



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : Ecologie

Spécialité : Protection des écosystèmes

Présentée par : - M^{lle} SEMGHOUNE Sabrina

- M^{lle} FENDIL Nawel

Thème

Apport de SIG pour la cartographie du risque de dégradation des sols
Cas du canton Guerouaou Parc National de Theniet El Had Wilaya de
Tissemsilt

Soutenu le : 19 Juin 2022.

Devant le Jury :

MAIRIF Mohamed	Président	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
FELLAH Sahnoun	Encadreur	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
BENZOHRA Nadjib	Co-Encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
TIR Elhadj rana	Examineur	C.F.T	

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

Louange à ALLAH, notre grand seigneur, de nous avoir éclairé le chemin du savoir et de nous avoir donné la bonne volonté et la patience pour l'achèvement de ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute ma gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute nos profondes reconnaissances à notre encadreur monsieur FELLAH SEHNOUNE, pour sa patience, disponibilité et notamment les judicieux conseils, qui a contribué à enrichir notre réflexion. Sans oublier ses compétences, rigueurs ainsi que son comportement humain qu'il caractérise et nous ont profondément touché

Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury qui nous font un grand honneur d'évaluer ce travail, nous nous souhaitons être à la hauteur de leurs attentes.

Nous voulons aussi remercier tous les enseignants, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études et qui ont veillé au bon déroulement de notre formation.

Nous voudrions exprimer nos reconnaissances en envers toute nos familles, les amies et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout le long de notre cursus universitaire.

Finalement, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Dédicace

Grace à Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie.

A mon papa, à qui je dois mon éducation et mon instruction, que Dieu lui accorde sa grâce infinie.

A ma très chère et douce mère, qui m'a transmise la vie, l'amour, le courage, qui s'est trop inquiétée pour cette recherche, et qui a tant veillée pour moi.

Qu'ils trouvent ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera jamais à la hauteur de leur dévouement. Aucune dédicace ne peut vous exprimer la profondeur de mes sentiments. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

*A celui qui m'a toujours encouragé **ABD EL KADER**, pour son soutien aux moments difficiles de mon travail.*

*A mes proches amis et mes sœurs **ZARIS SARA**, **NOUR EL HOUDA** et **NAWEL** les mots ne peuvent résumer ma reconnaissance et mon amour à son égard, je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

*A mes belles deux sœurs **GHANIA** et **BOUCHRA**, que Dieu vous garde pour moi et vous accorde une bonne santé.*

*A mes beaux-frères **YOUCEF**, **FAROUK** et **ABDOU**, je vous souhaite les succès et bon courage pour examens*

A toute ma famille pour son affection et sa contribution à mon mémoire.

Enfin je le dédie à tous mes amis que je n'ai pas cité et à tous ceux qui me connaissent.

A tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail

Sabrina



Dédicace

Grace à Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie.

A mon papa, à qui je dois mon éducation et mon instruction, que Dieu lui accorde sa grâce infinie.

A ma très chère et douce mère, qui m'a transmise la vie, l'amour, le courage, qui s'est trop inquiétée pour cette recherche, et qui a tant veillée pour moi.

Qu'ils trouvent ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera jamais à la hauteur de leur dévouement. Aucune dédicace ne peut vous exprimer la profondeur de mes sentiments. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

*A mes proches amis et mes sœurs **ZARIS SARA, NOUR EL DONIY** et **SABRINA** les mots ne peuvent résumer ma reconnaissance et mon amour à son égard, je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

*A mes beaux frères **MOHAMED, MOUSTAPHA** et **MOUNIR** je vous souhaite le succès, et la réussite dans leur vie, que Dieu vous garde pour moi et vous accorde une bonne santé.*

*A ma chère sœur **IMANE** qui m'a beaucoup soutenu durant toutes mes études, je te souhaite le succès et le bonheur dans ta vie, que dieu vous garde pour moi.*

*Avec toute ma tendresse, à mes neveux **IMAD** et **ANES**, que dieu les protège.*

A toute ma famille pour son affection et sa contribution à mon mémoire.

Enfin je le dédie à tous mes amis que je n'ai pas cité et à tous ceux qui me connaissent.

A tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail

Nawel



Listes d'abréviations :

CCT : Centre Canadien de Télédétection.

CITA : Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale.

DEM : digitale élévation modèle.

ENVI : Environment for Visualising image.

GPS : Global Positioning System.

HAP : hydrocarbure aromatique polycyclique.

HAP : hydrocarbure aromatique polycyclique..

Landsat: Land Satellite.

MNT : Modèle Numérique de Terrain.

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index.

OCFSRT : Ontario Centre for Soil Resource evaluation.

PNTH : Parc National de Theniet El Had.

QGIS: Quantum Geographic Information System.

SIG : Système d'Information Géographique.

USLE : Équation universelle des pertes en terre.

Listes des figures

Figure 1 : Quelques exemples de structure de sol (GOBAT et al, 2010).....	5
Figure 2: Les constituants d'un sol (Lemière et, 2000).....	6
Figure 3: Les trois étapes par lesquelles passe l'érosion (A. Smiri 1987).....	10
Figure 4: Eclatement des agrégats.....	11
Figure 5: Détachement par splash	12
Figure 6: Détachement par ruissellement.....	13
Figure 7: Erosion en nappe.....	14
Figure 8: Erosion linéaire.....	15
Figure 9: Erosion par ravinement.....	16
Figure 10: Sapement des berges.....	17
Figure 11: effet de la forêt (Dernancourt, 1995)	20
Figure 12: Situation du parc national de Theniet El Had.....	25
Figure 13: Carte présente la situation de la wilaya de Tissemsilet	26
Figure 14: Carte des cantons du parc national de Theniet El Had	28
Figure 15: Représente la carte du sol	30
Figure 16: Températures tout au long de l'année (température minimale, moyenne mensuelle et température maximale moyenne mensuelle).....	32
Figure 17 : Diagramme ombrothermiques des deux stations de la zone d'étude. (SOUFI et MESSAOUD, 2017).....	35
Figure 18: Quelques animaux du PNTH.....	36
Figure 19: Carte de végétation du parc national de Theniet El Had	37
Figure 20: Carte présente la zone d'étude.....	40
Figure 21: Carte du MNT du PNTH	41
Figure 22: Carte MNT du canton de Guerouaou.....	41
Figure 23: Différent satellites Landsat	43

Figure 24: Logiciel ENVI 5.1	45
Figure 25: Récepteur GPS marque Magellan Spor Trak.....	47
Figure 26: Organigramme méthodologique du modèle URSL appliquée.....	53
Figure 27: Triangle montre les Codes de perméabilité basée sur la classification des textures (Ontario Centre For Soil Resource Evaluation, 1993).	58
Figure 28: Carte de facteur K.	58
Figure 29: Carte de MNT.	59
Figure 30: Carte des pentes.	60
Figure 31: cercle trigonométrique présente le pourcentage du chaque classe des pentes.	61
Figure 32: Carte de pente.	61
Figure 33: Facteur LS.....	62
Figure 34: Carte de NDVI.....	63
Figure 35: Carte de facteur C.	64
Figure 36: Carte de facteur P.....	65
Figure 37: Carte de facteur R.	68
Figure 38: Carte de facteur A.....	69
Figure 39: Carte de classe du parte en sol.....	70
Figure 40: Cercle trigonométrique présente le pourcentage du perte en sol dans chaque classe..	71

Listes des tableaux

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles en C° de la zone d'étude (1991-2016), corrigées (SOUFI et MESSAOUD, 2017).....	31
Tableau 2: Moyennes des précipitations mensuelles de la zone d'étude (1991-2016), corrigées (SOUFI et MESSAOUD, 2017).....	32
Tableau 3: Nombre de jours d'orage enregistrés dans la station de Theniet El Had (MELAZEM ,1990).	33
Tableau 4: Répartition de l'humidité relative dans le parc	34
Tableau 5: Direction des vents dans le parc nationale de Theniet El Had	34
Tableau 6: Une image satellitaire disponible souvent la région.....	42
Tableau 7: Une image satellitaire disponible souvent la région.....	42
Tableau 8: les principales caractéristiques des satellites Landsat	42
Tableau 9: Les pluies moyennes dans 7 stations.....	44
Tableau 10: Valeurs de α pour différentes perméabilités.....	51
Tableau 11: Variation de l'érodibilité du sol (K) en fonction du type de sol (Stone et Hilborn, 2000).....	57
Tableau 12: Pourcentage des classes des pentes.	60
Tableau 13: Classe de pente	62
Tableau 14: La valeur du facteur P	65
Tableau 15: Les stations pluviométriques réparties dans la région d'étude.	67
Tableau 16: La classification des pertes des terres et le degré de sensibilité à l'érosion.	69
Tableau 17: les classes de la perte en sol en degré et pourcentage.	70

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Listes d'abréviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Sommaire

Introduction Générale 1

Chapitre I : Généralité

I.1.Introduction général 3

I.2.définition du sol 3

I.3.Propriétés physiques 4

I.3.1.Texture du sol 4

I.3.2.Structure du sol 5

I.4.Les constituent du sol 6

I.4.1. La fraction minérale 6

I.4.2.La fraction organique 6

I.5.Les types du sol 7

I.6.Dégradation de sol 7

I.6.1.Définition de la dégradation du sol 7

I.7.Les types de dégradation 8

I.7.1.Dégradation biologique 8

I.7.2.Dégradation physique 8

I.7.3.Dégradation chimique 8

I.8.L'érosion 9

I.8.1. Généralité sur l'érosion 9

I.8.2.Définition de l'érosion 9

I.9. Les types d'érosion	10
I.9.1. L'érosion éolienne	10
I.9.2. Erosion hydrique	10
I.10. Mécanisme	11
I.10.1. Le détachement	11
I.10.2. Le ruissellement	12
I.10.3. Le transport	13
I.10.4. La sédimentation	13
I.11. Les formes de l'érosion hydrique	14
I.11.1. L'érosion en nappe ou aréolaire	14
I.11.2. L'érosion linéaire	14
I.11.3. L'érosion par ravinement	15
I.11.4. L'érosion en masse	16
I.11.5. L'érosion des berges	16
I.12. Les étapes de l'érosion hydrique	17
I.13. Les facteurs de l'érosion hydrique	18
I.13.1. La topographie	18
I.13.2. Facteur climatique.....	18
I.13.3. Facteur lithologique	19
I.13.4. Le couvert végétal	19
I.13.5. Les facteurs anthropiques	19
I.14. Les effets de l'érosion	20
I.14.1. Hors du champ	20
I.14.2. Sur le terrain	21
I.15. Sig et télédétection	21
I.15.1. La télédétection	21
I.15.2. Le système d'information géographique(SIG)	22
I.16. Méthodes d'intégration entre la télédétection et les SIG	22

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Présentation général	25
II.2.Présentation de la wilaya de Tissemsilet	26
II.3. Aperçu historique du parc national de Theniet El Had	26
II.4.Situation géographique	27
II.5.Description du canton Guerouaou	28
II.6.Etude des caractéristiques physiques de la zone d'étude	29
II.6.1.exposition	29
II.6.2.Pente	29
II.6.3.Altitude	29
II.6.5.Pédologie	29
II.7.Etude climatique de la zone	30
II.7.1. Climat	30
II.7.2.Températures	31
II.7.3.Précipitations	32
II.7.4.Les formes de précipitations	33
II.7.4.1.L'orage	33
II.7.4.3.L'enneigement	34
II.7.5. Les vents	34
II.7.6.Synthèse climatique	35
II.7.6.1.Diagramme ombrothermique de Gausson	35
II.8.La biodiversité	36
II.8.1.la faune	36
II.8.2.La flore	37

Chapitre III : Matériel et méthode

III.1.Introduction	39
III.2.Présentation de la zone d'étude	39
III.3.Localisation du canton de Guerouaou	39

III.4.Collecte des données	40
III.5.Données disponibles	40
III.5.1.Programme Landsat	42
III.6.Logiciels utilisé	44
III.6.1.Traitement des données pluviométriques	44
III.6.2.Logiciels cartographiques	44
III.7.Apport de la télédétection et les SIG à l'étude de l'érosion	47
III.8.Méthode utilisé pour l'évaluation de l'érosion hydrique	48
III.8.1.Méthodes directes	48
III.8.1.1.Mesures topographique	48
III.8.1.2.Simulation de pluie	48
III.8.1.3.Mesures par l'étude du transport solide	49
III.8.1.4.Mesures par l'étude de la sédimentation dans les retenues	49
III.8.2.Les mesures indirecte	50
III.8.2.1.Formule de Henin 1950	50
III.8.2.3.Formule de Fournier (1960)	50
III.8.2.4.Formule de Tixeront (1960)	51
III.8.2.5.Formule de la Sogreah	51
III.8.1.6.Formule de Wischmeier et Smith (Universal Soil Loss Equation - USLE 1958)	52
III.9.Domaines d'application de l'USLE	53
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IV : Applications de la méthode USLE et Discussion

IV.1.Introduction	56
IV.2.Application de la méthode USLE	56
IV.3.Les facteurs de la méthode USLE	56
IV.3.1.Le facteur K : l'indice d'érodabilité des sols à l'érosion	56
IV.3.2.Facteur topographique (LS) : longueur et l'inclinaison de la pente	59
IV.3.3.Facteur C : d'exploitation du couvert	63

IV.3.4.Facteur P : facteur de conservation et d'aménagement.....	64
IV.3.5.Facteurs (R) : Erosivité Potentielle des précipitations	66
IV.3.6.Facteur (A) : Perte des sols	68
IV.4.Discussion	72
Conclusion générale	74
Références bibliographiques	Erreur ! Signet non défini.

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction Générale

L'érosion des sols est un phénomène naturel qui affecte toutes les types de sol et menace la vie environnementale qui contribue à la formation d'un couvert végétal et animal, qui joue un rôle majeur dans la cohésion des sols

L'érosion du sol fait référence à l'érosion de la surface du sol par les forces physiques naturelles (précipitations et du vent). L'érosion des sols se produit à la surface de la terre sous plusieurs formes et cela varie selon le type d'érosion, où l'on retrouve l'érosion éolienne et hydrique. L'érosion hydrique se produit lorsque les pluies tombent, car plus le taux de pluies est élevé, la capacité d'absorption du sol est faible, Cela provoque son érosion avec les courants d'eau et les inondations.

Il existe de nombreuses études qui nous permettent de mesurer le taux de perte de sol à travers plusieurs logiciels, notamment USLE qui a été développé par les scientifiques en 1978. Ce logiciel est basé sur une simple équation linéaire qui comprend six équations majeures dans le processus d'érosion sont : la pluie (R), l'érodabilité du sol (K), l'inclinaison (S) la longueur de la pente (L), le couvert végétal (C) et les actions suivies pour lutter contre l'érosion des sols (P).

Lorsque nous obtenons ces résultats, ils peuvent être représentées sous forme des cartographies à l'aide du SIG (Système d'Information Géographique) c'est un système qui transforme les données numériques en cartographes.

Ce travail s'articule autour de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, on représente des généralités sur l'érosion hydrique.

Le deuxième chapitre est consacré à donner un aperçu sur la zone d'étude canton Guerouaou dans le parc national de Theniet El Had Wilaya de Tissemsilt.

Le troisième chapitre, et réservé à la moyens et méthodes de suivi l'érosion hydrique dans le canton Guerouaou.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application du modèle USLE pour la quantification de l'érosion hydrique dans le parc national de Theniet El Had exactement dans le canton de Guerouaou. Notre travail se termine par la discussion des résultats obtenus et une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité

I.1.Introduction général

Toute la vie terrestre dépend d'une fine couche de sol. Le premier mètre de la surface de la terre alimente plus de six milliards de personnes, ainsi qu'un nombre immesurable d'insectes, de reptiles, d'oiseaux et d'animaux. Même une grande partie de la vie marine dépend des éléments érodés ou dissous des continents et transportés dans les milieux aquatiques. Depuis quelques décennies, des pressions économiques et démographiques ont conduit à une dégradation rapide et massive des sols exploités à travers le monde.

Aujourd'hui, la dégradation des sols contribue non seulement à l'appauvrissement des écosystèmes, mais elle met en danger la qualité de vie, voire même la survie, de certaines populations vulnérables. Les civilisations ne se sont développées en fonction des contraintes et potentiels que présente le milieu naturel. Il est évident que le climat détermine en grande partie les caractéristiques naturelles de l'environnement non seulement les végétaux reflètent les conditions d'énergie et de précipitation d'un milieu, mais encore certaines propriétés des sols sont fortement corrélées avec les conditions climatiques.

La première forme de dégradation de sol est l'érosion, Ce phénomène devient encore plus grave si l'on sait que 85% des surfaces cultivables, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion. Les deux agents principaux de l'érosion hydrique sont les précipitations et le ruissellement superficiel. Toutefois un grand nombre de facteurs (intensité et agressivité des précipitations, les caractéristiques du sol, la pente, la longueur de la pente, le couvert végétal, l'état hydrique initial du sol) et de mécanismes affectant la relation «chute de pluie – ruissellement entraînement des terres » sont à prendre en considération.

I.2.définition du sol

Les définitions du sol sont liées à son utilisation, pour un ingénieur civil le sol est un support sur lequel sont construites les routes et sont fondés les bâtiments, pour ingénieur d'assainissement le sol est un récipient d'égouts domestiques et municipaux. Pour l'hydrologue ou l'hydrogéologue le sol est un manteau vivant et végétalisé permettant le cycle de l'eau. Pour l'écologue le sol est un habitat et un élément de l'écosystème qui est le produit et la source d'un grand nombre de processus et interactions chimiques, biochimiques et biologique. On a d'ailleurs de plus en plus tendance à considérer le sol comme un écosystème à part entière, et non plus comme une composante d'un écosystème dont la base serait la végétation (**MOUFFOK, 2003**).

La science qui étudie les sols, leur formation, leur constitution et leur évolution, est la pédologie. Plus généralement, aujourd'hui, on parle de science du sol, englobant ainsi toutes les

disciplines (biologie, chimie, physique) qui s'intéressent pro parte au sol. De nombreux processus, autrefois considérés comme purement physico-chimiques, sont aujourd'hui attribués à l'activité des êtres vivants, comme l'altération des minéraux ou la mobilisation du fer par les sidérophores bactériens (ALZOUMA, 2005).

I.3. Propriétés physiques

I.3.1. Texture du sol

Une des caractéristiques des sols est la taille des éléments minéraux qui le composent :

- Les cailloux ou blocs sont les éléments de taille supérieure à 2 mm
- Les éléments de taille inférieure à 2 mm sont définis par leur classe de texture, les argiles étant de par leur taille des particules.

Ces minéraux appartiennent aux groupes ou des carbonates.

- Des ions arrivent dans le sol en solution dans l'eau d'infiltration, à partir des pluvio-lessivats, de la décomposition de la litière ou bien encore des processus d'altération, et peuvent se fixer aux particules colloïdales citées ci-dessus, formant le complexe absorbant.

D'autres ions, comme les sulfates (SO_4^{2+}) ou les iodures (I^-) sont apportés par les précipitations atmosphériques (BOULAINÉ, 1975).

Les particules colloïdales chargées négativement peuvent se présenter à l'état dispersé ou floculé :

- A l'état dispersé, les particules se repoussent en raison de leur polarité, et occupent tous les interstices du sol, ou elles peuvent s'accumuler (colmatage du sol) ou bien migrer (lessivage du sol). Dans le premier cas le sol devient asphyxiant, et l'eau ne s'y infiltre plus, le sol est difficile à travailler. Dans le second cas il se forme un niveau d'accumulation d'argile en profondeur, pouvant entraîner la formation d'une nappe perchée.
- A l'état floculé, les particules colloïdales sont neutralisées électriquement par les ions métalliques chargés positivement, et s'agglutinent avec ceux-ci. Les flocons formés laissent un espace lacunaire, perméable à l'eau et à l'air. C'est un sol avec une bonne structure.

I.3.2. Structure du sol

La structure est un état du sol vivant à court terme. C'est le mode d'agencement des différents agrégats du sol. C'est derniers résultants de l'assemblage des particules entre-elle. En fonction de la présence ou non présence des agrégats, il y a (2) types de structures. Une structure avec agrégats dite fragmentaire et qui peut être arrondie, anguleuse ou feuilletés. Une structure sans agrégats dite continue.

La formation de la structure du sol résulte principalement de perturbations physiques d'origine anthropique ou climatique (OADES, 1993 ; EL TITI, 2003). Les pores créés par ces perturbations sont généralement allongés ; ce sont les fissures. L'activité biologique des organismes du sol participe aussi à la formation de la structure mais joue surtout un rôle majeur dans sa stabilisation. La dégradation de la structure résulte quant à elle de l'action de l'homme ou du climat (YOUNG ET AL. 1998). Dans le système labouré, la structure du sol est principalement créée par les opérations de travail du sol tandis que dans les systèmes non travaillés (semi direct) la structure est principalement créée par l'action du climat (en surface dans les régions tempérées) et par des processus biologiques (OORTS, 2006).

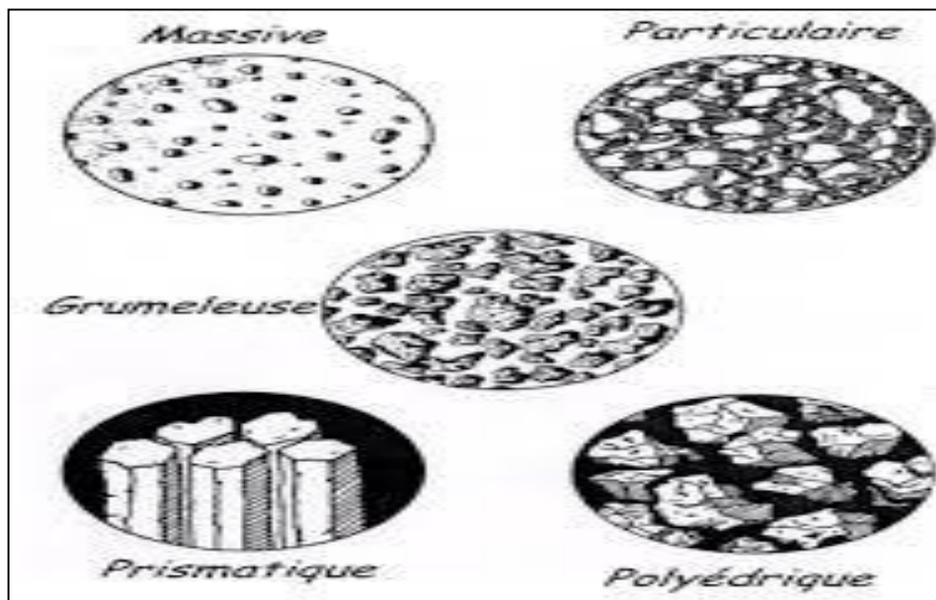


Figure 1 : Quelques exemples de structure de sol (GOBAT ET AL, 2010).

I.4. Les constituants du sol

I.4.1. La fraction minérale

La fraction minérale est principalement constituée de minéraux primaires (quartz, micas, feldspaths...) et de minéraux secondaire, les oxydes métalliques ou les argiles (**DUCHAUFOR, 2001**). **MIRSAL (2004)** rapporte que la fraction minérale n'intervient pas ou peu dans la sorption des polluants organiques sauf quand la teneur en carbone organique du sol est faible.

I.4.2. La fraction organique

La fraction organique est formée en grande partie de cellulose, d'hémicellulose, de lignine et de tanins en plus faibles pourcentages, venant de la matière décomposée. Cette matière organique contient également de petites quantités de protéines et des fragments d'hydrates de carbone, des composés aminés, phénoliques ou aromatiques issus de l'activité biologique (**MIRSAL, 2004**). **GABET (2004)** atteste que cette fraction intervient fortement dans la sorption des composés organiques tels que les **HAP** (hydrocarbure aromatique polycyclique).

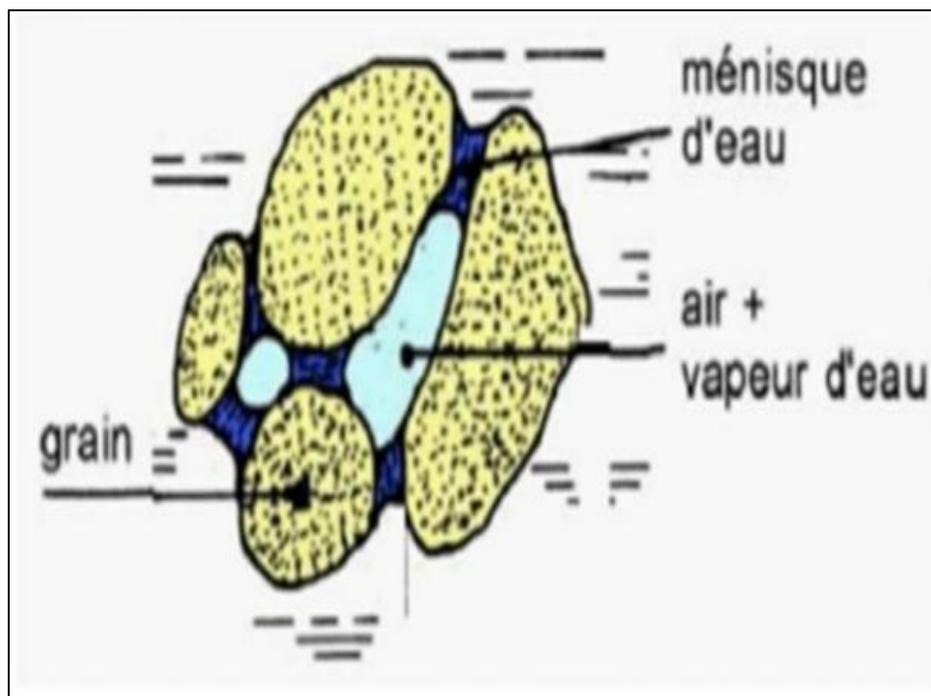


Figure 2: Les constituants d'un sol (LEMIERE ET AL, 2000)

I.5. Les types du sol

Il y a plusieurs nombres de type de sols, par exemple les sols podzols, les sols humides, les sols iso humiques, les sols bruns, les sols ferrugineux, ferralitiques et les sols hydro morphes.

Selon les travaux de Brabant et Humbel **1974**, plusieurs types de sol sont rencontrés dans six des sept corridors excepté celui dit « Cob de Buffon ». Dans les corridors :

- ✓ Hippotragus
- ✓ Eland de Derby
- ✓ Cob Défassa
- ✓ Galerie Forestière
- ✓ Buffle ou sont rencontrés des sols hydro morphes lessivés et vertiques
- ✓ Girafe ou l'unique sol rencontré est un sol ferrugineux à concrétions sur micaschistes faciès remaniés.

I.6. Dégradation de sol

I.6.1. Définition de la dégradation du sol

La dégradation des sols est un processus complexe qui résulte d'une interaction entre les facteurs biologiques et socio-économiques matérialisée par une perte en sol, eau, faune, flore ou en fonction (stockage du CO₂, purification de l'eau...) et en production (en agriculture, foresterie, pastoralisme...) (**FAO, 2015a ; OUMAR ET AL., 2013**). La dégradation la plus importante est celle qui affecte la biodiversité, les facteurs physiques et chimiques du sol (**GLATZEL ET AL., 2014 ; LINIGER ET AL., 2008**). Lorsque le stade ultime de la dégradation est atteint, les sols deviennent alors stériles et la situation est irréversible. Elle est un défi environnemental majeur du siècle présent qui s'aggrave avec les activités anthropiques et les changements climatiques (**ELD INITIATIVE & UNEP, 2015 ; UNCCD, 2015**). A l'exemple, les mauvaises pratiques agricoles conduisent à la perte de 12 millions d'hectare de sol agricole chaque année alors que 40% des sols dégradés se trouvent dans les pays les plus pauvres (**UNCCD, 2014**). La dégradation est donc un danger pour les familles, les communautés, mais aussi pour la paix et la stabilité dans le monde.

La dégradation des sols entraîne une insécurité qui se manifeste à six niveaux environnementaux interconnectés ; il s'agit de l'insécurité, hydrique, énergétique, éco-systémique,

climatique sans oublier l'insécurité de la biodiversité (MCBRANTEY ET AL, 2014). D'une façon générale la destruction de la couverture végétale débute par une raréfaction des espèces les plus utilisées. Parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de biomasse diminue, les capacités reproduction et de régénération des plantes se réduisent de plus en plus, entraînant la perte des propriétés physiques, chimiques et biologiques et la baisse de la fertilité des sols (BAZZANI, 2009). Cependant, les causes de la dégradation des sols sont multiples, complexes et variables d'une zone à autre et d'un pays à un autre.

I.7.Les types de dégradation

La dégradation peut être de trois formes : physique chimique ou biologique.

I.7.1.Dégradation biologique

Dans le sol, l'activité biologique contrôle les processus importants qui déterminent sa fertilité : taux ou vitesse de décomposition, de minéralisation, de dénitrification ou de lixiviation. En fait, il y a une très étroite relation entre l'activité microbienne et la teneur en eau du sol.

I.7.2.Dégradation physique

Elle entraîne une dégradation des propriétés physique du sol comme l'aptitude à la pénétration racinaire, la perméabilité et l'aération. La formation des croûtes empêche l'infiltration de l'eau et accélère l'écoulement superficiel. La germination et la levée sont rendues plus difficiles. Les faibles indices d'infiltration diminuent la capacité de rétention d'eau et favorisent ainsi l'apparition de situation de stress hydrique (TIDJANI, 2004).

I.7.3.Dégradation chimique

L'agriculture et l'élevage intensifs pratiqués se traduisent par des cas de dégradation chimique des sols, les accumulations de phosphore et de cuivre dans la partie superficielle des sols en constituent des exemples. Mais d'autres aspects sont plus difficiles à quantifier : la diminution de la valeur du PH et du taux de matière organique des horizons labourés notamment. Il s'avère enfin que les phénomènes de dégradation chimique et de dégradation physique sont étroitement liés : la sensibilité accrue des sols bretons au tassement se traduit par des phénomènes de ruissellement, concernant en particulier les produits phytosanitaires. Le suivi de l'observatoire de qualité des sols semble présenter un intérêt particulier.

I.8.L'érosion

I.8.1. Généralité sur l'érosion

Les études récentes sur la vulnérabilité au changement climatique dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement à l'aridité qui accélère l'érosion hydrique (SHABBAN ET AL, 1998).

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays de la méditerranée. Il continue à prendre des proportions considérables en particulier sur les pentes à cause de la torrencialité des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendre ; sols fragiles ; pentes raides et couvert végétal souvent dégradé) et de l'impact défavorable des activités agricoles, selon la FAO (1990), la situation continue à se dégrader ; En Tunisie 45% de la superficie totale est menacée par l'érosion hydrique (BOUSSAMA, 1996), au Maroc 40% (CELIK, 1996) et en Algérie 45% des zones telliennes sont touchées, soit 12 millions d'hectares (CHEBBANI,1999).

Devant l'aggravation des dégâts observés au cours de ces vingt dernières années, de nombreuses recherches sur les processus et les facteurs de l'érosion hydrique ont été engagées

I.8.2.Définition de l'érosion

Erosion vient de "ERODERE", verbe latin qui signifie "ronger"(RAMPON ,1987). L'érosion ronge la terre comme un chien s'acharne sur un os. D'où l'interprétation pessimiste de certains auteurs qui décrivent l'érosion comme une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi: les montagnes calcaires qui entourent la Méditerranée illustrent bien ce processus de décharnement des montagnes dès lors qu'on les défriche et que l'on brûle leur maigre végétation. En réalité, c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes (d'où le terme de "dénudation rate", vitesse d'abaissement du sol des géographes anglophones) mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable tolérable.

I.8.3. Les types d'érosion

Il existe deux types d'érosion :

I.8.3.1. L'érosion éolienne

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

I.8.3.2. Erosion hydrique

L'élément déclencheur de ce type d'érosion est la pluie, qui provoque le détachement des particules élémentaires du sol. L'érosion hydrique est un phénomène complexe, qui menace particulièrement les potentialités en eau et en sol. Elle 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. Donc, les trois étapes 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 : (A. SMIRI 1987).

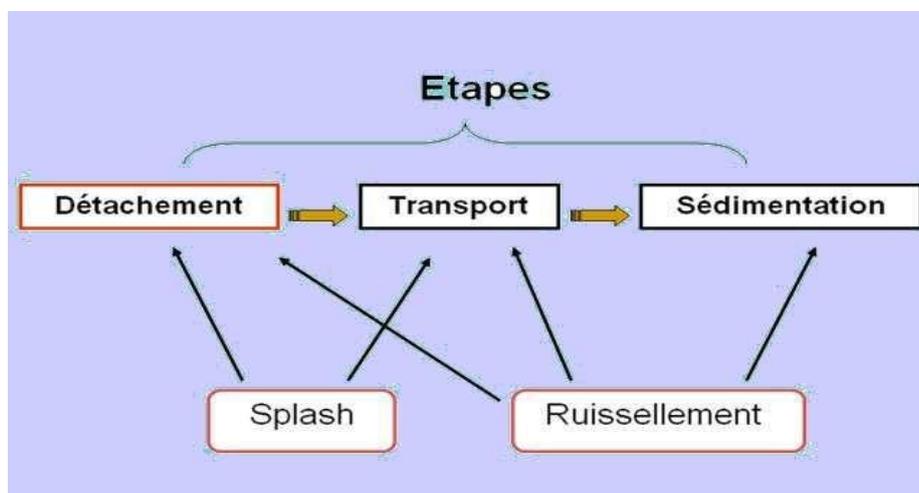


Figure 3: Les trois étapes par lesquelles passe l'érosion (A. SMIRI 1987).

I.10.Mécanisme

Selon (A. SMIRI ,2012) les principaux mécanismes conduisant à l'érosion hydrique sont :

I.10.1.Le détachement

Les principaux mécanismes conduisant au détachement sont :

1. l'humectation par l'effet de l'impact de gouttes de pluies : les quatre processus qui peuvent être identifiés comme responsables de la dégradation sont :

A/ l'éclatement correspondant à la dégradation par compression de l'air piégé lors de l'humectation. L'intensité de l'éclatement dépend entre autres, du volume d'air piégé, donc de la teneur en eau initiale des agrégats et de leur porosité.

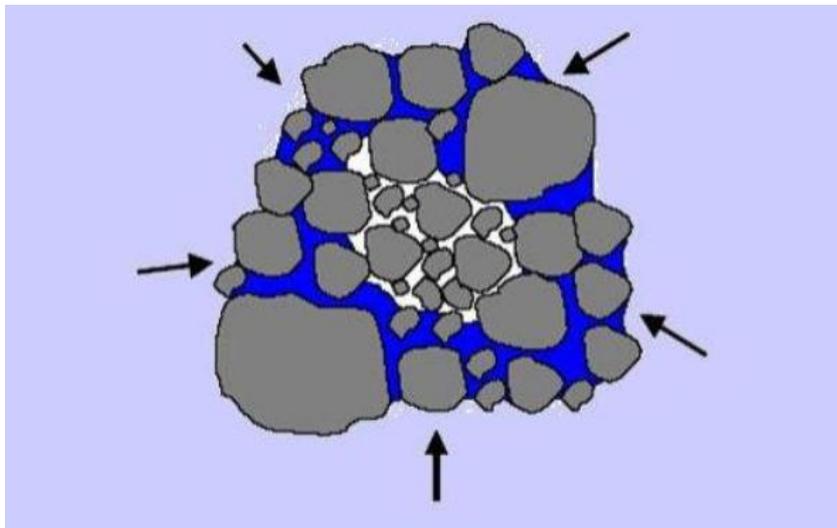


Figure 4: Eclatement des agrégats (www.ma.auf.org).

B/ Le gonflement différentiel. Ce phénomène intervient suite à l'humectation et la dessiccation des argiles, entraînant des fissurations dans les agrégats. L'importance de ce mécanisme dépend en grande partie de la teneur et de la nature de l'argile des sols (CERDAN, 2001).

C/ La dispersion physico-chimique. Elle correspond à la réduction des forces d'attraction entre particules colloïdales lors de l'humectation. Elle dépend de la taille et la valence des cations peuvent lier les charges négatives dans le sol.

D/ La désagrégation mécanique sous l'impact des gouttes de pluie. L'impact des gouttes de pluie peut fragmenter les agrégats et surtout détacher les particules de leur surface.

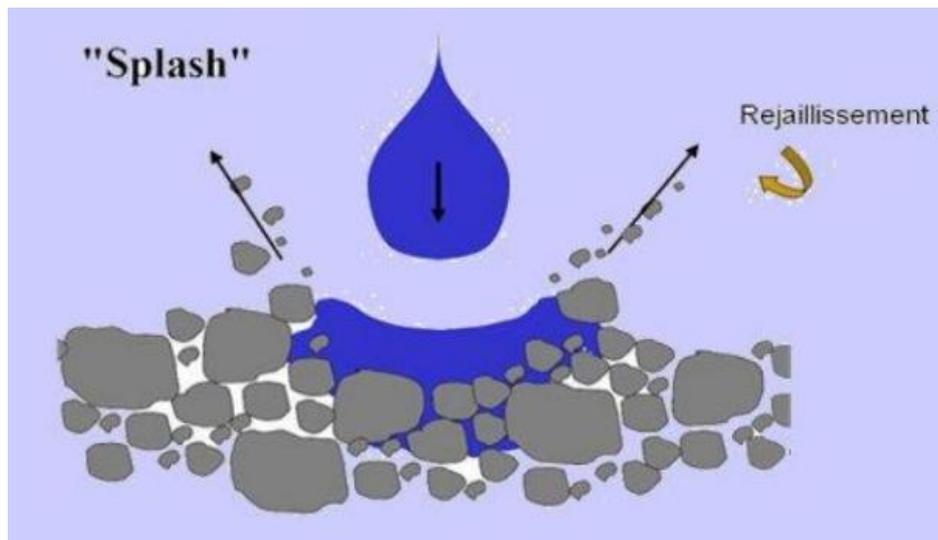


Figure 5: Détachement par splash (www.ma.auf.org).

I.10.2. Le ruissellement

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 excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol, soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe.

Ces deux types de ruissellement apparaissent généralement dans milieux très déférents, 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.

Il est donc à noter qu'il y a détachement par ruissellement. Lorsque la force de friction de l'eau sur les particules du sol est supérieure à la résistance du sol au cisaillement comme montre le schéma suivant :

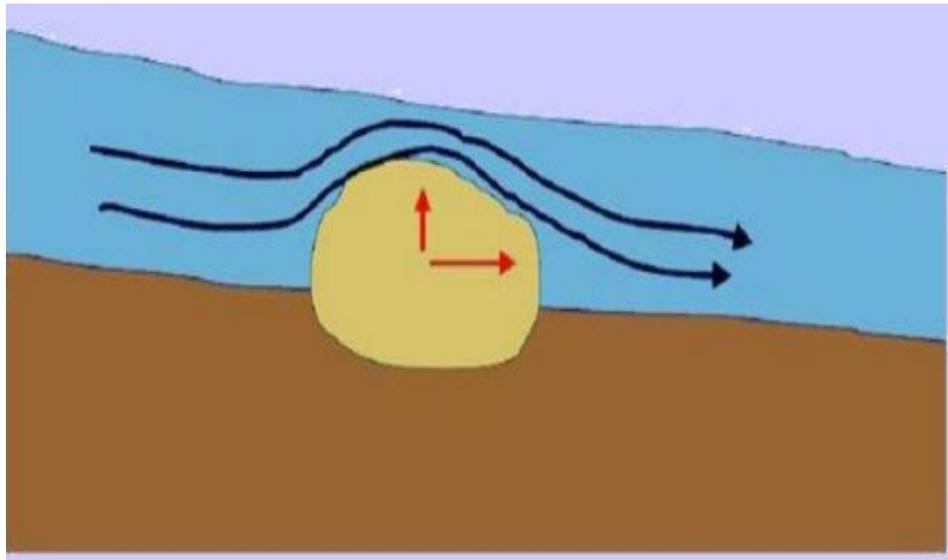


Figure 6: Détachement par ruissellement

I.10.3. Le transport

Il est dû à la fois aux gouttes d'eaux de pluie 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.

I.10.4. La sédimentation

L'agent responsable de la sédimentation est l'eau de ruissellement. Les particules arrachées du sol se déposent entre le lieu d'origine à l'aval en fonction :

1. De leur dimension
2. De leur densité
3. De la capacité de transport du ruissellement ou du cours d'eau

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 ou il se dépose soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.

I.11. Les formes de l'érosion hydrique

Il existe cinq formes qui sont :

I.11.1. L'érosion en nappe ou aréolaire :

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. De ce fait, elle est peu visible d'une année à l'autre.

Le signe le plus connu de l'érosion en nappe est donc la présence de plages de couleur claire aux endroits les plus décapés. Egalement, il y a un autre symptôme de l'érosion en nappe est la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol **(7^{eme} Cours érosion hydrique et éolienne juin 2016)**.



Figure 7: Erosion en nappe (<http://fac.umc.edu.dz>)

I.11.2. L'érosion linéaire

L'érosion linéaire est exprimée par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions (**griffes, rigoles, ravines, etc...**). En fait, l'érosion linéaire apparaît lorsque le ruissellement en nappe s'organise, en effet, sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles **(7^{eme} Cours érosion hydrique et éolienne juin 2016)**.



Figure 8: Erosion linéaire (<http://fac.umc.edu.dz>).

I.11.3.L'érosion par ravinement

Est la forme culminante de l'érosion du sol. Les dégâts causés sont d'autant plus importants que la stabilisation et la réparation de cette forme d'érosion sont les plus coûteux de tous les travaux de lutte contre l'érosion. Comme pour les autres processus de l'érosion hydrique, cette forme d'érosion déprécie considérablement la valeur et la productivité des terres agricoles. Les ravins et les ravines, sont responsables de la mobilisation et du transport des sédiments vers l'aval des bassins-versant. En plus de leur contribution substantielle à l'envasement des barrages, ils occasionnent une perte directe du patrimoine foncier (**7^{eme} Cours érosion hydrique et éolienne juin 2016**).



Figure 9: Erosion par ravinement (<http://fac.umc.edu.dz>).

I.11.4.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 pédologie. 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 (7^{eme} Cours érosion hydrique et éolienne juin 2016).

I.11.5.L'érosion des berges

Résulte du sapement et de l'affouillement des berges des cours d'eau naturels et des canaux de drainage (7^{eme} Cours érosion hydrique et éolienne juin 2016).



Figure 10: Sapement des berges (<http://fac.umc.edu.dz>).

I.12. Les étapes de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique procède en deux étapes (FAO, 1976) :

- 1- Un détachement des particules du sol sous l'effet semblable à un bombardement des gouttes de pluie ou l'affouillement du ruissellement. (Impact de gouttes de pluies sur le sol « effet splash ». Dans le phénomène de détachement l'énergie de la pluie intervient pour détruire les éléments structuraux. La désagrégation des éléments est d'autant plus rapide que :
 - Le sol est plus humide au début des pluies.
 - La structure du sol est plus instable.
 - La structure du sol réellement attaquable est plus grande.
- 2- Transport de ces éléments par ruissellement (Un entrainement des particules détachées vers le bas des pentes par l'eau qui dévale). Dans le transport des éléments : les éléments les plus fins en suspension seront entraînés par ruissellement. Le ruissellement apparaît lorsque la vitesse d'apport d'eau devient supérieure à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol. (ROOSE, 1996), affirme que le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol. Comme les précipitations, le ruissellement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport.

La quantité de terre transportée devrait théoriquement être fonction :

- Du temps d'apparition du ruissellement.
- Du volume d'eau de ruissellent.
- De la granulométrie du sol.

I.13.Les facteurs de l'érosion hydrique

Le groupe de facteur d'érosion peuvent être distingués : les facteurs naturels regroupés sous quatre grandes familles : topographie, climat, lithologie et couvert végétal, et les facteurs anthropiques relatifs aux activités humaines.

I.13.1.La topographie

Plusieurs chercheurs ont mis en évidence l'effet de la topographie sur l'érosion. Nombreux sont ceux qui ont montré que la topographie git sur le ruissellement et les pertes en sol par deux composantes (**WISCHMEIER ET SMITH, 1978**) :

La longueur de la pente car plus pente est la plus longue, plus les eaux ont tendance à se concentrer graduellement dans les fissures ou rainures, ce qui entraine un rapport considérable en eau et en sédiments.

Le degré de la pente car plus le degré de l'inclinaison des versant est important, plus l'énergie cinétique de l'écoulement et la détechabilité des particules du sol sont importantes.

I.13.2.Facteur climatique

La pluie est essentiellement à l'origine de l'érosion par son impact sur les particules des sols qu'elle détache ainsi des matériaux de surface. Quand les particules détachées, la quantité de pluie qui ruisselle détermine le mouvement de sédiments des interfluves vers le réseau de drainage. L'action causée par l'impact de la pluie commence quand la première goutte percute le sol, au travers de sa capacité à détacher des particules de la surface. Ce processus représente le premier stade de l'érosion hydrique des sols (**SALLES ET AL. 2000**). L'érosivité des pluies se défini comme étant la capacité potentielle de la pluie à causer l'érosion (**HUDSON, 1973**).

Cette érosivité dépend des caractéristiques de la pluie et à l'état de surface de sol.

Les caractéristiques de la pluie, peuvent être modifiées par l'action du vent par l'augmentation de la vitesse d'impact, du couvert végétal, et des conditions hydriques du sol.

Les autres facteurs climatiques exerçant une influence sur l'érosion des sols sont, la température, les variations saisonnières des orages, leur localisation, leur fréquence et le régime de vents. L'influence que celle des autres caractéristiques du bassin versant (**WHITE, 1986**).

I.13.3.Facteur lithologique

L'érodibilité du sol désigne sa susceptibilité face aux processus d'érosion. Elle est fonction des propriétés physico-chimique du sol et de la cohésion qui existe entre ces particules. Une faible cohésion va entraîner une forte érodibilité (**GOVERS, 1987 ; POESEN ET GOVERS, 1990**).

Il existe trois propriétés essentielles des sols pour déterminer leur érodibilité et pour évaluer leur résistance à l'érosion :

- La teneur limon et surtout en argile.
- La matière organique qui assure la cohésion du sol.
- Les caractéristiques minéralogiques et chimiques des sols qui ont un rapport avec la cohésion.

I.13.4.Le couvert végétal

Le couvert végétal agit dans le sens de retarder l'érosion du sol (**MANSOURI, 1991**). Ce rôle peut être direct, la végétation faisant obstacle au ruissellement et protégeant les sols (**CERDA, 1999 ; RICHARD ET MTHYS, 1999**). Il peut également être indirect, le couvert végétal assurant une amélioration du bilan hydrique et des propriétés physiques du sol (**DUNNE ET AL, 1991 ; BERGKAMP ET AL, 1996**). Il dépend aussi du stade de développement de la végétation. Il protège le sol contre l'érosion par l'interception et le retard de la chute des gouttes des pluies sur la surface du sol permettant ainsi la dissipation de son l'énergie cinétique, ce qui diminue l'effet « splash ». Elle favorise également l'infiltration de l'eau et le maintien du sol grâce à son système racinaire, et son développement en surface freine le ruissellement par rapport au sol nu.

La présence ou l'absence du couvert végétal à la surface du sol détermine Son comportement hydrologique. En effet, la capacité d'une filtration de l'eau dans le sol, le ruissellement et le transport solide sont corrélés positivement avec le taux de recouvrement de la végétation (**GIFFORT ET HAWWKINS, 1978 ET 1979**).

Les forêts et surtout les couvertures herbacées sont plus efficaces pour fournir une protection du sol qu'une couverture de plantes cultivé ou une jachère c'est le manque de végétation

qui crée la condition permettant l'érosion. L'existence d'une litière protège également les sols de l'érosion. La dynamique de la croissance du couvert végétal est très variable en fonction du type de plante mais aussi des techniques culturales et du climat. La combinaison entre cette dynamique de croissance et la dynamique des pluies va donc déterminer l'importance des risques d'érosion. (BEN SLIMANE 2013).

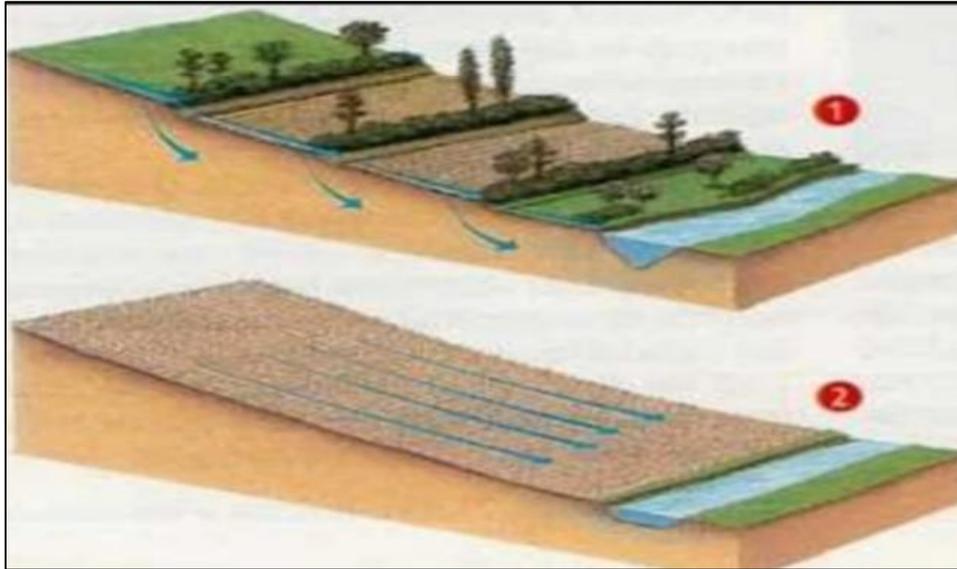


Figure 11: effet de la forêt (DERNANCOURT, 1995)

I.13.5. Les facteurs anthropiques

Certaines activités humaines provoquent l'accélération de rythme naturel de l'érosion hydrique par l'action surpâturage et la déforestation qui provoque le tassement des sol, diminue sa perméabilité et favorise le ruissellement de l'eau. L'intensification de l'agriculture et la croissance démographique et l'urbanisation.

I.14. Les effets de l'érosion

I.14.1. Hors du champ

Les répercussions de l'érosion hydrique ne sont pas toujours aussi apparentes hors du champ que sur les lieux mêmes où elle se produit. Le sol érodé, déposé au bas des pentes, empêche ou retarde la germination, enterre les jeunes pousses et oblige à ressemer les zones dégarnies. De plus, des sédiments peuvent s'accumuler au bas des pentes et contribuer à la détérioration des routes.

Les sédiments qui atteignent des cours d'eau peuvent accélérer l'érosion des berges, ensabler les fossés de drainage et les cours d'eau, envaser les réservoirs, endommager l'habitat des poissons et dégrader la qualité de l'eau en aval. Les pesticides et engrais, souvent emportés avec

les particules de sol, contaminent ou polluent les sources d'eau, les terres humides et les lacs en aval. Du fait de la gravité de certaines des répercussions de l'érosion hors du champ, la pollution diffuse de source agricole est un point important à considérer.

I.14.2. Sur le terrain

Les répercussions de l'érosion des sols vont au-delà de la perte de sol arable. La levée, la croissance et le rendement des cultures sont directement affectés par l'appauvrissement du sol en éléments nutritifs et en engrais. L'érosion peut déplacer ou carrément emporter les semences et les plants. Du fait de leur légèreté, la matière organique présente dans le sol, les résidus à la surface et le fumier épandu peuvent facilement être emportés hors du champ, particulièrement à la fonte des neiges, et entraîner avec eux des pesticides.

Les pertes de sol peuvent nuire à la qualité, à la structure, à la stabilité et à la texture du sol. Le morcellement des agrégats et l'enlèvement des particules plus fines ou de couches entières de sol ou de matière organique peuvent détériorer la structure et même modifier la texture du sol. Toute modification de la texture du sol peut à son tour nuire à la capacité de rétention d'eau du sol et exposer davantage celui-ci à des conditions extrêmes telles que la sécheresse.

I.15. Sig et télédétection

I.15.1. La télédétection

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, dans un matériel avec ceux-ci ». (**KERGOMARD, 2004**).

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la terre. Elle englobe tout le processus qui permet, à l'aide d'une capture, « d'observer » et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculés par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions) ; optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire). (**SOUDANI, 2005**).

Le premier intérêt de la télédétection est de fournir des images de l'espace géographique.

Elle fournit des images pour s'orienter à établir des cartes topographiques, et des images pour mener des inventaires de la plupart des ressources. A un autre niveau d'utilisation, la télédétection est un puissant outil cartographique pour appréhender des questions extrêmement variées et toujours plus nombreuses relevant entre autres, de la géographie rurale, de la géo-archéologie, de l'aménagement, de la géomorphologie, de la géographie urbaine depuis la possibilité de la très haute résolution visible, de la démographie.

Par la répétitivité des acquisitions, elle autorise une analyse diachronique. D'une façon générale, elle permet de dater l'inscription d'un fait dans le paysage, d'en apprécier le contenu, la forme, le sens et le rythme d'évolution.

I.15.2. Le système d'information géographique(SIG)

Le système d'information géographique combiné à la cartographie permet de réaliser des documents cartographiques, bien qu'il apparaisse comme un outil incontournable permettant d'organiser les couches d'informations et de les analyser dans le but d'en extraire les données. L'utilisation d'un SIG pour la gestion des ressources forestières concerne essentiellement la cartographie du terrain à étudier (les différentes cartes réalisées de manière traditionnelle ne sont plus adaptées aux besoins actuels). La complexité et la diversité des données relatives à l'environnement ont favorisé le développement de systèmes capables de répondre aux besoins de collecte, d'analyse et de présentation de phénomènes environnementaux. Les systèmes d'informations géographiques et la télédétection sont devenus des outils incontournables pour la compréhension et le suivi des phénomènes dynamiques.

I.16. Méthodes d'intégration entre la télédétection et les SIG

Wilkinson (1996) a résumé trois manières principales par lesquelles la télédétection et le SIG sont combinés pour se renforcer mutuellement : (1) la télédétection est utilisée comme outil de collecte de données dans le SIG, (2) le SIG de données est utilisé comme information auxiliaire pour améliorer les produits de télédétection, (3) La télédétection et le SIG sont combinés pour la modélisation et l'analyse. La combinaison d'informations provenant d'images satellitaires avec

d'autres sources d'informations géographiques, biologiques ou écologiques est idéalement gérée dans un SIG.

Le SIG peut également être utilisé comme une base de données à partir de laquelle des relations peuvent être déduites à l'aide de méthodes de modélisation statistique.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

II.1. Présentation général

Le parc national des cèdres Theniet El Had est situé à 185km au sud –ouest de la capitale Alger, à 150km de la cote méditerranéenne, avec une superficie totale de 3425ha. Ras el braret est le point culminant du parc, atteignant 1787m. C'est le premier espace naturel protégé en Algérie (par le gouvernement colonial français le 03 aout 1923 à travers les crêtes et les pentes, contenant des étangs, des sources et des ruisseaux serpentant, ses étages bioclimatiques vont du sub- humide à l'humide, le forêt de cèdre de ce parc est unique dans l'ouest Algérien. C'est aussi l'un des rares endroits en méditerranée où les chênes-lièges poussent au-dessus 1600m la flore comprend 450 espèces dont beaucoup sont endémiques à l'Algérie. Les strates arborées comprennent 1000ha de cèdre de l'atlas (*Cedrus Atlantica*). 1000ha de chênesvert (*Quercus ilex*). 504 Zen (*Quercus faginea*). 460ha de chênesliège (*Quercus suber*) et 460ha d'autres essences (**PNTH 2013**), le parc a répertorié 289 espèces d'animaux dont la plupart sont protégés comme le lynx.

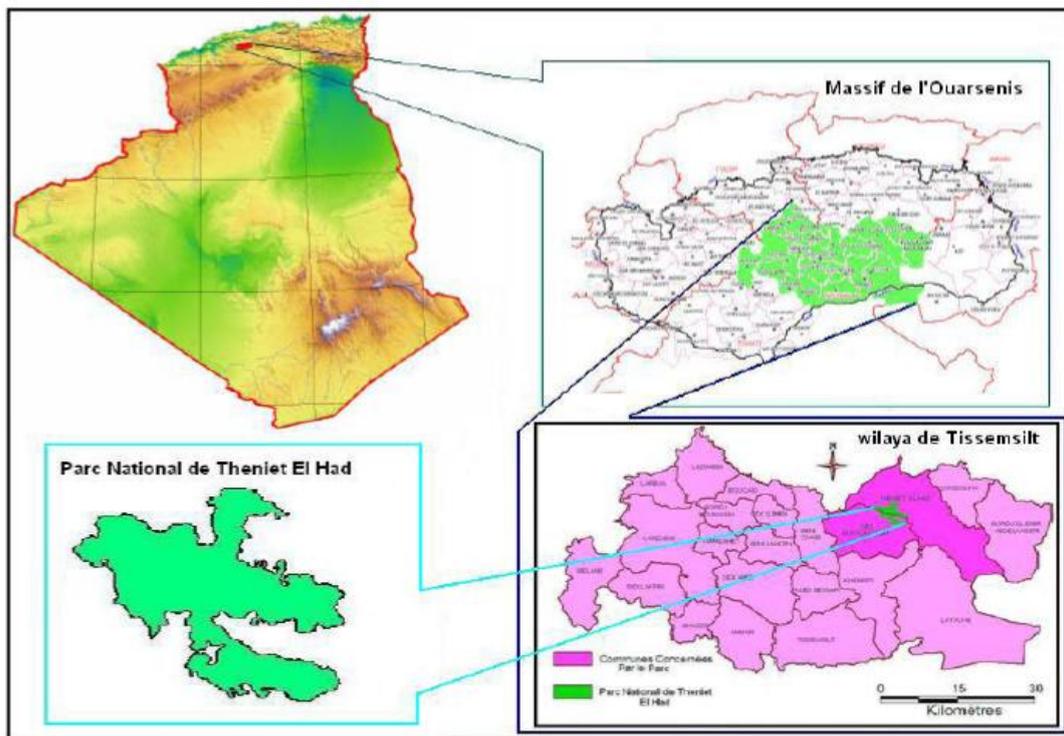


Figure 12: Situation du parc national de Theniet El Had (MAIRIF, 2014)

II.2. Présentation de la wilaya de Tissemsilet

La wilaya de Tissemsilet c'est une wilaya d'Algérie située dans l'ouest du pays dans la région des hautes plateaux, à Alger et à d'Oran, Elle est limitée par :

- Au nord, par les wilayas d'Ain Defla et Chlef
- A l'est, par la wilaya de Médéa
- A l'ouest, par la wilaya de Relizane
- Au sud-ouest par la wilaya de Tiaret
- Au sud-est par la wilaya de Djelfa

La wilaya s'étend sur une superficie de 3151km², elle contient 8 Diarra sont : Tissemsilet, Khmisti, Theniet El Had, Bordj Emir Abdelkader, Ammari, Bordj Bounaama, Lazharia, Lardjem.

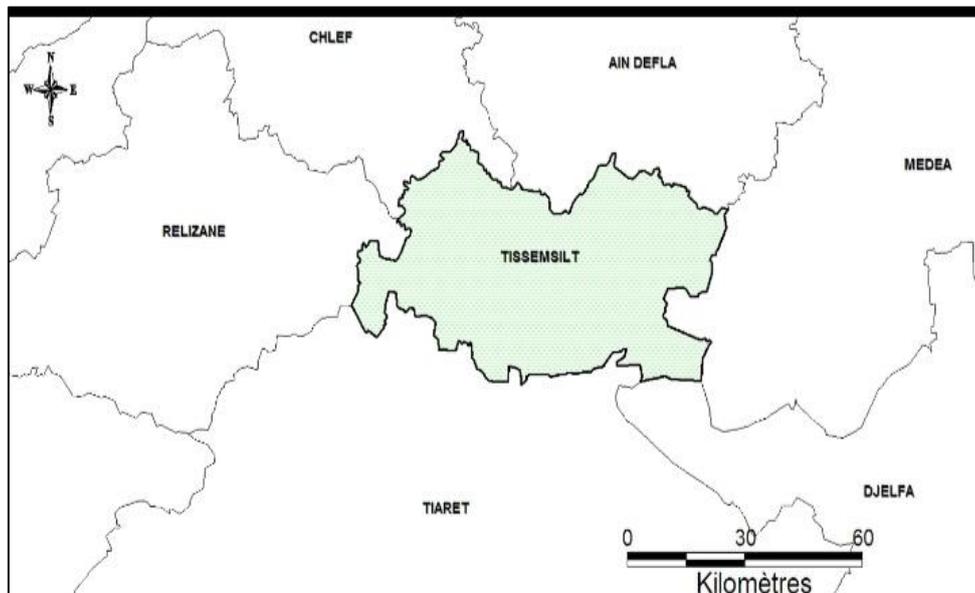


Figure 13: Carte présente la situation de la wilaya de Tissemsilet (PNTN, 2010)

II.3. Aperçu historique du parc national de Theniet El Had

Entre 1843 et 1920, la domaniale de Theniet El Had avait connu une succession d'aléas naturels et d'inadvertances humaines, les incendies de 1891, 1902, 1903 et 1905 et les exploitations considérables par le service forestier, ce qui conduisait à sa dégradation progressive (ZEDEK, 1993). Face à ces problèmes, le 03 Août 1923 le parc national des Theniet El Had a été créé par arrêté gouvernemental sur une superficie de 1563 ha de la forêt domaniale des cèdres qui couvre une superficie totale de 3616 ha (ANONYME 1930 ; BOUDY, 1950). BOUDY (1950)

indique dans ce contexte que la cédraie avec ses nombreux sites artistiques a été érigée en parc national ou toute exploitation est interdite et elle est devenue l'objet de soin particulier de la part du service forestier. D'après **SARI (1977)**, pendant la guerre de libération, certains cantons inaccessibles aux forces coloniales sont déclarés comme zones interdites et soumises assez régulièrement à des durs bombardements le plus souvent au NAPALM. Après l'indépendance, une étude bulgare qui a été menée en 1983 a retenu une superficie de 3424 ha pour le classement en Parc National. Le 23 juillet 1983, la cédraie est déclarée à nouveau parc national par décret présidentiel n° 83/459, sa superficie est de l'ordre de 3424 ha dont 2968 ha couverte de végétation (**PNTEH, 2006**). En 1984, une étude bulgare forestière approfondie a été faite, cette étude a montré que dès le 8^{ème} siècle, des botanistes ont planté des graines de cèdre à différents endroits en haute altitude, ce qui nous mène à conclure que la cédraie de Theniet El Had existe depuis très longtemps (**TABOUNI ET FARAH, 2005**).

II.4.Situation géographique

L'étude a été faite dans le canton Guerouaou, dépendant administrativement de la wilaya de Tissemsilet et de la daïra de Theniet El Had.

La zone d'étude est située dans le parc national de Theniet El Had étalée dans la partie septentrionale des monts de l'Ouarsenis.

La forêt occupe les deux versants du Djebel El-Meddad qui fait partie de la chaîne sud de l'atlas tellien, qui constitue une transition entre la plaine de Chlef et le plateau de Seresou (**SARI, 1977**).

La zone d'étude est de nature domaniale, et s'étend environ sur une superficie de 930 ha. Elle est limitée (**MELAZEM, 1990**) :

- ✓ Au nord par la route communale de Theniet El Had - El-Hassania.
- ✓ A l'est par le canton pépinière.
- ✓ A l'ouest par le Douar Beni-Haïéne.

Elle se trouve entière dans le Douar El-Meddad à 14 Km du chef-lieu de la commune de Theniet el Had suivant les coordonnées géographiques:

$$X_1 = 2^{\circ} 18' \text{ Est.}$$

$$X_2 = 1^{\circ} 55' \text{ Est.}$$

$$Y_1 = 35^{\circ} 52' \text{ Nord.}$$

$$Y_2 = 35^{\circ} 52' \text{ Nord.}$$

x_1 : Latitude

x_2 : Latitude

y_1 : Longitude

y_2 : Longitude

La Cédraie de Theniet El Had est considérée comme étant « L'une des plus belles curiosités naturelles de l'Algérie». (BOUDY, 1950).

Le point culminant est celui de Ras El Braret avec une altitude de 1786m. Le point le plus bas est de 900m d'altitude dans le versant nord du parc. L'altitude moyenne est de 1550m. (BOUDY, 1955).

II.5.Description du canton Guerouaou

Le canton choisi pour notre étude est celui de Guerouaou qui se situe dans le versant nord à exposition nord et nord-est, d'une superficie de 253ha, compris entre 1220m (min) et 1480m (max), à pente très abrupte composé d'une végétation diversifiée de peuplement de cèdre, de chênes vert dominance, du chêne zen, genévrier oxycèdre et des buissons.

Le type de sol dominant est le peu évolué au niveau des hautes altitudes. Des habitats qui s'y trouvent : des clairières et mares, cours d'eau, falaises rocheuses, source potable (Ain cheraga).

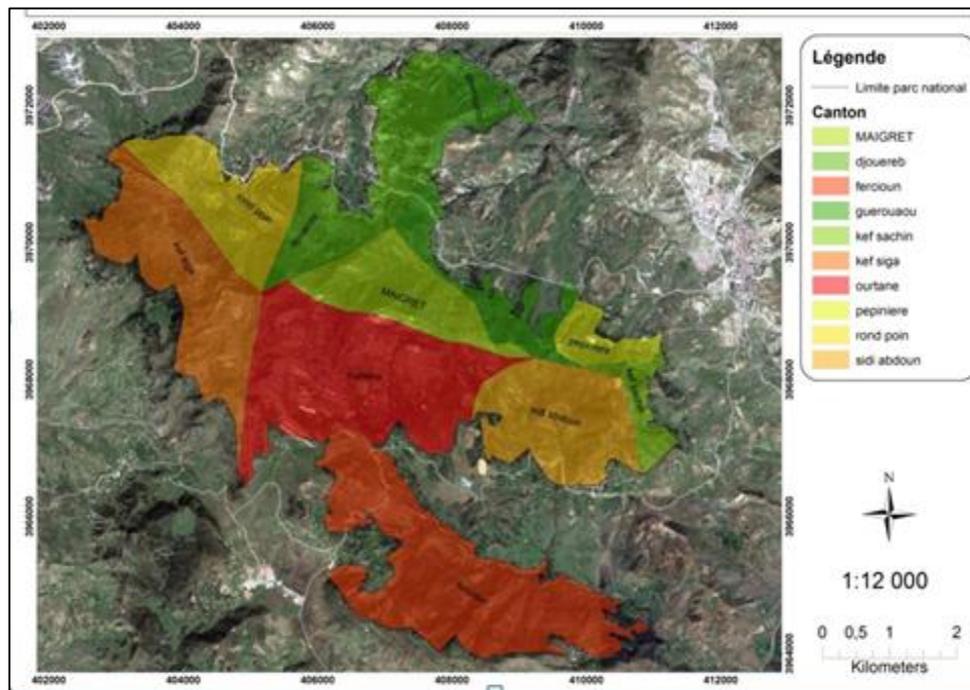


Figure 14: Carte des cantons du parc national de Theniet El Had (PNTH, 2006)

II.6. Etude des caractéristiques physiques de la zone d'étude

II.6.1. exposition

Le parc national est strictement limité aux hautes altitudes, l'exposition semble également jouer un rôle chez le parc.

II.6.2. Pente

Suivant les deux versants du Parc, on a observé que les fortes pentes sont du côté Nord estimées en Moyenne à 40° d'inclinaison (exception faite pour le canton Pépinière où la pente dépasse guère 15°). Le versant Sud est présenté de la pente plus ou moins forte (25° au maximum). (PNTEH, 2010)

II.6.3. Altitude

Le territoire du parc national est compris entre des altitudes réparties entre les deux expositions sont :

- ✓ Au versant sud : altitude supérieure culminant à 1787m et la limite inférieure est à 968m représente le bout aval du oued el Ghoul appartenant au canton versiouane (P.N.T.H, 2006)
- ✓ Au versant nord : il domine à 1787m (Ras el braret) est descend jusqu'à 853m au niveau du oued mouilha dans le canton djouarb.

II.6.4. Les reliefs

Le Parc présente généralement deux expositions principales :

- ✓ Le versant Nord : entrecoupé de quelques cuvettes encaissées et la crête principale où culmine, le point le plus haut «Ras El Braret» relevant du canton Rond-Point.
- ✓ Le versant Sud : est d'une assez forte inclinaison, mais contrairement au versant Nord, la longitude du terrain y est assez vaste (environ le double du premier). (PNTEH, 2010).

II.6.5. Pédologie

Dans la cédraie, prédominent trois classes de sols :

Les sols peu évolués du groupe d'apport colluvial sont formés d'un mélange argilo-sableux masses rocheuses en particulier le grès dans le nombre et la taille varient 01 cm 02 cm

Lithosols sont des types minéraux grossiers, les groupes d'érosions, des sols profonds, à grains grossiers et neutres. Ce sont des sols propices au reboisement en raison de leur faible épaisseur de couche de cendres et de leur manque des substances organique et nutritives.

Les sols bruns lessivés trouvent souvent dans des grandes clairières et des sols lessivants dans les contreforts à très faible pente.

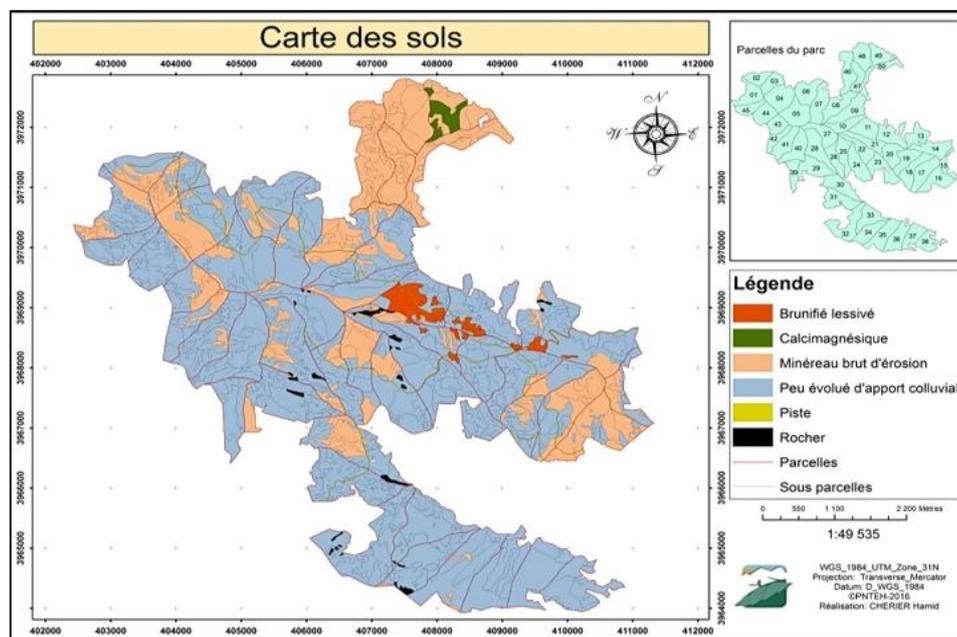


Figure 15: Représente la carte du sol (PNTH, 2010)

II.7. Etude climatique de la zone

II.7.1. Climat

Le climat est un ensemble de facteurs écologiques dont dépendent étroitement l'équilibre, le maintien et la distribution des êtres vivants (FAURIE et al .1980) les populations et les biocénoses sont sous la température et précipitation (DUVIGNAUD, 1980).

Le cèdre de l'atlas est caractéristique des étages bioclimatiques subhumides à per humides froids à très froids (WHITE ,1986 ; DEMARTEAU ET AL, 2007). Il connaît ainsi des précipitations allant de 500 à 2000 mm par an (BENABID, 1994). Ce grand écart entre le minima et maxima des précipitations reflète clairement son adaptation à la sécheresse ou il profite des précipitations de la bonne saison favorisant la reconstitution d'une importante réserve en eau du sol pour subvenir à ses besoins pendant la saison sèche estivale (FINKELSTEIN, 1981 ;

DAHMAN ET KHOUJA, 1994 ; HOCINE ET AL, 1994). Il s'accommode aux températures minimales du mois le plus froid pouvant se situer -1 et -8°C. Il tolère les températures basse et élevées jusqu'à respectivement -25°C et 39°C. La température ambiante correspondant à une bonne productivité varie entre 3 et 7°C (**QUZEL, 1980 IN BENABID, 1994 ; M'HIRIT ET BLEROT, 1999 ; RAMEAU ET AL, 2008).**

II.7.2. Températures

La température est l'élément du climat le plus important (**DAJOZ, 2000**), car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère. Les arthropodes en général ainsi que d'autres invertébrés susceptibles d'être exposés à une phase de gel ou de chaleur excessive au cours de leur cycle vital, subissent des arrêts de développement chez les jeunes stades ou d'activité chez les adultes pendant ces périodes défavorables (**RAMADE, 2003**). Les moyennes de températures mensuelles maximales et minimales en °C de 26 ans pendant la période entre 1991 à 2016.

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles en C° de la zone d'étude (1991-2016), corrigées (SOUFI et MESSAOUD, 2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T Max (C°)	12,8 2	13,2 3	16,7 9	19,59	24,3 7	30,11	34,5 7	34,4 1	29,2 5	24,26	17,01	13,5 4
T Min (C°)	6,55	6,58	8,83	10,92	14,7	19,3	22,9 1	23,0 1	18,9 1	15,19	10,2	7,46
T(C°)= (M+m)/2	9,68 5	9,90 5	12,8 1	15,25 5	19,5 6	24,70 5	28,7 4	28,7 1	24,0 8	19,72 5	13,60 5	10,5

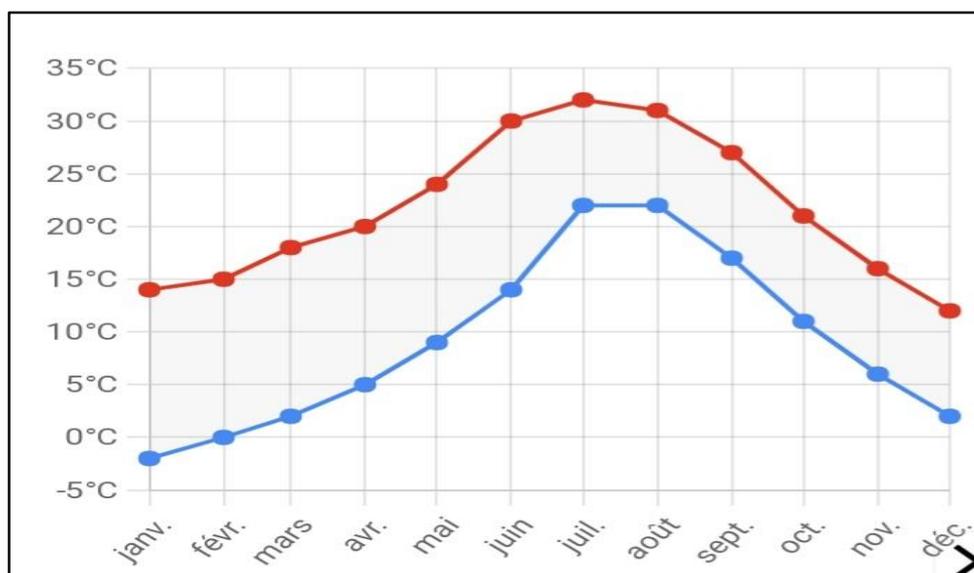


Figure 16: Températures tout au long de l'année (température minimale, moyenne mensuelle et température maximale moyenne mensuelle).

II.7.3. Précipitations

Le parc National de Theniet El Had, les précipitations englobent toutes formes d'eau qui tombent sur la surface de la terre. La station de Theniet El Had est située à 1160m d'altitude. Le gradient pluviométrique établi par Selzerv (1130-1938) est de 40mm/100m c'est-à-dire elle augmente d'environ 40 mm pour chaque élévation de 100m d'altitude. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la station de Theniet El Had sont de 628mm (PNTEH, 2018). Les moyennes des précipitations mensuelles en millimètre sont présentées dans le (Tableau 02).

Tableau 2: Moyennes des précipitations mensuelles de la zone d'étude (1991-2016), corrigées (SOUFI et MESSAOUD, 2017)

Mo is	Ja n	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	P cumul e (mm)
P (mm)	86,95	90,39	87,32	52,62	39,12	8,59	7,18	7,98	23,39	39,45	85,08	94,24	638,34

L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la période entre 1991 et 2016, révèle une période sèche (entre Mai et Octobre) la pluviométrie est inférieure à 45.64 mm dans la zone d'étude. Le mois de juillet est le plus sec de toute l'année avec une valeur de 7.18mm.

Tandis qu'au cours de la période pluvieuse qui s'étend de septembre à Mai ($P > 40\text{mm}$) avec un maximum de 94.24mm obtenus au mois de décembre.

II.7.4. Les formes de précipitations

II.7.4.1. L'orage

L'orage est peu fréquent pendant la période estivale et très rare en hiver d'après les données

Du (SELTZER, 1946) relative à ce facteur (tableau 03).

Tableau 3: Nombre de jours d'orage enregistrés dans la station de Theniet El Had (MELAZEM, 1990).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Nombre de jours d'orage	0.2	0.4	0.4	1.7	3.6	3.7	2.9	3.0	2.6	1.2	0.5	0.0

II.7.4.2. L'humidité relative :

L'humidité relative est le rapport (exprimé en %) de la tension de vapeur à la tension maximale correspondante à la température. En effet, c'est à la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation d'humidité à la sécheresse, permettant ainsi d'expliquer si l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation.

L'humidité relative augment pendant la nuit en compensant la perte d'eau en jour. Cette humidité est enregistrée dans la région de l'aire protégée du mois de décembre à mai qui diminue progressivement. Le tableau ci-après fait ressortir l'importance de l'humidité relative en % durant la journée à travers l'année (SELTZER, 1946).

Tableau 4: Répartition de l'humidité relative dans le parc

Mois Heures	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
07A.M	78	79	69	65	64	49	55	69	62	86	88	72
13 P.M	64	62	51	48	46	35	39	49	71	72	73	56
18 P.M	75	72	62	58	58	44	49	64	70	81	85	67

II.7.4.3.L'enneigement

La neige joue un rôle d'écran thermique vis à vis du sol et intervient de ce fait dans la régénération. Il est à noter que l'altitude exerce une influence prépondérante sur les chutes de neige, phénomène que nous avons constaté entre la ville de Theniet el Had et la forêt des cèdres.

Selon Zeltzer (1946), la durée moyenne d'enneigement dans la région de Theniet El Had est de 22 jours mais elle n'est pas toujours régulière.

II.7.5. Les vents

Le vent est un élément caractéristique du climat, il peut être déterminé par sa direction et sa force.

Les vents qui prédominent la région en toute saison, sont de nature et d'ordre Nord-ouest d'origine océanique. Le détail des différentes origines de vent à travers la région de Theniet El Had se résume dans le tableau suivant :

Tableau 5: Direction des vents dans le parc nationale de Theniet El Had

Station	Direction des vents en %								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Theniet .El.Had	15	08	01	07	11	12	15	31	100

II.7.6.Synthèse climatique

II.7.6.1.Diagramme ombrothermique de Gausсен

Le diagramme ombrothermique de (GAUSSEN, 1953) permet de calculer la durée de la saison sèche en portant pour une station, la pluviométrie moyenne mensuelle (Pmm) exprimée en millimètres est inférieur au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius. On peut tracer un graphique où l'on porte en abscisse les mois et en ordonnées les températures et les précipitations. Ce type de diagramme est dit ombrothermique.

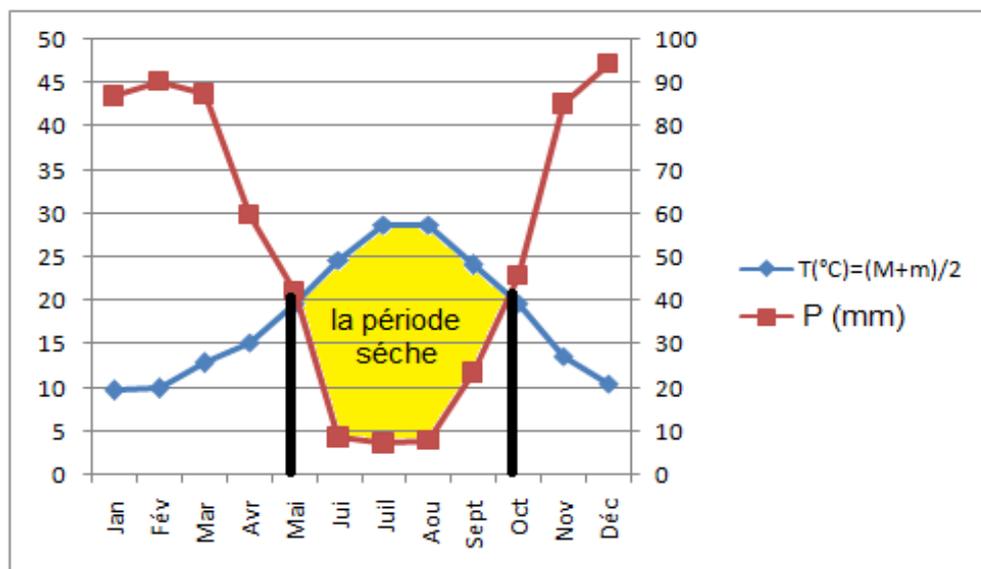


Figure 17 : Diagramme ombrothermiques des deux stations de la zone d'étude. (SOUFI et MESSAOUD, 2017).

II.8. La biodiversité

II.8.1. la faune

Le parc s'étend sur une superficie de 3425 ha dont 2968 ha et représente un ensemble de sites naturels très intéressants par la richesse de sa faune et de sa flore, son réseau hydrographique et sa géomorphologie.

Dans le parc le gibier est moins abondant, suite au manque d'eau et de couvert. Actuellement, la faune se raréfie et certaines espèces ont totalement disparues tel que les lynx, le chat sauvage (**BELKAID, 1988**), ceci est dû au braconnage en particulier.



Figure 18: Quelques animaux du PNTH

Les oiseaux sont présents avec un nombre de 102 espèces, on cite : l'aigle royal, le rollier d'Europe, le pic de La vaillant, le guêpier d'Europe, la huppe fasciée.

II.8.2.La flore :

Le parc national de Theniet El Had s'étend sur une superficie de 3.424 hectares, avec un sommet, Ras Errait, haut de 1787 m. Le site abrite plusieurs espèces végétales, à l'instar du cèdre d'Atlantique, le pin d'Alep, des chênes verts et de chênes de liège, en plus de plus diverses plantes montagneuses.

Les grands types végétaux déterminés et connus dans l'aire protégée dans la figure suivante et qui sont :

La Cédraie, La yeuse, La Subéraie, La Zeenaie, La pinède.

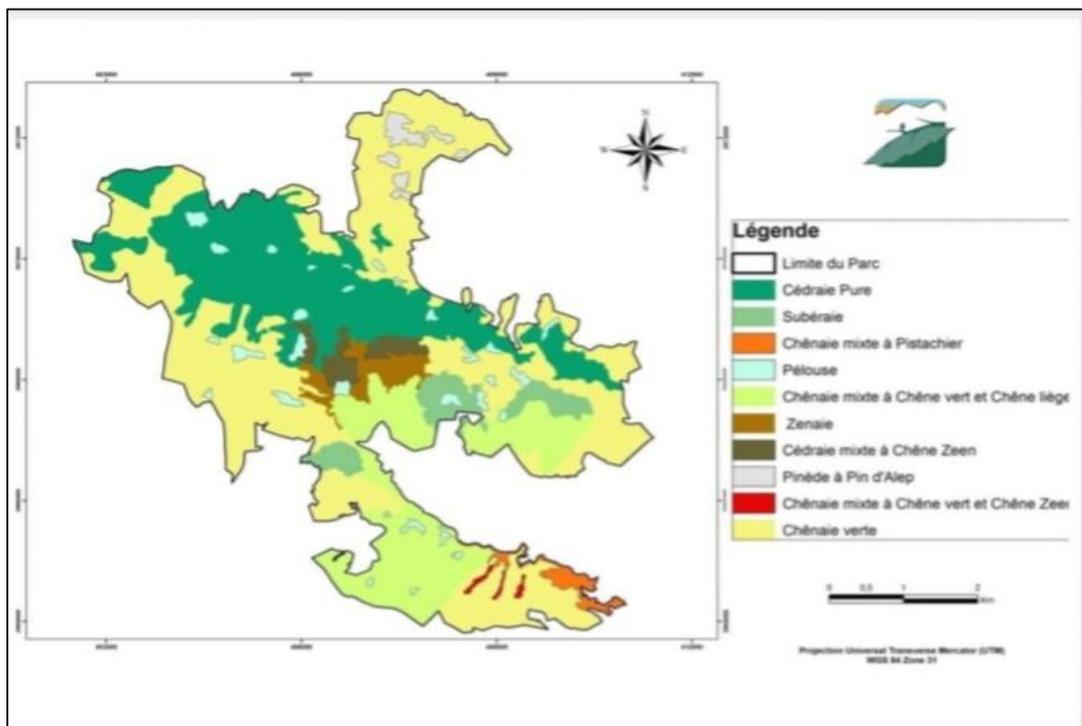


Figure 19: Carte de végétation du parc national de Theniet El Had (PNTH, 2010)

Chapitre III

Matériel et méthode

III.1.Introduction

Le mouvement de l'érosion hydrique est le ruissellement sont contrôlés par les précipitations ainsi que la géographie physique du milieu.

Les principaux paramètres liés à ce phénomène sont les précipitations, la topographie, la nature et la texture des sols, pour caractériser la sensibilité à l'érosion de notre zone d'étude nous avons utilisés des données basés sur ces différents paramètres qui sont étaient traités par des applications basé sur les SIG.

III.2.Présentation de la zone d'étude :

Le parc national de Theniet El Had est situé au niveau de la partie septentrional du grand massif de l'Ouarsenis dans la Wilaya de Tissemsilt, le parc contient plusieurs cantons on a choisi canton de Guerouaou pour faire l'étude.

Le canton est situé dans le versant nord à exposition nord et nord-est du parc national, son emplacement le rend vulnérable à l'érosion hydrique. Les conséquences de ce phénomène écologique sont néfastes : perte de fertilité des terres arables, érosion des sols et manque de couvert végétal... La localisation des zones ravinées et la précision des caractéristiques climatiques et hydriques de la zone d'étude constituent une étape préliminaire à tout aménagement de lutte antiérosive appropriée. Celle-ci permet de mettre en évidence que le phénomène érosif dans cette zone résulte de la conjonction de plusieurs facteurs : agressivité des pluies, érodibilité des sols, raideur du relief, un couvert végétal absent ou réduit.

III.3.Localisation du canton de Guerouaou

Le canton couvert une superficie de 253 ha (figure20), c'est une partie importante de la superficie totale du parc nation de Theniet El Had.

L'analyse des caractéristiques physiques de cette zone est réalisée à partir des différents facteurs qui interviennent dans la manifestation de l'érosion hydrique.

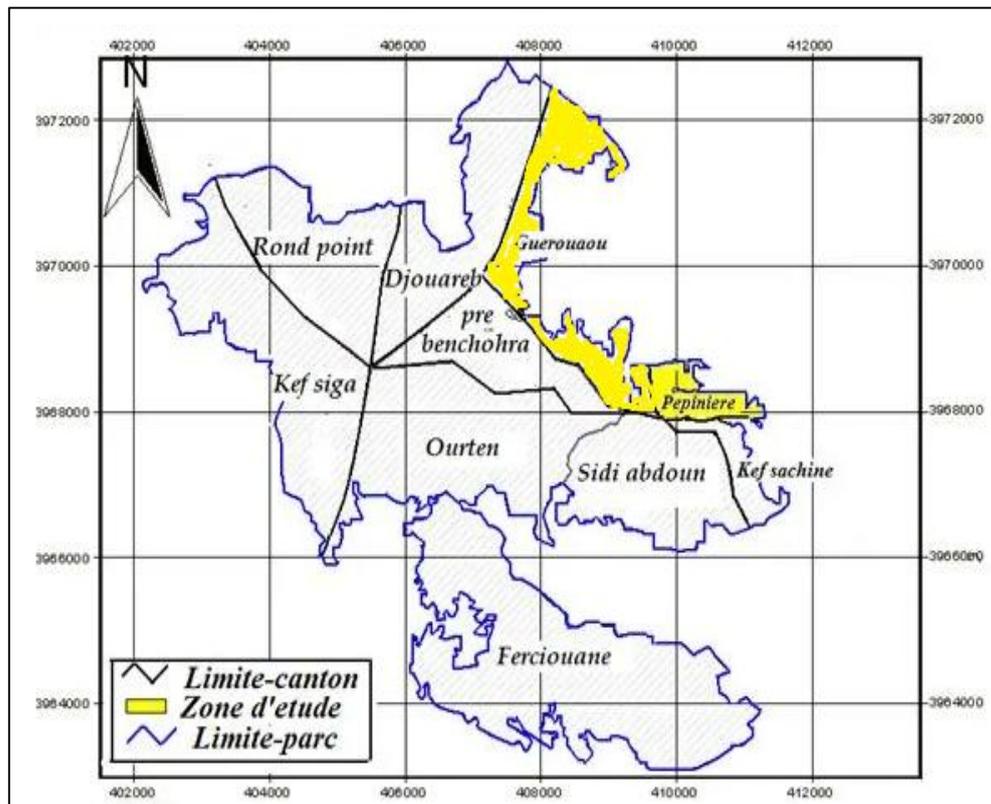


Figure 20: Carte présente la zone d'étude (PNTN, 2002)

III.4. Collecte des données

Après l'étude bibliographique, la collecte des données a été basée principalement sur les données de la climatologie, de la pédologie, et de la socio-économie du site d'étude, Ainsi que le choix des logiciels de cartographie, aussi les images satellitaires nécessaires pour finaliser le travail. L'approche méthodologique repose sur le croisement des cartes thématiques réalisé à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) qui offre la possibilité de croiser les différentes caractéristiques, physiques et agronomiques des parcelles.

III.5. Données disponibles :

L'approche utilisée a consisté dans un premier temps à détecter les facteurs déclenchant l'érosion et à les spatialiser en utilisant :

- Un Modèle Numérique de Terrain (**Digital élévation model DEM**) MNT ASTER GDEM à 30 m de résolution), joue le même rôle que celui des courbes de niveau du papier classique. Il offre une perspective analytique puissante.

Le **DEM** utilisé dans notre étude a été téléchargé gratuitement du site <https://earthexplorer.usgs.gov/> , il est utilisé comme entrée principale pour le calcul des degrés de la pente et la longueur de la pente (le facteur **LS**).

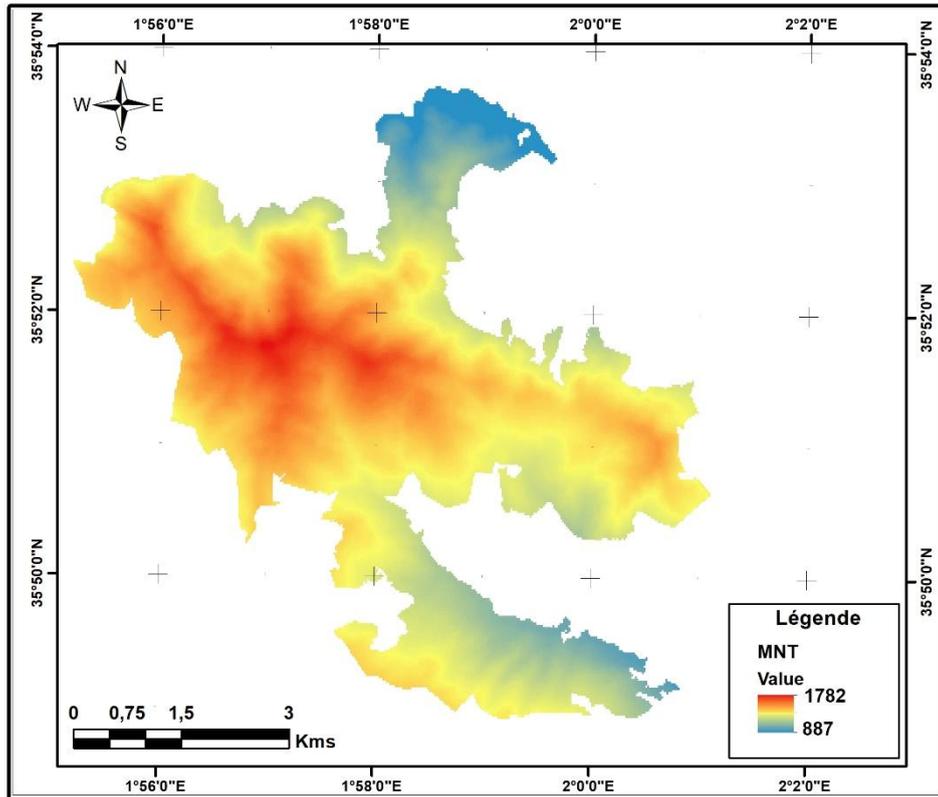


Figure 21: Carte du MNT du PNTH

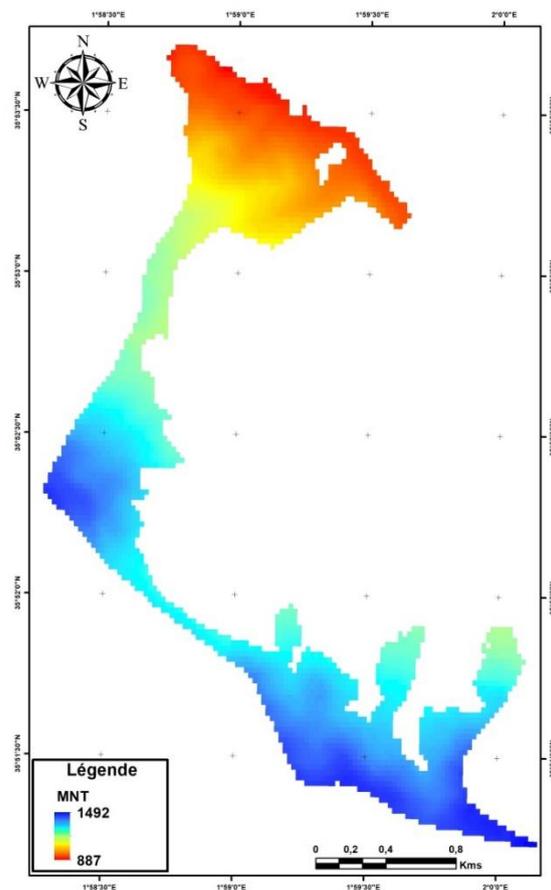


Figure 22: Carte MNT du canton de Guerouaou.

- Une carte pédologique format vectoriel de la zone d'étude délivrée par les services du parc de Theniet El Had : entrée principale pour le calcul du facteur d'érodibilité des sols K.
- Une image satellitaire Landsat-OLI 8 téléchargé gratuitement du site <https://earthexplorer.usgs.gov/> utilisée comme entrée principale pour le calcul de l'indice du couvert Végétal NDVI ainsi que du facteur adimensionnel de la couverture végétale et des pratiques culturales (le facteur C) (Tableau 06).

Tableau 6: Une image satellitaire disponible souvent la région

Orbite /rang	Date d'acquisition	Heures d'acquisition	Capteur
196/35	17-05-2021	10 h 25'	OLI

III.5.1.Programme Landsat

Le programme d'observation de la surface terrestre "Landsat" est le plus ancien des Etats Unis. Sept satellites Landsat ont été lancés depuis juillet 1972. Le dernier d'entre eux, Landsat 9, marque une nouvelle orientation dans le programme, afin de réduire le coût des données et d'augmenter la couverture globale de la Terre, ces satellites Landsat évoluent à une altitude moyenne de 705 km, Les ensembles de données archivés et l'imagerie récente LANDSAT se prêtent bien aux recherches environnementales à long terme et aux activités de détection du changement.

Le tableau suivant présenté les principales caractéristiques des satellites Landsat.

Tableau 7: les principales caractéristiques des satellites Landsat

Principales caractéristiques des satellites Landsat

Caractéristiq ues	<u>Landsat- 1 à 3</u>	<u>Landsat 4 et 5</u>	<u>Landsat -6</u>	<u>Landsat 7</u>	<u>Landsat 8</u>	<u>Landsat 9</u>
Début et fin de mission	Landsat-1 : 1972-1978	Landsat-4 : 1982-1993	1993 (échec)	1999-2022	2013	2021
Statut satellite	Mission terminée	Mission terminée	Échec au lanceme nt	Opération nel	Opératio nnel	Opération nel

Chapitre III		Matériel et méthode				
Bandes spectrales	0,5-0,6 μm	0,45-0,52	-	0,45-0,52	0,433-	0,433-
	0,6-0,7 μm	μm		μm	0,453	0,453 μm
	0,7-0,8 μm	0,52-0,6		0,53-0,61	μm	0,45-0,515
	0,8-1,1 μm	μm		μm	0,45-	μm
		0,63-0,69		0,63-0,69	0,515	0,525-0,6
		μm		μm	μm	μm
		0,76-0,9		0,78-0,9	0,525-	0,63-0,68
		μm		μm	0,6 μm	μm
		1,55-1,75		1,55-1,75	0,63-	0,845-
		μm		μm	0,68 μm	0,885 μm
		2,08-2,35		2,09-2,35	0,845-	1,56-1,66
		μm		μm	0,885	μm
				μm	1,36-1,39	
				1,56-	μm	
				1,66 μm	2,1-2,3 μm	
				1,36-		
				1,39 μm		
				2,1-2,3		
				μm		
Résolution	Générale : 79 m	Générale : 30 m	-	Générale : 30 m	Générale : 30 m	

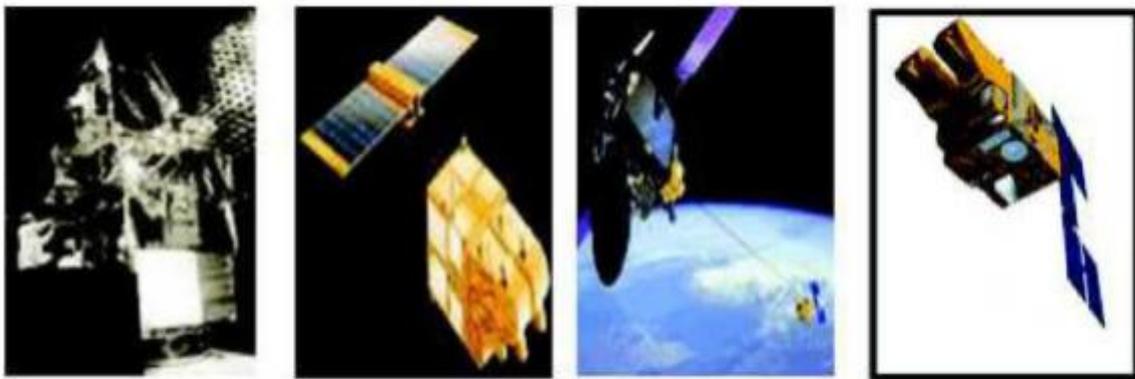


Figure 23: Différent satellites Landsat

En l’absence de station météorologique au niveau de notre zone d’étude, nous avons utilisés les données des stations météorologiques les plus proches, en considérant les critères topographiques et altitudinales. Ces données pluviométriques proviennent de 7 stations, localisées à l’extérieur de la zone

d'étude leurs coordonnées géographiques ainsi que les périodes d'observation de ces stations sont présentées dans le Tableau N°III-03

Les principales données sont les précipitations des pluies moyennes, mensuelles et annuelles entre 2000 à 2020 ces données climatiques sont utilisées en entrée principale pour le calcul des indices d'érosivité de la pluie (le facteur **R**) (Tableau N°III-03).

Tableau 8: Les pluies moyennes dans 7 stations

Station	Nom	Cod	X (longitude) en dd	Y (latitude) en dd	Z (altitude) en m	Périodes d'observation1
1	Echelef	604250	1.33	36.21	143	20ans
2	Djelfa	605350	3.25	34.33	1144	20 ans
3	Ksr chellala	605140	2.31	35.16	801	20 ans
4	Médéa	604370	2.75	36.28	1036	20 ans
5	Meliana	604300	2.23	36.3	721	20 ans
6	Relizane	604920	0.55	35.73	75	20 ans
7	Tiaret	605110	1.43	35.35	1127	20 ans

III.6. Logiciels utilisé

Dans notre étude, nous avons été amenés à traiter les données issues de différentes Sources, à l'aide de nombreux logiciels, à savoir :

III.6.1. Traitement des données pluviométriques

Pour le traitement de ce type de données, on utilise le logiciel « **EXCEL** » (sous Windows), ce logiciel est utilisé pour toutes les opérations mathématiques et statistiques.

III.6.2. Logiciels cartographiques

a- ENVI 5.1 : (Environnement for Visualizing Images)

ENVI (Environment for Visualising image) est le logiciel utilisé par les scientifiques, chercheur et spécialistes de l'analyse d'image ou des SIG pour traiter et analyser les images géospatiales. Le logiciel ENVI intègre les dernières technologies de traitement et d'analyse d'images, au sein d'une interface intuitive et simple d'utilisation, qui permet d'extraire rapidement des informations pertinentes à partir des images.

Dans notre étude, nous avons utilisé le logiciel ENVI 5.1 fournit des outils pour la visualisation, le géoréférencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires (Thomas et al. 2005). Il répond à la plus part des exigences de bases nécessaires pour le traitement d'une image :

- Visualisation et traitement des données de télédétection.
- Géoréférencement des images.
- Analyse de la végétation à l'aide des indices de végétation (NDVI).
- Correction géométrique et radiométrique.
- Support des formats raster et vecteur.
- Fournis un soutien aux données de télédétection par satellites, IRS, TERRA (ASTER), Landsat, etc.

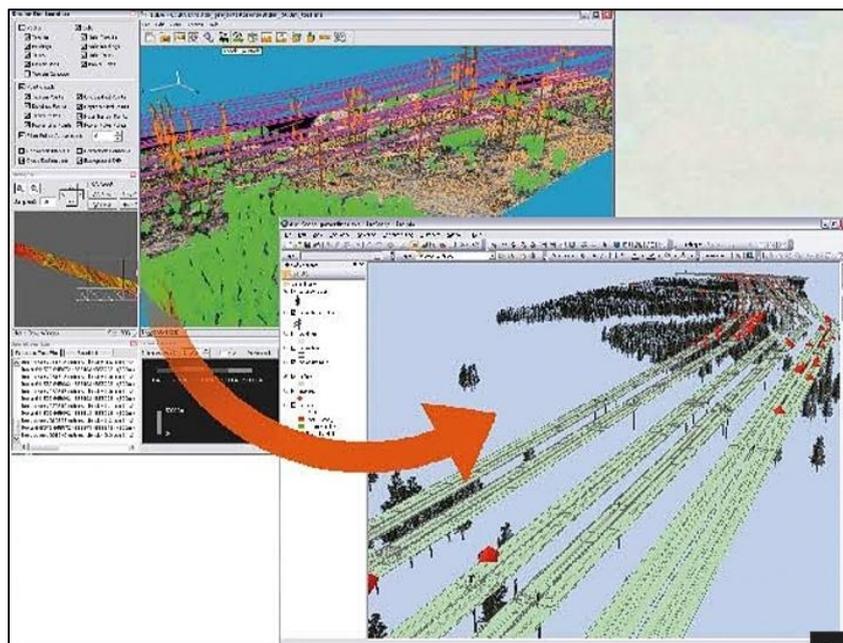


Figure 24: Logiciel ENVI 5.1 (<http://decryptage.fr>)

b- Logiciel SIG QGIS

Il est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, à la traiter et à la cartographier grâce à une interface simple et objective.

QGIS est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster ... Il incorpore un grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données.

Un système de requêtes cartographiques, permet la conception des cartes et bases de données cartographiques.

L'utilisation de ce logiciel, pour notre cas, concerne une phase initiale très importante. C'est la phase de préparation des différentes données géographiques issues de diverses sources.

Les différents traitements effectués par **QGIS** sont :

- ✓ La digitalisation des différentes couches d'information nécessaires à notre travail.
- ✓ La structuration de différentes tables attributaires des couches établies.
- ✓ La saisie des données sémantiques des objets géographiques de chaque couche d'information.
- ✓ Opérations de superposition des couches thématiques.
- ✓ Traitements statistiques.
- ✓ Echange de données avec les autres SIG (ArcGis, ArcInfo, etc.) et les logiciels de (CAO/DAO) tell AUTO CAD.
- ✓ **Type de sortie** : représentation cartographiques, valeur numériques ou textuelles,

Histogrammes, graphiques etc.

- ✓ Disponibilité d'une bibliothèque de symboles cartographiques, de trames et légendes

Modifiables de façon interactive.

- ✓ Efficacité dans la gestion des bases de données.
- ✓ Langage de requête qui permet de mixer les entrées graphiques et non graphique.

c- Le GPS (Global Positioning System)

Le système de positionnement global (GPS) un système de radionavigation américain basé

sur une constellation de satellites élaborés en 1970 et contrôlés par le déplacement de la défense des Etats-Unis. Utilisable librement par toute personne munie d'un GPS, il informe sur la position, le temps et la vitesse sur une large étendue mondiale quelques soient les conditions météorologiques ou le moment de la journée. (MANIERE ; 1987 in GUERINIAI. A ; 2012)

Le GPS est ainsi composé de trois parties : les satellites en orbite autour de la terre, des stations de contrôle et de suivi sur la terre et l'appareil de réception d'un nombre illimité d'utilisateurs. (MANIERE ; 1987 in GUERINIAI. A ; 2012)

Le GPS est réglé sur le système géodésique UTM/WGS84 qu'est le même système de l'imagerie Landsat utilisée dans notre travail.



Figure 25: Récepteur GPS marque Magellan Spor Trak

III.7. Apport de la télédétection et les SIG à l'étude de l'érosion

Traditionnellement, la télédétection a été utilisée dans les études d'érosion des sols grâce à l'interprétation de photos aériennes pour détecter les caractéristiques de l'érosion et pour obtenir des données d'entrée de modèle. Premièrement, la télédétection est utilisée pour détecter l'érosion et évaluer les facteurs qui la contrôlent. Les systèmes de satellites optiques sont les plus couramment utilisés pour les études d'érosion (TOUMI, 2013). L'application de la télédétection aux études d'érosion suit deux axes de recherche : d'une part, contrôler les signaux qui décrivent les variations temporelles et spatiales des caractéristiques de la surface du sol, et d'autre part, il est important d'améliorer les méthodes utilisées.

Reliez ces signaux de surveillance aux variables hydrologiques et géomorphologiques pertinentes dans les modèles utilisés pour étudier les processus d'érosion. Une zone et ses éléments peuvent être observés à l'aide d'images de plusieurs résolutions différentes. L'étendue de chaque objet d'observation peut être restaurée à l'échelle la plus appropriée pour l'analyse. Par exemple, les îlots de végétation associés aux phénomènes d'érosion peuvent être observés et restaurés à l'échelle régionale, tandis que les terres agricoles peuvent être observées et restaurées à l'échelle locale. La sélection des capteurs de télédétection est guidée par leur résolution spatiale afin de les adapter au mieux à la taille de l'objet observé et à l'échelle de récupération souhaitée (Toumi, 2013).

III.8.Méthode utilisé pour l'évaluation de l'érosion hydrique

Les méthodes utilisées dans l'évaluation et la cartographie de l'érosion varient en fonction des objectifs, des moyens et des échelles de travail. La quantification peut se faire par des mesures directes ou par des évaluations indirectes.

III.8.1.Méthodes directes

III.8.1.1.Mesures topographique

Le principe se base sur le suivi de l'évolution topographique de la surface du sol, Notamment.

- Mesure par rugosimètre : on estime la variation de la hauteur du sol par rapport à un plan de référence.
- Suivi de l'évolution des ravines : on mesure la variation des dimensions de certaines sections des ravines après chaque évènement pluvieux.

III.8.1.2.Simulation de pluie

L'objectif est de déterminer certaines caractéristiques hydrodynamiques des sols et ce, à petite échelle et sous diverses conditions de pluie et de sols.

L'utilisation des simulateurs de pluie présente plusieurs avantages puisqu'ils :

- Sont des dispositifs mobiles
- Sont capables de produire à volonté des pluies d'intensité, de hauteur et d'énergie

Semblables à celles des pluies naturelles

- Permettent de simuler des averses de fréquence rare qui causent le plus de dégâts
- Permettent de raccourcir les temps d'observation sur le terrain.

III.8.1.3. Mesures par l'étude du transport solide

a) Transport en solution

Sa mesure est relativement facile puisque les concentrations en matières dissoutes sont en général homogènes dans une section. Ces concentrations sont liées à la conductivité qui est facilement mesurable in situ. Une formule établie par N'Guyen (1988) montre cette relation Comme suit :

$$C \text{ (mg/l)} = K/R$$

C : concentration en mg/l.

K : facteur d'érodabilité.

R : conductivité en ohms/cm.

b) Transport de fond

Peut être estimé selon plusieurs méthodes à savoir des pièges à sédiments installés au fond de la zone active du lit, des fosses creusées au fond du lit ou aussi par marquage isotopique des sédiments. Cependant, sa mesure est imprécise.

III.8.1.4. Mesures par l'étude de la sédimentation dans les retenues

L'estimation de la quantité des sédiments déposés dans une retenue dépend de deux Paramètres : la densité et le volume des sédiments. La densité des sédiments est variable en fonction du temps et en fonction de la position dans la retenue. Elle varie en fonction de la granulométrie, la composition minéralogique, l'épaisseur des dépôts, le niveau de l'eau dans la retenue et l'âge des dépôts.

Quant au volume des sédiments, il est déterminé sur la base d'une comparaison de la topographie de la cuvette avant et après mise en eau du barrage. La détermination de la profondeur des sédiments par rapport à la surface d'eau est appelée bathymétrie.

III.8.2. Les mesures indirecte

Il existe plusieurs formules permettant la quantification de l'érosion hydrique, nous ne citerons que celles qui impliquent des paramètres physiques représentatifs.

III.8.2.1. Formule de Henin 1950

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

Donnée par la formule suivante :

$$Es = \frac{I_p I S}{K V_e}$$

Avec :

I_p : Intensité des précipitations;

I : Pente du bassin versant; Les facteurs " I_p " et " I " favorisent l'érosion

S : Susceptibilité des sols;

K : Perméabilité;

V_e : Végétation.

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

III.8.2.3. Formule de Fournier (1960)

$$Ass = (1/36) (P_m^2 / P_{am})^{2.65} (h^2 / S)^{0.46}$$

Avec :

Ass : apport solide spécifique ($t/km^2 / an$).

P_m : précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (mm).

P_{am} : précipitations annuelles (mm).

h : dénivelée moyenne (m).

S : superficie du bassin versant (km^2).

III.8.2.4. Formule de Tixeront (1960)

Basée sur les données recueillies dans 32 bassins algériens et 9 bassins tunisiens sur une durée comprise entre 2 et 22 ans.

$$\text{Ass} = 92 \cdot E^{0.21} \quad \text{pour la région Est algérien}$$

$$\text{Ass} = 200 \cdot E \quad \text{pour la région centre algérien.}$$

Avec :

Ass : apport solide spécifique en t/km²/an.

E : Ecoulement en mm.

III.8.2.5. Formule de la Sogreah

Basée sur les données de 30 bassins algériens, de superficie comprise entre 100 et 300 km², soumis à une pluviométrie annuelle comprise entre 300 et 1000 mm.

$$\text{Ass} = \alpha \cdot E^{0.15}$$

Avec :

Ass : apport solide spécifique (t/km²/an).

α : coefficient dépendant de la perméabilité du sol, donné au (Tableau N° 04).

E : Ecoulement annuel (mm).

Tableau 9: Valeurs de α pour différentes perméabilités

Perméabilité	A
Forte	8.5
Moyenne	75
Moyenne à faible	350
Perméabilité faible	1400

III.8.1.6. Formule de Wischmeier et Smith (Universal Soil Loss Equation - USLE 1958)

Plusieurs modèles d'érosion des sols existent avec différents degrés de complexité. Le modèle mathématique le plus simple est l'équation universelle des pertes en sols, 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), USLE est encore utilisé dans un grand nombre d'études sur la perte de sol (**FISTIKOGLU ET HAMANCIOGLU, 2002**). Fondamentalement, USLE a l'avantage 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. Cependant, le modèle est limité dans le sens où il ne peut pas simuler l'érosion du lit de dépôt, ou en ravin (**FOSTER, 1982**).

L'Equation universelle de pertes en sol (Wischmeier et Smith, 1978) s'applique à la quantification des pertes en sol par érosion en nappe et en rigole. 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 antiérosives:

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

A : est la perte de sol due à l'érosion et constatée, par unité de surface pendant une période de temps déterminée en ($t \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$).

R est appelé facteur pluie ou indice d'érosivité. Il a été défini comme le produit de l'énergie de la pluie par son intensité maximum en 30 minutes, et est exprimé en $\text{MJ mm} (\text{ha h an})^{-1}$.

K l'érodibilité de sol est la susceptibilité du sol à l'érosion et est 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, et est exprimé en $t \text{ ha h} (\text{ha MJ mm})^{-1}$.

LS Le facteur topographique tient compte à la fois de la longueur de la pente (**L**) et de son inclinaison (**S**) et d'évaluer globalement l'influence de la pente sur la vitesse de l'érosion, c'est un facteur sans dimension sans dimension.

C Le facteur de couverture végétale est un simple rapport entre l'érosion sur sol nu et l'érosion observé sous un système de production. Il varie de 1 sur sol nu à 1/1000 sous forêt, 1/100 ème sous prairies et plantes de couverture, 1 à 9/10 ème sous cultures sarclées.

P le facteur des pratiques culturales antiérosives comme le labour, le buttage et le billonnage en courbe de niveau. Il varie entre 1 sur un sol nu sans aucun aménagement anti érosif à 1/10 ème environ, lorsque sur une pente faible, on pratique le billonnage cloisonné.

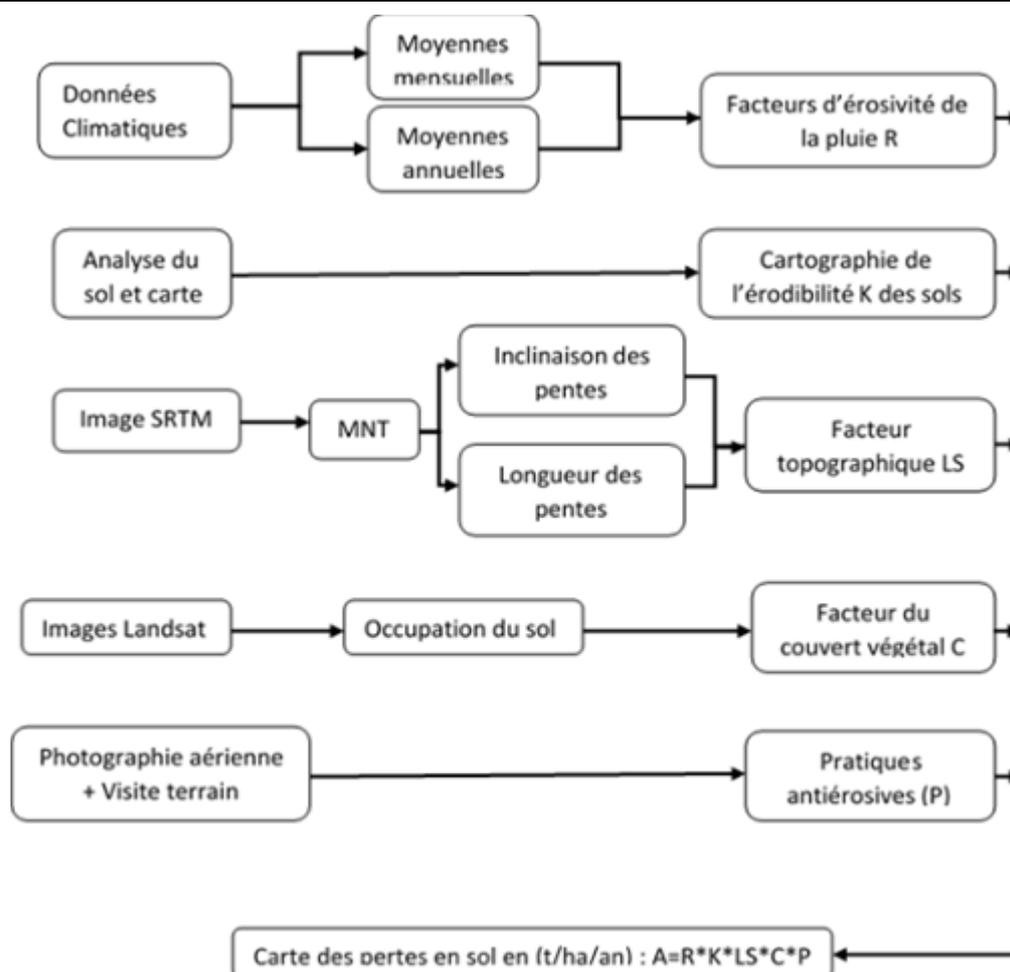


Figure 26: Organigramme méthodologique du modèle URSL appliquée

III.9. Domaines d'application de l'USLE

USLE a été conçu à l'origine pour estimer les occurrences dans Terre agricole. Sur n'importe quel terrain, le processus d'érosion du sol est difficile. Regardez régulièrement car cela se produit très lentement au fil du temps. USLE Estimer la perte de sol annuelle moyenne à long terme pour cette terre. Concernant la participation limitée. Certaines études ont utilisé USLE et GIS Cartographie de l'érosion des sols à l'échelle du bassin versant (Chen et al, 1993, Tahri et al. 1993, El Garouani et al. 2003). Ces études montrent que les taux d'érosion varient. Dépend principalement de l'occupation du sol et de la pente. Une chose à noter est que Les précipitations (facteur R) et le sol (facteur K) sont déterminés en fonction de leurs propriétés. Pour une région donnée, il ne peut pas être modifié. Autres facteurs (L, S, C et P) Des modifications peuvent être apportées par des mesures d'atténuation. Les calculs USLE peuvent être ajustés avec ces quatre facteurs restants et comme outil prédictif pour déterminer La meilleure façon de réduire la perte de sol. L'effet d'une intrigue raccourcie Terrain (réduction du facteur L) ou en déplaçant la parcelle vers un autre emplacement. Avoir une surface plane (facteur S réduit) peut être vérifié par calcul USLE. Impact de l'augmentation de la couverture

végétale ou de la mise en œuvre de la technologie. La direction réduira les facteurs C et P, respectivement. Tous les scénarios possibles peuvent être détectés par USLE sans réellement faire d'atténuation. USLE peut être utilisé comme un outil de prévision pour sélectionner la meilleure action possible pour réduire la perte de sol.

Chapitre IV

Applications de la méthode

USLE et Discussion

IV.1.Introduction

Dans cette étude, les précipitations sont la cause principale de l'érosion hydrique, ce dernier fait une modification sur la forme du sol c'est-à-dire la perte en sol, en plus de la diminution de la couverture végétale et animal, et pour étudier le degré de cette perte en sol il y a plusieurs modèles nous avons utilisé le modèle USLE (Universal Soil Loss Equation) c'est un modèle facile basé sur cinq principaux facteurs. Ce modèle exprime l'érodibilité du milieu et permet une quantification des pertes en sols par l'érosion hydrique.

IV.2.Application de la méthode USLE

La méthode l'USLE a été utilisée pour modéliser et analyser les pertes en terre dans notre zone d'étude. La méthode USLE repose sur cinq facteurs (voir chapitre III). Chaque facteur sera estimé, brièvement discuté et analysé séparément pour nous permettre au final de quantifier le facteur A. Il n'y a pas d'ordre préférentiel mais nous avons choisi d'estimer d'abord le facteur K, puis le facteur LS, ensuite le facteur C, suivi du facteur P, et terminer par le facteur R tout cela confirmé par l'équation suivante :

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

A : exprimant les pertes en sol annuelles moyennes des sols ($t \cdot ha^{-1} \cdot An^{-1}$).

K : exprimant l'indice d'érodibilité des sols à l'érosion hydrique ($t \cdot ha^{-1} \cdot h/ha \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$).

LS : exprimant le facteur de topographie dépendant de la pente et sa longueur (adimensionnelle).

C : exprimant le facteur de végétation (adimensionnel).

P : exprimant le facteur d'aménagement (adimensionnel).

IV.3.Les facteurs de la méthode USLE

IV.3.1.Le facteur K : l'indice d'érodabilité des sols à l'érosion

La carte pédologique établie par le Parc de Theniet El Had nous a permis de dresser une carte des textures, ces dernières ont permis le calcul du facteur K à l'aide des codes de perméabilité basée sur la classification des textures et du tableau de correspondance (**STONE ET HILBORN, 2000**) permettant ainsi de déduire à partir de la texture les valeurs d'érodibilité des sols.

Ces valeurs sont données en tonne/acres (Système US), et nécessitent d'être converties dans le système international par la multiplication de K par un facteur correctif de 0,1317.

Tableau 10: Variation de l'érodibilité du sol (K) en fonction du type de sol (Stone et Hilborn, 2000).

Classe texturale	Facteur K (tonne/acres)	Facteur K (t.ha.h/ha.MJ.mm)
Argile	0.22	0.02897
Loam argileux	0.3	0.03951
Loam sableux gossier	0.07	0.00922
Sable fin	0.08	0.01054
Loam sableux fin	0.18	0.02371
Argile lourde	0.17	0.02239
Loam	0.3	0.03951
Sable fin loameux	0.11	0.01449
Sable loameux	0.04	0.00527
Sable très fin loameux	0.39	0.05136
Sable	0.02	0.00263
Terre franche argileuse	0.2	0.02634
Loam sableux	0.13	0.01712
Loam limoneux	0.38	0.05005
Argile limoneuses	0.26	0.03424
Loam limono-argileux	0.32	0.04214
Sable très fin	0.43	0.05663
Loam sableux très fin	0.35	0.04610

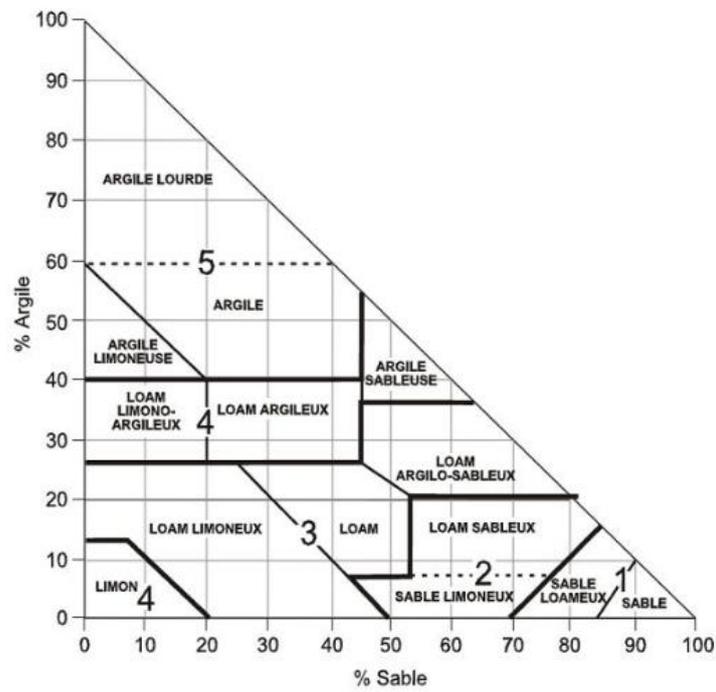


Figure 27: Triangle montre les Codes de perméabilité basée sur la classification des textures (Ontario Centre For Soil Resource Evaluation, 1993).

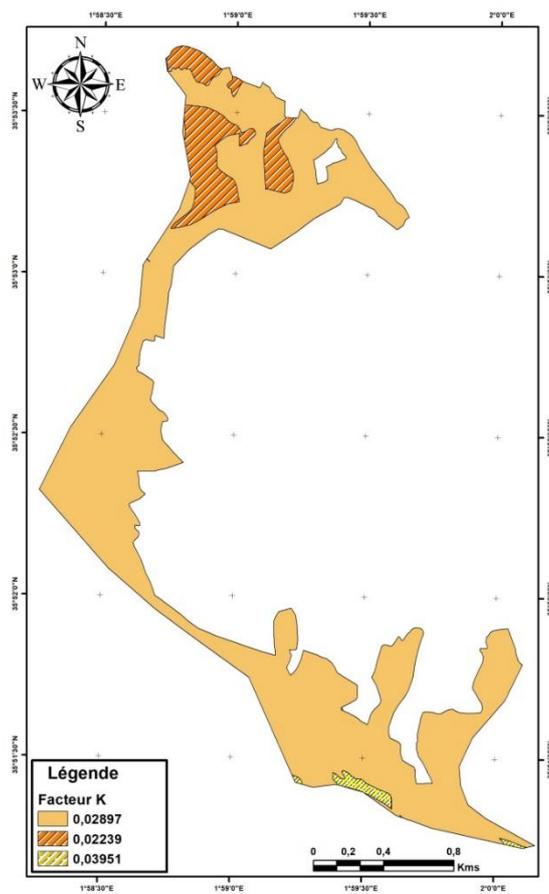


Figure 28: Carte de facteur K.

Cette carte représente les valeurs de facteur K dans la zone d'étude. On note que la grande partie de cette surface porte les moyennes valeurs de k (0.02897), et quelque partie du nord porte

les valeurs faibles qui a proche de 0.02239, et les valeurs dominants situé dans le sud qui sont les grandes valeurs (0.03951).

IV.3.2. Facteur topographique (LS) : longueur et l'inclinaison de la pente :

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. Le facteur *LS* est fonction de la longueur et de l'inclinaison des pentes. La carte des pentes (Figure N°IV-03) a été dérivée du modèle numérique de terrain (MNT) de la région. Dans le cadre de notre étude, on a utilisé la formule simple et adaptable à notre base de données proposée par **MOORE ET BURCH (1986)**.

L'équation s'écrit :

$$LS = \left(\frac{L}{22.13} \right)^{0.4} \times \left(\frac{\sin(S)}{0.0896} \right)^{1.3}$$

L : est la longueur de la pente en mètres (m), qui est dérivée suivant l'algorithme des masses et flux (**GRUBER ET PECKHAM., 2008**) intégré dans le logiciel QGIS.

S : est l'inclinaison de la pente en degrés (°).

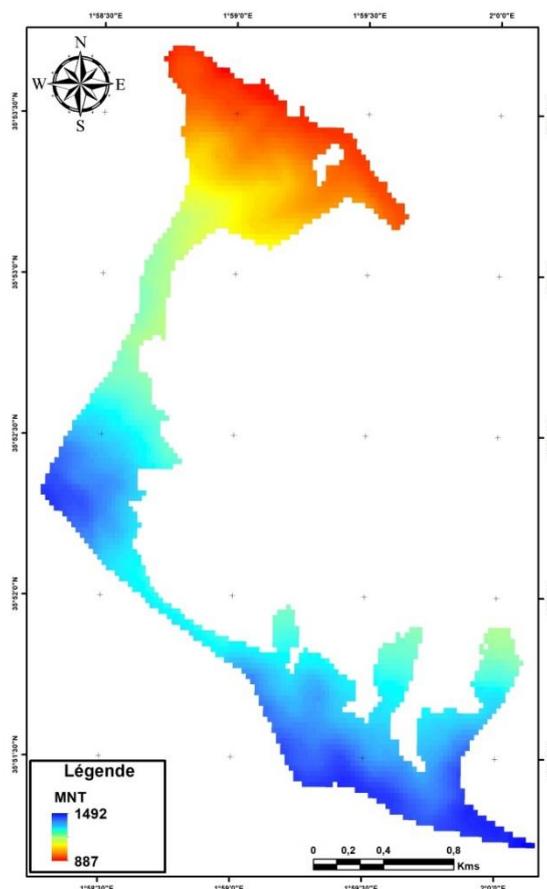


Figure 29: Carte de MNT.

Cette carte représente les changements de la valeur du modèle numérique de terrain entre la valeur plus grand 1492 et la plus faible 887.

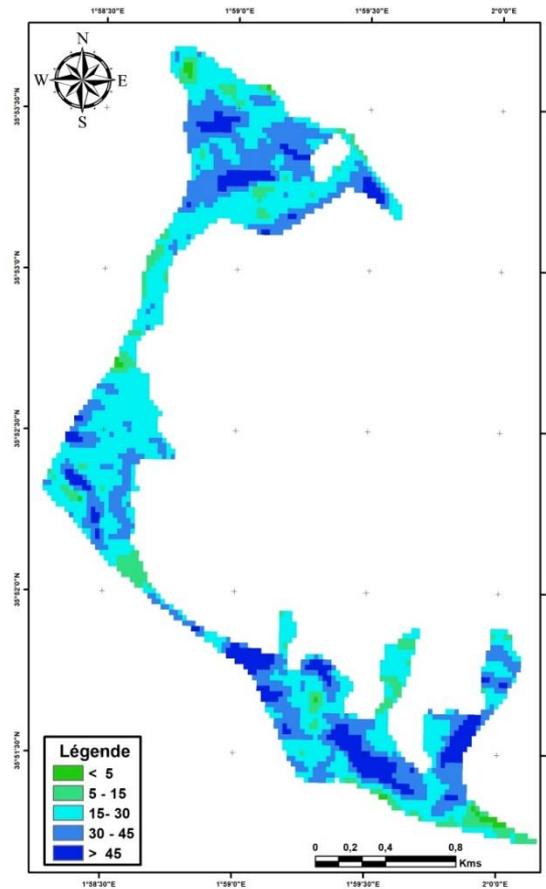


Figure 30: Carte des pentes.

Tableau 11: Pourcentage des classes des pentes.

Classe de pente	Pourcentage
<5	0.1
5-15	0.08
15-30	0.42
30-45	0.3
>45	0.1
Total	1

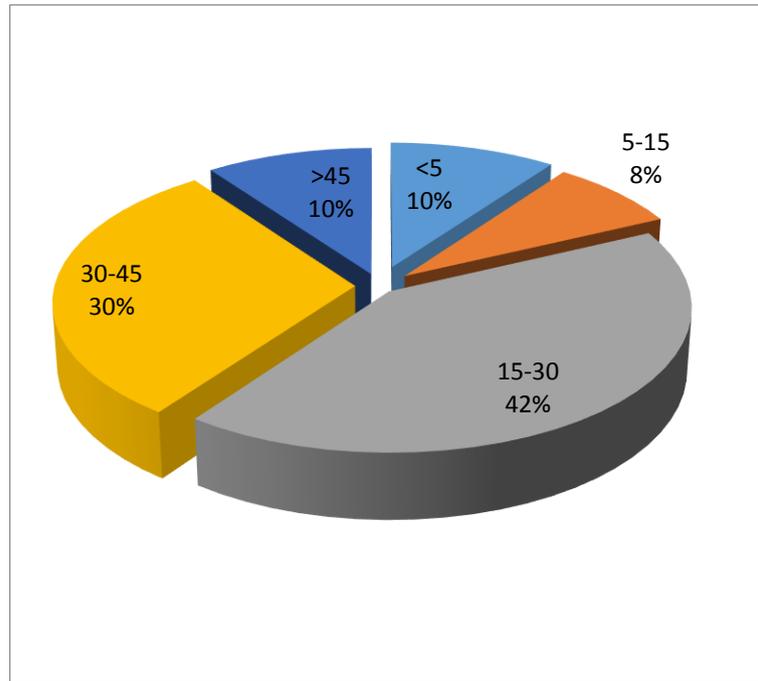


Figure 31: cercle trigonométrique présente le pourcentage du chaque classe des pentes.

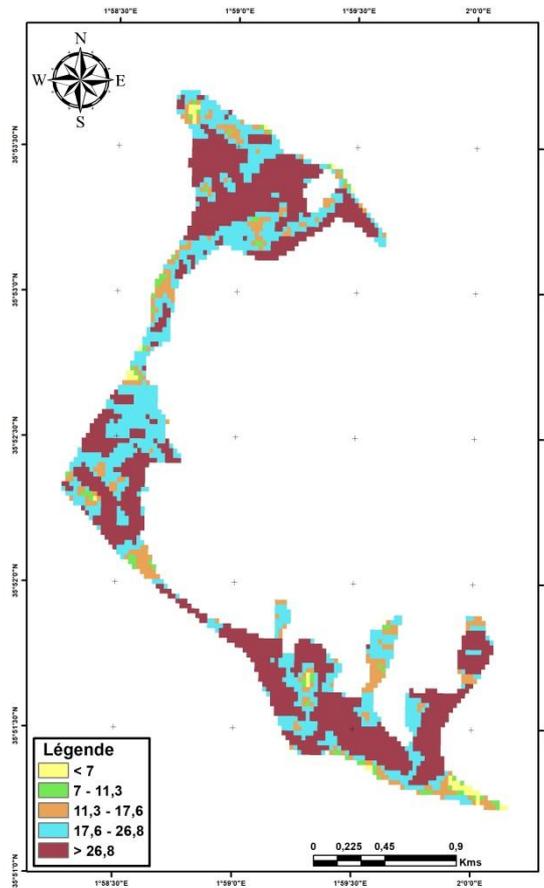


Figure 32: Carte de pente.

Tableau 12: Classe de pente

Classe de pente	Pourcentage %
0<7	2
7-11.3	3
11.3-17.6	10
17.6-25.8	33
> 26.8	52

D'après cette étude nous avons observé que chaque classe déterminée par un pourcentage précis, nous remarquons le pourcentage plus élevé (42%) dans la classe 15-30, et le plus faible (8%) dans la classe 5-15.

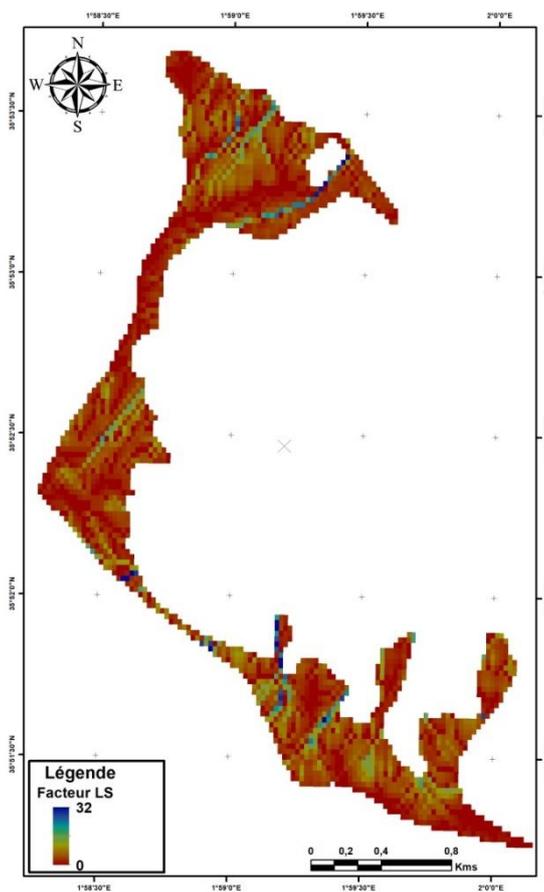


Figure 33: Facteur LS.

La carte représente la répartition du facteur LS dans la zone d'étude, on remarque que la couleur marron est dominante dans la carte et qui porte les valeurs très faibles s'approche à zéro, cette carte contient quelques valeurs moyennes et élevées proches de la valeur 32.

IV.3.3. Facteur C : d'exploitation du couvert

La valeur du facteur C dépend de la nature de la végétation et du pourcentage du couvert végétal. Plusieurs formules empiriques ont été proposées dans la littérature pour exprimer ce facteur (**KATERJI ET AL. 1983**). Dans le cadre de notre travail, pour estimer le facteur C, nous avons opté pour la formule donnée par l'équation ci-dessous (**ZHOU ET AL, 2008 ; KOULI ET AL. 2009**) qui tient compte de l'indice de végétation (NDVI) L'équation s'écrit :

$$C = \exp \left[-2 \frac{NDVI}{(1-NDVI)} \right]$$

L'indice de végétation (NDVI) est calculé à partir des réflectances dans le rouge (r_3) et le proche infrarouge (r_4), la figure présente les valeurs du NDVI dans le canton :

$$NDVI = \frac{r_4 - r_3}{r_4 + r_3}$$

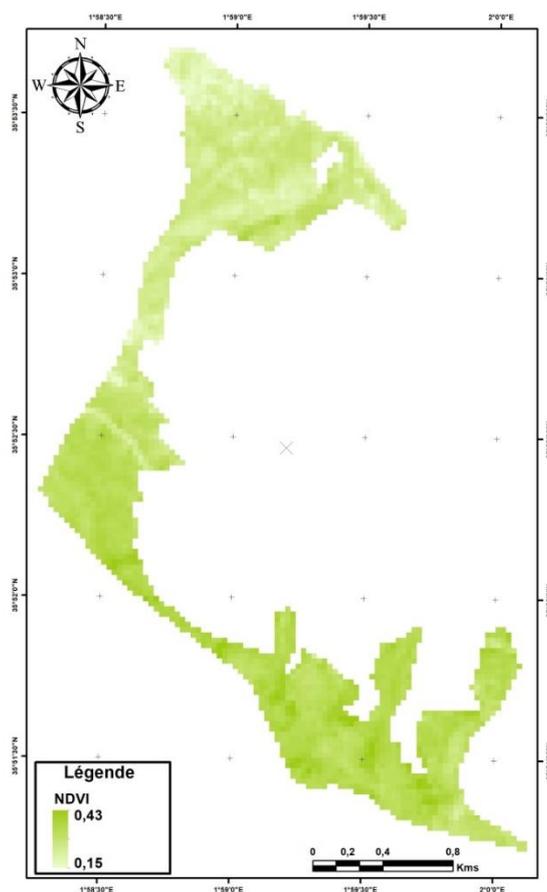


Figure 34: Carte de NDVI.

L'indice de végétation de notre zone d'étude se situe entre deux valeurs, la plus grande 0.43 et la plus faible 0.15 .

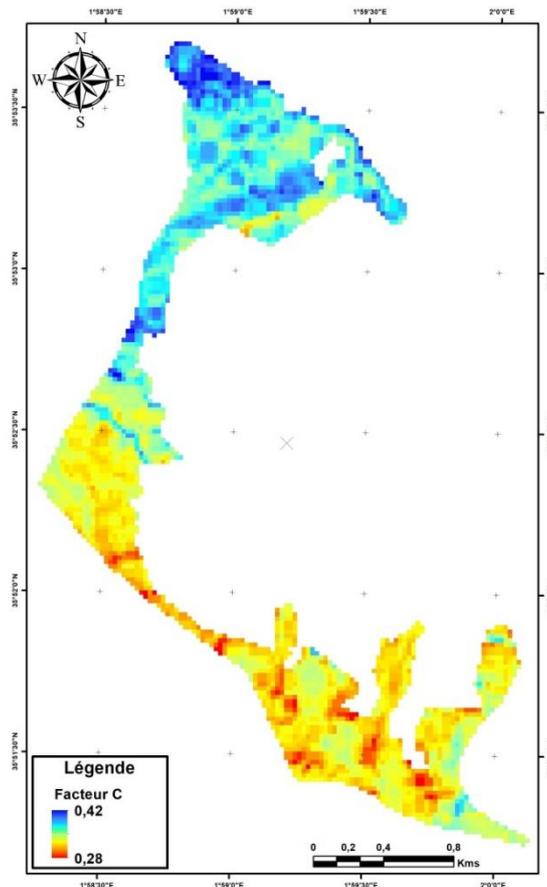


Figure 35: Carte de facteur C.

La carte représente le facteur C qui est varié entre les deux valeurs 0.42 et 0.28. On note que les valeurs grandes (0.42) et moyennes sont situées au nord, tandis que les valeurs très faibles (0.28) et faibles sont localisées au sud.

IV.3.4.Facteur P : facteur de conservation et d'aménagement

Le facteur P indique l'effet des pratiques de soutien sur le taux d'érosion annuel moyen. D'autre part, il indique le taux de perte de sol selon les différentes terres cultivées sur la terre (Sheikh et al. 2011). Pour des résultats satisfaisants, le facteur P dépend du contour, de la culture en bandes et des terrasses, qui contrôlent l'érosion. Selon les méthodes de culture et les conditions de pente, la valeur du facteur de pratique de support est indiquée dans le tableau N13 (SHIN 1999). La valeur du facteur P varie de 0 à 1.

Tableau 13: La valeur du facteur P

Pente (%)	Valeur de P
0.0 – 7.0	0.55
7.0 - 11.3	0.60
11.3 – 17.6	0.80
17.6 – 26.8	0.90
26.8 \geq	1.0

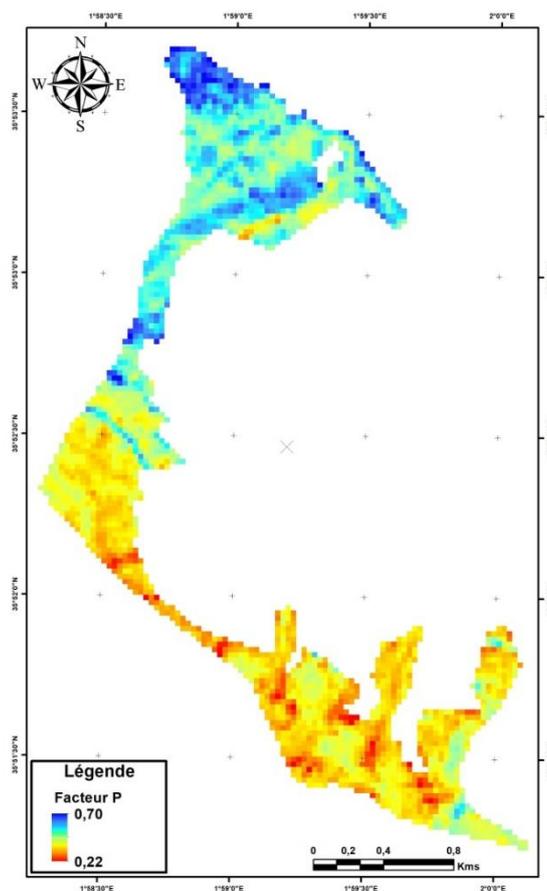


Figure 36: Carte de facteur P.

La carte représente la distribution du facteur P, ou nous remarquons que la section nord (couleur bleu) porte principalement de grandes valeurs (0.70), entrecoupées de quelques valeurs moyennes (la couleur bleu ciel), tandis que la section sud porte des valeurs faibles (couleur jaune) et très faibles (couleur rouge) estimées à environ 0.22.

IV.3.5.Facteurs (R) : Erosivité Potentielle des précipitations

Facteur d'érosivité des pluies

L'érosivité des pluies est un facteur climatique qui représente la force d'agressivité des pluies sur le sol (**RENARD ET AL, 1997; LOUREIRO ET COUTINHO, 2001; ZHANG ET FU, 2003**). Selon la formule de Wischmeier et Smith (1978), l'intensité est celle qui accuse la plus forte corrélation à la quantité de sol érodé. L'estimation de ce facteur nécessite la détermination des énergies cinétiques E en (mm/h) et l'intensité moyenne sur 30 minutes (130) successives de pluie de chaque averse exprimée en (J/m²/mm).

Ces formules proposées par Wischmeier et Smith (1978) comme indicateur d'érosivité restent difficilement applicables pour cette région d'étude où les intensités des ne sont pas disponibles dans les stations pluviométriques.

De nombreuses formules 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 formules de substitution ont été appliquées dans différents travaux impliquant une modélisation USLE (**MORSCHER ET FOX, 2004; SADIKI ET AL, 2004 ; EL GOUARANI ET AL, 2008**) et ont donné des résultats satisfaisants.

Les seules données disponibles dans la région d'étude, sont les pluies moyennes mensuelles et annuelles. Pour remédier à ce manque de données pluviométriques de la formule de Wischmeier et Smith (1978), Un certain nombre d'auteurs (**KALMAN, 1967, ARNOLDUS, 1987, RANGO&ARNOLDUS, 1987**) ont développé des formules alternatives qui se basent sur les données disponibles pour déterminer l'agressivité climatique.

Pour le canton guerouaoue, nous avons opté pour l'utilisation de la formule de Rango et Arnoldus (1987) pour le calcul du facteur d'agressivité climatique. Cette formule a été utilisée par plusieurs auteurs (**SADIKI ET AL. 2004, TOUMI ET AL, 2013**), Ceci pour des raisons :

- les résultats encourageants obtenus par les auteurs précités.
- la diversité des milieux où cette formule a été appliquée

$$\log R = 1.74 \cdot \log \sum \left(\frac{p_i^2}{p} \right) + 1.29$$

Où :

Pi : représente les précipitations mensuelles P:

les précipitations annuelles en mm.

Pi et P sont calculés en utilisant les données de 07 stations pluviométriques réparties dans l'endroit d'étude .Par la suite, les résultats ont été interpolés sur toute la superficie du canton guerouaoue.

Tableau 14: Les stations pluviométriques réparties dans la région d'étude.

Station	Nom	Code	X (longitude)	Y (latitude)	Z(Alt)	R
1	Echelef	604250	1.33	36.21	143	68.46
2	Djelfa	605350	3.25	34.33	1144	40.62
3	Ksar chellala	605140	2.31	35.16	801	37.86
4	Médéa	604370	2.75	36.28	1036	102.64
5	Meliana	604300	2.23	36.3	721	104.34
6	Relizane	604920	0.55	35.73	75	56.66
7	Tiaret	605110	1.43	35.35	1127	59.18

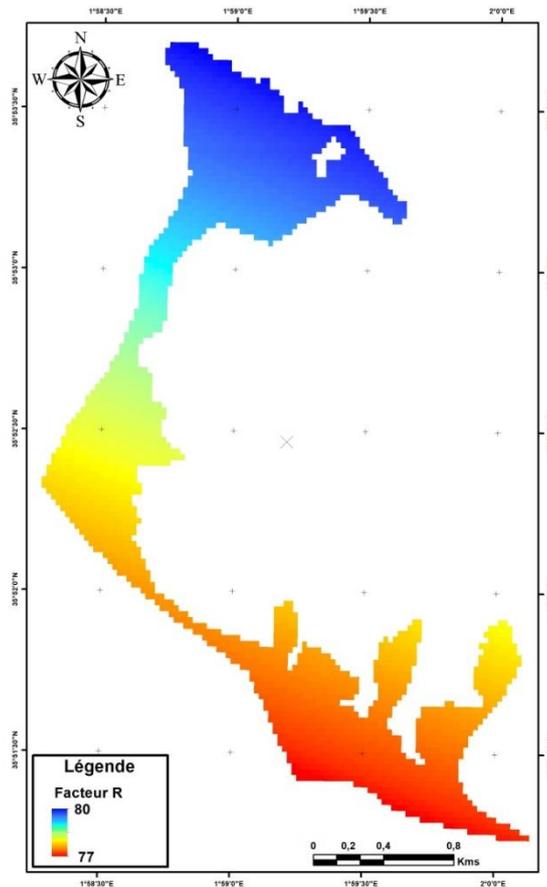


Figure 37: Carte de facteur R.

Cette carte représente la distribution de facteur R qui varié entre 77 et 80, on observe que la couleur orange apparait dans le sud et porte la valeur plus faible (77), tandis que la couleur bleu apparait au nord et à la valeur la plus élevée (80), et les deux couleurs jaune et bleu ciel portent les valeurs moyennes.

IV.3.6.Facteur (A) : Perte des sols

A est un modèle d'érosion élaboré pour calculer la perte en terre moyenne à long terme de l'érosion en nappe et en rigole sous des conditions spécifiques. Il est aussi utilisé dans les domaines non agricoles comme la construction (**WISCHMEIER ET SMITH, 1978**).L'équation universelle des pertes en terre selon Wischmeier et Smith (1972) est une fonction multiplicative qui a la forme : $A = R K L S C P$ en ($t. ha^{-1}. An^{-1}$).

La classification des pertes des terres et le degré de sensibilité à l'érosion pour notre zone d'étude est représenté au tableau :

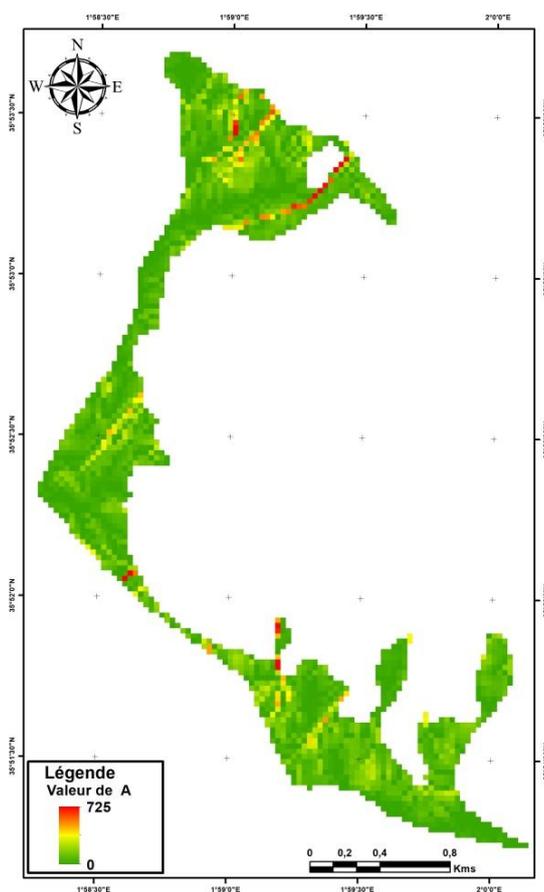


Figure 38: Carte de facteur A.

Cette carte représente la répartition de facteur A, on remarque que les très faibles pourcentages de ce facteur apparaissent dans la majeure partie de la carte (couleur vert), entrecoupés de quelques zones aux valeurs moyennes (couleur jaune) et élevées (rouge et orange).

La classification des pertes des terres et le degré de sensibilité à l'érosion pour notre zone d'étude est représenté au tableau suivant :

Tableau 15: La classification des pertes des terres et le degré de sensibilité à l'érosion.

Perte en sol (t/ha/an)	Degrés de sensibilité
≤ 5	Très faible
5 à 12	Faible
12 à 50	Modéré
50 à 100	Sévère
> 100	Très sévère

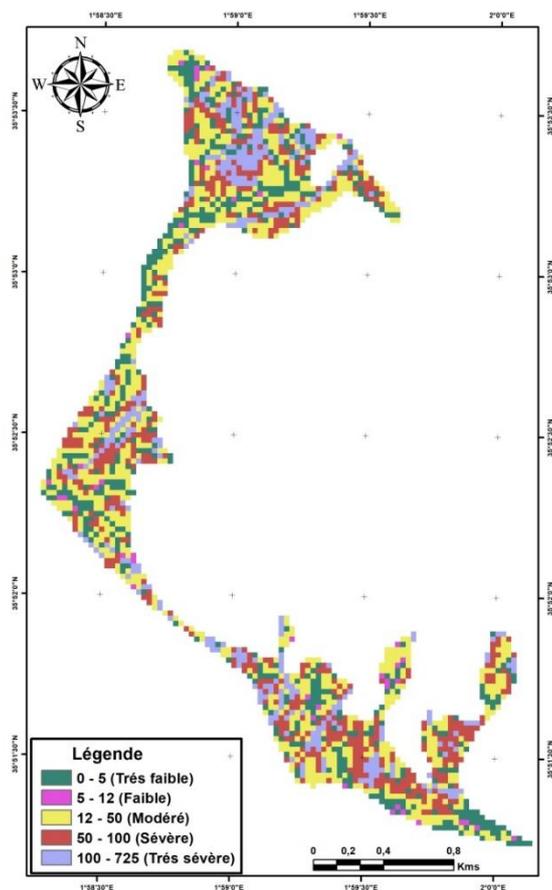


Figure 39: Carte de classe du parte en sol.

Tableau 16: les classes de la perte en sol en degré et pourcentage.

Classe	Perte en sol	Dégré	Pourcentage %
1	0-5	très faible	22
2	05-12	Faible	2
3	12-50	Modéré	37
4	50 -100	Sévère	24
5	>100	très sévère	15

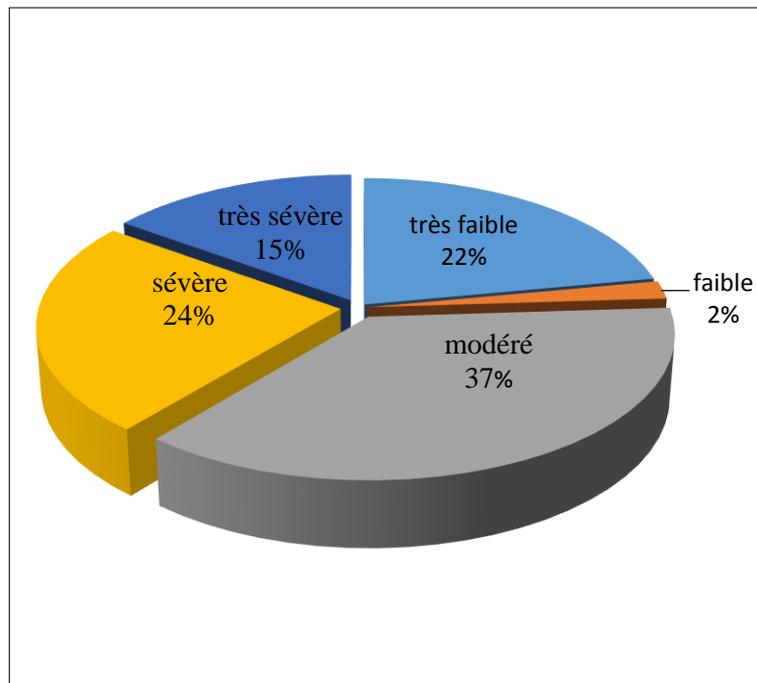


Figure 40: Cercle trigonométrique présente le pourcentage du perte en sol dans chaque classe

Les résultats obtenus

Les résultats obtenus montrent que :

- Les zones qui un risque sévère et très sévère couvrent les classe 4 et 5 qui représentent les pourcentages 24 % et 15% de la superficie du canton Guerouaoue.
- les zones sensibilité très faible et faible (les classes 1 et 2) couvrent 22% et 2% respectivement, le reste 37% représente un risque modéré.
- On observe qu'il y a une grande perte en sol surtout dans les classes 4 et 5 qui peut expliquer par :
 1. Premièrement ces terrains sont montagneux où le facteur de la pente et la longueur de la pente (LS) est près de 15° (forte pente) ;
 2. Deuxièmement l'occupation du sol dans ces terrains est très faible (facteur C près de 1).
 3. Troisièmement ces terrains se caractérisent par de fortes précipitations (facteur R).
 4. Quatrièmement ce sont des terrains marneux très sensibles à l'érosion (facteur K).

Toutes les conditions sont favorables à l'érosion dans le canton de Guerouaoue donc nous comptabilisons une grande perte de sol.

IV.4.Discussion

La synthèse de toutes les informations du SIG permet de cartographier les pertes en sol, mesurées en tonnes par hectare et par an, sur cinq niveaux : très faible (<5), faible (5-12), modéré (12-50), sévère (50-100), extrêmement sévère (>100), dont les zones sévères 24% et très sévères représentaient 15% , les zones faibles extrêmement bas représentaient 2%, et les zones très faible 22% étaient dans des conditions modérée, et les zones modérée 37%. Ces résultats montrent que l'intensité de l'érosion et la quantité de sédiments produites varient considérablement selon l'occupation actuelle du terrain et la nature du terrain et des pentes. Le modèle USLE nous a permis la spatialisation et la quantification de l'érosion à l'échelle locale et d'identifier les zones prioritaires pour d'éventuelles interventions.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Bien que l'érosion hydrique a été étudiée pendant de longues années en Algérie, cela n'a pas empêché que beaucoup de choses restent inconnues. Cette étude a fait ressortir l'opportunité de l'estimation du facteur de l'agressivité des pluies R sur le parc national de Theniet El Had au biais du système d'information géographique (SIG), et télédétection.

L'étude bibliographique nous a permis de bien connaître les principales contributions qui ont fait l'histoire du sujet qu'on aborde, et en connaître au mieux les contours.

Par ailleurs, l'utilisation du SIG et télédétection permet d'appliquer les méthodes théoriques pour résoudre les problématiques de l'analyse spatiale et de traiter les données géographiques.

A travers les résultats obtenus dans notre étude, nous considérons le modèle d'équation de perte de sol USLE comme l'un des modèles les plus largement utilisés dans le monde, pour estimer la quantité de sol érodé chaque année, et sur cette base, l'approche scientifique est considérée comme la meilleure et la plus appropriée. En termes de facilité d'application et de précision des résultats, pour donner des résultats proches de la réalité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **7^{EME} COURS EROSION HYDRIQUE ET EOLIENNE. 2016.** Cellule télé-enseignement équipe de formation. juin 2016 .p1-17.
- **A .SMIRI ,2012.** Conservation des eaux et du sol, chapitre I, érosion hydrique.
- **A.SMIRI (1987).** Type of erosion and quantification of soil losses. Université internationale de Casablanca.
- **ALZOUMA, F. (2005).** Performances diagnostiques du test rapide optiMAL-IT: place de la biologie moléculaire dans l'évaluation du polymorphisme génétique du lactate des hydrogénase (LDH) de *Plasmodium falciparum*.
- **ANONYME, 1930.** Annales agronomiques, Secrétariat d'Etat à l'agriculture, France. Ministère de l'agriculture. L'Université de Californie, France, Volume 1 ,290P.
- **ARNOLDUS, H. M. J., ET AL.** An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation., 1980, p. 127-132.
- **BAZZANI F., 2009.** La lutte contre la désertification pour le développement durable des terres arides. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 103 (3) 225-252.
- **BELKAID B., 1988 :** Etude phytocéologique et possibilité d'amélioration dans la Cédraie de ThenietEl Had. Thèse d'ingénieur. ITA-Mostaganem. 46 p.
- **BEN SLIMANE 2013.** Comportement mécanique des boues biologiques en écoulement. Effet de l'ajout d'un polymère. *La Houille Blanche*, (4), 25-30
- **BENABID A., 1994-** Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For au Maroc. Numéro spécial* (27), pp 33-60.
- **BERGKAMP ET AL, 1996.** Water movement and vegetation patterns on shrub land and on abandoned field in two desertification-threatened areas in Spain. *Earth Surface processes and Landforms* 21, 1073-1090.
- **BORST, H. L., WOODBURN, Russell, et al.** Rain simulator studies of the effect of slope on erosion and run-off, 1938. 1940.
- **BOUDY P., 1950 :** Economie forestière Nord – Africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larousse. T 2 : 529 – 619.
- **BOUDY P., 1955 :** économie forestière nord-Africaine. Tome 4 : description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.
- **BOULAINÉ. J, 1975.** Géographie des sols- Coll sup-200p.
- **BOUSSAMA, 1996.** Système d'information pour la Conservation de la Gestion des

Références bibliographiques

- Ressources Naturelles Colloque International sur le rôle des technologies de télécommunication et de l'information en matière de protection de l'environnement, Tunis, 1-2 Novembre 1994, p64-70.
- **CELIK, 1996.** A review of the erosion control studies during the republic in Turkey. In Kapur. S, Akça.E, Eswaran.H, Kelling.G, Vta-Finzi, MERMUT A-R, Ocal A-D, editor 1st international conference on land degradation, Adan.Turky.10-14 June 1996, 175-18.
 - **CERDA A. (1999).** Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 362–368.
 - **CHEBBANI, 1999.** Etude des risques d'érosion dans le bassin Versant Isser, Algérien. Bulletin Réseau érosion 19 :85-95. de l'occupation du sol- Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach – Alger Mémoire de magister en sciences agronomiques Spécialité : Foresterie et Protection de la Nature Option : Foresterie et Conservation de la Biodiversité.
 - **DEMARTEAU M., ET AL, 2007.** Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Géo-Eco-Trop.* N°31. Pp 105-146.
 - **DERNONCOURT, T. (1995).** Services de proximité et développement social urbain (Tome 1, Les services solidaires au microscope).
 - **DESCROIX L., GAUTIER E. (2002).** Water erosion in the southern French Alps : climatic and human mechanisms. *Catena*, 50, 53–85.
 - **DUCHAUFOR, P., 2001,** Introduction à la science du sol, végétation, environnement, Dunod, 331 p.
 - **DUNNE T., ZHANG W., AUBRY B.F. (1991).** Effects of rainfall, vegetation and micro topography on infiltration and runoff. *Water Resources Research*, 27, 2271–2285.
 - **DUVIGNEAUD P. 1980.** La synthèse écologique. Ed. Odin, Paris, 380 pp.
 - **EL GAROUANI A, CHEN H, LEWIS L, TRIBAK A, ABAHROUR EM. 2008.** Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG idrisi au Nord-est du Maroc. Teledetection, Editions des Archives Contemporaines, Gordon and Breach Scientific Publishers., 8 (3): 193-201.
 - **ELD INITIATIVE & UNEP, 2015.** The Economics Of Land Degradation in Africa ; Benefits of Action Outweigh the Costs. [Www. Eld-initiative.org](http://www.Eld-initiative.org).
 - **EMBERGER, L. (1971).** Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques-écologiques. *Travaux de Botanique et d'Ecologie*, 291-301.
 - **FAO (1990),** conservation des sols et des eaux dans les zones semi-aride Bulletin

Références bibliographiques

- **FAO, 1976.** Ducommun, G. (1976). Réunion du Comité interdépartemental de coordination pour la FAO (CICFAO) du 24.6. 1976 à Berne, 15.00, sur les propositions du Directeur général E. Souma au 69e Conseil de la FAO (Rome, 12-16.7. 1976).
- **FAO, 2015a,** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015a).
- **FAUREL L. ET LAFFITE H., 1949** - Facteurs de répartition des Cédraies dans les Massifs de l'Aurès et du Belzma. Bull.Soci.Hist.Nat de l'Afrique du Nord: 04, 178-189.
- **FINKELSTEIN, 1981 ; DAHMAN ET KHOUJA, 1994 ; HOCINE ET, H., AL, 1994.** Possibilités de mycorhization de *Cedrus atlantica manetti*. In Annales de la recherche forestière au Maroc (Vol. 27, No. 2, pp. 350-361).
- **FISTIKOGLU O. et HARMANCIOGLU N.B. (2002).** Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion. *Water Resources Management* 16: 447–467.
- **Flore forestière Française, guide écologique illustré, montagne. Vol. 2. IDF. Paris. 2421p.**
- **FOSTER G.R. (1982).** Hydrologic Modeling of Small Watersheds, 'Modeling the Erosion Process, ASAE Monograph No. 5, pp. 297–380.
- **GABET, S. (2004).** Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique (Doctoral dissertation, Limoges)
- **GAUSSEN, H. (1953).** La hêtraie sans hêtre. *Revue forestière française*, (10), 650-652.
- **GIFFORT ET HAWKINS, 1978 ET 1979.** Processing groundwater level data by digital computer/Traitement de données 'niveau hydrostatique 'sur ordinateur digital. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(4), 529-538.
- **GLATZEL K ET AL., 2014.** Une mission substantielle : conserver, restaurer et améliorer les sols d'Afrique ; un rapport du Panel de Montpellier, décembre ; p7.
- **GOBAT ET AL, 2010.** Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.
- **GOVERS, 1987** Soil Roughness: a Management Tool for the Limitation of Runoff and Erosion La rugosité du sol: un outil de gestion pour limiter le ruissellement et l'érosion.
- **GUERINIAI. A; (2012).** Analyse spatio-temporelle par télédétection de la région de Djelfa .
- **HALITIME S., 2006-** Contribution à l'étude des réserves utiles en eau des sols de cédraies dans les Aurès, influence des facteurs édaphiques. Mém.Magister. Univ de Batna, 134p.

Références bibliographiques

- **HEUSCH, 1988.** Conservation des eaux et du sol, chapitre I, érosion hydrique.
- **HUDSON, N.W., 1973,** *Soil conservation*, Batsford, London, 320 p.
- **KALMAN R. 1967.** Le facteur climatique de l'érosion dans le bassin de Sebou. Projet Sebou, Rapp.Inédit, 40 p.
- **KATERJI N. (1983).** Modélisation de l'évapotranspiration réelle ETR d'une parcelle de luzerne: rôle d'un coefficient cultural. *Agronomie*,3(6), 513-521.²
- **KERGOMARD, C. (2004).** SIG et environnement atmosphérique urbain. *Géographes associés*, 30(1), 195-202.
- **KOULI M, SOUPIO S P, VALLIANATOS F (2009).** Soil erosion prediction using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environ Geol* 57:483–497
- **LEMIERE, E. (2000).** Charles Journet: l'aurore d'une théologie de l'Eglise. Parole et silence.
- **LINIGER ET AL., 2008.** Un questionnaire pour la cartographie de la dégradation et de la gestion durable des terres. CDE/WOCAT, FAO/LADA, ISRIC (eds). 1-40 pp.
- **MAIRIF. (2014).** La typologie de la cédraie du parc national de Theniet el had. un outil de description au service des gestionnaires forestiers these magister (université tlemcen) 35p.
- **MANIERE.R. ; (1987).** Télédétection spatiale et aéroportée et géocodées sur l'environnement: principes généraux et étude de quelques domaines d'applications. Thèse doct. D'État, Univ. Aix-Marseille III systèmes d'informations vol. 26, n° 4, p349-362.
- **MANSOURI, 1991.** Étude cristallographique, infra-rouge et Raman de nouveaux fluorophosphates de
- **MARTINEZ-MENA, M., DEEKS, L. K., et WILLIAMS, A. G.** An evaluation of a fragmentation fractal dimension technique to determine soil erodibility. *Geoderma*, 1999, vol. 90, no 1-2, p. 87-98.
- **MCBRANTEY ET AL, 2014.** The dimensions of soil security. *Geoderma* 213, 203-213.
- **MELAZEM, 1990 :** Etude des facteurs limitant de la régénération naturelle du Cèdre de l'Atlas *cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet.El.Had. Thèse, Ing, USTHB-Bab Ezzouar- Alger. 61p.
- **MIRSAL, I. A. (2004).** Pollutants' alteration, transformation, and initiation of chemical changes within the soil. In *Soil Pollution* (pp. 140-171). Springer, Berlin, Heidelberg.

Références bibliographiques

- **MOORE ET BURCH (1986)** : physical Basis of the length slope factor in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal 50 (5), 1294-1298.
- **MORSCHÉL, JEAN ET FOX, DENNIS**. Une méthode de cartographie du risque érosif: application aux collines du Terrefort Lauragais. *M@ ppemonde*, 2004.
- **MOUFFOK. M ,2003.**, mémoire ING d'état I.N.F.S.A Mostaganem, l'espace littoral ouest de Mostaganem cas de la zone des sablettes-Ouréah en vue d'une orientation touristique, p34-35.
- **OADES G.M. 1993**. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56, 377-400.
- **OORTS K., 2006**. Effect of tillage system on a soil organic matter stocks and C and N fluxes in cereal cropping systems on a silt loam soil in Northern France, PhD thesis, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
- **OUMAR A. A EDINAM K. G. ET OLAVI L., 2013**. Cause and impacts of Land Degradation and Désertification. Case Study of the Sudan. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 3(2), 40-51.
- **P.N.T.E.H, 2002**. Plan de gestion 2002-2007. Parc national de Theniet el Had. 112p.
- **P.N.T.E.H, 2006**- Atlas des parcs nationaux algériens. 94p.
- **P.N.T.E.H, 2010**. Plan de gestion période (2010-2014) phase I et II approche descriptive et analytique.
- **POESEN , 1990**. Érosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens. *Études et gestion des sols*, 8 (4), 231-245.
- **QUZEL, 1980**. Flore forestière Française, guide écologique illustré, montagne. Vol. 2. IDF. Paris. 2421p.
- **RAMPON ,1987**. Sédimentation et barrage : Erosion et transport : Les dépôts dans les barrages. CEMAGREF, Groupement d'Antony. Division de mécanique des sols et génie civil. Mémoire N° 18. Paris. France.
- **RANGO A. ET ARNOLDUS H.M.J. (1987)**. Aménagement des bassins versants. Cahiers techniques de la FAO. Reverse soil degradation and achieve food security.
- **RENARD, KENNETH G. ET FREIMUND, JEREMY R**. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of hydrology*, 1994, vol. 157, no 1-4, p. 287-306. reverse soil degradation and achieve food security.
- **RICHARD D., MATHYS N. (1999)**. Historique, contexte technique et scientifique des BVRE de Draix. Caractéristiques, données disponibles et principaux résultats acquis au cours de dix ans de suivi. *Actes du colloque "Les bassins versants expérimentaux de*

Références bibliographiques

- Draix, laboratoire d'étude de l'érosion en montagne*", Draix, Le Brusquet, Digne, 22–24 Octobre 1997. CEMAGREF, Grenoble, 11–28.
- **ROOSE E., ET AL 1996.** Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Cah Orstom Sér Pédol ; 18 ; 289-308.
 - **SADIKI ET AL. 2004. SADIKI, A., BOUHLASSA, S., S., AUAJJAR, J., FELEH, A., MACAIRE, J.J., 2004.** Use of SIG For the evaluation and mapping of erosion risk by the Universal Soil Loss Equation in the Eastern Rif (Morocco) : Boussouab watershed case study. Rabat. Scientific Institute Bulletin. Earth Sciences Series. Vol. 26 p. 69-79.
 - **SALLES C. and POESEN J.2000.** Rain properties controlling soil splash detachment. Hydrological processes, 14: 271-282.
 - **SARI D, 1977.** L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). SNED. Alger. 623p.
 - **SELTZER P ; 1946 :** Le climat de l'Algérie. Imp. Latypo et Jules Carbone. Réunion. Alger, 220p.
 - **SHABBAN ET AL, 1998** Geoenvironmental assessment of Riparian zones under extreme climatic events : a case study of representative rivers in Lebanon. Mediterranean rivers and riparian zones- processes and management symposium, Zaragoza, Spain, 21 September-2 October, 1998, 25p.
 - **SHEIKH, A ET AL. 2011.** Resource allocation in hard real-time avionic systems: scheduling and routing problems (Doctoral dissertation, Toulouse, INSA).
 - **SHIN G.J. 1999.** The analyses of soil erosion analysis in watershed using GIS. Ph.D. Thesis. Chuncheon. Gang-won National University. South Korea
 - **SOUDANI, N., GHARBI-CHIHI, J., SRAIRI-ABID, N., KAABI, H., MARGOTAT, A., TORRESANI, J., & EL AYEB, M. (2005).** Identification of second lipolysis activating protein from scorpion *Buthus occitanus tunetanus*. *Archives de L'institut Pasteur de Tunis*, 82(1-4), 39-46.
 - **SOUFI et MESSAOUD, M (2017).** Une nouvelle approche pour la sémantique des environnements virtuels (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra, Département d'Informat).
 - **STONE R.P. ET HILBORN D. (2000).** Equation universelle des pertes en terre (USLE). *Soil Erosion. Water Resources Management* 16: 447–467, 2002.
 - **TABOUNI ET FARAH, H. 2005.** Erreurs d'échantillonnage en spectrométrie par transformation de Fourier. Modélisation et réduction par traitement statistique des signaux (French text).

Références bibliographiques

- **TIDJANI IDRSSA. S, 2004.** Mémoire ING d'état I.N.F.S.A Mostaganem contribution des Zine. H, 1996. Etude d crédibilité des pluies des sols dans le tell oranais, mémoire ING d'état I.N.F.S.A Mostaganem, p 63et 64.
- **TITI A.2003A.** Soil tillage in agroecosystems. CRC Press, New-york (USA).
- **TOUMI S. (2013).** Application des techniques nucleaires et de la teledetection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued mina. Thèse de doctorat, ENSH Blida.
- **UNCCD, 2014. United Nations Convention to Combat Desertification.** Land degradation neutrality resilience at local, national and regional levels, 1-24 pp.
- **UNCCD, 2015.** United Nations Convention to Combat Désertification : Climate change and degradation ; Bridging Knowledge and stakeholders.9-15 March 2015, Cancun, Mexico ; Outcomes from the UNCCD 3 rd Scientific Conference ; 19 pp.
- **WHITE W.R.1986.** Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants. Etudes et rapports d'hydrologie -35-, Programme Hydrologique International. Unesco, 161p.
- **WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D. (1978).** Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. United States. Department of Agriculture. Agriculture Handbook 537,58p.
- **YOUNG et al. 1998.** The intraction of soil biota and soil structure unider global change. Global ChangeBiology, 4, 703-712.
- **ZEDAK., M., 1993 :** Contribution à l'étude de la productivité du Cedrus atlantica Manetti (cèdre del'Atlas) dans le parc national de Theniet El Had. Thèse Magister. INA. Alger, 175p.
- **ZHANG, S. (2003).** Progrès récents des revêtements nanocompositesextra-durs : un examen. Technologie des surfaces et des revêtements, 167 (2-3), 113-119.

Résumé :

Dans ce travail, nous utilisons un système d'information géographique (SIG) pour la spatialisation et la quantification de l'érosion hydrique à partir du modèle USLE (Universal Soil Loss Equation). Ce modèle est basé sur l'intégration des cartes thématiques des différents facteurs du modèle USLE pour la quantification de pertes en sol en Input, les facteurs activant le processus d'érosion sont de l'ordre de six, à savoir l'érosivité de la pluie (R), l'érodabilité des sols (K), l'inclinaison (S) et la longueur de la pente (L), l'occupation des sols (C) et les pratiques antiérosives pour lutter contre l'érosion des sols (P). Le site pilote retenu est le canton Guerouaou qui est un écosystème montagneux situé au Parc National de Theniet el Had Wilaya de Tissemsilt (nord-ouest de l'Algérie), Il est caractérisé par des fortes pentes, une lithologie essentiellement argileuse, une variabilité dans la pluviométrie et une couverture végétale importante, ce qui le rend très sensible à l'érosion hydrique. Les données utilisées sont issues de l'image satellitaires Landsat-OLI acquises le 17-05-2021, des cartes pédologiques couvrant le site, d'un modèle numérique de terrain (MNT) à 30 m de résolution et des mesures pluviométriques. La synthèse de l'ensemble des informations dans un SIG a permis de dresser une carte de perte des sols par érosion, en tonnes par hectare par année, selon cinq degrés : très faible (> 5), faible (5-12), modéré (12-50), sévère (50-100), et très sévère (> 100). Les résultats montrent que l'intensité de l'érosion et les quantités de sédiments produits varient essentiellement en fonction de l'occupation actuelle des sols ainsi que de la nature des terrains et des pentes. Cette approche nous a permis de spatialiser un modèle local de quantification de l'érosion et de localiser les zones prioritaires pour d'éventuelles interventions d'aménagement.

Mots clés : Cartographie, Erosion hydrique, USLE, Télédétection, SIG, PNTH.

Abstract :

In this work, we use a geographic information system (GIS) for the spatialization and quantification of water erosion from the USLE (Universal Soil Loss Equation) model. This model is based on the integration of the thematic maps of the different factors of the USLE model for the quantification of soil losses in Input, the factors activating the erosion process are of the order of six, namely the erosivity of the rainfall (R), soil erodibility (K), steepness (S) and slope length (L), land cover (C) and erosion control practices to control soil erosion (P). The selected pilot site is the Guerouaou canton which is a mountainous ecosystem located in the National Park of Theniet el Had Wilaya of Tissemsilt (north-west of Algeria), It is characterized by steep slopes, an essentially clayey lithology, variability in rainfall and significant vegetation cover, which makes it very sensitive to water erosion. The data used come from the Landsat-OLI satellite image acquired on 05-17-2021, soil maps covering the site, a digital terrain model (DTM) at 30 m resolution and rainfall measurements. The synthesis of all the information in a GIS made it possible to draw up a map of soil loss by erosion, in tonnes per hectare per year, according to five degrees: very low (> 5), low (5-12), moderate (12-50), severe (50-100), and very severe (>100). The results show that the intensity of erosion and the quantities of sediment produced vary essentially according to the current occupation of the land as well as the nature of the terrain and the slopes. This approach allowed us to spatialize a local erosion quantification model and locate priority areas for possible development interventions.

Keywords: Cartography, Water erosion, USLE, Remote sensing, GIS, PNTH.

ملخص :

في هذا العمل، استخدمنا نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد نسبة فقدان التربة من نموذج USLE (معادلة فقدان التربة العالمية). يعتمد هذا النموذج على تكامل الخرائط الموضوعية للعوامل المختلفة لنموذج USLE لتقدير خسائر التربة في مكان دراستنا، تتدخل في عملية التعرية عدة عوامل وهي هطول الأمطار (R) وقابلية تآكل التربة (K) والانحدار (S) وطول المنحدر (L) والغطاء النباتي (C) وممارسات التحكم في الانجراف للسيطرة على تآكل التربة (P). الموقع التجريبي المختار هو نظام بيئي جبلي يقع في الحاضرة الوطنية ببلدية ثنية الحد ولاية تيسمسيلت تسمى Guerouaou، ويتميز بالمنحدرات الشديدة، والصخور الطينية بشكل أساسي، وتذبذب في هطول الأمطار، مما يجعلها شديدة الحساسية للتعرية المائية. البيانات المستخدمة مأخوذة من صورة القمر الصناعي Landsat-OLI التي تم الحصول عليها بتاريخ 17-05-2021، وخرائط التربة التي تغطي الموقع، ونموذج التضاريس الرقمية (DTM) بدقة 30 مترًا وقياسات هطول الأمطار. أتاح جمع المعلومات في نظام المعلومات الجغرافية رسم خريطة لفقدان التربة بسبب التعرية، بالأطنان لكل هكتار سنويًا، وفقًا لخمس درجات: منخفضة جدًا (< 5)، منخفضة (5-12)، معتدلة (12-50)، شديدة (50-100)، شديدة جدًا (> 100). أظهرت النتائج أن شدة التعرية وكميات الرواسب الناتجة تختلف حسب طبيعة التضاريس والمنحدرات. سمح لنا هذا المنهج بتحديد نموذج كمي لتآكل التربة.

الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط، التعرية المائية، USLE، الاستشعار عن بعد، GIS، PNTH.