

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Moulay Taher - SAIDA –

Faculté Des Science de la nature et de la vie



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

En : **Biologie**

Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Par :

Melle : AYACHI Soumia

Mr : BELGHAZALI Yahia Abdeldjallil

Sujet :

**Application du modèle Rusle et du système d'information géographique
SIG pour l'estimation de l'érosion hydrique cas de sous bassin versant
d'Oued Taria-Algérie**

Soutenu le : 10/ 09/2020

Devant la commission de jury composée

Mr LASRI Boumediene	Pr	UT.M. de SAIDA	Président
Mr HENNI Mustapha	M.C.B	UT.M. de SAIDA	Examineur
Mr ANTEUR Djamel	M.C.B	UT.M. de SAIDA	Encadreur

Année universitaire : 2019_2020

Remerciement

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminée ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons tout particulièrement à témoigner notre profonde gratitude a notre encadreur Mr ANTEUR Djamel, maitre de conférence à l'université Dr Moulay Tahar de Saida qui a suivi et rédigé ce travail avec un enthousiasme toujours égal, ses précieux commentaires, et ses conseils pertinents nous ont grandement aidé tout au long des différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire. Nos remerciements pour sa gentillesse, sa patience, la disponibilité constante qu'il a manifestée, le soutien qu'il nous a apporté, la confiance qu'il nous témoignée, afin de mener à terme ce mémoire.

Mes remerciements vont ensuite à Mr LASRI Boumedien, professeur à l'université Dr Moulay Tahar de Saida de l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury de mon mémoire.

Je tiens également mes vifs remerciements à Mr HENNI Mustapha, maitre de conférence à l'université Dr Moulay Tahar de Saida l'honneur qu'il nous a fait à acceptant d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi a l'ensembles des travailleurs de la conservation des forets de Mascara.

Nos remerciements vont en fin à tous les enseignants de la faculté des sciences, département de biologie qui ont contribué à notre formation ainsi que toute personne qui a contribué à l'élaboration de ce travail de près ou de loin.

Un merci spécial pour nos collègues et ainsi, qui ont contribué par leur soutien et amitié, chacun a sa façon, a la progression de notre travail.

Dédicaces

Avant tous, je remercie "ALLAH" de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaire à l'élaboration de ce modeste travail. Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.

Je dédie ce modeste travail à :

À ma mère qui est toujours sacrifiée pour mon éducation, qui m'entourée de son amour et de son affection, je le remercie et je n'oublierai jamais son soutien moral dans les moments les plus difficiles, qu'Allah l'accorde la santé et le bonheur, et l'héberge dans ses vastes paradis.

À mon cher frère et mes sœurs.

À mes chers Amis.

Abdeldjalil.

Dédicaces

J'ai le grand honneur de dédier modestement le fruit de mes longues années d'étude tout d'abord :

A mes **chers parents** :

Sources de mes joies, secrète de ma force

Vous serez toujours le modèle

A touts ma famille, **AYACHI** et **MESIRDI** je dis merci

A mon fils **Nidal**

A tout mes sœurs et frères

A tout ceux que j'aime et je respect

A tout la promotion master **protection des écosystèmes** 2019-2020

SOUMIA

ملخص :

الحوض المائي لوادي التاغية هو جزء من الحوض المائي للمقطع يتميز بمناخ شبه جاف أمطار غير منتظمة على مدار السنة مع وجود ضغوطات إنسانية وحيوانية في نفس الوقت (قطع الأشجار التوسع العمراني والرعي المكثف) مسببة لانجراف التربة الشديد، وفقا للوكالة الوطنية للموارد المائية تقدر كمية الرواسب الناتجة عن إنجراف التربة ب 29.667 طن/سنة مساهمة بذلك في نقص منسوب المياه في سد ويزرت.

أجرينا هذه الدراسة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والتي سمحت لنا بإستخراج خريطة إصطناعية لتوزيع المناطق المستهدفة لإنجراف التربة مستنتجين بذلك العوامل المؤدية لانجراف التربة والتي هي: الانحدار الشديد، قابلية التربة للانجراف والغطاء النباتي.

Résumé

Le sous bassin versant de l'oued Taria fait partie du bassin de la Macta, est caractérisé par un climat semi-aride. Des pluies irrégulières, le plus souvent à caractère orageux, combinées à une pression anthropozoogenes (déforestation, urbanisation, surpâturage) provoquent une érosion sévère. Selon l'Agence national des ressources hydriques, les apports solides (sédiments issus de l'érosion) sont estimés à 29.667 t/an, les sédiments contribuent à l'envasement du barrage d'Ouizert.

Cette étude a été réalisée à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG), a permis de hiérarchiser les différentes zones du sous bassin versant, en produisant une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion, et d'établir les facteurs décisifs qui contrôlent l'érosion hydrique qui sont, par ordre d'importance, la pente, l'érodibilité des sols et la couverture végétale.

summery

Under catchment area of the wadi Taria is a part of the basin of Macta, is characterized by a semi-aride climate. Irregular rains, generally in stormy matter, combined with a pressure anthropogenic (deforestation, urbanisation, overgrazing) cause a severe erosion. According to the Agency national of the water resources, the solid contributions (sediments resulting from erosion) are estimated at 29.667 t/in, the sediments contribute to the silting of the dam Quizret.

Sommaire

Remerciement.

Dédicace.

Résumé

Introduction générale.

1

Chapitre 01 : érosion hydrique.

I. Érosion hydrique.	3
1. introduction.	3
2. Processus de dégradation des soles par le phénomène d'érosion.	3
2.1. Phénomène d'érosion hydrique.	3
2.1.1. Définition.	3
2.1.2. Origine et lecanisme.	3
2.1.2.1. Impact de gouttes de pluies sur le sol.	3
2.1.2.2. Ruissellement.	4
2.1.2.3. La sédimentation.	5
2.1.3. Diffentes formes d'érosion.	6
2.1.3.1. L'érosion géologique (geological erosion).	6
2.1.3.2. L'érosion accélérée ou contemporaine (accelerated érosion).	6
2.1.3.3. L'érosion mécanique sèche ou aratoire (ploughing érosion).	6
2.1.3.4. L'érosion hydrique (water érosion).	7
2.1.3.4.1. L'érosion de rejaillissement (splash érosion).	7
2.1.3.4.2. L'érosion en nappe ou «sheet érosion ».	7
2.1.3.4.3. L'érosion linéaire.	7
2.1.3.4.3.1. L'érosion en griffes (micro-channel ou Rill érosion).	7
2.1.3.4.3.2. Les rigoles.	8
2.1.3.4.3.3. L'érosion par ravinement (Gully érosion).	8
2.1.3.4.3.4. Les bad-lands.	8
2.1.3.4.4. L'érosion par les mouvements de masse (Slumperosion).	8
2.1.3.4.4.1. Les glissements de terrain.	8
2.1.3.4.5. L'érosion des berges.	9

2.1.4. Les facteurs de risque de l'érosion hydrique.	9
2.1.4.1.Le climat et l'hydrologie.	10
2.1.4.2.La morphologie de terrain.	11
2.1.4.2.1. La pente.	11
2.1.4.2.2. La longueur de la pente.	11
2.1.4.3.Le sol.	11
2.1.4.4.La végétation.	12
2.1.4.5.L'homme.	13
2.1.5. Equation universelle (modele de WISCHMEIER).	13
2.1.5.1.Analyse des principes du modele.	14
3. Techniques et stratégies de la conservation de l'eau et du sol (CES).	15
3.1.Historique de la CES.	15
3.2.Evolution des techniques.	15
3.2.1. Stratégies traditionnelles.	15
3.2.2.1. Restauration des terres en montagne (RTM).	15
3.2.2.2. conservation des eaux et des sols (CES).	15

Chapitre 02 : Le système d'information géographique.

II. Les systèmes d'information géographique (SIG).	
1. Définition.	16
2. Composition d'un SIG.	16
2.1.La base de données géographiques (BDG).	16
2.2.Saisie de données.	17
2.3.Filtrage des données.	17
2.4.Les principales fonctions d'un SIG.	17
2.5.Mode de représentation des données géographiques.	17
2.5.1. Mode vecteur.	18
2.5.2. Mode raster	18
3. Les domaines d'applications.	19
3.1.Utilisation des SIG dans le monde forestier.	19

Chapitre 03 : présentation de la zone d'étude.

III. Présentation de la zone d'étude.	21
1. Cadre géographique du bassin versant de l'Oued Taria.	21
2. Situation géologique.	21
3. Couvert végétal et occupation du sol.	23
3.1. Occupation du sol.	23
3.2. Couvert végétal.	23
3.2.1. La végétation naturelle.	23
3.2.2. La végétation cultivée.	23
3.2.3. Les cultures pérennes.	24
4. Caractéristiques géomorphologiques du bassin d'Oued Taria.	24
4.1. Surface et périmètre du bassin versant.	25
4.2. Etude du relief.	25
4.2.1. La courbe hypsométrique.	25
4.2.2. Forme du bassin.	28
4.2.2.1. Idée de compacité.	28
4.2.2.2. Notion de rectangle équivalent.	28
5. Altitudes caractéristiques du bassin.	30
5.1. L'altitude maximale et minimale.	30
5.1.1. L'altitude moyenne.	31
5.1.2. L'altitude la plus fréquente.	32
5.1.3. L'altitude médiane.	32
5.2. Les indices de pente.	33
5.2.1. Indice de pente globale I_g .	33
5.2.2. Indice de pente de Roche I_p .	33
5.2.3. Dénivelée spécifique D_s .	34
5.2.4. Indice de pente moyenne I_{pm} .	35
6. Etude du réseau hydrographique.	36
6.1. Profil en long de l'Oued.	36
6.1.1. Classification des thalwegs.	36
6.1.2. Densité de drainage D_d .	37
6.1.3. Rapport de confluence R_c .	38
6.1.4. Rapport des longueurs R_l .	39

6.1.5. Densité du thalweg élémentaire.	40
6.1.6. Coefficient de torrentialité.	40
6.1.7. Temps de concentration du bassin versant Tc.	40
6.1.8. Vitesse de ruissellement.	41
6.2. Climat.	43
6.2.1. Introduction.	43
6.2.2. Les précipitations.	43
6.2.2.1. Précipitation mensuelles.	44
6.2.2.2. Précipitation saisonnières.	45
6.2.2.3. Précipitation annuelles.	46
6.3. Paramètres généraux.	47
6.3.1. Température.	47
6.3.2. Evaporation.	48
6.3.2.1. L'évapotranspiration réelle (ETR) et déficit d'écoulement.	49
6.3.2.1.1. Méthode de TURC.	50
6.3.2.1.2. Méthode de P. VERDEIL.	52
6.4. Indice climatique.	53
6.4.1. Indice d'aridité de Dmartonne.	53
6.4.2. Indice d'aridité annuelle.	54

Chapitre 04 : Matériels et méthode.

IV. Matériels et méthode.	
1. Matériels utilisés.	55
1.1. Les cartes.	55
1.2. Les données satellitaires.	55
1.3. Model numérique de terrain.	55
1.4. Les données climatiques.	56
2. Matériel utilisés sur terrain.	56
2.1. Logiciels utilisés.	56
3. Approches méthodologiques.	57
3.1. Méthodologie.	57

Chapitre 05 : Résultats et discussion.

V. Résultats et discussion.

1. Facteur topographique(LS). 59
2. L'érosivité de la pluie R. 62
3. L'érodibilité des sols K. 64
4. Facteur couvert végétal (C). 65
5. Le facteur de pratiques anti-érosives (P). 66
6. Estimation des pertes de sols. 67

Conclusion générale. 69

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

Références bibliographiques.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

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

L'érosion hydrique est un phénomène géologique naturel qui a façonné la surface de la terre au cours des âges géologiques (**White, 1986**). Les changements climatiques et des paysages sous l'influence de la pression démographique et l'extension des cultures d'exploitation, ont contribué à l'augmentation de l'exposition des terres au processus de ruissellement, et par conséquent, à la dégradation des sols par l'érosion (**Vezena et Bonn, 2006**). Diverses sortes d'activités humaines, pratiques agricoles, exploitations forestières, pâturages, construction des routes et bâtiments tendent à modifier les phénomènes d'érosion, en l'accéléralant souvent de façon considérable (**Wachal, 2007**). Elle résulte du détachement, sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et du transport de fragments ou de particules de sol ou de roches de leur emplacement initial par l'eau, dégradant la qualité des eaux et la fertilité des sols et réduisant la capacité des réservoirs. En Algérie septentrionale, l'érosion hydrique reste un problème majeur qui s'est accélérée suite aux défrichements des forêts et maquis protégeant les sols sensibles. Chaque année, plus de 1 million de m³ de sédiments sont déposés en mer. Selon les océanographes, cet apport de sédiments contribue largement à la stabilisation du système côtier. Cependant, il présente une gravité majeure dans la gestion conservatoire des ressources en eau et en sol (**Touaibia, 2000**). L'Algérie est, de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion (**Demmak, 1982**). Le taux de sédimentation a évolué ces dernières années, du fait de la forte érosion des bassins versants, particulièrement à l'Ouest du pays où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres. Au début des années quatre-vingt, environ 120 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versants du nord algérien (**Demmak, 1982**).

La présente étude pose la problématique de l'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'oued Taria ou droit du barrage d'Ouizert qui a connue un envasement.

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

Ce travail s'articulera autour de cinq chapitres principaux :

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

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

Dans le quatrième chapitre nous présenterons la méthodologie adoptée.

Le cinquième chapitre présentera les principaux résultats et les discussions.

CHAPITRE 01

L'érosion hydrique

I.1. Introduction

L'érosion hydrique est due à l'action de plusieurs facteurs (climat, nature et pente du terrain, la couverture végétale et le mode de gestion des terres).

Le système de culture, défini comme la succession des cultures sur une parcelle et des techniques culturales qui leur sont appliquées, est le facteur important où l'homme peut intervenir pour modifier la sensibilité des sols à l'agressivité des pluies. Il nous a paru nécessaire de décrire l'influence de quelques systèmes de gestion sur la dégradation des terres.

I.2- Processus de dégradation des sols par le phénomène d'érosion

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

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

I.2.1- Phénomène d'érosion hydrique

I.2.1.1- Définition

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

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

I.2.1.2- Origine et mécanisme

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

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

I.2.1.2.1 - Impact de gouttes de pluies sur le sol

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

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

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

Lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément (fig 1) :

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

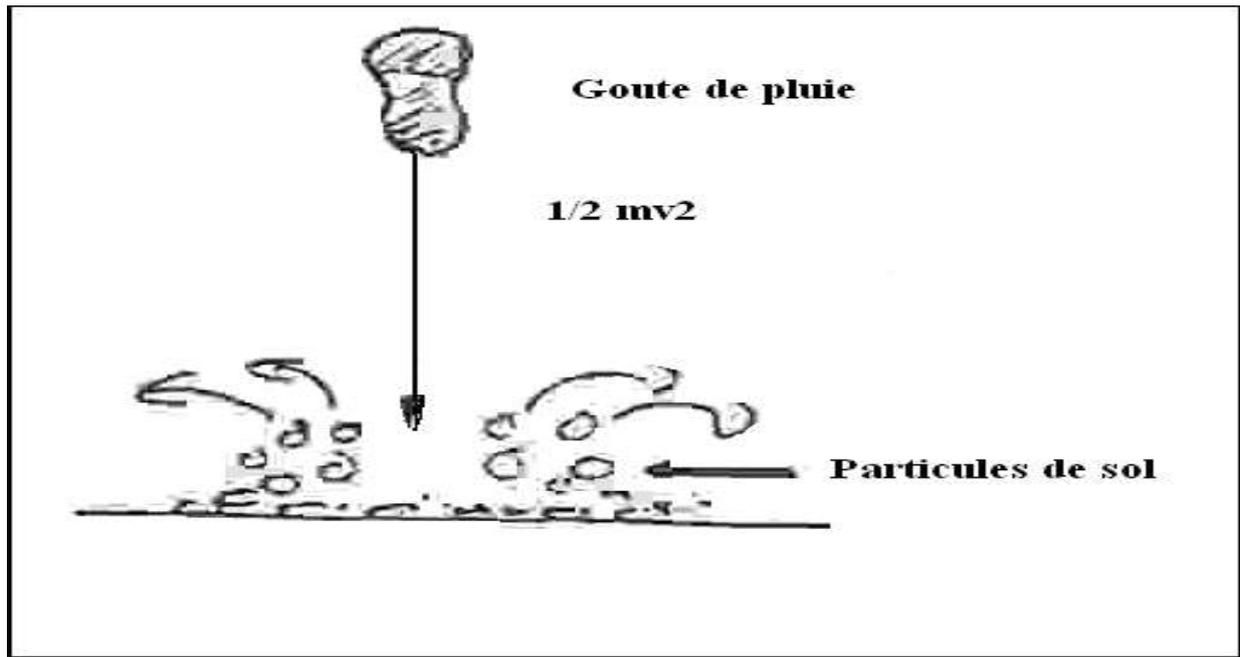


Figure n° 1 : Effet des gouttes de pluies « effet splash » (Touré M et al, 2004).

I.2.1.2.2 - Ruissellement

Le ruissellement peut être à l'origine d'une érosion parfois spectaculaire qui se traduit par le creusement de chenaux, de formes et de tailles diverses et s'accompagne de la mise en place de dépôts d'étendue et d'épaisseur très variables, l'érosion et le dépôt occasionnent des dégâts non négligeables aux cultures (Bolline, 1982).

Le ruissellement est la deuxième phase de l'érosion hydrique, la première phase étant la dégradation de l'état structurale.(Ellison ,1947) in Le Bissonnais (1990).

C'est l'écoulement dans les micro-réseaux hydrographiques, des eaux météoriques qui ont échappé à l'infiltration, à l'évaporation et au stockage superficiel.

Il ne ferait donc qu'extérioriser (par un déplacement) un détachement dont il ne serait pas à prioriresponsable (Boiffin, 1984).

Horton, 1940 in(Roose, 1996), affirme que le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol.

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

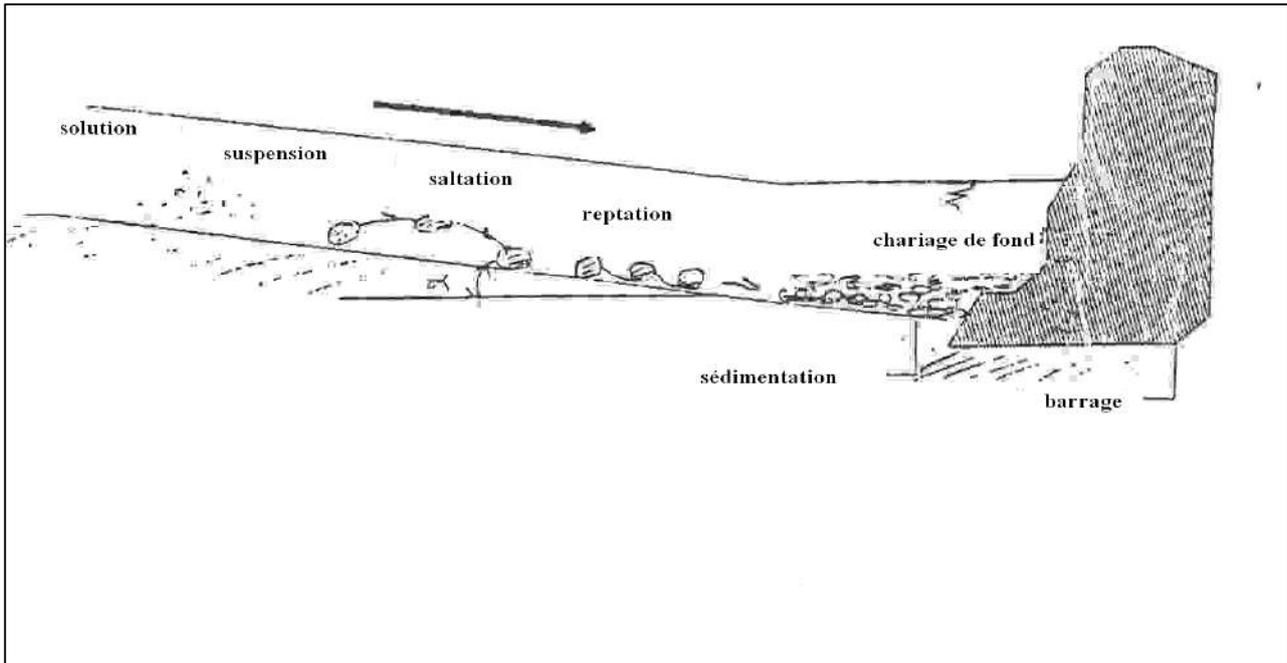


Figure n° 2 : Modes de transport par ruissellement (Touré M et al, 2004).

I. 2.1.2.3 - La sédimentation

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

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

Les particules se déposent dans l'ordre suivant :

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

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

I.2.1.3 - Différentes formes d'érosion

I.2.1.3.1- L'érosion géologique (geological érosion)

Appelée aussi érosion naturelle ou normale elle est due à des processus géologiques étalés sur de longues périodes géologiques aboutissant au cisaillement de la surface de la terre, à l'usure des roches. L'érosion est plus active et plus spectaculaire en montagne. Elle creuse de profondes ravines surtout sur des montagnes jeunes avec des roches tendres ou des pentes déboisées. C'est ce processus normal qui se traduit par une érosion sans l'influence de l'homme qui permet le développement d'une couverture pédologique issue de l'altération des roches en place et des apports alluviaux et colluviaux (pédogenèse) : dans ce cas on parle plutôt de l'érosion constructive.

Le revers de cette érosion est que dans des conditions déterminées, elle empêche le développement d'un profil plus profond et provoque l'apparition des éléments du matériel originel (morphogénèse) : ici on parle de l'érosion destructive. Par contre, lorsqu'il y a équilibre entre pédogénèse et morphogénèse, on dit que le paysage est stable.

I.2.1.3.2- L'érosion accélérée ou contemporaine (Accelerated érosion)

Cette érosion beaucoup plus accélérée que l'érosion géologique normale vient s'imbriquer à elle. Les profils qui s'étaient formés sous conditions naturelles seront tronqués plus ou moins profondément suivant l'importance des pressions aux quelles ils sont soumis.

Provoquée par une perturbation de l'équilibre naturel dont l'eau et le vent en sont les facteurs essentiels auxquels s'ajoute l'homme avec ses pratiques inappropriées qui serait le principale de la détérioration, au moins partielle, de 20 pour cent des sols cultivables du monde (Soltner, 1999).

I.2.1.3.3- L'érosion mécanique sèche ou aratoire (ploughing érosion)

Ce phénomène, très peu connu, très peu quantifié n'est pas dû à l'intervention de l'eau ni à celle du vent. C'est le résultat des pressions répétitives exercées par la simple poussée des instruments aratoires qui se solde par le décapage des horizons superficiels des hauts des pentes. Ce qui a pour effet de transporter des masses de terre vers l'aval des topo séquences où elles vont s'accumuler soit en talus en bordure des parcelles ou en colluvions concaves de texture peu différente des horizons d'origine.

Une simple structure perméable comme une bande enherbée, une ligne d'arbres, un cordon de pierres ou des murettes, permet de structurer un versant, de ralentir et de dissiper l'énergie du ruissellement (Roose, 1994).

I.2.1.3.4- L'érosion hydrique (water érosion)

Les phénomènes érosifs les plus gênants apparaissent plutôt provoqués par les forces développées par l'eau. Le principal facteur de cette érosion est le ruissellement dont la répartition spatiale est contrôlée par celle des précipitations et des caractéristiques de la surface du sol. La dynamique de l'érosion est fonction de l'influence des facteurs mis en jeu.

I.2.1.3.4.1- L'érosion de rejaillissement (Splash érosion)

C'est l'érosion élémentaire causée par le choc de la goutte d'eau douée d'une certaine énergie cinétique, d'une vitesse de chute fonction de la hauteur et de la vitesse du vent et par un certain poids fonction de son diamètre. (Lal, 1975 in Roose, 1994) Le vent peut augmenter l'énergie des gouttes de pluie de 20 à 50 %.

Leguedois, 2003, affirme que Chaque litre d'eau de pluie arrivant au sol détache environ dix grammes de sol par splash.

I.2.1.3.4.2 - L'érosion en nappe ou "sheet érosion"

L'érosion en nappe (figure 3) est liée à 2 mécanismes :

- Le détachement des particules de terre causé par le choc de gouttes des pluies. (effet splash).
- Le ruissellement lorsque l'intensité de la pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration.

Cette forme d'érosion est caractéristique des sommets de bassin versant.

Le martèlement des pluies (splash) détache les particules et les maintient en suspension par turbulence. Elle se traduit par un appauvrissement de l'horizon humifère et par un amincissement du sol.

Les horizons supérieurs qui en général sont de couleur plus foncée, sont érodés les premiers.

Les horizons inférieurs, plus clairs apparaissent en surface.

L'érosion en nappe est partout active là où les sols sont dénudés, même si les paysans n'en sont pas conscients (**Roose et Sabir, 2002**). Elle a un effet érosif maximal au sommet des versants ou à l'aval d'un obstacle. Au bas des versants, au contraire, il s'agit d'accumulation.

En Algérie, l'érosion en nappe et en rigole est modeste. Elles atteignent 2t/ha/an dans les parcelles.

Les valeurs mesurées restent inférieures au seuil de tolérance et témoignent les résultats donnés par **Heusch, (1970); Arabi & Roose (1989)**.

I.2.1.3.4.3 - L'érosion linéaire

I.2.1.3.4.3.1- L'érosion en griffes (micro-channel ou Rill érosion)

Elle se manifeste souvent après un ruissellement par des tracés fins qui se présentent dans les paysages comme des lignes parallèles le long des versants. Les griffes ont une largeur de 10 cm et moins de 10 cm de profondeur environ. Quant à la longueur elle est surtout fonction de l'action des eaux à creuser et de la longueur des versants. Les griffes sont la première manifestation d'une érosion linéaire.

I.2.1.3.4.3.2- Les rigoles

Les griffes évoluant en longueur deviennent des sillons de dimensions plus importantes et de largeur variable liée à la longueur de la pente. Une rigole est une dépression suffisamment petite pour pouvoir être supprimée par les façons culturales.

Sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles.

I.2.1.3.4.3- L'érosion par ravinement (Gully érosion)

La ravine est une rigole approfondie où se concentrent les filets d'eau. La rigole se transforme en ravine lorsque sa profondeur interdit son nivellement par des simples instruments aratoires. Le ravinement constitue un stade avancé de l'érosion. Les ravines acquièrent des tailles impressionnantes lors d'événements exceptionnels (**Castro et al, 2000**). L'approfondissement des ravines remonte du bas vers le haut de la pente (érosion régressive).

À l'échelle de la ravine, (**Heusch, 1982**) a estimé que 70% du transport solide proviennent des sapements des berges. Cette forme d'érosion peut transformer le paysage en "badlands" .

I.2.1.3.4.3.4- Les bad-lands

Les ravines sont liées les unes aux autres par les crêtes. Les versants sont généralement dénudés. La roche mère affleure et c'est le stade ultime du ravinement où tous les aménagements sont difficiles.

I.2.1.3.4.4 - L'érosion par les mouvements de masse (Slumperosion)

L'eau agit cette fois non pas par décapage mais par détérioration des qualités physiques en profondeur et peut alors provoquer soit des glissements de terrain, soit des décrochements.

I.2.1.3.4.4.1- Les glissements de terrain

C'est la forme d'érosion en masse la plus courante et la plus connue du public due à son caractère catastrophique. Elle intervient surtout dans les zones à forte pression démographique s'accompagnant de dégâts importants sur les cultures, les infrastructures et les vies humaines. Les glissements de terrains peuvent être lents ou rapides.

- **Les glissements lents (creep) :** C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes grâce à la forme couchée des jeunes plants forestiers et à la forme en crosse de la base des arbres adultes.
- **Les glissements rapides :** Les glissements de terrain en planches des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact, servant de plan de glissement.

2.1.3.4.5- L'érosion des berges

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

2.1.4- Les facteurs de risque de l'érosion hydrique:

Les différents facteurs de l'érosion hydrique sont :

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

- la végétation.
- l'homme.

I.2.1.5.1 - Le climat et l'hydrologie

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

1. La hauteur des précipitations est peu liée à l'importance de l'érosion (tableau 1).

Tableau n°1: Exemple de parcelles de maïs sous culture pendant 5 ans **Touré M et al(2004).**

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

I.2. L'intensité est le facteur principal de l'érosion. Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé :



L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur. **Soltner, 1999**, signale qu'une pluie d'orage de 10 mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine de 40 mm. Lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif en provoquant une dégradation rapide des horizons superficiels ainsi que de forts ruissellements. **Mazour, 1992**, explique que cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averses : les orages d'automne peu fréquents de courte durée, mais caractérisés par des intensités élevées (soit un maximum annuel de 10 mm atteignant 100 mm/heure). Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés, et les longues averses peu énergétiques tombant sur un sol déjà saturé. Ce sont les averses saturantes d'hiver et de printemps. Elles sont peu intenses, et à l'origine de beaucoup de ruissellement.

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

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

i : représente une pluviophase d'intensité sensiblement constante.

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

h_i : hauteur pluviométrique correspondante (mm).

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

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

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

I.2.1.4.2 - La morphologie du terrain :

I.2.1.4.2.1- La pente

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

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

I.2.1.5.2.2- La longueur de la pente

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

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

I.2.1.5.3 - Le sol

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

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

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

Elle est fonction de plusieurs paramètres (Figure 3) :

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

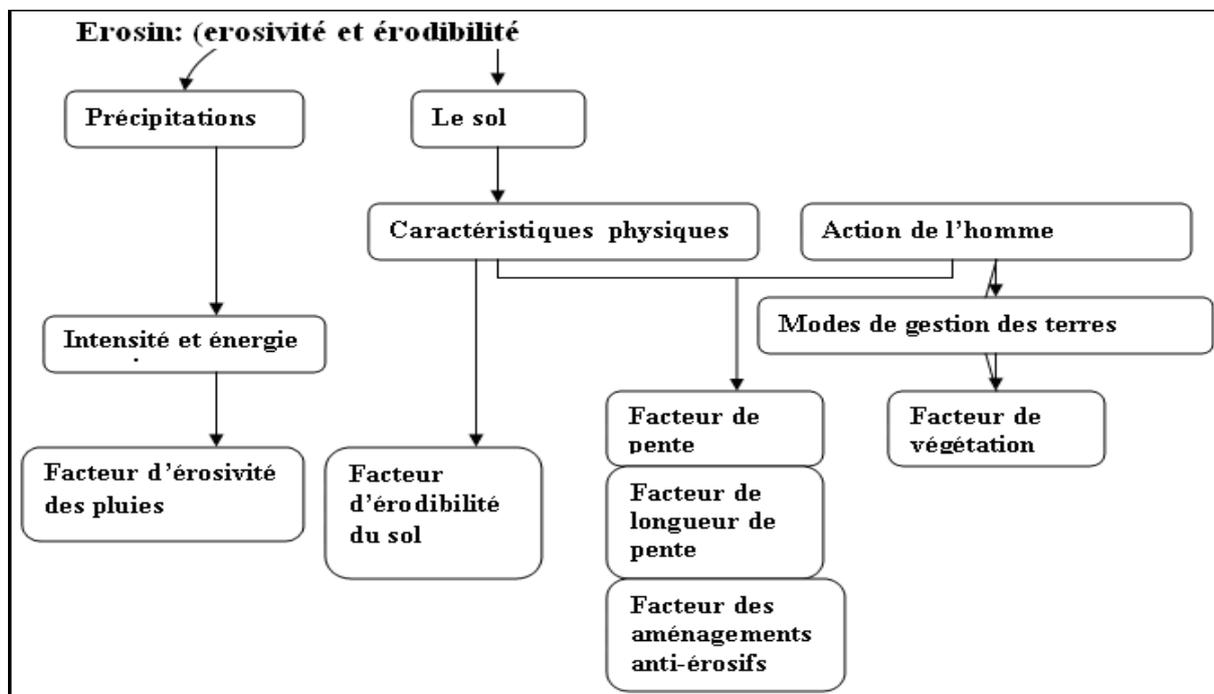


Figure n°3 : Erosion et érodibilité.

I.2.1.5.4 - La végétation

Il s'agit du facteur primordial de protection du sol contre l'érosion. Le risque d'érosion augmente lorsque le sol n'a qu'un faible couvert végétal ou de résidus. Les résidus et la végétation protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie et de l'éclaboussement, tendent à ralentir la vitesse de l'eau de ruissellement et permettent une meilleure infiltration (Bonnet, 1983 et Martinez-Mena et al, 1999). L'action de la végétation est multiple :

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

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

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

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

I.2.1.5.5 - L'homme

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

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

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

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

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

Deuxième effet : le travail du sol peut :

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

L'expérience montre que :

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

I.2.1.6 - Equation universelle (modèle de WISCHMEIER)

C'est le modèle d'érosion USLE, mis au point par Wischmeier et Smith en 1958. L'équation universelle de pertes des terres est un modèle empirique basé sur l'analyse statistique de 100 parcelles expérimentales. Elle permet de prédéterminer les pertes en terre annuelles moyennes pour une parcelle donnée, dans des conditions bien définies.

L'objectif de (**Wischmeier et Smith 1960; 1978**) était d'établir un modèle empirique de révision de l'érosion à l'échelle du champ cultivé pour permettre aux techniciens de la lutte antiérosive de choisir le type d'aménagement nécessaire pour garder l'érosion en dessous d'une valeur limite tolérable étant donné le climat, la pente et les facteurs de production (**Wischmeier et Smith, 1978**).

Cette formule, appliquée à une région donnée, permet d'estimer les pertes en terre et de déterminer les mesures anti-érosives à mettre en œuvre pour ne pas dépasser un seuil de perte de terre au-delà duquel l'érosion devient dangereuse (**Leblond et Guerin, 1984**).

I.2.1.6.1- analyse des principes du modèle :

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

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

$$E = R \times K \times SL \times C \times P$$

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

2. **L'érodibilité des sols (K)** est fonction des matières organiques et de la texture des sols, de la perméabilité et de la structure du profil. Il varie de 70/100ème pour les sols les plus fragiles à 1/100ème sur les sols les plus stables. Il se mesure sur des parcelles nues de référence de 22,2 m de long sur des pentes de 9 % et sur un sol nu, travaillé dans le sens de la pente et qui n'a plus reçu de matières organiques depuis trois ans.

3. **SL, le facteur topographique**, dépend à la fois de la longueur de pente et de l'inclinaison de la pente. Il varie de 0,1 à 5 dans les situations les plus fréquentes de culture en Afrique de l'Ouest et peut atteindre 20 en montagne.

4. **C, le facteur couvert végétal**, est un simple rapport entre l'érosion sur sol nu et l'érosion observée sous un système de production. On confond dans le même facteur C, à la fois le couvert végétal, son niveau de production et les techniques culturales qui y sont associées. Ce facteur varie de 1 sur sol nu à 1/1000ème sous forêt, 1/100ème sous prairies et plantes de couverture, 1 à 9/10ème sous cultures sarclées.

5. Enfin, **P.** est un facteur qui tient compte des **pratiques purement antiérosives** comme par exemple le labour en courbe de niveau ou le buttage, ou le billonnage en courbe de niveau. Il varie entre 1 sur un sol nu sans aucun aménagement antiérosif à 1/10ème environ, lorsque sur une pente faible, on pratique le billonnage cloisonné.

Tous les facteurs influençant l'érosion n'ont pas un poids égal. Etant donné qu'il s'agit d'une fonction multiplicative, comme le montre bien le modèle de Wischmeier, l'un s'annule, l'érosion devient négligeable. Ceci apparaît bien sous le couvert forestier fermé quels que soient le climat, le terrain ou la pente, l'érosion reste faible.

Le facteur le plus susceptible de varier est **le facteur C**. Entre une couverture végétale parfaite (forêt) et un sol nu, les pertes par érosion varient dans un rapport de 1 à 1000.

Ce modèle ne s'applique pas là où dominent les glissements de terrain ou le ravinement car ces processus font appel à d'autres sources d'énergie et d'autres facteurs de résistance.

I.3. Techniques et stratégies de la Conservation de l'Eau et du Sol (CES)

I.3.1. Historique de la CES

I.3.2. Evolution des techniques

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

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

I.3.2.1. Stratégies traditionnelles pour retenir la terre et gérer les eaux bien adaptées à des conditions écologiques et socio-économiques (ex : **la cultures itinérante sur brûlis** en zone peu dense, **gradins méditerranéens**, cloisonnement du paysage et **association de l'élevage à l'agriculture**).

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

Stratégies modernes :

I.3.2.2. Stratégies modernes

I.3.2.2.1. Restauration des terres en montagne (RTM) développées en France vers 1850 par les forestiers pour revégétaliser les montagnes sur pâturées et maîtriser les torrents.

I.3.2.2.2. Conservation des eaux et des sols (CES) proposée aux paysans américains vers 1930 pour les aider à protéger leurs champs ainsi que la qualité des eaux.

I.3.2.2.3. Défense et restauration des sols (DRS) développée vers 1940-80 autour du bassin méditerranéen et qui associe les deux approches précédentes : la (RTM) et la (CES) . Le

principal objectif était de retarder l'envasement des barrages et de protéger les terres et les équipements. Elle comprend :

- la reforestation des hautes vallées (800.000 ha depuis 1962, selon **Mazour, 1992**) ;
- la correction torrentielle dans les périmètres de protection des barrages ;
- le terrassement des champs cultivés (350 000ha de banquettes d'après Heusch, 1985).

Mais en 1980, l'échec de cette approche technocratique d'équipement hydraulique des zones Rurales, est évident. Malgré 40 années de DRS, les terres ne cessent de se dégrader, les paysans rejettent le système des terrasses de diversion et refusent de l'entretenir, la production de bois est restée faible et le taux d'envasement des barrages demeure très élevé. Le programme d'aménagement des banquettes fut abandonné pour des raisons économiques (**Heusch, 1985**). Depuis, les forestiers continuent la reforestation et la correction torrentielle des ravines, mais les fermiers ne reçoivent plus d'aide pour maîtriser l'érosion (**Roose, 1987**).

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

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

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

CHAPITRE 02

Les systèmes d'information géographique

I. introduction :

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision ; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement.

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base de prise de décision, dans plusieurs domaines, à partir des données satellitaires.

II. 1. Définition de système (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de bases de données (SGBD).

Appelés GIS (Geographic Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux États-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ». En France, la définition, adoptée par le Conseil national de l'information géographique (CNIG1) en 1990.

Les SIG sont des « ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ».

II. 2. Composition d'un SIG

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci.

II.2.1. La base de données géographique (BDG)

Elle constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'informations associées. Comme cette base de données décrite des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments: une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets.

Une base de données est une collection d'informations relatives à un sujet ou un objectif particulier (Définition Microsoft Access). C'est en fait un ensemble de tables, de relations entre les tables, de requêtes, de formulaires et de rapports.

II.2.2. Saisie de données

Saisie des données peut se faire à partir d'un formulaire ou directement dans la table. La saisie à partir d'un formulaire est préférable car le formulaire peut être personnalisé pour faciliter la saisie.

Est possible d'importer ou de lier des données provenant d'un grand nombre de source dans Access (Excel, fichier texte, table .pdf, fichier HTML ou XML, autre bases de données ACCESS)

II.2.3. Filtrage des données

Les filtres permettent d'isoler des enregistrements par rapport à des conditions. C'est équivalent à créer des sous-ensembles de notre ensemble de données. Les filtres sont des expressions qui utilisent des opérateurs mathématiques et de comparaisons (=, <, >, ≥, ≤, <>) et des opérateurs logiques (et, ou). (Ex: les peuplements ayant un volume ≥ 150 m³/ha et résineux).

Rappel: Les opérateurs logiques (et, ou) font appel à la notion d'ensemble et de sous-ensemble.

- L'intersection de deux sous-ensemble se réalise avec l'opérateur ET.
- L'union des deux sous-ensembles se réalise avec l'opérateur OU.

II.2.4. Les principales fonctions d'un SIG

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

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

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

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

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

Clavier la saisie des données attributaires.

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

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

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

II.2.5. Modes de représentation des données géographiques

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes: vecteur ou raster.

II.2.5.1. Mode vecteur

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et/ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

a) Les points

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

b) Les lignes

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex: rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

c) Les polygones

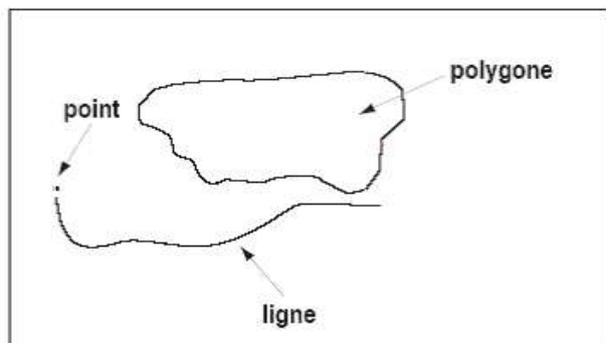
Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales.

II.2.5.2. Mode raster

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière régulière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou 'pixels') sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster.



Mode raster



Mode vecteur

Figure n°4 : Les modes de représentation des données géographique.

II.3. Les domaines d'applications

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

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

II.3.1. Utilisation des SIG dans le monde forestier

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

- Planification expérimentale.
- Analyse statistique.
- Présentation des résultats.

CHAPITRE 03

Présentation de la zone d'étude

III. Présentation de la zone d'étude

III.1. Cadre géographique du bassin versant de l'Oued Taria

Le sous bassin versant d'Oued Taria consiste l'objet de notre étude et se caractérise par une superficie de 1365 km², il est limité par les montages de Beni-Chougranne au Nord, les montagnes de Saida au Sud et à L'Est par les plateaux de Aouf et L'Ouest par les montagnes de Ain Fekan. Le court d'eau d'Oued Taria s'étale sur un linéaire de 85.3 Km pour alimenter le barrage d'Ouizert.

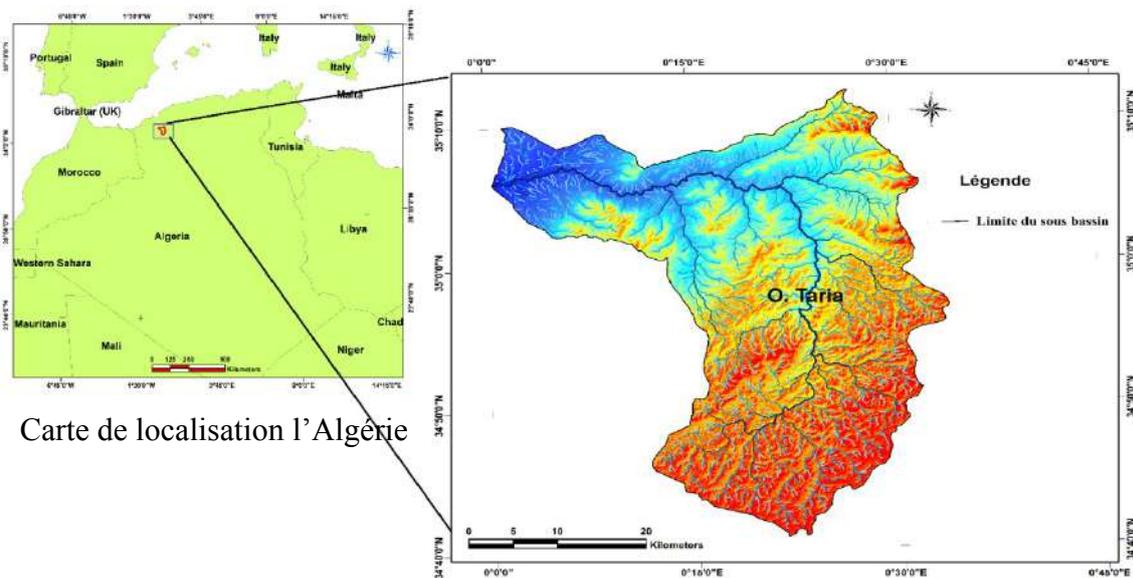


Figure n° 5 : Carte de localisation du bassin versant de l'Oued Taria (Dr.Anteur)

III.2. Situation Géologique

Les environs de l'Oued Taria sont assez vastes, et sont formés par des roches appartenant au jurassique supérieur, créacé inférieur et plio-quaternaire. Les sédiments de créacé sont représentés surtout dans les parties Ouest et Nord-Ouest, presque toute la superficie est recouverte par le plio-quaternaire ; du bas en haut, on distingue :

- **Jurassique**

Les sédiments jurassiques sont déposés sub-horizontalement et s'inclinent vers le Nord.

Dans les forages et affleurements on trouve :

- **kimméridgien-portlandien**

Il est constitué par des dolomies cristallines massives surmontées par des calcaires gris bleus bien lités à débits argileux. L'épaisseur moyenne oscille autour de 120 m.

- **lusitanien**

Il est formé par les calcaires gréseux, de gris en bancs massifs à ciment argileux avec des intercalations d'argile sableuse jaune ou ocre. L'épaisseur est de l'ordre de 100 à 200 m. Dans le Sud Est, la formation du lusitanien est constituée par des calcaires gréseux, très fissures avec des passages argileux. Son épaisseur est de 100 m.

➤ **Callovo-Oxfordien**

Il est constitué par des marnes bleues. Dans le Sud Est, on trouve cette formation non seulement des marnes, mais aussi des intercalations des conglomérats ainsi que de grés l'épaisseur total dépasse 200m.

➤ **Aléno,Bajo,Bathonien (A-B-B)**

Au-dessous du callovo-oxfordien, on suppose la formation (A-B-B) formée par des dolomies et calcaires dolomitiques, qui sont souvent dans sa partie supérieure, cristallins et massifs.

- **Crétacé inférieur**

Il est formé par des niveaux dolomitiques altérés. Au sommet alternant avec des niveaux gréseux à ciment marneux et d'argiles plus ou moins sableuses.

- **Plio-quaternaire**

Il recouvre presque la totalité d'Oued Taria et il est formé par des alluvions anciennes et des alluvions récentes. Les alluvions anciennes sont constituées d'argiles rouge brique sableuses à niveau lenticulaire de gravier et galets plus nombreux et en croûte en surface.

Les alluvions récentes recouvrent localement les alluvions anciennes et sont formées pas des limons non encroûtes. En surface l'épaisseur totale des alluvions est très variable, maximum étant de 100m.

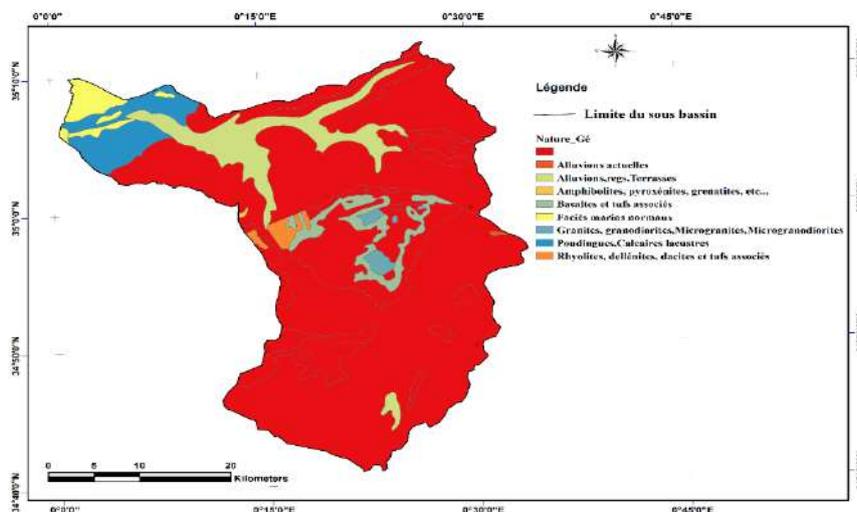


Figure n° 6 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Taria (Satek 1/500000).

III.3. Couvert Végétal Et Occupation Du Sol

III.3.1. Occupation du sol

SOLTNER, 1990 a dit:« Il faut donner à chaque topographie la destination qui lui convient le mieux ; champs cultivés, prairies permanentes. Forêt pour obtenir à la fois la plus grande productivité et la meilleure protection du sol ».

Quatre groupes principaux d'occupation sont rencontrés au bassin versant d'Oued Taria:

- Les terres agricoles ; elles représentent 16.4 % ;
- Les terres de parcours et de pacage:1% ;
- Les terres forestières:78% ;
- Les terres improductives:4%.

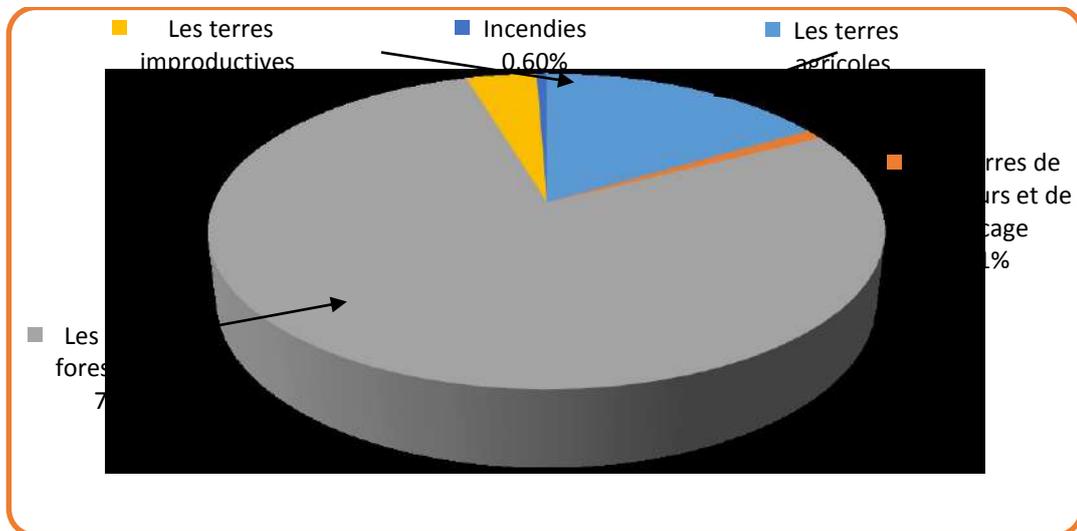


Figure n° 7 : Schéma explicatif d'occupation du sol du Bassin Versant d'Oued Taria.

III.3.2. Couvert végétal

III.3.2.1. La végétation naturelle

Le domaine forestier du bassin versant d'Oued Taria s'étend sur une superficie de 78%, ce chiffre englobe toutes les terres recouvertes de formations végétales forestières.

Le bois qui est extrait de ces forêts est issu des incendies ou suite à des maladies, et exploité par les populations rurales.

III.3.2.2. La végétation cultivée

- La céréaliculture et les cultures maraîchères

- Le bassin d'Oued Taria est une région agricole de premier ordre dont la céréaliculture est la plus pratiquée sur une superficie de 16%, elle se rencontre surtout dans les plaines.

Les cultures maraîchères localisées dans toute la région sont caractérisée par les espèces suivantes ; pomme de terre, tomate, poivron, betterave, melon, pastèque, courgette, fève, pois vert, carotte, choux, choux fleur.

III.3.2.3. Les cultures pérennes

- L'arboriculture fruitière

Les parcelles des arbres fruitières, clôturées par des brises vent afin de les protéger, se trouvent dispersées dans toute la région.

Les espèces fruitières rencontrées sont principalement: Olivier, vigne, amandier, pommier, pêcher, abricotier, figuier.

L'arboriculture fruitière fait l'objet d'un projet de fixation de la population rurale.

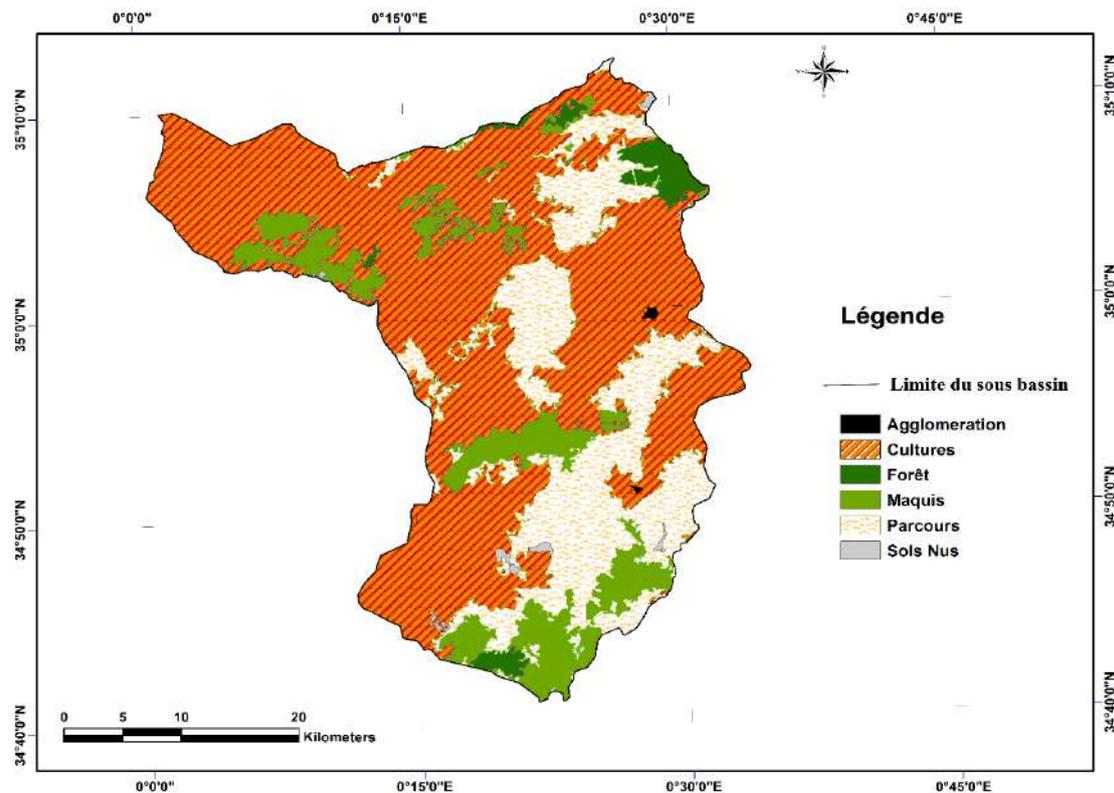


Figure n° 8: Carte d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Taria (Dr.Anteur).

III.4. Caractéristiques géomorphologiques du bassin d'Oued Taria

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

Parmi les caractéristiques morphologiques nous citons en premier lieu, la taille du bassin (sa surface), sa forme, sa pente et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore le type

de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces facteurs physiques, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques.

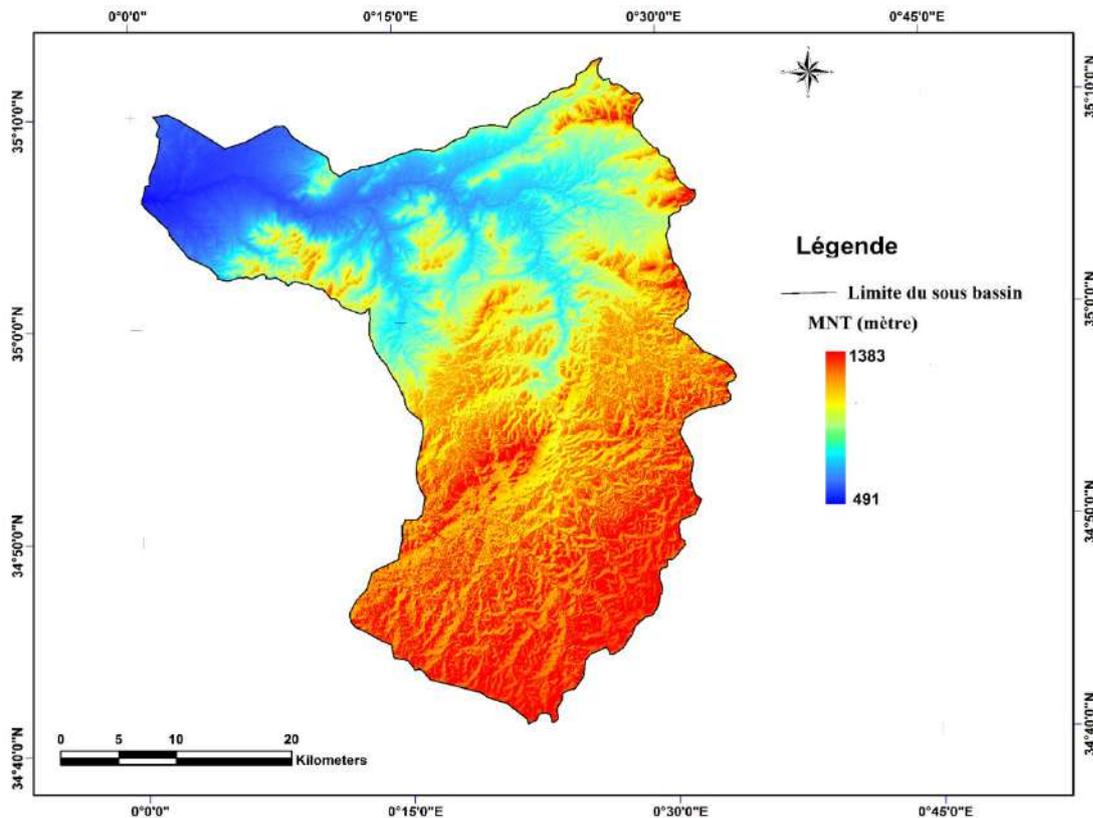


Figure n°9 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Bassin Versant d'Oued Taria (Dr. Anteur).

III.4.1. Surface et périmètre du bassin versant

Le bassin versant d'Oued Taria draine une superficie de **1365 km²** et à un périmètre de **191.5 Km**, la longueur du thalweg principal est de **85.3 Km**.

III.4.2. Etude du relief

Les altitudes ainsi que la forme du relief influent considérablement sur les différents paramètres hydro-climatiques d'une région donnée. Elles déterminent en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation.

III.4.2.1. La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique est tracée selon les résultats des mesures de la répartition du bassin versant par tranche d'altitude, et surfaces partielles, cette courbe fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de l'altitude. Sur l'abscisse, on reporte la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin et les altitudes sont représentées sur l'axe des

coordonnées. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

Tableau n°2: Calcul des surfaces cumulées.

Altitude (H) (m)	Surfaces partielles (S)		Surfaces cumulées (S)	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
1316-1300	3,05	0,22	3,05	0,22
1300-1200	87,63	6,42	90,68	6,64
1200-1100	285,61	20,92	376,29	27,57
1100-1000	312,47	22,89	688,76	50,46
1000-900	143,27	10,50	832,03	60,95
900-800	142,56	10,44	974,59	71,40
800-700	182,56	13,37	1157,15	84,77
700-600	129,78	9,51	1286,93	94,28
600-500	73,07	5,35	1360	99,63
500-461	5	0,37	1365	100,00
		Σ=1365		

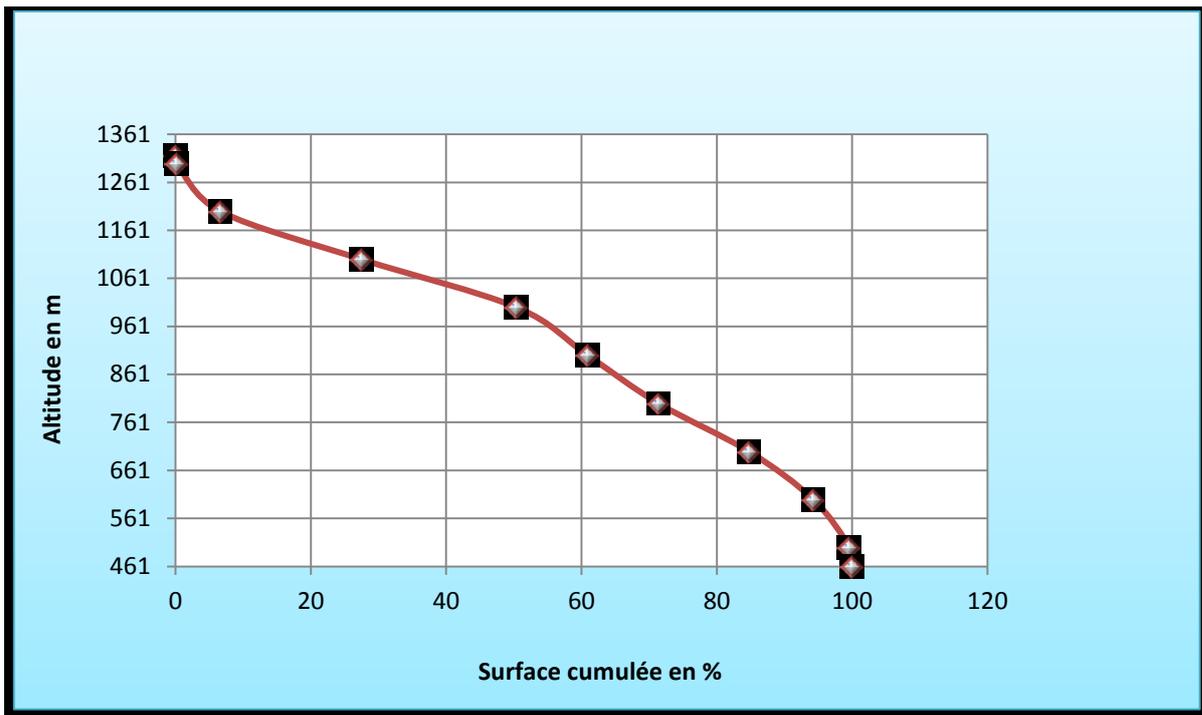


Figure n° 10: Courbe Hypsométrique du bassin versant d'oued Taria.

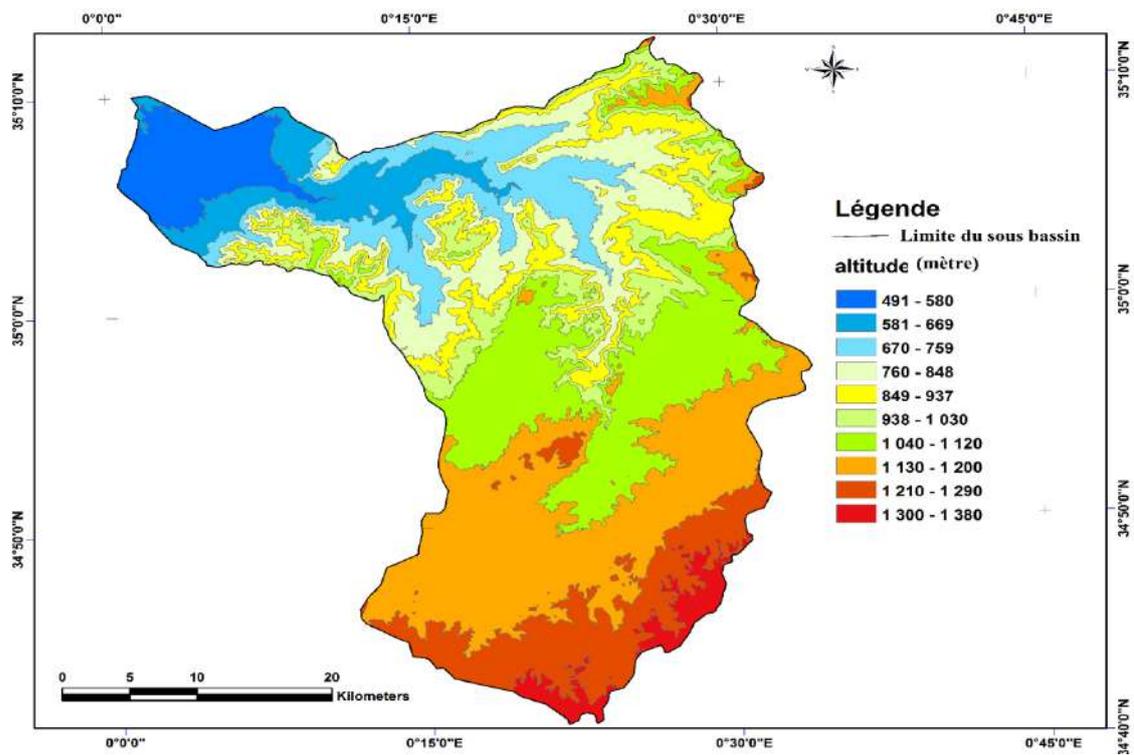


Figure n° 11 : Carte d'altitude du Bassin Versant d'Oued Taria (Dr. Anteur).

III.4.2. Forme du bassin

La nature de la forme d'un bassin, influence énormément l'écoulement et détermine l'allure de son hydrogramme. Un bassin très allongé ne réagit pas de la même manière qu'un autre bassin de forme très ramassés ayant évidemment les mêmes caractéristiques. Roche (1963).

Généralement, la forme d'un bassin versant est relative à l'indice de compacité de Gravelius.

Ce dernier est déterminé en comparant le périmètre (P) du bassin à celui d'un cercle possédant la même superficie (S).

III.4.2.2.1. Indice de compacité

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. Ce phénomène est lié à la notion de temps de concentration.

En revanche, les bassins en forme d'éventail, présentant un temps de concentration plus court, auront les plus forts débits de pointe.

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'indice de compacité de Gravelius (1914) K_C , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface:

$$K_C = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P: périmètre du bassin versant (Km).

A : surface du bassin versant (Km²).

K_C : indice de Gravelius.

Sur le plan morphologique, l'indice de compacité est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

Pour le cas du bassin versant de l'oued Saida, la valeur du coefficient de compacité est :

$K_C = 1,46$ indique que le bassin est de forme allongée.

III.4.2.2.2. Notion de Rectangle équivalent

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions L et l ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux de

points de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits cotés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement:

$$P = 2*(L+l) \text{ et } S = L*l \rightarrow (1)$$

La longueur L et la largeur l en Km sont données par la résolution de P et S:

$$K_C = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \rightarrow (2)$$

De (1) et (2) on obtient une Equation de 2^{ème} degré admet deux solutions L_r, l_r :

$$L_r = \frac{K_C \sqrt{S}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right)$$

$$l_r = \frac{K_C \sqrt{S}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right)$$

Avec L_r : longueur du rectangle équivalent en (Km).

l_r : largeur du rectangle équivalent en (Km).

On obtient: $L_r = 79.27 \text{ km}$

et $l_r = 17.22 \text{ km}$

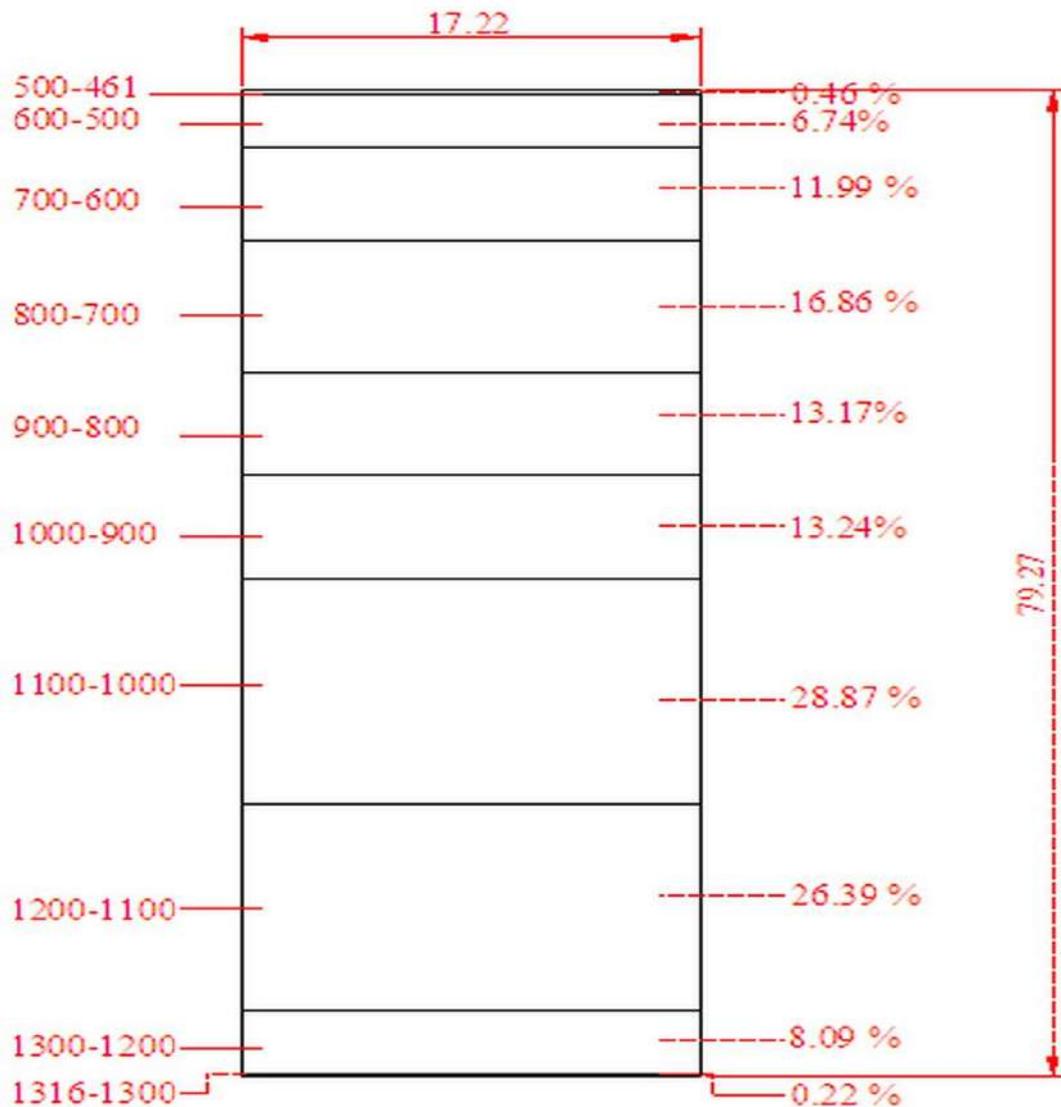


Figure n°12 : Rectangle équivalent du bassin versant de l'oued Taria.

III.5. Altitudes caractéristiques du bassin

III.5.1. L'altitude maximale et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques ou à partir de la courbe hypsométrique. 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, la précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente, donc d'après la courbe hypsométrique, on peut déterminer:

$$\boxed{H_{\max} = 1316\text{m}} \quad \text{et} \quad \boxed{H_{\min} = 461\text{m}}$$

III.5.1.1. L'altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit:

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i * h_i}{S}$$

Avec:

H_{moy} : altitude moyenne du bassin [m].

S_i : aire comprise entre deux courbes de niveau [km²].

h_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m].

S : superficie totale du bassin versant [km²].

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.

Tableau n° 3: Détermination de l'altitude moyenne

Altitude (H) (m)	H _i (m)	S _i (km ²)
1316-1300	1308	3,05
1300-1200	1250	87,63
1200-1100	1150	285,61
1100-1000	1050	312,47
1000-900	950	143,27
900-800	850	142,56
800-700	750	182,56
700-600	650	129,78
600-500	550	73,07
500-461	480,5	5
		Σ=1365

Donc:

$$\boxed{H_{\text{moy}} = 945.95 \text{ m}}$$

III.5.1.1. L'altitude la plus fréquente

L'altitude la plus fréquente est représentée par le point maximum au diagramme des fréquences altimétriques.

$$H_{fr} = 1050 \text{ m}$$

III.5.1.3. L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière, d'après la courbe hypsométrique on a :

$$H_{méd} = 1052 \text{ m}$$

Tableau n°4: Tableau récapitulatif.

Altitude	Valeur (m)
H_{max}	1316
H_{min}	461
H_{moy}	945.95
H_{fr}	1050
$H_{95\%}$	636.54
$H_{5\%}$	1264.81
$H_{médiane}=H_{50\%}$	1052

III.5.2. Les indice de pente

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

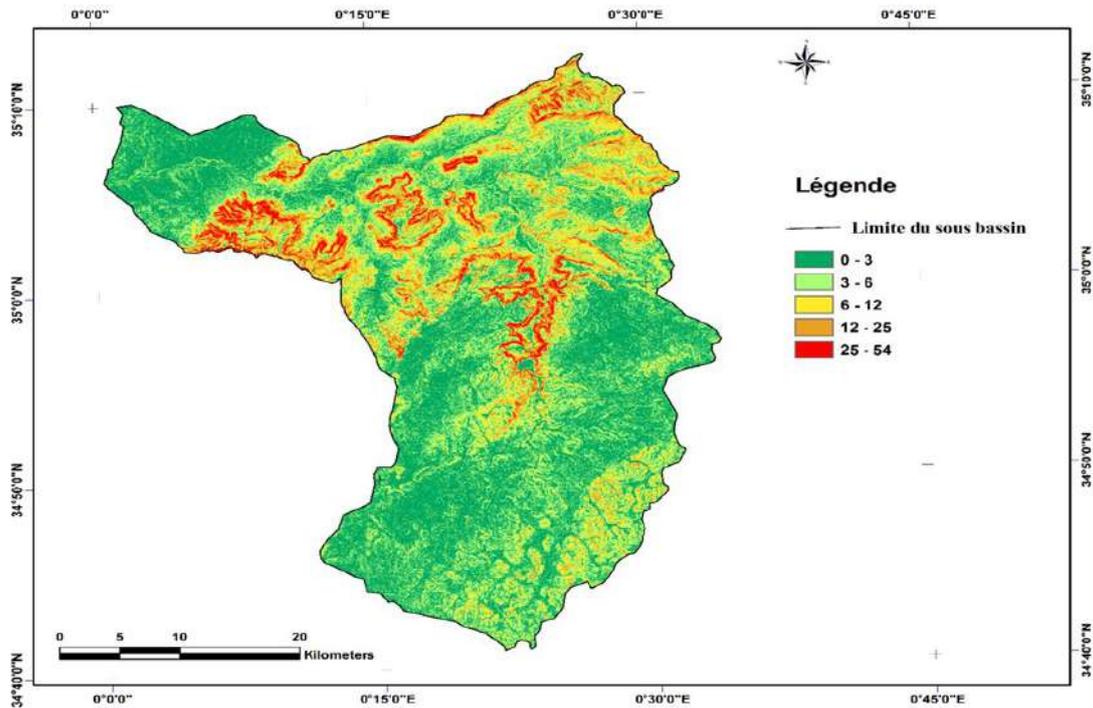


Figure n°13: Carte des pentes du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

III.5.2. 1. Indice de pente globale I_g

C'est le rapport de la dénivelée du bassin à la longueur du rectangle équivalent.

$$I_g = \frac{D}{L}$$

Avec : $D = H_{5\%} - H_{95\%}$

D'où

- $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$: sont les altitudes correspondantes à $S_{5\%}$ et $S_{95\%}$.
- L : la longueur du rectangle équivalent (km).

On prend:

Pour le cas de notre bassin versant, on a :

$$D = 1264.81 - 636.54 = 628.27 \text{ m}$$

$$\text{Donc: } I_g = 7.92 \text{ m/km}$$

III.5.2.2. Indice de pente de Roche I_p

L'indice de pente de ROCHE sert à déterminer la pente moyenne à partir des données du bassin versant. Il tient compte du facteur de ruissellement et de l'influence du facteur de pente sur le régime hydrologique du bassin.

M. ROCHE a introduit cet indice qui se calcule, directement à partir du rectangle équivalent, l'indice de pente I_p défini par Roche est égal à :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_i^n \sqrt{B_i} \cdot [a_i - a_{i-1}]$$

L : longueur de rectangle équivalent = 79.27 km où $\sqrt{L}=8.90$.

B_i: surface partielle (%) comprise entre deux courbes de niveau a_i et a_{i-1}; fonction donnée par le tableau hypsométrique.

D_i : dénivelée entre deux courbes de niveau voisine.

Tableau n° 5: Détermination de la pente de Roche I_p

H _i et H _{i-1}	D _i =H _i - H _{i-1}	S _i (Km ²)	A _i =S _i /S (%)	A _i *D _i	$\sqrt{A_i * D_i}$
1316-1300	0,016	3,05	0,22	0,004	0,06
1300-1200	0,1	87,63	6,42	0,64	0,80
1200-1100	0,1	285,61	20,92	2,09	1,45
1100-1000	0,1	312,47	22,89	2,29	1,51
1000-900	0,1	143,27	10,50	1,05	1,02
900-800	0,1	142,56	10,44	1,04	1,02
800-700	0,1	182,56	13,37	1,34	1,16
700-600	0,1	129,78	9,51	0,95	0,98
600-500	0,1	73,07	5,35	0,54	0,73
500-461	0,039	5	0,37	0,014	0,12
$\sum \sqrt{A_i * D_i}$					8,85

Donc: $I_p = 0.99$

III.5.2.3. Dénivelée spécifique D_s

Elle est utile pour la classification des bassins versants, cette dernière ne présente pas l'inconvénient de l'indice de pente globale I_g.

$$D_s = \frac{D}{L} \times \sqrt{S} = I_g \times \sqrt{S}$$

Avec: D: La dénivelée du bassin (m) ;

S: La surface du bassin versant (Km²) ;

L: La longueur du rectangle équivalent (Km) ;

Soit: $D_s = 292.61 \text{ m}$

La dénivelée spécifique donne lieu à une classification de l'**O.R.S.T.O.M** (Office des Recherches Scientifique des Travaux Outre Mère) ci-dessous, appliquée à tout bassin quelle que soit sa superficie:

- R1: Relief très faible $D_s < 10 \text{ m}$
- R2: Relief faible $10 \text{ m} < D_s < 25 \text{ m}$
- R3: Relief assez faible $25 \text{ m} < D_s < 50 \text{ m}$
- R4: Relief modéré $50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$
- R5: Relief assez fort $100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$
- R6: Relief fort $250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$
- R7: Relief très fort $D_s > 500 \text{ m}$

-D'après cette classification, notre bassin versant se trouve on classe R6, c'est à dire un relief fort.

-Les indices de pente ont une influence considérable sur le calcul du temps de concentration et caractérisent l'importance des crues.

III.5.2.4. Indice de pente moyenne I_{pm}

La pente moyenne est un paramètre important qui renseigne sur la topographie du bassin versant. Elle donne une bonne indication sur le temps de concentration et influe directement sur le débit de pointe lors d'une averse. Elle est déterminée par la relation suivante:

$$I_{pm} = \frac{D}{L} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

Avec: D: Dénivelée totale du bassin versant (m) ;

L : Longueur du rectangle équivalent (Km) ;

Soit: $I_{pm} = 10.72 \text{ m/km}$

L'indice de pente moyenne est fort, donc on assistera à un écoulement rapide.

Coefficient d'allongement:

Il est donné par la formule suivante: $K_P = \frac{P^2}{S}$

Soit: $K_P = 26.86$

III.6. Etude du réseau hydrographique

III.6.1. Profil en long de l'oued

Pour établir le profil en long d'un cours d'eau, on portera en abscisses les longueurs développées le long du cours d'eau à partir d'un point considéré et on ordonne l'altitude du fond de lit.

Dans le cadre de notre travail, nous avons établi le profil en long de l'Oued Taria à l'aide du logiciel Global Mapper destiné au traitement du M.N.T.

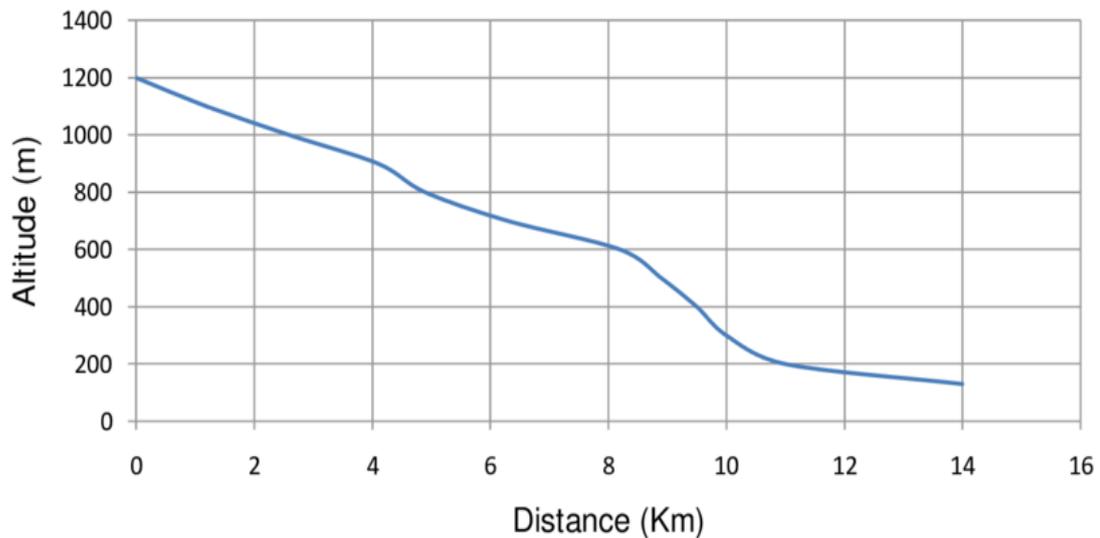


Figure n°14 : Profil en long du cours d'eau d'Oued Taria.

III.6.1.1. Classification des thalwegs

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

Pour chiffrer la ramification du chevelu hydrographique, chaque cours d'eau reçoit un numéro en fonction de son importance. Cette numérisation appelée ordre du cours d'eau diffère selon les auteurs, la classification que nous allons utiliser est celle de Schum.

Les paramètres qui caractérisent la forme du réseau hydrographique sont:

- La densité de drainage.
- La fréquence des cours d'eau.
- Le rapport de confluence.
- Le rapport de longueur.

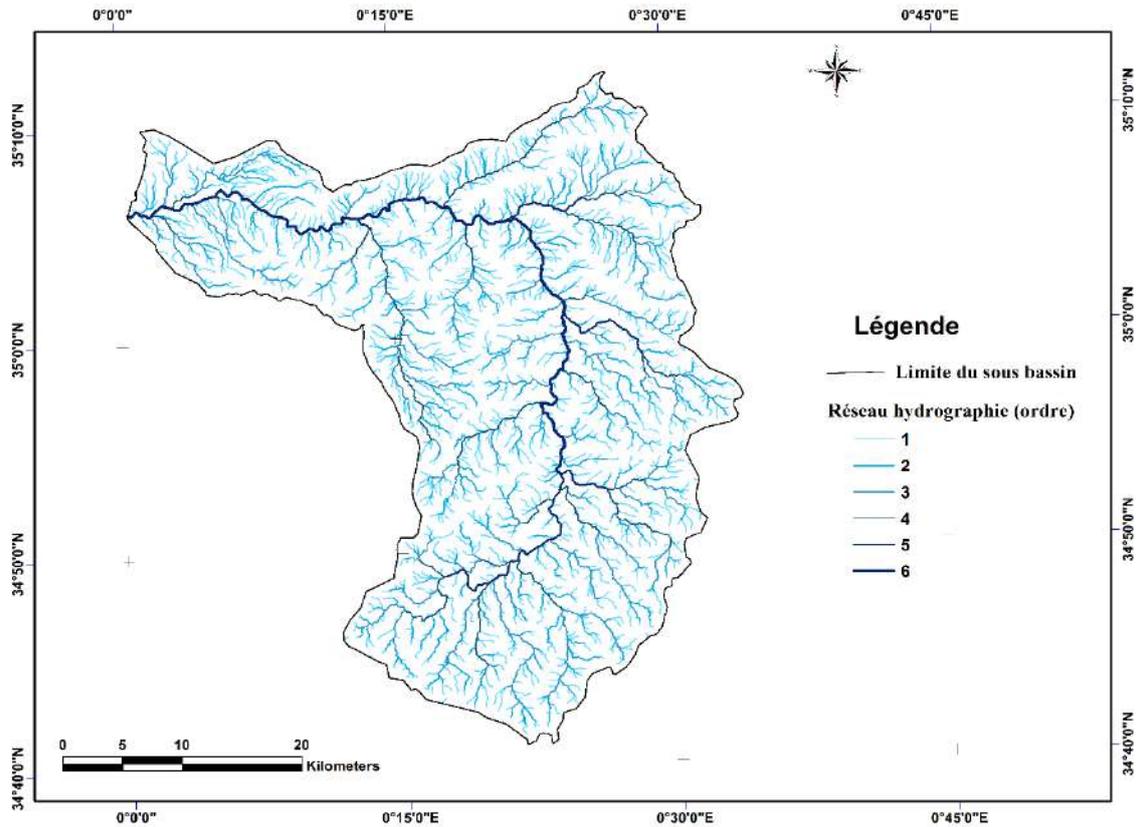


Figure n°15 : Carte du chevelu hydrographique du bassin versant de l’Oued Taria (Dr.Anteur).

Tableau n° 6: Classification des thalwegs du bassin versant de l’OuedTaria.

Ordre	Nombre	Longueur (Km)	Longueur moyenne(Km)
1	1810	1053.45	0,58
2	384	531.104	1,38
3	81	270.691	3,34
4	19	151.653	7,98
5	5	23.5693	4,71
6	1	80.8122	80,81
Total	2300	2111.28	98,81

III.6.1.2. Densité de drainage Dd

C’est le rapport entre la longueur total de tous les talwegs « L_i »du bassin versant, à la surface « S » elle permet de donner une idée sur l’importance du chevelu hydrographique.

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S}$$

Avec:

$\sum_{i=1}^n Li$: La longueur totale de tous les cours d'eau égale à 2111.28 Km.

S: Superficie du bassin versant en (Km²).

Soit: $D_d = 1.6 \text{ km/km}^2$

III.6.1.3-Rapport de confluence R_c

C'est le quotient du nombre des thalwegs d'ordre (n) par celui des thalwegs d'ordre supérieur

(n+1), soit: $R_c = \frac{N_n}{N_{n+1}}$

Avec: R_c : Rapport de confluence ;

N_n : Nombre de thalwegs d'ordre n ;

N_{n+1} : Nombre de thalwegs d'ordre n+1.

Nous avons donc le nombre de rivière de chaque ordre dont nous portons les thalwegs sur papier semi-logarithmique .La pente de cette droite est le rapport lui-même R_c , plus est grand, plus le bassin est torrentiel.

Tableau n°7 : Rapport de confluence des thalwegs du bassin.

Bassin Versant OuedTaria		
Ordre	Nombre	Rapport de confluence
1	1810	/
2	384	4.71
3	81	4.74
4	19	4.26
5	5	3.8
6	1	05
Moyenne		4.50

Soit le rapport de confluence moyen: $R_c = 4.50$

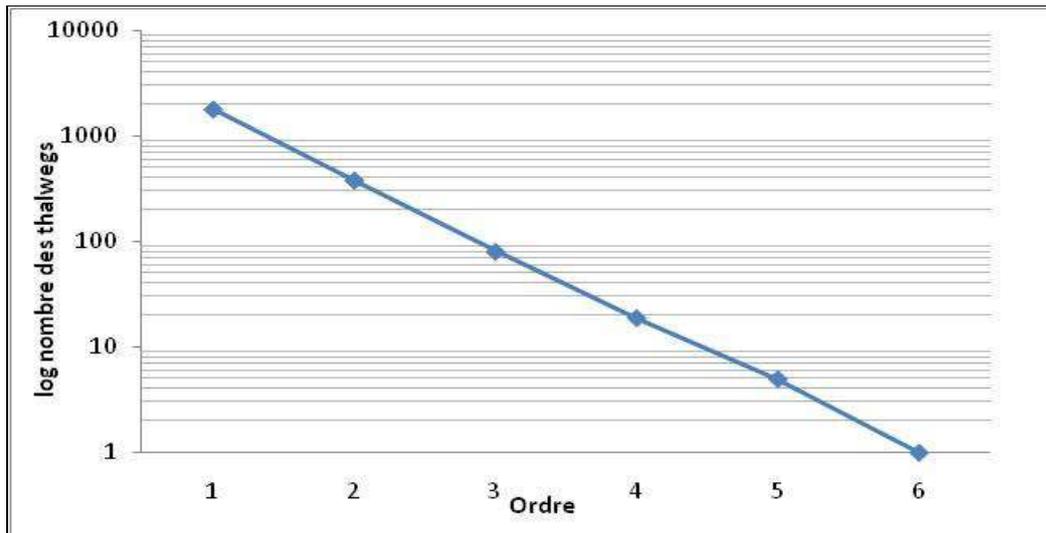


Figure n° 16 : Rapport de confluence du bassin versant de l'Oued Taria.

III.6.1.4-Rapport des longueurs R_L

Le rapport de longueur est estimé par la formule: $R_L = \frac{L_{n+1}}{L_n}$

Avec: R_L : Rapport de longueur ;

L_{n+1} : Longueur moyenne des cours d'eau d'ordre n+1 ;

L_n : Longueur moyenne des cours d'eau d'ordre n.

Nous portons sur papier semi-logarithmique les valeurs obtenus généralement, les points s'alignent autour d'une droite.

Le rapport de longueur moyen est égal à la pente de la droite ajustée aux points.

Tableau n°8 : Rapport de longueur des thalwegs du bassin.

Bassin Versant OuedTaria		
Ordre	Longueur moyenne(Km)	Rapport de longueur
1	0,58	/
2	1,38	0.42
3	3,34	0.413
4	7,98	0.418
5	4,71	1.69
6	80,81	0.058
Moyenne		0.60

le rapport de longueur moyen :

$$R_L = 0.60$$

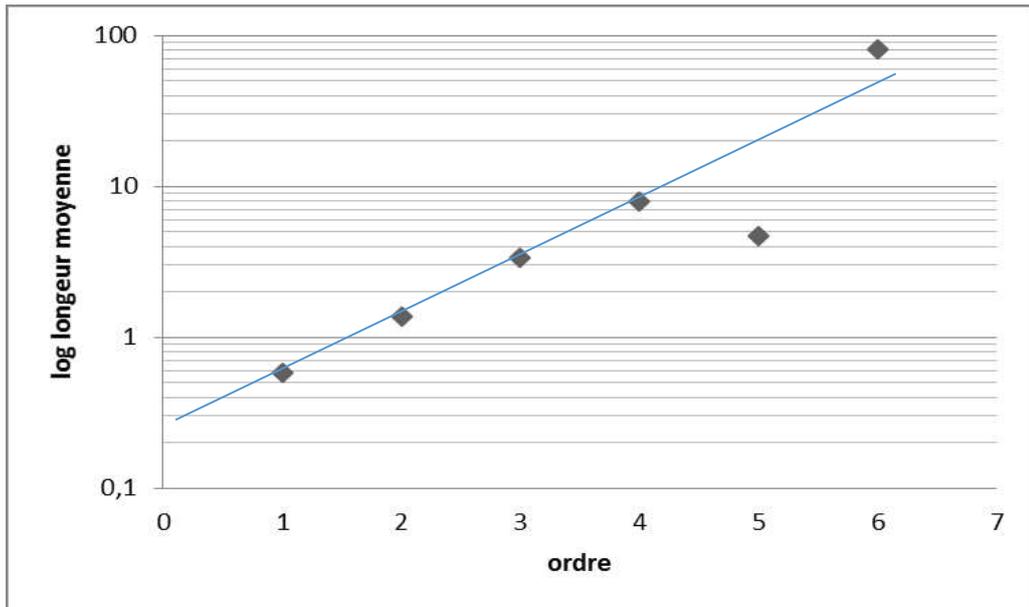


Figure n°17 : Rapport de longueur du bassin versant de l'Oued Taria.

III.6.1.5 Densité du thalweg élémentaire

Elle correspond au nombre de cours d'eau par unité de surface. Elle est obtenue à partir du rapport du nombre de cours d'eau (N) à la surface totale (S) du bassin. Elle est calculée par la relation suivante :

$$F_1 = \frac{N_1}{S}$$

Avec:

N₁: Nombre de thalwegs d'ordre 1, N₁= 1810.

S: Superficie du bassin versant.

Soit: $F_1 = 1.32 \text{ thalweg/km}^2$

III.6.1.6-Coefficient de torrentialité

Coefficient de torrentialité est égal au produit de la densité des thalwegs élémentaire par la densité de drainage, il met en évidence le caractère torrentiel du chevelu hydrographique. Il est défini comme étant: $C_t = D_d \cdot F_1$

Soit: $C_t = 2.05 \text{ Km}^{-3}$

Avec : D_d : Densité de drainage.

F₁ : Fréquence des thalwegs élémentaires.

III.6.1.7. Temps de concentration du bassin versant T_c

C'est le temps que met la particule d'eau la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire, pour son calcul, nous faisons appel à la formule de GIANDOTTI (1937) soit:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S + 1.5L_{cp}}}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec:

S: surface du bassin versant (Km²) ;

L_{cp}: longueur de cours d'eau principal (Km) ; L_{cp} = 85.3 Km.

T_c: temps de concentrations exprimé en heure

H_{moy}: altitude moyenne (m) ;

H_{min}: altitude minimale (m) .

Soit: T_c = 0.71 heure

III.6.1.8-Vitesse de ruissellement

On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain, et dans le micro-réseau hydrographique, des eaux météoriques qui ont échappé à l'infiltration, à l'évaporation et au stockage superficiel.

Cette vitesse est déterminée par la formule suivante:

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

L: Longueur du thalweg principal (Km).

T_c: Temps de concentration (h) .

Soit: $V_r = 119.99 \text{ Km/h}$

Tableau n°9 : Caractéristiques hydro morpho métriques du bassin versant.

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	km^2	1365
Périmètre		P	km	191.5
Longueur du thalweg principal		L	km	85.3
Indice de compacité		K_C	/	1.46
Coefficient d'allongement		K_P	/	26.86
Rectangle équivalent	longueur	L_r	km	79.27
	largeur	l_r	Km	17.22
Altitudes	maximale	H_{max}	m	1316
	moyenne	H_{moy}	m	945.95
	médiane	H_{med}	m	1052
	minimale	H_{min}	m	461
Indice de pente de Roche		I_P	/	0.99
Indice de pente globale		I_g	m/Km	7.92
Indice de pente moyenne		I_{pm}	%	10.72
Densité de drainage		D_d	Km/Km^2	1.6
Coefficient de torrentialité		C_t	Km^{-3}	2.05
Temps de concentration		T_c	h	0.71
Vitesse de ruissellement		V_r	Km/h	119.99
Rapport de confluence moyen		R_C	/	4.5
Rapport de longueur moyen		R_L	/	0.60

Synthèse

Les principaux paramètres morphométriques et hydrographiques qui agissent sur les variations du régime hydrographique montrent que le bassin d'Oued Taria est caractérisé par une forme relativement allongée avec un périmètre dendritique.

Le relief, facteur déterminant de l'altitude des terrains au ruissellement, à l'infiltration et à l'évaporation (comportement hydrologique), présente une altitude comprise entre 1316 et 461 m, avec une moyenne de 945.9 m.

Les indices de pentes permettent de caractériser les pentes, de comparer et de classer les bassins. Cet indice détermine la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant.

Le rapport de confluence est fort confirme l'allongement du bassin versant et indique que le réseau hydrographique est torrentueux.

Quant au coefficient de torrentialité (Ct), qui tient compte de la densité du chevelu par la densité de drainage, mis en évidence le caractère non torrentiel de l'écoulement.

Le temps de concentration est relativement moyen, atteste une vitesse d'écoulement moyenne.

III.6.2. Climat

III.6.2.1. Introduction

Cette étude a pour but d'évaluer les paramètres qui déterminent en grande partie l'écoulement de surface, la genèse des crues. Cette étude doit précéder tous calculs hydrologiques et qui devrait comporter l'analyse de son bilan thermique, la température et les précipitations dans notre bassin versant. Le climat de notre région d'étude est méditerranéen en semi-aride, caractérisé par deux saisons, une période chaude et sèche, et une période froide et humide. Les précipitations jouent un rôle déterminant dans le régime d'un cours d'eau. En effet, elles agissent directement sur le régime des écoulements des cours d'eaux.

III.6.2.2. Les précipitations

Les données de précipitations ont été recueillies auprès de l'ANRH d'ORAN pour la période de 2000 à 2012 et ce pour la station de Saida et Taria.

III.6.2.2.1. Précipitations mensuelles

Selon le tableau N°, Les précipitations sont très irrégulières (voire figure N° 23), Elles varient d'un mois à l'autre ; celles de la station de Saida sont supérieures de celles de Taria. On constate que le mois de novembre est le mois le plus pluvieux, juillet est le mois sec.

Tableau n° 10: précipitations mensuelles des deux stations.

Mois	Station d'oued Taria	Station de Saida
Sept	15,0	16,2
Oct	34,1	47,1
Nov	43,2	55,3
Déc	29,0	38,0
Janv	35,8	48,5
Fév	30,0	43
Mars	25,3	34,3
Avril	36,6	53,9
Mai	30,7	34,2
Juin	4,7	8,3
Juil	1,5	2,5
Aout	5,1	8,8

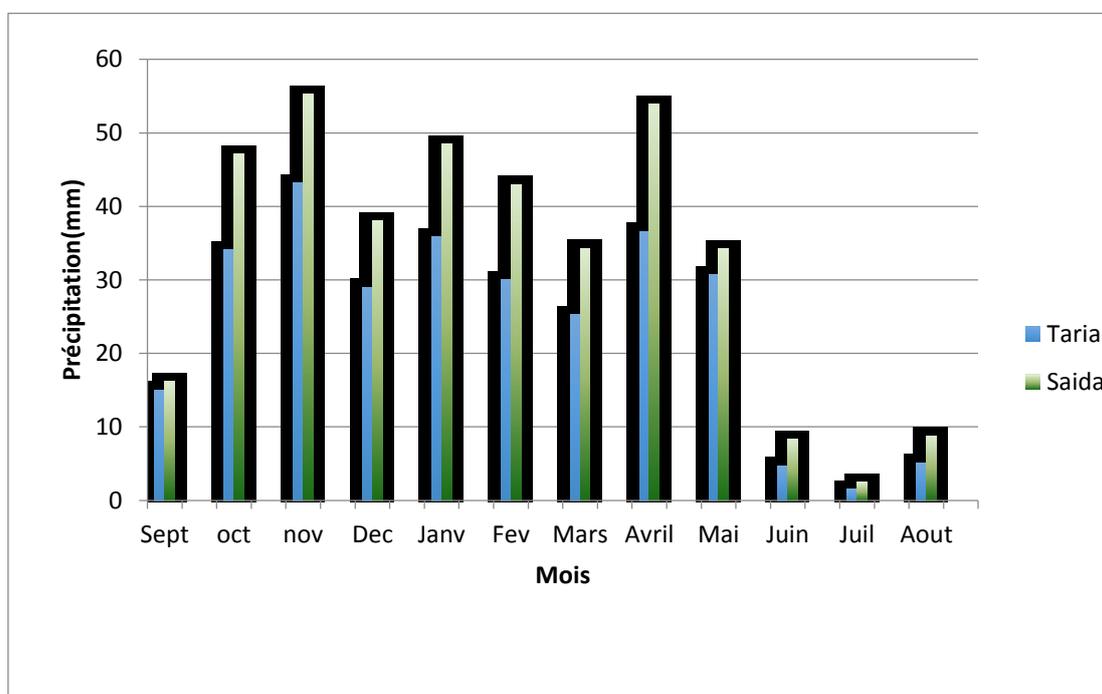


Figure n°18 : Variation des précipitations mensuelles.

III.6.2.2.2. Précipitations saisonnières

pour les deux stations (tableau N°09 et Fig 24.), on constate que l'hiver représente la saison la plus pluvieuse, l'automne et printemps présentent pratiquement la même pluviométrie alors que l'été correspond à la saison sèche.

Tableau n°11 : Précipitations saisonnières.

Station \ Saison	Taria	Saida
Automne	30,8	39,5
Hiver	31,6	43,3
Printemps	30,9	40,8
Eté	3,7	6,5

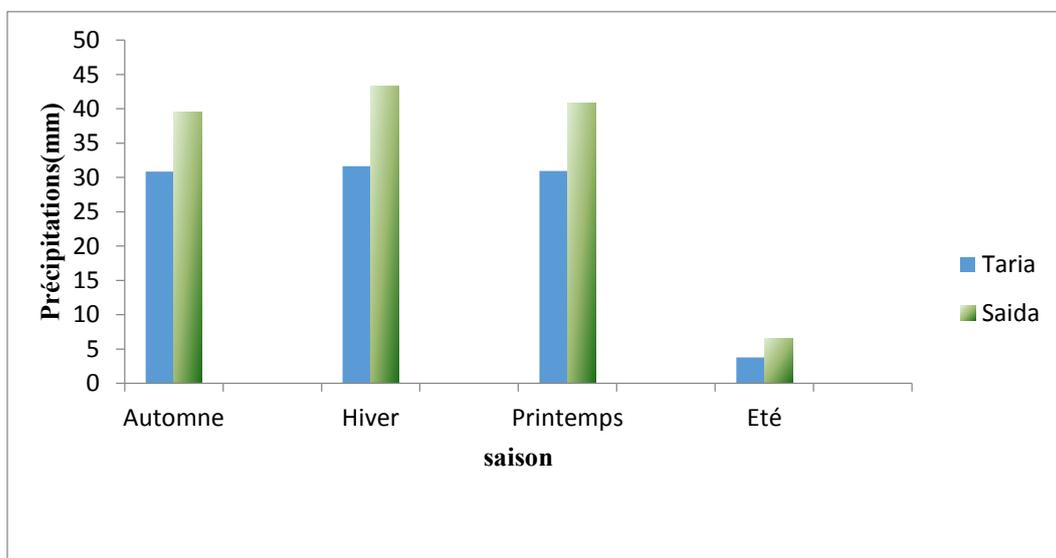


Figure n°19 : variation des précipitations saisonnières.

III.6.2.2.3. Précipitations annuelles

Bien que la notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, sa connaissance demeure nécessaire pour l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyenne annuelle de l'écoulement, elle permet également de cerner la variabilité des précipitations en fonction de la période d'observation. Les valeurs de précipitations annuelles enregistrées au niveau des deux stations sont résumées dans le tableau N°10 et Fig N°25 Suivantes.

Tableau n°12 : Précipitations annuelles.

Station Année	Saida	Taria
2000	279,2	241,7
2001	247,3	248,2
2002	367,0	323,5
2003	442,1	333,1
2004	269,2	230,7
2005	351,8	295,6
2006	249,4	264,3
2007	373,8	282,9
2008	578,5	356,3
2009	435,4	297,4
2010	368,1	312,6
2011	416,4	221,2
2012	705,5	382,8

On constate que la pluie annuelle varie d'une année à une autre et d'une station à une autre. La station de Saida est plus pluvieuse par rapport à Taria, l'année la plus pluvieuse est celle de 2012. La pluie moyenne interannuelle pour Taria est de 291.5mm, 391.0 pour Saida.

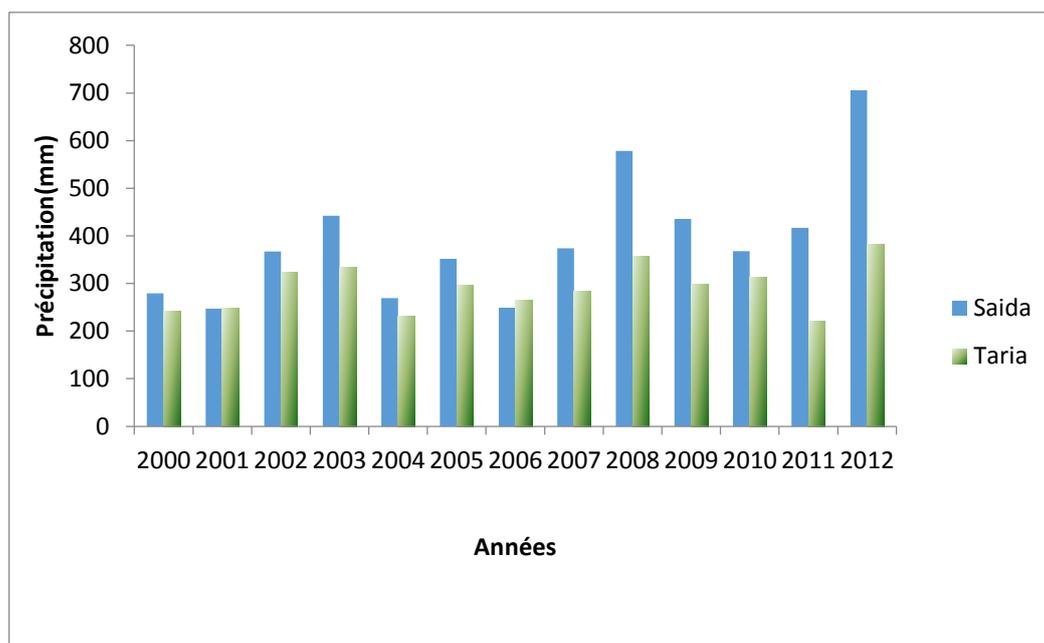


Figure n°20 : variation des précipitations annuelles.

III.6.3. Paramètres généraux

III.6.3.1. Température

On ne dispose généralement que de mesures de températures (thermomètre) effectuée sous abri normalisé à 1,50 m au-dessus du sol dans les stations météorologiques.

Nous présentons un tableau résumant les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes relevées à la station d'Ouizert sur une période de 15ans [1981-1996].

Tableau n°13 : Températures mensuelles T (°c) .

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Tmin	14,4	11,1	04,7	04,7	02,3	06,2	06,3	08,3	11,6	12,5	15,8	15,1
Tmax	20,9	17,5	12,0	10,8	09,0	11,4	12,0	15,8	12,6	18,3	20,9	19,9
Tmoy	17,4	13,2	08,4	07,3	06,3	07,8	08,7	10,5	12,0	15,4	17,3	18,1

Nous traduisons ce tableau sur un graphique ci-dessous (figure N°26) qui présente les variations des températures moyennes mensuelles.

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer Janvier comme le mois le plus froid ($6,3^{\circ}\text{C}$) et Août comme le mois le plus chaud de l'année ($18,1^{\circ}\text{C}$). La moyenne mensuelle est de ($11,9^{\circ}\text{C}$).

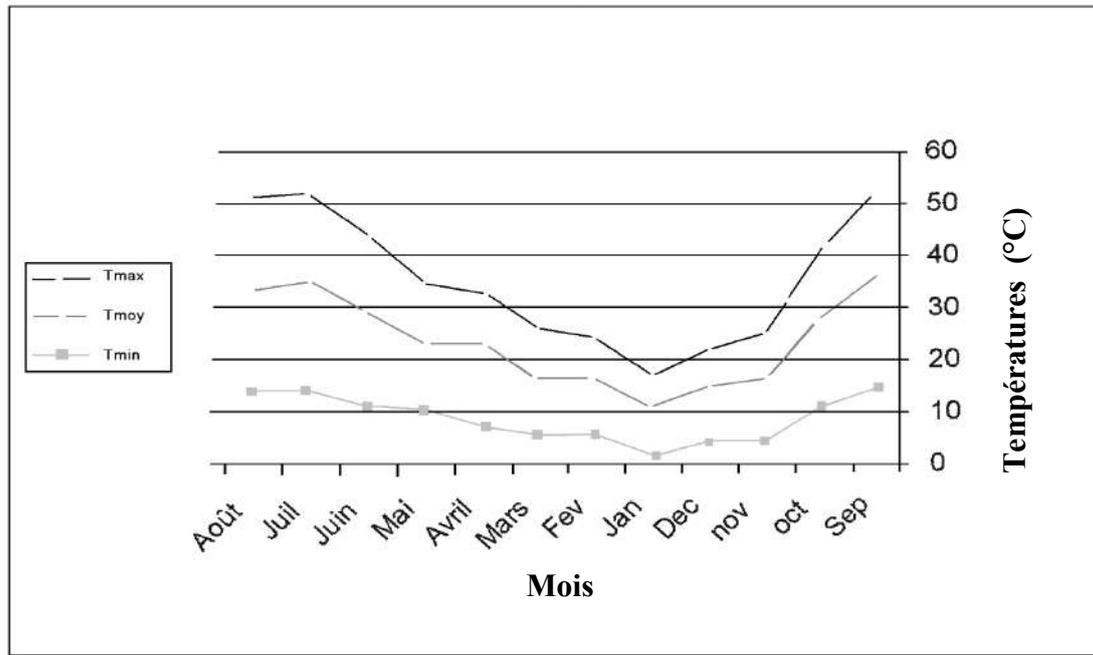


Figure n° 21: variation de la température moyenne mensuelle.

III.6.3.2. Évaporation

L'évaporation est un ensemble de phénomène qui transforme l'eau en vapeur par le processus spécifiquement physique.

La détermination de l'évaporation est nécessaire pour l'évaluation des pertes d'eau dans une retenue.

Les valeurs moyennes mensuelles de la station de Ouizert sur la période (1994-2000), sont représentées dans le tableau N°11 et Fig 27 :

Le module moyen annuel est de $140,83\text{mm}$, le maximum apparaît en juillet $265,2\text{mm}$ et le minimum apparaît en janvier avec une valeur de $37,3\text{mm}$.

Tableau n°14 : L'évaporation moyenne mensuelle en (mm) .

Mois	Sep.	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai.	Juin	Juil.	Août	Sep
Evapo. (mm)	175,7	114	85,6	40,2	37,3	49,1	94	117,3	169,3	229	265,2	240,3	169

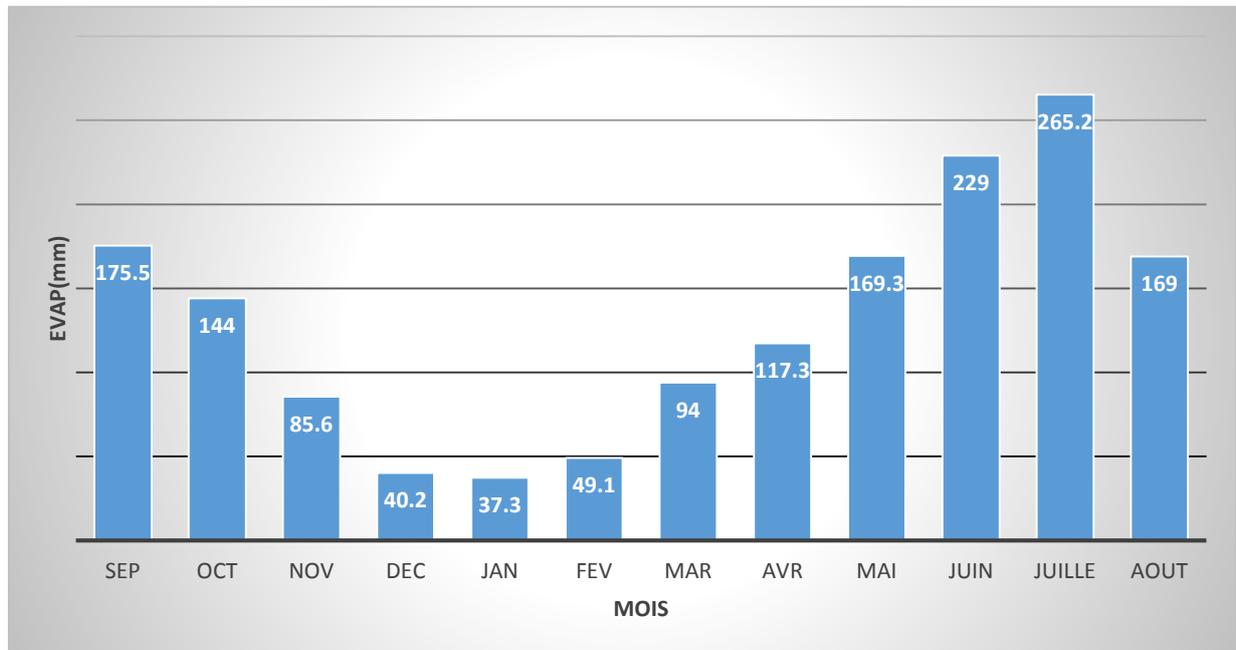


Figure n° 22: Evaporation moyenne mensuelle.

III.6.3.2.1. L'évapotranspiration réelle (ETR) et déficit d'écoulement

Elle est définie comme étant le résultat de l'évaporation du sol et la transpiration végétale, plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'évapotranspiration notamment, l'apport de rayonnement, la tension de vapeur de l'atmosphère, la température, le vent et la caractéristique de la couverture végétale. (ADLI. H, MERAH. H, 2003) ; Le déficit d'écoulement est défini par la différence entre les précipitations et la lame d'eau écoulée à l'échelle du bassin versant.

$$D = P - Q$$

Avec :

D : déficit d'écoulement moyen annuel ;

P : la hauteur moyenne annuelle des précipitations tombée sur le bassin versant ;

Q : la hauteur moyenne annuelle de la lame d'eau écoulée.

Nous avons plusieurs méthodes pour le calcul de l'évapotranspiration réelle à savoir :
La méthode de TURC et la méthode de VERDIEL.

III.6.3.2.1.1. Méthode de TURC

Cette méthode permet de déterminer l'ETR sous la forme suivante :

$$ETR = P / \sqrt{(0,9) + P^2 / L^2}$$

$$L = 300 + 25T + 0,05T^2$$

Avec :

ETR : l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm) ;

P : précipitation moyenne annuelle égale à 357,9 mm ;

T : température moyenne annuelle égale à 11,9 °c.

Donc : $L = 681,76$ et $ETR = 331,39$ mm/an . (La figure N° 13 présente l'abaque de TURC qui permet de donner les valeurs de L et D "déficit d'écoulement").

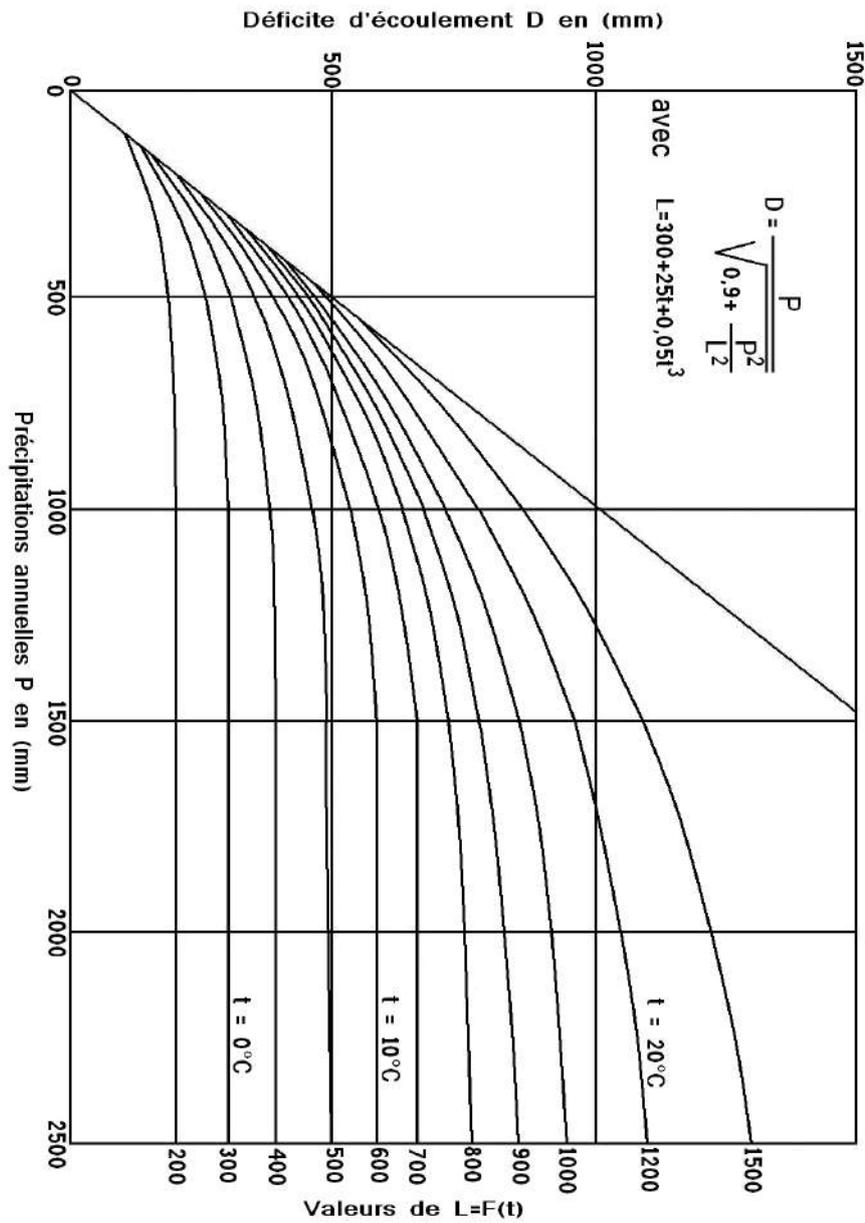


Figure n° 23: Abaque de TURC (ANRH d'Oran).

III.6.3.2.1.2. Méthode de P.VERDEIL

Cette méthode consiste à reporter la valeur des précipitations moyennes annuelles sur l'abaque représentatif du phénomène en Algérie.

L'interaction avec la droite représentatif de : $P = F (D)$, calculée à partir de l'ensemble des données disponibles au Maghreb donne la valeur du déficit d'écoulement. (Voir Abaque de P.Verdiel, fig. N° 14).

$D = 210 \text{ mm}$

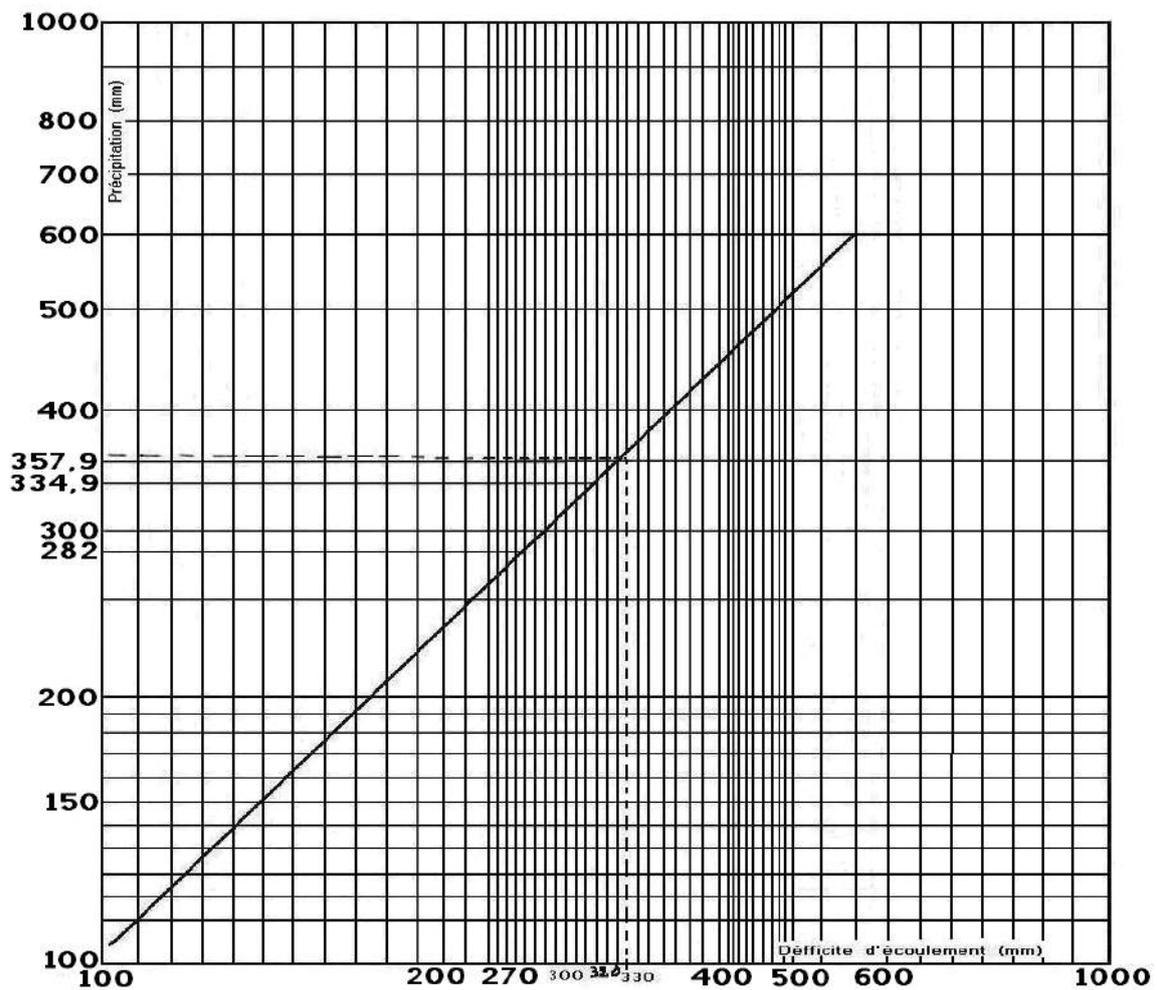


Figure n°24 : Abaque de P.VERDIEL (ANRH d'Oran).

III.6.4. Indice climatique

La notion de l'indice climatique est une importance majeure car elle permet de bien définir et de mieux cerner le type de climat de la région.

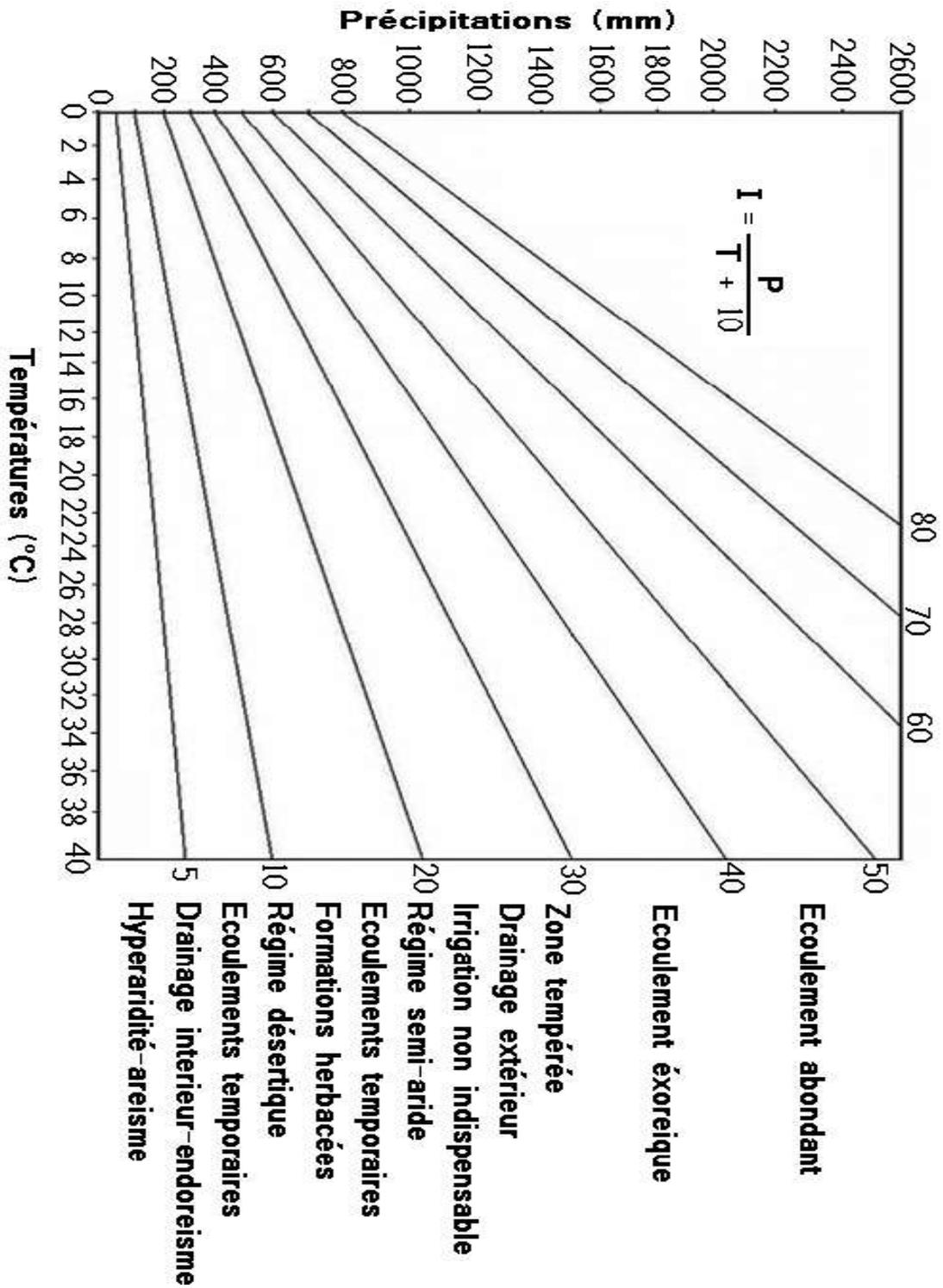
III.6.4.1. Indice d'aridité de Demartonne

A partir des données de précipitation moyennes mensuelles, pour la période de 2000 au 2012 à la Station d'ouizert, on obtient les valeurs sur le tableau suivant :

Tableau n°15 : précipitations moyennes mensuelles :

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars.	Avril.	Mai.	Jui.	Juil.	Août
P(mm)	19,5	17,9	24	23,6	25,9	30,2	33,0	27,3	14,3	5,5	4,1	5,2

III.6.4.2. Indice d'aridité annuelle



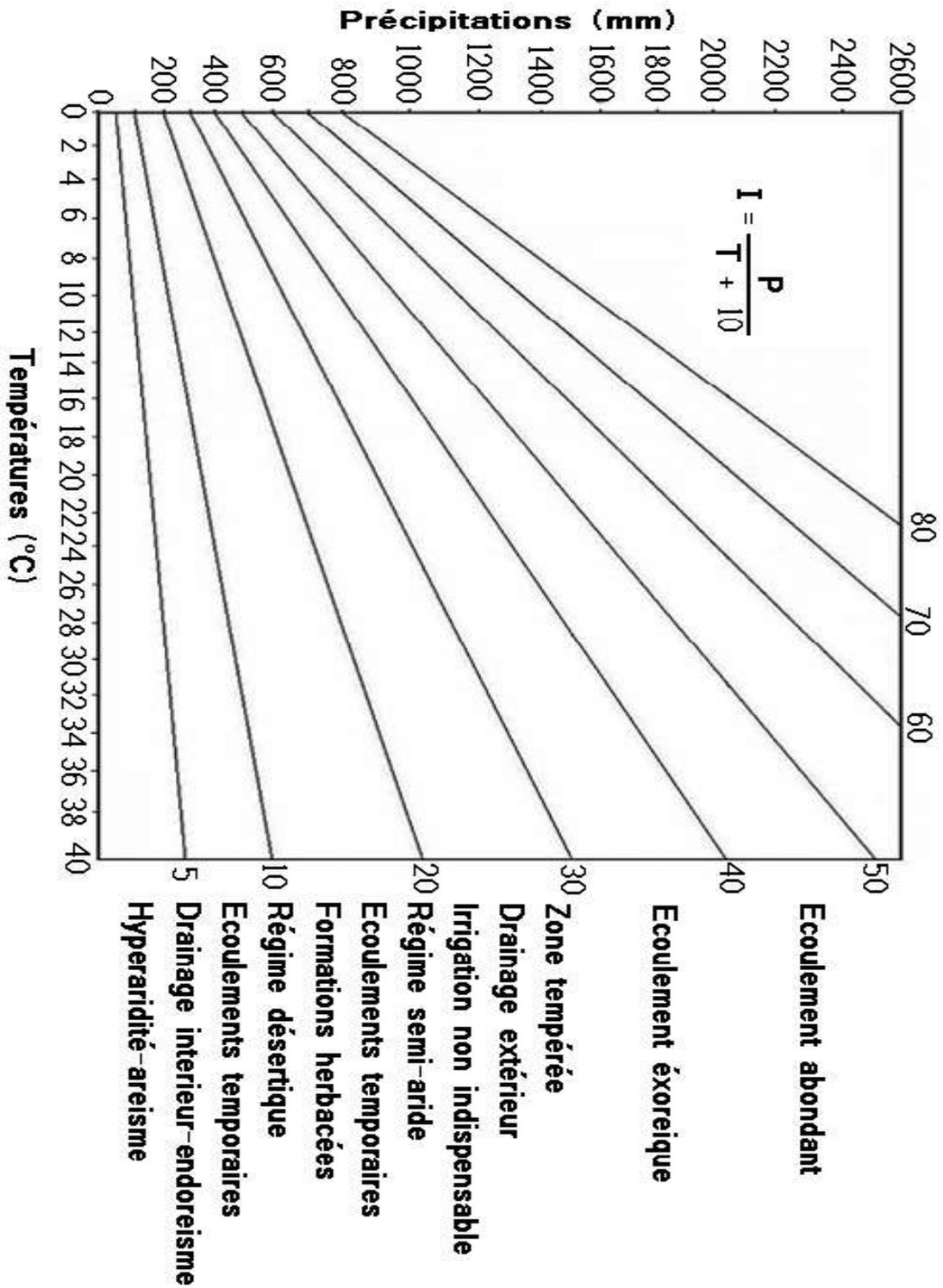
On a :
 $I = P / (T + 10)$

Figure n° 25: Indice d'aridité annuel .

CHAPITRE 04

Matériels et méthode

III.6.4.2. Indice d'aridité annuelle



On a :
 $I = P / (T + 10)$

Figure n° 25: Indice d'aridité annuel .

IV.1. Matériels utilisés

IV.1.1. Les cartes

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

IV.1.2. Les données satellitaires

Pour le but d'observation la végétation et l'occupation du sol on a pu avoir -Une image acquise par les satellites du programme Sentinel 2-A du 30/09/2019.

L1C_T31SBU_A022313_20190930T104936 Cet image est téléchargeable gratuitement à partir du site : (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site <http://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

Tableau n°16 : Caractéristiques des bandes spectrales Sentinel-2A et date d'acquisition .

Résolution spatiale	Bandes	Longueur d'onde centrale (nm)	Largeur de la bande (nm)	Date d'acquisition
10 m	2	490	65	30/09/2019
	3	560	35	
	4	665	30	
	8	842	115	
20 m	5	705	15	30/09/2019
	6	740	15	
	7	783	20	
	8a	865	20	
	11	1610	90	
	12	2190	180	
60 m	1	443	20	
	9	945	20	
	10	1380	30	

IV.1.3. Model Numérique de Terrain

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

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, un MNT

obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>.

IV.1.4. Les données climatiques :

Les données climatiques recueillent au niveau de station météorologique de Saida et la station d'Oued Taria.

IV.2. Matériel utilisé sur terrain :

- .Un carnet et un stylo ;
- Un GPS (Global Position System) ;
- . Des jalons pour voir les limites des placettes.
- Un appareil photo numérique ;
- .Un mètre ruban pour calculer la surface de la placette et pour mesurer le recouvrement.

IV.2.1. Logiciels utilisés

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

ARCGIS 10.3 : ArcGIS Desktop est un ensemble complet d'applications SIG professionnelles permettant de résoudre des problèmes, remplir une mission, augmenter l'efficacité, prendre de meilleures décisions et communiquer, visualiser et comprendre des informations géographiques. Pour ce faire, les utilisateurs exécutent un certain nombre de tâches à l'aide d'ArcGIS Desktop, comme décrit ci-dessous :

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

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

- ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications :

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

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

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

1. ArcView.

2. ArcEditor.

3. ArcInfo.

I.3. Approches méthodologiques.

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la (fig38).

IV .3. Méthodologie

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

$$A = R . K . LS . C . P$$

où

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

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

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

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

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

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

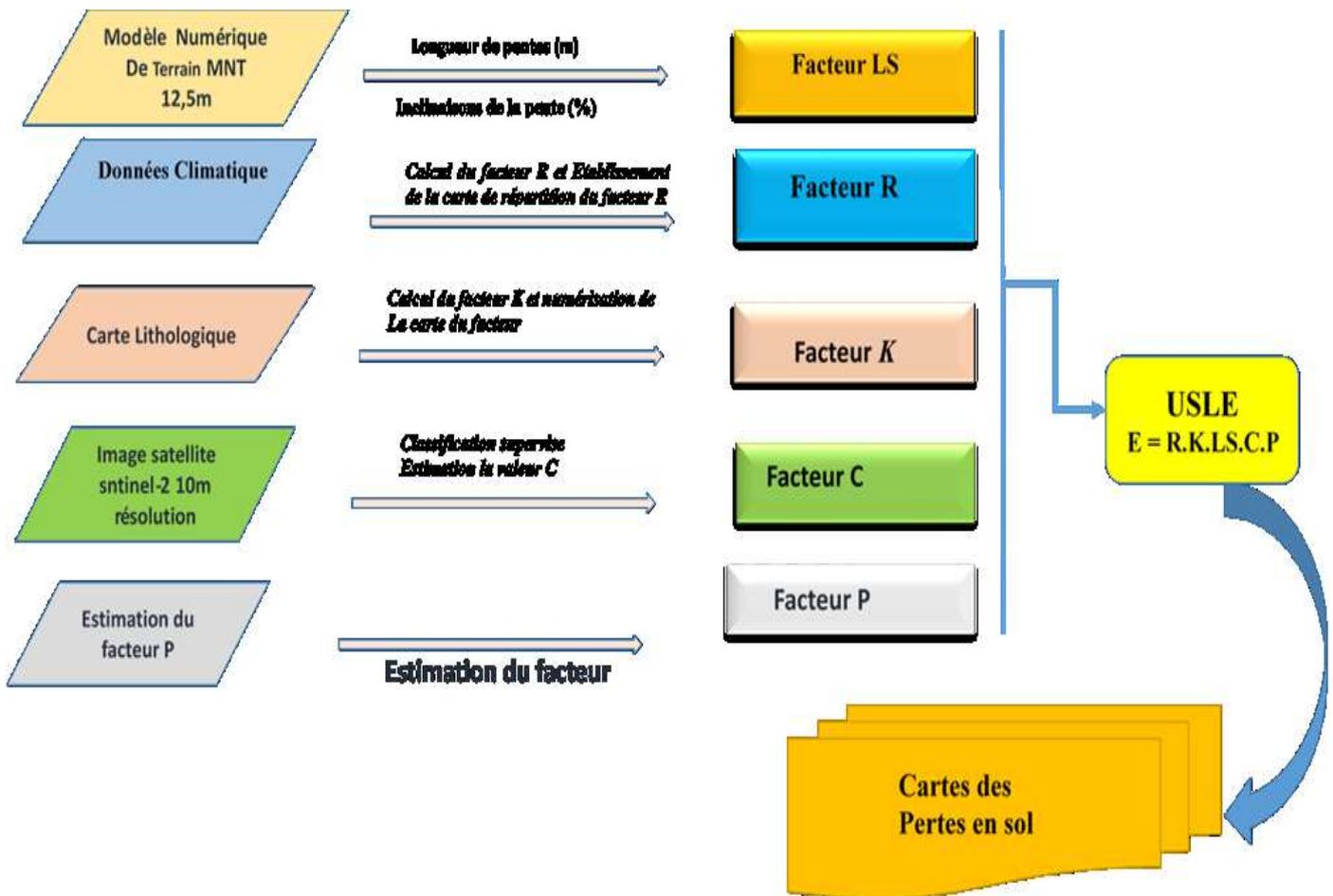


Figure n°26 : Démarche méthodologique.

CHAPITRE 05

Résultats et discussion

V.1. Facteur topographique (LS)

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

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

Où :

Pente = inclinaison de la pente (%)

Longueur de pente = longueur de la pente en m (pi)

Constante = 22,1 en unités du syst. métrique (72,5 en unités imp.)

m = voir le tableau ci-dessous

Tableau n° 17: calcul de longueur de la pente (m).

Pente	< 1	1 ≤ pente < 3	3 ≤ pente < 5	≥ 5
m	0,2	0,3	0,4	0,5

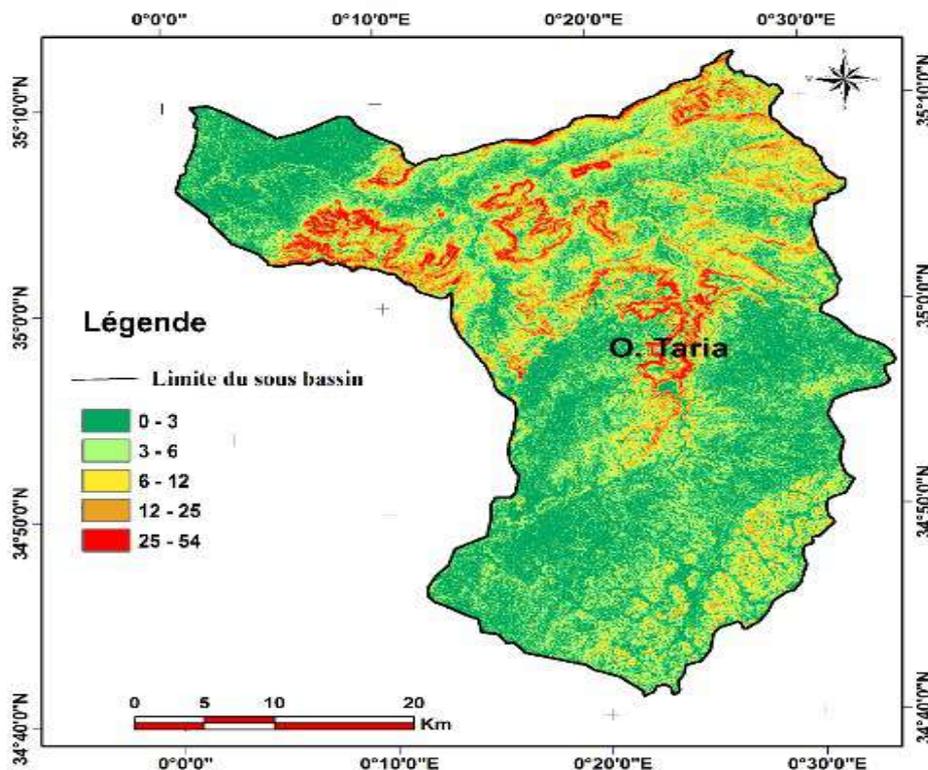


Figure n°27: Carte des pentes du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

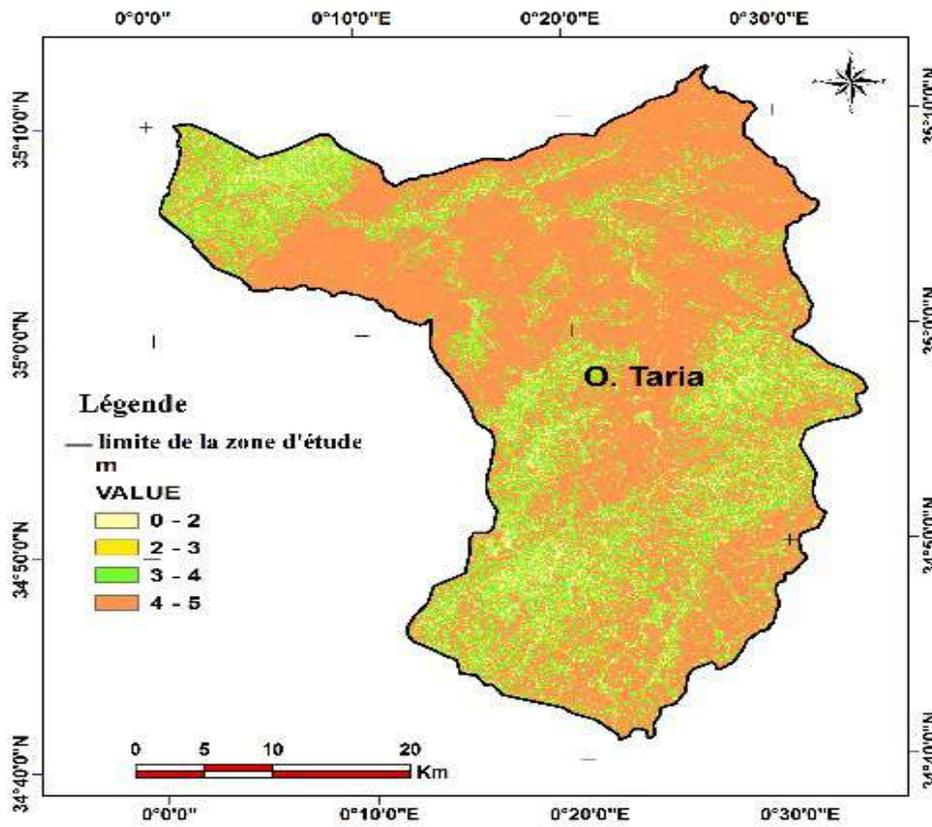


Figure n°28: Carte du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

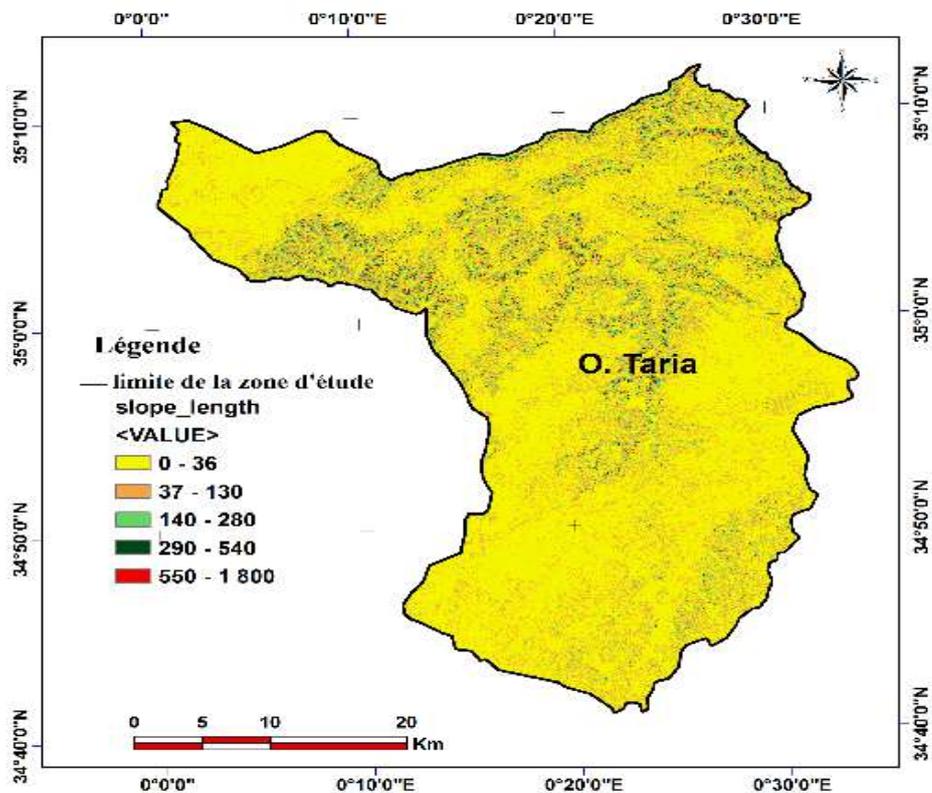


Figure n°29: Carte du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

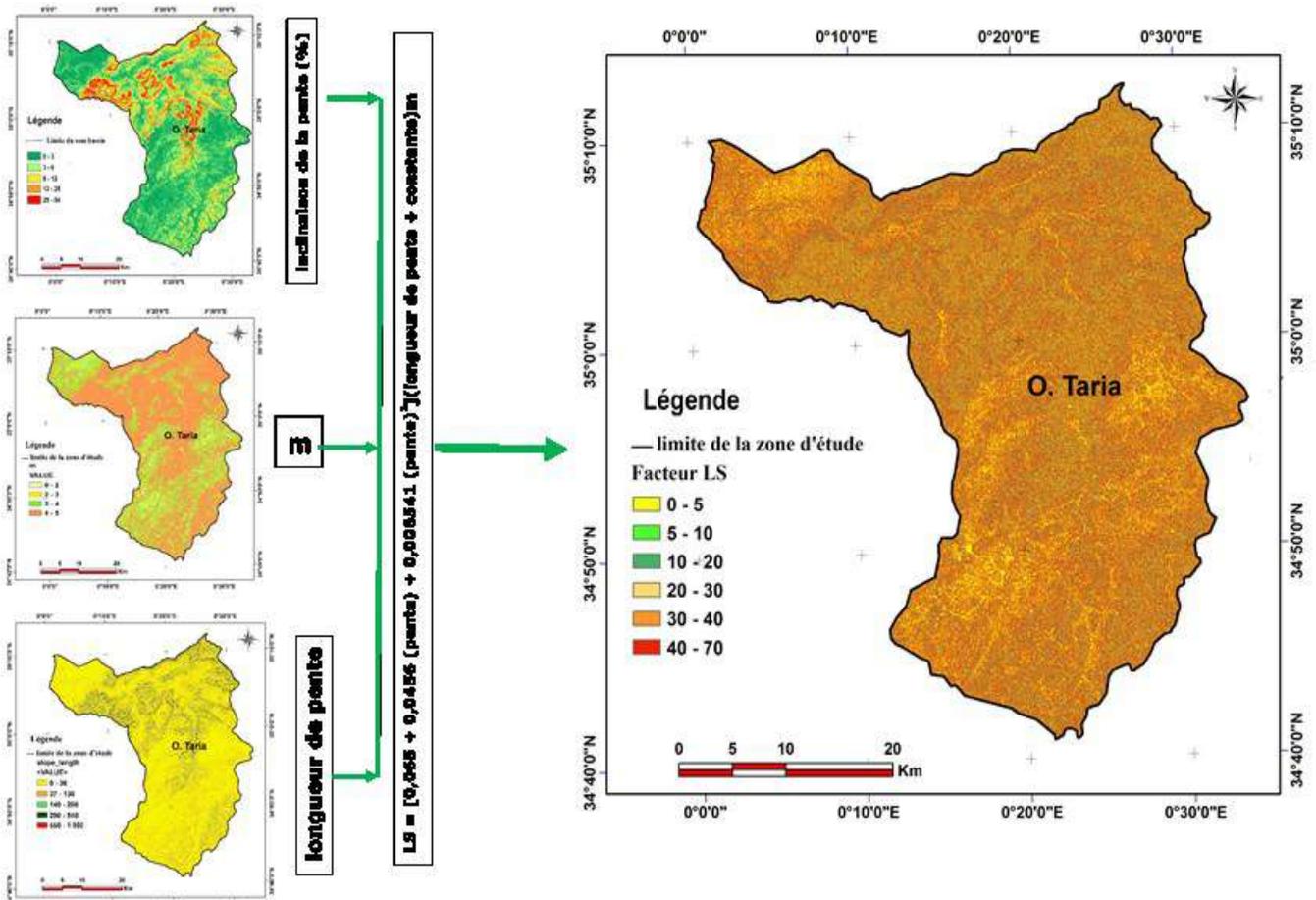


Figure n°30: Carte du Facteur topographique (LS) du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

Les valeurs obtenues pour le facteur LS ont ensuite été regroupées en six classes de valeurs, ont ainsi été définies pour la cartographie de ce facteur à l'échelle du bassin d'Oued Taria. La longueur et l'inclinaison de pente influencent d'une manière importante le processus de l'érosion du bassin versant.

La carte de répartition du facteur topographique LS (Fig.30), montre que les valeurs qui varient entre 0 et 5 sont considérées faibles occupent une petite superficie de 27945,64 (ha) placée au nord-ouest et sud-ouest du bassin correspondent aux zones de plaine.

La majorité du bassin ont des valeurs entre 20 et 70%, qui sont surtout placés vers le nord-est et le sud-est du bassin donc les terrains très pentus possédant un facteur LS élevé, dans la zone d'étude et soumise à un grand risque d'érosion.

V.2. L'érosivité de la pluie R :

Pour l'estimation du facteur R nous avons utilisé la formule de (RangoetArnoldus1987).

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

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

Pi : Précipitation mensuelles.

P : Précipitations annuelles.

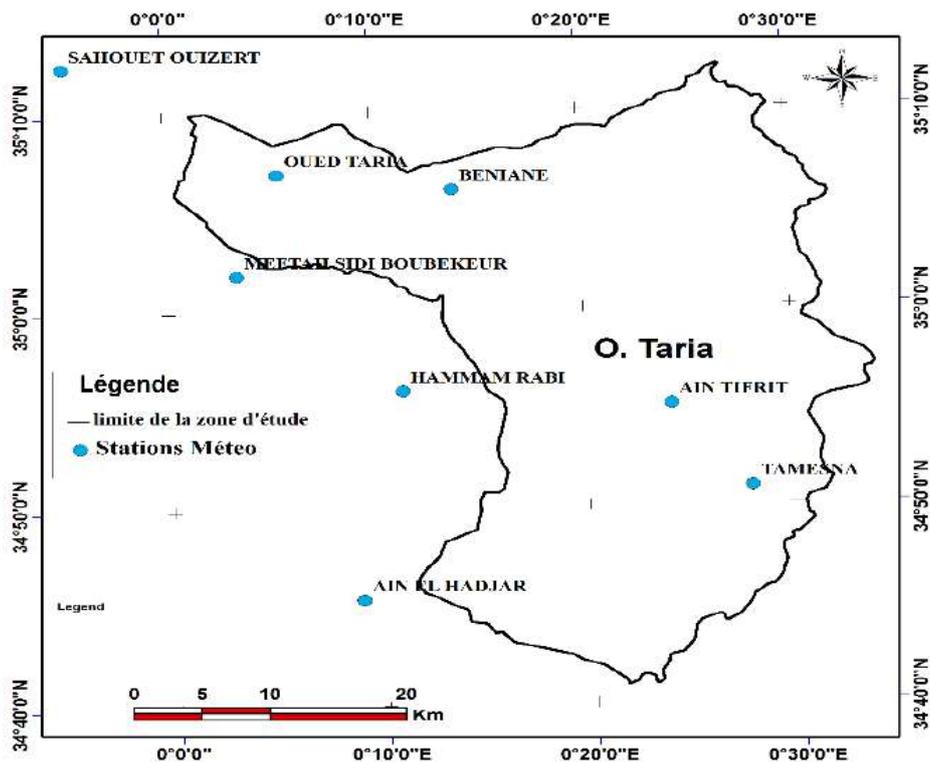


Figure n°31 : Carte de localisation des stations météorologique (Dr.Anteur).

Tableau n°18 : récapitulatif de la station météorologique et le facteur R.

Station	Long	Lat	R
AIN EL HADJAR	0,14913	34,757058	54,018406
MEFTA H SIDI BOUBEKEUR	0,055986	35,031	47,277699
HAMMAM RABI	0,18628	34,93192	45,070623
OUED TARIA	0,091058	35,115659	46,741132
AIN TIFRIT	0,401859	34,917816	55,339218
TAMESNA	0,464584	34,847322	50,840754
NESMOTH MF	0,381819	35,251571	72,73579
GHRIS	0,166501	35,246272	49,269086
SAHOUEZ OUIZERT	-0,079531	35,207846	42,857519
BENIANE	0,23145	35,101077	51,777901

Le territoire du bassin versant est soumis à une agressivité climatique élevée correspondante à une classe de R supérieur à 65 MJ.mm/ha.h.an. Ce résultat permet de déduire que le bassin est subit à un pouvoir érosif important.

La figure5 montre que la valeur du facteur R varie de 48.7 (mm/ha.h.an) à 65.3 (mm/ha.h.an). Les valeurs élevées sont enregistrées au nord-est, alors que les valeurs faibles sont enregistrées au sud et les plus faibles sont localisées surtout au nord-ouest du bassin versant d’oued Taria .

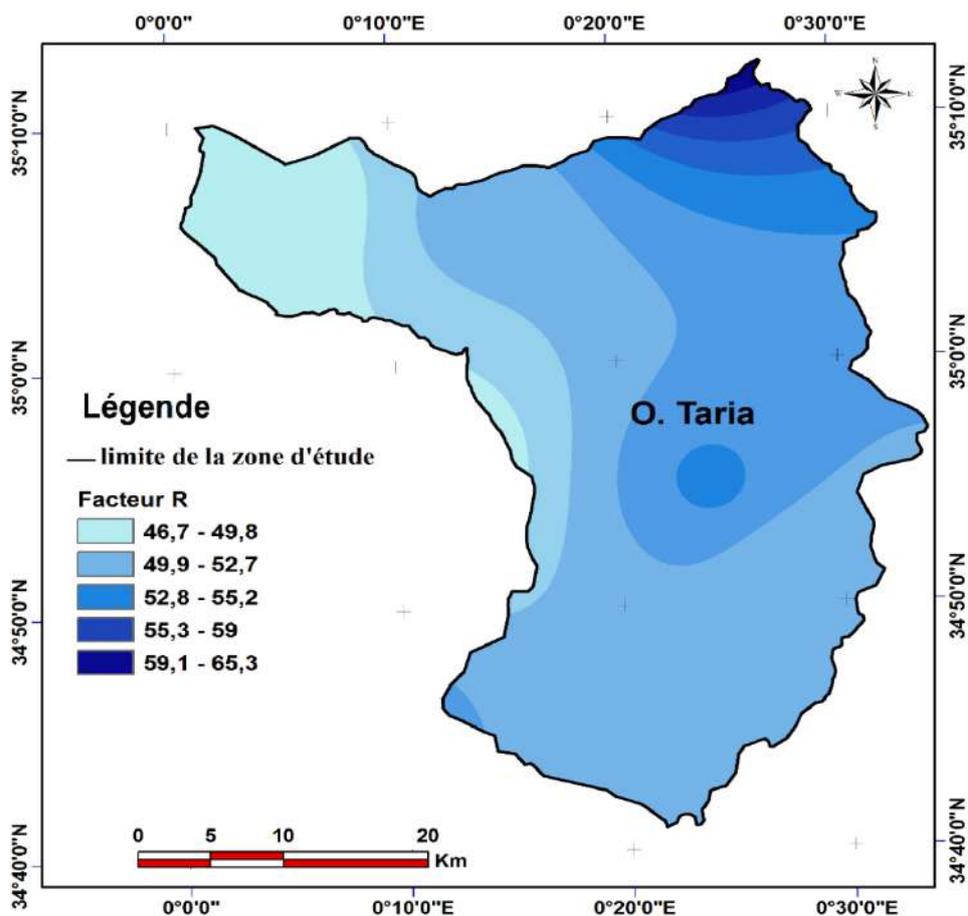


Figure n°32: Carte de L'érosivité de la pluie R du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

V.3. L'érodibilité des sols K

Certains sols sont, par nature, plus sensibles à l'érosion hydrique, ou, au contraire, plus résistants que d'autres. Les valeurs de l'indice d'érodibilité sont comprises entre 0,32 et 0,34. Presque la superficie totale du bassin présente généralement une érodibilité forte (0,34), suivie d'une érodibilité faible (0,32) qui s'étend également sur sol d'âge géologique pliocène continental surtout au nord-ouest du bassin.

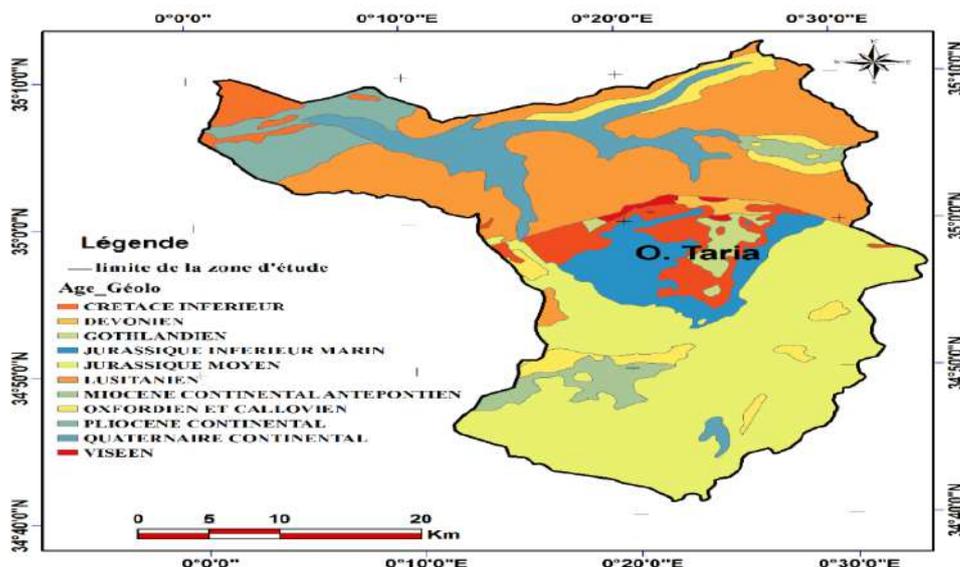


Figure n°33: Carte lithologique du bassin versant d'Oued Taria (Satek 1/500000).

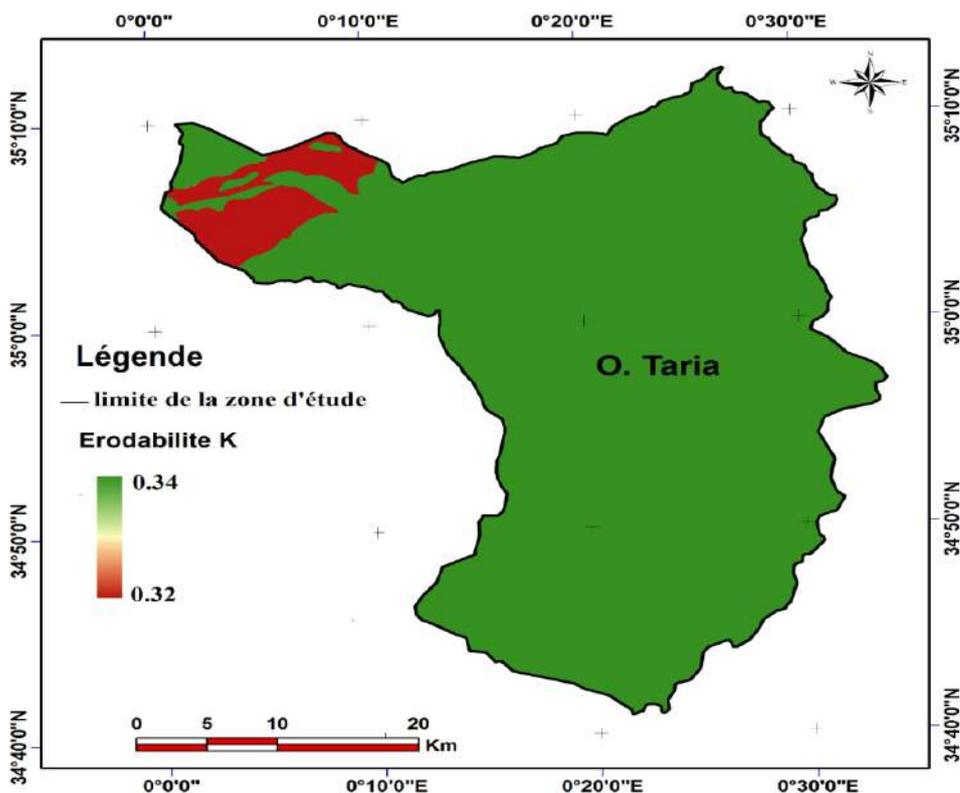


Figure n°34: Carte de L'érodibilité des sols K du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

V.4. Facteur couvert végétal (C)

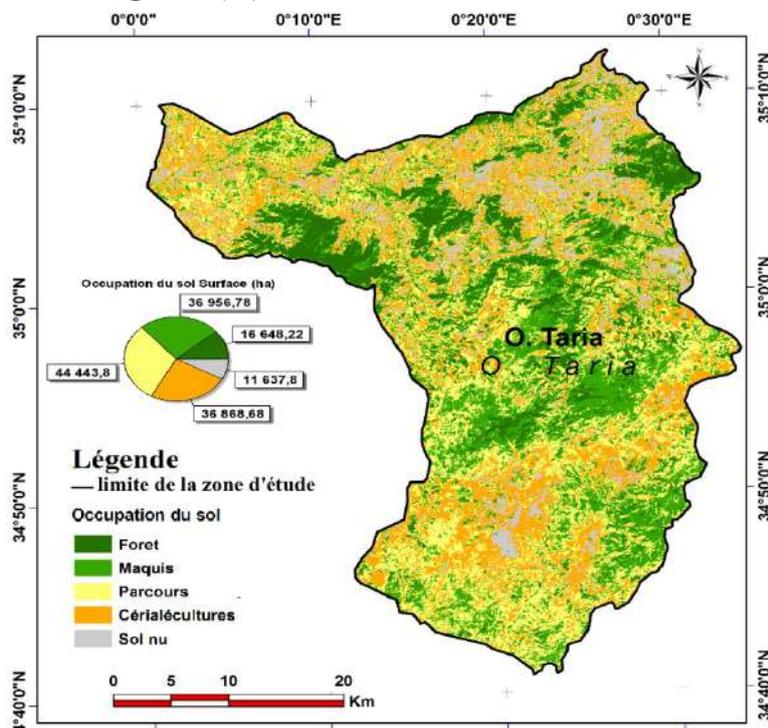


Figure n°35 : Carte d’occupation du sol du bassin versant d’Oued Taria (Dr.Anteur).

Tableau n° 19: Facteur C en fonction de la classe d’occupation du sol.

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

Le facteur C est utilisé pour déterminer la densité du couvert végétal, l'efficacité relative à des principaux systèmes cultureux et la gestion des sols. Pour pouvoir évaluer les différentes unités de la couverture végétale à l'échelle du bassin d'oued Taria , il est nécessaire d'établir une carte d'occupation des sols à partir d'un travail de terrain et de l'utilisation des données des images multi-spectrales à grande résolution Sentinel-2 (2019). Les valeurs de C varient entre 0.001 pour une jachère nue et 1 pour un sol complètement couvert (Wischmeier et Smith 1978).

La valeur du facteur C de la zone d'étude est assez hétérogène, se situe entre 0,08 et 0,75. Sur cette carte, les valeurs les plus élevée du facteur C indique que la zone possède une bonne couverture végétale et pour les valeurs inférieures indiquent des terres nues.

La carte obtenue montre que la totalité de la superficie du bassin présente un taux de couverture végétale faible surtout vers le sud, par contre des zones vers le Nord, l'est et au centre du sud ont une bonne couverture végétale de type forêt ou maquis limitant fortement le processus érosif.

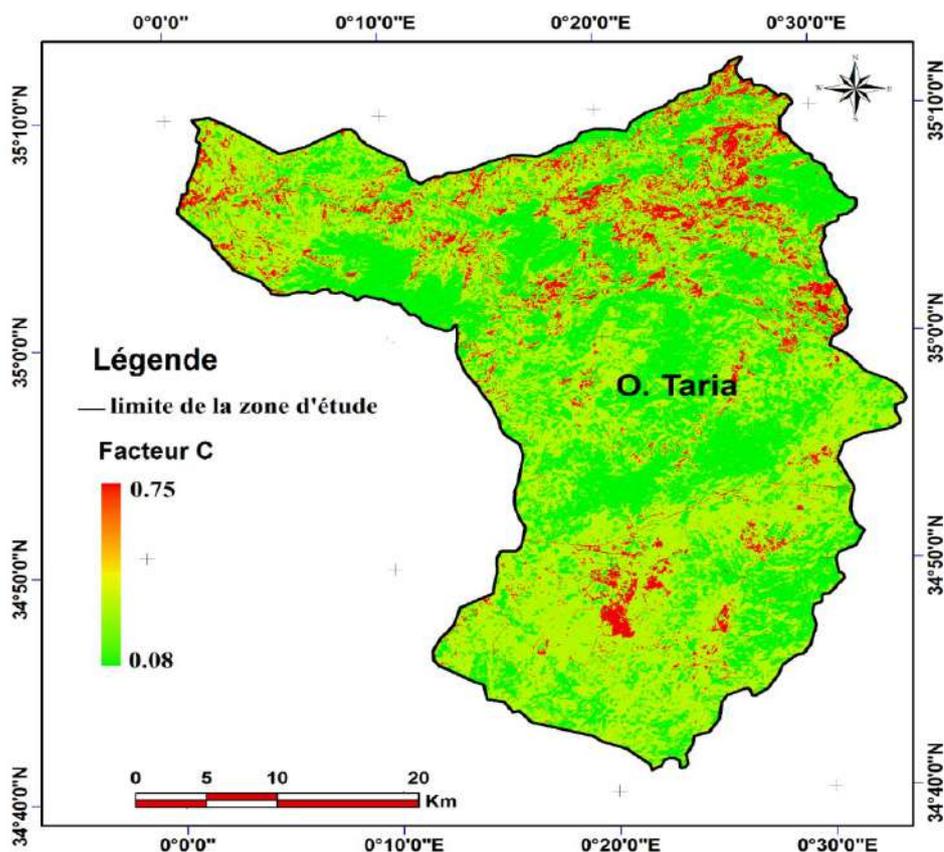


Figure n°36: Carte Facteur couvert végétal (C) du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).

V.5. Le facteur de pratiques anti-érosives (P)

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

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

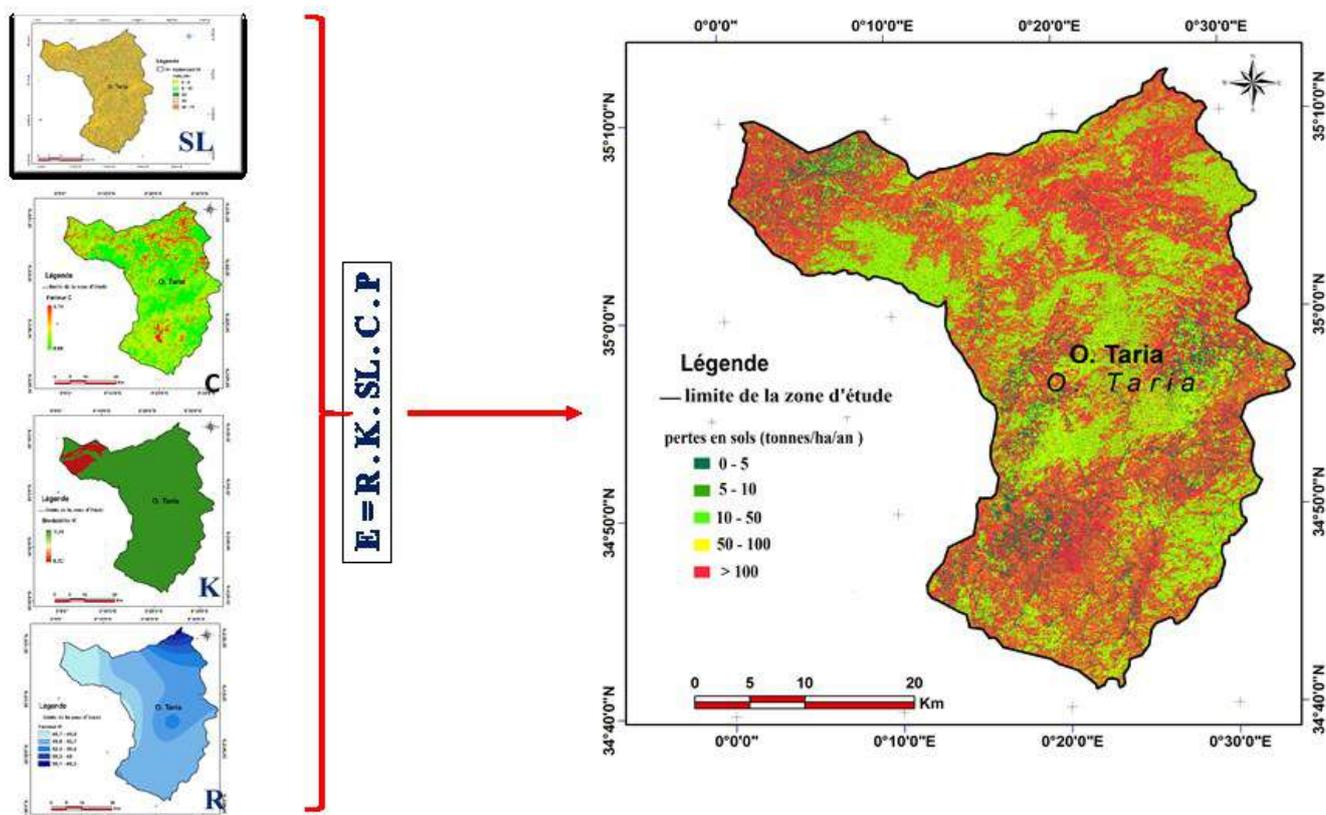


Figure n°37 : Carte de perte en sol du bassin versant d’Oued Taria (Dr. Anteur)

Tableau n° 20: Classes de Perte en sol du bassin versant d’Oued Taria .

Pertes en sols (Tonnes /ha /an)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
0 - 5	23691,01	16,16
5 - 10	1482,47	1,01
10 - 50	21274,93	14,52
50 - 100	36905,26	25,17
>100	63217,45	43,13

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

le Facteur P varie généralement dans notre cas entre 5-10 T/ha/an pour les zones à faible pente, et pour les pentes aiguës le coefficient varie entre 50 et plus de 100t/ha/an (Fig.37), dans la plupart

du bassin, on rencontre une concentration de la classe d'érosion moyenne à forte ,autres zones se répartissent dans le bassin et beaucoup plus dans sa partie sud-est, et nord-ouest mais aussi au centre du bassin avec une perte en sol comprise entre 10 t/ha/an et 50 t/ha/an.

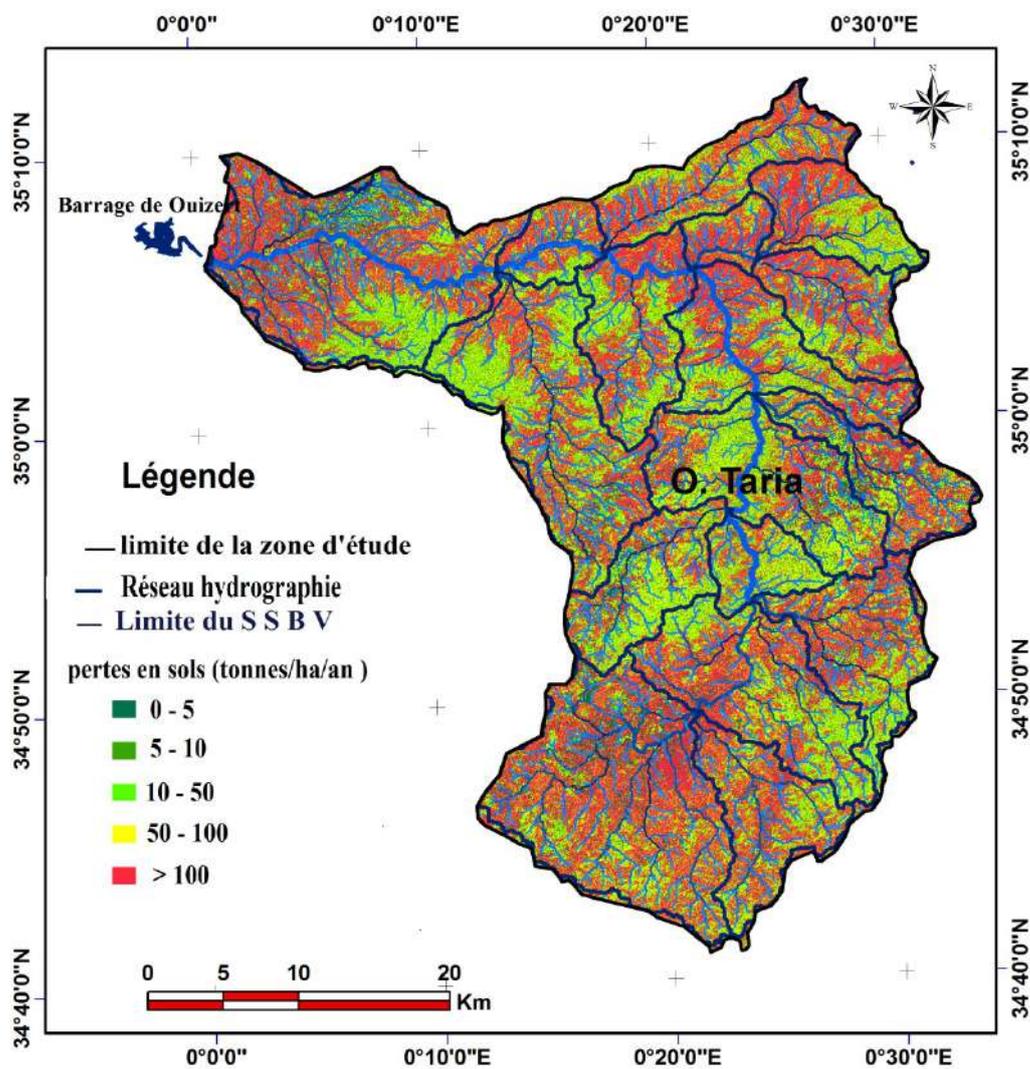


Figure n°38: Carte superposition réseau hydrographie et les sous sous bassins versant du bassin versant d'Oued Taria sur la carte de perte en sol (Dr.Anteur).

CONCLUSION GÉNÉRALE

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

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

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

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

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

Les résultats montrent que le risque érosif est visible dans l'ensemble du bassin de l'oued Taria, présente des pertes en sols qui varient de 0 à plus de 100 t/ha/an et plus de 68.3 % de la superficie totale du bassin présente des valeurs supérieures à 50 t/ha/an.

Cette situation grave est favorisée par les facteurs d'érosion qui se conjuguent aussi pour accélérer l'érosion, les pentes fortes (54%), une dégradation du couvert végétal et des sols très érodables (34 %).

Recommandation :

Afin de parvenir à une lutte efficace contre le phénomène de l'érosion des sols dans la zone du bassin versant d'oued Taria nous formulons les recommandations suivantes :

- Encourage la population à la pratique du reboisement, surtout sur les versants des pentes, qui pourrait offrir la possibilité de conservation des sols et des eaux ;
- Sensibiliser la population contre certaines méthodes des cultures (labour dans le sens de la pente, culture sur brulis, culture extensive) ;
- Mis en place des aménagements sylvopastorales qui visent à augmenter la production fourragère des espèces pastorales, et cela afin de mieux gérer l'exploitation pastorale dans la région ;
- Lutte contre la coupe arbustive du bois ;
- Associer les techniques traditionnelles et des techniques exogènes pour la conservation et la restauration des sols ;
- Associer et prendre en compte les aspirations des populations endogènes dans les politiques de lutte contre le phénomène, toute chose qui garantirait l'adhésion leur effective.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemple de parcelles de maïs sous culture pendant 5 ans.	09
Tableau 2 : Calcul des surfaces cumulées.	26
Tableau 3 : Détermination de l'altitude moyenne.	31
Tableau 4 : Tableau récapitulatif.	32
Tableau 5 : Détermination de la pente de Roche Ip.	34
Tableau 6 : Classification des thalwegs du bassin versant de l'Oued Taria.	37
Tableau 7 : Rapport de confluence des thalwegs du bassin.	38
Tableau 8 : Rapport de longueur des thalwegs du bassin.	39
Tableau 9 : Caractéristiques hydro morpho métriques du bassin versant.	42
Tableau 10 : Précipitation mensuelles des deux stations.	44
Tableau 11 : Précipitations saisonnières.	45
Tableau 12 : Précipitations annuelles.	46
Tableau 13 : Température mensuelles T(°c).	47
Tableau 14 : L'évaporation moyenne mensuelle en (mm).	49
Tableau 15 : Précipitations moyenne mensuelles.	53
Tableau 16 : Caractéristiques des bandes spectrales sentinel-2A et date d'acquisition.	55
Tableau 17 : Calcul du longueur de la pente m.	59
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des stations météorologique et le facteur R.	62
Tableau 19 : Facteur C en fonction de la classe d'occupation du sol.	65
Tableau 20 : Classes de perte en sol du bassin versant d'Oued Taria.	67

Liste des Figures

Figure 1 : Effet des gouttes de pluies « effet splash» .	4
Figure 2 : Modes de transport par ruissellement.	5
Figure 3 : Erosion et érodibilité.	11
Figure 4 : Les modes de représentation des données géographiques.	18
Figure 5 : Carte de localisation du bassin versant de l'Oued Taria (Dr.Anteur).	21
Figure 6 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Taria (Satek 1/500000).	22
Figure 7 : Schéma explicatif d'occupation du sol du Bassin Versant d'Oued Taria .	23
Figure 8 : Carte d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Taria (Dr.Anteur).	24
Figure 9 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Bassin Versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	25
Figure 10 : Courbe Hypsométrique du bassin versant d'oued Taria.	27
Figure 11 : Carte d'altitude du Bassin Versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	27
Figure 12 : Rectangle équivalent du bassin versant de l'ouedTaria.	30
Figure 13 : Carte des pentes du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	33
Figure 14 : Profil en long du cours d'eau d'Oued Taria.	36
Figure 15 : Carte du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Taria (Dr.Anteur).	37
Figure 16 : Rapport de confluence du bassin versant de l'Oued Taria.	39
Figure 17 : Rapport de longueur du bassin versant de l'Oued Taria	40
Figure 18 : Variation des précipitations mensuelles.	44
Figure 19 : Variation des précipitations saisonnières.	45
Figure 20 : Variation des précipitations annuelles.	47
Figure 21 : Variation de la température moyenne mensuelle.	48
Figure 22 : Evaporation moyenne mensuelle.	49
Figure 23 : Abaque de TURC (ANRH d'Oran).	51
Figure 24 : Abaque de P. VERDIEL (ANRH d'Oran).	52
Figure 25 : Indice d'aridité annuel.	54
Figure 26 : Démarche méthodologique.	58
Figure 27 : Carte des pentes du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	59
Figure 28 : Carte du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	60
Figure 29 : Carte du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	60
Figure 30 : Carte du Facteur topographique (LS) du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	61
Figure 31 : Carte de localisation des stations météorologique (Dr.Anteur).	62
Figure 32 : Carte de L'érosivité de la pluie R du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	63
Figure 33 : Carte lithologique du bassin versant d'Oued Taria (Satek 1/500000).	64

Figure 34 : Carte de L'érodibilité des sols K du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	64
Figure 35 : Carte d'occupation du sol du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	65
Figure 36 : Carte Facteur couvert végétal (C) du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	66
Figure 37 : Carte de perte en sol du bassin versant d'Oued Taria (Dr.Anteur).	67
Figure 38 : Carte superposition réseau hydrographie et les sous bassins versant du bassin versant d'Oued Taria sur la carte de perte en sol (Dr.Anteur).	68

List des abréviations

SIG : System d'information géographique

USLE: Universel Soil Loss Equation

RUSLE: Revised Universel Soil Loss Equation

MO : Matière organique

CES : Conservation de l'eau et du sol

RTM : Restauration des terres en montagne

DRS : Défense et restauration des sols

GCES : Gestion durable de l'eau et de la fertilité des sols

GIS : Geographic Information System

CNIG1 : Conseil National de l'information Géographique

BDG : Base de Données Géographique

HTML : Hyper Text Markup Language

XML : Extensible markup language

5A : Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse.

GPS: Global Positioning System

S: Superficie

P : périmètre

O.R.S.T.O.M : Office des Recherches Scientifique des Travaux Outre Mère

MNT : Model Numérique du Terrain

Ct : Coefficient de Torrentialité

ETR : Évapotranspiration^[hitayros1]

WGS: World Geodetic System

ENVI : Environnement Visualisation Image

3D : 3 Dimension

LS : facteur topographique

Références bibliographique

Anteur Dj et ai, 2014 ; contribution à l'évaluation et à la cartographie de la sensibilité à l'érosion hydrique des sols du sous bassin versant de l'oued de Saida ouest de l'Algérie article.

Anteur, Dj.2019 ; intégration des données multi-sources dans un système d'informations géographique (SIG) pour le diagnostic du milieu et l'aménagement hydro-agricole de la région steppique ouest-algérienne. Thèse de doctorat, univ Abdelhamid ibn badis de mostaganem.

Arabi, M.2006 ; aménagement antiérosif sur petits bassins versants expérimentaux en milieu semi-aride algérien. Z. Géomorphology NF50-2 :209-220.

Bonnet,1983 et Martinez-Mena et al,1999 ; prise en compte des risques naturels en forêts de montagne : quelque réflexion dans le cas des forêts soumises des alpes du nord. Grenoble : cemagref,106p. (mémoire de 3^{ème} année ENITEF).

Boiffin J, 1984 ; lct dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse D.I.INA-PG,320p +annexe.

Bolline A.1982 ; étude et prévision de l'érosion des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique. Thèse Dr géographie univ. Liège,356p.

Castro et al,2000 ; das perdas de solo e nutrimentos por erosao no estado do parana boletim informativo, SBCS, v.8, p43-52,1983.

Demmak A,1982 ; contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie. Thèse de doctorat, univ. Paris VI, France, 323p.

El Swaify et Rose,1988; achieving conservation effectiveness in the tropics using legume-intercrops. Soil technology 1 :1-12.

Ellison, W.D.1947; soil erosion studies part I, agricultural engineering, 28,145-146.

Heusch, B.1970; érosion dans le Périf : une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du périf occidental. Annales des recherches forestières,12,9-176.

Heusch B,1986 ; cinquante ans de banquettes de DRS- CES en afrique du nord. Un bilan. Ah ORSTOM.Pedol.22(2) : 153-162.

Leblond, Guerin,1984 ; travaux de conservation des sols l'étude des projets et leur réalisation par des techniques à haute intensité de main d'œuvre. Ed. PNUD-OIT/81/044 Genève,223p.

- Le bissonais, Y,1990**; experimental study and modeling of soil surface crusting processes. catena supplement,17:13-28.
- MAZOUR, M,1992** ; les factures de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser, Tlemcen, Algérie. Bull. Réseau (12) :303-313.
- Marmonnier, P.2002** ; l'information géographique. ENSG/CERSIG,11p.
- Soltner D,1999** ; les bases de la production végétale tome 2. Edite. Scien.et tech. Agricole.paris .183p.
- Rango,A and arnoldus ,H.M.J,1987**; aménagement des bassins versants. In : cahiers technique de la FAO : 1-11.
- Roche, M.1963** ; hydrologie de surface, office de la recherche scientifique et technique Outre-mer, paris. p420.
- Roose, E,1994** ; introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Service des sols, ressources, aménagement et conservation. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. In bulletin pédologique de la FAO-70, Rome.420P.
- Roose E.1996**; land husbandry: strategy and component. FAO. Soils bull, Rome N70.380p.
- Roose E.et M. Sabir, 2002** ; stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en zones méditerranéennes. Séminaire internat Montpellier 2000, hydrologie des régions méditerranéennes, PHI-V. Doc. Technique en hydrologie n°51 :101-109.
- Touaiba , B 2000** ; érosion transport solide – envasement de barrages. Cas du bassin versant de l'oued Mina. Thèse de doctorat d'Etat, INA, El-Harrach, Algérie.
- Toure M, 2004** ; cours de CES pour les ingénieurs de l'équipement rural et de l'agronomie Ouagadougou Burkina Faso.
- Vezena K.et Bonn, 2006** ; modélisation et analyse de la dynamique spatio-temporelle des relations société- érosion et pollution diffuse en milieu agricole – étude de cas en Vietnam et au Québec. Interaction nature-société, analyse et modèles. UMR6554 LETG, la Baule,6p.
- Wachal D, J, 2007**; integrating GIS and erosion modeling – A tool for watershed management, ESRI international user conference, paper N°UC1038,11p.
- Wischmeier.W.H.&Smith, D.D.1960**; A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7EME Congrès on soil science USA (1), pp418-425.

Wischmeier.W.H. & Smith, D.D.1978; predicting rainfall erosion losses. Guide to conservation planning USDA-ARS, agriculture handbook n°537.washington 58p.

White, W.R.1986; problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants, projet 5.3 du programme hydrologique international. Paris : UNESCO, études et rapports d'hydrologie no.35. http://hydrologie.org/BIB/Publ_UNESCO/SR80358F81986.pdf.

Yijou,M. Bouabid, R.El Hmaidi, A, Essahlaoui,A.2014 ; modélisation de l'érosion hydrique via les SIG et l'équation universelle des pertes en sol au niveau du bassin versant de l'Oum Er-Rbia. The international journal of engineering and science (IJES),3(8) : 83-91.