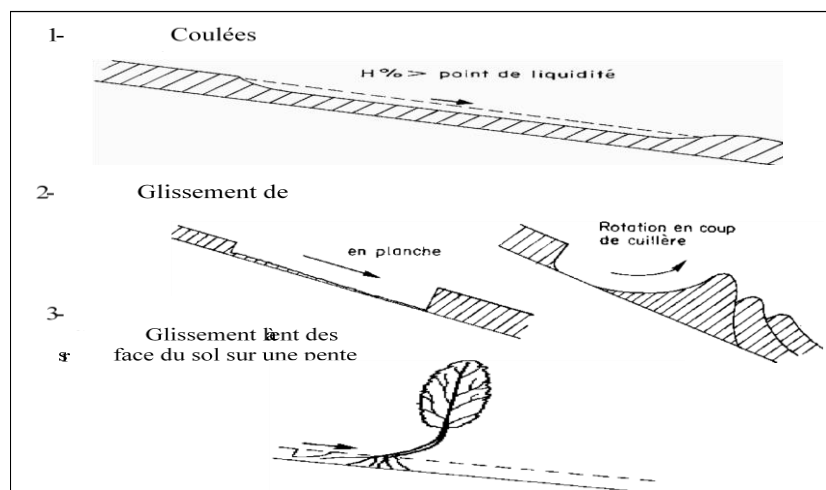


Figure.7: Différentes formes d'érosion en masse (ROOSE,1994)

1.4.5 Érosion des berges

C'est une érosion verticale dont le mécanisme résulte de l'attaque par l'eau des berges des cours d'eau par déplacement latéral du lit par suite de l'affouillement des rives.

1.5 Différents facteurs de l'érosion hydrique sont :

- le climat et l'hydrologie.
- la morphologie du site.
- le sol.

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

- la végétation.
- -l'homme.

1.5.1 Climat et l'hydrologie

Le climat est l'élément moteur de l'érosion. Sans précipitation atmosphérique il n'y a pas d'érosion hydrique. Les précipitations atmosphériques, principale cause de l'érosion hydrique, sont caractérisées par la hauteur de l'averse, son intensité et sa fréquence. (TOURE , et al., 2004)

1.5.1.1 Hauteur des précipitations :

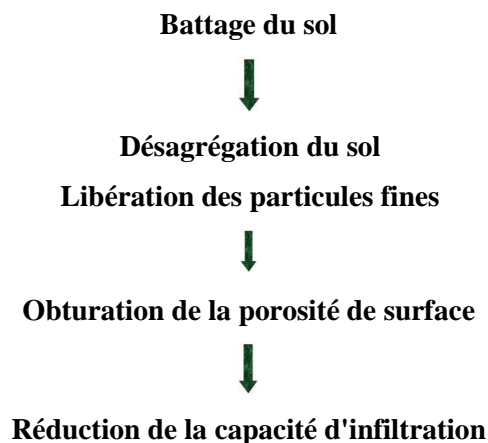
est peu liée à importance de l'érosion (tableau 1)

Table 1 :Exemple de parcelles de maïs sous culture pendant ans (Touré M et al.2004)

| Saison des pluies | Pluie (mm) | Erosion (t/ha) | Ruissellement | |
|-------------------|------------|----------------|---------------|-----|
| | | | mm | % |
| 1 ère année | 917 | 5,1 | 91 | 10 |
| 2 ème année | 1130 | 1,2 | 57 | 5 |
| 3 ème année | 908 | 3,4 | 50 | 5,5 |
| 4 ème année | 962 | 5,7 | 71 | 7,4 |
| 5 ème année | 697 | 3,4 | 52 | 7,4 |

1.5.1.2 Intensité

est le facteur principal de l'érosion. Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé :





Augmentation du ruissellement

L'action de la pluie dépend d'avantage de son intensité que de sa hauteur. signale qu'une pluie d'orage de 10 mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine de 40 mm. Lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif en provoquant une dégradation rapide des horizons superficiels ainsi que de forts ruissellements. explique que cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averses : les orages d'automne peu fréquents de courte durée, mais caractérisés par des intensités élevées (soit un maximum annuel de 10 mm atteignant 100 mm/heure). Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés, et les longues averses peu énergétiques tombant sur un sol déjà saturé. Ce sont les averses saturantes d'hiver et de printemps. Elles sont peu intenses, et à l'origine de beaucoup de ruissellement.

WISCHMEIER définit un indice d'érosivité par la relation suivante :

$$R = 0,00059 \cdot I_{30} [(11,9 + \log I_i) h_i]$$

i : représente une pluviophase d'intensité sensiblement constante.

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

h_i : hauteur pluviométrique correspondante (mm).

I_{30} : l'intensité maximale observée en 30 mm (mm/h).

L'érosivité d'une pluie est donc fonction de ses caractéristiques physiques :

- Le diamètre des gouttes ;
- La vitesse d'impact des gouttes.

1.5.2 Morphologie du terrain :

1.5.2.1 La Pente

La pente est un facteur important d'érosion. Le ruissellement et l'érosion commencent sur des pentes faibles (1 à 2 %). Plus la pente est raide, plus l'eau érodera le sol.

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

Contrairement à l'opinion générale, l'inclinaison de la pente n'augmente pas forcément le ruissellement ni même l'érosion. La position topographique sur un versant peut être plus importante que la pente (Heusch, 1970).

1.5.2.2 Longueur de la pente

En principe, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse et de l'énergie et plus l'érosion s'intensifie.

L'influence de la longueur de pente sur le ruissellement est encore moins nette. Elle est tantôt positive, tantôt négative ou tantôt nulle, en fonction de l'humidité préalable et de l'état de surface du sol (Wischmeier, 1966 in Roose, 1994).

1.5.3 Sol

L'érodibilité d'un sol représente la sensibilité de ce dernier à l'arrachement et au transport des particules qui le composent. C'est la mesure quantitative et qualitative de la susceptibilité des sols à l'érosion par l'eau et le vent (El Swaify et Rose, 1988).

L'érodibilité d'un sol est définie par 2 caractéristiques :

- La résistance au splash (battance)
- La résistance au cisaillement (lié au ruissellement)

Elle est fonction de plusieurs paramètres (Figure 8) :

- La capacité d'infiltration ;
- La stabilité structurale ;
- La texture ;
- La teneur en matière organique.

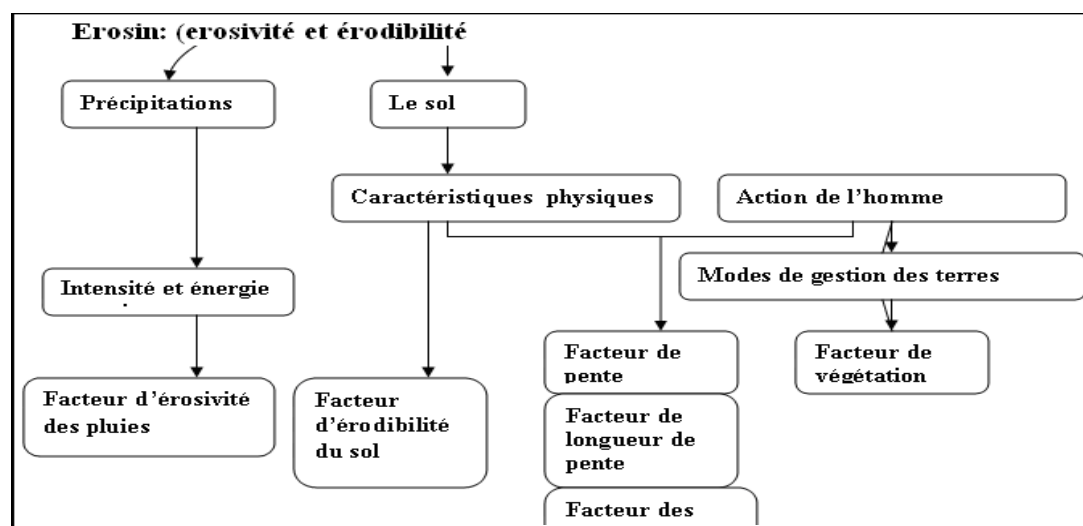


Figure.8: Erosivité et érodibilité

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

1.5.4 Végétation

Il s'agit du facteur primordial de protection du sol contre l'érosion. Le risque d'érosion augmente lorsque le sol n'a qu'un faible couvert végétal ou de résidus. Les résidus et la végétation protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie et de l'éclaboussement, tendent à ralentir la vitesse de l'eau de ruissellement et permettent une meilleure infiltration. L'action de la végétation est multiple :

L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet "splash".

Son système racinaire maintient le sol en place et y favorise l'infiltration.

Accessoirement, l'évapotranspiration de la plante en asséchant le sol augmente sa capacité d'infiltration. Son développement en surface freine le ruissellement. L'apport en M.O améliore la structure du sol et sa cohésion.

Classement par ordre décroissant de protection des principaux types de végétation :

Forêts > herbacés (savane) > cultures > jachères nues.

1.5.5 Homme

L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par les actions suivantes :

- Défrichement de la forêt.
- Incendies et surpâturages.
- Façons culturales.

L'état de la surface du sol présente une importance majeure lorsque le couvert végétal n'assure plus une protection efficace du sol.

Le travail du sol a 2 effets antagonistes sur sa résistance à l'érosion :

Premier effet : le travail du sol augmente la perméabilité du sol et améliore l'enracinement des plantes.

Deuxième effet : le travail du sol peut :

- Diminuer la cohésion du sol et ainsi sa stabilité structurale ;
- Diluer la M.O et accélérer sa dégradation ;
- Compacter le sol en profondeur et créer des semelles de labour.

L'expérience montre que :

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

Le labour a un effet non négligeable sur l'infiltration des petites pluies ou dans la première phase des grosses pluies. Cet effet devient nul ou négatif en fin de grosses pluies ou après quelques événements pluvieux.

1.6 Conséquences de l'érosion hydrique

1.6.1 Envasement des barrages

Le taux de sédimentation a évolué ces dernières années, du fait de la forte érosion des bassins versants. Au début des années quatre vingt, environ 120 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versant du nord algérien (DEMMAK ,1982). Une partie de cette masse se dépose dans les 57 grands barrages construits en Algérie. On évalue le dépôt sédimentaire annuellement dans ces barrages à 45 millions de m³ (REMINI et HALLOUCHE, 2007).

Or du fait de l'érosion assez sensible (pluie de courte durée, de forte intensité, absence du couvert végétal et relief assez jeune), l'Algérie perd annuellement une grande capacité par le dépôt des sédiments dans les retenues. La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'années . Il est rare cependant, que l'on puisse admettre a l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulier lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée.

1.6.2 Pertes des terres arables et la diminution de la fertilité des sols

Suite à l'extension des différentes formes d'érosion, de grandes surfaces de terres arables disparaissent d'une année à une autre. La diminution de la fertilité du sol (appauvrissement des horizons supérieurs) qui résulte de la détérioration des qualités physiques et chimiques et de l'extension des parcours, s'observe de plus en plus sur ces terres (MORSLI, 1996).

1.6.3 Dégradation des infrastructures

La plupart des ravines prennent naissance sur les pentes en bordure des routes. Lorsque ces routes ne sont pas protégées comme il se doit de profondes ravines se forment en bordure des routes et les ramifications qu'elles donnent rongent les champs adjacents (MORSLI, 1996).

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

1.6.4 Conséquences sur l'agriculture

En effet, l'érosion hydrique diminue la capacité du sol à retenir l'eau et à la mettre à la disposition des végétaux. Les cultures sont alors soumises à des déficits hydriques plus fréquents et plus graves.

Au point de vue physique, la perméabilité des sols décroît, la structure devient compacte, asphyxiante en saison humide. L'eau ne pénètre pas en profondeur, aucune réserve ne se constitue dans le sol pour la saison sèche. Au point de vue chimique et biologique, la faune et la microflore disparaissent et la réserve d'humus est dilapidée, ce qui a pour effet de rendre la nutrition azotée déficiente. Les éléments fins qui constituent la majeure partie du complexe

absorbant disparaissent en ne laissant sur place que la trame stérile d'éléments grossiers. Le sol perd rapidement sa fertilité initiale, (GRECO, 1966).

1.7 L'équation universelle des pertes en terre: (Modèle USLE)

L'équation universelle de pertes des terres est un modèle empirique basé sur l'analyse statistique de 100 parcelles expérimentales. Elle permet de prédéterminer les pertes en terre annuelles moyennes pour une parcelle donnée, dans des conditions bien définies. (TOURE , et al., 2004).

1.7.1 Analyse des principes du modèle :

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

Ce modèle de prévision de l'érosion est constitué d'un ensemble de cinq sous modèles:

$$E = R \times K \times S L \times C \times P$$

a) Facteur d'agressivité climatique (R)

Il est défini comme le produit de l'énergie cinétique (E_c) et l'intensité maximale en 30 minutes (I_{30}).

$$R = E_c \times I_{30}$$

$$\text{avec } E_c = 11,9 + 8,73 \log(I)$$

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

E_c en $J/m^2/mm$ de pluie

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

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

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

b) Facteur du sol K

Le facteur sol caractérise l'érodibilité du sol, c'est-à-dire sa sensibilité à l'érosion.

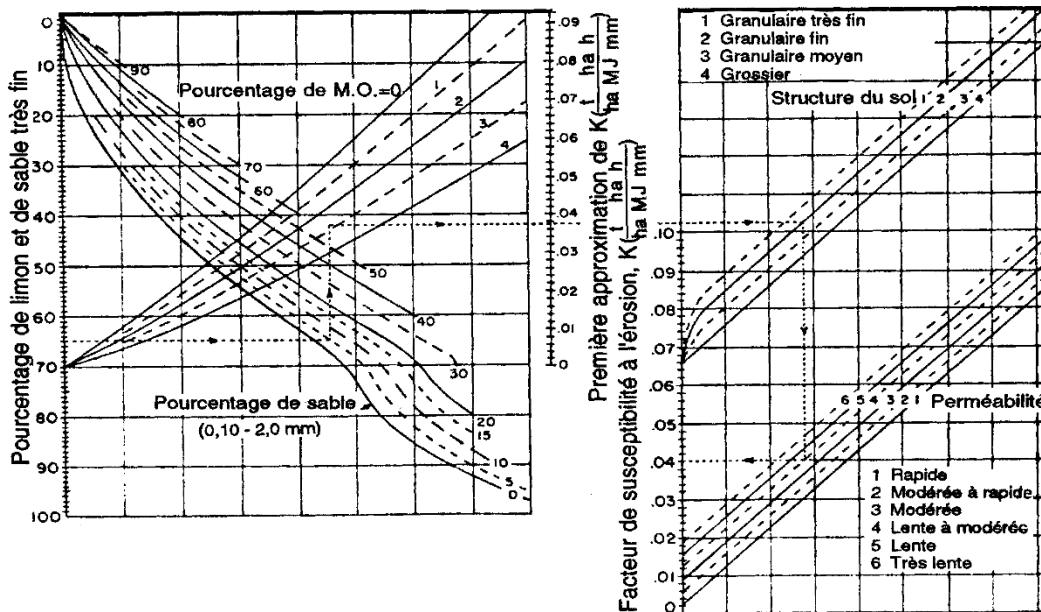
Ce facteur sans dimension mesure la plus ou grande résistance relative d'un sol à l'érosion.

WISCHMEIER propose un mode de calcul de K , à partir des paramètres suivants :

Pour une première approximation :

- la somme des pourcentages de limon et sable fins .
- le pourcentage de sable.
- la teneur en M.O.
- Et pour une approche plus précise
- la structure.
- la perméabilité.

Le normographe en (figure .10) donne ainsi la méthode de détermination de K



Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

Figure .10 :Nomogramme de whichmeier pour estimer l'indice d'érodibilité des sols à l'érosion hyrique (adapté de Foster, 1981).

On peut également déterminer K par la formule suivante :

$$100 \cdot K = 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot (12 - M.O) M^{1,4} + 3,25 \cdot (S - 2) + 2,5 (P - 3)$$

K : facteur d'érodibilité

M.O : le pourcentage la M.O

P : classe de perméabilité

M : le produit (% sable fin + % limon) . (100 - % A)

c) Facteur topographique L.S

SL est le facteur topographique. Il tient compte à la fois de la longueur de la parcelle "L" et de l'inclinaison de la pente "S". Les deux facteurs "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. La formule de Wischmeier et Smith (1978) est la suivante:

$$LS = [0,065 + 0,0456 (\text{pente}) + 0,006541 (\text{pente})^2](\text{longueur de pente} \div \text{constante})m$$

d) Facteur de couverture végétale (C)

Un sol bien protégé par une couverture végétale réduit considérablement l'effet des facteurs d'agressivité climatique, d'érodibilité du sol, de l'inclinaison du degré de la pente, quel que soit leur importance. En ce sens, un sol bien couvert réduit le ruissellement en facilitant l'infiltration et empêchant le déclenchement de l'érosion

e) Facteur pratiques antiérosives P

le facteur des pratiques culturales antiérosives permet d'évaluer l'action des pratiques visant à modifier la vitesse, le profil, la pente ou la direction de l'écoulement en surface et à réduire ainsi l'érosion. Par exemple, la culture en pente transversale, la culture en courbes de niveau, la culture en bandes alternées, l'aménagement de terrasses, la présence de bandes enherbées ou encore l'enherbement des rangs dans le sens de la pente sont des types d'actions anti-érosives. Le facteur P est le rapport de la perte de sol observée sur un terrain travaillé mécaniquement d'une certaine façon et protégé contre l'érosion d'une certaine façon avec celle qui a lieu sur la parcelle de référence où le terrain est labouré fréquemment dans le sens de la plus grande pente.

1.8 Techniques et stratégies de la Conservation de l'Eau et du Sol (CES)

1.8.1 Evolution des techniques

Toutes les civilisations ont rencontré des problèmes d'érosion et de dégradation des terres. Pour y faire face, les hommes ont réagi selon les conditions socio-économiques de l'époque pour faire vivre des populations importantes concentrées dans des villes. Il a fallu organiser la gestion des eaux de surface, intensifier les cultures, étendre les défrichements et protéger les aménagements des catastrophes naturelles telles que les inondations, l'envasement des barrages, l'ensablement des canaux d'irrigation et des ports.

Devant des crises à la fois environnementales et socio-économiques, les hommes ont développé des approches successives :

a) Stratégies traditionnelles

pour retenir la terre et gérer les eaux bien adaptées à des conditions écologiques et socio-économiques (ex : la cultures itinérante sur brûlis en zone peu dense, gradins méditerranéens, cloisonnement du paysage et association de l'élevage à l'agriculture).

Plus récemment se sont développées des stratégies d'équipement rural en petite hydraulique :

b) Stratégies modernes :

-Restauration des terres en montagne (RTM) développées en France vers 1850 par les forestiers pour revégétaliser les montagnes sur pâturées et maîtriser les torrents.

-Défense et restauration des sols (DRS)développée vers 1940-80 autour du bassin méditerranéen et qui associe les deux approches précédentes : la (RTM) et la (CES) . Le principal objectif était de retarder l'envasement des barrages et de protéger les terres et les équipements. Elle comprend :

- -la reforestation des hautes vallées (800.000 ha depuis 1962, selon Mazour, 1992) ;
- -la correction torrentielle dans les périmètres de protection des barrages ;
- -le terrassement des champs cultivés (350 000ha de banquettes d'après Heusch, 1982).

Mais en 1980, l'échec de cette approche technocratique d'équipement hydraulique des zones Rurales, est évident. Malgré 40 années de DRS, les terres ne cessent de se dégrader, les paysans rejettent le système des terrasses de diversion et refusent de l'entretenir, la production de bois est restée faible et le taux d'envasement des barrages demeure très élevé. Le programme d'aménagement des banquettes fut abandonné pour des raisons économiques

Chapitre 1 Etude du phénomène de l'érosion hydrique

(Heusch, 1982). Depuis, les forestiers continuent la reforestation et la correction torrentielle des ravines, mais les fermiers ne reçoivent plus d'aide pour maîtriser l'érosion .

Enfin depuis les années 1987 se sont développées des stratégies de développement rural telles que la GCES (gestion durable de l'eau et de la fertilité des sols) ou land husbandry qui tiennent mieux compte de la participation paysanne et de ses priorités.

Depuis les années 1980, les chercheurs ressentent le besoin de renouveler la lutte antiérosive que ce soit aux USA, en Europe ou dans les pays sous-développés.

L'analyse des échecs (75% des grands projets) et des réussites ont montré la nécessité de développer une nouvelle approche qui intègre mieux le développement rural à l'échelle locale (terroir ou vallée), de faire avec la population des choix qui répondent à leurs priorités : La GCES.

2 Chapitre2 :système d'information géographique (SIG)

2.1 Définitions

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées. C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. Un système d'information géographique, comme le monte la figure 2.1, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision . (BOUKLI , et al., 2016)



Figure.1: les composants d'un SIG

2.2 STRUCTURE D'UN SIG

La figure .2 met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'applications: l'acquisition des données géographiques d'origines diverses, la gestion pour le stockage et la recherche des données, l'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation et enfin la présentation des résultats sous forme cartographique.

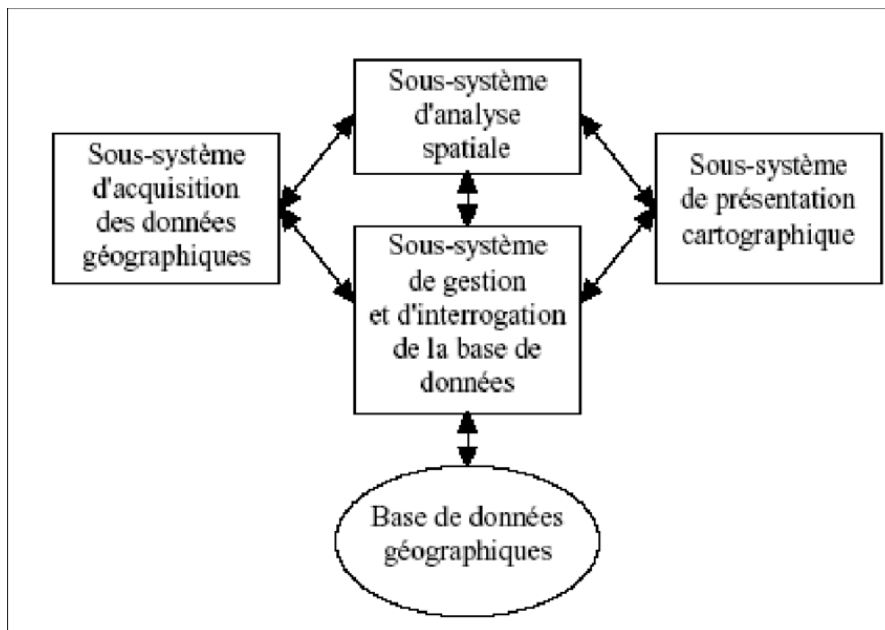


Figure.2:Structure d'un SIG (Abdelbaki C., 2012)

2.3 FONCTIONNALITES D'UN SIG

Un SIG complet, permettra non seulement de dessiner puis tracer automatiquement le plan, mais en outre :

- De disposer les objets dans un système de référence géographique, de les convertir d'un système à un autre.
- De rapprocher entre elles deux ou plusieurs cartes (deux plans) de sources différentes, de faciliter leur superposition comme c'est illustré dans la figure .3

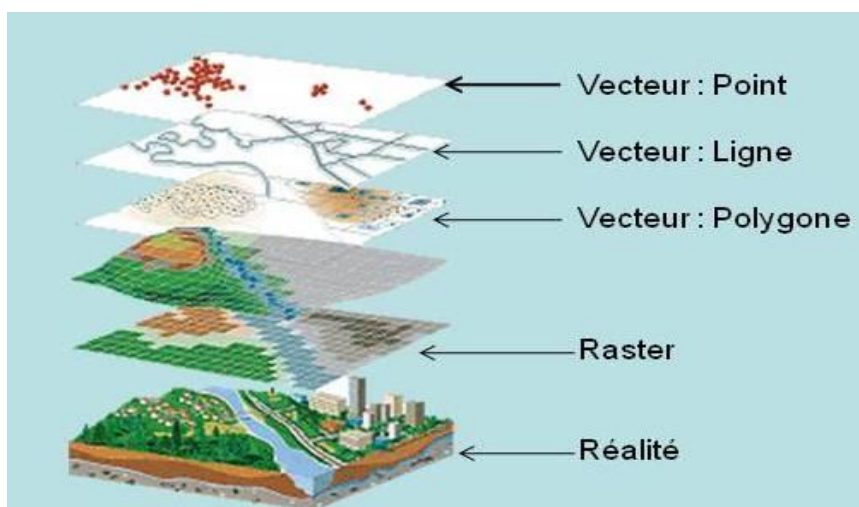


Figure.3:Superposition sous un sig (Anteur2019)

- De corriger certains contours de la moins fiable en reprenant les coordonnées correspondantes de la plus fiable.
- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée, d'un carrefour, d'une route ou des rives d'un lac.
- D'extraire tous les objets situés dans un périmètre donné comme c'est présenté dans la figure .4.

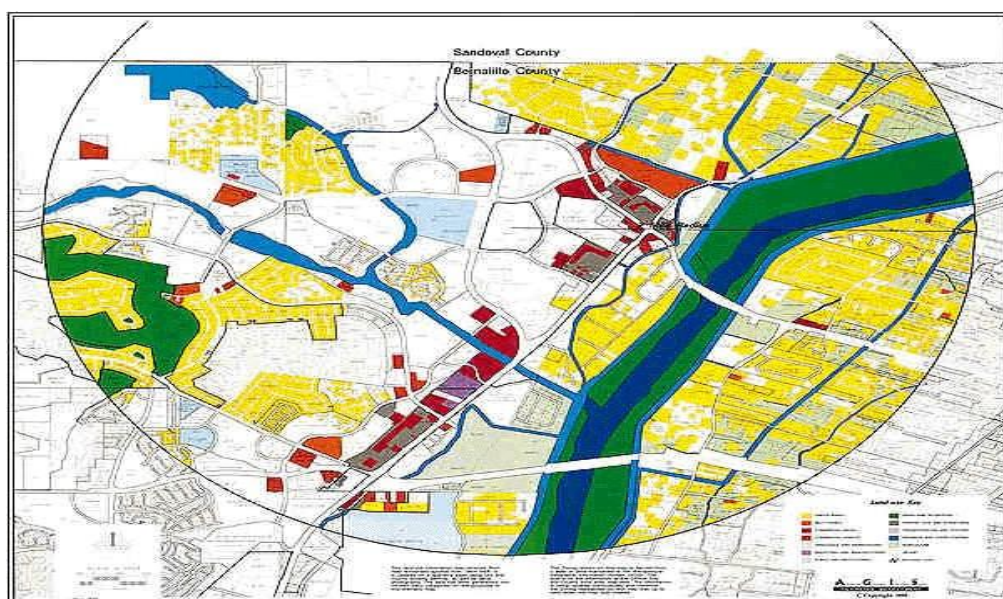


Figure.4: Exemple de sélection (Mihoubi et abdelbaki.2013)

- De fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune, par exemple les parcelles adjacentes ayant la même densité de surface bâtie.
- De déterminer, sur un réseau, l'itinéraire le plus court pour aller d'un point à un autre.

2.4 Données dans leSIG

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies:

- sa position géographique dans l'espace
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie

son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code) Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées

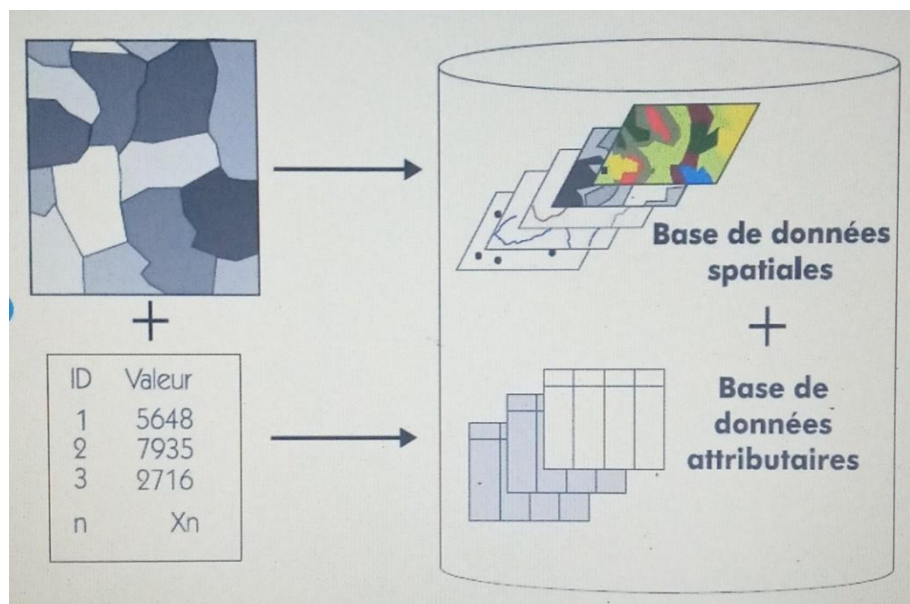


Figure.5: Types de données dans un SIG(BOUKLI , et al., 2016)

2.4.1 Données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques:

- La localisation : coordonnées par rapport à une échelle graphique de référence.
- La forme: point, ligne, surface.
- La taille: longueur, périmètre, surface.

Les informations font référence à des objets de trois types

- Point: est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite.
- Ligne: a une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres.
- Polygone (zone ou surface): est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui délimite.

2.5 Modes de données dans les SIG

La reprise de documents cartographiques existants sur support papier en vue de les introduire dans un SIG, pouvait recourir à des techniques différentes: la digitalisation et le balayage électronique par exemple. La première conduit directement, comme c'est illustré à la figure 2.7, à des données cartographiques numériques de type vecteurs, la seconde à des données tramées. (BOUKLI , et al., 2016)

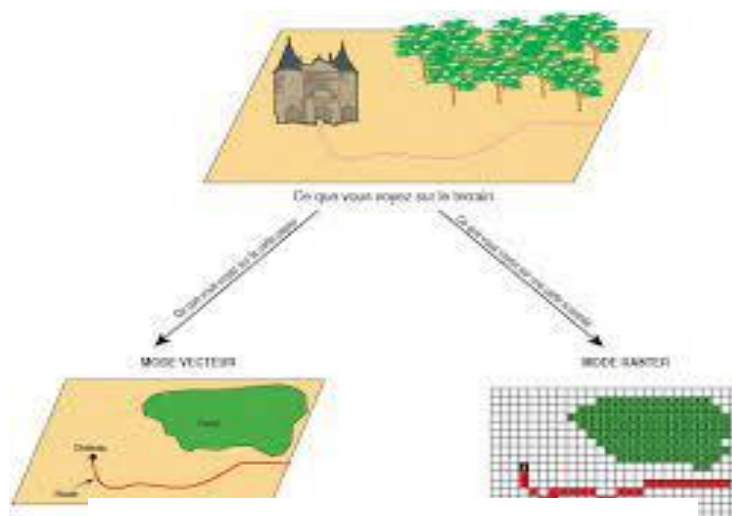


Figure.6: Modes de données d'un SIG(BOUKLI , et al., 2016)

2.5.1 Mode vecteur

les objets sont représentés par des points, des lignes, des polygones ou des polygones à trous. Les limites (contours) des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

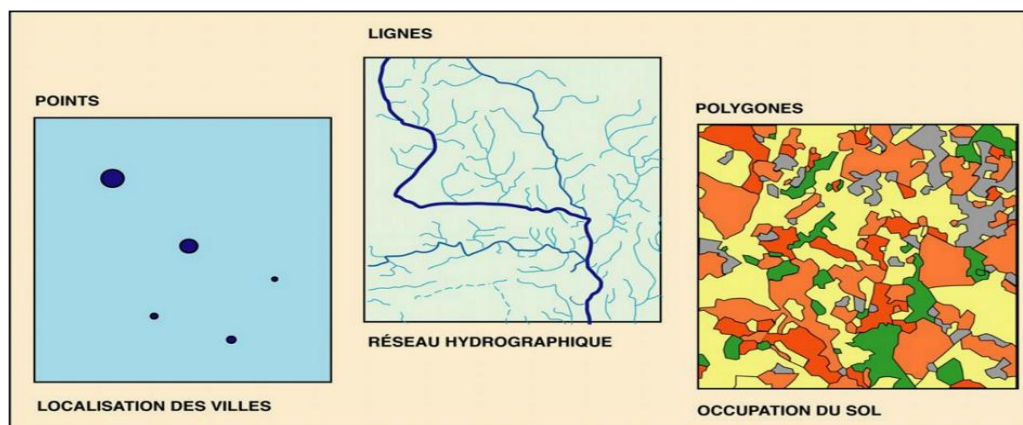


Figure.7: Représentation des objets vecteurs(Anteur, 2019)

2.5.2 Mode Raster

les objets sont représentés sous forme d'images, d'un plan ou d'une photo numérisés et affichés dans le SIG en tant qu'image. La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique. (Anteur, 2019)

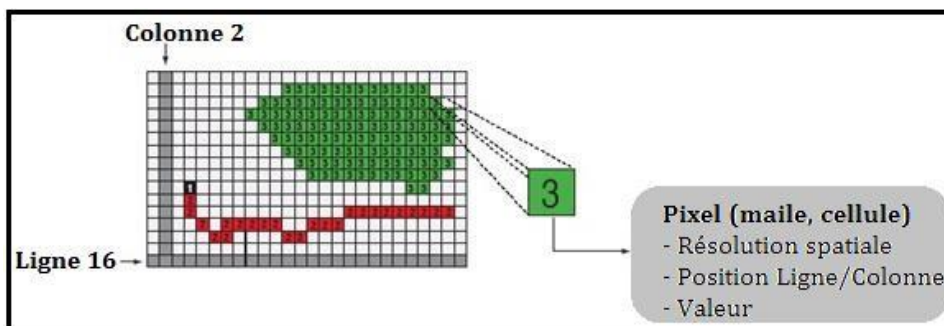


Figure.8: Représentation des données raster (Anteur.2019)

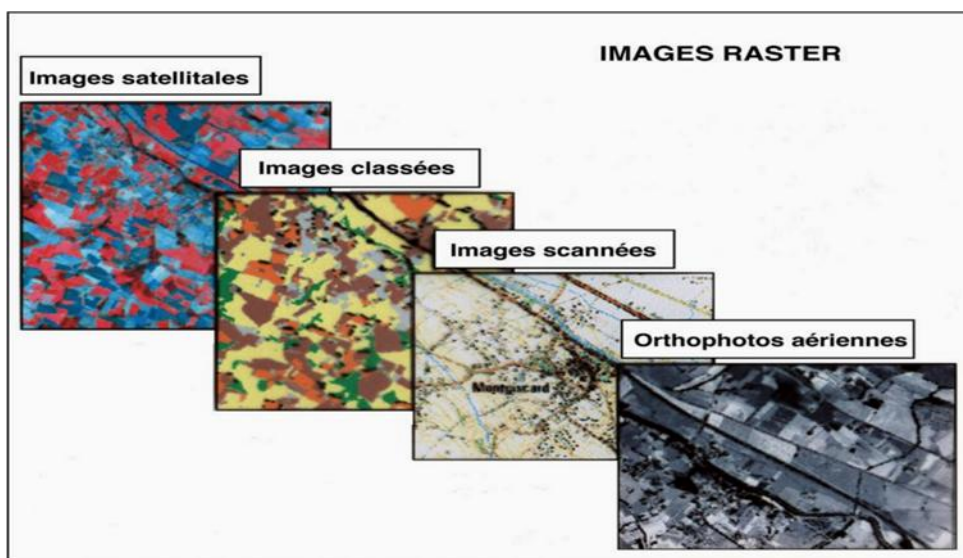


Figure.9 :Image Raster (Anteur.2019)

2.6 Les principales fonctions d'un SIG

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour: Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse. (Marmonier, 2002).

a) Abstraction: modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

B1) Acquisition intégration et échange de données. (Import- Export). L'acquisition des données est faite par trois types:

B2) Digitaliseur la numérisation des plans cartographiques scanné par l'ordinateur ou la table à digitalisé.

B3) Scanner les cartes, les photos aériennes sont introduire sous forme des données raster.
Clavier la saisie des données attributaires.

c) Archivage: structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

d) Affichage représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique.

e) Analyse analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...).

2.7 Les domaines d'applications

Les domaines d'application des SIG sont nombreux que variés tel que.

- La protection de la nature : mesure de la dégradation des écosystèmes et évaluation des risques futurs dus aux pollutions.
- La géomorphologie : pour évaluer les effets d'érosions afin de déterminer la façon la plus efficace d'intervenir.
- La socioéconomie : impact des activités entropiques (le surpâturage, surexploitation ... ect) sur la dégradation de la couverture végétale.
- La foresterie : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- Planification urbaine : cadastre, voirie, réseaux assainissement.
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.

- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires.

2.8 . Utilisation des SIG dans le monde forestier

- Inventaires forestiers.
- Préparation de plan de sondage.
- Localisation des placettes-échantillons (avec GPS).
- Compilation des résultats.
- Aménagement intégré.
- Cartographie des plans d'aménagement et des rapports d'intervention.
- Analyse spatiale et multicritères (choix des peuplements à récolter, planification des routes et des infrastructures, calcul de superficies et de distances de transport).
- Délimitation des bassins versants.
- Analyse de paysage.
- Opérations forestières.
- Analyse et préparation des données pour utilisation dans des outils d'aide à la décision.
- Analyse réseau.
- Analyse spatiale et muticritères.
- Gestion des infrastructures.
- Participation du public.
- Outil de communication et de vulgarisation.
- Recherche forestière.
- Planification expérimentale.
- Analyse statistique.
- Présentation des résultats

2.9 Initiation aux sig sous arcgis

ArcGIS est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.).

Le logiciel ArcGIS 10.3 Desktop comprend plusieurs applications dont les principales sont: ArcCatalog ArcMap ArcGlobe ArcScene:

ArcCatalog : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il est vivement conseillé d'utiliser ArcCatalog pour effacer les fichiers car ces fichiers sont accompagnés d'autres fichiers que l'explorateur de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de les effacer automatiquement. ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent.

ArcMap: est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. ArcMap est l'équivalent de l'ancienne version d'ArcView. 5

ArcGlobe et ArcScene : Deux environnements d'affichage, de manipulation et d'animation 2D et 3D de données issues de 3D et Spatial Analyst Spatial Analyst Spatial Analyst.

Le géoréférencement reste l'une des tâches principales pour un analyste SIG ou un cartographe.

En effet cela permet parfois de s'affranchir des coûts élevés de certaines cartes en créant sa propre base de données géographiques.

Cette opération reste cependant relativement simple sur ArcGIS et il faut s'assurer de bien connaître les différentes projections à utiliser. (Anteur, 2019)

3 Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

3.1 Cadre géologique générale :

L'Atlas Saharien est une chaîne intracratonique qui doit son origine à un plissement de faible intensité, elle prend naissance au Maroc (Ritter 1901), c'est un sillon mésozoïque qui s'est formé à la périphérie sud de la plate forme épi-hercynienne (Wildi 1983), sa structure tectonique actuel est due au plissement alpin.

3.1.1 Stratigraphie de l'Atlas Saharien :

Plusieurs travaux d'ordre stratigraphique et sédimentologique ont retracé l'histoire de remplissage du sillon atlasique depuis le Mésozoïque à l'actuel (Ritter 1901, Delfaut 1980, Ait Ouali, 1980, Mahboubi M. 1983, Mekahli 1986, Kazi-Tani 1986 et Herekat 1986).

Trias :

Les terrains attribués au Trias sans preuve paléontologique n'affleurent qu'en portion anormale à la faveur d'accident tectonique (Herekat 1986). Le Trias affleure sous forme de plusieurs lithofacies : marnes et argiles Bariolés, gypses, silts, grés, dolomie cargneule souvent accompagné de roches vertes probablement d'origine volcanique.

Ritter 1901 a dénombré cinq affleurements de gypse et de sel :

- Le Rocher de sel (Ph 1) et le pointement des ruines au nord de Djelfa (Mont de Ouled Nail).
- Les pointements : Guelb El Tir, Oued El Melah et Sidi Rahoul au niveau de Laghouat (Djebel Amour



Figure.1: Ophites (roches vertes) .(Laghouath 2011)

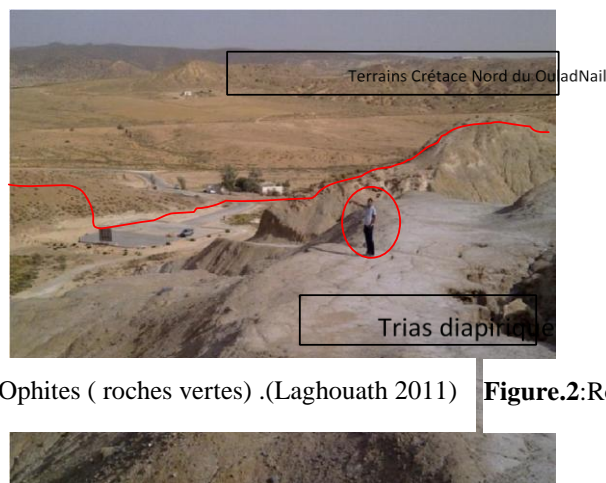


Figure.2:Roch de sel (Djelfa)

Jurassique

D'une manière générale le Jurassique de l'Atlas Saharien est caractérisé par un développement important à l'Ouest du méridien de Laghouat.

Au niveau de Djebel Amour seule la partie supérieure du Jurassique est connue, d'une puissance de plus de 2000m et d'une lithologie variées du Dogger daté Callovien par des Ammonites, le toit est daté Portlandien - Berriasien par des Calpionel

C-rétacé Inférieur

-**Barremien** : Cette période est caractérisée par une régression maximum. Dans l'Atlas Saharien le Barrémien se compose essentiellement d'une mégaséquence argilo-gréseuse continentale et d'alternance de calcaires plus ou moins dolomitiques.

Tandis que l'Aptien, partout, se termine par une barre calcaro-dolomitique qui est un excellent repère morphologique et stratigraphique.

-**L'Albien** :Par sa composition lithologique, l'Albien constitue dans la morphologie un élément constant. Il forme généralement l'auréole de base de la majeure partie des synclinaux et plus rarement le cœur des anticlinaux. L'Albien est entièrement continental car l'Atlas Saharien Central et Occidental et le bas Sahara sont restés émergés et ne seront atteints par la transgression que progressivement durant le Cénomaniens. Dans les régions où l'interstratification marine de l'Aptien supérieur est absente.

D-Crétacé Supérieur :

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

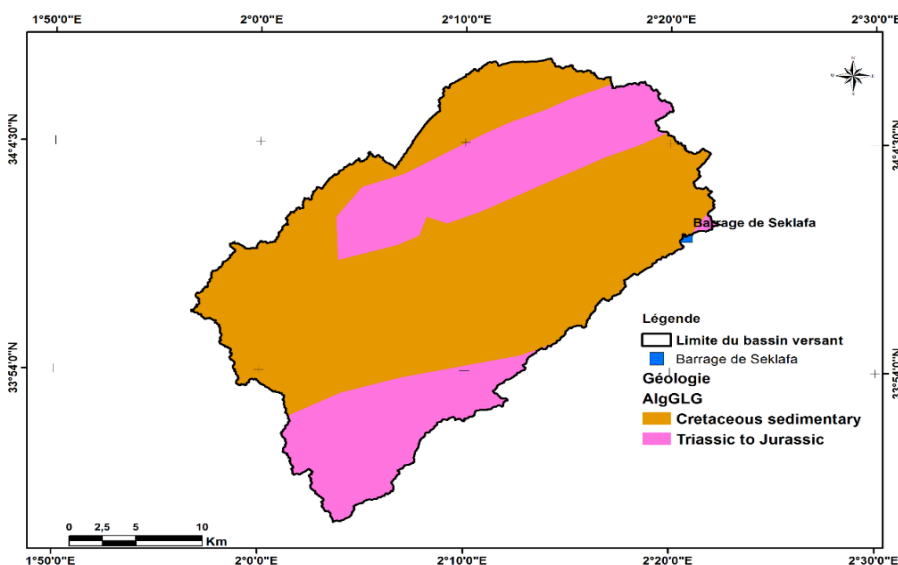
Les dépôts du Crétacé Supérieur correspondent à un cycle sédimentaire marin qui se caractérise par l'alternance des formations dolomitiques et calcaires avec des dépôts argilo-marneux contenant parfois du gypse ou de l'anhydrite

e-Tertiaire

:Les formations récentes sont le plus souvent conservées dans les cuvettes synclinales alors qu'elles ont été enlevées par l'érosion au niveau des anticlinaux. Dans cette partie de l'Atlas on note l'absence de dépôts marins. Les terrains Tertiaires affleurent le plus souvent sur la bordure méridionale de la chaîne atlasique et se présentent sous forme de séries rouges concordantes ou discordantes (suivant leur position stratigraphique) sur les terrains Mésozoïques

f- Quaternaire

Il résulte de l'accumulation dans des zones topographiquement basses du matériel sédimentaire arraché à la chaîne par les actions érosives. Les alluvions ainsi formées sont constituées par des sédiments généralement fins. Ce sont des limons de couleur ocre souvent très chargés en matériel gréseux. Les niveaux grossiers à graviers ou galets y sont rares et lorsqu'ils existent sont bien localisés à la périphérie des formations conglomératiques du Tertiaire continental. Suivant leur limite d'accumulation, les alluvions ont des épaisseurs variables sans oublier que le réseau hydrographique actuel les



entaille

profondément

3.2 Localisation du bassin versant de l'Oued Seklafa

Situé au Sud-Est de la région d'Aflou, il constitue l'infflyent le olus important de l'Oued M'zi avec une longueur de 80 km, drainant un bassin de 787 km².

C'est au niveau de grés du Barremien – Aptien – Albien et des calcaires du Jurassique que jaillissent à debit très faible et variable les sources de l'atlas saharien.

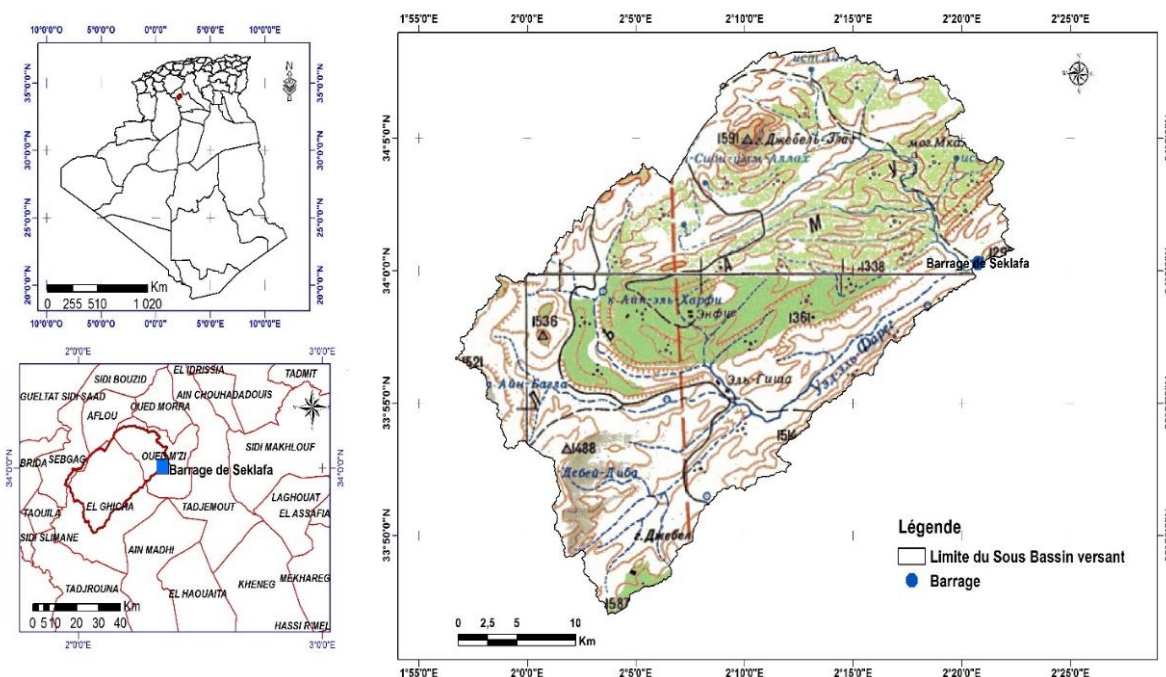


Figure.3: Carte de localisation de bassin versant Seklafa (Auteurs)

3.3 Caractéristiques géomorphologiques du bassin

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Musset (2005).

Parmi les caractéristiques morphologiques nous citons en premier lieu, la taille du bassin (sa surface), sa forme, sa pente et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces facteurs physiques, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques

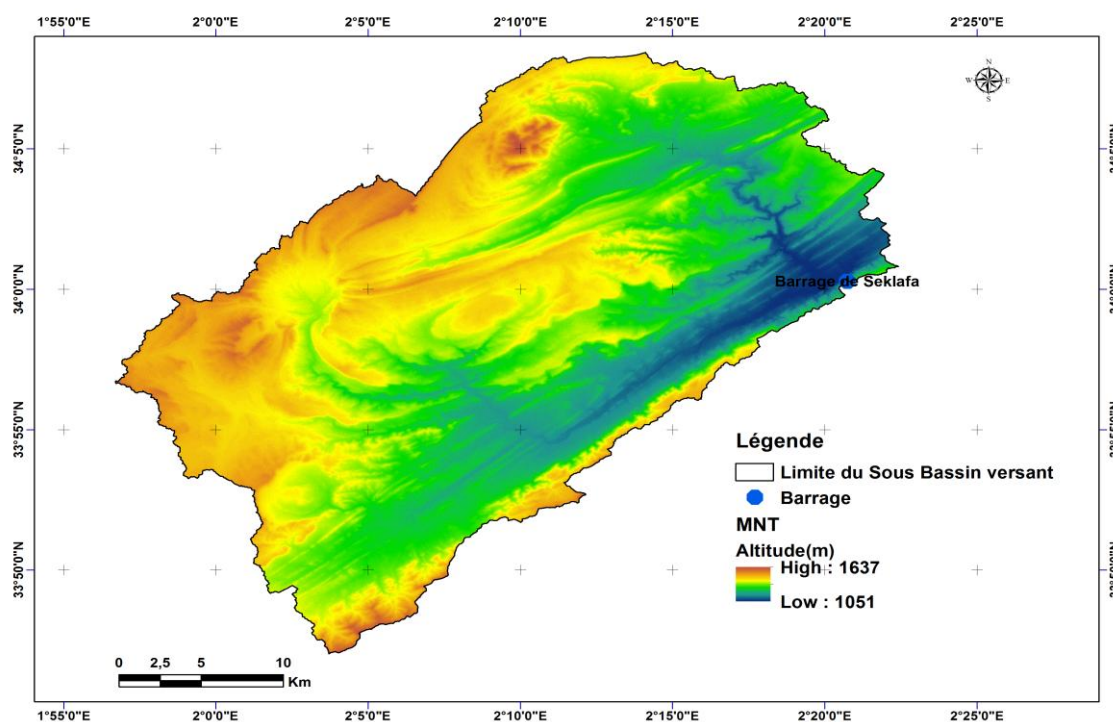


Figure.4 : Carte modèle numérique MNT (Auteurs)

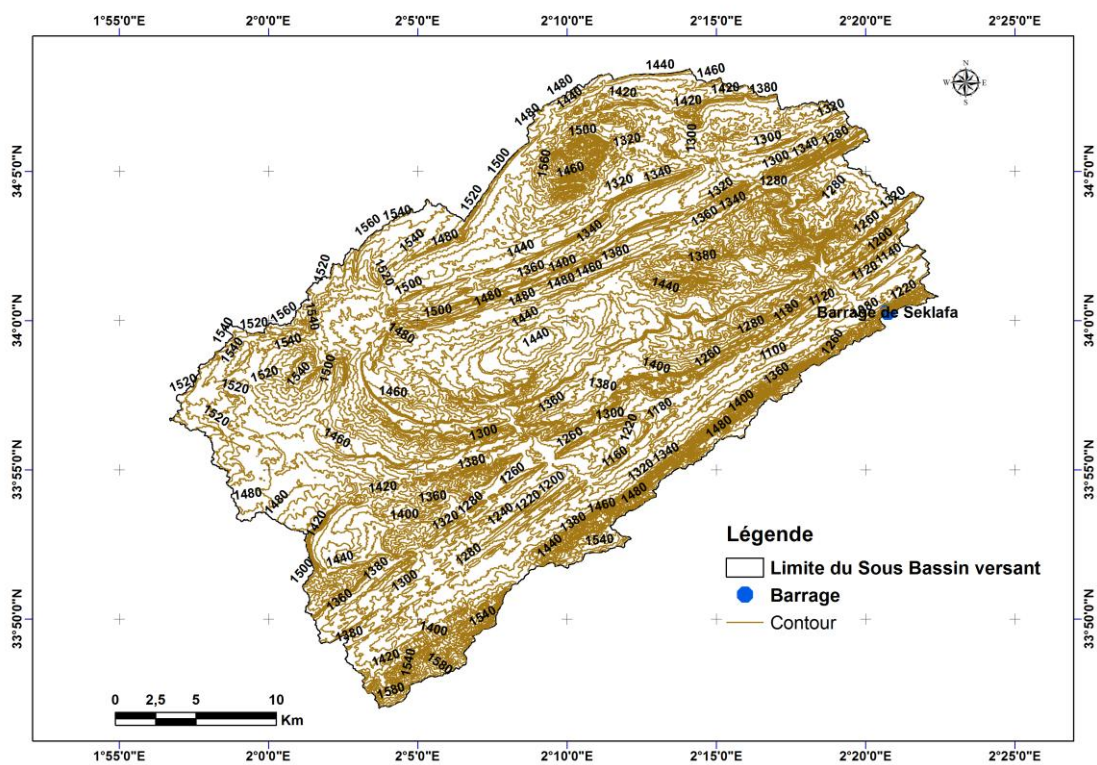


Figure.5 : Carte des contour du bassin de SEKLafa (Auteurs)

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

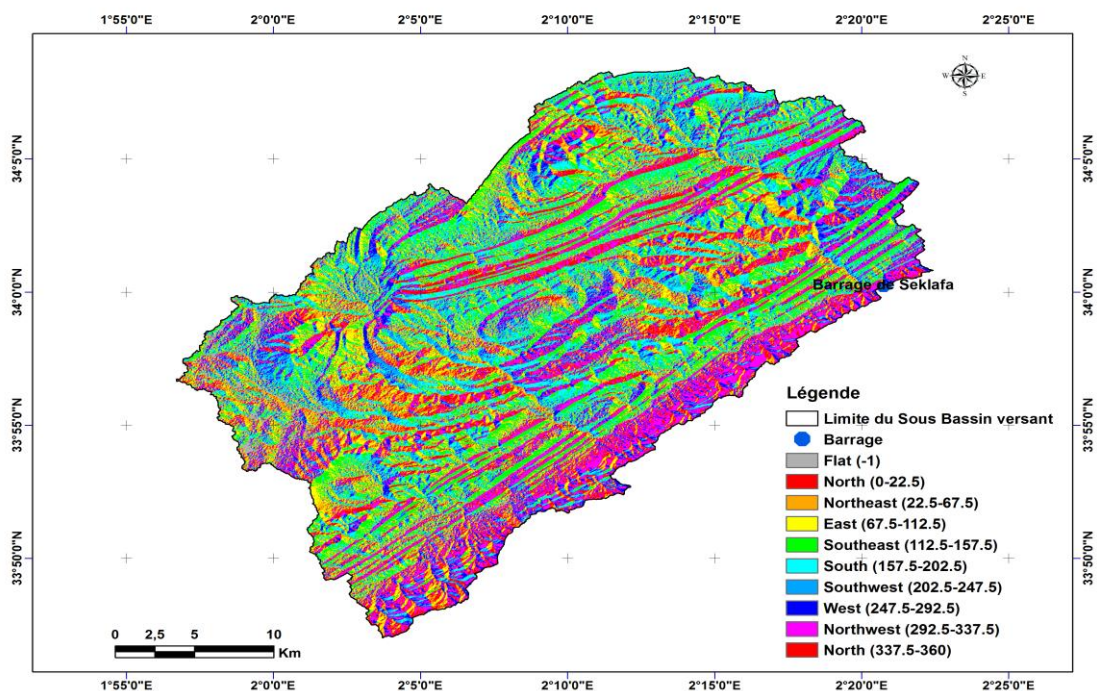
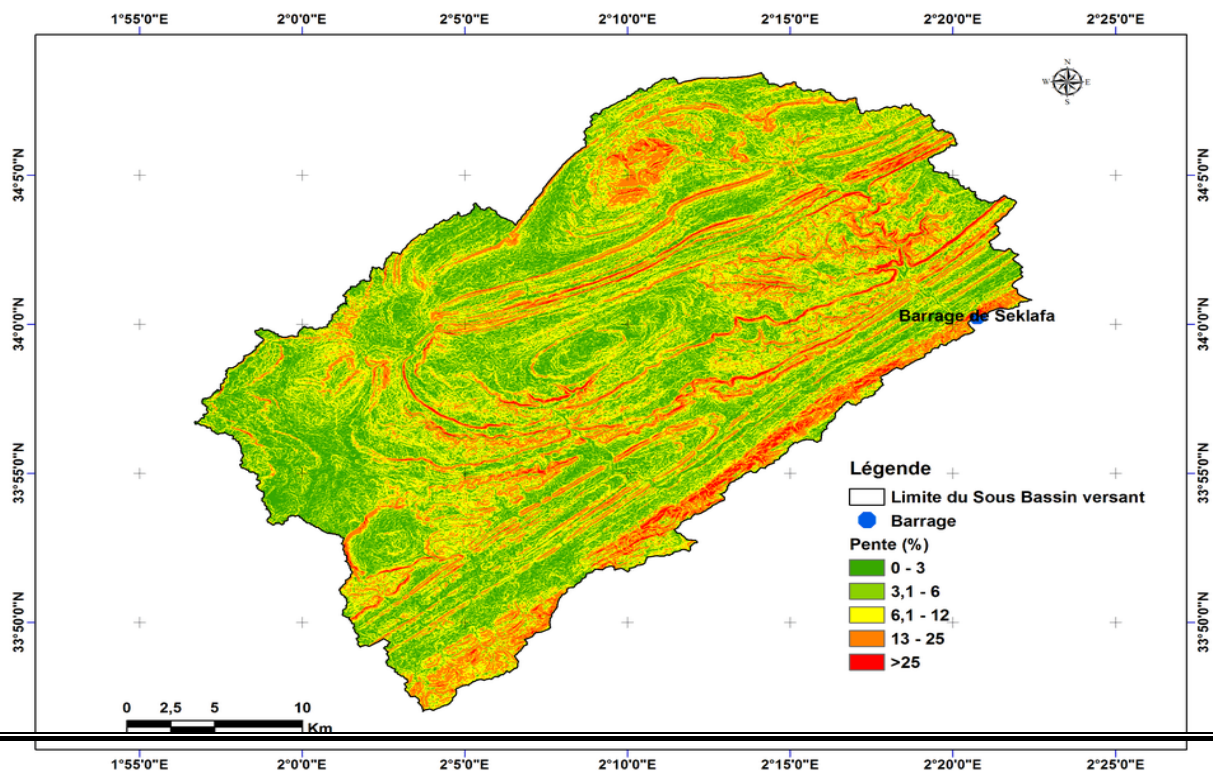


Figure.6 : Carte de l'exposition du bassin de SEKLAFa (Auteur)

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de permettre de mieux comprendre la dynamique des écoulements. Ce critère intervient dans le phénomène de ruissellement. A partir du modèle numérique du terrain de la région étudiée, nous avons extrait la carte des pentes du bassin versant.



3.5 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est caractérisé par deux éléments: sa hiérarchisation et son développement (longueur et nombre des cours d'eau).

Pour chiffrer **Figure.7** : Carte des pents de bassin versant de seklafa (Auteurs) la ramification du chevelu hydrographique, chaque cours d'eau reçoit un numéro en fonction de son importance

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

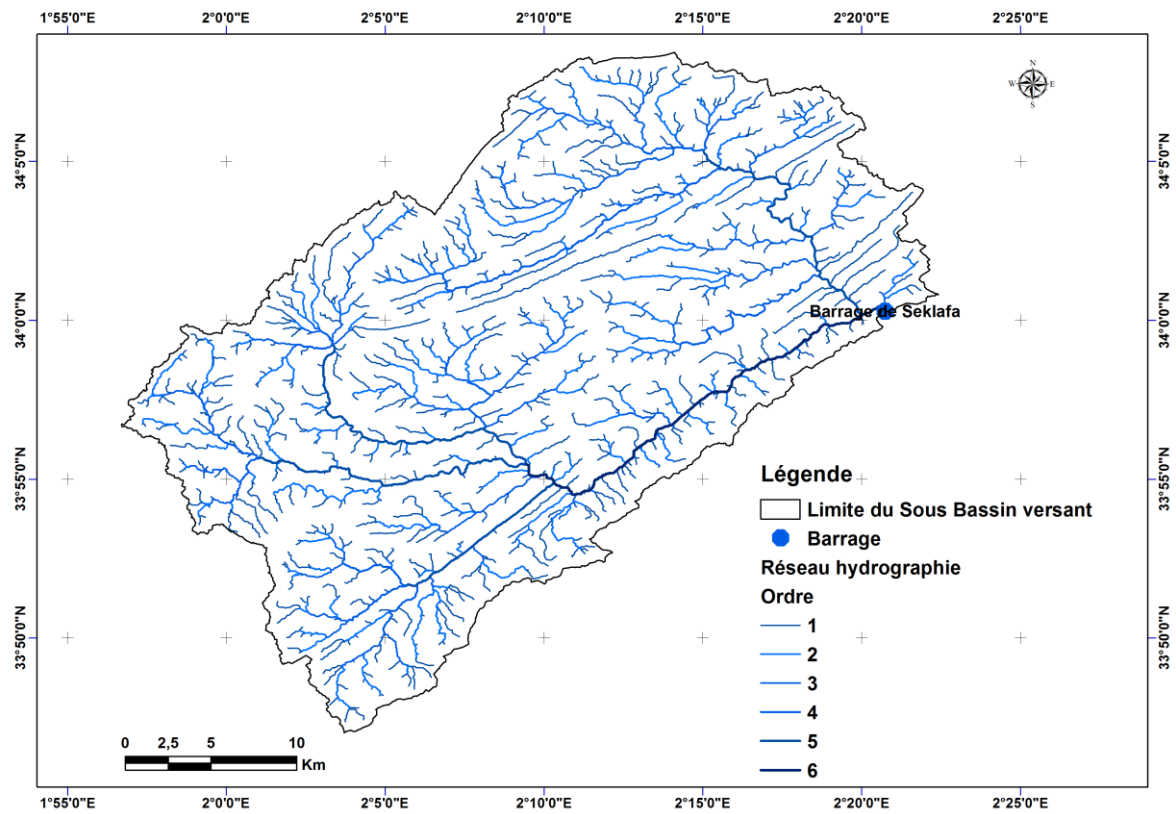


Figure.8 : Carte de Réseau hydrographique(Auteurs)

Couvert Végétal :

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

Il existe une diversité végétale dans la zone d'étude, selon les domaines bioclimatiques et édaphiques car elle est soumise à un climat aride et semi-aride qui lui permet l'installation de divers types à *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et à *Hamada scoparia*.

La zone semi aride supérieure est caractérisée par une végétation forestière et matorral présente surtout sur les reliefs de l'Atlas Saharien. La végétation de type steppique est rencontrée sur les formations du Quaternaire dans les zones semi arides et arides. La limite inférieure de la zone aride correspondait à un brusque accroissement du taux des espèces saharo-arabiques dans la composition de la flore ; le taux des espèces sahariennes passe soudainement de 20 à 40 %, inversement le taux des espèces méditerranéo-steppiques diminue de 76 à 59 % par rapport à la partie méridionale de la zone aride. La limite sud correspond à l'apparition d'un couvert végétal diffus sur les regs et les glacis d'érosion où les sols sont squelettiques (Quézel, 2002 ; Ozenda, 1983 ; Djebaili, 1984 ; Le Houérou, 1995 ; Amghar et Kadi Hanifi, 2004 ; Salmekour et al. 2013, Houyou, 2015).-

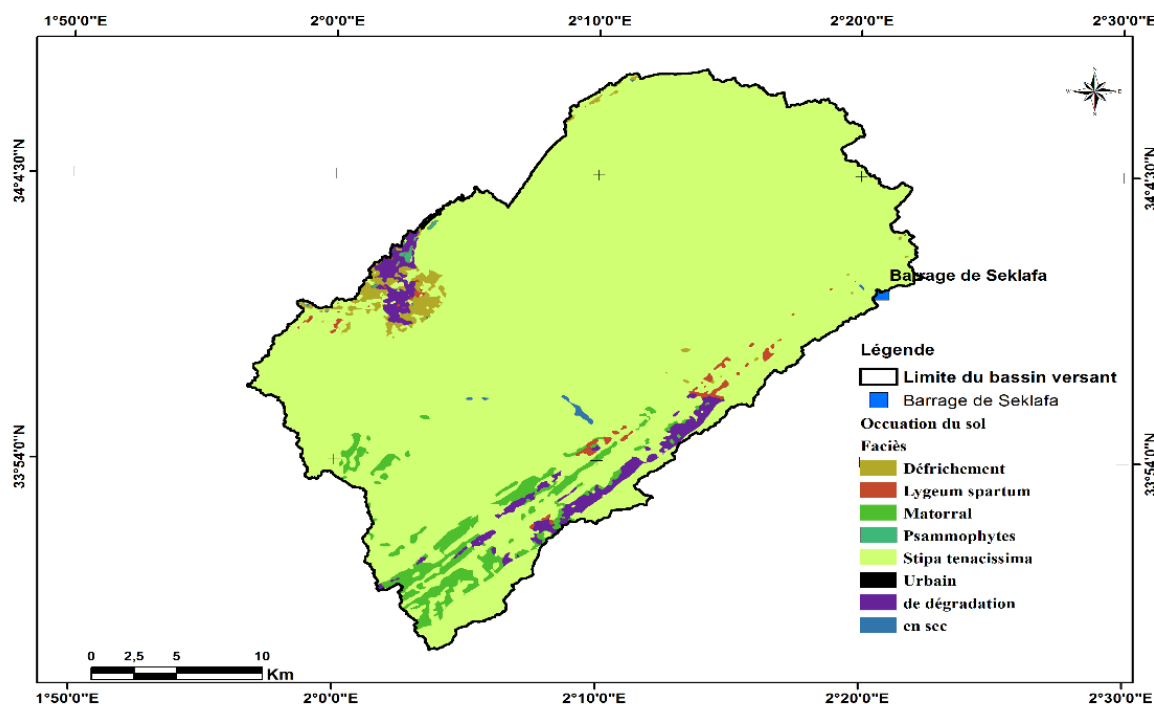


Figure.9 : Carte d'Occupation du solde bassin versant de sekafa (Auteurs)

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

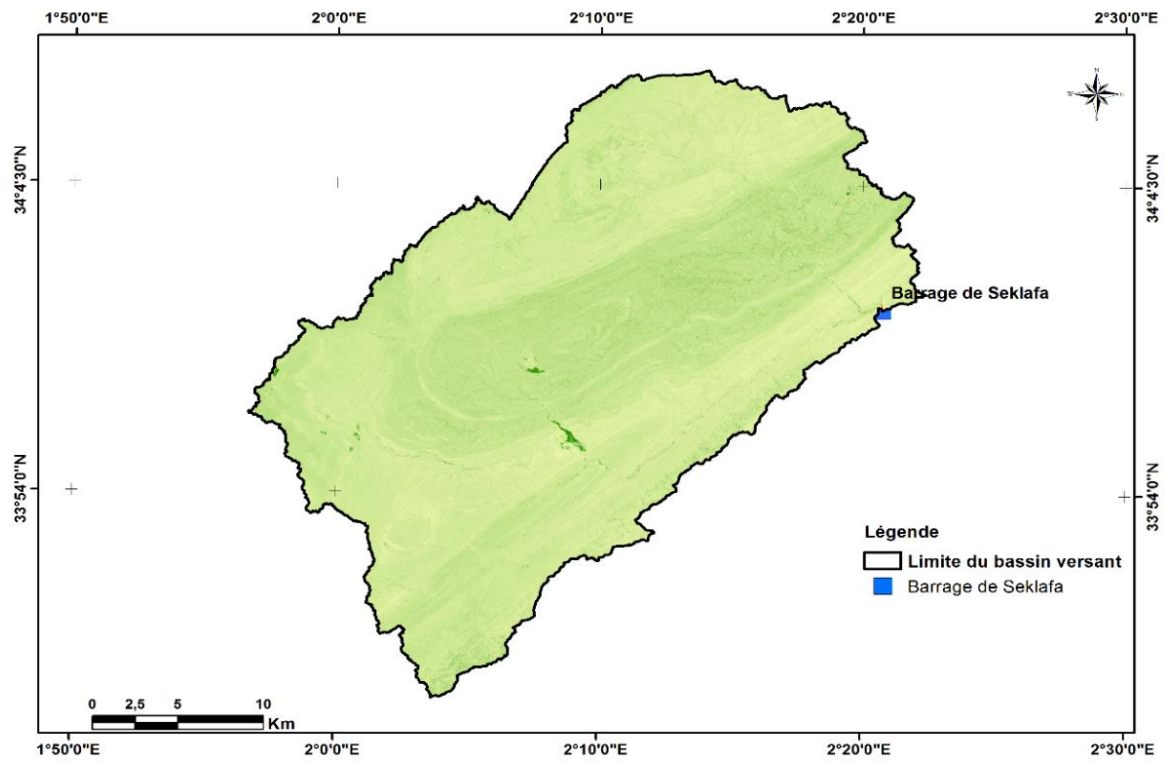


Figure.10: Carte de l'indice de végétation (Auteurs)

4 Chapitre 4 : Matériels et methods

4.1 Matériels utilisé

4.1.1 Cartes :

- Une carte topographique de Seklafa (échelle 1/25000) ;
- Carte Lithologique (échelle 1/500000).

4.1.2 Données satellitaires

Pour le but d'observation la végétation et l'occupation du sol on a pu avoir -Une image acquise par les satellites du programme Sentinel 2-A

L1C_T31SBU_A022313_20190930T104936

Cet image est téléchargeable gratuitement à partir du site : (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site

(<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>).

4.1.3 Model Numérique de Terrain

Le MNT permet une description de la topographie du terrain et constitue une base de donnée altimétrique à partir de laquelle on peut dériver une multitude de produits : les courbes de niveau, les cartes de pentes, d'exposition ou d'inter visibilité, les vues en perspective (3D)...etc.

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, un MNT obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>.

4.1.4 .Logiciels utilisée

ENVI version 5.3 : ENVI (Environnement For Visualing Images) est un logiciel permettant la lecture et le traitement des images et données numériques et plus précisément les images satellitaires.

ARCGIS 10.3 : ArcGIS Desktop est un ensemble complet d'applications SIG professionnelles permettant de résoudre des problèmes, remplir une mission, augmenter

Chapitre 4 Matériels et Méthods

l'efficacité, prendre de meilleures décisions et communiquer, visualiser et comprendre des informations géographiques. Pour ce faire, les utilisateurs exécutent un certain Nombre de tâches à l'aide d'ArcGIS Desktop, comme décrit ci-dessous :

- Utilisation de cartes
- Compilation, mise à jour et gestion de données géographiques.
- Automatisation de tâches à l'aide des géotraitements.
- Analyse et modélisation à l'aide des géotraitements.
- Visualisation et affichage de résultats sur des cartes, des vues 3D et des représentations dynamiques temporelles.
- Gestion de bases de données géographiques multiutilisateurs.
- Mise à disposition de ressources et de résultats SIG vers une large gamme d'utilisateurs et d'applications :
- Documentation et catalogage des résultats (jeux de données géographiques, cartes, globes, scripts de géotraitement, services SIG, applications, etc.).

Pour les professionnels SIG, ArcGIS Desktop est la principale plate-forme à la fois pour gérer des workflows et des projets SIG et pour créer des données, des cartes, des modèles et des applications. Il s'agit du point de départ pour déployer le système SIG dans une organisation et sur le Web.

- ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications :

ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcScene, ArcToolbox et ModelBuilder.

En utilisant conjointement ces applications et ces interfaces, les utilisateurs peuvent effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée.

ArcGIS Desktop est évolutif pour répondre aux besoins de nombreux types d'utilisateurs. Il est disponible à trois niveaux fonctionnels :

1. ArcView.
2. ArcEditor.
3. ArcInfo.

I.3. Approches méthodologiques.

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la

4.2 Méthodologie

Equation universelle de perte en sol (Universal Soil Loss Equation : USLE) L'Equation universelle de pertes en sol (Wischmeier & Smith 1978) s'applique à la quantification des pertes en sol par érosion en nappes. C'est une fonction multiplicative des cinq facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique : agressivité climatique, érodibilité des sols, inclinaison et longueur de pente, occupation des sols et pratiques anti-érosives :

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

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,

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 .

LS: est un facteur sans dimension qui représente l'inclinaison (S en %) et la longueur de pente (L en 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.

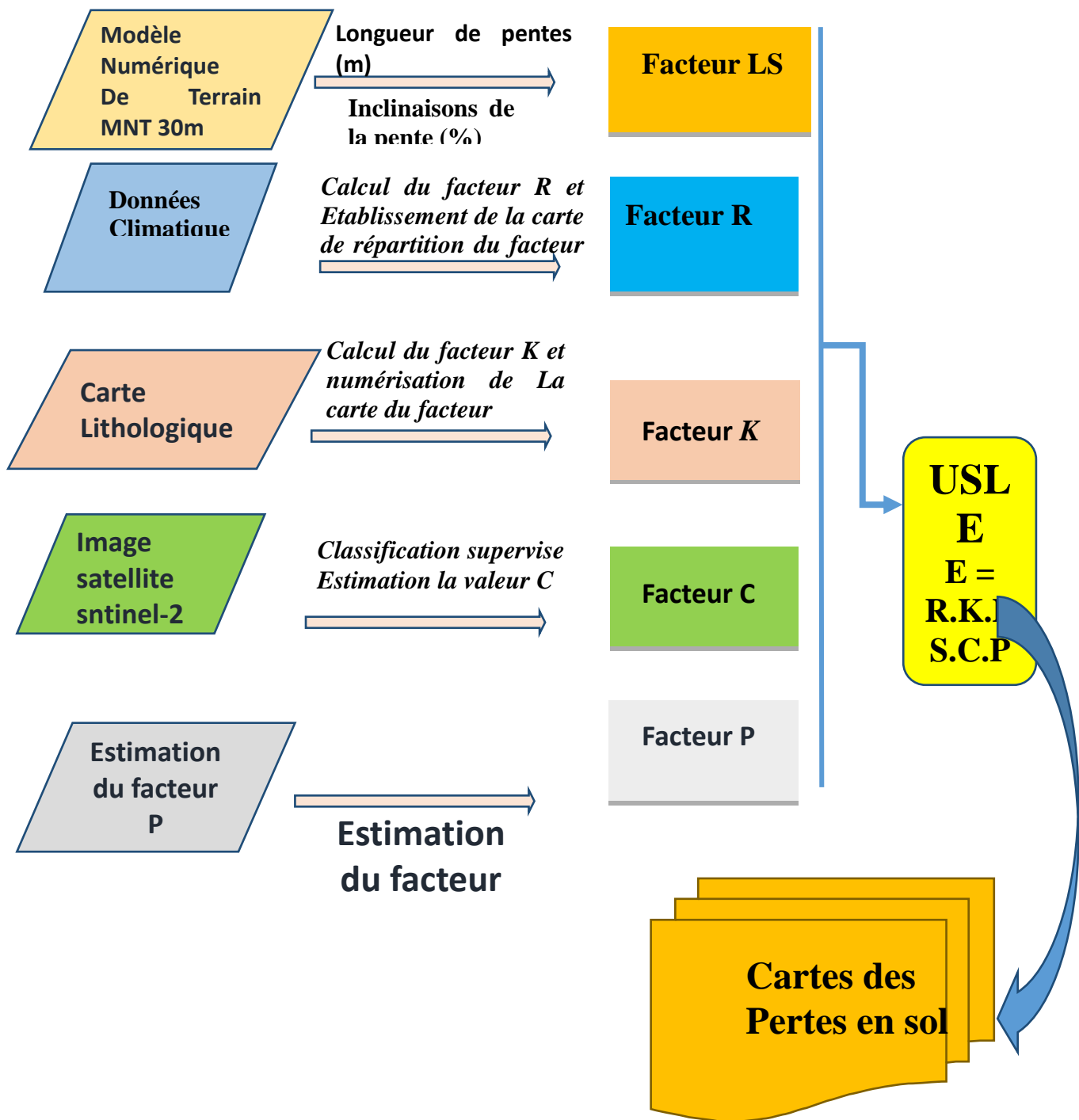


Figure.1: démarche méthodologique

5 Chapitr 5 : Résulta et Discussion

5.1 Résultats des différents facteurs

Les résultats que nous allons présenter dans ce travail se rapportent aux observations et analyses de l'intégration des différents facteurs influençant le processus de l'érosion hydrique dans un système d'information géographique. Les différentes cartes thématiques permettront d'évaluer le taux d'érosion en appliquant la formule de Wischmeier et Smith.

5.1.1 Facteur de la pente S

La pente a une grande influence puisqu'elle fournit son énergie érosive à l'eau. L'inclinaison de la pente agit directement sur la vitesse du ruissellement, accélérant le transport solide vers le bas augmentant ainsi l'impact de l'ablation des matériaux détritiques

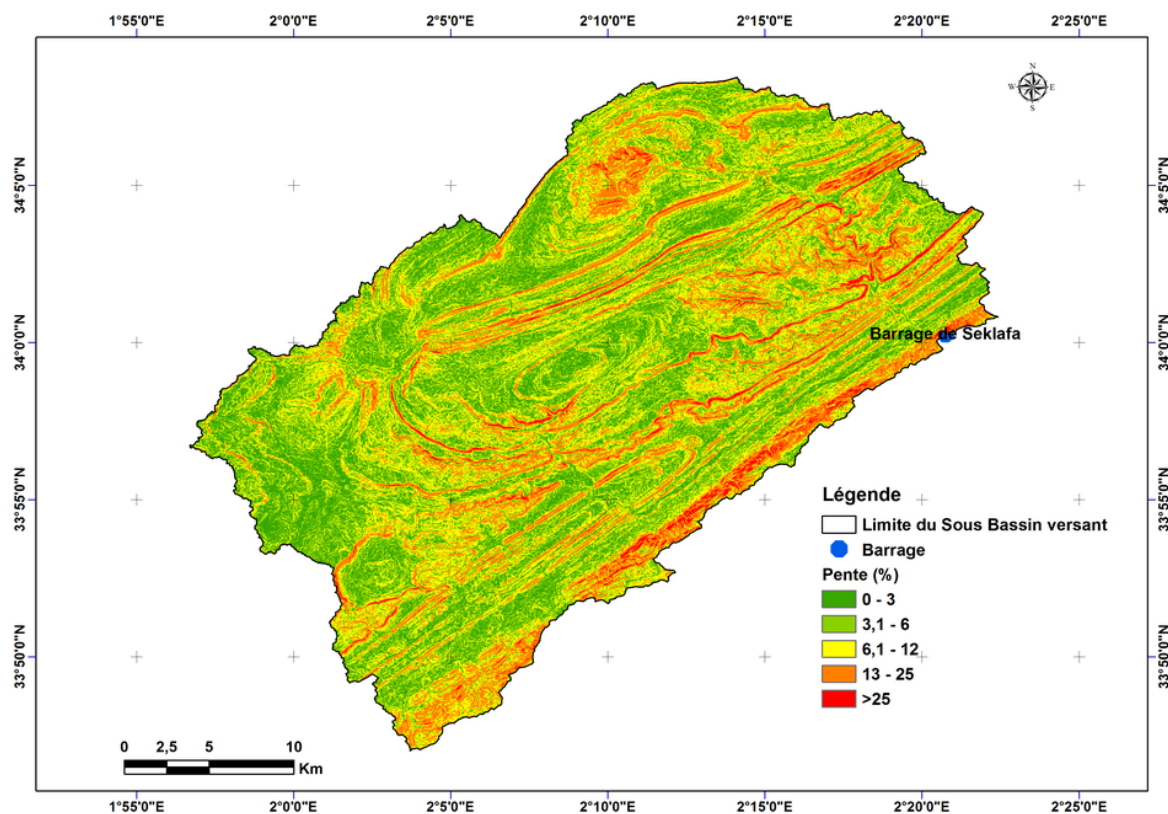


Figure 5.1: Carte des pentes de bassin versant de Seklafa (Auteurs)

Table 2 : classe des pentes de bassin

| | |
|----------------|------------|
| Classe de pent | |
| 0 – 3 % | Nulle |
| 3.1 – 6 % | Faible |
| 6.1- 12 % | Modéré |
| 13 – 25 % | Forte |
| >25 | Très forte |

5.1.2 Facteur Topographique LS

est un indice topographique qui représente la morphologie du terrain. Il est calculé à partir du Modèle Numérique du Terrain (MNT) par superposition des cartes des longueurs des pentes et les gradients de pentes. La pente a une influence importante sur le processus de l'érosion hydrique ,elle aggrave l'effet du ruissellement des eaux de pluie.

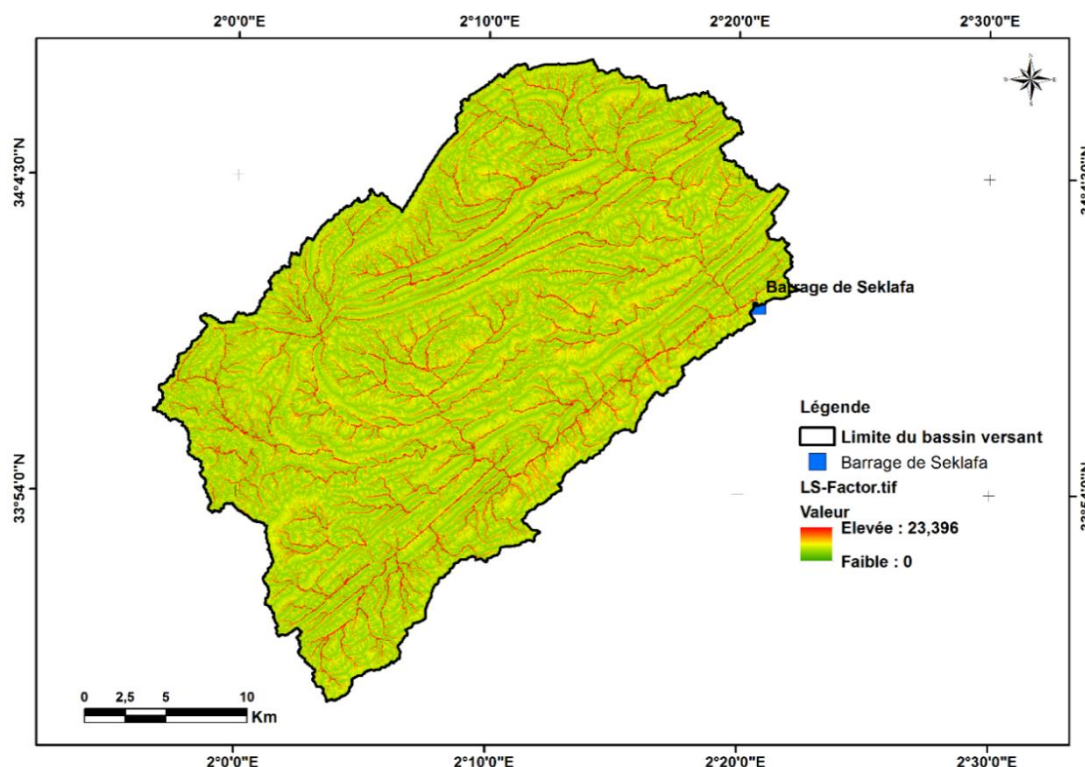


Figure 2: carte du Facteur topographique (LS) du bassin de Seklafa (Auteurs)

La carte de répartition du facteur topographique LS (figure5.2), montre que les valeurs qui varient entre 0 et 23 sont considérées faibles couvrent plus de 60% du bassin versant

5.1.3 L'érosivité de la pluie R :

L'érosivité est un indicateur de l'agressivité des pluies. Au cours d'un évènement pluvieux, l'énergie cinétique ainsi que la quantité de mouvement dissipée lors de l'impact de gouttes permettent le détachement des particules et leur déplacement par rejaillissement). A partir des données pluviométriques enregistrées au niveau des stations (**Aflou, Seklafa , Ain madhi , Ain chouhada , Oued morra ,Tadjemout , Taouilla**) pendant la période (1991-2020), on a déterminé les valeurs du facteur R à l'aide de l'équation de Rango et Arnoldus 1987. Nous avons calculé l'indice R pour chaque station. Pour représenter les valeurs du facteur R dans le bassin versant de Seklafa nous avons tracé des polygones de même agressivité climatique selon le principe de traçage des polygones de Thiessen

Pour l'estimation du facteur R nous avons utilisé la formule :

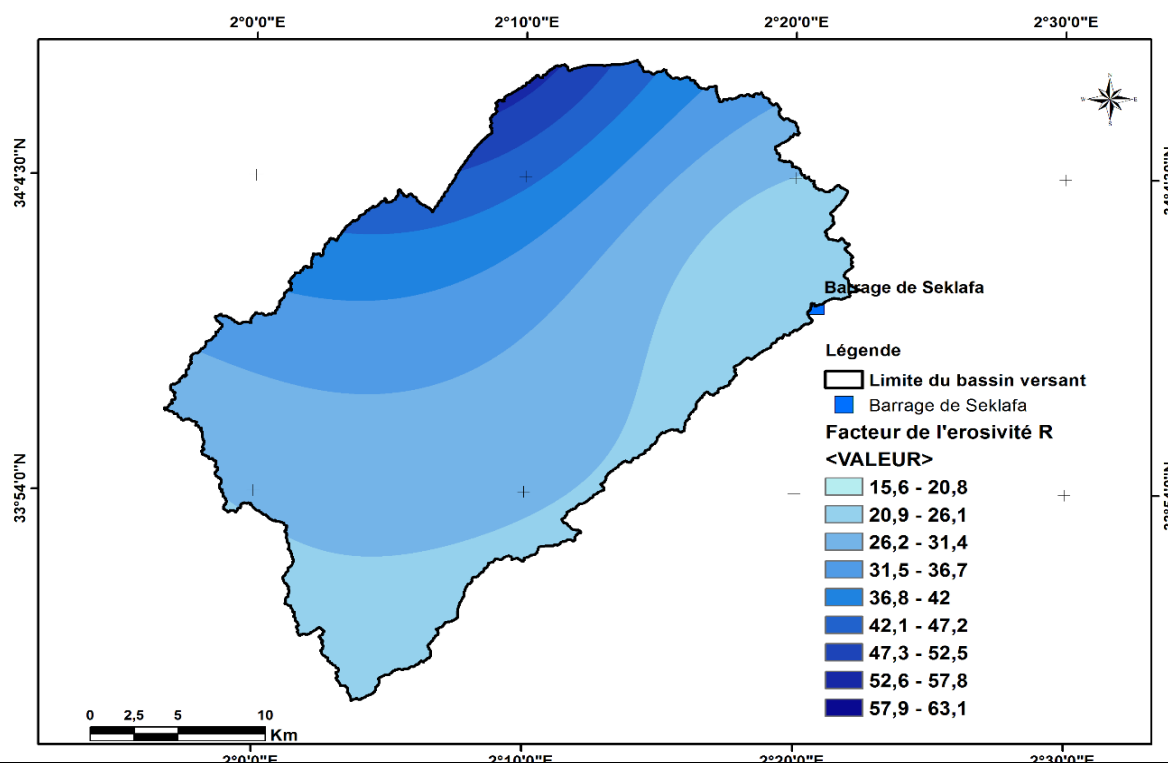
$$\text{Log R} = 1,74 \log \Sigma (P_i^2 / p) + 1,29$$

R : agressivité climatique en Megajoules.mm /hectare. Heure.

Pi : Précipitation mensuelles.

P : Précipitations annuelles

Figure 5 3: Carte de Facteur d'érosivité de bassin de Seklafa (Auteurs)



Le territoire du bassin versant est soumis à une agressivité climatique élevée correspondante à une classe de R supérieur à 63 MJ.mm/ha.h.an. Ce résultat permet de déduire que le bassin est subit à un pouvoir érosif important.

La figure5.4 montre que la valeur du facteur R varie de 15.6 (mm/ha.h.an) à 63.3 (mm/ha.h.an). Les valeurs élevées sont enregistrées au nord-Ouest, alors que les valeurs faibles sont enregistrées au Ouest et les plus faibles sont localisées surtout au Sud-ouest du bassin versant de Seklafa

5.1.4 L'érodibilité des sols K

Certains sols sont, par nature, plus sensibles à l'érosion hydrique, ou, au contraire, plus résistants que d'autres. Les valeurs de l'indice d'érodibilité sont comprises entre 0,32 et 0,34. Presque la superficie totale du bassin présente généralement une érodibilité forte (0,34) au Nord-ouest et Sud-Ouest, suivie d'une érodibilité faible(0,32) sur le reste superficie du bassin versant

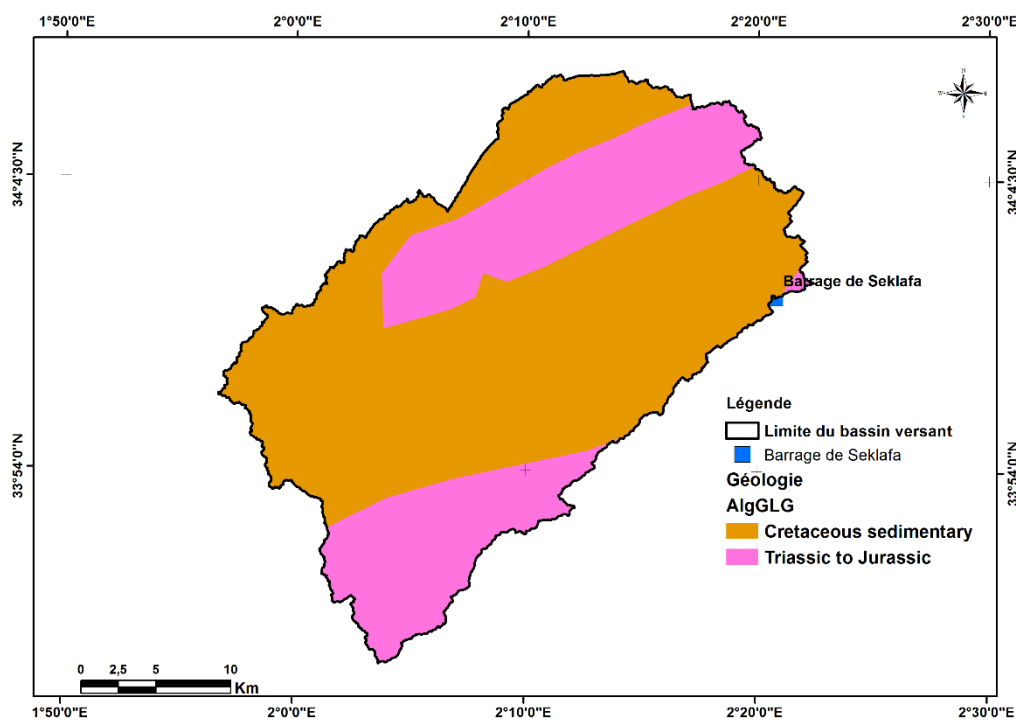


Figure.4 :Carte litologique de bassin versant seklafa (Auteurs)

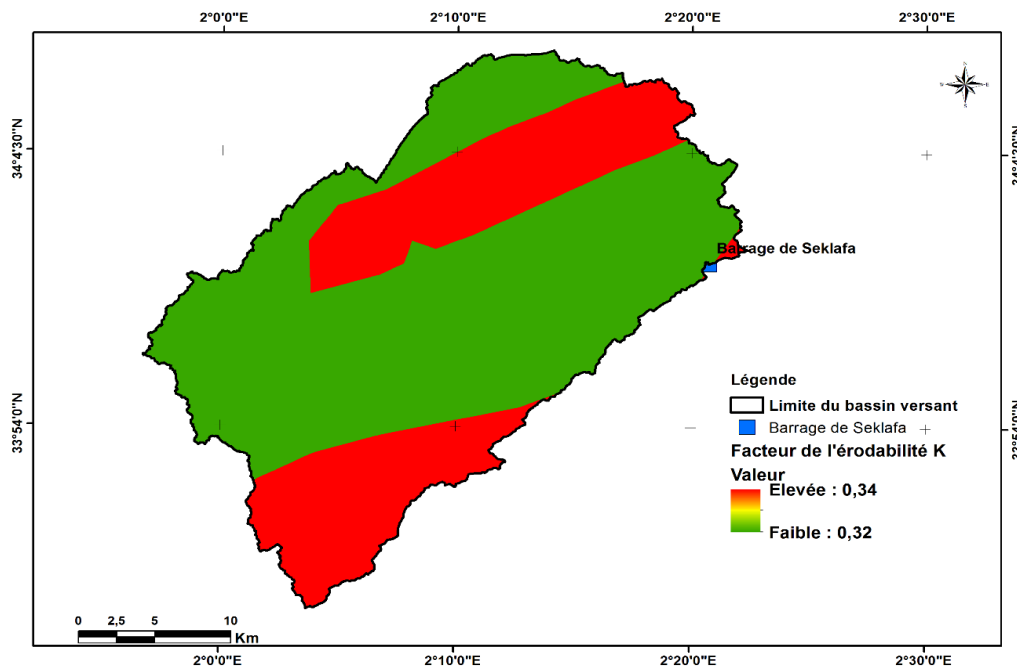


Figure.5: Carte du facteur d'érodabilité K (Auteurs)

en ressort que le facteur d'érodabilité (K), apparaît Wischmeier (1971) à partir des caractéristiques du sol, varie entre 0.32 à 0.34, classant ainsi les sols de cette région comme

Sols moyennement sensibles à l'érosion

- Classification des sols selon leur érodabilité (BOLLINE et al, 1978)

$K < 0,15$ Sol très résistant à l'érosion

0,15 à 0,25 Sols assez résistants à l'érosion

0,25 à 0,35 Sols moyennement sensibles à l'érosion

0,35 à 0,45 Sols sensibles à l'érosion

$K > 0,45$ Sol très sensibles à l'érosio

5.1.5 Facteur couvert végétal (C)

Le facteur C est utilisé pour déterminer la densité du couvert végétal, l'efficacité relative à des principaux systèmes culturaux et la gestion des sols. Pour pouvoir évaluer les différentes unités de la couverture végétale à l'échelle du bassin versant de Seklafa, il est

nécessaire d'établir une carte d'occupation des sols à partir d'un travail de terrain et de l'utilisation des données des images multi-spectrales à grande résolution Sentinel-2. Les valeurs de C varient entre 1 pour une jachère nue et 0,001 pour un sol complètement couvert (Wischmeier et Smith 1978).

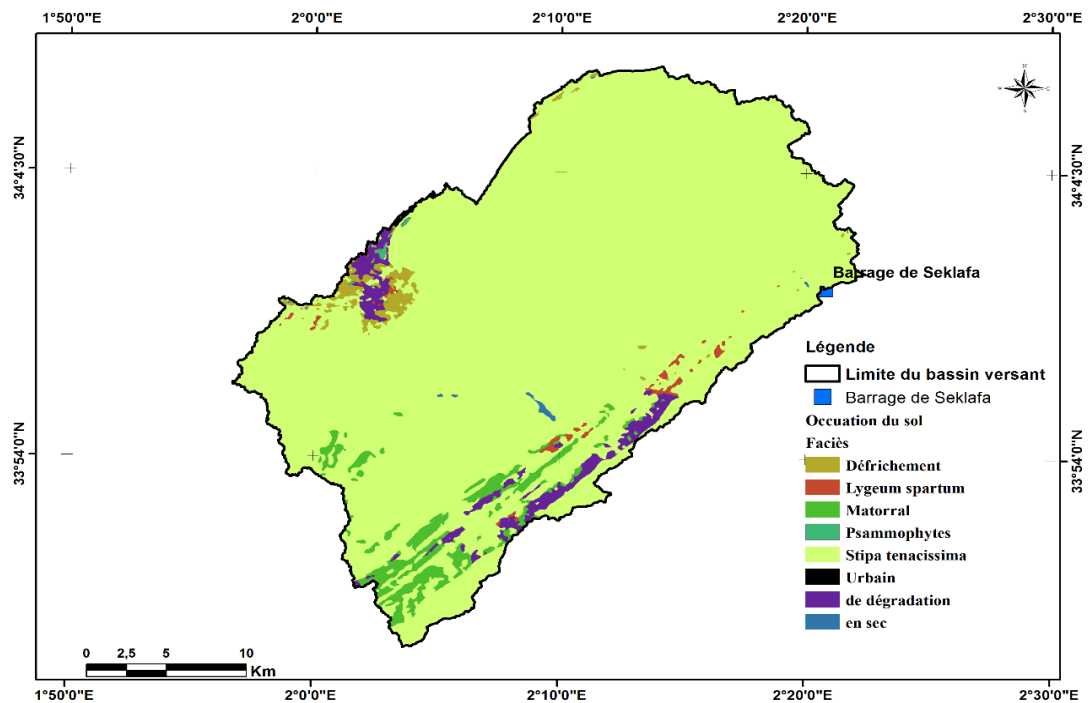


Figure.6 : Carte de l'Occupation du sol (Auteurs)

Table 3 :Facteur C en fonction de la classe d'occupation du sol

| Tybe d'occupation du sol | Facteur C |
|--------------------------|-----------|
| Foret | 0.08 |
| Céréaliculture | 0.28 |
| Arboriculture | 0.25 |
| Terrains nue | 0.75 |

La valeur du facteur C de la zone d'étude est assez hétérogène, se situe entre 0,08 et 0,75. Sur cette carte, les valeurs les plus élevée du facteur C indique que la zone possède une bonne couverture végétale et pour les valeurs inférieures indiquent des terres nues. La carte obtenue montre que la totalité de la superficie du bassin présente un taux de couverture végétale faible surtout vers le Nord-Ouest, parcontre des zones vers le Sud-Ouest, ont une bonne couverture végétale .

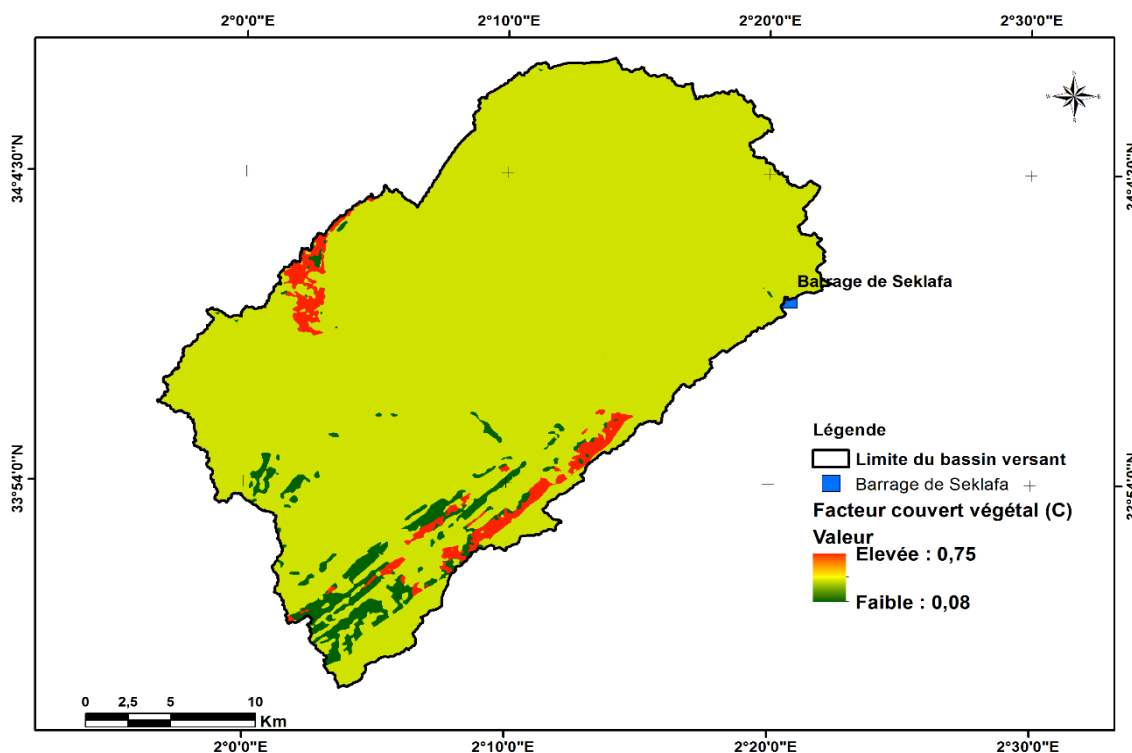


Figure.7 : carte facteur couvert végétal C du bassin versant Seklafa (Dr.Anteur)

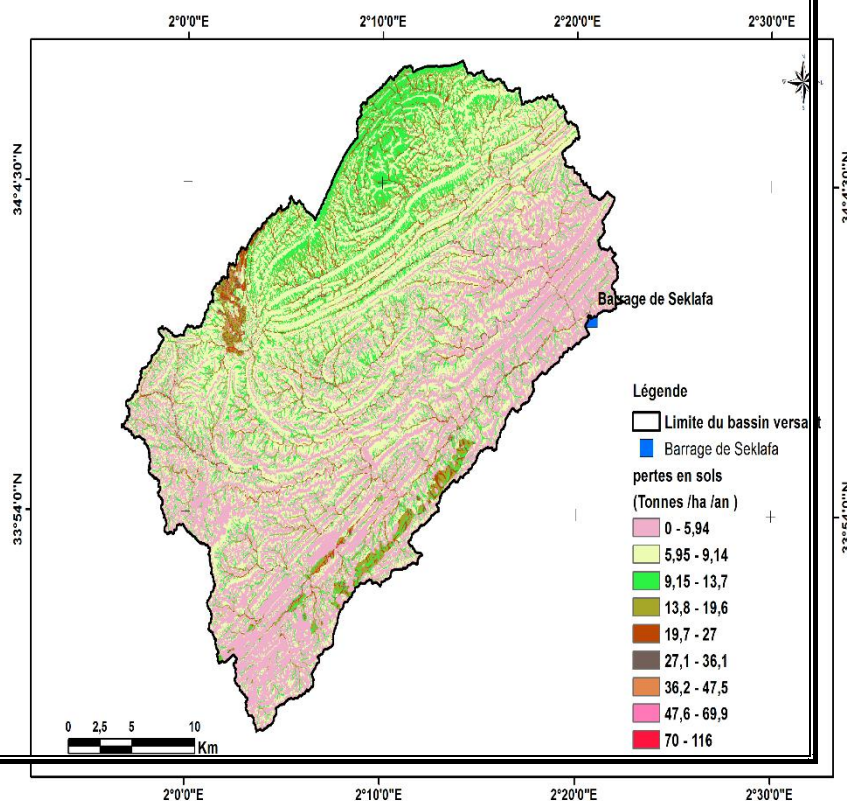
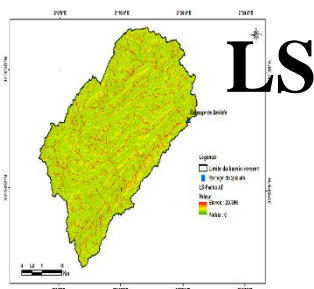
5.1.6 Le facteur de pratiques anti-érosives (P)

Le facteur de pratiques anti-érosives (P) reflète des pratiques qui réduisent la quantité d'eau de ruissellement et leur vitesse, diminuant ainsi les effets de l'érosion hydrique. Le facteur P, représente le rapport entre les pertes en terres sur un champ aménagé et celles d'une parcelle de taille voisine non aménagée ou encore de la parcelle de référence de wischmeier (Roose 1994).

Les cultures en courbes de niveau, en bandes alternées ou en terrasses, les reboisements en banquettes, le buttage et le billonnage sont les pratiques les plus efficaces de conservation des sols. Les valeurs de P sont inférieures ou égales à 1.

5.2 Evaluation des pertes en sols

Evaluation des pertes en sols Les pertes en sols résultent de la combinaison des facteurs du modèle RUSLE, à savoir l'agressivité climatique R, l'érodibilité des sols K, le facteur topographique LS, le couvert végétal C et les pratiques antiérosives P. La combinaison des cartes de ces principaux facteurs dans un environnement SIG a permis d'obtenir la carte des pertes en sols en tout point du bassin versant



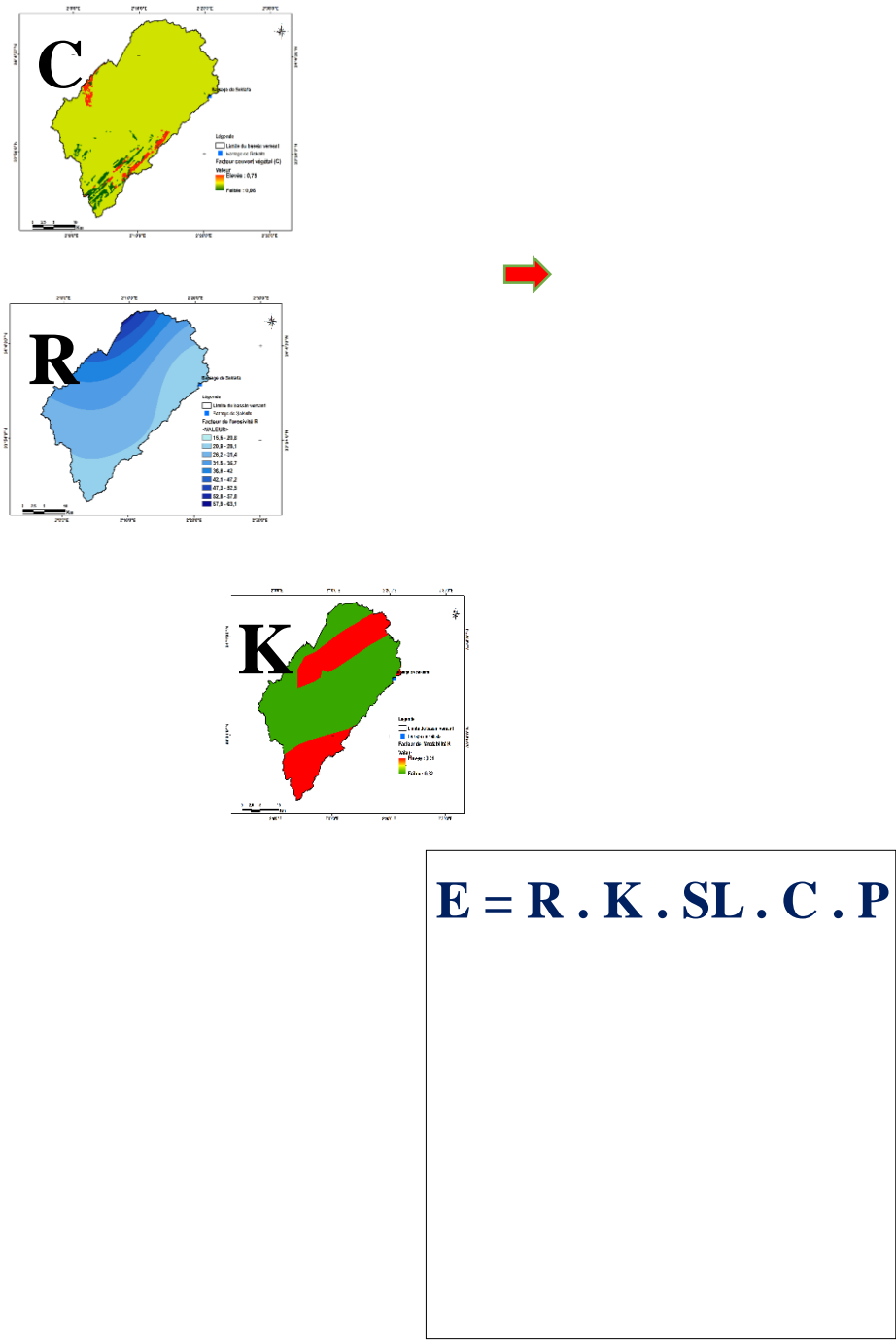
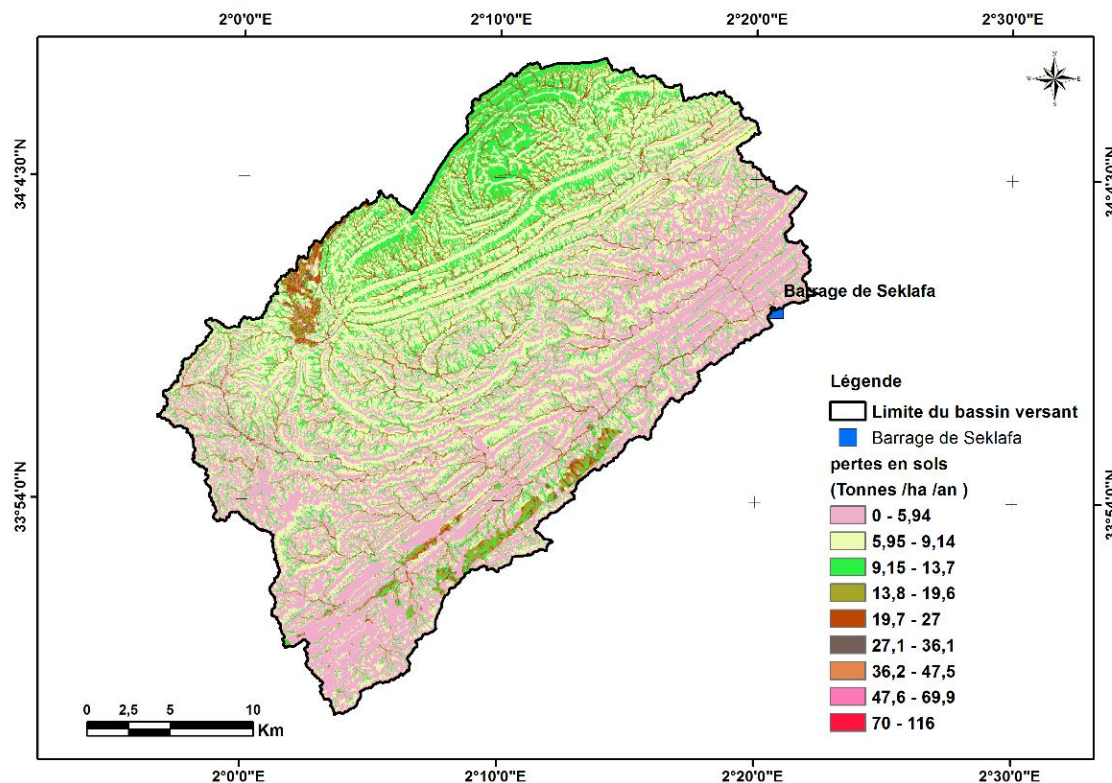


Figure .8 : Carte du pert en sols de bassin versant de seklafa (Auteurs)



Pour faciliter la quantification et l'estimation de l'érosion hydrique, on a choisi d'utiliser une classification américaine qui se base sur la tolérance des sols à l'érosion. Cette classification considère que les sols peuvent supporter une perte allant jusqu'à 7,41 t/ha/an et que si les pertes sont de plus de 20 t/ha/an elles peuvent devenir fortes et dangereuses

Selon cette classification, on considère que les pertes sont faibles lorsqu'elles ne dépassent pas 7,41 t/ha/an, moyennes lorsqu'elles sont comprises entre 7,41 et 19,77 t/ha/an, forte lorsqu'elles ont des valeurs comprise entre 19,77 et 32,17 t/ha/an et très forte lorsque les pertes dépassent 32,17 t/ha/an. La répartition de ces classes dans le bassin versant est représentée sur la carte de pertes (Figure 8) et les proportions de chaque classe son rangées dans le tableau (6).

Table 4: Classes de perte en sol de bassin versant de Skelafa

| Erosion hydrique | Pertes en sols (Tonnes /ha /an) | Surface (ha) |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------|
| Erosion faible | 0-5.94 | 62019.578 |
| Erosion Faible | 5.95-9.14 | 3655,45588 |
| Erosion hydrique moyenne | 9.15 – 13.7 | 1744.59378 |
| Erosion hydrique moyenne | 13.8 – 19.6 | 702.768792 |
| Erosion hydrique forte | 19.7 - 27 | 827.288524 |
| Erosion hydrique très forte | 27.1 – 36.1 | 317.569089 |
| Erosion hydrique très forte | 36.2 – 47.5 | 211.405177 |
| Erosion hydrique très forte | 47.6 – 69.9 | 104.583804 |
| Erosion hydrique très forte | 70 - 116 | 20.803 |
| | somme | 69603.308 |

5.3 Discussion

La réalisation des cartes des principaux facteurs intervenant dans l'érosion hydrique des sols a permis d'obtenir la carte des pertes en sols en tout point du bassin versant de Seklafa , La lecture préliminaire de la carte d'érosion montre une répartition spatiale des classes d'érosion, ce qui souligne clairement l'impact cumulé des différents facteurs responsables de l'érosion.

le Facteur P varie généralement dans notre cas entre 5-10 T/ha/an au centre du bassin et vers le sud-Ouest pour les zones à faible pente, et pour les pentes aiguës le coefficient varie entre 27 et plus de 100t/ha/an vers le Ouest du bassin (Fig.8), dans la plupart du bassin, on rencontre une concentration de la classe d'érosion moyenne à forte ,autres zones se répartissent dans le bassin et beaucoup plus dans sa partie sud-Ouest, et nord-ouest du bassin versant.

6 Conclusion générale

La dégradation des sols dans le bassin a des effets visibles sur l'environnement, les transports solides en suspension qui se font essentiellement pendant les crues. (Elahcene et *al.* 2013) et des conséquences socio-économiques négatives.

Les cartes des risques potentiels et actuels obtenues au cours de cette étude constituent une mise en valeur des ressources naturelles et plus particulièrement des ressources en sols. Elles ont été exploitées pour mettre en œuvre un plan de conservation des sols qui permet de privilégier la prévention plutôt que la restauration beaucoup plus coûteuse et généralement moins accessible et qui énonce les mesures à prendre pour réduire l'érosion hydrique à un niveau acceptable.

L'échelle choisie 1/50000 suffit pour estimer les zones potentielles à l'érosion hydrique en vue d'un pouvoir global de protection de ces zones. La carte des risques potentiels constitue un plan d'information stable dans le temps, et elle est d'un intérêt déterminant permettant la mise à jour de la carte des risques actuels. Les données disponibles ont été exploitées statistiquement, pour les différentes catégories des terrains en fonction de leur sensibilité à l'érosion hydrique.

Le recours aux images satellite et à un SIG présente des avantages importants par rapport aux méthodes basées sur des expérimentations de terrain pour la gestion durable des ressources en sol.

La méthode des pertes en sols de l'USLE apporte une aide importante aux décideurs et aux aménageurs pour simuler des scénarios d'évolution de la région et planifier les interventions de lutte contre l'érosion. Elle permet aussi de suivre l'impact de l'utilisation des sols et des aménagements. L'approche utilisée a permis la caractérisation de l'état des surfaces et la variation temporelle des facteurs influençant l'érosion hydrique dans le bassin versant. (Toumi et *al.* 2013).

Les résultats montrent que le risque érosif est visible dans l'ensemble du bassin de SEKLFA présente des pertes en sols qui varient de 5.94 à plus de 100 t/ha/an et plus de 2.1 % de la superficie totale du bassin présente des valeurs supérieures à 27 t/ha/an.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AISSAOUI , A.,2016.** Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de l'oued m'zi (laghouat, algerie) . Oran: université d'oran 2 , faculté des sciences de la terre et de l'univers ,
- ANTEUR, D.,2019.** Système d'information géographique et cartographie. Saida: université de moulay taher faculté des sciencesboukli ,
- CHÉRIFA, ET RABAH,A.,2016 .** Systemes d'information géographique. Tlemcen: université aboubakr belkaïd.
- DEMMAK A ., 1982.** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solide en Algérie septentrionale. Thèse Doc – Ing .Paris. P323
- ELSWAIFY A. Et ROOSE C.W., 1988.** Analysis of erodibility of two soils tropical soils using a process model. Soil Sci. Soc. Am. J 52. Pp 781-787.
- FAO ., 1983 .** Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulletin pédologique, vol. 50, 62p.
- FAO., 1976.** La conservation des sols dans les pays en voie de développement. Bulletin pédologique, vol. 30, 92p.
- 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. 393p.
- HEUSCH B., 1970 .** L'érosion hydraulique dans le bassin de Sebou : une approche quantitative. Revue Géogr. Du Maroc.
- HEUSCH B., 1982.** Etude de l'érosion et des transports solides en zone semi-aride. Recherche bibliographique sur l'Afrique du nord. Projet RAB/80/04 PNUD.p83.
- Herrekat M.(1986) :**La sédimentation de hauts niveaux marins d Cretace supérieur de l'Atlas Saarien orientale et des Aures :Stratigraphie séquentielle ,analyse quantitative des bécénoses,évolution paléogéographiques et contexte géodynamique .Tese, Doct,Univ Alger
- KOUDEDED, Mohamed.,2013.** Cartographie des risques d'érosion hydrique des sols au moyen. Mostaganem: université abdelhamid ibn badis.

MORGAN R., 1986. Soil erosion et conservation. Ed: D.A. Davidson, John Wiley and Sons Inc., 253p.

MOEYERSON S., 1989. Etude et prévision de l'érosion des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique, thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur en sciences géographiques

MAZOUR M., 1992. Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser. Tlemcen, Algérie. Bull. Réseau Erosion n° 12. 303-313

MORSLI B., 1996. Caractérisation, distribution et susceptibilité à l'érosion des sols de montagne « cas des monts de Béni-Chougrane – Mascara ». Thèse de magistère I.N.R.F EL, Harrach. P170.

ROOSE E., 1994 . Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (CGES). Rome 1994. ORSTOM-Montpellier, France. 245 p.

REMINI B. Et HALLOUCHE W., 2007. Studying Sediment. Revue International Water Power et Dam construction. October, 42-45.

TOURE , Mamadou, Harouna KARAMBIRI , et Yacouba HAMMA .,2004 «érosion hydrique- conservation des eaux et des sols.»

WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D., 1960. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm-planning. Proc. 7th Intern Congress on Soil Science, vol I, p.418-425

Wildi W. (1983). La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. - Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys. Vol. 24/3, 201-297.

