



République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi-Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Science de la nature et de la vie (SNV)

Filière : Ecologie et environnement

Option : Ecologie

Thème :

**Modélisation de Phénomène de l'Erosion Hydrique
dans la Région de Tébessa en utilisant l'Outil Système
d'Information Géographique (S.I.G.)**

Présenté par:

Noureddine BENARFA

Devant le jury :

Mme. Sihem DJELLAB

M.C.B Université de Tébessa

Président

Mr. Ali MIHI

M.A.A Université de Tébessa

Promoteur

Mr. Nedjmedine SOLTANI

M.A.A Université de Tébessa

Examineur

Date de soutenance :

20/06/2018

Année 2017/2018

Note : /20

Dédicaces

*Je signe de respect et de reconnaissance et je
dédie ce modeste travail:
A mon père et ma mère, que dieu les gardes en
bonne santé.*

*A mes chers frères , mes chers souers
A les petits Seif, Maazouz, Loula et Nour
que Dieu les protège.*

Noureddine BENARFA

Remerciements

J'avais envie d'adresser mes sincères remerciements à ceux qui ont contribué à l'élaboration de mon mémoire. Je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Ali MIHI, qui m'a orienté et dirigé durant l'élaboration de ce travail et qui m'a soutenu, encouragé, et avec qui j'ai établi une relation de confiance"

Ce mémoire est le résultat d'un travail et étude. En préambule, je veux adresser tous mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé de près ou de loin.

Enfin, je voudrais saisir l'occasion pour rendre un hommage particulier à mes parents, qui ont tout le temps encouragé, sans oublier d'émettre un grand merci à mes frères et sœurs pour leur soutien et leurs encouragements.

Merci à toutes et à tous

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Aperçu bibliographique

| | |
|---|----------|
| 1. Bassin versant | 3 |
| 1.1. Conception et définition..... | 3 |
| 1.2. Type de bassins versants | 3 |
| 1.2.1. Bassin versant topographique | 3 |
| 1.2.2. Bassin versant hydrogéologique | 3 |
| 1.3. Caractéristiques physiographiques d'un bassin versant..... | 4 |
| 1.3.1. Les sommets | 4 |
| 1.3.2. Les flancs..... | 4 |
| 1.3.3. Les ravines..... | 5 |
| 1.3.4. Les zones de déposition | 5 |
| 1.4. Dégradation des bassins versant | 6 |
| 2. Le phénomène de l'érosion | 6 |
| 2.1. Définition..... | 7 |
| 2.2. Facteurs d'érosion..... | 7 |
| 2.2.1. Facteur topographique ou l'influence de la pente | 7 |
| 2.2.2. Le climat..... | 7 |
| 2.2.3. Erodibilité des sols..... | 8 |
| 2.2.4. Couvert végétal..... | 8 |
| 2.2.5. Facteurs anthropiques | 8 |
| 2.3. Conséquences de l'érosion des sols..... | 8 |
| 2.4. Mécanismes et genèse de l'érosion hydrique et du ruissellement | 9 |
| 2.4.1. L'érosion hydrique..... | 9 |
| 2.4.2. Le ruissellement..... | 9 |
| 2.5. Variabilité saisonnière de l'érosion | 10 |
| 2.6. Formes d'érosion hydrique..... | 11 |
| 2.6.1. Erosion en nappe | 11 |
| 2.6.2. Erosion en rigole..... | 11 |
| 2.6.3. Ravinement..... | 11 |
| 2.7. L'érosion des sols en Algérie | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Envasement des barrages..... | 12 |
| 3.1. Facteurs induisant l'envasement des barrages | 12 |
| 3.1.1. Erosion des sols | 13 |
| 3.1.2. Transports solides | 13 |
| 3.1.3. Sédimentation et envasement..... | 14 |
| 3.2. Problème de l'envasement des barrages en Algérie..... | 14 |
| 4. Concepts de base sur les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)..... | 15 |
| 4.1. Principe général de SIG | 16 |

| |
|--|
| Chapitre II : Présentation de la zone d'étude |
|--|

| | |
|---|-----------|
| 1. La situation géographique du bassin versant | 18 |
| 2. Étude climatique | 20 |
| 2.1. Choix de station | 20 |
| 2.2. Caractéristiques climatiques de la région..... | 21 |
| 2.2.1. Précipitations | 22 |
| 2.2.2. Température de l'air | 26 |
| 2.2.3. Les vents..... | 27 |
| 2.2.4. L'évaporation..... | 27 |
| 2.3. Synthèse bioclimatique | 28 |
| 3. Caractéristiques morphométriques..... | 30 |
| 3.1. La superficie (Km ²) | 30 |
| 3.2. Périmètre « P » | 30 |
| 3.3. La forme..... | 30 |
| 3.4. Rectangle équivalent..... | 31 |
| 4. Hydrographie..... | 31 |
| 5. Topographie..... | 33 |
| 5.1. Relief | 33 |
| 5.1.1. Les altitudes caractéristiques | 33 |
| 5.2. Les Pentes..... | 36 |
| 6. Morpho-pédologie..... | 38 |
| 6.1. Géologie | 38 |
| 6.2. Lithologie | 38 |
| 6.3. Occupation de sol | 41 |

| |
|---|
| Chapitre III : Matériels et méthodes |
|---|

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. Matériels et méthodes..... | 43 |
| 1.1. Matériels | 43 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.1.1. | Outils d'analyse | 43 |
| 1.1.2. | Outils de prospection | 44 |
| 1.1.3. | Données cartographiques | 44 |
| 1.2. | Méthodologie..... | 46 |
| 1.2.1. | Le facteur pente | 47 |
| 1.2.2. | Paramètre de l'occupation de sol | 47 |
| 1.2.3. | Paramètre de la lithologie | 48 |
| 1.2.4. | Croisement des cartes thématiques | 48 |
| 1.2.5 | Elaboration de la carte d'aménagement | 49 |

| |
|--|
| Chapitre IV : Résultats et discussion |
|--|

| | |
|--|-----------|
| 1. Résultats et discussion | 51 |
| 1.1. Evaluation qualitative de l'érosion hydrique..... | 51 |
| 1.1.1. Carte de sensibilité selon la pente | 51 |
| 1.1.2. Carte de sensibilité selon l'occupation de sol..... | 53 |
| 1.1.3. Carte de friabilité | 55 |
| 1.1.4. Carte de potentiel d'érosion | 57 |
| 1.1.5. Carte de risque d'érosion | 59 |
| 1.2. Discussion | 61 |
| Conclusion | 63 |
| Références bibliographiques | A |

Annexes

Liste des Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Schéma d'un bassin versant. | 3 |
| Figure 2 : Distinction entre bassin versant hydrogéologique et bassin topographique | 4 |
| Figure 3 : les différentes étapes de l'envasement | 13 |
| Figure 4 : Les différents modes de sédimentation | 14 |
| Figure 5 : Base de données géographique=ensemble de couches superposables | 15 |
| Figure 6 : Un exemple : organisation du SIG en trois couches d'information..... | 16 |
| Figure 7 : Exemple de représentation des données..... | 16 |
| Figure 8 : Fiches attributaires du village A, de la route entre A et B et d'une culture..... | 17 |
| Figure 9 : Carte de situation géographique et administrative | 19 |
| Figure 10 : répartition pluviométrique annuelles de la station d'El Hamma (1997-2013) | 23 |
| Figure 11 : Variations mensuelles des précipitations | 25 |
| Figure 12 : Répartition Saisonnière des pluies au niveau de périmètre..... | 25 |
| Figure 13 : Variation des températures mensuelles du périmètre à l'altitude moyenne | 26 |
| Figure 14 : Diagramme ombrothermique de Banoulsg et Gausse (Station météorologique de Tebessa). | 29 |
| Figure 15 : Carte du réseau hydrographique | 32 |
| Figure 16 : Carte d'altitude | 35 |
| Figure 17 : Carte de pente | 37 |
| Figure 18 : Carte de la lithologie..... | 40 |
| Figure 19 : Carte d'Occupation des sols | 42 |
| Figure 20 : . Organigramme de la méthodologie suivie pour la carte de risque d'érosion. | 46 |
| Figure 21 : Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement. | 50 |
| Figure 22 : Carte de sensibilité selon la pente..... | 52 |
| Figure 23 : Carte de sensibilité selon l'occupation de sol | 54 |
| Figure 24 : Carte de friabilité | 56 |
| Figure 25 : Carte de potentiel d'érosion | 58 |
| Figure 26 : Carte de risque d'érosion | 60 |

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau N°1 : Effet de la pente sur le ruissellement et l'érosion..... | 7 |
| Tableau N°2 : Caractéristiques des stations..... | 20 |
| Tableau N°3 : Altitude minimal, maximal et moyenne du périmètre et altitude de la station de référence..... | 22 |
| Tableau N°4 : Coefficient de Répartition mensuelle de la station de Tébessa..... | 23 |
| Tableau N°5 : intensité du vents en m/s..... | 27 |
| Tableau N°6 : Evaporations moyennes mensuelles..... | 28 |
| Tableau N°7 : classes des pentes..... | 36 |
| Tableau N°8 : Les formations lithologiques..... | 39 |
| Tableau N°9 : Occupation du Sol..... | 41 |
| Tableau N°10 : Données utilisées et leurs sources..... | 45 |
| Tableau N°11 : Sensibilité à l'érosion selon la pente..... | 47 |
| Tableau N°12 : Sensibilité à l'érosion selon l'occupation de sol..... | 47 |
| Tableau N°13 : Sensibilité à l'érosion selon la lithologie..... | 48 |
| Tableau N°14 : Règle de décision de potentiel d'érosion..... | 48 |
| Tableau N°15 : Règle de décision de risque d'érosion..... | 49 |
| Tableau N°16 : Sensibilité à l'érosion selon la pente et surface occupée | 51 |
| Tableau N°17 : Sensibilité à l'érosion selon l'occupation et indice attribués..... | 53 |
| Tableau N°18 : Friabilité des matériaux parentaux et surface occupée..... | 55 |
| Tableau N°19 : Potentiel d'érosion | 57 |
| Tableau N°20 : Risque d'érosion | 59 |

Liste des abréviations

- **Km²** : Kilomètre carre.
- **m³/s** : Mètre cube par seconde.
- **°C** : Degré Celsius.
- **an** : Année.
- **ANBT** : Agence National de Barrage et de Transferts.
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques
- **BV** : Bassin versant
- **CW** : Chemin de Wilaya.
- **DGF** : Direction Générale des Forêts
- **FAO** Food and Agriculture Organisation
- **GCES** Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols
- **GPS**: Global Positioning System.
- **HA** Hectare
- **Hab** : habitant ;
- **HCDS** Haut Commissariat au Développement de la steppe
- **INCT** Institut National de Cartographie et de Télédétection
- **INRF** Institut National de la Recherche Forestière
- **M** température moyenne Maximale
- **M** température moyenne minimale
- **MADR** Ministre De L'agriculture Et Du Développement Rural
- **MNT** Modèle Numérique du Terrain
- **ONM** Office National de la Météorologie
- **ORSTOM** Organisation de Recherche Scientifique des Territoires
- **SIG** Système d'Information Géographique
- **UNESCO** L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
- **UTM** Universel Traverse Mercator
- **WGS** Word Geodetic System

Introduction

Introduction

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays méditerranéens (Bou Kheir et *al*, 2001). La partie Sud de la méditerranée et plus particulièrement de l'Algérie septentrionale, voit ses terres se dégrader et leur potentiel productif s'abaisser chaque année. Au Maghreb, les potentialités en eau et en sol sont sérieusement menacées (Heush, 1971).

En Afrique du Nord, le phénomène de l'érosion hydrique est également très répandu, la majorité des bassins versants étant caractérisée par de fortes dégradations spécifiques dépassant 2000 tonnes/km²/an, ce qui entraîne un envasement moyen annuel des retenues des barrages à raison de 125 millions de m³ (Remini W et Remini B., 2003). Malheureusement les barrages d'Algérie ont subis de plein fouet le phénomène d'envasement, qui a déjà envahie 1,1 Milliards de m³ d'après le dernier rapport de l'UNESCO (Remini et *al*, 2009), L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation, qui sont aussi la cause de la dégradation des sols agricoles.

Le ravinement figure parmi les types de l'érosion hydrique les plus répandus en Algérie, et à l'origine de la mobilisation de 90 à 300 t/ha/an en fonction de la pluviométrie, de la vitesse d'altération de la roche (8 à 17 mm/an), de la topographie et du couvert végétal (Roose et *al*, 2000). L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47% de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays. Viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est. L'érosion moyenne varie entre 2000 et 4000 t/km²/an (Demmak, 1982), et le taux d'envasement est supérieur à 15% (Achite et *al*, 2006).

Cependant, la complexité des processus hydrologiques et érosifs, leur importante variabilité dans l'espace et dans le temps, l'existence d'écoulements préférentiels dans toute la gamme d'échelles d'observation et des processus, ont mis l'accent sur un certain nombre de questions de base qui se posent actuellement à l'hydrologie de bassin versant (Klemes, 1983 ; Beven, 1995 ; Blöschl et Sivapalan, 1995).

Les initiatives internationales de recherche telles que HELP « Hydrology, Environment, Life and Policy » et PUB « Prediction in Ungauged Basins » ont souligné la nécessité pour les hydrologues de transposer à des plus grandes échelles spatiales, la compréhension des processus découverts sur les petits bassins versants expérimentaux pour faciliter les décisions de gestion des grands hydrosystèmes (Sivapalan et *al*., 2003).

Les deux bassins versant d'Oued Melegue et Chott Melghigh connaît effectivement de sérieux problèmes qui se traduisent par une forte sensibilité du bassin aux différents facteurs de l'érosion (topographie, lithologie, nature du couvert végétal), et à cause de sa fragilité qui favorisent le déclenchement de toutes les formes d'érosion, nous a poussés à choisir cette zone pour notre étude. C'est dans cette optique que s'intègre ce travail, dont l'objectif est de localiser les risques actuels ou potentiels de l'érosion hydrique à l'échelle de notre wilaya afin de proposer un Plan d'Aménagement par le biais des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Pour cela l'évaluation et le contrôle des risques d'érosion des sols nécessitent alors l'analyse et l'intégration des différents facteurs qui favorisent les processus érosifs : l'érodibilité des sols, l'inclinaison de pente et la couverture des sols.

La télédétection et les systèmes d'information géographique(SIG) sont de plus en plus utilisés pour l'étude des phénomènes de surface et forment des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision et opérationnels pour des opérations de gestion du risque (Wachal and Hudak, 2000 ; Shrimalil et al, 2001 ; Lee, 2004).

Dans l'étude de l'érosion, il est important de définir les types d'érosion ainsi que les facteurs qui la régissent. En effet, que ce soit dans un but de prévention ou de lutte, il est indispensable d'avoir une connaissance approfondie des processus d'érosion (FAO, 1977).

Le présent travail est structuré en 4 chapitres :

- Le premier chapitre comprend une synthèse bibliographique sur la problématique de l'érosion, l'envasement des barrages, l'aménagement d'un bassin versant ainsi qu'un aperçu sur les SIG et le bassin versant.
- Le deuxième chapitre, est consacré à la description de la région d'étude (situation géographique, étude topographique, étude hydrographique, étude hydroclimatographique,).
- Le troisième chapitre porte sur la présentation des outils utilisés et la description de la démarche méthodologique adoptée pour notre zone d'étude.
- Enfin, dans le quatrième chapitre du travail, nous avons présenté le chapitre résultats et discussion.

Chapitre I

Aperçu

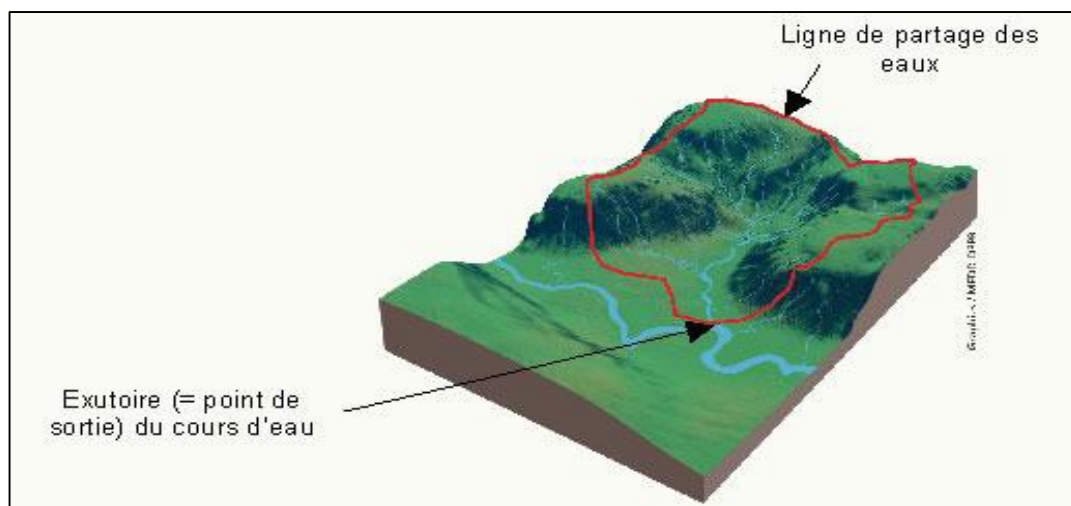
bibliographique

1. Bassin versant

1.1. Conception et définition

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval (Laborde 2000).

Autrement dit, un bassin versant est une région qui possède un exutoire commun pour ses écoulements. L'eau retenue dans ce domaine géographique contribue au débit à cet exutoire (Anctil et al., 2012) (Figure 1).



Source : Anonyme, (non daté)

Figure 1 : Schéma d'un bassin versant.

Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions :

1.2. Type de bassins versants

1.2.1. Bassin versant topographique

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente (Laborde 2000). (Figure 2).

1.2.2. Bassin versant hydrogéologique

Dans le cas d'une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin topographique s'infilte puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin. Dans ce cas, nous serons amenés à

ajouter aux considérations topographiques des considérations d'ordre géologique pour déterminer les limites du bassin versant (Laborde 2000). (Figure2).

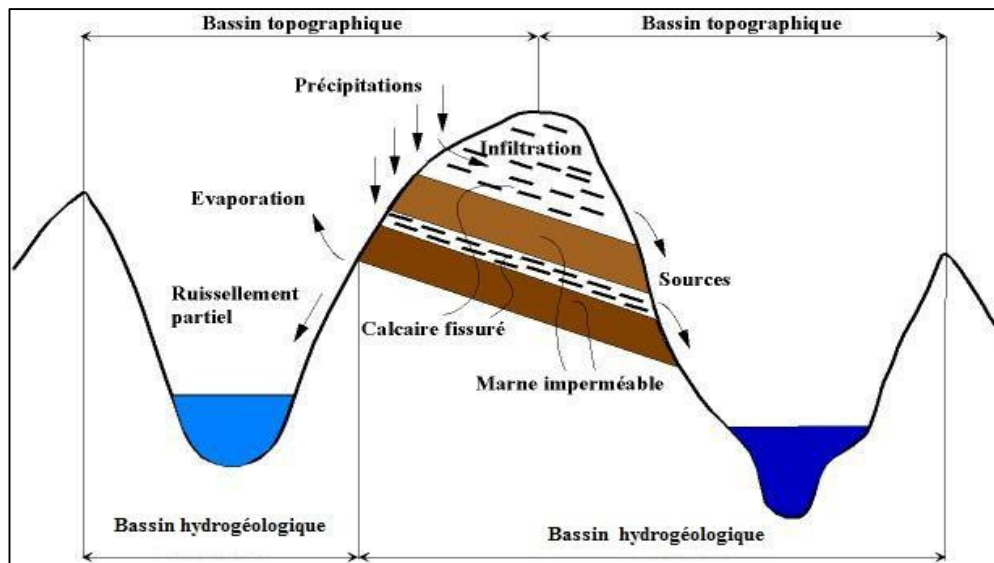


Figure 2 : Distinction entre bassin versant hydrogéologique et bassin topographique (Roche, 1963)

1.3. Caractéristiques physiographiques d'un bassin versant

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

Tout bassin versant comporte quatre formes fondamentales de terrain. Ce sont les sommets, les flancs, les ravines et les zones de déposition (Joseph, 2003).

1.3.1. Les sommets

Occupant les portions supérieures du bassin versant, ils consistent en des surfaces planes ou légèrement convexes, le plus souvent allongées, parfois étroites, situées de part et d'autres de la ligne de partage des eaux. De faible pente, 0-1%, elles ne sont pas sujettes à l'érosion (Joseph ,2003).

1.3.2. Les flancs

Les flancs font suite aux sommets. Ils sont caractérisés par des pentes moyennes à fortes et par des ruissellements intenses pouvant provoquer l'érosion de la surface du sol si celle-ci n'est pas bien aménagée. Le flanc de morne proprement dit est caractérisé par une pente le plus souvent rectiligne. A ce niveau, le ruissellement est très intense et l'érosion se fait très souvent

par éboulement. Ces portions de terrain réclament grandement l'implantation des structures de mise en défens (Joseph, 2003).

1.3.3. Les ravines

On considère comme ravines, toute rigole ayant une profondeur minimale de 20 cm et servant fréquemment d'exutoire naturel aux eaux de ruissellement évacuées par les versants (Alce, 1999).

Les grosses ravines sont celles qui sont, longues de quelques km, profondes de plusieurs mètres (>4.50) d'après l'échelle américaine) généralement encombrées d'alluvions grossières, peu colonisées par la végétation et dont la correction nécessite des structures mécaniques (Alce, 1999).

Les petites et moyennes ravines sont, au contraire, celles qui sont longues de quelques centaines de mètres, profondes de moins de 4.50 m généralement encombrées d'alluvions fines, colonisées par la végétation ligneuse sur certains tronçons et dont la correction peut être effectuée avec du matériel biologique (Alce, 1999).

1.3.4. Les zones de déposition

Partie d'un terrain ayant des pentes très faibles sur lesquelles les eaux des crues perdent leur vitesse et une partie de leur capacité de charriage. Elles comprennent les terrains où les matériaux arrachés des sommets et des flancs viennent se déposer. Elles sont représentées par : le piémont, la vallée, les cônes de déjection, la plaine colluvio-alluviale et la plaine alluviale (Joseph, 2003).

- **Le piémont**

Caractérisé par une pente uniforme moyenne à faible et assez souvent constitué par des matériaux grossiers, il est formé au contact des flancs de montagne avec la plaine (Ulysse, 2008).

- **La vallée**

Plaine allongée, bornée par des montagnes (Ulysse, 2008).

- **Les cônes de déjection**

C'est le lieu où la ravine débouche dans la vallée principale et où elle finit son cours. Ayant la forme d'éventail et une pente d'environ 5% en général, ils contiennent des matériaux grossiers qui sont brusquement déposés à cause de la variation forte de la pente (Ulysse, 2008).

- **La plaine colluvio-alluviale**

Lieu d'accumulation du mélange de matériaux grossiers et fins, la pente y est toujours très faible. Elle est formée principalement de matériaux arrachés des versants et déposés en terrasse qui, suivant une coupe pédologique, est caractérisée par une alternance de matériaux grossiers et fins. Des dépôts limono argileux et argileux se retrouvent dans les parties basses précisément le long de la rivière (Ulysse, 2008).

- **La plaine alluviale**

Elle est appelée encore lit majeur d'un cours d'eau. C'est une surface topographique, à faible dénivelée, en fond de vallée. La plaine alluviale appartient à la zone inondable du cours d'eau. Elle diffère de la plaine colluvio-alluviale par la prédominance de matériaux fins, la pente y est toujours faible (Ulysse, 2008).

1.4. Dégradation des bassins versant

Elle est liée à leur perte de valeur dans le temps, y compris la capacité de production des terres et de l'eau (Sheng, 1993). Elle traduit la détérioration des rivières (sols arables) et les effets associés (érosion de sols, sédimentation, perte de revenu). Elle accélère la dégénérescence écologique, engendre une restriction des possibilités économiques et intensifie les problèmes sociaux (Fernandez, 1997).

2. Le phénomène de l'érosion

L'érosion des sols est un processus naturel et se distinguent habituellement selon la nature de l'agent en cause : érosion hydrique, éolienne, glacière, fluviale, marine (ou littorale), anthropique, etc. (Soutter et al, 2007). Le processus d'érosion peut être lent et inaperçu, ou il peut prendre des proportions alarmantes, entraînant une grande perte de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface et en l'encrassement des réseaux de drainage (Arnold et al, 1989).

2.1. Définition

L'érosion hydrique du sol peut donc se définir comme étant le phénomène par lequel le sol perd, sous l'action de l'eau, certaines ou toutes ses particules. Bien que l'eau soit définie comme un agent morphogène moteur de l'érosion, d'autres facteurs interviennent dans ce processus et conditionnent son impact (Dumas, 2004).

2.2. Facteurs d'érosion

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

2.2.1. Facteur topographique ou l'influence de la pente

Selon Stone (2000), plus la pente est forte et longue, plus le risque d'érosion est élevé. En fait, l'augmentation du degré de l'inclinaison de la pente amène un accroissement de la vitesse de ruissellement de l'eau et une diminution du taux d'infiltration, ce qui crée une augmentation de la quantité de ruissellement. Les pentes les plus longues permettent une plus forte accumulation du ruissellement, ce qui accroît l'énergie globale de celui-ci et ses possibilités de détachement et de transport (Batti et Depraetere, 2007).

FAO (1994), de son côté, souligne l'importance de la pente sur l'érosion en mettant en exergue l'existence de l'érosion et de ruissellement intense sur des pentes douces. Son analyse vise à indiquer qu'il n'est pas besoin de forte pente pour déclencher ce phénomène.

Tableau N°1 : Effet de la pente sur le ruissellement et l'érosion.

| Pente % | Erosion moyenne et t/ha/an | Ruissellement moyen annuel % |
|---------|----------------------------|------------------------------|
| 1,25 | 5,0 | 1,50 |
| 8,6 | 22 | 2,00 |
| 1 2,0 | 30 | 7 |

(Source : Roose, 1994).

2.2.2. Le climat

Selon Arnold *et al.*, (1989), l'impact des gouttes de pluie peut bliser les agrégats et disperser les particules de sol les rendant ainsi plus enclines à l'érosion. En outre, le taux de ruissellement est souvent accru si, durant les événements de pluie, l'infiltration est diminuée par la compaction, la formation d'une croûte ou le gel.

D'après Mazour (2004) cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averse : les orages d'automne peu fréquents de courte durées, mais caractérisées par des intensités élevées (soit un maximum annuel en 10mm atteignant 100mm/heure). Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés.

2.2.3. Erodibilité des sols

La texture est le principal facteur qui influence la susceptibilité du sol à l'érosion. Certains éléments comme la structure, la teneur en matière organique et la perméabilité du sol ont aussi un rôle (Stone, 2000). Selon Poesen et *al.* (2003), la contribution du ravinement aux pluies totales de terre est plus importante là où le sol est argileux. Là où la texture des sols est plus grossière, la contribution de l'érosion en rigole devient plus importante.

2.2.4. Couvert végétal

L'érosion des sols est fortement contrôlée par la couverture végétale qui dépend de la production de la biomasse. La production de la matière organique est limitée dans les milieux méditerranéens arides, ce qui rend les terres très susceptibles à l'érosion hydrique (Thornes, 1995). Sous un couvert végétal naturel dépassant 40% et sur fortes pentes, les pertes de terres peuvent être très réduites (Garcia Ruiz et *al.* 1996). Dans les régions méditerranéennes semi-arides sous forêt bien entretenues sont considérées comme non sensibles à l'érosion hydrique (Delhoume, 1981) car la litière et les végétations basses favorisent l'infiltration (Roose, 1994).

2.2.5. Facteurs anthropiques

La mise en culture d'un sol le rend sensible à l'érosion car la probabilité s'accroît d'avoir un sol nu lors des fortes précipitations : cela dépend de la nature de la plante cultivée et les techniques culturales. Sous verger, l'érosion est intense, comme sur un sol nu (Roose et *al.*, 1993).

2.3. Conséquences de l'érosion des sols

L'érosion hydrique entraîne des conséquences tant en amont qu'en aval des bassins versants. Elle peut se traduire, en amont, par des pertes en terre ainsi que des pertes en matière organique et en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore (Yvio, 2010).

A côté des dégâts bien visibles concernant les terres cultivées, il existe des dégâts en aval beaucoup plus insidieux, provoqués par l'augmentation du ruissellement et l'entraînement des particules du sol. Ce sont, entre autres, les coulées de boues, inondations, sapements de chaussées, colmatages des réseaux d'assainissement et des ouvrages de retenue des eaux pluviales, envasements des cours d'eau (Yvio, 2010).

2.4. Mécanismes et genèse de l'érosion hydrique et du ruissellement

2.4.1. L'érosion hydrique

Quel que soit le type d'érosion hydrique envisagé. Elle se matérialise en trois (3) phases : le détachement des particules, le transport des solides et la sédimentation (Roose, 1991).

a. Détachement et transport des particules

Il se produit à la surface du sol sous l'action des gouttes de pluies (Splash érosion), des agrégats s'éclaboussent ou lorsque la résistance au détachement du sol est inférieure à la force de cisaillement. Les particules fines ou grossières étant le résultat du détachement, sous l'action de la gravité, sont déplacées vers l'aval (Démangeot, 2000).

b. La sédimentation

L'établissement des dépôts de sédiments est observé lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement approche vers zéro ou s'annule (Démangeot, 2000).

2.4.2. Le ruissellement

D'un point de vue hydrologique, le ruissellement désigne le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. Il s'oppose au phénomène d'infiltration. Le ruissellement de surface est la circulation de l'eau qui se produit sur les versants en dehors du réseau hydrographique, que cette circulation soit connectée, ou non, à un drain permanent (Cosandey, 2000). Dès que la circulation de l'eau parvient au réseau hydrographique, on parle d'écoulement.

D'un point de vue sédimentologique, le ruissellement est un agent d'érosion, de transport et de dépôt des sédiments à l'échelle du versant qui se caractérise par un écoulement dilué de particules sédimentaires dans de l'eau (Bertran et Texier, 1999).

Conceptuellement, il est courant de distinguer deux processus pour expliquer l'apparition du ruissellement : le refus d'infiltration d'un sol non saturé (« excess infiltration overland flow ») dit ruissellement hortonien d'une part, et le refus d'infiltration d'un sol saturé (« saturation overland flow ») d'autre part (Augeard 2006).

a. Le ruissellement de Horton

Il prend naissance lorsque l'intensité des précipitations est supérieure à la capacité d'infiltration du sol. Il y a alors ruissellement et stockage superficiel temporaire des eaux dans les petites dépressions superficielles. Ce type de ruissellement se produit plutôt sur les sols limoneux généralement sensibles à la dégradation structurale en surface ou encore sur les sols peu perméables (argiles, marnes) ou sur les sols initialement secs. Il peut aussi résulter de la baisse de la conductivité hydraulique d'une couche de sol en surface : durant un épisode pluvieux, l'état de surface de sol peut évoluer par fermeture de la porosité et disparition de la rugosité. Il se crée alors une croûte de battance, spécifique aux sols limoneux, diminuant fortement l'infiltrabilité des sols. L'écoulement hortonien ne se forme qu'exceptionnellement sur les terres cultivées, lors d'épisodes orageux (Kao, 1994).

b. Le ruissellement de Dunne

Il s'apparaît soit sur un sol saturé en eau ou par exfiltration d'eau infiltrée en amont (Kolla, 1987). Dans ce cas, les précipitations (ou exfiltrations) amènent le sol à sa capacité de rétention, et finissent par s'accumuler et ruisseler en surface. Ce mécanisme est évoqué par des zones perchées. Cependant ce type de ruissellement peut se rencontrer sur des sols cultivés de faible réserve utile dans l'horizon labouré est tassé (Segal 1996).

2.5. Variabilité saisonnière de l'érosion

Selon Oygarden (2003), dans les pays nordiques, les taux d'érosion suivent souvent un patron saisonnier où les pertes de sol sont plus importantes durant la fin de l'automne et la période de fonte des neiges.

Le coefficient du ruissellement est significativement non uniforme dans l'espace, en raison de la variabilité spatiale de la capacité d'infiltration du sol, et dans le temps, à cause de la croissance de la végétation durant la saison des pluies (Cerdan et al, 2004).

Un sol gelé en profondeur peut jouer le rôle d'une couche imperméable et contribuer à la saturation du sol en surface et par le fait même à l'augmentation de sa vulnérabilité à l'érosion

et au ravinement. Il est difficile de bien cerner la part de l'érosion provoquée par la fonte des neiges car le processus de la fonte varie d'une année à l'autre Oygarden (2003). Cette difficulté fut illustrée par les résultats d'une étude de Wade et Kirkbride (1998) portant sur la réponse de deux événements de fonte des neiges réalisée sur un même champ ayant reçu une couverture de neige semblable. La quantité de pertes de terre associée au premier événement de fonte fut évaluée à $76 m^3$ et celle du deuxième à $5m^3$.

2.6. Formes d'érosion hydrique

On distingue trois grands types d'érosion, soit l'érosion en nappe, l'érosion en rigole et le ravinement.

2.6.1. Erosion en nappe

Selon Arnold et *al.* (1989), cette forme d'érosion résulte de l'effet combiné de la pluie et du ruissellement qui éclabousse le sol, détruit sa structure et déplace les pellicules sous l'action de l'écoulement de surface. Elle se produit assez uniformément sur la pente et peut passer inaperçue jusqu'à ce que le sol arable soit perdu.

2.6.2. Erosion en rigole

Selon Arnold et *al.* (1989), l'érosion en rigole résulte de la concentration du ruissellement, en petits canaux assez bien définis. Ces canaux sont appelés des rigoles lorsqu'ils sont assez petits pour ne pas interférer avec les opérations de la machinerie. Ces mêmes canaux érodés deviennent des ravins lorsqu'ils progressent et s'étendent au point de ne pouvoir être comblés par les opérations normales de travail du sol, ou lorsqu'ils deviennent nuisibles au travail du sol.

2.6.3. Ravinement

Selon Hilborn (1996), le ravinement est un stade avancé de l'érosion en rigole où les canaux de surface ont creusé leur talweg à tel point que le travail du sol ne suffit plus à le combler. L'érosion en ravin survient surtout sur les berges des cours d'eau encaissés et dans les longues vallées inclinées. De grandes quantités de terres arables disparaissent chaque année à cause de cette forme d'érosion.

2.7. L'érosion des sols en Algérie

L'érosion hydrique constitue, en Algérie, un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares. Malgré les moyens et les efforts consentis par les autorités pour arrêter la dégradation des terres, les barrages continuent à être envasés, les versants et les plaines lacérés par les ravines induisant une squelettisation des sols et une chute croissante des rendements. Les aménagements antiérosifs et les techniques de correction torrentielle introduites et mal adaptés au contexte de la zone d'étude sans une caractérisation préalable des systèmes érosifs au niveau du territoire ont donné des résultats mitigés. Le système érosif est complexe et s'opère à des échelles variées aussi bien spatiales que temporelles. Comment estimer à partir des données pédologiques, les risques d'érosion, du ruissellement et la dégradation de la structure superficielle (Chebbani et *al.*, 1999).

Le Nord algérien, principalement représenté par des montagnes, est un milieu fragile. Il se caractérise par de fortes pentes et une sensibilité à l'érosion. Les sols qui le constituent comportent des argiles gonflantes favorables au ruissellement (Monnier et *al.*, 1986).

En Algérie, les conséquences de l'érosion hydrique sont désastreuses et spectaculaires, offrant un paysage nu et sillonné par un ravinement intense, particulièrement dans les régions montagneuses à réseau d'écoulement dense, menaçant d'un envasement précoce les barrages en exploitation. L'érosion, phénomène très complexe, lié à des facteurs naturels et anthropiques difficilement maîtrisables, évolutif aussi bien dans l'espace que dans le temps, affecte beaucoup les infrastructures hydroagricoles, de telle sorte qu'il est parfois quasiment impossible d'y remédier. Avec une érosion spécifique moyenne annuelle variant entre 2000 et 4000 t/km², l'Algérie se classe parmi les pays les plus érodables du monde (Demmak, 1982).

3. Envasement des barrages

L'envasement est défini comme étant le dépôt des sédiments dans les retenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage (Ammari, 2012).

3.1. Facteurs induisant l'envasement des barrages :

L'envasement des retenues est le résultat d'un processus complexe qui se caractérise par trois étapes successives : érosion, transport solide et sédimentation (Benaïcha, 2011) (Figure 3).

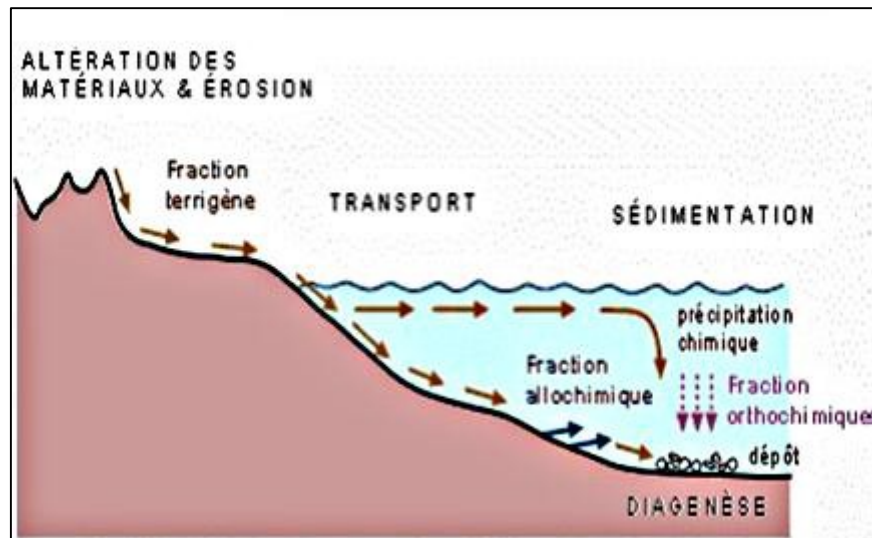


Figure 3 : les différentes étapes de l'envasement
(Serbah, 2011)

3.1.1. Erosion des sols :

L'érosion des sols est l'enlèvement des particules solides de ces sols par le fait de la précipitation. Ce phénomène est le premier processus conduisant vers l'envasement des retenues. C'est un phénomène complexe, très répandu dans la zone méditerranéenne, touchant particulièrement Les pays du Maghreb arabe dont il menace gravement les potentialités en eau et en sol (Benaïcha, 2011).

3.1.2. Transports solides:

Le transport solide dans les cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion. Il relève essentiellement du ruissellement et met en jeu diverses formes d'écoulement de l'eau dans la nature (Hug, 1975).

Le champ de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval l'eau et met en jeu deux types de mécanismes : le charriage et la suspension qui sont les principaux types de transport solide (Benaïcha, 2011).

➤ Transport en matériaux du lit « charriage » :

Le transport par charriage est l'un des principaux types de transport solide dans un cours d'eau. Il concerne les plus gros matériaux qui contribuent à la formation et l'équilibre du lit, principalement la pente (Benaïcha, 2011).

➤ Transport par suspension

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'eau. Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein du même du liquide (Benaïcha, 2011).

3.1.3. Sédimentation et envasement

C'est l'étape finale de l'envasement des retenues. A l'état naturel les oueds transportent progressivement des quantités importantes de sédiments, soit par charriage soit par suspension. Les eaux chargées de matériaux fins forment un courant de densité qui s'écoule sur le long de la retenue et transportent ainsi la vase jusqu'au pied du barrage. Dans ce trajet, les sédiments se déposent, des plus grandes particules aux plus petites, de l'amont vers l'aval de la retenue (Figure 4) (Benaïcha, 2011).

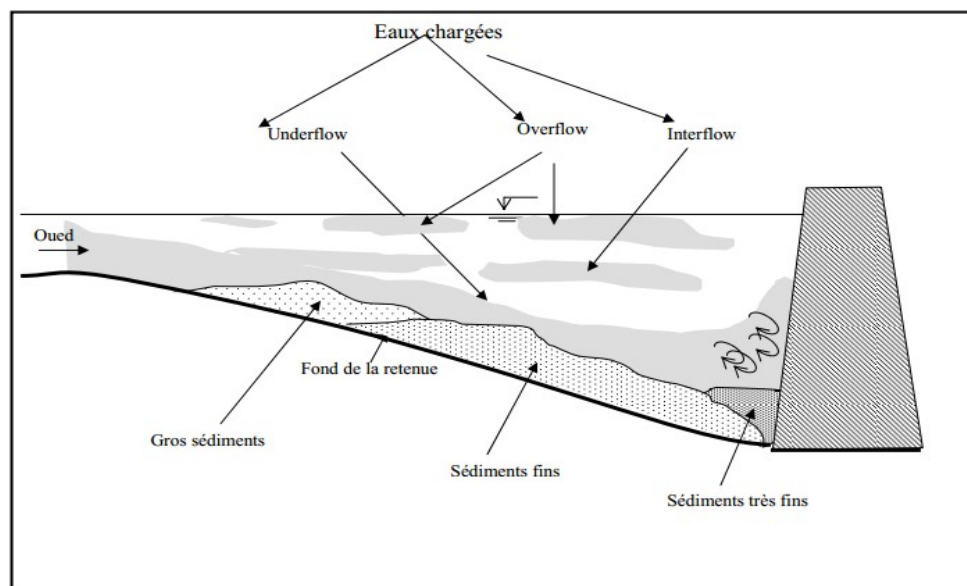


Figure 4 : Les différents modes de sédimentation
(Benaïcha, 2011)

3.2. Problème de l'envasement des barrages en Algérie

L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation, qui sont aussi la cause de la dégradation des sols agricoles ; 45% des sols agricoles du Nord Algérien sont directement menacés par l'érosion, soit 12 Millions d'hectares (Chebbani et al, 1999).

D'après une étude (Bouhaniche, 2001) faite sur 15 barrages d'une durée d'exploitation de 10 ans, une perte de capacité, due à l'envasement, est estimée à 25% touche plus de la moitié de ces barrages. Le volume mort de sept des 15 barrages étudiés est dépassé. Rappelons que le

volume mort est le volume qui, pendant la période d'exploitation du barrage, sera rempli de sédiments. Ce périmètre est calculé pour une période déterminée d'exploitation du barrage. Elle est généralement de 50 ans pour les grands barrages. Si ce volume est atteint avant échéance, on parlera d'envasement.

4. Concepts de base sur les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)

Un SIG a pour but d'informer sur la géographie d'un espace donné. Il s'appuie donc sur un certain nombre de bases de données géographiques, qu'il permet d'intégrer, de gérer, de traiter et de représenter sous forme de cartes, (Figure 5).

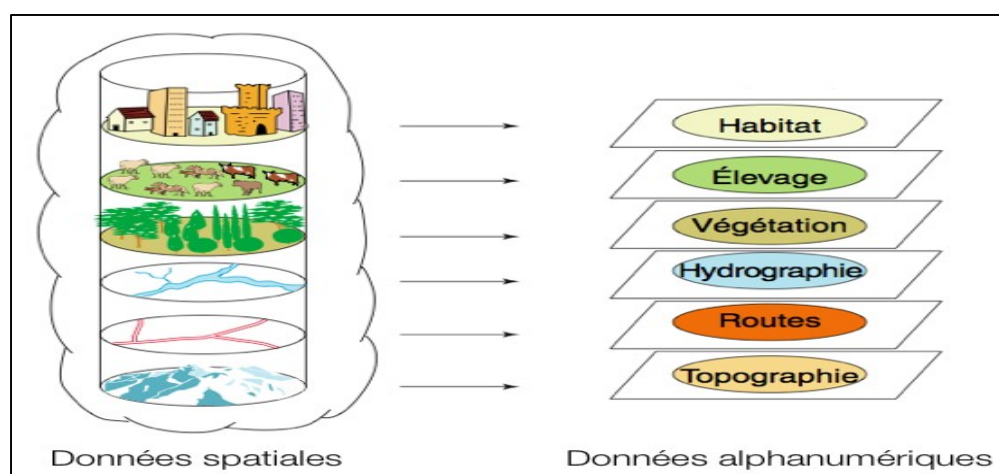


Figure 5 : Base de données géographique=ensemble de couches superposables

Source : www.Seig.ensg.ign.fr

4.1.Principe général de SIG

Un SIG s'appuie sur un certain nombre de bases de données géographiques représentées sous forme de couches.

➤ **Affichage sous forme de couches d'information**

Un SIG contient généralement plusieurs sortes d'objets géographiques qui sont organisés en thèmes que l'on affiche souvent sous forme de couches. Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises...). Chaque objet est constitué d'une forme (géométrie de l'objet) et d'une description, appelé aussi sémantique. (Figure 6).

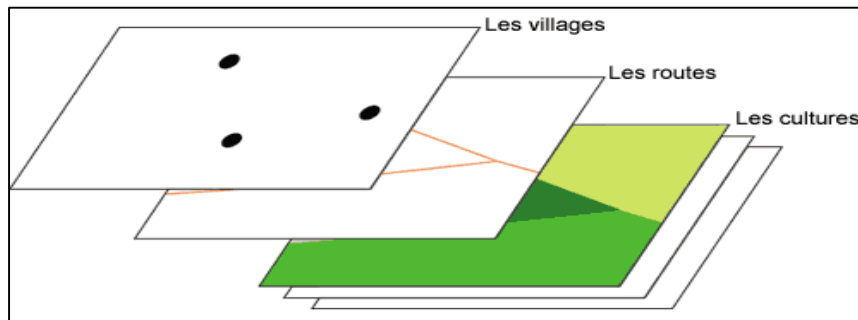


Figure 6 : Un exemple : organisation du SIG en trois couches d'information :

Source : www.Seig.ensg.ign.fr

➤ **La géométrie des objets**

Le niveau géométrique est la description de la position et de la forme des objets. La position peut s'exprimer par la latitude et la longitude des objets (ou des points qui composent ces objets) ou par des coordonnées x, y dans un système de projection. Les objets peuvent être identifiés sous forme de points (villes, entreprises, exploitations agricoles,...), d'arcs ou de lignes (routes, chemins de fer,...) et de polygones ou de surfaces (communes, occupation du sol,...). (Figure 7).

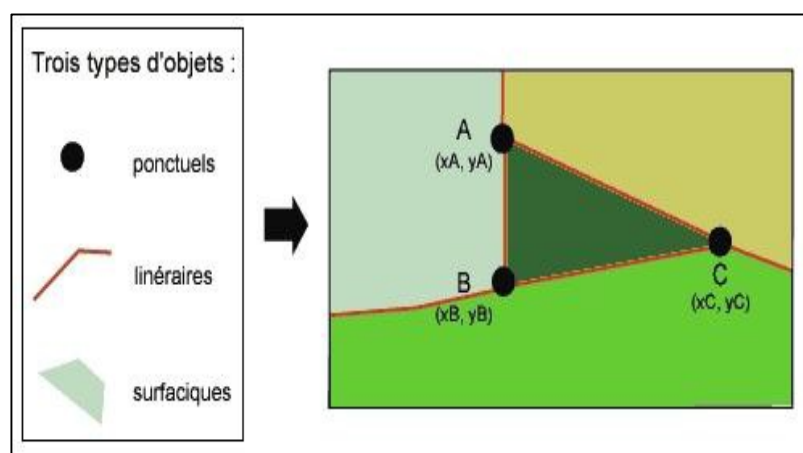
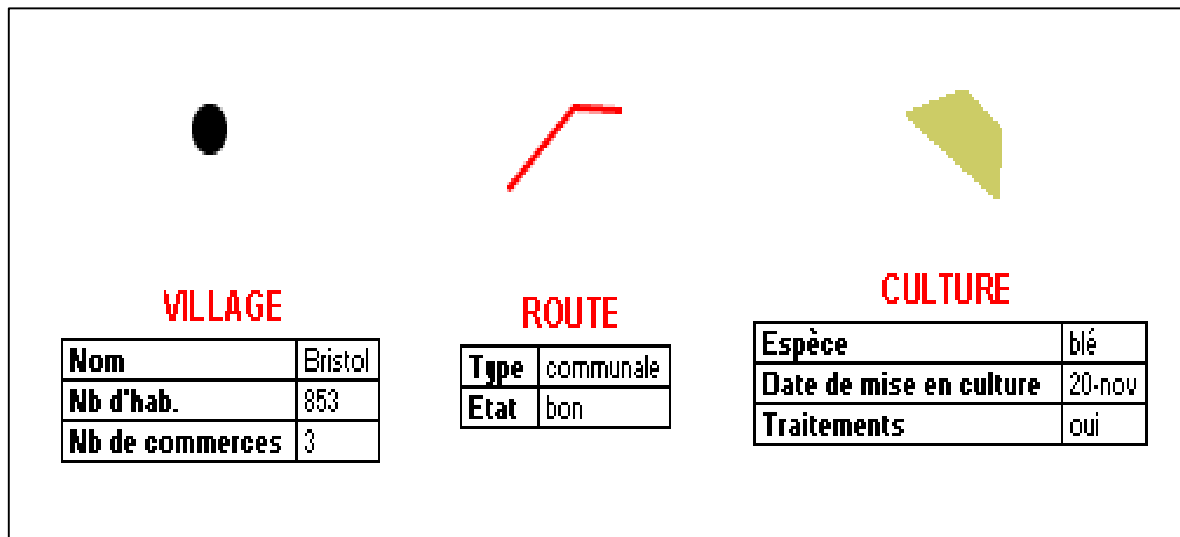


Figure 7 : Exemple de représentation des données

Source : www.Seig.ensg.ign.fr

➤ **La description des objets sémantiques**

A chaque objet est attribuée une fiche contenant des informations de type alphanumérique. Ces informations décrivent l'objet (nom de la ville, numéro de la commune, type de l'occupation du sol,...). Ces fiches permettent de stocker des informations qui décrivent les objets : le contenu dépend des besoins du projet (Figure 8)



| VILLAGE | |
|-----------------|---------|
| Nom | Bristol |
| Nb d'hab. | 853 |
| Nb de commerces | 3 |

| ROUTE | |
|-------|-----------|
| Type | communale |
| Etat | bon |

| CULTURE | |
|-------------------------|--------|
| Espèce | blé |
| Date de mise en culture | 20-nov |
| Traitements | oui |

Figure 8: Fiches attributaires du village A, de la route entre A et B et d'une culture

Source : www.Seig.ensg.ign.fr

Chapitre II
Présentation de la
zone d'étude

Introduction

La connaissance du site est indispensable car l'étude physique et socio-économique des populations qu'ils occupent le milieu est très importante dans l'étude d'érosion et la réalisation du plan d'aménagement du bassin versant.

Il est également évident que les différents états de surface et les caractéristiques géomorphologiques du bassin versant jouent un rôle important dans la formation des écoulements de surface, et leur transfert ultérieur dans le réseau hydrographique (Mingguo et *al.*, 2007 ; Arnau-Rosalén et *al.*, 2008). Bien que la circulation continentale de l'eau soit en premier lieu influencée par le climat. Le territoire a aussi un effet considérable. La pratique de l'hydrologie dépend donc. En large part, de la caractérisation de ce territoire. Les caractéristiques principales sont la topographie, l'occupation du territoire, la pédologie et la végétation (Anctil et *al.*, 2012)

1. La situation géographique du bassin versant

La région de Tébessa appartient au grand bassin du Chott-Melrhir et oued Mellégue se localise à l'Est de l'Algérie du nord entre les méridiens de longitudes 7°55' et 7°13' Est et les parallèles de latitude 35°10' et 35°22' Nord, (Figure 1).

Il est délimité au Nord par la wilaya de Souk Ahras, et au Sud par la Wilaya d'El Oued à l'Est par les frontières algéro-Tunisienne, et à l'Ouest par Oum El Bouaghi Il s'étend sur une superficie de 13 255 km² avec un périmètre de 720 km.

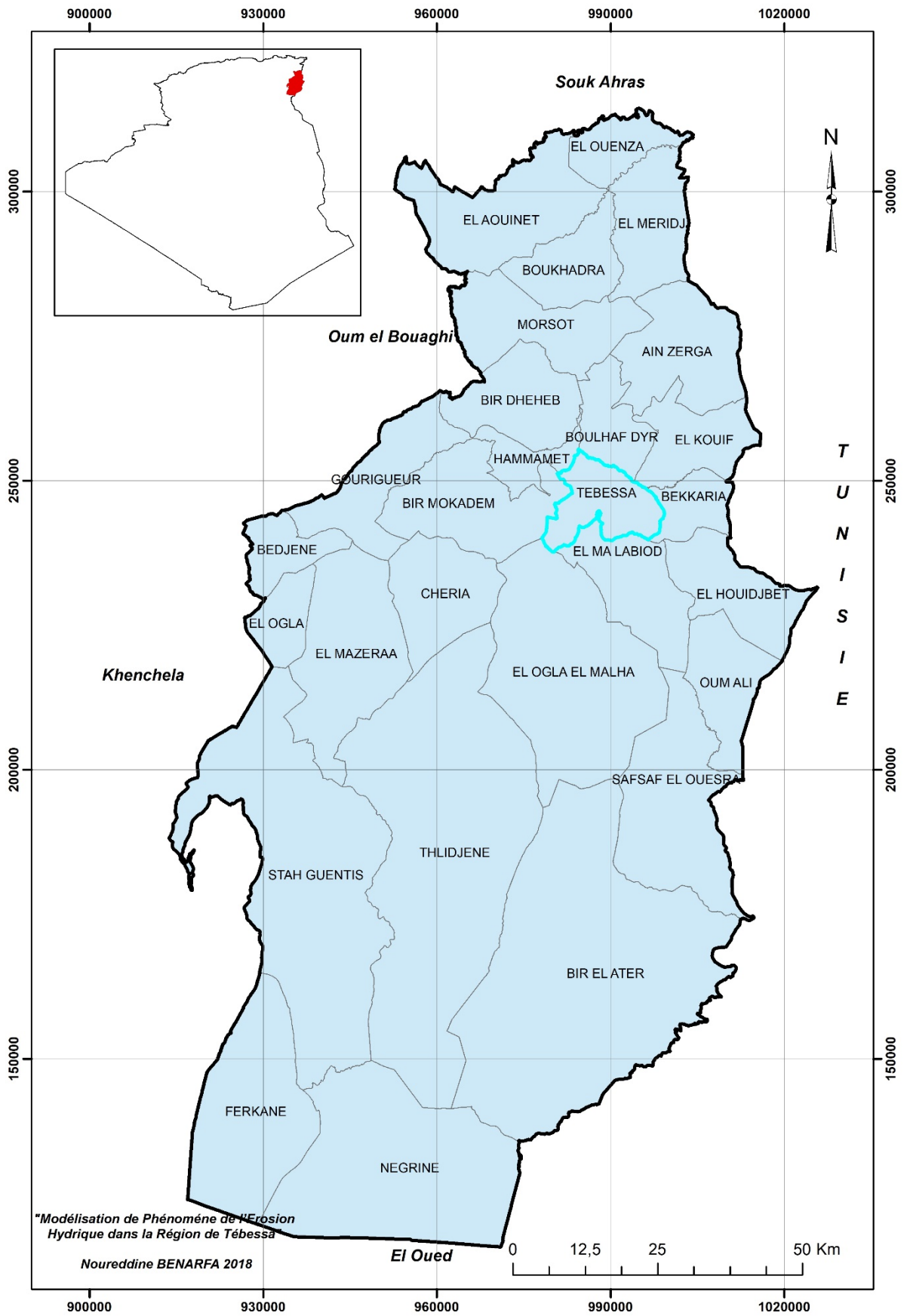


Figure 9 : Carte de situation géographique et administrative

2. Étude climatique

Le climat est phénomène important qui a son influence sur les différents types de relief et la modification des propriétés physicochimiques des roches et des sols. L'étude climatique d'un bassin versant permet une meilleure connaissance du comportement hydrologique et hydrogéologique de ce même bassin

La variabilité des conditions d'humidité du sol, l'encroûtement des sols, la végétation et la rugosité, la dynamique de l'intensité de pluie, peuvent tous produire différents régimes hydrologiques à différentes échelles spatiales (Esteves et Lapetite, 2003).

2.1. Choix de station

Les séries d'observations des précipitations et des températures de 1990 au 2017 sont fournies par les services de l'ANRH de la wilaya d'où La région d'étude est contrôlée de plus d'une douzaine de stations, parmi lesquelles nous nous sommes intéressés que par huit dont nous disposons suffisamment de données, le tableau, ci-dessous donne leurs principales caractéristiques.

Tableau N°2 : Caractéristique des stations.

| Station | Code | Coordonnées | | Altitude (m) | Appareil | Mise en Service |
|-----------------|----------|-------------|---------|--------------|----------|-----------------|
| | | X | Y | | | |
| El Ma El Abiod | 06.28.02 | 997.620 | 225.150 | 1030 | PV/PG | 01.01.74 |
| Mcht. E'Zouiria | 06.28.07 | 997.750 | 230.000 | 1058 | PV | 01.03.74 |
| Ain Khangha | 06.28.06 | 985.250 | 236.850 | 1330 | PV | 02.11.73 |
| Ouled M'Hamed | 06.28.04 | 980.850 | 235.000 | 1335 | PV | 01.09.73 |
| Chéria | 06.23.01 | 959.200 | 231.100 | 1087 | PV+PG | 1971 |
| Bir Mokaddem | 06.23.03 | 946.300 | 242.600 | 1156 | PV | 1972 |
| Ain Troubia | 06.23.07 | 963.250 | 250.910 | 1252 | PV | 1972 |
| Ain Babouche | 06.23.08 | 954.100 | 241.800 | 1175 | PV | 1974 |
| Tébessa | 12.03.01 | 991.900 | 247.200 | 890 | | 1943 |

Détermination du type du climat :(Indice De Martonne)

Pour la détermination du type de climat De Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$A = P / T + 10$$

Avec :

- **A** : indice d'aridité annuelle
- **P** : précipitations moyennes annuelles en mm.
- **T** : températures moyennes annuelles en mm.

Dans le cas de notre région $A = 14.20$ tel que $P = 379.41$ et $T = 16.71$

Selon De Martonne :

- $A < 5$: le climat est hyper aride.
- $5 < A < 10$: le climat est très sec.
- $10 < A < 20$: le climat est sec.
- $20 < A < 30$: le climat est tempéré.
- $A > 30$: le climat est humide (écoulement abondant).

Les résultats de l'indice d'aridité trouvés pour la station de Tébessa, montrent que le climat est sec caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude.

3.2. Caractéristiques climatiques de la région

La zone d'étude caractérisé par un climat semi-aride, peu pluvieux en hiver et très chaud et sec en été, il a la particularité d'être secoué par des vents secs et chauds (le SIROCO) sur la partie Sud, et des vents froids et humides à la partie Nord de la région d'étude. Ainsi Les précipitations sont caractérisées par leur irrégularité et par leur caractère souvent torrentiel et érosif sur les sols nus de la zone sud de la wilaya de Tébessa.

Seltzer (1946), a proposé pour la région méditerranéenne, une extrapolation en fonction de l'altitude, tous les 100 m, une augmentation de 40 mm de précipitation, de même une diminution

de 0,7°C pour les températures mensuelles maximales et de 0.4°C pour les températures mensuelles minimales (Tableau N°3).

Tableau N°3 : Altitude minimal, maximal et moyenne du périmètre et altitude de la station de référence.

| Points | Altitude (m) |
|----------------------------------|--------------|
| Station De Tebessa | 890 |
| Le point le plus haut de la zone | 1713 |
| Le point le plus bas de la zone | -1 |
| L'altitude moyenne | 856 |

3.2.1. Précipitations

Djebaili (1978), définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

Répartition interannuelle des précipitations

Pour étudier ces données, nous nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur la période allant de 1990 à 2017. Cette série représentée dans l'Annexe I et la Figure 10

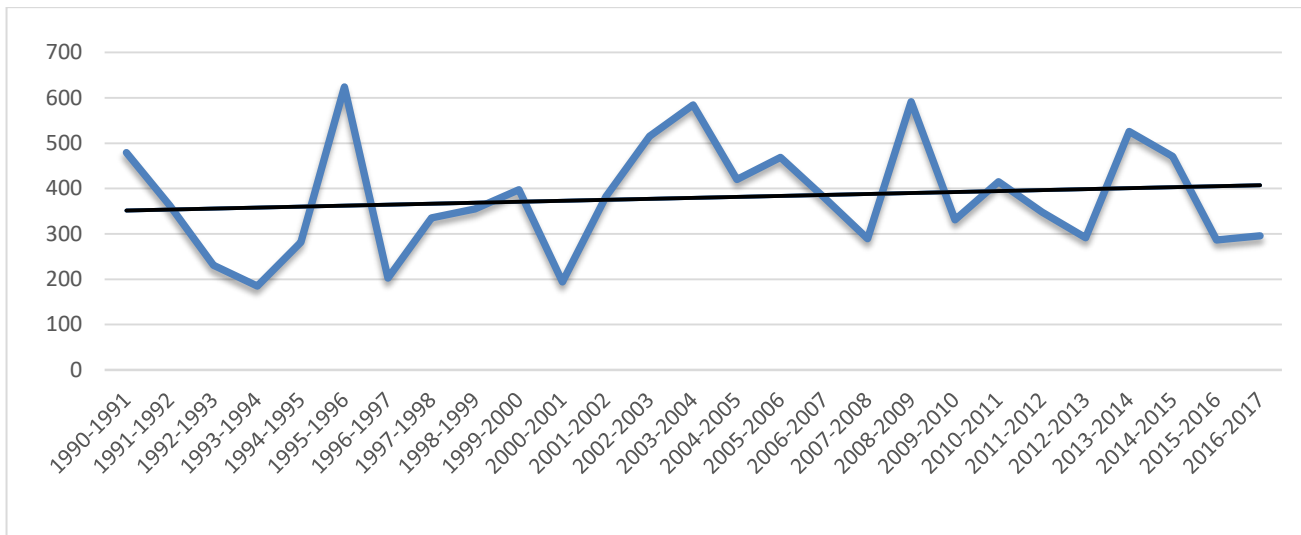


Figure 10 : répartition pluviométrique annuelles de la station de Tébéssa (1990-2017).

D'après la figure 11, on constate que Le maximum de la pluviométrie a été observé en 1995/96 avec 624 mm et alors que le minimum a été enregistré en 1993/94 avec 185 mm La moyenne pluviométrique interannuelle est égale à 404.5mm.

➤ **Correction pluviométrique**

La correction des valeurs se fait selon les trois points représentatifs du bassin versant (le point le plus haut, l'altitude moyenne et le point le plus bas) en multipliant le coefficient de répartition mensuelle de la pluviométrie annuelle * la pluviométrie annuelle corrigée. Le coefficient de répartition mensuelle = pluviométrie moyenne du mois/pluviométrie moyenne annuelle (Tableau N°4).

Exemple : le mois de Juin

Le coefficient de répartition mensuelle = $25,76/379.41 = 0,06$

Tableau N°4 : Coefficient de Répartition mensuelle de la station de Tébéssa

| MOIS | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc |
|------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>P</i> moy(mm) | 31.63 | 22.37 | 33.57 | 35.9 | 43.24 | 25.76 | 13.36 | 24.57 | 47.47 | 37.15 | 32.09 | 32.31 |
| Coefficient | 0.08 | 0.06 | 0.09 | 0.09 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.09 |

- **Le point le plus haut**

Différence d'altitude : $1713 - 890 = 823$ m

$$(40 \text{ mm} * 823)/100 = 329.2 \text{ mm}$$

Pluviométrie annuelle : $329.2 + 379.2 = 708.4$ mm

Exemple de calcul des précipitations du mois de Juin au point le plus haut :

$$708.4 * 0,06 = 42.5 \text{ mm}$$

- **Le point le plus bas**

Différence d'altitude : $-1 - 983 = -891$

$$(40 \text{ mm} * (-891))/100 = -356.4 \text{ mm}$$

Pluviométrie annuelle : $379.2 - 356,4 = 22.2$ mm

Exemple de calcul des précipitations du mois de Juin au point le plus bas : 22.2

$$* 0,06 = 1.36 \text{ mm}$$

- **L'altitude moyenne**

Différence d'altitude : $856 - 890 = -34$

$$(40 \text{ mm} * (-34))/100 = -13.6 \text{ mm}$$

Pluviométrie annuelle : $379.2 - 13.6 = 365.6$ mm

Exemple de calcul des précipitations du mois de Juin pour L'altitude moyenne :

$$365.6 * 0,06 = 21.93 \text{ mm.}$$

 **Les précipitations mensuelles et saisonnières :**

L'étude des précipitations mensuelles et saisonnières s'avère déterminante sur la variabilité spatiale de la capacité d'infiltration du sol et sur l'écoulement fluvial.

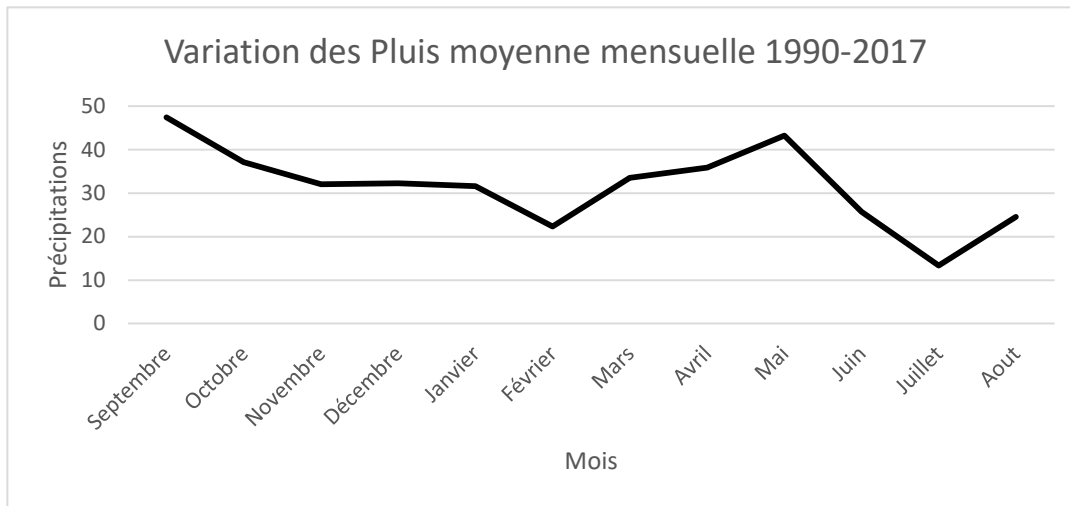


Figure 11 : variation mensuelle des precipitation

❖ **Repartition saisonnière des precipitations**

Pour distinguer les pluies saisonnières survenant dans des conditions de température et à des phases de développement de la végétation différentes, ainsi sur la variabilité saisonnière de l'érosion nous avons calculé le pourcentage des précipitations de chaque saison par rapport au total annuel.

L'histogramme traduit clairement les variations saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle et permet de distinguer deux grandes périodes (Figure 12). La première où les précipitations sont maximales alors que la deuxième est caractérisée par de faibles valeurs de précipitations.

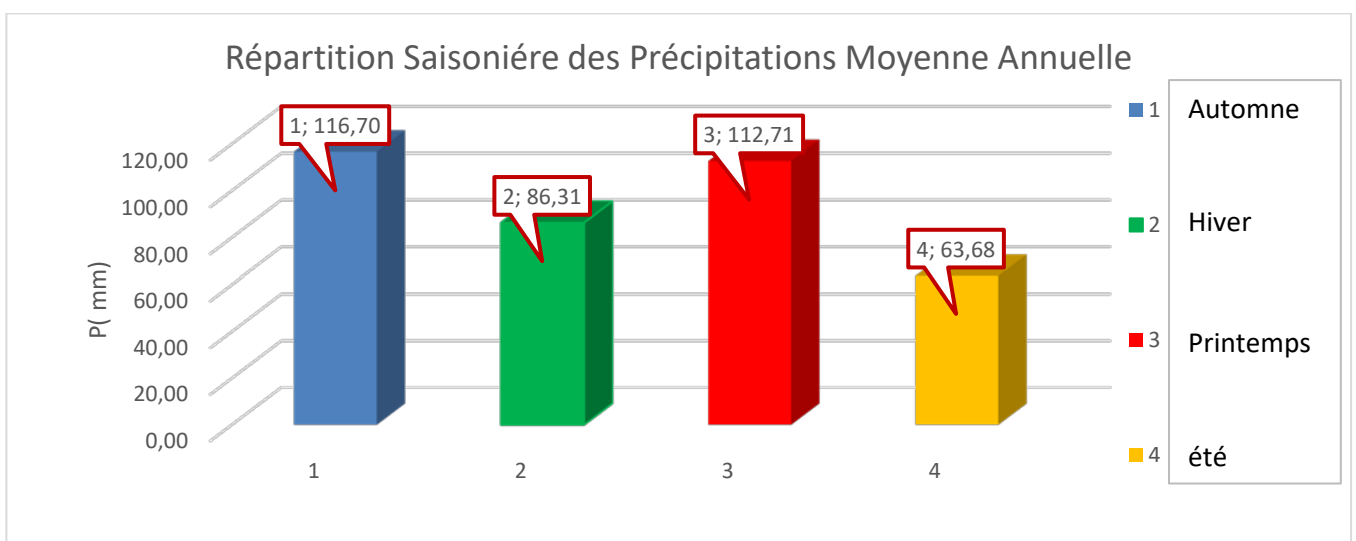


Figure 12 : Répartition Saisonnière des pluies au niveau de périmètre.

La répartition saisonnière des pluies (Figure 12) montre que le niveau des pluies tombent est accumulé dans la saison automne et au printemps, par contre l'été et l'hiver sont les saisons les moins arrosées.

3.2.2. Températures de l'air

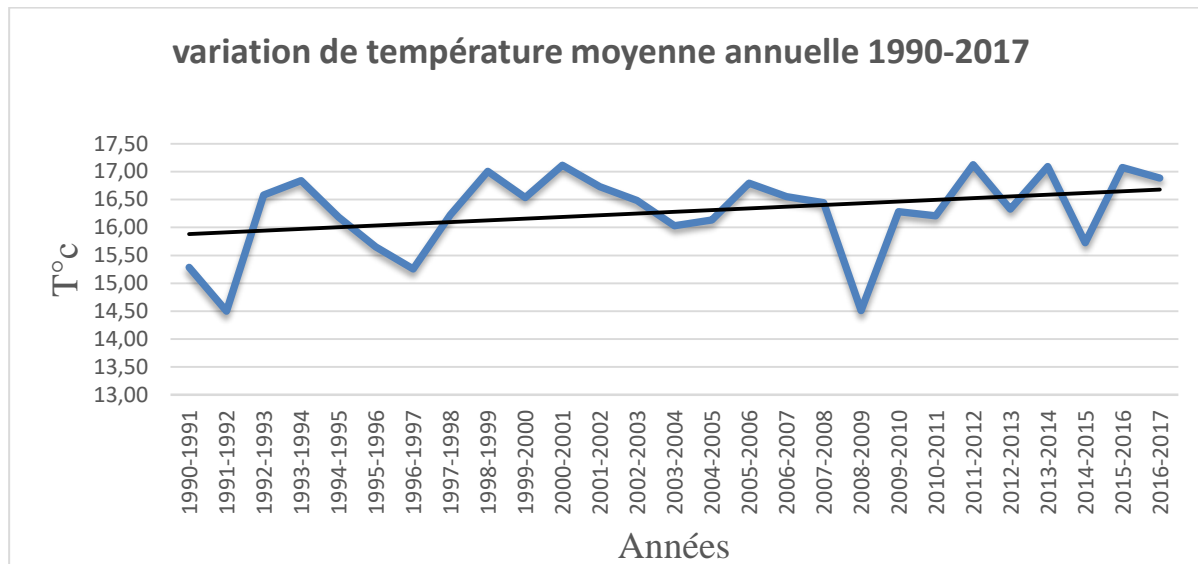


Figure : variation des températures annuelles des precipitation

La température est le second facteur constitutif d'un climat déterminé, elle est considérée comme étant un facteur écologique fondamental, par l'association directe de son action, sur les êtres vivants et leur environnement celle de tous les autres facteurs climatiques. Ainsi elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques, selon des modalités diverses (Soltner, 1987).

La neige

Les précipitations solides (neige), sur le versant Nord peuvent être importantes. Il n'existe malheureusement pas de relevés récents systématiques. D'après SELTZER la région se situe dans la zone d'enneigement moyen au sol de 5 à 10 jours par année. Ce phénomène a un rôle important, si on considère la superficie des crêtes qui bordent les différentes plaines, la fonte de la neige favorise au maximum l'infiltration des eaux au sous sol par rapport au ruissellement de surface, ce qui représente un apport considérable en matière de recharge des nappes souterraines.

3.2.3. Les vents

Vue le manqué des données on a pris une série d'années de 1972 jusqu'au 2006

D'après la station météorologique de Tébessa, la distribution du champ de direction de vent est saisonnière *hiver-été* avec des vents prédominants :

- Les vents de direction Ouest-Nord-Ouest « W-N-W » du mois de novembre au mois d'avril, qui sont responsables des précipitations.

- Les vents de direction sud, du mois de mai au mois de juillet se sont *le siroco*, engendrant une forte évaporation (évapotranspiration) et une sécheresse abaissant le taux d'humidité.

L'intensité moyenne mensuelle des vents sur une période de 35 ans entre 1971 et 2006, exprimée en mètre par seconde, à la station de Tébessa est représentée dans le tableau suivant :

Tab. 4. Intensité du vent en m/s.

| | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fèv | Mar | Avr | Mai | Jui | Juilt | Août |
|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|
| Tébessa Aéroport (1972-2006) | 2.32 | 2.2 | 2.34 | 2.49 | 2.76 | 3.06 | 3.04 | 3.25 | 2.9 | 2.79 | 2.78 | 2.50 |

2.4 Etude de l'évaporation

L'évaporation est le phénomène par lequel un liquide est transformé en vapeur ou en gaz. Ce phénomène est étudié par plusieurs expérimentateurs pour déterminer les différents facteurs régissant l'évaporation de l'eau, cette dernière dépend de :

- La production de chaleur.
- Le vent.
- La chaleur emmagasinée.
- La qualité de l'eau.
- La pression barométrique.

Au niveau de la station météorologique de Tébessa, l'évaporation est mesurée à l'aide d'un bassin d'évaporation de type « Colorado ».

Les moyennes mensuelles pour la même période d'observation (1971-2006), sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 5. Evaporation en mm et en % à la station météorologique Tébessa aéroport pour la période 1971-2006.

| Mois | Sept | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai | Juin | Juillet | Août |
|-------------------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Paramètres | | | | | | | | | | | | |
| Evaporation(mm) | 221.16 | 161.4 | 109.16 | 93.62 | 88.89 | 105.95 | 133.53 | 175.05 | 224.68 | 280.37 | 367.95 | 332.95 |
| Evaporation (%°) | 9.64 | 7.03 | 4.76 | 4.08 | 3.87 | 4.62 | 5.82 | 7.63 | 9.79 | 12.22 | 16.03 | 14.51 |

D'après l'analyse de ces données, nous pouvons dire que :

- Le mois de juillet est le mois où l'évaporation atteint son maximum avec une moyenne mensuelle égale à 16.03 mm.
- Le mois de janvier est le mois où l'évaporation est minimale avec une moyenne mensuelle de 3.87 mm.

3.3. Synthèse bioclimatique

Pour chaque pays suffisamment étendu, il existe un climat général qui dépend de sa latitude, sa proximité de la mer ou sa situation à l'intérieur du continent. Mais pour ces mêmes régions, il y'a aussi un climat dit local qui peut être plus au moins chaud ou froid ou sec ou humide (Dahane, 2006). La synthèse des données climatiques permet ainsi de classer ce climat afin de mieux se rendre compte sur la répartition et le comportement des différentes associations végétales et animales.

Bagnouls et Gaussen (1953), ont élaboré un classement climatique satisfaisant aux nécessités de l'écologie végétale. Pour cela, ils ont imaginé de confronter des courbes de pluies (courbes ombriques) et températures (courbes thermiques), il en résulte les diagrammes ombrothermiques ou (pluviothermique)

Pour ces auteurs un mois sec est celui dont le total moyen des précipitations est le double de la température moyenne exprimée en degré Celsius (°C).

Avec :

P : précipitation moyenne du mois en (mm).

T : Température moyenne du même mois en (°C).

Pour visualiser ces diagrammes, ces derniers proposent une méthode qui consiste à apporter sur un même graphe la température et la pluviométrie de sorte que l'échelle des températures soit le double des précipitations ($1^{\circ}\text{C}=2 \text{ mm}$) ; en considérant la période de sécheresse lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures.

Le diagramme ombrothermique représenté par la figure 14 montre que la station de Tébessa est caractérisée par une période sèche qui s'étale sur trois mois, et qui s'étend à la fin de mois de Mai jusqu'au mois de Août. La détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrologie afin de pouvoir estimer les besoins en eau (Aouachria, 2008).

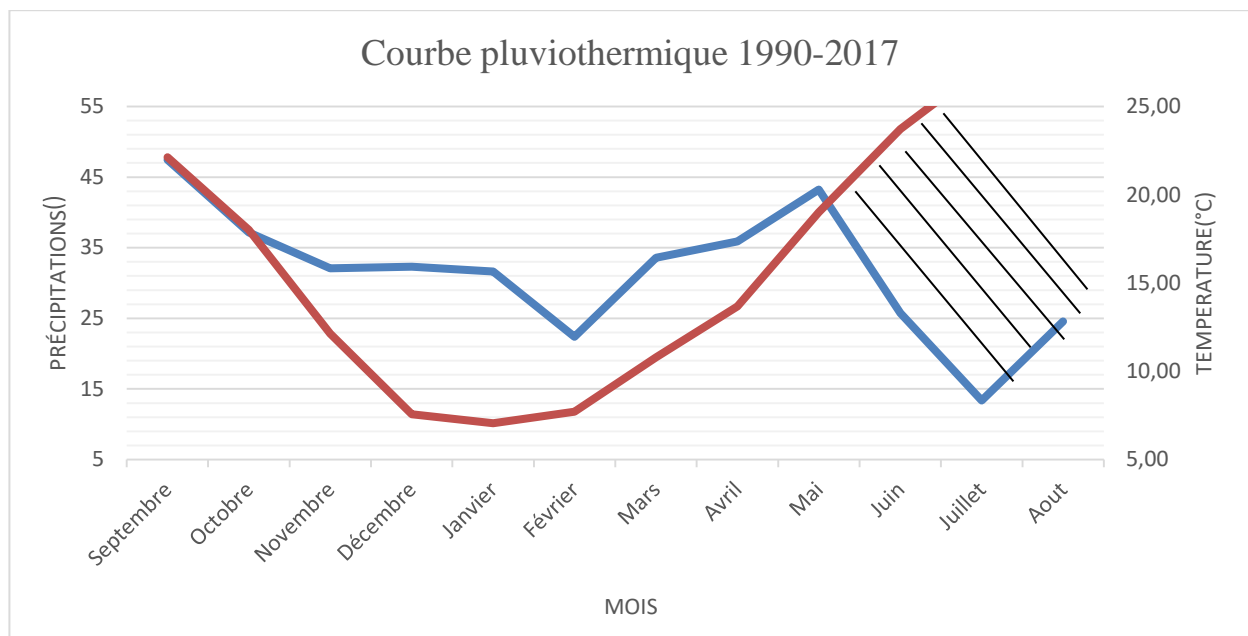


Figure 14.: Diagramme ombrothermique de Banoulsg et Gausсен (1953) (Station météorologique de Tébessa).

3. Caractéristiques morphométriques

L'étude des caractéristiques morphométriques associée à une analyse hydrologique d'un bassin versant constitue une plate-forme très importante pour la compréhension du comportement hydrologique.

3.1. La superficies (Km²)

Elle peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation, dans notre cas nous avons mesuré notre bassin par digitalisation à l'aide du logiciel ArcGis.

La superficie du bassin versant de Tébéssa est de 13255 Km².

3.2. Périmètre « P »

Le périmètre du bassin versant est de l'ordre de 720 km, son intérêt essentiel est de pouvoir calculer l'indice de compacité « K_C ».

3.3. La forme

On l'appelle aussi l'indice de forme du bassin, laquelle va avoir une influence sur l'écoulement global. Cet indice est défini comme le rapport entre le périmètre du bassin versant et le périmètre d'un cercle ayant la même surface.

$$0.28P / (A)^{-1/2}$$

$$K_c = 0.28 * p / \sqrt{A}$$

- Si : $K_c < 1$: ce ci implique que le bassin versant à une forme ramassée.
- Si : $K_c > 1$: ce ci implique que le bassin versant à une forme étalée.

Nous avons :

$$P=720 \text{ Km}$$

$$A=S = 13255 \text{ Km}^2$$

$$K_c = 6.25 > 1$$

C'est-à-dire le bassin versant de Tébessa a une forme généralement étalée.

3.4. Rectangle Equivalent :

Ce paramètre facilite la comparaison entre les bassins versants du point de géométrique dans laquelle :

- Le contour du bassin devient in rectangle de même périmètre ;
- Les courbes de niveau sont des droites parallèles à la largeur du rectangle ;
- L'exutoire est un des petits cotés du rectangle.

La longueur (L) et la longueur (l) sont données par :

$$L = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right) \quad l = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right)$$

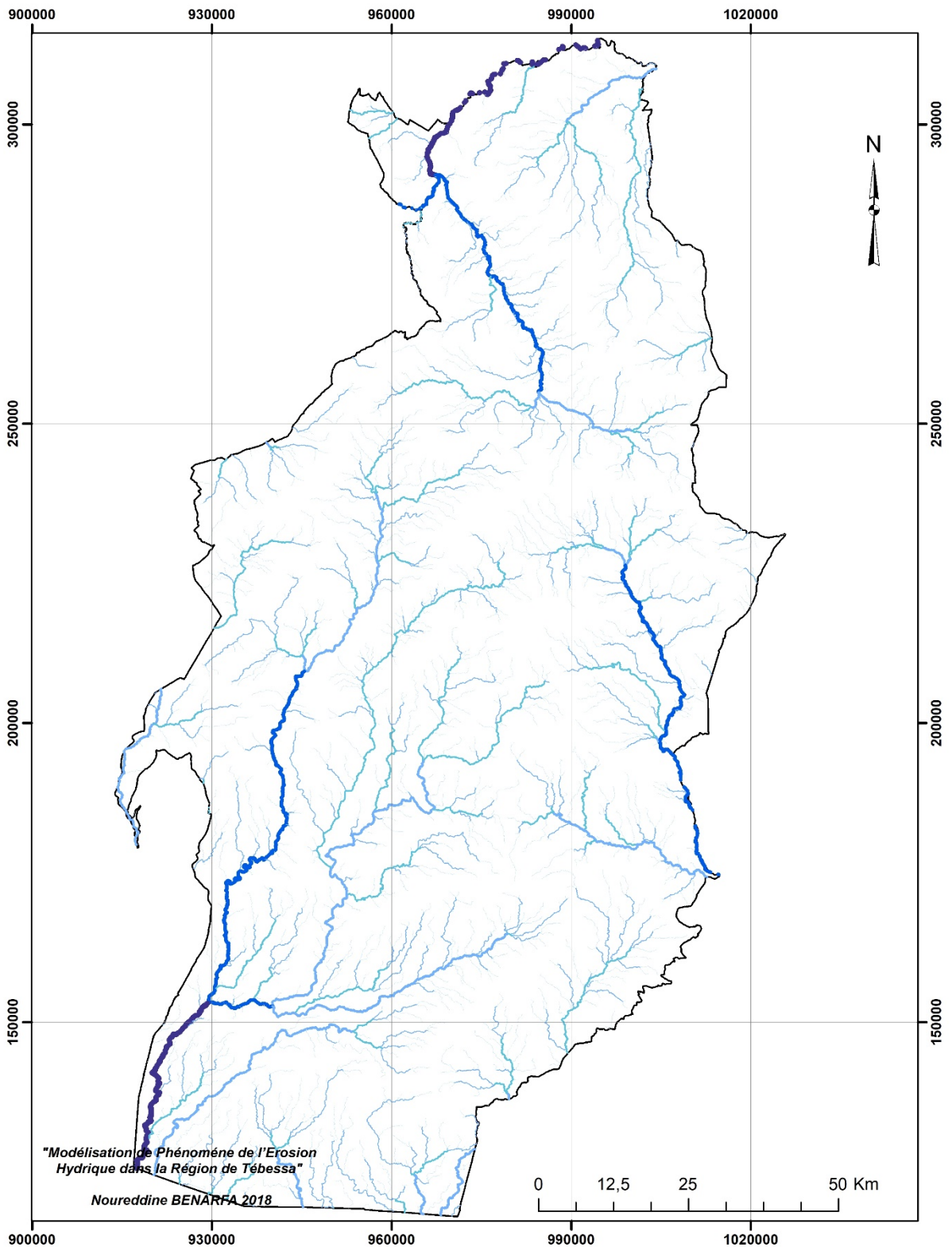
On aura donc : $l = 12.84 \text{ Km}$ $L = 1272.07$
km

4. Hydrographie

La région étudiée est caractérisée par un réseau hydrographique bien développé (Figure 15). Il est constitué de plusieurs cours d'eau comme Oued Mellegue au Nord de la région et Oued montana ,el Horchene au sud.

Les principaux oueds sont les suivants :

- Oued Mellegue
- Oued el Kebir
- Oued el Hammamet
- Oued El Horchane
- Oued EL.Montana



Legend:

Classes des cours D'eau

- Ordre 1 — Ordre 3 — Ordre 5 □ Limite Tébessa
- Ordre 2 — Ordre 4 — Ordre 6

Figure 15 : Carte du réseau hydrographique

5. Topographie

5.1. Relief

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin (Bouanani, 2006).

- **Les montagnes**

Ces reliefs on les retrouve au Nord sur le massif de Dj. Dyr et Dj. Doukkane avec des sommets ataignant 1 700 m pour doukkane et 1600 m pour Dj. Dyr et à l'Oeust dans les massifs de, Dj Djorf, DJ bouhrig et Dj Boudoukhane (ateint 1500 m) a l'Est par Dj Boudjelel représentés sur une sommet de l'ordre de 1600 m et au Sud avec une altitude de 1400m a Dj El-Oung.

- **La plaine**

Elle occupe la grande partie du bassin avec 73% de la surface totale du de la région d'étude. On note la plaine de Tebessa ou le bassin d'effondrement de la ville de Tebessa Elle se situe entre les deux chaînes montagneuses Doukkane et dj Dyr ainsi la plaine de Chéria . Ces zones sont occupées par des céréalicultures (orge, blé) et drainées par Oued El Kebir pour la plaine de Tébessa et oued Chéria pour la deuxième. Ains on note la plaine qui se situe au sud de la région d'étude celle de marmoutia.

5.1.1. Les altitudes caractéristiques

➤ Les altitudes maximales et minimales

Elles sont obtenues directement à partir des cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que

la température, les précipitations et sont respectivement égales à :

$$H_{\max} = 1713\text{m}$$

- $H_{\min} = -1\text{m}$

La répartition des classes d'altitude, indique une dominance des terres localisées entre 800 et 1200 m (Figure 16).

➤ **L'altitude moyenne**

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques (Musy, 2005).

- L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ($H_{\text{moy}} = 856\text{m}$). Les variations de l'altitude à l'intérieur d'un bassin ainsi que l'altitude moyenne sont des données essentielles pour déterminer la température et les précipitations.

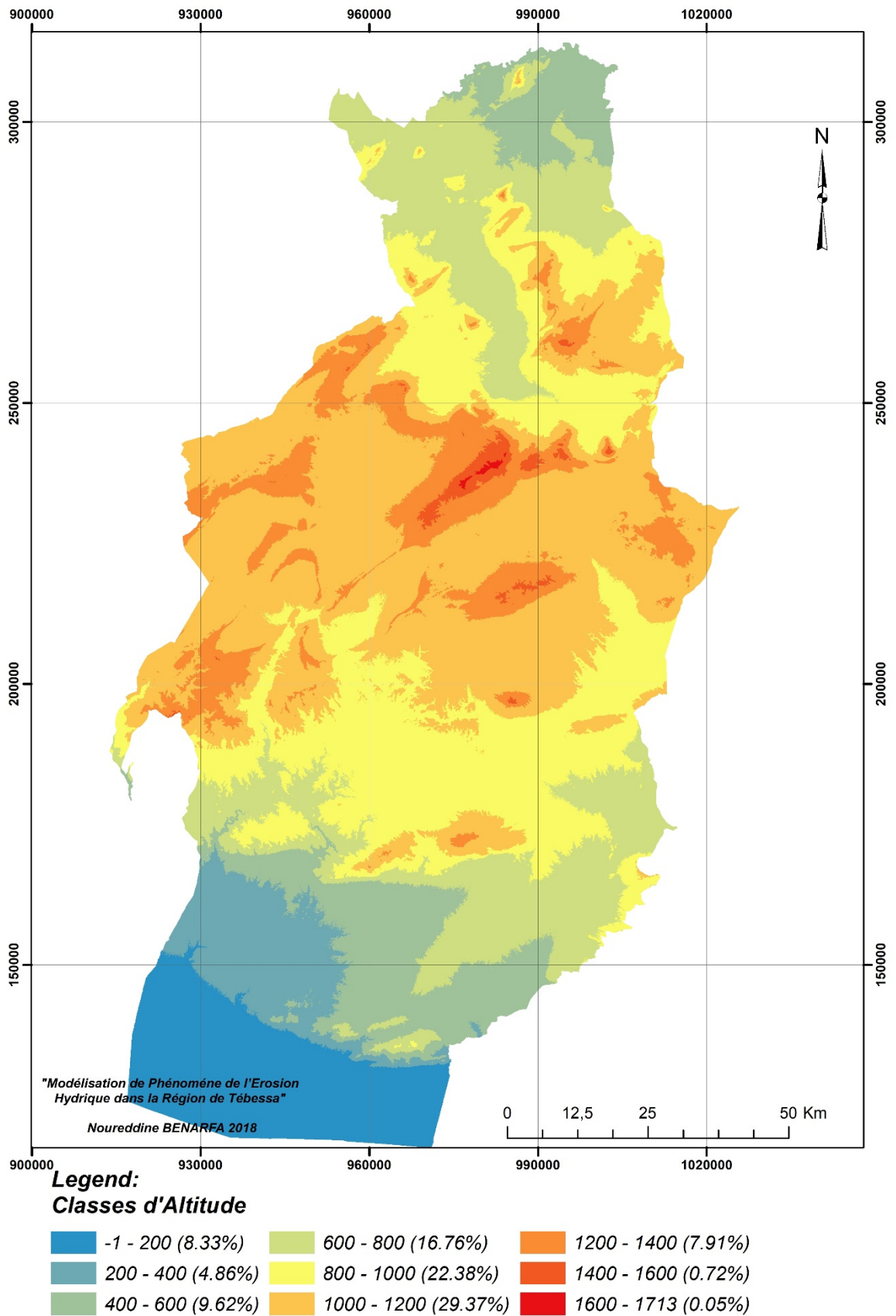


Figure 16 : Carte d'Altitude

5.2. Les Pentes

Le but principal de l'étude des pentes réside dans l'importance de leur influence sur l'orientation des activités humaines et l'entravent ou l'accélération du phénomène érosif.

Tableau N°7: classes des pentes

| Classe de pente | Surface (Km ²) | Surface (%) |
|-----------------|----------------------------|-------------|
| <3 | 3003 | 22.66 |
| 3 - 12 | 8508 | 64.19 |
| 12,5 - 25 | 1522 | 11.48 |
| 25> | 221 | 1.67 |

De la carte des pentes (Figure 17) et du tableau N°7, on peut distinguer quatre (04) :

➤ **Classe 1: <3% :**

la classe représente plus des 22 % de la surface totale de la wilaya. Répartis sur tout la zone d'étude, du Nord vers Sud et de est vers Ouest de la wilaya. Ses terres forment la zone des plaines qui sont occupées par des cultures extensives (orge, blé) drainées par un réseau hydrographique important, ce que rend le sol plus exposées aux phénomènes d'érosion pendant la période des pluies.

➤ **Classe 2: 3-12% :**

C'est la classe la plus étendue et représente plus des 64 % de la surface totale de la wilaya, son couvert végétal est de type steppique.

➤ **Classe 3: 12-25%:**

Elle occupe une superficie estime de 11.48% de la surface totale de la wilaya et correspond aux montagnes, au y trouve une végétation steppique et des forêts.

➤ **Classe 4: >25% :**

Elle se situe sur les sommets des montagnes de la zone d'étude et ne représente que 1.67% de la surface totale de la wilaya. Elle se présente sous forme de petites taches sur des altitudes très élevées qui dépassent 1300 m avec une végétation forestière au Nord et au centre La plus part des terres de la wilaya ont une pentefaible a moyenne et un couvert végétal très faible , ce qu'aide et favorise l'effet de l'érosion hydrique des sols des terrains.

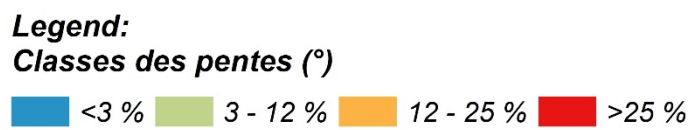
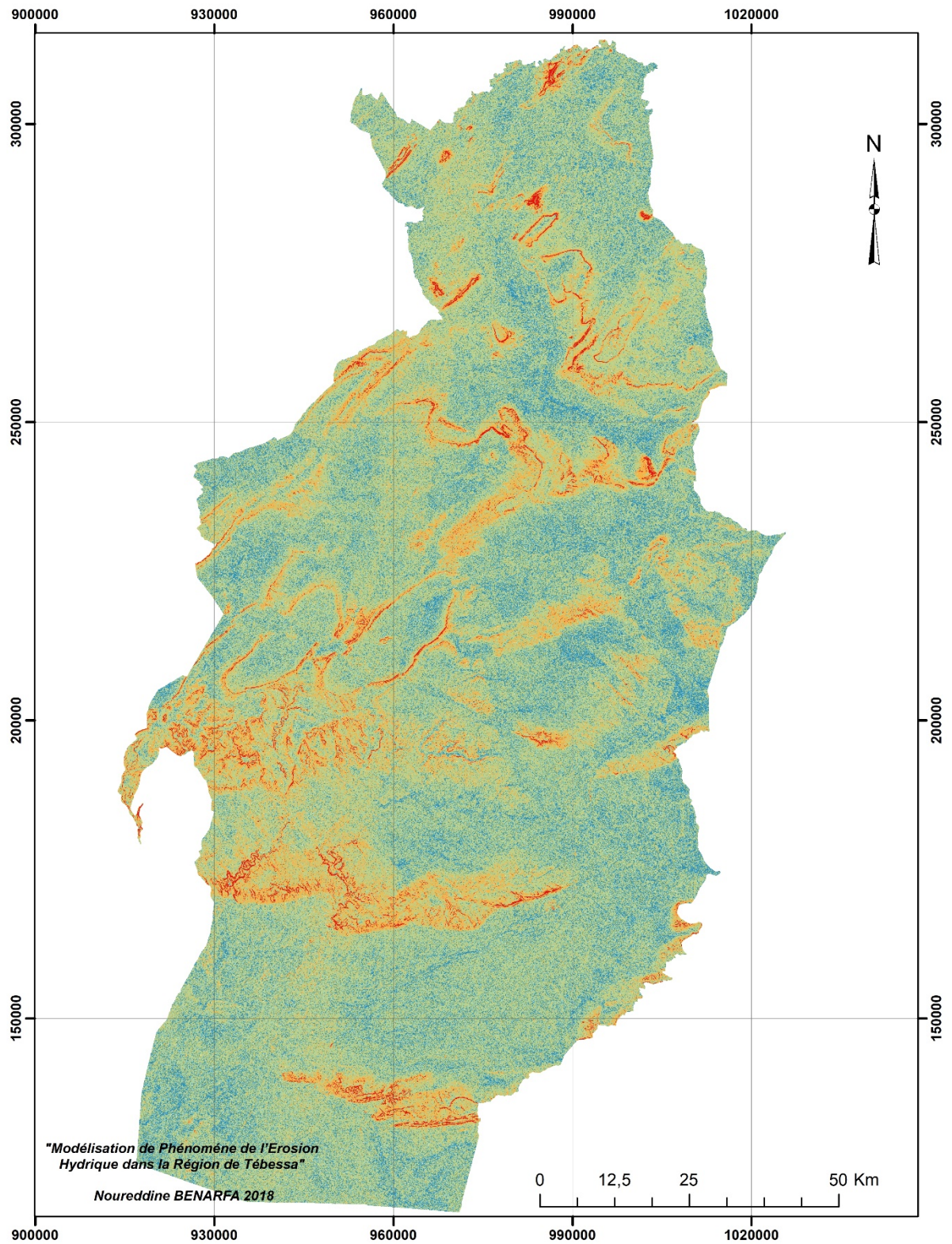


Figure 17 : Carte de

6. Morpho-pédologie

6.1. Géologie

La région de Tébessa fait partie de la structure autochtone Nord-aurèsienne (Aurès Nememcha) de l'atlas saharien (Durozoy, 1956 ; Blès, 1969 ; Fleury, 1970 ; Vila, 1974 ; Kowalski et al., 1995, 1996, 1997). Elle est constituée essentiellement des formations suivantes:

- Une formation triasique diapirique disloquant des formations subjacentes au niveau du Djebel Djebissa
- Des formations carbonatées représentées par d'importantes couches calcaires marneuses et de marnes d'âge Crétacé à Tertiaire. Certaines de ces formations sont observables au niveau des bordures de la plaine de Tébessa – sujet de cette étude.
- Un important dépôt alluvionnaire Mio-Plio-quadernaire qui repose en discordance avec les formations précédentes et forme ainsi le remplissage de la dépression, actuellement la plaine. Cette formation est observable surtout au piedmont des reliefs accidentés.

La région d'étude est comblée par des sédiments d'origine continentale, formés essentiellement

d'alluvions anciennes et récentes, d'argiles, de grès, de cailloutis de calcaires.

La dominance de ces formations a donné une bonne perméabilité au sol. Cela est confirmé par les logs stratigraphiques des forages réalisés. La région de Tébessa est entouré par des reliefs importants.

Ceux-ci sont formés d'un ensemble de synclinaux à faciès prédominants de calcaires et de calcaires marneux qui s'étalent du Trias jusqu'au Maestrichtien.

L'interférence de deux types de tectonique cassante a beaucoup contribué à la réalisation du schéma structural. En effet, ces rides d'orientation SW-NE, sont associées à l'érosion dominante et à une tectonique cassante importante, ont joué un rôle très important dans la formation des systèmes hydrogéologiques les plus stratégiques de la région d'étude formant un aquifère d'une épaisseur allant jusqu'à 200 m représenté par des Alluvions (alternance cailloutis, calcaire-marne) .

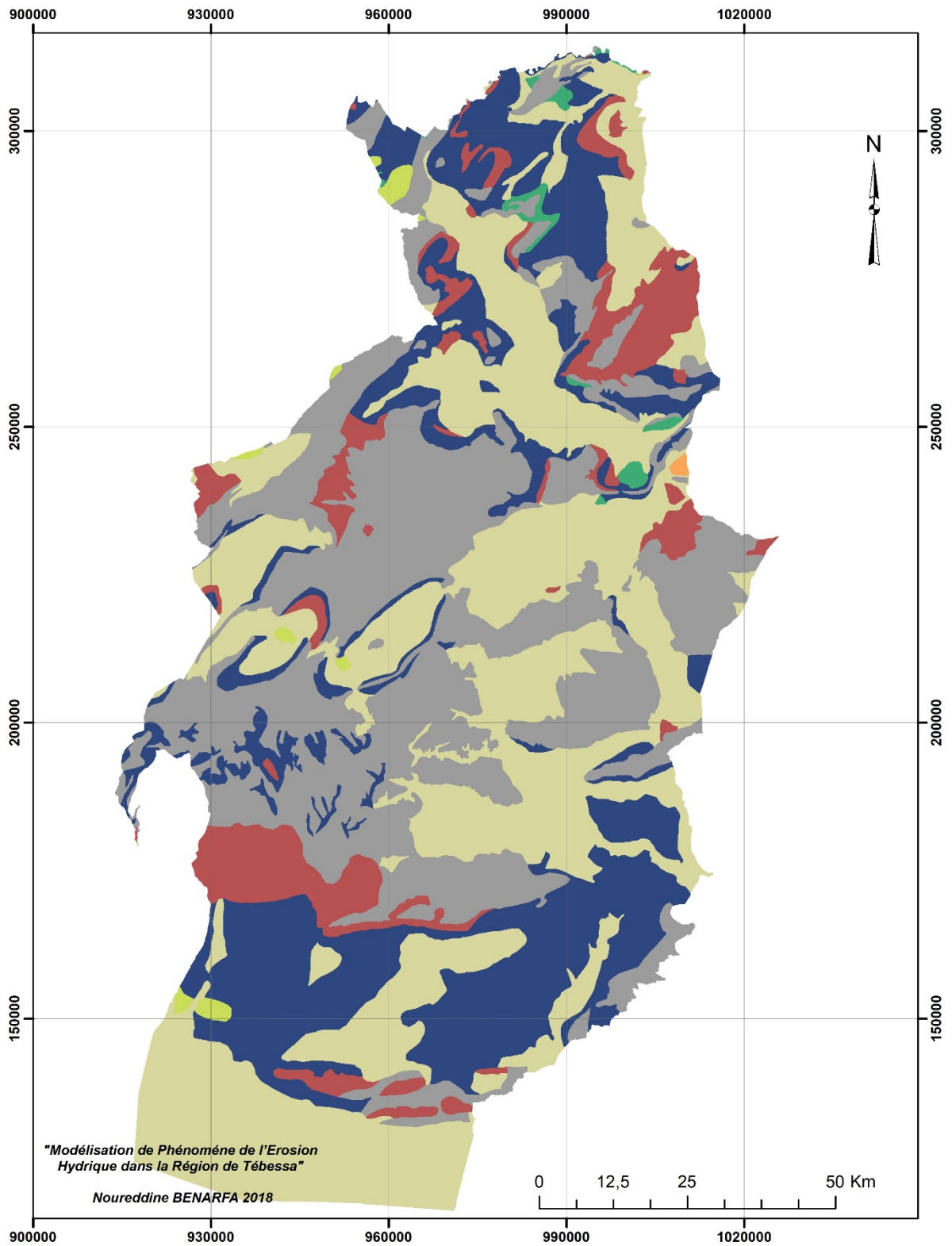
6.2. Lithologie

La lithologie est une forme simplifiée de la géologie, elle nous informe sur la nature de la roche de surface et elle permet ainsi de nous donner des indications sur leurs résistances à l'érosion. Dans notre zone étude, est dominé par trois principales formations (Tableau N°8) :

- La formation alluvions, sable et croutecalcaire possède la grande partie avec une superficie de 4 839.91 km² soit 36.52%
- La formations de calcaire et dolomie dur Il se manifeste surtout aux hautes plaines de ainsi qu'aux piedmonts de montagnes, et une croûte de calcaire friable discontinue au centre et au Sud qu'est moyennement sensibles à l'érosion hydrique (Figure 18).
- Les formations marneuses Elles occupent environ 23%.
- Les alluvions et sables constituent les formations moyennement sensibles à l'érosion représente que 0.56%.

Tableau N°8 : Les formations lithologiques.

| Formations | Surface (Km²) | Surface (%) |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Calcaire et dolomies dure | 4 119.73 | 31.08 |
| Grés | 8.44 | 0.06 |
| Marne | 3 023 | 22.81 |
| Conglomérat | 73.59 | 0.56 |
| Calcaire friable | 1 116.07 | 8.42 |
| Alluvions et sable | 73.63 | 0.56 |
| Alluvions, sable et croute calcaire | 4 839.91 | 36.52 |



Legend:

- | | | | |
|--|--|--|--|
| Alluvions et sable | Calcaires et dolomies dures | Conglomérat | Marne |
| Alluvions, sable et croûte calcaire | Calcaires friables | Grés | |

Figure 18 : Carte de la lithologie

6.3. Occupation de sol

Selon la figure (19) et tableau N°9, on distingue les répartitions suivantes,

➤ Les forêts:

Ils se localisent au Nord de la wilaya et ne présentent que 7.18 % de la surface totale. Parmi les principales espèces végétales on trouve : le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*).

➤ Les maquis (Terres des forêts dégradées) :

Ils occupent juste le massif du Djorf et sur les piedmonts de Dj.Boudjellal présentent 3.93% de la surface totale de la wilaya.

➤ Les parcours steppiques :

Ils se situent aux centre et sud de la wilaya, et presentment une surface de 4086.03 km² dont 30% de la surface total de la wilaya .

➤ Agriculture

Ces terres représentent plus de 27.7% de la surface totale de la wilaya et se localisent dans le centre et le nord ce qui donne à la zone l'aspect agropastorale.

➤ Les zones urbaines

Ils sont faiblement représentées n'atteignant au plus que 0,5% dans lesquelles on trouve la ville de Tébessa, Ouenza, Cheria, et Bir el Ater.

Tableau N°9: Occupation du Sol

| Type d'occupation | Surface (Km ²) | Surface (%) |
|----------------------|----------------------------|-------------|
| Agriculture | 3671.74 | 27.7 |
| Alfa | 976.41 | 7.37 |
| Alfa associé | 510.5 | 3.85 |
| Foret | 951.33 | 7.18 |
| Halophites | 131.97 | 1 |
| Maquis | 520.76 | 3.93 |
| Maquis arboré | 486.32 | 3.67 |
| Parcours | 1691.29 | 12.76 |
| Parcours steppique | 4086.03 | 30.83 |
| Plantation pastorale | 10.29 | 0.08 |
| Reboisement | 141.01 | 1.06 |
| Zone urbaines | 66.42 | 0.5 |

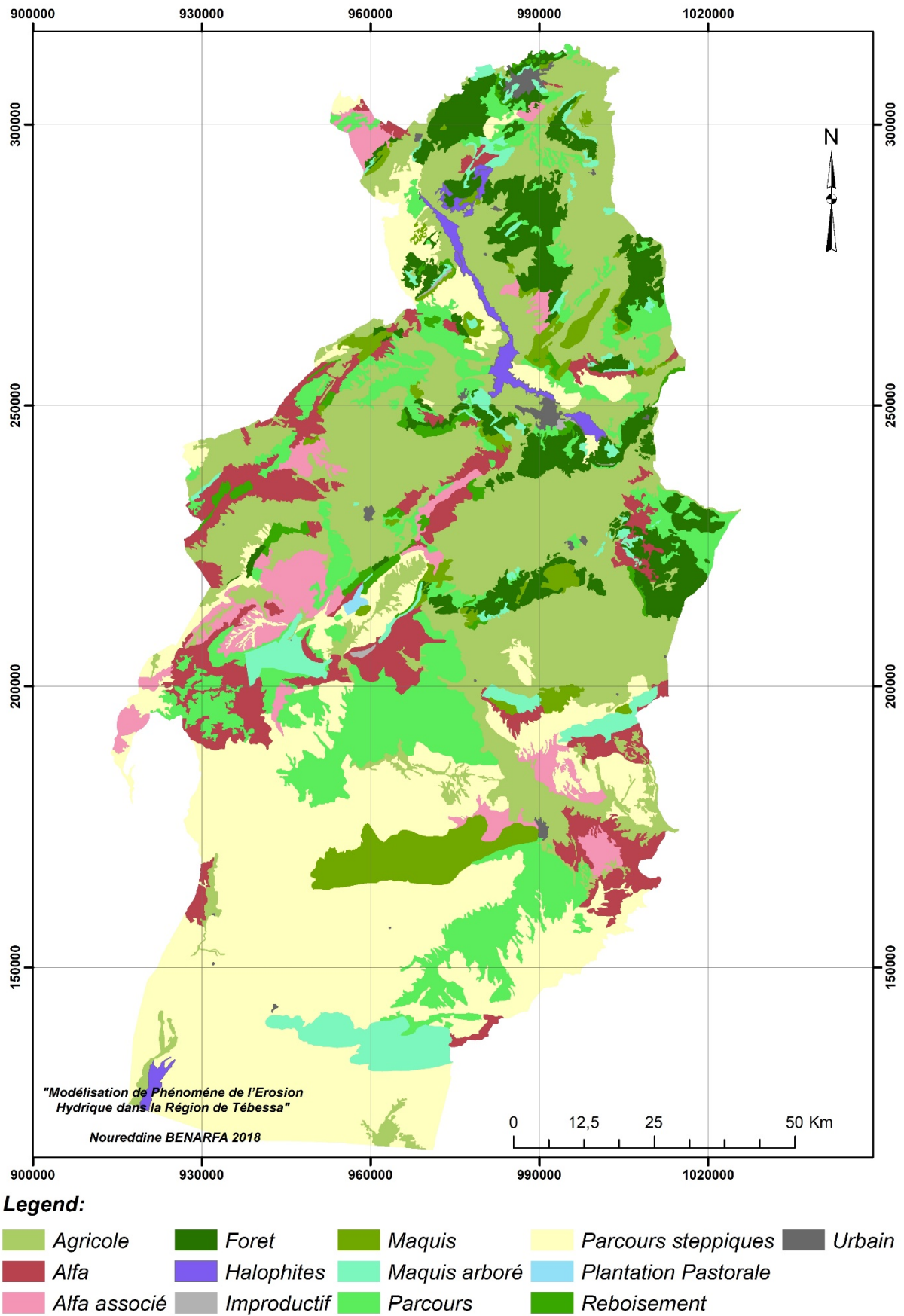


Figure 19 : Carte d'occupation des Sols

Chapitre III
Matériels et
méthodes

1. Matériels et methods

Afin d'atteindre les objectifs visés par la présente étude qui débouchent principalement vers l'établissement de documents cartographiques permettant de bien appréhender les zones à risques et d'urgence d'intervention., on a effectué en premier lieu une prospection du milieu physique ensuite on a essayé de décrypter les mots clefs qui traitent ce sujet en une liste de variables et d'indicateurs tout en précisant le type de collecte et les différentes sources d'informations utilisé dans un second temps, afin de répondre aux objectifs précédemment fixés, on a commencé par une évaluation de ces indicateurs et on a suivi la démarche méthodologique décrite ci-dessous.

1.1. Matériels

1.1.1. Outils d'analyse

a. ArcGIS 10.2.2

Confronté aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, notre choix s'est porté sur le système d'information géographique ArcGIS 10.2.2 pour bénéficier d'un produit performant, évolutif et largement diffusé.

C'est des logiciels servant au visionnement et à l'analyse des données géographiques sous format «shp». Ces logiciels ont été développés par la compagnie ESRI.

ArcGIS 10.2.2 est un ensemble complet d'applications SIG professionnelles permettant de résoudre des problèmes, remplir une mission, augmenter l'efficacité, prendre de meilleures décisions, communiquer, visualiser et comprendre des informations géographiques.

ArcGIS 10.2.2 comprend une suite d'applications :

- **ArcMap** qui est la principale application d'ArcGIS pour toutes les tâches de cartographie et de mise à jour ainsi que pour les requêtes et les analyses basées sur des cartes.
- **ArcCatalog** offre une vue intégrée et unifiée de tous les fichiers de données, géodatabases, cartes, globes et services SIG. Il permet également de documenter et gérer les métadonnées.
- **ArcToolbox** et ModelBuilder sont les pierres angulaires de l'infrastructure de géotraitement ArcGIS, utilisée pour l'automatisation des tâches et l'analyse spatiale.

b. Global mapper V 15.0

On a utilisé ce logiciel pour générer les courbes de niveaux d'un fichier raster et exporter les données au format ArcGIS (shapefile).

c. Google earth Pro

Ce logiciel a été utilisé pour obtenir une vue satellitaire de notre zone d'étude.

1.1.2. Outils de prospection**a. Global Positioning System (GPS)**

Le but principal d'un G.P.S est de déterminer la position tridimensionnelle (altitude, latitude et longitude) de manière continue et instantanée. Pour notre cas, le G.P.S. a été utilisé pour faire un bilan de l'existant en positionnant les travaux antiérosifs réalisés, et pour repérer les points où existent les différents types d'érosion afin de les utiliser comme points de repère et de vérification.

b. Appareil photo numérique

On a utilisé un appareil photo pour photographier les différents types d'érosion et les aménagements qui ont été réalisés.

1.1.3. Données cartographiques

La collecte, l'analyse et la numérisation des données constitue une étape très importante pour la caractérisation de la zone d'étude ainsi pour l'élaboration des cartes thématiques (Tableau 10).

Tableau N°10 : Données utilisées et leurs sources.

| Données sources | Paramètres d'entrées des Modèles | Méthode d'obtention |
|--|--|--|
| MNT (Modèle Numérique de Terrain), format raster | Topographie (pente en degré et pourcent) | Image LANDSAT (résolution 30m) |
| Cartes topographique (1/50000) | Réseaux routiers, points culminants et le réseau hydrique. | INCT |
| Données climatiques sur 10 ans | Précipitations moyennes annuelles. | ANRH Alger ONM Alger |
| Carte d'occupation des sols De wilaya de Tebessa (1/50000) | Occupation de sol | HCDS (Haut Commissariat au Développement de de la steppe). |
| carte lithologique de wilaya de Tebessa (1/50000) | La friabilité | DGF (Direction générale des forêts). |
| Données hydrologiques | / | / |

1.2. Méthodologie

La méthodologie suivie au cours de cette étude repose sur des données satellitaires, topographiques, géologiques ainsi que sur des mesures et des observations effectuées sur le terrain, Ces données sont ensuite intégrées et analysées dans un environnement SIG en utilisant le modèle Bachaoui et al. (2007), pour la restitution et la cartographie des zones exposées à l'érosion hydrique.

La méthodologie adoptée dans ce travail se divise en deux étapes (Figure20) : Une première étape qui aborde l'érosion hydrique dont l'étude s'intéresse plutôt à l'aspect qualitatif du phénomène dans la zone d'intérêt. Et la deuxième étape consiste à élaborer une carte d'aménagement

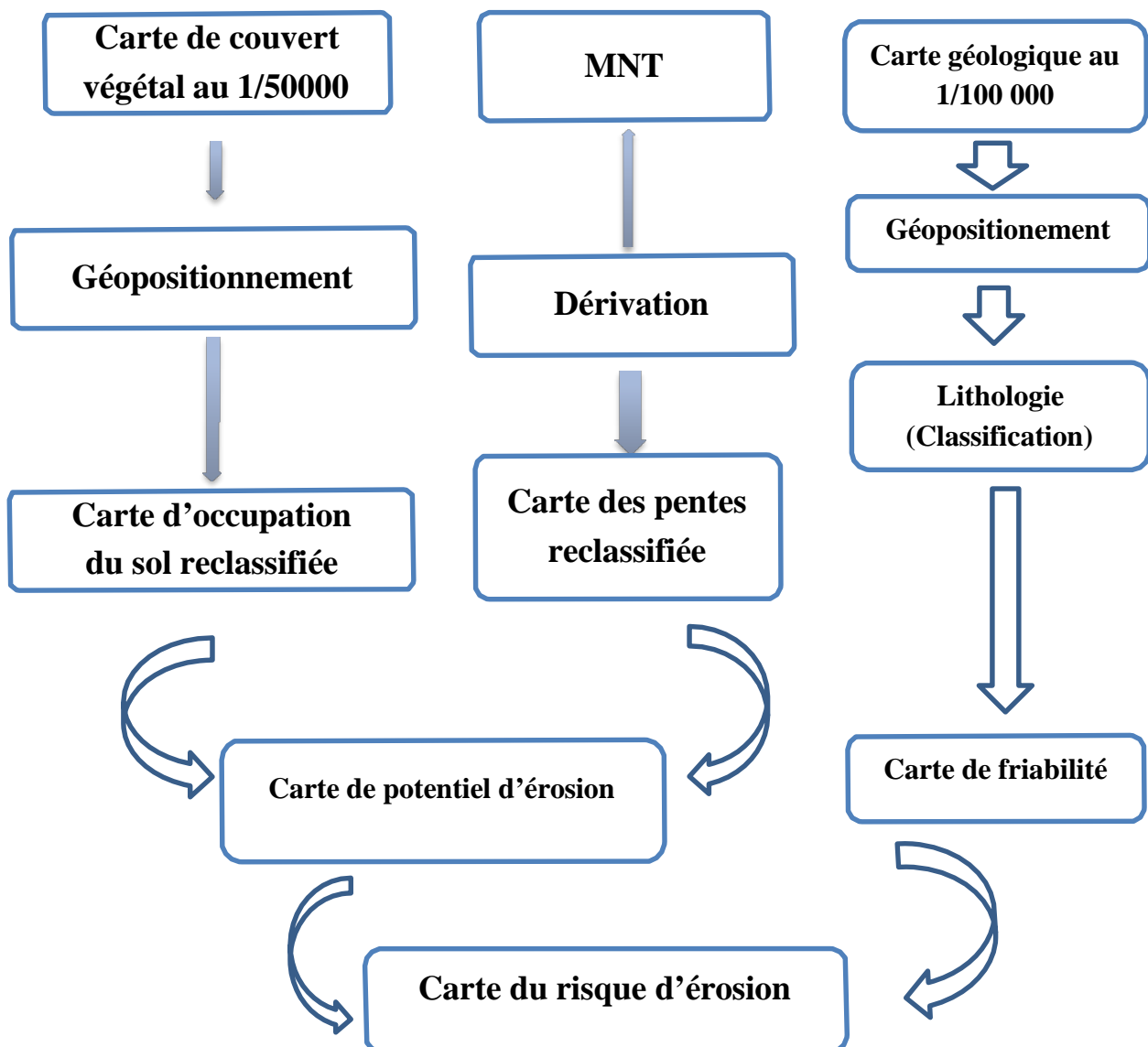


Figure 20 : Organigramme de la méthodologie suivie pour la carte de risque d'érosion.

1.2.1. Le facteur pente

Pour évaluer la sensibilité à l'érosion selon la pente, Bachaoui et al., (2007) ont établi quatre classes de pentes : 0-5°, 5-15°, 15-35° et 35-90° tous en attribuant à chaque classe un indice exprimant le degré de sensibilité adéquat (Tableau N°11).

La pente a été dérivée à partir du modèle numérique d'altitude (MNT résolution de 30 mètres).

Tableau N°11 Sensibilité à l'érosion selon la pente.

| Classe de pente (°) | Sensibilité | Indice attribué |
|---------------------|-------------|-----------------|
| 0 - 5° | Faible | 1 |
| 5 – 15° | Moyenne | 2 |
| 15 – 35° | Elevée | 3 |
| 35 – 90° | Très élevée | 4 |

1.2.2. Paramètre de l'occupation de sol

Bachaoui et al. (2007) propose quatre classes d'occupation de sol : végétation très dense, végétation éparse ou de densité moyenne, terrains cultivés, terrain nus. Chaque classe est assignée à une valeur entre 1 et 4, 1 étant affecté à la classe la moins vulnérable et 4 à la classe la plus vulnérable (Tableau N°12).

Tableau N°12 : Sensibilité à l'érosion selon l'occupation de sol.

| Couvert végétal | Occupation de sol | Indice attribué |
|--|---|-----------------|
| Forêt | Végétation très dense | 1 |
| Maquis clair et garrigue | Végétation éparse ou de densité moyenne | 2 |
| Agriculture, arboriculture et parcours | Terrains cultivés | 3 |
| Zone urbaine et terre nue | Terrain nus | 4 |

1.2.3. Paramètre de la lithologie

A partir de la carte lithologique de la wilaya de Tebessa on a dérivé selon les limites de notre zone la carte lithologique de bassin versant, puis on a circonscrit les différents types de faciès. Selon la friabilité des matériaux, le modèle Bachaoui et al. (2007). On peut ainsi distinguer quatre classes de matériaux : résistants, moyennement résistants, vulnérables et très vulnérables. À chaque classe est assigné un indice variant entre 1 et 4, 1 étant affecté aux matériaux moins exposés à l'érosion et 4 aux matériaux les plus exposés à l'érosion. (Tableau N°13).

Tableau N°13 : Sensibilité à l'érosion selon la lithologie.

| Matériau | Friabilité | Indice attribué |
|---|----------------------------------|-----------------|
| Grés | Matériaux résistants | 1 |
| Brèches et conglomérats, roches sédimentaires indifférenciées | Matériaux moyennement résistants | 2 |
| Dépôts meubles, shales | Matériaux vulnérables | 3 |
| Formations marno-calcaires, marne | Matériaux très vulnérables | 4 |

1.2.4. Croisement des cartes thématiques

a. Carte de potentiel d'érosion

L'élaboration de cette carte s'est faite en superposant la carte de pente reclassifiée en quatre classes avec la carte d'occupation de sol d'où ressortent également quatre classes tout en se basant sur le tableau décisionnel N°14.

Tableau N°14 : Règle de décision de potentiel d'érosion.

| | | Classes de pente | | | |
|-------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Occupation de sol | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Carte de potentiel d'érosion | | | |

b. Carte de risque d'érosion

La carte de risque d'érosion obtient en superposant la carte de potentiel d'érosion qui comprend quatre classes avec celle de la friabilité suivant la logique présentée dans le tableau décisionnel Tableau N°15, La carte finale de cette approche interprète quatre classes de sensibilité à l'érosion.

Tableau N°15 : Règle de décision de risque d'érosion.

| | | Classe de friabilité | | | |
|---------------------|---|---------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Potentiel d'érosion | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Carte de risque d'érosion | | | |

1.2.5 Elaboration de la carte d'aménagement

Nous avons digitalisé A partir de la carte de risque d'érosion qu'on a obtenu grâce au logiciel ArcGIS 10.2.2 trois classes, pour chaque classe nous avons attribués un indice de priorisation selon le degré de sensibilité et tenant compte de certains critères de sélection (Figure 21). Puisque à l'intérieurs de chaque classe le degré de sensibilité à l'érosion n'est pas la même.

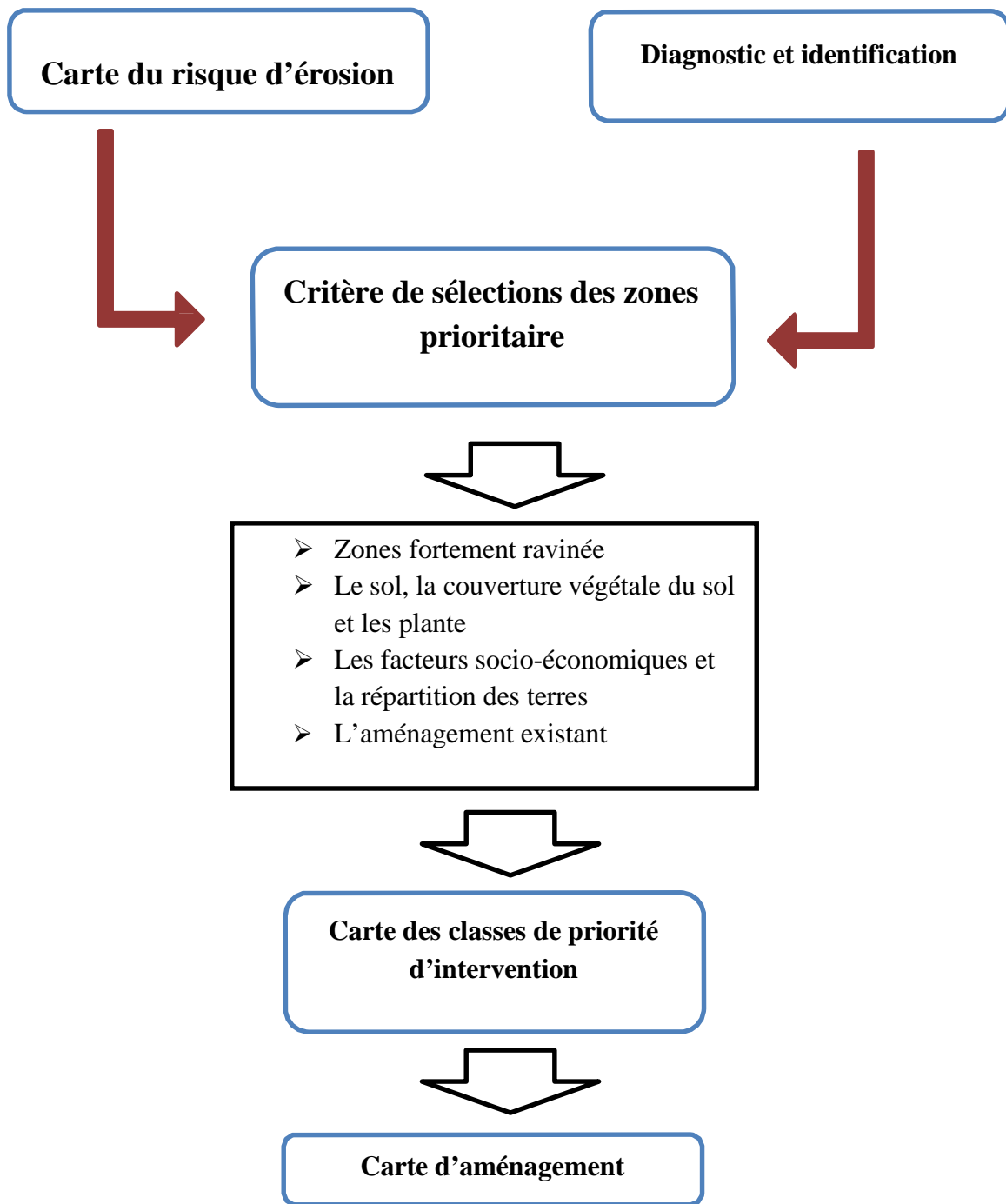


Figure 21: Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement.

Conclusion

La démarche méthodologique suivie est objectif de la mise en place d'une base de données géographique sous SIG en faveur de notre travail. Elle nous a permis aussi de constater que les modèles qualitatifs sont simples et faciles à appliquer et peuvent être exigeants en matière de données sources.

Chapitre IV
Résultats et
discussion

1. Résultats et discussion

Comme le suggèrent ces définitions, les processus érosifs dépendent d'une multiplicité de facteurs interagissant entre eux, et sont de ce fait complexes à modéliser.

Les facteurs de l'érosion devant être pris en compte pour étudier les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus et regroupent le sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat (Wischmeier et Smith, 1978 ; King et Le Bissonnais, 1992). Par contre selon Roose et *al.* (1993), la pente n'a pas aussi une grande importance sur les sols de la région méditerranéenne, c'est la lithologie et le type du sol qui jouerait un rôle déterminant dans le phénomène d'érosion.

1.1. Evaluation qualitative de l'érosion hydrique

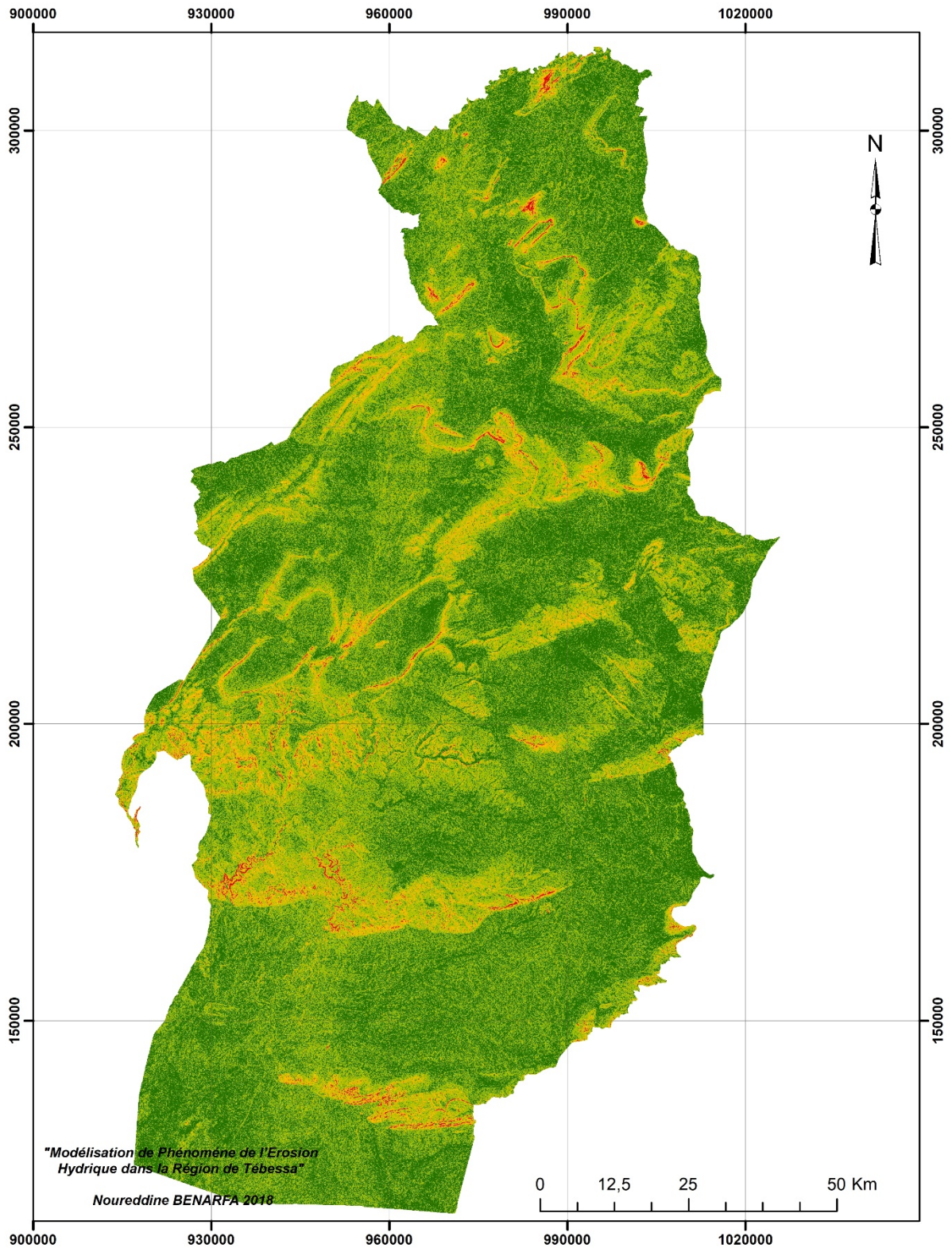
L'approche utilisée pour l'évaluation qualitative de l'érosion sur l'ensemble de notre secteur d'étude basée sur l'application d'une approche qui s'appuie sur la pondération de chaque facteur avant d'effectuer leur superposition tout en tenant compte du modèle Bachaoui et *al.*, (2007).

1.1.1. Carte de sensibilité selon la pente

D'après le tableau N°16 et la figure (22) ci-dessus, on constate que 92.04% de la surface totale de la wilaya ont une sensibilité faible à moyenne à soit une superficie de 12 199.52 km². La classe moyenne occupe 44.9% soit une superficie de 5 951.56 km², les classes élevée et très élevée occupe que 07.96% soit une superficie de 1054.53 km² correspond aux montagnes du Sud, Centre-Ouest, et du Nord

Tableau N°16: Sensibilité à l'érosion selon la pente et surface occupée.

| Degré de pente | Indice attribué | Sensibilité | Surface occupée | |
|----------------|-----------------|-------------|-----------------|-------|
| | | | Km ² | % |
| 0 à 5 | 1 | Faible | 6247.96 | 47.14 |
| 5 à 15 | 2 | Moyen | 5951.56 | 44.9 |
| 15 à 35 | 3 | Elevée | 1020.86 | 07.7 |
| > 35 | 4 | Très élevée | 33.67 | 00.26 |



Legend:
Pente(°)

0 à 5 (Faible)
 5 à 15 (Moyen)
 15 à 35 (Elevée)
 > 35 (Très élevée)

Figure 22 : Carte de sensibilité selon la pente

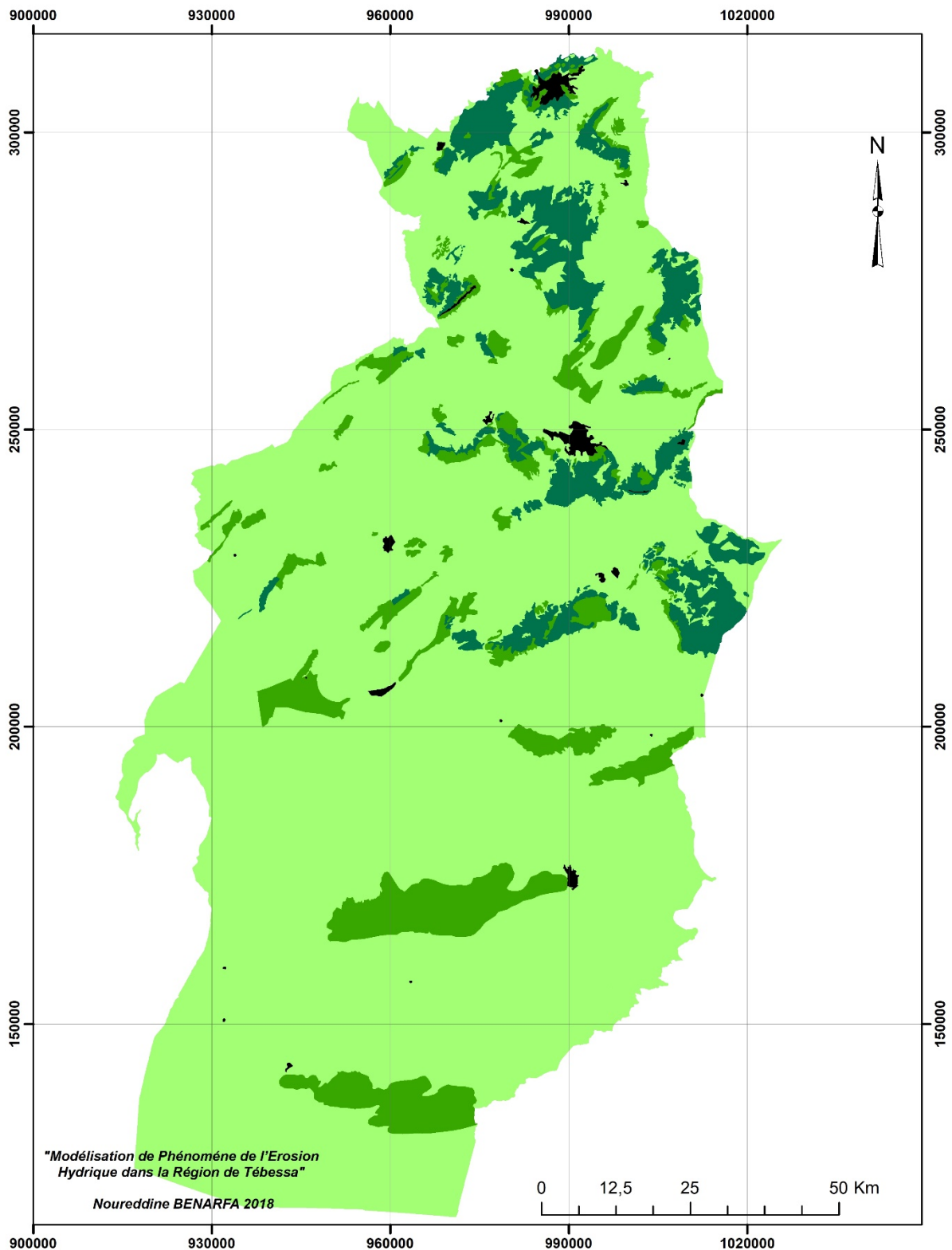
1.1.2. Carte de sensibilité selon l'occupation de sol

Le model Bachaoui et al., (2007), distingue pour nos bassins versant quatre classes de sensibilité à l'érosion selon l'occupation de sol (Figure 23) : faible (7.18%), moyenne (8.66%), élevée (83,58 %) et très élevée (0,58 %).

D'après ce modèle. Les deux premières classes (faible et moyen) se répartissent aux montagnes du Nord , Centre-Est et Sud de la wilaya (Figure 23), alors que la troisième classe sensibilité élevée Elle occupe la grande partie avec 83,58 % de la surface totale de la wilaya, la quatrième classe ne constitue que 0,58 % de la surface totale de la wilaya qui Correspond aux villes (les zones urbaine) et aux Nord de la wilaya (la mine d'el-Ouenza) (Tableau N°17).

Tableau N°17: Sensibilité à l'érosion selon l'occupation et indice attribués.

| Occupation | Indice attribué | Sensibilité | Surface occupée | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|-------|
| | | | Km ² | % |
| Forêt | 1 | Faible | 951.33 | 07.18 |
| Maquis clair et garrigue | 2 | Moyen | 1148.1 | 08.66 |
| Agriculture, arboriculture et parcours | 3 | Elevée | 11078.22 | 83.58 |
| Zone urbaine et terre nue | 4 | Très élevée | 77.14 | 00.58 |



Legend:

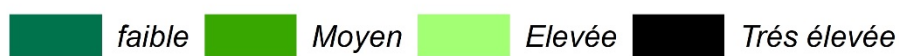


Figure 23 : Carte de sensibilité selon l'occupation de Sol

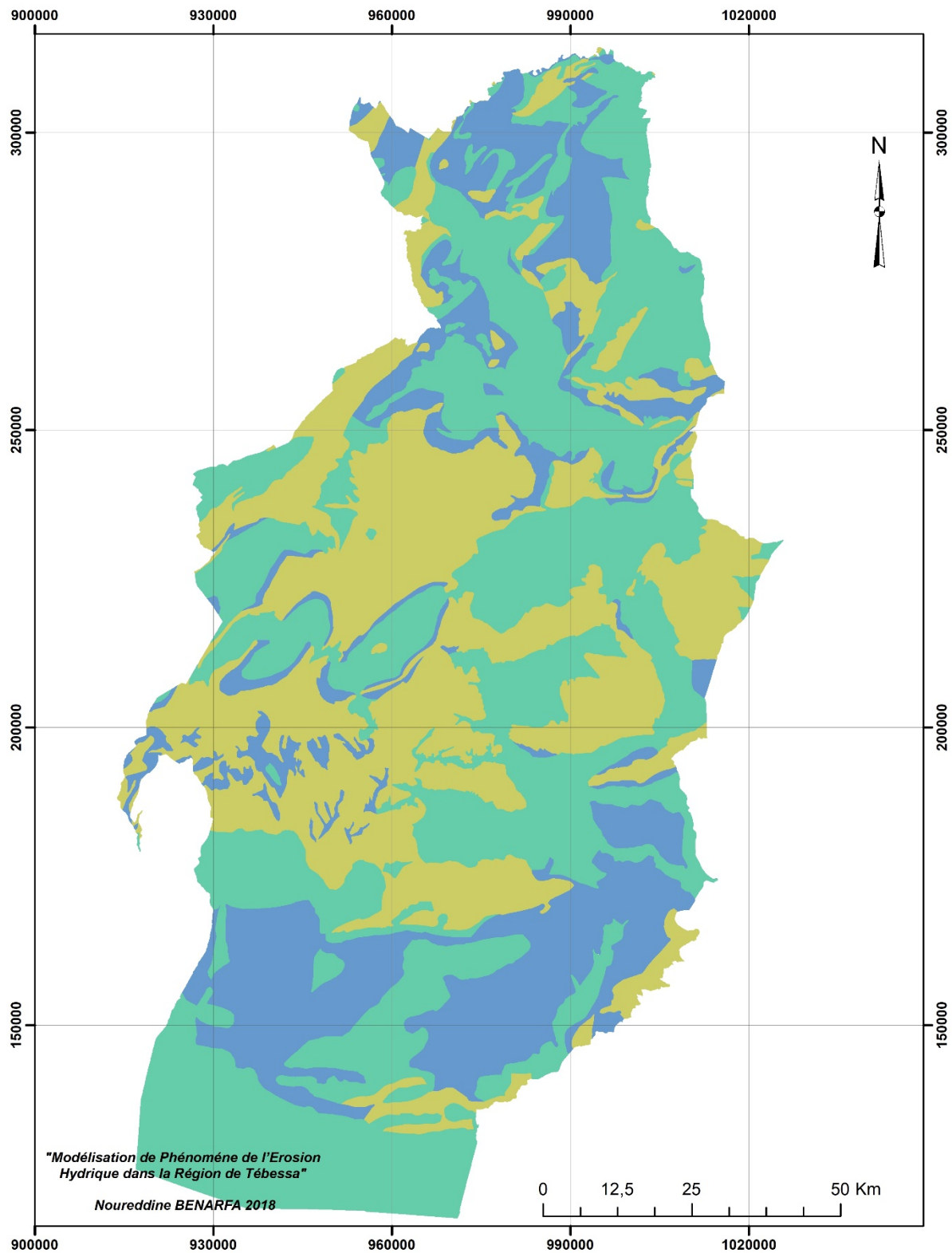
1.1.3. Carte de friabilité

Trois classes friabilité des matériaux parentaux sont représentées sur la zone d'étude (Tableau N°18), chacune d'elle est classée selon un indice d'érodabilité s'appuyant sur les valeurs de référence établie par Bachaoui et al., (2007).

Selon la figure 24 et en se référant aux résultats du tableau N°18 ci-dessous, les zones à friabilité moyenne occupe 6 103.2 km² soit 46.05% de la superficie totale de la wilaya dispatché sur la totalité de la wialya. La classe à sensibilité élevée sont fortement représentées avec une superficie de 4 128.17 km² soit 31.15 % de la superficie totale, elle se localise dans la partie centre. La classe de friabilité très élevée occupe le reste de la wilaya avec une superficie de 3 023 km²correspondants à 22.81 % de la superficie totale du territoire, elle se localise dans les montagnes, le Nord, et le Sud de la zone d'étude au niveau des piedmonts

Tableau N°18: Friabilité des matériaux parentaux et surface occupée.

| Nature de la roche | Indice attribué | Friabilité | Surface occupée | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|-------|
| | | | Km ² | % |
| conglomérats Calcaire friable & alluvion et sables | 2 | Moyen | 6103.2 | 46.05 |
| Calcaire et dolomite dure | 3 | Elevée | 4128.17 | 31.15 |
| Formations marno-calcaires, marne | 4 | Très élevée | 3023 | 22.81 |



Legend:

Moyen *Elevée* *Très élevée*

Figure 24 : Carte de Friabilité

1.1.4. Carte de potentiel d'érosion

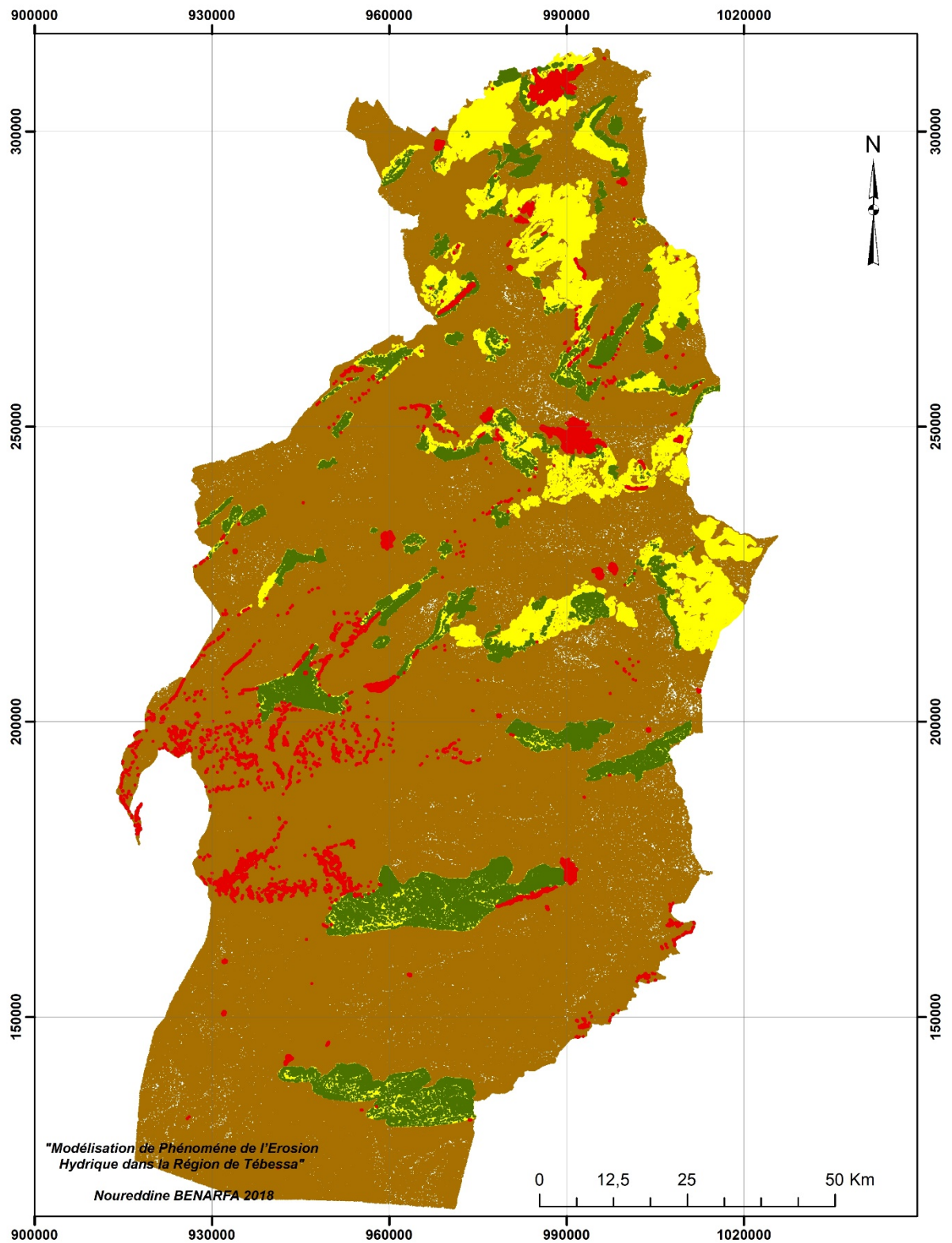
La carte de potentiel d'érosion est obtenue par le croisement de la carte d'occupation du sol et la carte des pentes. Le résultat du croisement met en évidence quatre classes de sensibilité des sols (figure 25) : faible (2.52%), moyen (12.92 %), élevé (83.71 %) et très élevé (0.82%).

D'après la figure (25) et le tableau ci-dessous, la zone à potentiel érosif moyenne est représenté avec superficie allant jusqu'à 1 716.50 km² Soit 12.92 % avec une pente général faible à moyenne accompagné d'activité agricole très importante.

La Classe à potentiel érosif élevée occupe la grande partie avec une superficie estimée à 11 095.60 km² correspond à 83.71 % de la superficie totale de la wilaya. Concernant la première classe se localise aux foret et ou il ya une activité agricole et ne présentent que 2.52 % de la surface totale. La quatrième classe se présente sous forme de taches sur les sommets des montagnes Ouest et au Nord de la zone d'étude et ne représente que 0.82 % de la surface totale de la wilaya.

Tableau N°19: Potentiel d'érosion

| Indice attribué | Friabilité | Surface occupée | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------|
| | | Km ² | % |
| 1 | Faible | 334.02 | 02.52 |
| 2 | Moyen | 1716.50 | 12.92 |
| 3 | Elevée | 11095.60 | 83.71 |
| 4 | Très élevée | 108.69 | 00.82 |



Legend:

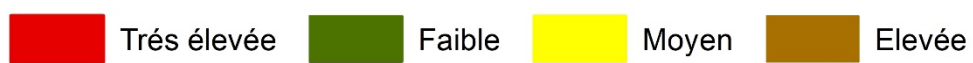


Figure 25 : Carte de Potentiel d'Erosion

1.1.5. Carte de risque d'érosion

D'après la règle de décision pour le risque d'érosion acquises à partir du model Bachaoui et al. (2007) et en réalisant les démarches précédemment décrites, nous avons réalisé la carte du risque d'érosion, avec quatre classes de sensibilité qui sont les suivantes : Faible (3.95 %), Moyenne (41.1 %), Elevée (54.23 %), Très élevée (0.72 %). Ces résultats montrent aussi que la vulnérabilité à l'érosion dans la région d'étude est essentiellement contrôlée par la nature de la roche.

L'analyse de La carte du risque d'érosion (figure 26) permet d'illustrer les Quatre états érosifs Les zones qui présentent un risque d'érosion élevée à très élevé occupe plus de la moitié de la zone d'étude avec une superficie de 7 283.51 km²

Ces risques résultent de la prédominance des formations meubles, des pentes fortes et couvert végétal est de type steppique,

Les zones qui présentent un risque d'érosion faible à moyenne sont caractérisées par des pentes comprises entre 1 et 10 %, une érodabilité moyenne, et avec des pratiques culturales à l'origine du couvert végétal varié.

Tableau N°20: Risque d'érosion

| Indice attribué | Friabilité | Surface occupée | |
|-----------------|-------------|-----------------|-------|
| | | Km ² | % |
| 1 | Faible | 523.57 | 03.95 |
| 2 | Moyen | 5447.73 | 41.1 |
| 3 | Elevée | 7188.08 | 54.23 |
| 4 | Très élevée | 95.43 | 0.72 |

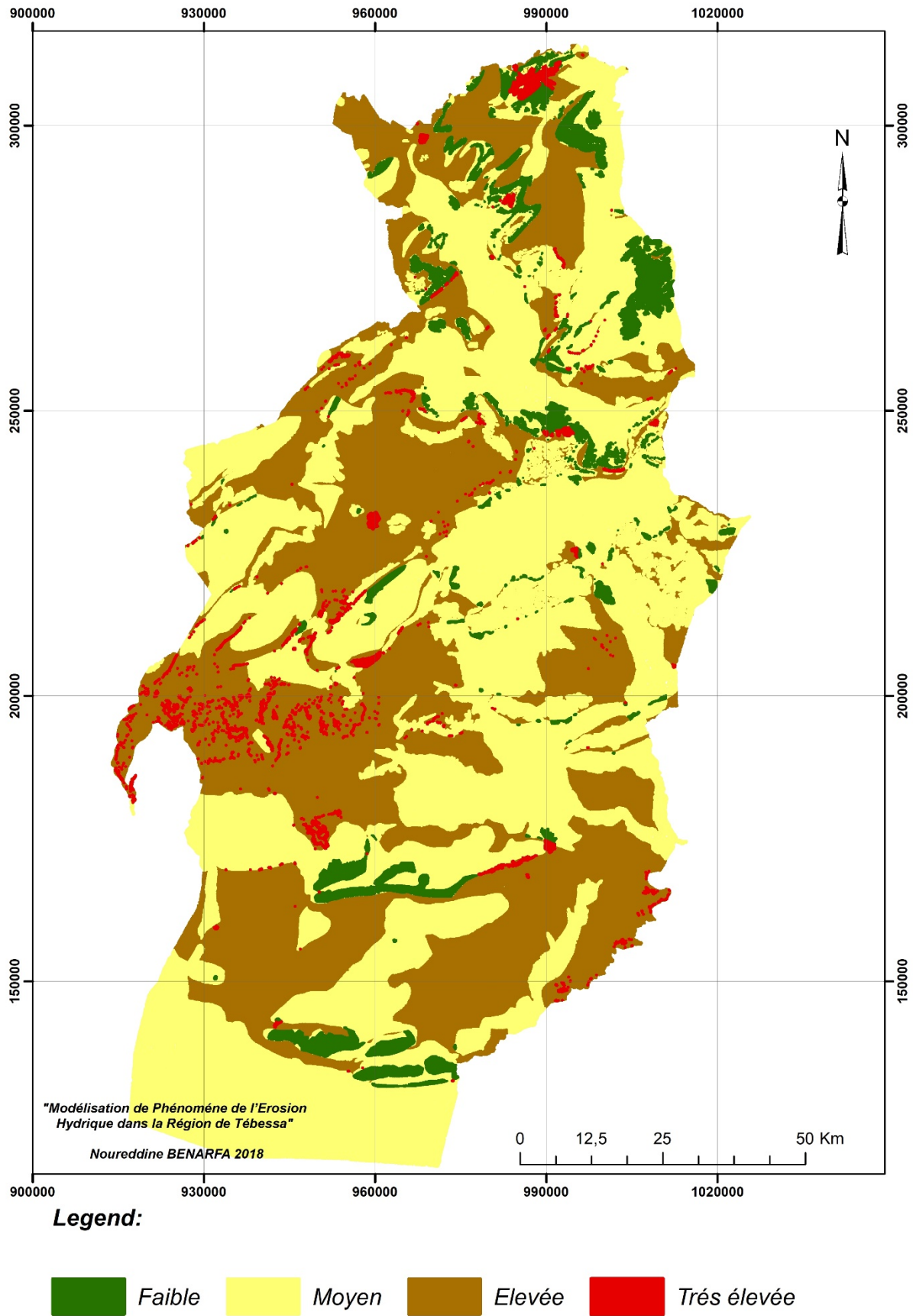


Figure 26 : Carte de Risque d'Erosion

2.2. Discussion

La méthode du travail suivie a pour vocation principale de présenter sous forme cartographique l'érosion hydrique au niveau d'une région par une étude qualitative. En évaluant les trois paramètres essentiels qui conditionnent l'érosion, la végétation, la friabilité de la roche, et les classes de pente par le biais d'un SIG.

La présente étude qui concerne la cartographie des zones à risque d'érosion sur la wilaya de Tébessa, est basée sur l'identification des classes de sensibilité à l'érosion en utilisant les données cartographiques et suivant les règles de décisions acquises à partir du modèle Bachaoui et al. (2007), la détermination des zones à risque a été réalisée par la combinaison spatiale des différentes couches d'information en utilisant le logiciel du SIG.

La combinaison de facteur d'érosion (l'occupation du sol et la pente) a permis d'identifier les différentes classes de potentiel d'érosion, on obtient alors quatre classes de sensibilité réparties de la façon suivante : faible (2.52%), moyen (12.92 %), élevé (83.71 %) et très élevé (0.82%).

La zone à potentiel érosif faible à moyen se caractérise par des pentes faibles accompagnées d'un couvert végétal généralement de sensibilité élevée. Ces terres représentent plus de 15.44% de la surface totale de la wilaya et se localisent dans les hautes plaines, Cette tranche représente environ 1/6 de la surface totale de la wilaya.

Alors que les zones à potentiel élevée à très élevée se caractérisent par des pentes correspondant aux classes moyenne, élevée et très élevée, et par la prédominance de couvert végétal de type steppique généralement à une sensibilité élevée à l'érosion.

De la même façon nous avons appliqué la superposition de la carte de potentiel d'érosion avec la carte de friabilité, sous Arcview selon la règle de décision présentée dans le Tableau N°15, Cette opération a permis d'identifier quatre classes de risque à l'érosion qui sont : Faible (3.95 %), Moyenne (41.1 %), Elevée (54.23 %), Très élevée (0.72 %).

On constate que les zones les moins affectées par l'érosion correspondent aux deux premières classes qui sont réparties sur les matériaux moyennement vulnérables et sur une pente généralement faible. Tandis que celles présentant un risque élevée à très élevée sont les zones à relief accentué dont les sols sont fragilisés par un faible couvert végétal, ce rend le sol

plus exposée à l'agressivité des pluies qui sont souvent orageuses, réduit sa cohésion, et par conséquent les forces d'arrachement des particules des sols sont relativement puissantes, surtout avec la structure lithologique tendre et peu perméables et très peu résistantes à l'érosion hydrique (marnes, marno-calcaire). Cela explique l'ampleur du ruissellement qui entaille les sols et montre l'importance des matériaux transportés conduisant à la naissance des ravins hiérarchisés et généralisés. Cette situation est encore aggravée par le relief.

Les zones détectées à risque d'érosion élevée à très élevée sont traversées par plusieurs entailles fluviales. Celles-ci se connectent aux principaux cours d'eau. La charge solide ainsi transportée est véhiculée depuis les montagne jusqu'au les plaines, ce qui provoque des inondations et des déversements des charges solides dans le périmètre des barrages, et de zones d'épandage de crue lors de fortes pluies.

En effet le risque devient élevée sur les matériaux très érodable associés à des pentes faibles, ce qui est confirmé par une analyse de la FAO (1994), le phénomène d'érosion est aussi visible sur des pentes douces.

D'après Demmak (1982), il y a une relation étroite entre le type d'érosion, les transports de sédiments et la lithologie. Là où les roches sont résistantes, on trouve les pentes les plus fortes et des couverts végétaux denses et des transports de sédiments faibles ; mais sur les roches argileuses tendres et les marnes on peut trouver des pentes relativement modérées, des activités humaines intenses, une végétation peu dense et des transports abondants de sédiments (Heusch, 1970).

Conclusion

Conclusion

Le travail que nous avons présenté réside en une étude d'une approche qualitative pour la cartographie du risque de l'érosion hydrique pour la wilaya de Tébessa.

L'objet de cette étude a donc été la mise en place d'une méthodologie permettant la spatialisation et la qualification de l'érosion hydrique des sols dans la wilaya de Tébessa. Cette méthodologie est basée sur le modèle (Bachaoui et al., 2007) qui a été appliqué dans le Haut Atlas marocain. On a opté pour ce modèle pour les similitudes dans les processus d'érosion existant entre les deux contextes algérien et marocain. Ce modèle adopté pour évaluer l'érosion des sols fait intervenir divers facteurs sont l'érodibilité des sols, l'inclinaison de la pente et la couverture végétale. La cartographie de chaque facteur a été mise en œuvre en intégrant une pondération permettant de hiérarchiser la contribution de chacun d'entre eux au phénomène d'érosion. Ces paramètres, intégrés dans un SIG, sous forme de couche d'information thématique, sont ensuite multipliés pixel par pixel à une résolution de 30 mètres.

Afin de pouvoir rassembler et cartographier les différents facteurs intervenant dans le processus érosif en utilisant le SIG, le résultat obtenu est sous forme d'une carte de risque à l'érosion de la wilaya. Cette dernière fait ressortir que les zones à risque d'érosion élevé à très élevée occupent plus de 54 % du secteur étudié (plus de moitié de la zone d'étude) alors que 41.1 % sont moyennement affectés par l'érosion hydrique, et juste 3.95 % des terres présentent des faibles risques. Cela montre bien la fragilité de la lithologie de la région où domine la structure marneuse soit plus de 54 % des terres ont une sensibilité élevée à très élevée à l'érosion selon la nature des roches. Ceci est accentué par des pratiques culturelles et un climat agressif avec des précipitations importantes et de violents épisodes pluvieux.

Au cours de cette étude, les résultats de la modélisation qualitative des processus érosifs étaient satisfaisants, et ils ont montré d'une part que les deux bassins versants de l'oued Melegue et de Chott Melghigh sont fortement vulnérables à l'érosion, et ils viennent confirmer d'autre part l'intérêt de l'utilisation de la technologie de la télédétection et des SIG dans l'évaluation de certains phénomènes naturels tels que l'érosion. Ainsi la cartographie du risque d'érosion hydrique constitue un moyen efficace et rapide d'évaluation et de lutte contre la dégradation des sols.

Nous pouvons conclure que l'intensité de l'érosion, dans les bassins versant est très importante, le phénomène érosif dans cette zone, constitue l'accusé principal de la dégradation du patrimoine sol.

L'ensemble des informations collectées ou générées au cours de notre travail ont pour but de mobilisation et gestion des ressources en eau dans cette région très sensible aux aléas du climat et, d'autre part, pour offrir des réponses adéquates aux aménageurs suivant la taille des objets étudiés. Pour l'érosion hydrique, cela est nécessaire afin d'identifier des zones à risque majeur d'érosion et de perte de fertilité, et pour définir d'éventuelles stratégies d'adaptation et les scénarios d'aménagements.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **Achite M., Touaibia B. et Ouillon S., 2006** - Erosion hydrique en Algérie du Nord : Ampleur, Conséquences et Perspectives. 14th International Soil Conservation Organisation Conference Water Management and soil conservation in Semi-Arid environments. Marrakech, Morocco, May 14-19.
2. **Alce E., 1999** - Diagnostic des Micro bassins versants drainés par les retenues collinaires dans le Plateau Central (Etude des cas : Mau et Palmiste). Mémoire de fin d'étude agronomique, FAMV, Damien, Haïti, 71 p.
3. **Ammari A., 2012**- Vulnérabilité A L'envasement Des Barrages (Cas Du Bassin
4. **Anctil, F., Rousselle, J., et Lauzon, N., 2012**- Hydrologie - cheminements de l'eau, 2^e éd., Presses inter Polytechnique, Montréal, 418 P.
5. **AOUACHRIA M., 2008** - Analyses morphodynamique et hydropluviométrique De la Vallée de Oued El Arab et leurs Impacts Sur la pérennité Du Barrage de Babar. Thèse .Mag. Univ Batna. Batna. 105 P.
6. **Arnau-Rosalén E., Calvo-Cases A., Boix Fayos C., Lavee H., Sarah P., 2008** - Analysis of soil surface component patterns affecting runoff generation. An example of methods applied to Mediterranean hillslopes in Alicante (Spain). *Geomorphology*, 101:595–606.
7. **Arnold J. B., Wall G., Moore N., Baldwin C. S., She Lton I. J., 1989** - L'érosion du sol – Causes et effets. Direction de la gestion du sol et de l'eau/MAAARO et Institut ontarien de pédologie. 89-064.
8. **Augeard B., 2006** - Mécanismes de genèse du ruissellement sur sol agricole drainé sensible à la battance. Etudes expérimentales et modélisation. Thèse Doctorat d'état Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts Spécialité: Sciences de l'eau. ENGREF. 236 p
9. **Bachaoui B., Bachaoui E.M., El Harti A., Bannari A. et El Ghmari A., 2007** – Cartographie des zones à risque d'érosion hydrique : exemple du Haut Atlas Marocain. *Téledétection* 7 (1-2-3-4) : 394-404.
10. **Bagnouls F., Gaussen H., 1953** - Saison Sèche Et Indice Xéothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* (88), Pp 3-4 -193-239.
11. **Batti A., Depraetere C., 2007**- Overview of methods for modeling erosion in island settings. *Integrated Coastal Management - GERSA Project Spatial*
12. **Benaicha A C., 2011** - Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages. Thèse .Mag. Univ. Batna. 116p. annexes.
13. **Bertran P., Texier J. P., 1999** - Facies and microfacies of slope deposits. *Catena*, 35: 99- 102.

14. **Beven K., 1995** - Linking parameters across scales: subgrid parametrizations and scale dependent hydrological models. *Hydrological Process* , 9 : 507-527.
15. **Blöschl G., Sivapalan M., 1995** -Scale issues in hydrological modelling. A Review. *Hydrological Process* , 9: 251-290.
16. **Bou Kheir, R., Girard, M.-C., Khawlie, M. et Abdallah, C., 2001** - Érosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. *Étude et gestion des sols*, vol. 8, n° 4, p. 231-245
17. **Bouanani A., 2006** - Hydrologie, Transport Solide Et Modélisation Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse Doctorat d'état Univ A.belkaid Tlemcen.
18. **Cerdan O., Le Bissonnais Y., Govers, G., Lecomte, V., Oost, K., Couturier, A., King, C., Dubreuil, N., 2004** -Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy, *Journal Of Hydrology* , 299: 4-14.
19. **Chebbani R., Djilli K., Roose E., 1999**- Étude des risques d'érosion dans le bassin versant de l'Isser. Algérie. *Bulletin Réseau Erosion*, 19 :85-95.
20. **Cosandey C., Robinson M., 2000** - Hydrologie continentale, Armand Collin, Paris, 360p.
21. **Dahane B., 2006** – Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Mém. Mém. Magister. Univ. Tlemcen, 130 pages.
22. **Delhoume J-P., 1981** -Etude en milieu méditerranéen semi aride : ruissellement et érosion en zone montagneuse de Tunisie central (Djebel Semmama).Campagne 1975 à 1979.Tunis. ORSTOM, 187 p.
23. **Démangeot J., 2000**- Les milieux naturels du globe. 300 P.
24. **Demmak A., 1982** - Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse doctorat. Univ, Paris, 323p.
25. **Djebaili S., 1978** - Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation de la haute plaine steppiques et de l'Atlas saharien Algérien .Thèse.Doct. Univ. Sci. Techn. Montpellier, 229p
26. **Dumas P., (2004)** - Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et SIG pour une gestion intégrée, Application en Nouvelle- Calédonie. Thèse Doct, Orléans, 402p.
27. **Dunne T., 1970** - Runoff production in humid areas. U.S. Department of Agriculture Publication ARS, 41-160. 108 pp.
28. **Esteves M., Lapetite J. M., 2003** -A multiscale approach of runoff generation in a Sahelian gully catchment: a case study in Niger. *Catena* , 50, 255-271.
29. **FAO., 1994** -Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (CGES). *Bulletin Pédologique de la FAO n°70*, 420p ;

30. **Fernandez B. E., 1997** - Stratégies pour le renforcement de l'aménagement des bassins versants en zones tropicale. Xle congrès Forestier Mondial. Antalya Turquie.
31. **Garcia Ruiz J., Lasanta T., Ruiz Flano P., Ortiza L., White S., Gonzalez C., Marti C., 1996** - Land use changes and sustainable development in mountain areas : a case study in the Spanish Pyrenees. *Landscapes ecology* 11(5), 267p.
32. **Heush B., 1971**-Estimation et contrôle de l'érosion hydrique. *C.R.Soc.Sc.Nat et Phy du Maroc* T 37, pp 43-48.
33. **Hilborn, D., 1996** -« Fiche technique: Lutte contre l'érosion en ravin », Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario, Division Agriculture et Affaires Rurales, Guelph, 10 p
34. **Horton R.E., 1933**- The role of infiltration in the hydrological cycle. *Trans. American Geophys. Union*, 14: 446-460.
35. **Hug M., 1975**-Mécanique de fluide appliqué. Edts Dunod, Paris, France, 1195p.
36. **Joseph F.R., 2003** - Diagnostic de la dégradation du bassin versant de la rivière de Fonds-Verrettes en vue de son aménagement. Mémoire de fin d'études agronomiques, UEH/FAMV, Damien, Haïti, 49p.
37. **Kao C., 1994**- Le ruissellement en parcelle agricole en situation hivernale. Mécanisme de genèse et modelisation. Mémoire de DEA de l'Université de Paris VI, 54p.
38. **Klemes V., (1983)** Conceptualisation and scale in hydrology. *Journal of Hydrology* , 190 (3-4), 363 – 396.
39. **Kolla E., 1987**- Estimating flood peaks from small rural catchments. *Journal of hydrology*, 95, 203-225.
40. **Laborde, J.P. 2000**- Eléments d'hydrologie de surface. Univ. Nice-Sophia Antipolis 192.
41. **Lee, S., 2004**- Soil erosion assessment and its verification using the universal soil loss equation and geographic information systems: a case study at Boun Korea. *Environmental Geology*, vol. 45, p. 457-465.
42. **Mazour M., 2004** - Etude des facteurs de risque du ruissellement et de l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de L'isser : Tlemcen, Algérie. Thèse Doct. Univ. De Tlemcen.
43. **Mingguo, Z., Qiangguo, C., Hao, C., 2007**- Effect of vegetation on runoffsediment yield relationship at different spatial scale in hilly areas of the Loess Plateau, North China. *Acta Ecologica Sinica*, 27, 9, 3572-3581.
44. **Monnier G., Boiffin J. et Papy F., 1986** - Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : Cas des systèmes de grandeculture de l'Europe de l'Ouest, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* 22 (2): 123-131

45. **Musy A., 2005**-Cours D'hydrologie Générale, Laboratoire d'hydrologie et aménagements (Hydram), Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne (Suisse).
46. **Oygarden, L., 2003**- Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway , Catena, 50 : 217-242.
47. **Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., et Valentin, C., 2003**- «Gully erosion and environmental change: importance and research needs », Catena, 50 : 91-133.
48. **Remini B., Hallouche W., Achour B., 2009**-L'Algérie : Plus d'un siècle de désenvasement des barrages. L'état des ressources en eau du Maghreb en 2009. UNESCO. p : 123-142.
49. **Remini W., Remini B., 2003**- La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du nord. Éditeur: Larhys Journal, Algérie. pp. 45-54.
50. **Roche M., 1963**- Hydrologie de surface. Ed. Gauthier Villars Et Orstom, Paris.429p.
51. **Roose E., Arabi M., Chebbani R., Mazour M., Morsli B., 1993** -Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne Algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification sur la production agricole par la GCES : synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. Cahier.
52. **Roose E., 1991**- Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano- sahélienne. In «La jachère en Afrique de l'Ouest » C. Floret et G. Serpantié, édit. scient. , Edition ORSTOM, séries colloques, Montpellier, 494 p.
53. **Roose E., 1994**- Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique de la FAO 70. Première.
54. **Roose E., Chebbani R. et Bourougaa L., 2000** – Ravinement en Algérie : typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Sécheresse 11 (4) : 317 – 326.
55. **Segal S., 1996**- Expérimentation de techniques culturales en vue de maîtriser les transferts de surface dans le contexte armoricain. Mémoire de fin d'études. ENSAR. 54p.
56. **Seltzer P., 1946** - Le climat de L'Algérie. Travaux de l'institut de météorologie et de physique de sol université d'Alger, 219p.
57. **Sheng, T.C.,1993**- « Guide pratique d'aménagement des bassins versants. Etude et planification » Rome, Italie, FAO, 185p.
58. **Shrimalil, S.S., Aggarwal, S.P. and Samra, J.S., 2001**- Prioritizing erosion-prone areas in hills using remote sensing and GIS - a case study of the Sukhna Lake catchment (Northern India). International Journal of Applied Earth Observation

- 59. Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, S.W., Gupta, V.K., Karambiri, H., Lakshmi, V., Liang, X., McDonnell, J.J., Mendiondo, E.M., O'Connell, P.E., Oki, T., Pomeroy, J.W., Schertzer, D., Uhlenbrook, S., Zehe, E., 2003-**
IAHS decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003-2012: shaping an exciting future for the hydrological sciences. *Hydrological Sciences Journal*, 48, 857-880.
- 60. Soltner D., 1987** - Les Bases de la protection végétale. Tome 2.4 2^e Edition.
- 61. Soutter, M., A. MERMOUD et A. MUSY., 2007** - Ingénierie des eaux et du sol Processus et aménagements, Presse polytechniques et universitaires romandes, 316 p.
- 62. Stone, R.P., 2000-** « Équation universelle des pertes en sol (USLE) », Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario, Division Agriculture et Affaires Rurales, Guelph, 9 p.
- 63. Thornes J-B., 1995-** Mediterranean desertification and the vegetation cover. In Fantechi R., Peter D., Balabanis P., Rubio J-L, editors. Desertification in European context: physical and socio economic aspect. European commission report EUR.15415, 169p.
- 64. Ulysse B., 2008** - Contribution à l'élaboration d'un plan d'aménagement du bassin versant de la rivière Coupe à l'Inde. Université d'Etat d'Haïti, Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) – Ing. Agronome, pp 42.
- 65. Wachal D., Jet Hudak P.F., 2000-** Mapping landslide susceptibility in Travis Country, Texas, USA. *GeoJournal*, vol. 51, p. 245-253.
- 66. Wade, R.J., et Kirkbride, M.P., 1998-** « Snowmelt-generated runoff and soil erosion in Fife, Scotland », *Earth Surface Processes and Landforms*, 23 : 123-132.
- 67. Yvion G., 2010** - Evaluation de l'érosion dans le bassin versant de la rivière Grise (Haïti). Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique - Master En Gestion Des Risques Naturels.

Annexe

Annexes

Annexe I : Tableau Récapitulatif des Précipitations Annuelle "Station de Tébessa « 1990 à 2017

| Mois | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Tot |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1990-1991 | 23.3 | 13.9 | 81.4 | 65.6 | 24 | 5.4 | 73.9 | 32.5 | 74.7 | 16.6 | 2.4 | 65.6 | 479.3 |
| 1991-1992 | 79 | 22.8 | 30.1 | 20.8 | 30.7 | 29.3 | 26.1 | 19.6 | 69.1 | 24.4 | 7.5 | 2.8 | 362.2 |
| 1992-1993 | 32.2 | 29.3 | 45.9 | 30.2 | 2.5 | 29.1 | 3.1 | 4.3 | 18.6 | 17.4 | 10.9 | 7 | 230.5 |
| 1993-1994 | 20.4 | 4.2 | 14.9 | 19.1 | 24 | 12.8 | 20.1 | 18.8 | 39.8 | 4 | 6.9 | 0 | 185 |
| 1994-1995 | 3.6 | 94.6 | 1.1 | 3.8 | 26.2 | 0 | 37.8 | 19.4 | 27 | 39.6 | 0 | 28.4 | 281.5 |
| 1995-1996 | 171.8 | 34.9 | 34.3 | 22.7 | 30.8 | 88 | 67.4 | 62.9 | 24.2 | 41.7 | 19.6 | 25.7 | 624 |
| 1996-1997 | 13.1 | 7.2 | 6.9 | 15 | 30.1 | 7.4 | 20.9 | 51.3 | 25.4 | 1.5 | 11.3 | 12.7 | 202.8 |
| 1997-1998 | 51.3 | 62.7 | 39.3 | 23.5 | 21.5 | 12 | 34 | 24.9 | 12.2 | 38.1 | 0 | 15.6 | 335.1 |
| 1998-1999 | 49 | 34.9 | 42.4 | 15.4 | 71.8 | 9.5 | 48.7 | 6.9 | 17.6 | 10.7 | 17.8 | 30.5 | 355.2 |
| 1999-2000 | 20.2 | 63.6 | 73.7 | 25.4 | 6.6 | 3.5 | 7.1 | 15.1 | 70.5 | 78.1 | 17.5 | 16.2 | 397.5 |
| 2000-2001 | 51.8 | 13.2 | 14.7 | 9.4 | 20.2 | 14.8 | 12.2 | 1 | 40.8 | 0.2 | 5.8 | 10 | 194.1 |
| 2001-2002 | 56.6 | 17.5 | 20.9 | 7.8 | 13.8 | 10.3 | 9.7 | 25.8 | 42.8 | 23.9 | 60.5 | 93 | 382.6 |
| 2002-2003 | 34.1 | 40.5 | 75 | 28.5 | 127 | 38 | 17.7 | 95.9 | 28.6 | 4.3 | 2.8 | 23.1 | 515.5 |
| 2003-2004 | 55 | 43.4 | 12.6 | 148.6 | 19.1 | 2.3 | 91.2 | 24.9 | 49.7 | 88.8 | 16.4 | 32.5 | 584.5 |
| 2004-2005 | 23.3 | 22.6 | 112.7 | 59.9 | 20.9 | 36.9 | 30.9 | 22.5 | 2.1 | 40.8 | 1.3 | 46 | 419.9 |
| 2005-2006 | 39 | 118.3 | 29 | 69 | 39 | 12 | 4.5 | 49.3 | 40.5 | 21 | 7.1 | 39.7 | 468.4 |
| 2006-2007 | 19 | 15.5 | 4 | 54 | 5.5 | 9.5 | 59 | 82 | 48.5 | 46.5 | 14 | 23 | 380.5 |
| 2007-2008 | 57 | 14.5 | 5.5 | 32 | 8.5 | 14 | 46.5 | 23.5 | 64 | 11.5 | 5.5 | 7 | 289.5 |
| 2008-2009 | 104 | 31.5 | 15 | 53.7 | 99.5 | 11.8 | 33.7 | 144.1 | 72.7 | 0 | 14 | 11.8 | 591.8 |
| 2009-2010 | 113.8 | 3.1 | 0 | 7.4 | 32.9 | 3.3 | 21.5 | 80.1 | 29.4 | 23.8 | 15.9 | 0.1 | 331.3 |
| 2010-2011 | 10 | 85.6 | 3.4 | 5.7 | 27 | 60.3 | 62.7 | 38.7 | 42.4 | 44.4 | 29.1 | 6 | 415.3 |
| 2011-2012 | 41 | 54.9 | 13.2 | 2.6 | 46.4 | 57.2 | 39.4 | 24.1 | 27.8 | 2.1 | 3.5 | 35.5 | 347.7 |
| 2012-2013 | 46.8 | 38.7 | 39.7 | 28.4 | 20.1 | 8.6 | 25 | 33.4 | 8.8 | 0.7 | 14.8 | 26.5 | 291.5 |
| 2013-2014 | 49.3 | 7.1 | 43.2 | 49.5 | 38.7 | 48.4 | 27.9 | 2.3 | 199 | 29 | 22.5 | 8.7 | 525.6 |
| 2014-2015 | 45.8 | 30.3 | 55.9 | 0 | 30.4 | 66.7 | 42.7 | 1.3 | 20.7 | 66 | 38.4 | 72.4 | 470.6 |
| 2015-2016 | 30 | 49.3 | 18.7 | 65.8 | 13.4 | 4.3 | 32.3 | 18.1 | 37.7 | 2.7 | 0.8 | 13.6 | 286.7 |
| 2016-2017 | 41.2 | 49 | 32.8 | 8.6 | 23.4 | 8.7 | 10.5 | 46.7 | 32.8 | 17.6 | 14.3 | 10 | 295.6 |
| moy mens | 47.47 | 37.15 | 32.09 | 32.31 | 31.63 | 22.37 | 33.57 | 35.90 | 43.24 | 25.76 | 13.36 | 24.57 | 379.41 |

Annexe II : Tableau des Températures moyennes mensuelles (1990-2017) de station Tébessa

| Mois | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Total | moy Ann |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|---------|
| 1990-1991 | 24.10 | 20.00 | 11.50 | 5.50 | 5.50 | 6.80 | 11.60 | 10.40 | 14.20 | 21.90 | 26.30 | 25.60 | 183.4 | 15.28 |
| 1991-1992 | 21.8 | 16.7 | 10.6 | 5.5 | 4.7 | 6.7 | 9.4 | 11.8 | 16.3 | 20.9 | 23.9 | 25.7 | 174 | 14.50 |
| 1992-1993 | 21.9 | 18 | 21.1 | 7.8 | 5.2 | 5.6 | 8.7 | 13.9 | 18.2 | 24.8 | 26.8 | 27 | 199 | 16.58 |
| 1993-1994 | 22.3 | 19.1 | 11.1 | 7.7 | 7.5 | 8.9 | 11.9 | 11.85 | 21.9 | 24.2 | 27 | 28.6 | 202.05 | 16.84 |
| 1994-1995 | 23.6 | 16.7 | 13.2 | 8.1 | 5.7 | 10.3 | 9.2 | 12.7 | 20.1 | 22.9 | 27.1 | 24.6 | 194.2 | 16.18 |
| 1995-1996 | 21.1 | 16.3 | 11.3 | 9.8 | 9 | 6.3 | 10.1 | 12.4 | 18.2 | 20.8 | 25.9 | 26.6 | 187.8 | 15.65 |
| 1996-1997 | 20.3 | 15 | 12.4 | 10.2 | 8.7 | 6.3 | 9.3 | 1.2 | 20.4 | 26.6 | 27.5 | 25.2 | 183.1 | 15.26 |
| 1997-1998 | 20.5 | 17 | 11.5 | 8.5 | 7.2 | 9.3 | 9.8 | 15.1 | 17.7 | 24.6 | 27.8 | 25.7 | 194.7 | 16.23 |
| 1998-1999 | 23.2 | 15 | 10.2 | 6.3 | 7.1 | 8.2 | 10.2 | 14.9 | 28.1 | 25.8 | 26.2 | 28.9 | 204.1 | 17.01 |
| 1999-2000 | 23.6 | 19.2 | 11.1 | 7.1 | 4.1 | 7.8 | 11.7 | 16.1 | 21 | 22.4 | 27.5 | 26.8 | 198.4 | 16.53 |
| 2000-2001 | 22.1 | 15.9 | 12.8 | 9.4 | 8 | 7.5 | 15.6 | 14 | 19.6 | 25 | 28.4 | 27.1 | 205.4 | 17.12 |
| 2001-2002 | 22.3 | 21.1 | 11.8 | 6.8 | 6.3 | 9 | 12.5 | 15 | 19.4 | 25.1 | 26.6 | 24.9 | 200.8 | 16.73 |
| 2002-2003 | 21.2 | 17.8 | 12.2 | 8.8 | 6.9 | 6.1 | 10 | 14.1 | 18.9 | 25.2 | 29.2 | 27.4 | 197.8 | 16.48 |
| 2003-2004 | 21.5 | 19.6 | 12.3 | 7 | 6.9 | 9.6 | 11.2 | 12.8 | 15.9 | 22.4 | 26.2 | 27 | 192.4 | 16.03 |
| 2004-2005 | 20.8 | 20.5 | 10.2 | 8.1 | 4.5 | 4.9 | 11.2 | 14.2 | 21.1 | 23.7 | 28.5 | 25.9 | 193.6 | 16.13 |
| 2005-2006 | 21.6 | 17.8 | 12.1 | 6.5 | 9.4 | 7.2 | 11.8 | 16.6 | 21.3 | 24.8 | 26.5 | 25.9 | 201.5 | 16.79 |
| 2006-2007 | 21.4 | 19 | 12.1 | 7.9 | 8.8 | 9.2 | 9.7 | 13.5 | 18.5 | 25.3 | 26.5 | 26.7 | 198.6 | 16.55 |
| 2007-2008 | 22 | 17.6 | 10.5 | 6.9 | 7 | 8.3 | 10.9 | 15.5 | 19.3 | 23.4 | 28.7 | 27.2 | 197.3 | 16.44 |
| 2008-2009 | 22.2 | 16.9 | 10.01 | 0.3 | 7.1 | 6.4 | 9.7 | 11.5 | 10.3 | 24.2 | 28.7 | 26.8 | 174.11 | 14.51 |
| 2009-2010 | 21 | 16.7 | 12.4 | 10.7 | 8.3 | 10.1 | 13.1 | 15.9 | 17.4 | 24 | 27.2 | 18.6 | 195.4 | 16.28 |
| 2010-2011 | 23.5 | 16.1 | 12.5 | 8.1 | 8.2 | 7 | 9.7 | 14.7 | 17.9 | 22.3 | 27.5 | 27 | 194.5 | 16.21 |
| 2011-2012 | 21.95 | 19.55 | 14.55 | 8.25 | 8.65 | 4.8 | 9.55 | 14.5 | 19.45 | 26.8 | 28.9 | 28.55 | 205.5 | 17.13 |
| 2012-2013 | 23.05 | 21.65 | 11.25 | 7.5 | 7.4 | 7.1 | 13.15 | 15.85 | 18.56 | 17.8 | 27.1 | 25.55 | 195.96 | 16.33 |
| 2013-2014 | 24.75 | 19.5 | 14.35 | 7.75 | 8.05 | 9.05 | 8.9 | 14.95 | 18.8 | 23.55 | 27.35 | 28.1 | 205.1 | 17.09 |
| 2014-2015 | 22.05 | 18.5 | 11.65 | 8.25 | 6.4 | 5.9 | 9.8 | 15.1 | 20.15 | 22.7 | 22.05 | 26.2 | 188.75 | 15.73 |
| 2015-2016 | 21.45 | 19.6 | 12.3 | 9 | 8.85 | 10.3 | 10.8 | 17.4 | 19.45 | 23.9 | 26.6 | 25.25 | 204.9 | 17.08 |
| 2016-2017 | 22 | 15.7 | 10.7 | 6.8 | 5.4 | 9.75 | 12.15 | 13.45 | 20.85 | 25.35 | 32.35 | 28.1 | 202.60 | 16.88 |
| moy mens | 22.12 | 18.02 | 12.14 | 7.58 | 7.07 | 7.72 | 10.80 | 13.68 | 19.00 | 23.72 | 27.20 | 26.33 | 195.37 | 16.28 |

Résumé

Cette étude réalisée dans la wilaya de Tébessa vise à cartographier les zones à risque d'érosion hydrique, dont l'érosion hydrique devient de plus en plus importante. Elle représente une grave menace tant pour la dégradation des parcours steppique que pour les terres agricoles. L'objectif de cette étude est de développer une méthodologie qui consiste à intégrer trois facteurs qui régissent l'érosion (l'occupation du sol, les pentes et la friabilité des roches) utilisant les systèmes d'information géographique (SIG) pour modalisé de façon qualitatif en utilisant le model BACHOUÏ (2007). L'objet final est une carte du risque d'érosion pour essayer de proposer un plan d'aménagement antiérosif qui peut servir de document de base pour un aménagement de protection.

Mots clés :

Erosion hydrique, SIG, Tébessa

Abstract

This study in the wilaya of Tébessa intends to map areas at risk of erosion water, erosion water which is becoming increasingly important. It represents a serious threat to both for the, degradation of the steppic zones and the farmland. The objective of this study is to develop a methodology of integrating three factors governing erosion (land use, slopes and rock friability) using geographic information systems (GIS) in order to modalized using the qualitative model BACHOUÏ (2007). The ultimate object is an erosion risk map to achieve a priority area of intervention to try to propose an erosion control plan that can serve as a base document for a protection planning.

Key words:

Hydrous erosion, GIS, Tébessa

ملخص

تهدف هذه الدراسة في ولاية تبسة الى اخراج خرائط المناطق المعرضة للانجراف المائي، والتي أصبح تاكلها المائي ذا أهمية متزايدة. والذي يمثل تهديدا خطيرا لكل من تدهور المراعي السهبية والأراضي الزراعية. اوضعة هذه الدراسة من اجل تطوير منهجية تتكون من دمج ثلاث عوامل (الغطاء النباتي، المنحدرات وتفتيت الصخور) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (باستخدام نموذج بشاوي 2007)، الهدف النهائي هو اخراج خريطة خطر الانجراف المائي لمحاولة اقتراح خطة يمكنها ان تكون بمثابة وثيقة أساسية لتهيئة وحماية الأراضي من خطر الانجراف.

الكلمات المفتاحية:

الانجراف المائي، نظم المعلومات الجغرافية، تبسة،