

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

Université Hassiba BEN BOUALI CHLEF

Faculté de génie civil et d'architecture.



Département Hydraulique

Mémoire de Magister

**Comparaison et évaluation hydrique entre les deux bassins
versants Oued Tighzel et Oued Rouina-Zeddine**

Présenté par :

M. KOUADRI SAMET SAMET

Soutenu devant le jury :

Président : M. HAMOUDI Saad

Professeur .U.H.B.chlef

Promoteur : M.REMAOUN Mohamed

M.C.A.U.H.B.chlef

Examineurs : M .ARAB Ahmed

M.C.A.U.H.B.chlef

M. REMINI Boualem.

Professeur .U de BLIDA

M. EZZIANE Karim

Professeur .M.C.A.U.H.B.chlef

Année Universitaire: 2011/2012

Remerciements

Je tiens à remercier au terme de cette étude, tous ceux qui ont coopéré de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

*Tout d'abord j'exprime ma profonde gratitude et ma sincère estime à Monsieur **REMAOUN M.** Maître de conférences à l'université Hassiba ben Bouali Chlef, non seulement qu'il a été l'un de mes meilleurs enseignants, il m'a fait l'honneur de diriger mon travail, aussi sa disponibilité constante, ses précieux conseils, son soutien permanent.*

*Je tiens ainsi à remercier les membres de jury **LE PROFESSEUR HAMOUDI SAAD, LE PROFESSEUR REMINI BOUALEM , LE DOCTEUR IZIANE KARIME ET LE DOCTEUR ARAB AHMED** pour avoir accepté d'affecter un temps à ce modeste travail et de l'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes.*

Mes remerciements vont particulièrement aux directeur de A,N,R,H de Blida , et Chef service de ANRH de Blida ainsi M. Rahmani et Ali pour leurs aide .

Mes remerciements vont aussi à ma famille, mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Comparaison et évaluation hydrique entre les deux bassins versants Oued Tighzal et Oued Rouina-Zeddine

Etudiant : KOUADRI SAMET Samet

Promoteur : REMAOUN Mohamed

Résumé :

L'érosion du sol reste encore le plus grand problème de l'environnement du monde, menaçant non seulement les pays développés, mais encore plus les pays en développement.

Pour mieux comprendre ce phénomène; on doit faire une étude comparative entre deux bassins versants; On prend le cas du bassin versant d'Oued Tighzel et celui d'Oued Rouina-Zeddine on abordant l'analyse de la variable des précipitations, de l'écoulement et de la crue ainsi le transport solide à ces deux niveaux.

Ce travail se fait selon les étapes suivantes.

Mots-clés : érosion, dégradation des sols, transport solide, Oued Tighzel, Oued Rouina-Zeddine

مقارنة وتقييم للانجراف الهيدرولوجي للحوضين الهيدروغرافيين لكل من واد تيكزال وواد روينة-زدين

الملخص

إن تعرية التربة وانجرافها لا تزال تعتبر المشكل البيئي الأكبر في العالم والذي لا يتوقف تهديده عند البلدان المتطورة فقط، بل يتجاوزها إلى البلدان السائرة في طريق النمو. قصد فهم أحسن لهذه الظاهرة، تعين علينا القيام بدراسة مقارنة بين حوضين هيدروغرافيين، فأخذنا حالة كل من حوض واد تيكزال وحوض واد روينة-زدين وتناولنا بالتحليل تغيرات تساقط الأمطار وجريان المياه في كل من الحوضين ثم تطرقنا إلى الفيضانات المسجلة في كل من الحوضين المدروسين وفي الأخير تطرقنا إلى تغيرات نقل المادة الصلبة على مستوى كل منهما. تمت هيكلة هذا العمل حسب المحاور التالية.

الكلمات المفتاحية:

انجراف (تعرية التربة) - تقهقر التربة - نقل المادة الصلبة - واد تيكزال - واد روينة زدين.

Comparison and assessment of hydric erosion between Oued Tighzal and Rouina-Zeddine slope basins.

Abstract

Soil erosion still and remains the biggest problem of the global environment, threatening not only developed countries but even more in developing countries.

To better understand this phenomenon, we must proceed a comparative study between two slope basins, taking the case of Oued Tighzel slope basin and Oued-Rouina Zeddine's by analyzing the variable of precipitations, the flow and raw thus solid transport on the level of both basins.

Keywords: erosion, land degradation, sediment transport, Oued Tighzel, Oued-Rouina Zeddine

Introduction

L'érosion du sol est une forme de dégradation au même titre que la réduction des taux en matière organique, la détérioration de la structure du sol, le drainage souterrain insuffisant, la salinisation et l'acidification du sol. Toutes ces formes de dégradation, sérieuses en elles-mêmes, accélèrent l'érosion du sol.

L'érosion est un processus naturel sur toutes les terres. Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun reformuler une perte importante de sol chaque année en Algérie. L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface et en l'encrassement des réseaux de drainage.

Le but principal de notre étude est de faire une comparaison entre deux bassins versants, on prend le cas de bassin versant d'Oued Tighzel et celui d'Oued Rouina Zeddine et on doit étudier l'analyse de la variable des précipitations, de l'écoulement et de la crue ainsi le transport solide à ces deux niveaux.

Cette étude comparative que nous allons établir entre les deux bassins versants est basée sur le traitement des données, la variation des précipitations interannuelles, puis l'évolution interannuelle de l'écoulement dans le réseau hydrographique, le coefficient d'écoulement, ainsi la relation entre la pluie et l'écoulement, et on a étudié la variation de la crue au niveau des deux bassins versants, les résultats de quantification des paramètres d'érosion pour chacun des deux. Ensuite, nous allons montrer les relations débit liquide-débit solide et débit liquide-turbidité sur différentes échelles temporelles en utilisant les statistiques descriptives pour bien établir la comparaison entre les deux bassins étudiés, puis en suite nous allons aborder la quantification des apports solides et l'érosion spécifique sur différentes échelles temporelles pour conclure par la recherche d'une relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique après l'exposition des caractéristiques de l'écoulement des deux bassins versants expérimentaux.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons structuré ce mémoire comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à un aperçu bibliographique sur l'érosion et le transport solide.

INTRODUCTION GENERALE

- Dans le deuxième chapitre, une présentation du milieu physique de la zone d'étude des deux bassins versants qui sera abordé.
- Le troisième chapitre explique une étude comparative entre les deux bassins versants étudiée basée sur la variation des précipitations, d'écoulement et de la crue.
- Le quatrième chapitre consiste a montré la présentation et traitement des données et des résultats de quantification des paramètres d'érosion pour chacun des bassins.

Enfin, le cinquième chapitre qui constitue a montré les résultats obtenus dans notre étude et leurs interprétations.

CHAPITRE PREMIER:
ÉTUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Dans ce chapitre consacré à l'étude bibliographique, nous allons mettre le point sur des notions de bases relatives à notre thème d'étude. De ce fait, nous allons aborder quelques définitions, relations essentielles et explications des phénomènes de l'érosion et du transport solide avec leurs types différents, pour conclure par une partie portant sur la quantification de l'érosion hydrique et les méthodes permettant la réalisation de cette quantification.

I. L'érosion

L'Algérie est un pays très fortement touché par l'érosion. Le nord du pays essentiellement montagnard étant un endroit fragile, l'érosion sans cesse croissante dans ces milieux entraîne la dégradation des conditions de vie des riverains et des conséquences désastreuses, tant pour le potentiel de production des terres que pour les gestionnaires des eaux en aval.

I.1. Définition du phénomène

Ce phénomène peut être défini par l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre. Contrairement à la vision de **E. Haug (traité, I, p.406)** qui a voulu "réserver ce terme pour le phénomène accessoire qui accompagne le transport par les cours d'eau et qui consiste dans l'usure du lit et des berges par les matériaux entraînés", plusieurs références exposent l'érosion comme un phénomène d'observation courante, essentiellement caractéristique de l'évolution superficielle de la croûte terrestre, sous les actions mécaniques et chimiques de l'Hydrosphère (pluie et eaux de ruissellement, glaciers, mer, simple humidité, évaporation), sous l'action de la Biosphère (végétaux, animaux, homme) sous l'action de l'Atmosphère (vent) et sous celle des variations de température. Elle est l'un des principaux agents dynamiques externes de la géologie voir à ses conséquences considérables. En effet, elle crée les modelés qui sont observables à la surface des continents et qui sont tous des états transitoires car le relief de n'importe quelle région de la terre, comme le montre l'étude de son histoire géologique, s'est modifié d'une manière incessante. De plus, l'érosion a pour conséquence immédiate l'élaboration et le dépôt des matériaux qu'elle a dissociés: *l'érosion engendre la sédimentation*. Ce couple joue une grande importance dans le mécanisme du drame géologique.

I.2. Types d'érosion

Il y a trois types d'érosion:

I.2.1. L'érosion éolienne

Le vent exerce sur les particules solides au repos une pression sur la surface exposée au flux d'air, appliquée au-dessus du centre de gravité, auquel s'oppose un frottement centré sur la base des particules. Ces deux forces constituent un couple tendant à faire basculer et rouler les particules lourdes (0.5 à 2mm), de plus, la différence de vitesse entre la base et le sommet des particules provoque leur aspiration vers le haut.

Les particules les plus légères s'élèvent à la verticale jusqu'à ce que le gradient de vitesse ne les porte plus. Elles retombent alors, poussées par le vent, suivant une trajectoire sub-horizontale. En retombant, ces grains de sable transmettent leur énergie à d'autres grains de sable (comme dans un jeu de boules) ou dégradent les agrégats limono- argileux en dégageant de la poussière (**Heusch, 1988**).

L'érosion éolienne prend de l'importance en Afrique de l'Ouest dans les zones tropicales sèches, là où la pluviosité annuelle est inférieure à 600mm, où la saison sèche s'étend sur plus de six mois et où la végétation de type steppique laisse de larges plaques de sol dénudé. Ailleurs, elle peut aussi se développer dans des conditions de préparation du sol qui amènent une pulvérisation importante des matériaux superficiels secs.

I.2.2. L'érosion aratoire ou mécanique sèche

Ce phénomène d'érosion n'est pas du à l'intervention du vent ni de l'eau, c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose soit en bas de parcelle, soit en talus.

*** facteurs d'érosion mécanique**

Les facteurs influençant la quantité de terre déplacée sont:

** le type d'outil.

** la fréquence des passages.

** la pente

Plus la pente est forte, plus les mottes de terres détachées roulent bas. C'est ce qui explique que les sommets des collines sont souvent décapés.

*** L'orientation du travail du sol**

Celui-ci peut être orienté soit en courbes de niveaux, soit du haut de la parcelle vers le bas (ce qui est le cas pour les tracteurs travaillant sur des pentes supérieures à 15 %) soit du bas de

la parcelle vers le haut (pour le travail manuel notamment). Il est très rare, que l'on récupère mécaniquement ou dans des petits paniers de la terre dans la plaine pour la remonter dans la montagne, c'est le cas sur les vignes. On constate aussi que l'aller et le retour des outils peuvent réduire considérablement la vitesse du décapage par l'érosion mécanique sèche (Revel, 1989).

I.2.3. L'érosion hydrique

L'élément déclencheur de ce type d'érosion est la pluie, qui provoque le détachement des particules élémentaires du sol.

I.2.3.1. Définition

L'érosion hydraulique se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédant apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement), soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée c'est-à-dire ruissellement par saturation (réf. **Théorie de Norton**).

I.2.3.2. Processus de formation de l'érosion hydrique

Les phénomènes physiques de l'érosion par l'eau peuvent être rattachés à deux stades théoriques successifs.

En effet, pour que le processus de désagrégation du matériau du sol, pris au sens large, se produise, il faut qu'il y ait détachement de particules élémentaires de la masse du sol dont la compacité est caractérisée par sa nature géologique. Il y a donc une première forme d'énergie mise en jeu qui n'est autre que l'énergie cinétique de la pluie. La particule élémentaire, une fois détachée de la masse, exigera une autre forme d'énergie pour être déplacée. Cette autre forme de l'énergie n'est autre que le ruissellement (énergie gravitaire).

Pour que l'érosion prenne naissance en un point quelconque, il faut qu'il y ait d'abord destruction du matériel en place (usure) et transport de ce point vers un autre point (à l'échelle du champ). Or sur une surface horizontale il ne peut y avoir transport, et toute particule de matériaux qui sera détachée de la masse compacte par une force extérieure, par exemple l'énergie cinétique de la pluie, ne subira qu'un déplacement local de faible importance et dans des directions aléatoires (splash ou éclaboussures). Pour qu'il y ait transport il faut que la surface ait une pente. C'est de cette pente (énergie gravitaire) que l'on tirera les concepts

d'amont et d'aval à prendre en considération dans les processus physiques de l'érosion par l'eau.

I.2.3.3. Les différentes formes d'érosion hydrique

L'érosion hydrique est la principale forme de dégradation dans les zones semi arides et les régions subhumides sèches, tandis que l'érosion éolienne domine dans les zones arides.

En Afrique, on estime que 500 millions d'hectares ont subi une dégradation depuis les années 1950 environ, portant sur 65 % des terres agricoles alors que uniquement 300 millions d'hectares en Amérique et 157 millions d'hectares en Europe, en Amérique du nord, environ 95 millions d'hectares sont touchés. La chine a perdu au cours de la période 1957-1990 des terres arables d'une superficie égale à celle de toutes les terres de culture d'Allemagne, Danemark, France et des Pays-Bas réunis (**FEM et FIDA, 2002**)

Selon les conditions du milieu, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion en nappe, en rigole, ravinant, suffusion, et glissement de terre...

Ces différentes formes de l'érosion hydrique peuvent être regroupées sous deux formes principales qui sont l'érosion en nappe et l'érosion linéaire.

I.2.3.3.1. Erosion en nappe

L'érosion en nappe appelée encore "sheet érosion" est beaucoup plus importante sur les sommets des versants, ainsi que sur les terres de faibles pentes régulièrement cultivées. Elle se manifeste par un blanchissement du sol, seule la couche superficielle est érodée.

Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffes ou rigoles visibles. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies (effet splash), les particules sont arrachées et transportées. Ce phénomène est observé sur les pentes faibles où l'eau ne peut pas se concentrer. Dans un premier temps, c'est l'impact des gouttes qui va arracher les particules. La battance des gouttes de pluie va envoyer des gouttelettes dans toutes les directions seulement, sous l'effet de la gravité les gouttelettes auront une vitesse plus importante vers l'aval que vers l'amont. Si l'on réalise une moyenne sur l'ensemble des gouttelettes, la vitesse sera dirigée de l'amont vers l'aval. A partir de là, il y aura formation de l'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre ce qui entraînera un ruissellement en nappe.

L'érosion en nappe dépend de :

- L'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement.

- L'énergie cinétique des pluies qui détachent les particules.
- La durée des pluies et/ou l'humidité avant les pluies, c'est-à-dire l'état du sol.

Les signes qui permettent de caractériser l'érosion en nappe sont l'apparition de plaques de couleur claire aux endroits les plus décapés et la remontée des cailloux à la surface du sol.

Les conséquences de l'érosion en nappe sont:

- Le nivellement de la surface du sol.
- La squelettisation des horizons superficiels.
- Le décapage entraînant l'apparition de taches claires.

Mais d'après des études faites en Algérie, l'érosion en nappe reste en dessous du seuil autorisé soit 2 à 9 T/ha/an (**Arabi et al. 1989**) Alors que l'érosion linéaire participe beaucoup dans le transport solide (**Heusch, 1970; Roose et al, 1993 ; Meddi, 1998 ; Kouri et al, 1993....**).

I.2.3.3.2.Erosion linéaire

Ce type d'érosion intervient à la suite du ruissellement. Dans un premier temps, des flaques se forment. En débordant, les flaques communiquent entre elles et des lignes d'écoulement limitées dans l'espace apparaissent selon la ligne de plus grande pente. Selon la profondeur de ces lignes, le vocabulaire employé est différent. On distingue les différentes formes de cette érosion comme suit:

a) Les griffes

Elles se présentent généralement comme des lignes parallèles le long des versants, leurs tracés sont fins, la largeur et la profondeur ne dépassent pas 10cm. Il est admis que les griffes sont les premiers signes d'une érosion linéaire.

b) Les rigoles

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

c) La ravine

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

d) Le ravin

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

e) Ravinement généralisé (Bad –Lands)

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

f) Suffusions ou Tunneling

Cette forme d'érosion est le résultat d'un soutirage qui se approfondit et qui apparaît généralement sous forme de crevasses élargies aboutissant aux ravines limitrophes. Elle évolue en ce cas en "niches de soutirage" à la tête de ces ravines. D'une série de trous alignés, elle se transforme en ravine. Ces trous se localisent généralement sur des pentes moyennes, dans des formations marneuses, à couverture végétale clairsemée ou dans des champs cultivés. Ce sont des trous de 0.5 à 1m de profondeur et d'autant de diamètre.

g) Mouvement de masse

Les mouvements de masse marquent souvent une évolution très avancée, ils sont particulièrement fréquents dans des secteurs marneux. Les versants atteints par ces phénomènes présentent un paysage chaotique. C'est une succession de replats, d'abrupts et contre pentes, isolant des dépressions fermées. Ces mouvements en masse sont difficiles à classer notamment les glissements de terrains.

h) Glissement de terrain

Les glissements consistent en une descente massive et relativement rapide des matériaux le long d'un versant. Le déplacement de matière s'effectue le long d'une surface de glissement facilitant l'intervention de la gravité. On distingue deux types de glissements:

1. Glissement en planches

Il s'agit d'une série de cicatrices d'arrachement d'ordre métrique, affectant le versant selon le sens de la pente.

2. Glissement rotationnel

Ces glissements se caractérisent par une cicatrice d'arrachement très nette, un talus très abrupt, d'une pente souvent très accentuée ainsi que par un volume de terre déplacé considérable.

i) Les décollements

Les décollements se produisent toujours sur une partie de versant en pente plus forte. Ils correspondent à une zone d'équilibre instable, par suite d'un angle de frottement interne inférieur à la pente du talus. Il y a réduction de la cohésion qui maintient l'équilibre et qui fait écrouler la partie instable.

j) Les écoulements superficiels

Lorsque la roche atteint les limites de liquidité; à la faveur de l'énergie de la pente, celle-ci coule en formant un couloir de glissement telle qu'une coulée de larve volcanique.

Récapitulation des appellations de quelques lignes d'écoulement

Nous exposons dans le tableau suivant quelques formes de l'érosion hydrique selon leurs appellations proposées par **Roose, 1994**.

Tableau 1. Formes d'érosion hydrique

Profondeur	Appellation
Quelques centimètres	Griffes
10cm	Rigoles
10 à 20cm, quelques mètres de large	Nappe ravinant
50cm	Ravines

Tout comme l'érosion en nappe, il existe une méthode pour mesurer l'érosion linéaire. Cette méthode est basée sur la méthode des volumes (**Ludwig, 1992**).

I.3. Les facteurs de l'érosion hydrique

Les facteurs de l'érosion devant être pris en compte pour étudier les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus et regroupent le climat, le sol, la topographie et l'occupation du sol. (Wschmeier et al., 1978)

Les facteurs contribuant à l'érosion sont variables dans l'espace et le temps. Ces facteurs sont les suivants.

I.3.1. Le climat

Le climat est un facteur important qui conditionne d'une façon directe le mécanisme de l'érosion. En plus de l'influence des autres, le climat représente le facteur le plus déterminant de l'érosion hydrique. L'intensité des pluies doit être considérée lors de l'évaluation du problème de l'érosion, les particules les plus fines peuvent facilement être emportées lors de l'éclaboussement des gouttes au niveau du versant et par le ruissellement au niveau des ravins, mêmes pour les grosses particules, des gouttes de pluies plus fortes (qui dissipent une forte énergie) et un grand ruissellement peut déplacer ces particules. L'éclaboussement du sol par les gouttes de pluie est plus évident lors d'orages de courte durée et de grande intensité. Même si l'érosion causée par des pluies de faible intensité et de longue durée n'est pas aussi spectaculaire ni aussi visible que celle produite par les orages, le ruissellement se produit lorsque l'eau sur une pente ne peut pas s'infiltrer assez vite dans le sol.

I.3.2. Le sol

Les sols influent sur les processus de ruissellement et d'érosion essentiellement par leurs propriétés hydrodynamiques et structurales. L'infiltrabilité d'un sol donné dépend de la succession et les caractéristiques physiques des horizons qui le constituent. D'une manière générale, plus le sol présente une succession d'horizons aux caractéristiques physiques contrastées, avec de faibles conductivités hydrodynamiques et de faible capacité de rétention en eau, plus l'infiltration sera limitée (Stengel, 1982). L'érodabilité d'un sol est sa résistance en tant que matériaux plus ou moins cohérents à la source d'énergie (la battante des gouttes de pluie à surface du sol et le ruissellement dans les griffes ou les rigoles) Lorsque les matériaux terreux sont plus fins, se développe une forte cohésion par simple frottement entre les surfaces des argiles. Elle devient faible, lorsque les matériaux sont plus grossiers ils deviennent de plus en plus lourds et par conséquent plus difficiles à transporter. L'érodabilité des sols est fonction du taux de cailloux, du taux de la matière organique et de l'humide équivalente du sol, laquelle est fonction de la texture (Dumas, 1965, Tunisie).

I.3.3. Facteurs topographiques

L'existence d'érosion et du ruissellement intense sur des pentes douces indique contrairement à ce qui est connu qu'il n'est pas besoin d'une forte pente pour déclencher ce problème, l'action pluviale y suffit (**Fauck, 1956; Fournier, 1967**).

La pente intervient dans le phénomène d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur. Le facteur de la forme est trop souvent négligé ce qui explique pour une large part la divergence des résultats trouvés par les chercheurs. Ces effets à mesurer que les parcelles d'érosion, elles deviennent de plus en plus concaves puisque la base de la parcelle reste fixe (canal de ruissellement) et que le centre s'érode plus vite que le haut. D'où la nécessité de réajuster chaque année la pente des parcelles pour ne pas fausser les résultats par défaut (**Heusch, 1969, Arabi et Roose. 1989**).

Lorsque l'inclinaison de la pente augmente, l'énergie cinétique des pluies reste constante mais le transport s'accélère vers le bas car l'énergie cinétique du ruissellement augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies sur des pentes de 15% (**Roose, 1980**)

Plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse et acquiert une énergie propre qui se traduit par une érosion en rigoles puis en ravines plus importantes (**Arabi, 1991**).

1.3.4. Couverture végétale

La végétation joue un rôle essentiel dans les processus de l'érosion du fait qu'elle absorbe l'énergie cinétique de la pluie, et ralentit l'écoulement du ruissellement. De plus, elle maintient une bonne porosité à la surface du sol en piégeant la structure du sol. C'est donc aux méthodes biologiques favorisant ce couvert, qu'il faut s'adresser en priorité pour assurer la conservation des sols.

1.3.5. Facteurs humains

Toutes les sociétés rencontrent des problèmes de dégradation du milieu par divers types d'érosion et ont tenté d'y porter remède par des stratégies traditionnelles adaptées aux pressions foncières, en aménageant les eaux de surface pour améliorer la productivité des sols et stabiliser les versants. En milieu méditerranéen, l'espace subit de fortes pressions de la part de l'homme, notamment dans les zones montagneuses (**DuFeure, 1984**). Les aspects socio-économiques et l'effet des pratiques culturelles ont un grand impact sur l'érosion et la conservation des sols. Les enquêtes ont révélé que la densité de certains bassins versants est

trop élevée pour un système de production très extensif (100 habitants /ha de "SAU").
(Benlouati et al, 1989).

Les causes essentielles de l'échec des approches de lutte antiérosive furent l'absence de participation des bénéficiaires et leur inefficacité sur la productivité des terres, la stratégie de GCSE tente de mieux prendre en compte les préoccupations immédiates des paysans et la nécessité de participation de ces paysans au projet de lutte antiérosive. Les sols labourés sont mis à nus au début de la saison pluvieuse et sont livrés à l'agressivité des pluies, ce qui entraîne l'érosion par l'effet de ruissellement Le travail du sol est ressenti parfois comme un moyen efficace contre l'érosion; L'arboriculture, la vigne et maraîchage sont des cultures influant positivement sur la préservation et la valorisation des terres.

I.4. Les causes de l'érosion

Dans la zone méditerranée, l'érosion des sols sur marnes est très différente de l'érosion des sols non marneux par cause de leurs caractéristiques, notamment la haute teneur en argile et la faible quantité de matière organique résultant dans une porosité naturelle insuffisante, pour le drainage des eaux de pluie et un colmatage (d) superficiel par la formation des coites imperméables à la surface.

La force de l'érosion augmente avec:

- l'épaisseur de la lame d'eau ruisselée.
- l'intensité de la pluie.
- la longueur des bassins versants.
- la pente du bassin versant.
- le terrain nu ou absence de couverture végétale.
- la lithologie du bassin versant.

I.4.1. Causes d'érosion et facteurs de résistance du milieu

Le tableau n°2 présente les processus de dégradation, les causes ainsi que les facteurs de résistance du milieu.

Tableau 2: Formes de dégradation et d'érosion, leurs causes et facteurs de résistance du milieu:

Les processus de dégradation et d'érosion et leurs formes	Les causes: Différentes sources d'énergie	Les facteurs de résistance du milieu
<p><u>Erosion mécanique sèche</u> Forme: creeping</p>	<p>Gravité et poussée par les outils de travail du sol</p>	<p>-fonction de l'intensité du travail du sol, c'est-à-dire de la fréquence des travaux et du type d'outil - fonction de la pente et de la cohésion du terrain.</p>
<p><u>Erosion en nappe</u> Forme : nappe de sable, pellicule de battance ou de sédimentation, "demoiselle coiffée", micro –falaise</p>	<p>Battance des gouttes de pluie</p>	<p>-le couvert végétal, -la pente. -le sol, -les techniques et structures antiérosives.</p>
<p><u>Erosion linéaire</u> Formes: griffes, rigoles, ravines</p>	<p>L'énergie du ruissellement dépend du volume du ruissellement et de sa vitesse au carré $1/2 MV^2 = 1/2MGH$</p>	<p>-la vitesse du ruissellement est fonction de la pente et de la rugosité, -le volume ruisselé est fonction de la surface du bassin versant et de la capacité d'infiltration, - résistance du profil du sol et des racines</p>

(Roose, 1994)

I.5. Conséquences de l'érosion

I.5.1. Conséquences de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique a pour conséquences directes, la diminution de la fertilité du sol par entraînement des éléments fertilisants (n, p, k) appauvrissant ainsi le sol et le rendant

impropre à la culture, les pertes de la surface culturale surtout par les accrues au bord des oueds et des glissements de terrain. D'autres conséquences s'ajoutent (conséquences indirectes) tels que les dégâts économiques sur les infrastructures routières (voies ferrées, ponts....) causées par les torrents et les inondations qui, à leur tour menacent les infrastructures hydrauliques telles que la sédimentation et le comblement des lacs et barrages. En effet, les barrages souffrent énormément dans les zones menacées par l'érosion, si on cite le barrage d'Oued Fodda qui avait la capacité initiale de 228 millions de m³ en 1932 et se trouve à 119 millions m³ en 1977, dans ces 45 ans, il a perdu 109 millions m³ de sa capacité. Un autre exemple : le barrage de Ghrib (Oued Cheliff) qui avait une capacité de 280 millions m³ en 1939, se trouve à 120 millions m³ en 1980, dans ces 41 ans, il a perdu 160 millions m³ de sa capacité.

I.5.2. Conséquences de l'érosion éolienne

L'érosion éolienne a des conséquences graves surtout dans des régions qui sont en contact direct avec le grand désert. Chaque année, des millions d'hectares de terre sont sous trait à une utilisation agro-pastorale par la désertification, la diminution du potentiel de fertilité du sol par envahissement des terres arables par les fines particules sableuses, échangeant de micro climat.

I.6. Lutte contre l'érosion

On distingue selon le cas:

I.6.1. Lutte contre l'érosion hydrique

Greco (1960) a estimé que sur 22616×10^6 millions de km², la surface à soumettre aux différents procédés de restauration du sol et de plantation s'étendrait sur 21485×10^6 millions de km² soit environ 95 % de territoire.

I.6.1.1. Ouvrages de défoncé de restauration du sol

Avant l'installation des ouvrages, il faut faire un bilan d'érosion et des études techniques sur place. En Algérie, les travaux de DRS s'étaient organisés vers les années 1940, parmi les mesures utilisées, on cite:

Les terrasses de remblais, les murettes en pierre suivant les courbes de niveau pour diminuer la vitesse d'écoulement, le réseau de banquettes recommandées pour diminuer le ruissellement.

Au début, les réseaux cités ont donné de bons résultats mais ils ont été mal entretenus. La généralisation allusive des banquettes est mal acceptée par les populations locales. Les levées de terre perpendiculaires à la ligne de plus grande pente avec une légère pente longitudinale. Les barrages collinaires ou correction torrentielle installée successivement le long des torrents. Il est nécessaire de compléter les travaux par la plantation ligneuse, fourragère ou fruitière le long du réseau.

I.6.1.2. Méthodes de cultures anti –érosions

Ce sont les pratiques culturales visant la réduction des dégâts de l'érosion.

- Le travail du sol et l'amélioration de la structure facilite la reconstitution des agrégats et l'infiltration des eaux.
- Le roulage et le labour devront être exécutés suivant les courbes de niveau sur les pentes inférieures à 3 %; la pratique du labour de niveau suffit d'empêcher l'érosion en nappe.
- Les cultures en bandes alternées le long des courbes de niveau successives de 10 à 15m; le ruissellement rencontre toujours une bande travaillée, ou une bande avec la végétation.
- La protection des forêts contre les incendies et le reboisement des zones déforestées surtout dans l'atlas tellien.

I.6.2. Lutte contre l'érosion éolienne

Dans le nord du pays, les brises du vent jouent un rôle très important dans la protection des cultures et la diminution de l'agressivité des vents. Dans les régions menacées par la désertification, la fixation des dunes et le reboisement des arbres est le principal moyen utilisé pour arrêter le sable qui alimente les dunes. On construit des palissades parallèles d'un mètre ou plus de haut, perpendiculaires à la direction générale du vent et espacées de 20 à 30m. Ils sont généralement faits par les planches ou ciment amiante non jointives.

La plantation des arbres robustes et de hauteur moyenne tels que le pin d'Aleg constitue une véritable barrière à la désertification (barrage vert).

La plantation des plantes vigoureuses ayant un développement racinaire important sur les dunes qui diminuent l'avancement des sables telles que le tamarix, le Chih.....

II) LE TRANSPORT SOLIDE

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion, la dynamique des matériaux arrachés au sol et transportés par le réseau d'écoulement dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement et de la granulométrie.

L'eau trouve la puissance nécessaire pour ce transport dans la perte de charge qu'elle subit. Le champ d'exploitation de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval.

L'eau met en jeu deux types de mécanismes, le charriage et la suspension qui sont les principaux types de transport solide.

La capacité de charriage est liée à la nature granulométrique des matériaux et varie dans le temps et dans l'espace avec le débit liquide.

La répartition entre le charriage et la suspension dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportés, à la vitesse de l'eau et à la turbulence de l'écoulement.

En tout point d'une rivière, l'alimentation en débit solide est définie par les caractéristiques de son bassin versant.

II.1. Transport par charriage

Le transport par charriage est l'un des principaux types de transport solide dans un cours d'eau, il concerne les plus gros matériaux qui contribuent la formation et l'équilibre du lit. Le charriage dit transport du fond, constitue un sérieux problème en régularisation des débits du cours d'eau.

II.1.1 Facteurs influençant les écoulements de surface

II.1.1.1 La torrencialité de l'écoulement

La difficulté vient du fait que le régime d'écoulement non permanent, sachant que précisément ce régime torrentiel qui est responsable du charriage, l'eau animée d'une grande vitesse, en butant contre une particule au repos, lui cède une partie de sa quantité de mouvement ($M_1V_1=M_2V_2$) loi de la conservation de mouvement. Elle le déplace en un équilibre quand la vitesse de déplacement de la particule égale celle de l'eau. Les deux phases (solide et liquide) peuvent alors être assimilées à une phase unique de vue hydrodynamique:

Equation du mouvement uniforme de Chézy.

$$V=C.(Rh .I)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

D'où **V** : vitesse moyenne des eaux (m/s).

C : Coefficient de Chézy.

Rh : Rayon hydraulique.

I : pente du lit.

Le régime d'écoulement est donné par le nombre de FROUDE qui est le suivante:

$$Fr=V/ (gH)^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

Avec:

V: vitesse de l'eau.

H: lame d'eau ruisselée.

g: pesanteur.

La force tractrice de l'écoulement est donnée par:

$$\zeta_0 = y.Rh.I_0 \dots\dots\dots (3)$$

Avec:

y : poids volumique de l'eau.

Rh : Rayon hydraulique.

I: pente.

La contrainte critique des matériaux du fond est déterminée par la relation de MEYER-PETER:

$$\zeta_{cr} = 0.047 (y_s - y)d50 \dots\dots\dots(4)$$

Avec:

y_s: Poids volumique.

y : Poids volumique de l'eau.

ζ_{cr} : Contrainte critique.

Le débit de charriage (Relation de MEYER-PETER):

$$Gs = 25(\zeta_0 - \zeta_{cr})^{3/2} \dots\dots\dots (5)$$

Avec :

ζ_{cr} : Contrainte critique.

ζ_0 : Contrainte

II.1.1.2. Pente de compensation

Le rayon hydraulique et la pente du fond de la ravine (ou torrent) varient d'un profil transversal à un autre. Il s'en suit que la vitesse des eaux, elle aussi, à l'endroit où la vitesse des eaux et la vitesse d'entraînement des particules sont égaux et dont l'allongement est dans le sens du courant.

Il n'y a pas de charriage si $\zeta_0 = \zeta_{cr}$, donc la pente est appelée "pente de compensation".

II.2. Transport en suspension

II.2.1. Définition

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'eau. Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein même du liquide. Ces éléments fins sont maintenus en suspension par la turbulence et la quantité de ces matériaux dépend essentiellement des éléments fins, qui proviennent de l'érosion du bassin suite au ruissellement des eaux de pluie.

II.2.2. Description du phénomène

Au fur et à mesure que la vitesse du courant s'accroît dans le cours d'eau, l'intensité de la turbulence s'accroît également jusqu'au stade où les particules en saltation atteignent une hauteur au-dessus du fond où les forces extensionnelles fluctuantes dues à la turbulence dépassent le poids des particules. À partir de ce moment, les particules ne suivent plus une trajectoire définie, mais elles suivent des trajectoires aléatoires dans l'épaisseur du fluide. Le critère d'apparition des phénomènes de suspension qui consiste à définir la vitesse "U" d'écoulement du liquide, par laquelle la poussée de ce dernier sur les grains de diamètre "D"

permet la mise en suspension des grains quartzeux de 0.2 à 0.85 millimètres de diamètre dans des écoulements naturels de rivières est définie par la formule(6).de **W. Kresser**:

$$U^2=360.g.D \dots\dots\dots (6)$$

Avec :

$$U= C \sqrt{hj} \text{ et } \tau = \gamma h \text{ d'où } \tau =360\left(\frac{\gamma g}{C^2}\right) D\dots\dots\dots(7)$$

τ : Tension tangentielle de l'écoulement.

γ : Poids volumique du liquide.

C: Coefficient de Chezy.

h: Hauteur du liquide.

J: Perte de charge régulière.

Selon **Roose (1987)**; la présence d'élément solide en suspension dans un cours d'eau est due à la turbulence de l'écoulement. Les particules solides subissent l'action des composantes transversales des vitesses de turbulence ($v = \bar{v} + v'$) qui s'opposent à la pesanteur pour maintenir les particules en suspension.

II.3. Quelques données sur le transport solide en Algérie et la Méditerranée

Les bassins versants du tell algérien dominés par un climat semi-aride sont caractérisés par une pluviométrie saisonnière et interannuelle irrégulière. Cette irrégularité a un impact direct sur l'action érosive et notamment sur le transport solide en suspension. Ce dernier dépend de plusieurs facteurs dont l'agressivité des averses, l'état du sol et la turbulence de l'écoulement.

Les valeurs de la dégradation spécifique varient d'un bassin à un autre et d'une région à l'autre; nous citons par exemple, 1160 t/km²/an pour l'oued Mazagran (côtiers algérois) , 2300 t/km²/an pour exemple ,1160 t/km²/an pour ISSER à Lakhdaria, 490 t/km²/an pour Oued Soummam à Sidi Aicha, 680 t/km²/an pour Oued Medjerda à Souk Ahras (**Bourouba, 1997**) et 150 t/km²/an pour la Machta au barrage Cheurfa. (**Bourouba;1998**)

Les crues de l'automne et du printemps sont responsables de l'essentiel du transport solide. En effet, pendant l'été connu par ses chaleurs intenses, le sol se dessèche, se fissure, se

fragmente et voit son couvert végétal réduit. Ce qui permet aux premières averses de l'automne de laver le sol de ces éléments fins détachés. Pendant le printemps qui succède à la saison hivernale froide et pluvieuse, les crues coïncident avec des versants saturés et déblayés.

L'activité érosive dépend alors des mouvements de masses et des sapements de berges qui se produisent dans les zones mal protégées au bas des versants. On assiste alors pendant ces crues à une croissance rapide du volume ruisselé et de la turbidité. Pour la crue du 17 avril 1979 à Oued Medjerda supérieur, le débit liquide et la concentration enregistrés sont 8 fois supérieurs aux valeurs moyennes mensuelles (**Bourouba, 1998**).

Ces périodes de crues de l'automne et du printemps représentent une courte période de forte érosion qui dure entre 2 et 4 mois responsable de la majeure partie du transport solide.

Le reste de l'année est à érosion faible (**Terfous et al, 1999, Bourouba, 1997.1998**).

Annuellement, le comportement morphologique irrégulier des bassins versants algériens passerait d'une année à l'autre d'un régime méditerranéen à érosion élevée et à écoulement abondant au régime de la zone tempérée caractérisée par un écoulement abondant et une érosion faible ou encore au régime de la frange aride à érosion élevée et à faible écoulement (**Bourouba, 1998**).

A) Dans le bassin méditerranéen

Le modèle le plus utilisé est basé sur l'équation universelle de perte (USLE, Universal Soil Loss Equation) établi par (**Wischmeir et Smith, 1958-1978**). Pour prédiction à long terme (>20ans) concernant l'érosion en nappe et en rigoles dans des parcelles agricoles. La moyenne annuelle de perte de terre par hectare (A) est déterminée à partir de 6 facteurs; l'érosion des pluies (R), l'érodibilité du sol (k), la longueur de pente (L), le pourcentage de la pente (S), l'occupation et l'utilisation des terres (C) et les pratiques de conservation (P).

Des modèles plus récents intègrent les nouvelles données acquises sur les processus de l'érosion. Ainsi, le facteur (P) n'est pris en compte et le facteur (k) est déterminé à partir de modèles hydrologiques pour le modèle européen d'érosion des sols EUROSEM (**Quinton, 1997**). Un modèle adapté à la région côtière libanaise (**Bou kheir et al, 2001**) ne prend pas en compte le facteur (L) mais introduit un facteur; la capacité d'infiltration des roches.

Au Maroc, (**Bonn et al 1994**) modifient le facteur d'érosivité de la pluie (R) pour tenir compte de l'intensité du ruissellement de surface. Dans l'USLE, l'érodibilité du sol est évaluée en tenant compte de la texture, de la teneur en matière organique, de la structure et de la perméabilité, alors que dans l'EUROSEMM, c'est la cohésion du sol et sa détachabilité par la

pluie qui sont utilisées. SEMMED « Soil Erosion Model for Mediterranean Areas» (**De Jong et Ruezobos, 1997**) sépare le processus d'érosion en deux phases: eau/sédiment.

Les modèles comme USEL EUROSEM TURTEM (Turkey Soil Erosion Estimation Model) (**Ozden, 1998**) , WEPP (Water Erosion Prédiction Project) (**Laflen et al , 1991**) , Arsem (Ardeche Soil Erosion Model) et SAGARELE (Système d'aide à la gestion et à l'aménagement du territoire pour la lutte contre l'érosion) (**Pouliot et al, 1994, Boussema et chairat , Ben Abdallah, 1995**) donnent en sortie les pertes en terres. Alors que le modèle MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) (**Kirkby, 1995**) et medrush (**Thomas et al, 1996**) déterminent la sédimentation au cours des inondations catastrophiques. Par contre, SEMMED permet d'identifier les zones vulnérables à l'érosion.

Le tableau I.3 donne quelques modèles utilisés dans le monde.

Tableau 3. Quelques modèles utilisés.

Bassin ou région	Modèle	Equation	Auteur
Massif central (France)	Puissance	$Q_L = 16 P^2$	Coutagne
Bassins algériens	Puissance	$Q_L = 11.8 P^{2.82}$	A.N.R.H
Bassins algériens	Linéaire	$Q_L = 0.736(p-404)$	Samie
Oued M'righa (Algérie)	Polynome	$Q_L = 50.6 P^2 - 3.54P$	Roeder
Oued Ouergha (Maroc)	Puissance	$A_L = 690 A_s^{0.18}$	Lahlou
Medjerda superieur(Algérie)	Linéaire	$A_{SS} = 1.06E-66.2$	Bourouba
La garonne (France)	Puissance	$C = 3.6 \cdot 10^{-3} O_L^{1.383}$	PROBST -Bazerbachi

B) En Algérie

Le volume de matériaux qui se déposent chaque année dans les retenues des barrages algériens sont évalués, en moyenne à 20 millions de m³ par an (**Remini ,1999**), ce qui contribue a réduire de 0.3 % par an les capacités de stockage de l'eau estimées à 6.2 milliard de m³ (Riad et al, 1999) dans des régions caractérisées par une pluviométrie à la fois faible et irrégulière.

D'après (**Touaïbia, 2000**), le caractère irrégulier, aléatoire de l'érosion hydrique et sa discontinuité spatio- temporelle la rendent complexe.

D'après (**Touaïbia, 2001**) dans ces études sur le bassin Oued Mina, les zones marneuses sont sensibles à l'érosion hydrique et ont dépassé le seuil tolérable de 10 t/ha. /an.

Les rivières drainent souvent des collines et des montagnes marno-argileuses. Le courant provoque une érosion multiforme, avec la formation de ravins profonds et hiérarchiques, caractéristiques de mauvaises terres.

En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Les éléments de quantification concernant les taux et les concentrations d'érosion spécifique issus des travaux de **(Demmak, 1982)**, donnent des chiffres allant de 20 à 500 t/km²/an. Avec une turbidité comprise entre 16 et 28 g/l. Le taux d'érosion spécifique atteint les 5.000 t/km²/an dans le bassin de l'Agrion qui alimente le Barrage de Ighil Emda (Bejaia). 120 millions de tonnes de sédiments sont rejetées chaque année dans la mer. L'irrégularité du climat influence directement les flux, qui sont caractérisés par :

- * L'irrégularité saisonnière et inter – annuel des flux d'eau.
- * La violence et la soudaineté des inondations: le débit du Cheliff peut dépasser les 4200 m³/s.
- * La sévérité et la durée des périodes basses eaux.

En Algérie, un effort louable a été entrepris depuis les années 1995 pour reforester les vallées (50.000ha), les "bad-lands", fixer les ravines et corriger les oueds, aménager 300.000ha de terres cultivées en banquettes d'absorption ou de diversion (construites par les services de DRS) puis par la Direction Nationale des Forêts. Depuis 1978, la construction de banquettes a été suspendue, suite aux critiques des chercheurs, au rejet des paysans, et surtout, aux difficultés économiques. La lutte antiérosive a été restreinte à la protection des ouvrages d'art, à la reforestation, à la végétalisation des ravines et à la construction des grands Barrages.

Pour les paysans, les seules actions de l'Etat concernent aujourd'hui l'amélioration foncière (c'est-à-dire, sous soulage des sols à croûte calcaire, qui augmente la productivité des céréales) et la création de petites retenues collinaires, fournissant de l'eau en tête de vallée pour le bétail, l'habitat et quelques hectares d'irrigation. Même cette politique est remise en cause par des hydrologues qui font remarquer que l'envasement des Barrages n'a pas diminué depuis l'effort consenti par l'aménagement des hautes vallées. Les travaux de **(Heusch, 1970)** et **(Demmak, 1982)**, montrent que la majorité des sédiments piégés dans les réservoirs proviennent du ravinement, des glissements de terrain, des éboulements des berges et de la divagation des oueds.

En fonction de la part des objectifs des projets de lutte antiérosive en vue de réduire les nuisances à l'aval ou de préserver le capital foncier des versants, on cherchera un compromis permettant d'intervenir dans les vallées pour piéger les sédiments et stabiliser les berges tout en aménageant les versants pour réduire et retarder le ruissellement (améliorations foncières,

talus enherbés, techniques culturales pour couvrir le sol en hiver et revégétaliser les zones surpâturées.) Des méthodes de calcul économique existent, qui permettent de choisir les interventions de lutte antiérosive les plus efficaces, en se basant sur les coûts des traitements antiérosifs, des nuisances auxquelles on peut s'attendre en l'absence d'intervention.

D'après (**Touaïbia, 2003**), la couverture végétale, le coefficient d'écoulement, la surface et densité de drainage sont autant d'éléments qui influent directement sur l'érosion hydrique sur les bassins versants, un modèle a été établi dans ce sens dans le cas de bassin versant de l'oued Mina dont la formulation est donnée par la formule (8).

$$E_s = 34.12 * S^{0.164} * Dd^{0.284} * Ce^{0.573} * Cv^{0.329} \dots\dots\dots(8)$$

Avec un coefficient de corrélation multiple de 0.95.

D'après (**F.A.O 1980**), (**Demmak, 1982**), les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par des roches et par les sols en conséquence sur quantité du sol susceptible d'être érodée. Une faible infiltration des roches affleurant indique qu'une grande quantité de sédiment d'eau ruisselée par conséquent une grande quantité des terres peut être emportée.

(**Chebbani, 1999**) : les sols marneux lorsqu'ils sont secs restent non érodables, mais dès qu'ils atteignent une certaine humidité leur sensibilité à la détachabilité et au ruissellement augmentent.

(**Roose, 1994**) : les argiles, les marnes, les schistes, les basaltes, les gneiss sont très vulnérables au ravinement, les transports solides dans un bassin versant dépendent de la surface en roche de différents types (argileuses, marneuses, schisteuses.)

(**Arabi, Roose, 1989**) montrent que le ruissellement journalier maximal des orages d'automne -sur les parcelles peu couvertes- est inclus dans la fourchette de 19 à 32 % et, parfois, jusqu'à 70 à 85 % pendant les importantes averses de l'hiver sur des sols détremés.

Des études faites dans la région méditerranéenne et en Afrique montrent:

(Delhoume, 1981), dans les régions méditerranéennes semi –arides, les sols sous forêts bien entretenus sont considérés comme non sensible à l'érosion.

(Roose, 1994), la litière et les végétations basses favorisent l'infiltration.

D'après (Razafiniaina, 2002), la couverture végétale agit de façon positive sur la réduction de la formation des croûtes donc sur l'amélioration de la rugosité, la limitation de la compacité et par conséquent une amélioration de l'infiltration. Les travaux de labour favorisent également l'infiltration par amélioration de la rugosité mais l'effet n'est pas durable car il suffit de deux pluies successives pour la réduire.

III- Quantification de l'érosion hydrique

Parmi les phénomènes géologiques et géomorphologiques qui se déroulent en continu à la surface du globe terrestre, l'érosion demeure la plus spectaculaire. Ce phénomène naturel constitue le résultat des facteurs climatiques, et il est aussi la conséquence de l'activité humaine.

Ce qui introduit un déséquilibre dans le système, l'importance de l'érosion hydrique pousse l'homme à chercher et à proposer des méthodes dites empiriques pour quantifier cette érosion (A. BOUDJADJA, 2004)

Le transport solide qui est un phénomène complexe, discontinue et non uniforme, constitue la deuxième phase de l'érosion et se produit selon divers modes: en suspension et par charriage en fonction de la dimension des particules.

III.1. Les méthodes de quantification de l'érosion

Plusieurs formules et méthodes qui impliquent les paramètres physiques sont utilisées pour la quantification de l'érosion hydrique. On cite quelques méthodes parmi les plus utilisées telles que:

III.1.1. Formule de Henin "1950"

Cette formule symbolise la relation existant entre l'érosion pluviale et les facteurs susceptibles de la favoriser ou de la limiter. La quantification de l'érosion spécifique " Es" est donnée par la formule (9).

$$E_S = \frac{I_P I_S}{K V_e} \dots\dots\dots(9)$$

Avec :

I_p: Intensité des précipitations.

I_s: Pente du bassin versant.

Les facteurs "**I_p**" et "**I_s**" favorisent l'érosion.

E_s: Susceptibilité des sols.

K: Perméabilité.

V_e: Végétation.

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

III.1.2. Formule universelle de WISCHEMEIER 1959

Le modèle empirique de perte en terre **WISCHEMEIER** et **SMITH** (USLE), vingt ans après la mise en place des essais d'érosion en parcelle dans une bonne dizaine d'états d'Amérique du nord, en 1958, **WISCHMEIER**, statisticien du service de conservation des sols fut chargé de l'analyse et de la synthèse de plus de 10000 mesures annuelles de l'érosion sur parcelles et sur petits bassins versants de stations. L'objectif de **WISCHMEIER** et **al. (1960,1978)** était d'établir un modèle empirique de prévision de l'érosion à l'échelle du champ cultivé pour permettre aux techniciens de lutte contre l'érosion de choisir le type à aménager et de garder l'érosion en dessous d'une valeur limitée tolérable.

Principe 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), **Is** (le facteur topographique), **C** (le couvert végétal et les pratiques culturales) et **P** (les pratiques anti-érosives).

$$A=R. (K .Is .C.P)\dots\dots\dots(10)$$

Avec:

A : Perte de terre (T/ha).

R : Indice de pluie caractérisant l'agressivité de la pluie en T/ha.

K: Indice de sol indiquant la plus ou moins grande susceptibilité du sol à l'érosion.

Is : Indice de pente permettant de comparer les paramètres topographiques locaux

à des conditions standard.

P: indice de conservation du sol.

C: Indice de culture permet de tenir en compte taux du couvert végétal.

Cette méthode a été appliquée dans plusieurs régions de l'Algérie (le cas de Ouezra -Médéa) et a montré la gravité du problème de l'érosion et a déterminé les périodes où l'érosion est intense.

III.1.3. Formule de Fournier (1960)

$$Ass = (1/36) (Pm^2/ Pam)^{2.65} (h^2/S)^{0.46} \dots\dots\dots(11)$$

Avec:

Ass : apport solide spécifique (T/km²/an)

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

Pam: précipitations annuelles (mm).

h : dénivelée moyenne (m)

S : superficie du bassin versant (km²).

III.1.4. Formule de TIXERONT (1960)

Les travaux de **TIXERONT** sur plusieurs bassins ont donnés comme résultat la formule suivante:

$$E_s = (S_1 \cdot Ta_1 + S_2 \cdot Ta_2 + S_3 \cdot Ta_3 + \dots + S_n \cdot Ta_n) \dots \dots \dots (12)$$

Avec :

Es : Erosion spécifique (T/km².an)

Ta1, TA2, Ta3+.....Tan: Taux d'abrasion en fonction de la perméabilité du sol dans les sous bassin (T/km²).

S : Superficie totale du bassin (km²)

S1, S2, S3 : Superficie des sous bassin (km²)

III.1.5. Formule de Gravillovic (1960)

Il a défini l'érosion spécifique, comme étant proportionnelle à la température, à la pluie et à un coefficient d'érosion, l'équation est donnée par l'expression :

$$E_s = 3.14.T.P_0 \sqrt{Z^3} \dots \dots \dots (13)$$

Où,

Es : érosion spécifique dans le bassin versant (T/km².an)

T : coefficient de température : $T = \sqrt{\frac{t_0}{10}} + 0.1 \dots \dots \dots (14)$

Avec :

t₀ : température moyenne annuelle en c⁰

P₀ : pluie annuelle en (mm).

Z : coefficient d'érosion.

$$Z = y.[x.a] \left(\delta + \sqrt{I_{moy}} \right) \dots \dots \dots (15)$$

Où,

Y : valeur du coefficient de la résistance du sol dû à l'érosion .il dépend de la roche mère, le type du sol et du climat.

[x.a]: Coefficient de régularisation du bassin versant, se rapportant à la protection des sols, des influences des phénomènes atmosphériques des forces érosives liées aux conditions naturelles. Il est aussi tabulé.

δ : équivalent numérique des processus visibles et nettement prononcés dans le bassin versant.

I_{moy} : indice de pente moyenne du bassin versant.

III.1.6. Formule de l'A.N.R.H, 1982

La formule se présentant sous la forme:

$$\text{Tss(T/km}^2\text{/an)}=26.62 \text{ IL}+5.07\text{IP}+9.77\text{CT}-593.56 \dots\dots\dots(16)$$

Où :

TSS: transport solide spécifique moyen annuel.

IL: indice lithologique égale à la superficie des formations et argileuse du crétacé supérieur et de tertiaire exprimé en pourcentage.

Où :

IL=25 %.

IP: indice de précipitations érosives, produites du pourcentage des précipitations annuelles tombées sous formes des pluies supérieures à 30 mm par la fréquence.

IP:1.70.

III.1.7. Formule de SOGREAH

Basée sur les données de 30 bassins algériens, de superficie comprise entre 100 et 300Km², soumis à une pluviométrie annuelle comprise entre 300 et 1000mm.

$$\text{Ass}=\alpha.E^{0.15} \dots\dots\dots (17)$$

Avec:

Ass: apport solide spécifique (T/km²/an)

α : Coefficient dépendant de la perméabilité du sol, donné au Tableau 4

E : écoulement annuel (mm)

Le tableau suivant montre les valeurs de α (coefficient dépendant de la perméabilité du sol) pour différentes perméabilités.

Tableau 4. Valeurs de α Pour différentes perméabilités.

Perméabilité	α
Forte	8.5
Moyenne	75
Moyenne à faible	350
Perméabilité faible	1400
Imperméable	3200

Conclusion:

Au cours de ce chapitre, nous avons tenté d'éclairer les termes-clés de l'érosion et du transport solide qui font la base de notre travail. Nous avons donné plus d'importance à l'érosion hydrique par rapport aux autres types de l'érosion par ce qu'elle a une relation directe avec notre thème d'étude. Par suite, nous avons abordé le transport solide par ses deux types et exposé de différentes méthodes servant la quantification de l'érosion hydrique. Ce parcours semble à un passage du général au particulier qui n'est que l'étude comparative des bassins versants de Rouina et de Tighzel qui sera exposée dans les chapitres suivants.

CHAPITRE DEUXIEME: CADRE D'ÉTUDE

Introduction

À partir de ce chapitre, nous allons entamer notre étude comparative des deux bassins versants Rouina et Tighzel en précisant d'abord leurs localisations et en comparant ensuite, leurs situations géologiques et lithologiques ainsi que les caractéristiques de leurs couvertures pédologiques. Nous allons parler à la fin de ce chapitre du climat et des caractéristiques morphométriques des deux bassins en appliquant de différentes formules et en s'appuyant sur des données correspondantes.

I. Localisation de la zone d'étude

Les deux bassins versants qui font le sujet de notre étude se situent dans la même zone géographique; celle de Haut-Chélif et semblent proches l'un de l'autre comme le montre la carte suivante:

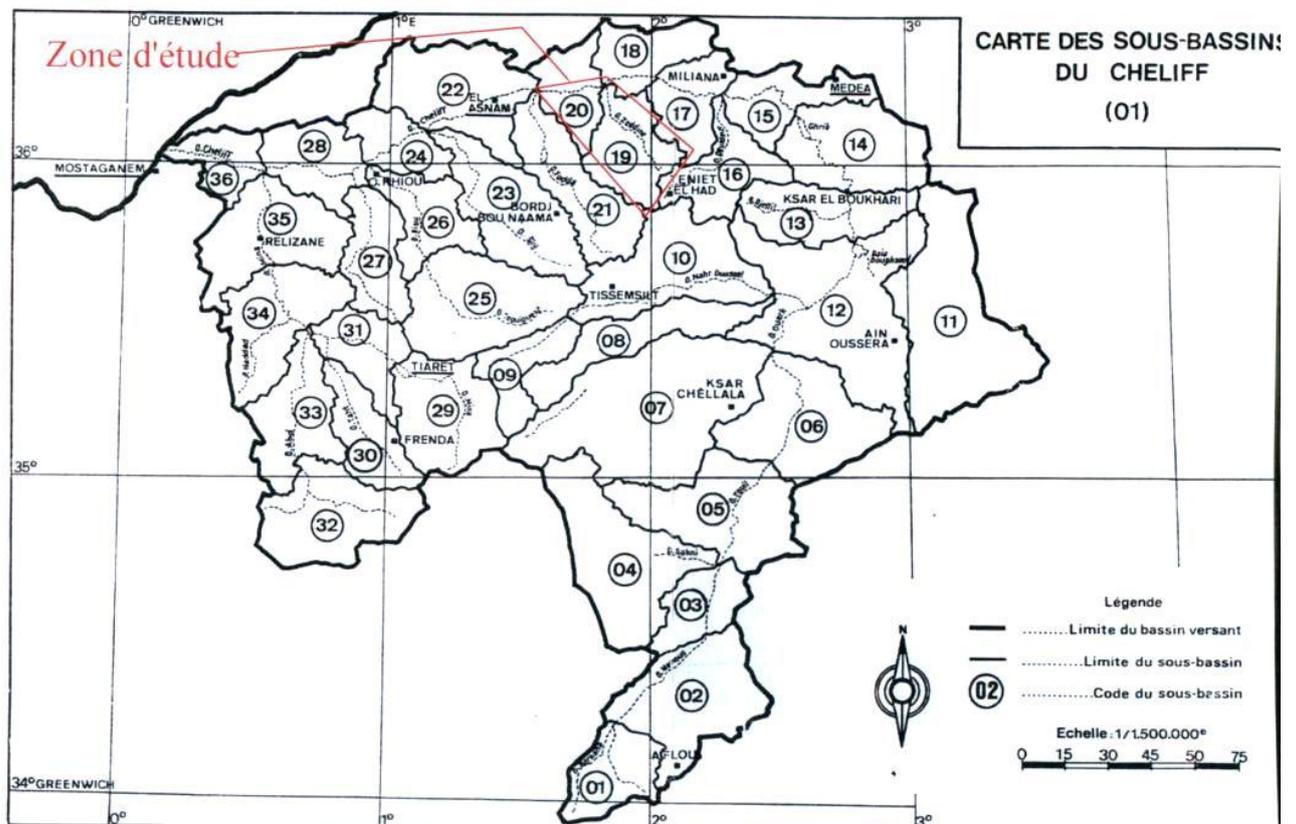


Figure 1. Localisation de la zone d'étude.

I.1. Bassin de ROUINA

Le bassin de Rouina s'étend sur 872.57 km² au sud du village de Rouina et au nord de la ville de Theniet-El-Had. Ce bassin appartient à l'ensemble des bassins qui sont situés dans la zone de dépression du relief relativement très large entre la chaîne de l'Atlas Tellien septentrional et l'Atlas Tellien méridional. Il présente une succession de dépressions comblées de formations quaternaires et de reliefs miocène du Cheliff (Miocène inf. et miocène sup.), l'altitude maximale est de 1700m (**fig. 2**).

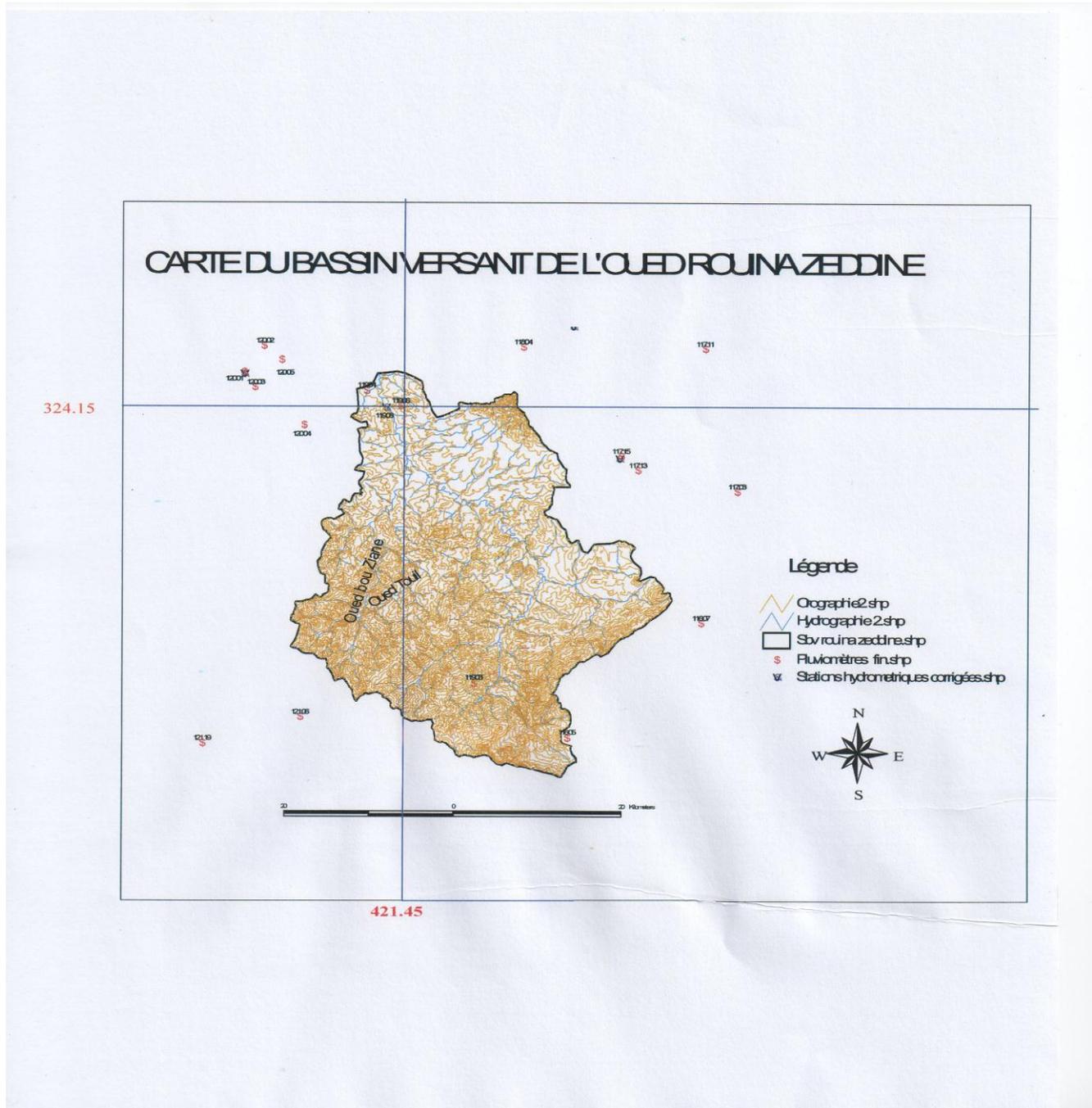


Figure 2. Carte du bassin versant de l'oued Rouina-Zeddine.

I.2. Bassin de TIGHAZEL

Ce bassin s'étend sur 128.97km² au sud de la ville d'El-Attaf. Il appartient à l'ensemble des bassins de la plaine du Grand Cheliff relativement très large au sein de l'Atlas Tellien méridional. Les principaux reliefs sont constitués par une succession de massifs pliocènes d'altitude ne dépassant que rarement 1000m, le climat est semi-aride et tempéré. (fig. 3)

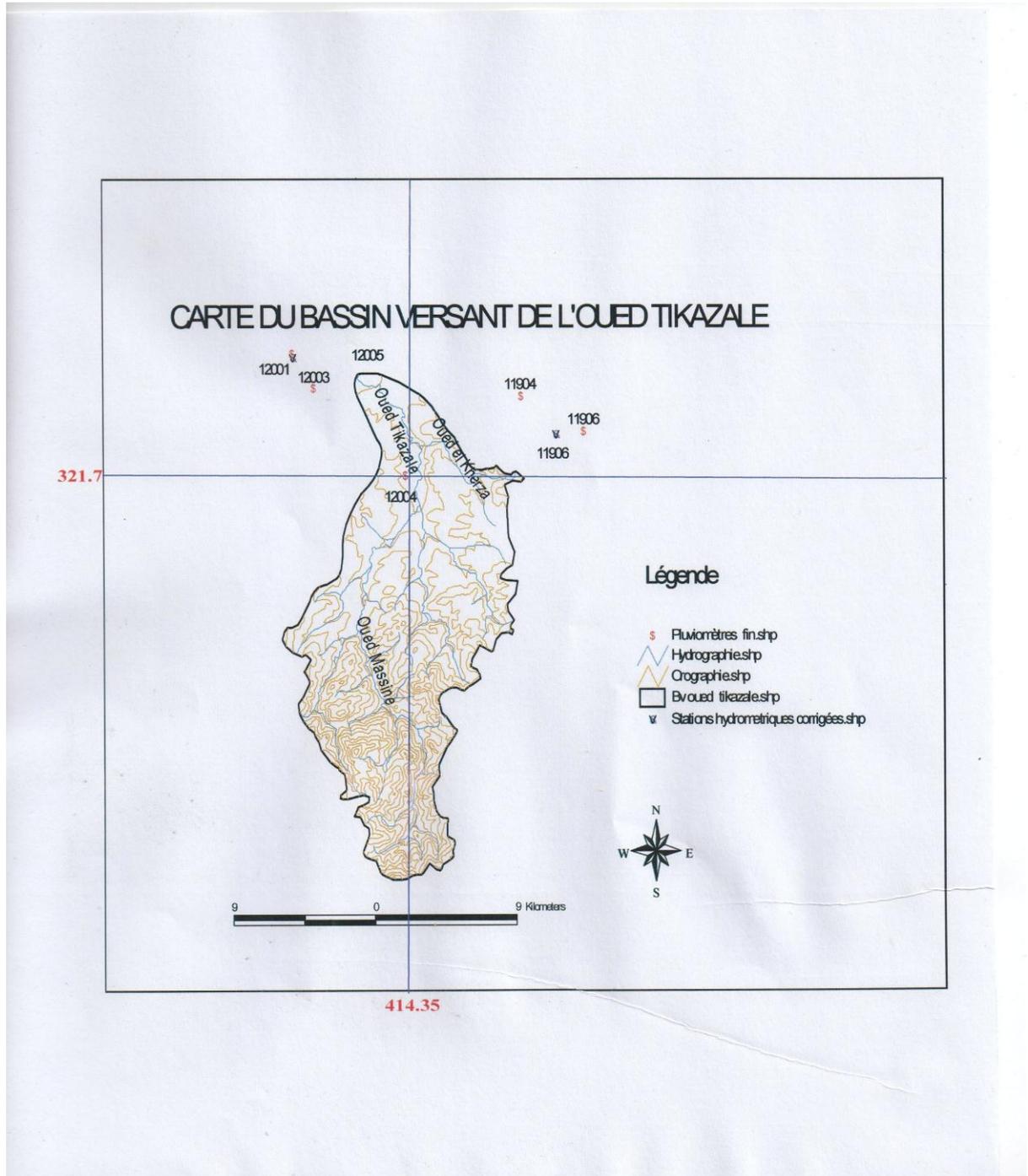


Figure 3. Carte du bassin versant de l'oued de Tighazel.

II. Situation géologique et lithologique

II.1. Situation géologique

II.1.1. Bassin versant de Rouina

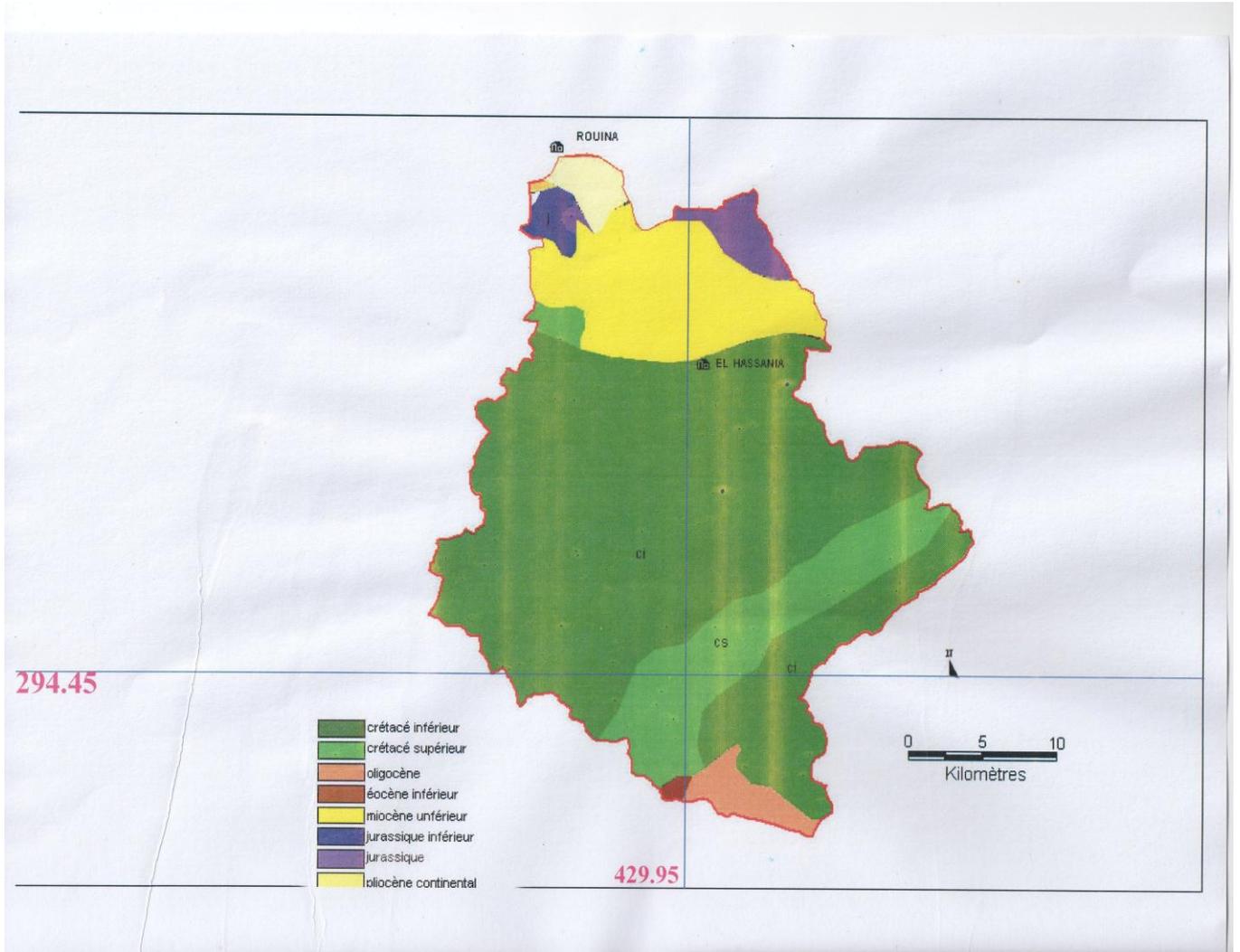


Figure 4. Carte géologique du Bassin versant de Rouina.

Le bassin versant de ROUINA est très vaste et très compliqué, de point de vue géologique, car il est constitué par des formations en position autochtone et allochtone. Au Nord-est du bassin, il y a l'affleurement du socle (les roches plus anciennes). L'unité fondamentale du bassin est les sédiments d'autochtone, les sédiments jurassiques et crétacés dans lesquelles prédominent les calcaires. Ces sédiments n'occupent pas une grande superficie sur la surface, nous pouvons les voir seulement sur quelques fenêtres tectoniques. Sur la surface, prédominent les sédiments de nappe infra-tellienne (argile, calcaire, marnes, marnes de calcaire, conglomérâtes et grés) qui étaient chevauchés sur les sédiments de l'autochtone, et

qui sont détaillés sur la carte vers le Nord. Ces sédiments de nappe infra tellienne post-miocène sont généralement le sable et les graviers. Il existe sur la même partie quelques affleurements de calcaires jurassiques d'autochtone, ce qui signifie que l'épaisseur des couches de nappe est faible.

II.1.2. Bassin versant de Tighazel

La base lithographique du périmètre de l'oued Tighazel est exclusivement d'origine sédimentaire, ce sont des formations du crétacés représentées essentiellement par des marnes, des dalles argileuses ; du calcaire et des flyschs.

Ce bassin se trouve dans une région à structure charitée dans laquelle se trouve une formation allochtone (nappe infra tellienne). Parallèlement, il présente des fenêtres tectoniques appartenant aux roches autochtones. Chacune des nappes et des fenêtres sont formées respectivement l'une par des sédiments crétacés et l'autre par des sédiments jurassiques. La remarque qu'on puisse faire est que les sédiments se trouvent sur la surface du bassin et non sous la couverture des formations post-miocène. Cela est remarquable, bien entendu, sur la partie nord du bassin versant (moins du 1/4) qui est couverte par la formation post-miocène. La direction des axes des structures tectoniques (anticlinales et synclinales) est SW-NE.

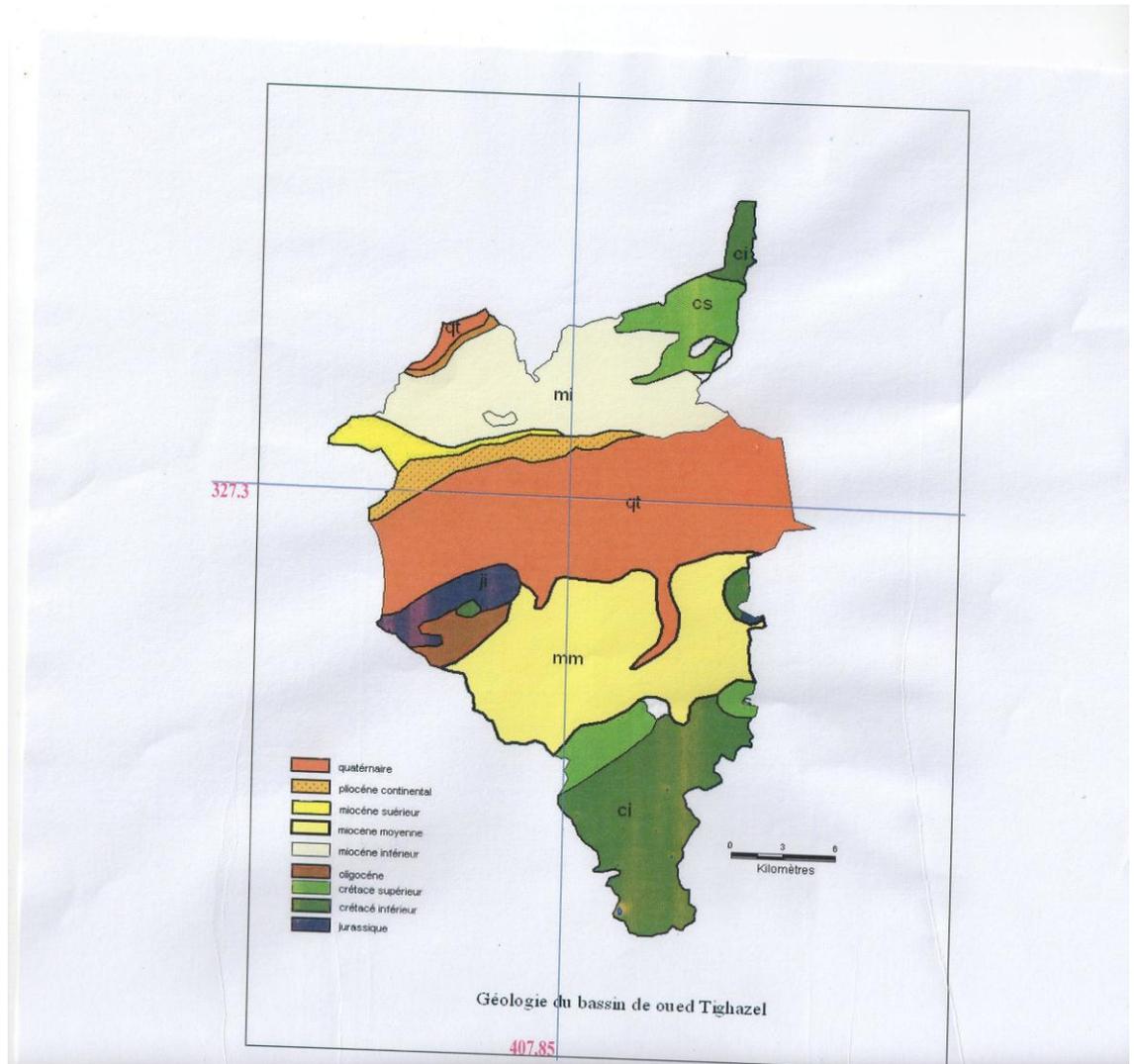


Figure 5. Carte géologique du Bassin versant de Tighazel.

II.2. Description des affleurements des deux bassins.

Les différents terrains rencontrés s'étalent depuis le Jurassique inférieur jusqu'au Miocène, le substratum de cette série est formé d'un socle cristallophyllien que surmontent les formations schisto-gréseuses et volcaniques du massif du DOUI.

A)- Les séries anté néogènes

Le socle cristallophyllien affleure très mal au sud du DOUI, on ne reconnaît que des pegmatites qui intrudent un complexe métamorphique altéré.

La série volcanique du DOUI caractérisée par des tufs et des brèches volcaniques auxquelles on associe des intrusions de rhyolithes (GLAUGAUD 1952) est surmontée, en concordance, de schistes violacés ou lie de vin parfois à intercalations métriques (jusqu'à 10m), de grés quartzites roses et de conglomérats à ciment

quartzeux, socle, séries volcaniques, schistes et grès quartzitiques présentent des caractéristiques semblables, elles doivent être considérées comme des formations imperméables. Les parties superficielles altérées peuvent présenter localement une bonne perméabilité. Failles et diaclases qui affectent ces terrains seront rapidement obstrués par les produits d'altération et ne permettent pas aux eaux de s'infiltrer.

Associés à ces formations, les affleurements primaires ont une extension réduite. Leurs constitutions lithologiques caractérisées par la diversité des faciès à dominante imperméable conduit à un ensemble où les ruissellements seront prédominants.

Le jurassique est représenté par des calcaires compacts cristallins gris bleus surmontés de 2 à 3m de calcaire détritique à galets de roches éruptives puis d'une trentaine de mètres de schistes. Le sommet de cette série qui appartient au jurassique supérieur contient des calcaires à débris d'ammonites.

Les terrains jurassiques présentent, sous l'angle hydrologique, un intérêt particulier. En effet, les calcaires très fissurés et fortement crevassés constituent de véritables réservoirs qui emmagasinent la majeure partie des précipitations (pluie et neige). Seulement la disposition tectonique et le sous bassement schisteux ne permettent pas aux eaux d'infiltration de s'engouffrer profondément. Si bien que l'on peut observer de puissantes sources au pourtour des massifs qui contribuent à gonfler le ruissellement, favorisé par une topographie accidentée.

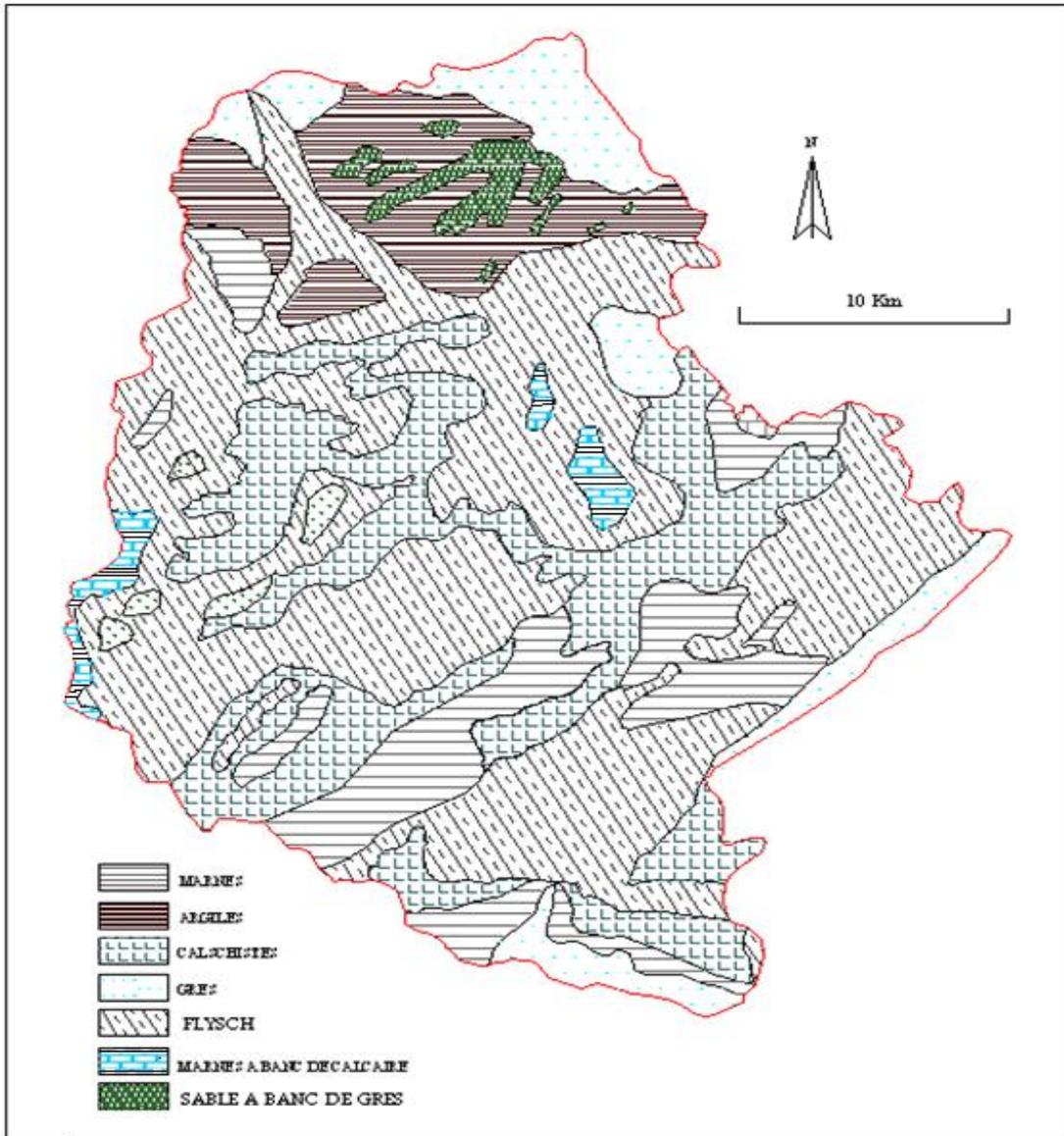


Figure 6. Schéma lithologique du bassin de Rouina. Etabli à partir de la carte géologique de M. MATTAEUR (1958).

Le crétacé inférieur caractéristique du domaine tellien est à dominante schisteuse, les bancs calcaires ne forment jamais de barres importantes. Le Crétacé moyen comporte une lithologie variée de calcaires marneux, argileux intercalés de marnes. Le crétacé supérieur est marno calcaire et marneux. C'est donc un ensemble globalement imperméable où le facteur ruissellement sera prépondérant.

B) Les séries post néogènes

Le Miocène inférieur présente une tendance beaucoup plus gréseuse que marneuse avec à sa base des niveaux détritiques et des conglomérats à galets bien

roulés à ciments formés de grés friables et de marnes reposent en discordance de cette série des conglomérats rouges alternant avec des argiles. Au milieu de la série on retrouve 500m d'épaisseur de marnes grises à bleutées à rares fines intercalations de grés.

Dans le bassin de Rouina, le pliocène présente les mêmes caractéristiques.

On constate donc pour le bassin de Rouina que seules les formations carbonatées peuvent présenter de bonnes capacités d'infiltrations, elles ne représentent que 15.47% de la superficie de ce bassin. Les autres affleurements sont pratiquement imperméables et déterminent un ruissellement important.

Au niveau du bassin de Tighazel, on observe le même comportement hydrologique que le bassin de Rouina. Ici, les formations perméables représentées par les affleurements carbonatés ne constituent que 5% de la superficie du bassin.

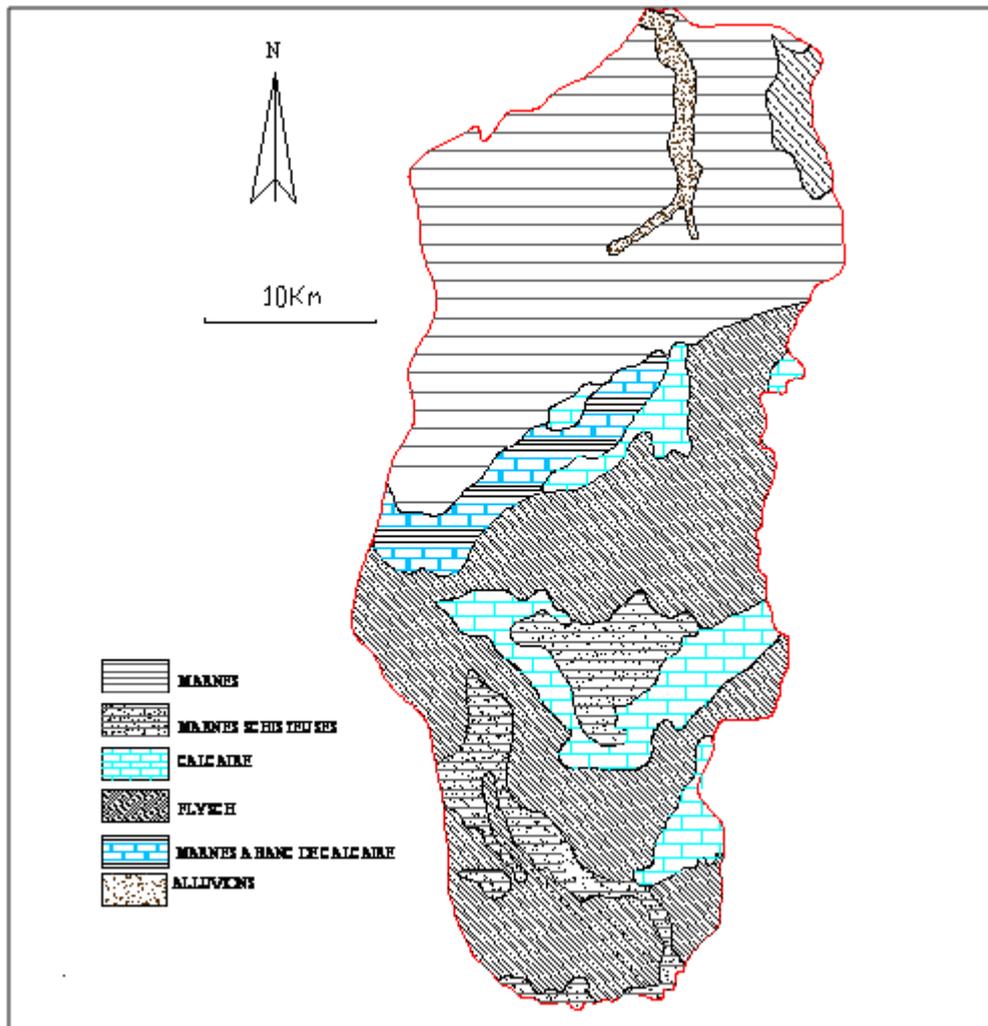


Figure 7. Schéma lithologique du bassin de Tighazel. Etabli à partir de la carte géologique de M. MATTAEUR (1958).

III. Caractéristiques des couvertures pédologiques des deux bassins versants

III.1. Le concept de couverture pédologique

Ce qu'on appelle habituellement " le sol ", en pédologie, est un objet naturel, continu et tridimensionnel, nommé couverture pédologique dans le Référentiel Pédologique de 1992 (AFES, 1992). De la notion du sol évoluant sous l'action de facteurs externes (relief, végétation, ruissellement,...), on est progressivement venu à la notion de couverture pédologique faisant partie intégrante de l'écosystème (RUELLAN et DOSSO, 1993). La couverture pédologique influence profondément le fonctionnement et les transformations de l'écosystème et du relief, avec lesquels elle se développe.

Les constituants, de natures minérale et organique, de la couverture pédologique sont présents à l'état solide, liquide et gazeux. Ils sont organisés entre eux, formant ainsi des "structures" spécifiques du milieu pédologique. Les couvertures pédologiques sont en perpétuelle évolution, ce qui leur donne une dimension supplémentaire : la durée.

III.2. Quelques aspects méthodologiques de l'étude des couvertures pédologiques

De fait, le fondement de toute étude des sols, quels qu'en soient les objectifs (agriculture, forêts, aménagements, hydrologie, travaux publics,...) doit être la connaissance des structures pédologiques, de leurs propriétés, de leurs fonctionnements, de leur histoire, de leurs rôles dans le fonctionnement et le comportement des sols en fonction des conditions de leur utilisation: c'est l'analyse structurale de la couverture pédologique (RUELLAN et DOSSO, 1993). Ces auteurs ajoutent qu'il a été démontré en particulier que:

- la fertilité et les conditions d'utilisation d'un sol sont largement fonctions de ses caractères morphologiques.

- les diagnostics de comportement et de fertilité ne peuvent être sérieusement découverts et évalués qu'au travers d'une observation détaillée de leur anatomie.

- cette observation détaillée doit être le préalable nécessaire à toute décision d'intervention.

En conséquence, il est important d'examiner la morphologie d'un sol avant d'envisager, si nécessaire, la réalisation d'analyses de nature chimique par exemple.

III.2.1. Objectifs et démarche dans la description des sols

Une description pédologique peut s'inscrire dans toutes sortes d'études relatives au milieu naturel lesquelles peuvent avoir des objectifs très variés (**BAIZE et JABIOL, 1995**). Les décisions du descripteur devront être adaptées aux spécificités de l'étude (**BAIZE et JABIOL 1995**) par le choix :

- Des points d'observation.
- Des moyens d'observation (tarière, pioche, grande fosse).
- Des caractères décrits et de ceux que l'on négligera volontairement.
- Des référentiels employés.
- Des fiches de relevés normalisées.

Ces auteurs précisent qu'une description pédologique peut se situer dans les quatre types de démarches méthodologiques ci –après :

Cas 1 : une campagne de relevés est destinée à définir une typologie d'horizons, de solums, ou établir des corrélations sols/végétation.

Cas 2 : la description est destinée à caractériser une unité précédemment définie.

Cas 3 : un relevé rapide d'un ou de quelques paramètres du solum doit permettre d'affecter immédiatement celui-ci à une typologie définie précédemment.

Cas 4 : « l'analyse structurale » qui consiste à étudier de façon approfondie les structures d'une couverture pédologique en termes d'horizons et /ou de caractères. Cette étude très spécialisée peut permettre d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement saisonnier et l'évolution à long terme.

Dans le cadre d'une étude hydrodynamique, la description du sol se justifie pour 3 raisons majeures (**Casenave et Valentin, 1989**) :

-La porosité superficielle peut être ouverte à la faveur d'une forte activité faunique ou d'un grand couvert végétal ou fermée en présence de réorganisation pelliculaire (croûte à porosité vésiculaire.) Dans ce cas, les propriétés hydrodynamiques des horizons pédologiques interviennent sur l'infiltrabilité.

-Il existe parfois, à faible ou moyenne profondeur, une discontinuité pédologique : apparition d'une cuirasse, d'un horizon continu argileux ou d'un horizon anthropique (semelle de labour par exemple) .Ces obstacles diminuent les intensités d'infiltration même en l'absence de croûte en surface.

-Enfin, l'étude conjointe des états de surface et du sol fournit la possibilité d'établir certaines relations dont la mise en évidence s'avère utile lors des études cartographiques ou de dynamique évolutive.

III.2.2. Les analyses de laboratoire

Elles sont envisagées dans le but d'avoir des informations plus précises sur les constituants des structures pédologiques et leur organisation. Les méthodes utilisées sont chimiques, électrochimiques et physiques. Ces méthodes sont souvent décrites dans les traités de pédologie et surtout dans les recueils d'analyse de sol disponibles dans les laboratoires spécialisées.

III.2.3. La cartographie pédologique.

Initialement préoccupés par la notion ponctuelle de sol (profil), les pédologues furent par la suite amenés à circonscrire sur le terrain des ensembles de profils identiques, élargissant ainsi leurs démarches à avec le souci de relier entre elles les observations comparables et d'effectuer les coupures indispensables quand des variations importantes étaient constatées (INRA MONTPELLIER, 1972) la connaissance des sols implique l'étude de leurs propriétés essentielles, de leur comportement et de leur distribution dans le paysage (JAMAGNE, 1994). Le problème d'échelle, en cartographie pédologique, est résolu en fonction des objectifs poursuivis (planification nationale ou régionale, aménagement parcellaire, etc.).

III.3. Situation pédologique des deux bassins versants

III.3.1. Bassin versant de Rouina

Les séries anciennes, très localisées sont constituées de terrains dont la nature lithologique ne permet pas des infiltrations que dans les niveaux superficiels altérés, les eaux ne pouvant s'infiltrer dans le socle qu'à la faveur des discontinuités tectoniques qui sont ailleurs vite colmatées par les produits d'altération, c'est pourquoi nous considérons ces terrains anciens comme imperméables.

En ce qui concerne la série sédimentaire, nous distinguerons en fonction de la nature lithologique:

-Le jurassique, le néocomien, l'albien sup. céno-manien et la partie supérieure de l'éocène, ces formations sont essentiellement constituées de calcaire qui peuvent présenter une bonne perméabilité en fonction de leur degré de fissuration et d'infiltration

des eaux de pluies pourra être importante. Ces terrains représentent 135 Km² soit: 15,47 % de la surface du bassin.

-Eocène sup.et le miocène, qui sont essentiellement marneux et argileux, correspondent aux formations imperméables des sols, représentent une superficie totale de 365.57Km² c'est-à-dire 39,97% de la superficie totale du bassin. Il est évident que ces terrains après saturation favoriseront des ruissellements très rapides.

-Le Barremo-aptien schisteux ou schisto-quartzites, l'albien inférieurs à faciès flysch et le crétacé supérieur marno-calcaire peuvent être considérés comme faiblement perméables, les eaux de pluies auront beaucoup plus tendance à ruisseler qu'à s'infiltrer, ces terrains représentent (372,0 km²) soit 42.63% de la superficie totale du B.V.

On constate donc que mis à part les formations carbonates qui peuvent les meilleurs capacités d'informations et qui représentent 15.47%, les affleurements sont pratiquement imperméables et déterminent un ruissellement important.

III.3.2. Bassin versant de Tighazel

La variété édaphique du périmètre est grande, trois classes de sols y sont déterminées : sols minéraux bruts, sols évolués et sols calcimagnésiques. Ces sols sont formés sur des roches tendres « calcaires, tendres, marnes, marnes calcaires et argiles feuilletés ».

L'épaisseur des horizons d'humus dépasse rarement 15-20cm. Le contenu en matière organique n'est pas grand et leurs compositions mécaniques est assez grossière.

Le squelette et la présence d'éclat rocheux de différentes dimensions rendent les terres agricoles peu favorables à l'exploitation.

Même comportement hydrologique que le bassin de Rouina.

-Le jurassique, le néocomien, l'albien sup cénomaniens et la partie supérieure, de l'éocène, ces formations sont essentiellement constituées de calcaires et qui peuvent présenter une bonne perméabilité sur une surface de 8km² c'est-à-dire 5.12% de la superficie du bassin.

-Miocène qui est essentiellement marneux et argileux correspond à la formation imperméable, il représente une superficie de 80km² c'est-à-dire 51.208% de la superficie totale du bassin versant.

-L'albien inférieur et le Barremo-aptien schisteux au schisto-quartzites à faciès flysch et le crétacé supérieure marno-calcaire peuvent être considérés comme faiblement

perméables et qui correspondent à une superficie de 71km² c'est-à-dire à 45.44% de la superficie totale du bassin.

On constate donc, que mis à part les formations carbonatées qui peuvent présenter les meilleurs capacités d'infiltrations et qui représentent 5% du bassin versant 96% de la superficie du bassin versant est imperméable.

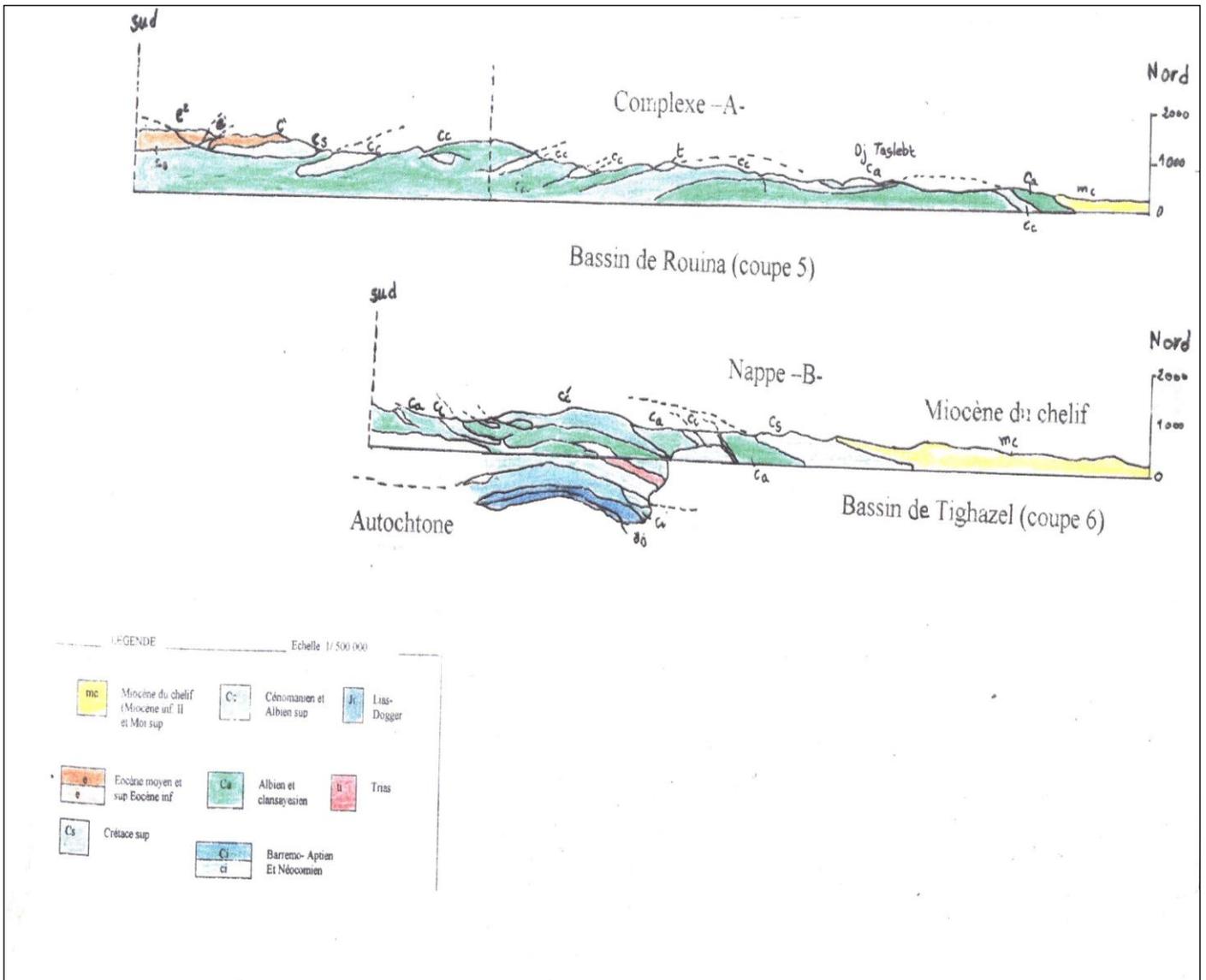


Figure 8. Coupe structurale du massif de "L'OUARSENIS". Par M. MATEUR (1958).

***Récapitulation:**

Tableau 5. Pourcentage des roches dans les bassins versants Rouina et Tighazel.

Bassins	Tighzel		Rouina		Perm des roches
Roche	Surface	%	Surface	%	lithologiques
Conglomérat et marnes	23.2	17.99	-	-	Perm moyenne
Marnes	6.642	5.15	93.2	10.69	Imperméable
Grés	-	-	60.0	6.88	Perm moyenne
Argiles	1.173	0.91	80.0	9.19	Imperméable
Grés et carte mien	2.037	1.58	-	-	Perm moyenne
Flysch	21.42	16.61	420.0	48.19	Imperméable
Calschites	-	-	7.20	0.83	Imperméable
Marne à banc de calcaire	5.816	4.51	190.40	21.84	Imperméable
Sable à banc de gras	-	-	20.80	2.38	Imperméable Moy.
Marnes et schistes	68.68	53.25	-	-	Imperméable
	128.98	-	871.6	100	

(Remaoun.M. 2006)

Remarque:

Les résultats concernant le sondage de la perméabilité et le niveau phréatique ont été établis vis de l'étude des formations géologiques du bassin du Cheliff qui a été faite par différents auteurs, donc différentes conclusions.

IV. Climat et caractéristiques morpho métriques

IV.1. Le climat

Les conditions climatiques à l'amont du bassin du type semi-aride selon l'étude de "ENEBEJER" avec des gradients de température relativement importants, la partie aval est caractérisée par un climat semi-humide d'octobre à avril et semi-aride pendant les autres mois de l'année.

Le périmètre de Tighzel appartient dans son ensemble à l'étage bioclimatique semi-aride, il est limitrophe avec le subhumide, vers le haut l'aridité s'adoucit.

Le climat est, en général, caractérisé par une période hivernale froide qui s'étend du mois de novembre jusqu'au mois d'avril et d'une période chaude qui s'étend du mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

IV.1.1. La température

La température moyenne annuelle au niveau du bassin versant de Rouina et celle de Tighazel pendant la période du 1999 jusqu'à 2008.

Tableau 6. Température moyenne annuelle au niveau des bassins versants Rouina et Tighazel de 1999 à 2008.

Tempé- rature	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fevr.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
Min	20	16.98	12.24	8.5	6.9	7.86	10.27	11.92	15.81	20.25	23.33	23.54	14.8
Max	32.26	27.67	20.47	16	15.23	17.02	20.58	23.64	29.01	35.22	38.44	37.76	26.10
moy	26.1	22.32	16.36	12.2	11.11	12.44	15.43	17.77	22.41	27.73	30.89	30.65	20.45

(A.N.R.H 2010)

- La température maximale absolue est de 38.44 c°.
- La température minimale absolue est de 6.9 c°.
- La température moyenne annuelle est de 20.45.
- La moyenne des maximales des mois les plus chauds est de 26.10c°.
- La moyenne de températures minimales des mois les plus froids est de 14.8c°.
- Les températures les plus basses sont enregistrées durant le mois de janvier et les plus élevées sont durant juillet et août.

IV.1.2. Les précipitations

IV.1.2.1. Précipitation moyenne du bassin versant

La méthode de polygone Thiessen a permis de déterminer la précipitation moyenne sur l'ensemble du bassin versant de l'oued Rouina et l'oued Tighazel. Elle consiste à déterminer les surfaces d'influence de chaque station pluviométrique.

La précipitation moyenne sur l'ensemble du bassin est déterminée par l'expression suivante:

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A} \dots\dots\dots(18)$$

Avec :

- P_{moy}** : lame d'eau moyenne sur le bassin. (mm)
- P** : la lame d'eau enregistrée à la station i (mm)
- A_i** : la surface d'influence de la station i (km²)
- A** : surface totale du bassin versant (km²)

Les tableaux suivants donnent les surfaces d'influence des stations pluviométriques.

Tableau 7. Surfaces d'influences des stations pluviométriques (bassin versant de Rouina)

Stations	011906	011903	011605	011715
P(mm)	303.72	419.86	523.99	319.20
S(km ²)	234.18	383.07	148.94	106.38

La lame d'eau moyenne calculée sur l'ensemble du bassin versant est de **395mm**.

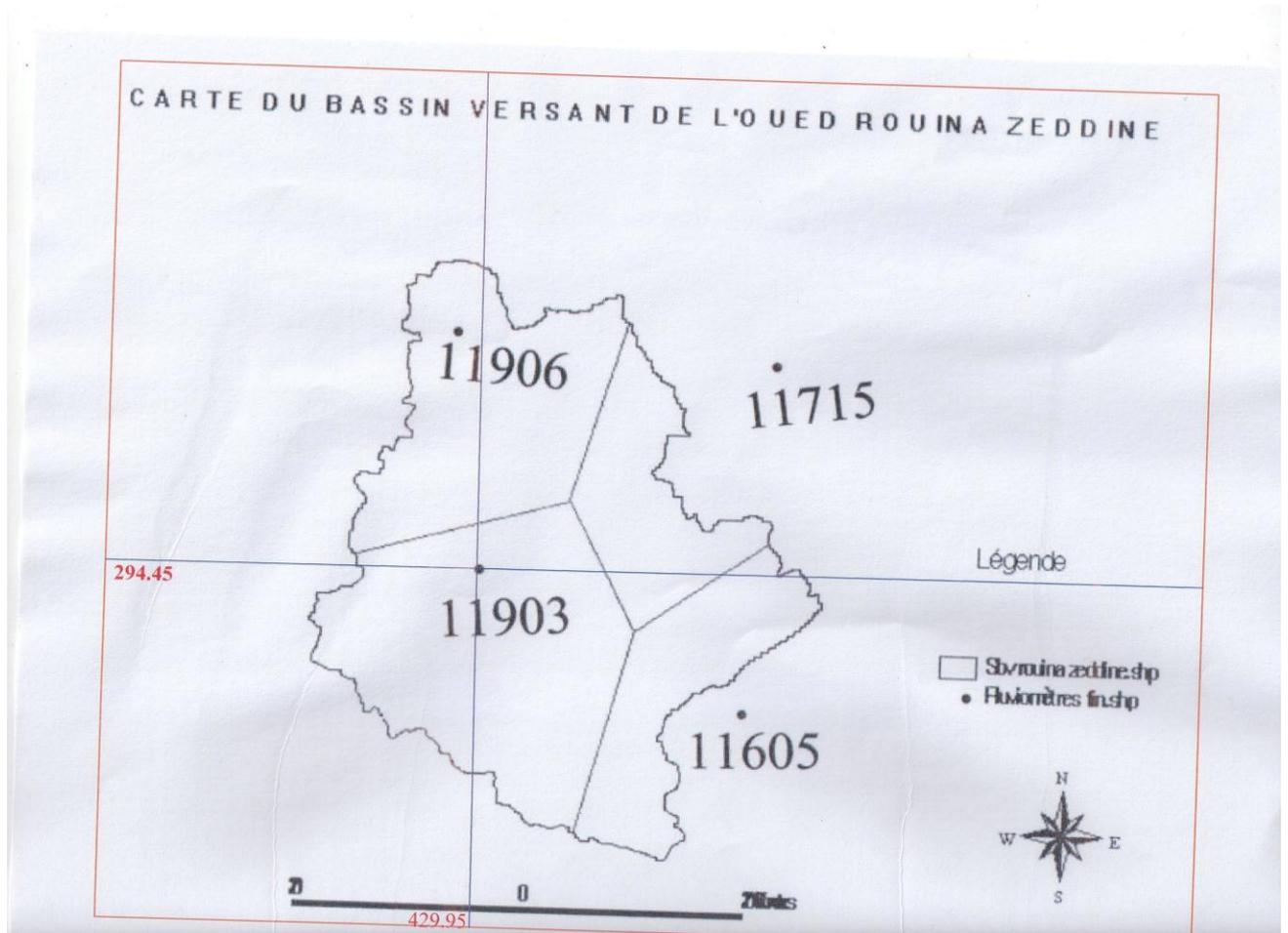


Figure 9: carte de bassin versant de Rouina

Tableau 8. Surfaces d'influences des stations pluviométriques (bassin versant de Tighazel)

Stations	012004	012001	011904
P(mm)	335.51	341.1	351.7
S(km ²)	105.69	15.73	7.55

La lame d'eau moyenne calculée sur l'ensemble du bassin versant est de **346 mm**.

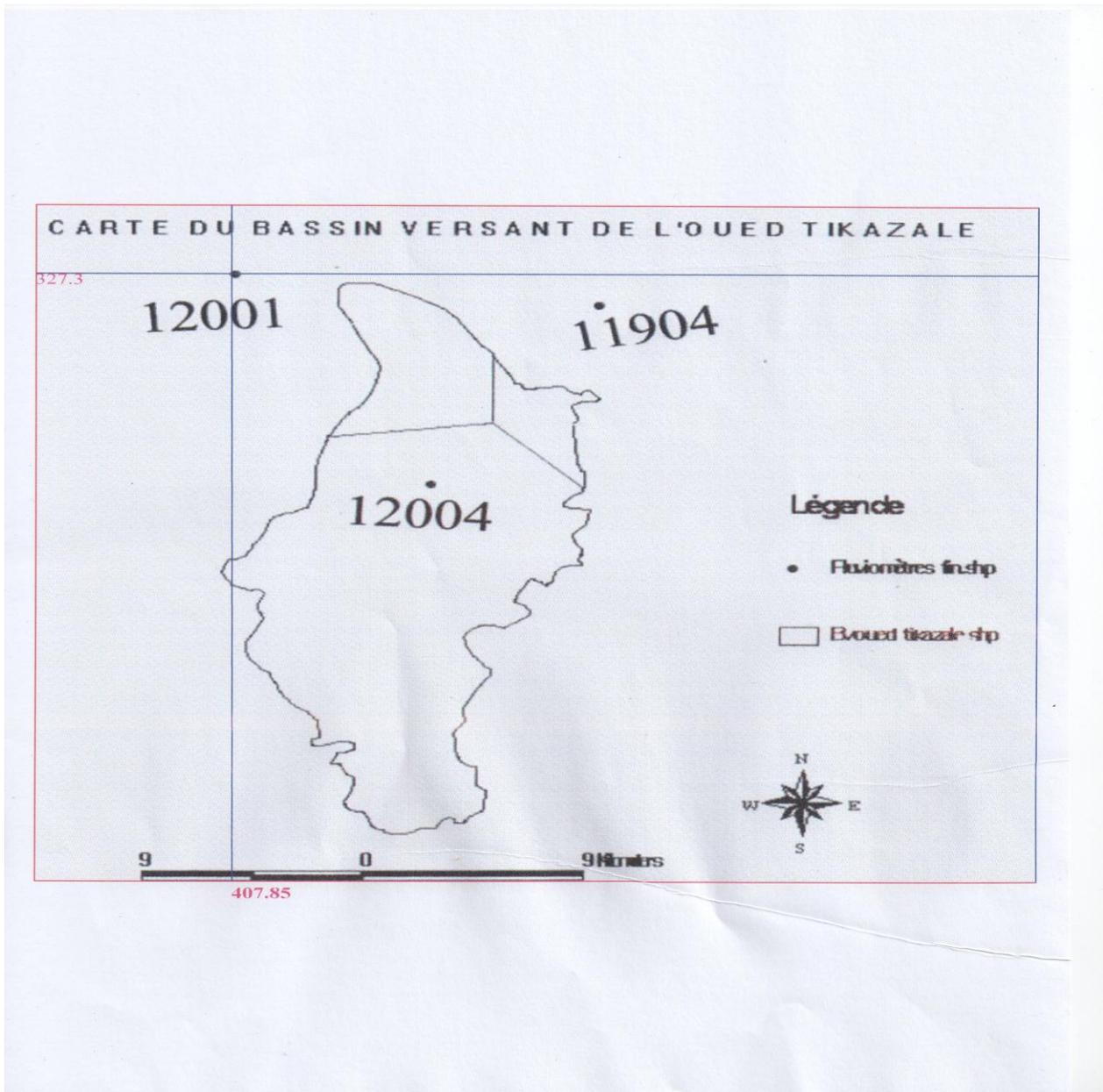


Figure 10 : carte de bassin versant de Tighazel

IV.1.2.2. La neige

Il neige seulement à l'altitude au dessus de 950m. Le nombre moyen annuel de jours où il neige est de 09jours, l'épaisseur du couvert de neige atteint 15 à 25cm au dessus de 100 à 1200m.

IV.1.2.3. La gelée

La gelée blanche apparaît fin octobre et disparaît fin avril début mai, le nombre moyen annuel de jours de gelée est de 30jours.

IV.1.3. L'évaporation

L'évaporation est un paramètre important dans le bilan hydrologique. Le tableau 9 montre la répartition mensuelle de l'évaporation pour certaines stations du bassin sur une période d'observation 25ans. La moyenne annuelle suit une progression dans l'espace allant de 1300 à 1700mm à Oued Rouina.

L'évaporation est très élevée en saisons chaudes avec un maximum généralement atteint aux mois de juillet et août. Il est à signaler que 60% atteint environ de l'évaporation se fait en juillet à septembre.

Tableau 9. L'évaporation mensuelle pendant la période du 2000 jusqu'à 2005.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
Rouina	182.5	130	65.33	53.5	50	67	91.5	125.5	169.6	276.16	294.5	268.33	147.82
Tighzel	135.79	112.5	43.28	28.18	24.26	47.69	71.14	91.55	103.87	209.28	227.43	191.77	107.22

O.N.M. 2010

IV.1.4. L'humidité de l'air

L'humidité de l'atmosphère est d'une grande importance pour le développement de la végétation, pendant la nuit compense dans une large mesure son déficit diurne, dans le périmètre de l'Oued Tighzel, elle dépasse souvent les 50%.

Tableau 10. L'humidité mensuelle du bassin versant de Rouina pendant l'année 2010.

Humidité	Sept	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	moyenne
Min	26	27	37	65	59	74	40	32	32	24	16	21	37.75
Max	76	78	77	89	92	93	88	85	83	73	65	67	80.5
Moy	51	53	57	77	75	84	64	59	58	48	46	44	59.66

O.N.M. 2010

Bassin versant de Tighazel

Tableau 11. L'humidité mensuelle du bassin versant de Tighzel pendant l'année 2010.

Humidité	Sept	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	moyenne
Min	26	34	54	64	50	51	48	33	22	22	17	18	36.58
Max	77	82	90	17.5	90	89	88	81	73	69	62	63	73.45
Moy	52	58	72	78	70	70	68	57	47	46	39	40	58.08

O.N.M. 2010

IV.1.5. Le vent

Dans cette région, les vents sont fréquents et de vitesses variables, en été dominant les vents de composantes Nord-est et Nord, en automne Sud-est et Sud et en hiver Nord-Ouest. Le relief accidenté diminue considérablement l'influence négative des vents.

On peut résumer la variation du vent mensuelle pendant la période du 2000 jusqu'à 2005 sur le tableau suivant.

Tableau 12. Variation du vent mensuelle pendant la période du 2000 jusqu'à 2005.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Année
Rouina	2.68	2.45	2.41	2.63	2.43	2.38	2.58	3.05	3.16	3.26	2.88	2.86	32.77
Tighazel	3	2.3	2.5	2.6	2.3	2	2	2.3	2.9	2.9	2.4	2.8	30

O.N.M. 2010

IV.2. Caractéristiques morpho métriques

Pour quantifier l'érosion, il faut déterminer avec précision les caractéristiques du bassin pour mieux rattacher cette érosion à la forme du bassin et son comportement, les caractéristiques à étudier sont :

- Les caractéristiques de forme.
- Les caractéristiques de relief.
- Les caractéristiques hydrographiques.

IV.2.1. Les caractéristiques de forme

IV.2.1.1 La surface

a) Bassin versant de Rouina

Déterminée à l'aide d'un planimètre, elle est égale à 872.57 km².

b) Bassin versant de Tighazel

Déterminée à l'aide d'un planimètre, elle est égale à 128.97 km².

IV.2.1.2. Le périmètre

a) Bassin versant de Rouina

Nous avons déterminé le périmètre en suivant le contour du bassin stylisé par un curvimètre.
P=164.87 km.

b) Bassin versant de Tighazel

Nous avons déterminé le périmètre en suivant le contour du bassin stylisé par un curvimètre.
P=62 km.

IV.2.1.3. Indice de Gravius Kc

a) Bassin versant Rouina

Il est donné par la formule suivante :

$$k_c = \frac{p \cdot 0.028}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(19)$$

Dans notre cas, sa valeur est de l'ordre de 1.562 ; puisque l'indice de compacité est supérieur à 1, le bassin versant présente une forme allongée.

b) Bassin versant Tighzel

Il est donné par la formule suivante :

$$k_c = \frac{p \cdot 0.028}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(19)$$

Dans notre cas, sa valeur est de l'ordre de 1.528; puisque l'indice de compacité est supérieur à 1, le bassin versant présente une forme allongée.

IV.2.1.4. Longueur du rectangle équivalent

C'est une notion introduite par **M. Roche**. Il s'agit d'une transformation géométrique dans laquelle le contour du bassin devient un rectangle de même périmètre et de même surface et les courbes de niveau des droites parallèles aux petits cotés du rectangle et l'exutoire un des petits cotés du rectangle.

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \dots\dots\dots(21)$$

$$l = \frac{p}{2} - L$$

L : longueur du rectangle équivalent.

l : largeur de rectangle équivalent.

Longueur du rectangle équivalent du bassin versant Rouina: L=69.78 km.

Largeur de rectangle équivalent du bassin versant Rouina: l= 12.65 km.

Longueur du rectangle équivalent du bassin versant Tighzel: L= 25.83km.

Largeur de rectangle équivalent de Bassin versant Tighzel: l=5.17km.

***Coefficient de forme "Rf"**

Selon **Horton**, ce paramètre est le rapport entre la superficie du bassin et le carré de la largeur (Lm):

$$Rf = \frac{A}{Lm^2} \dots\dots\dots(22)$$

Avec :

A : surface du bassin en Km².

Lm : distance entre l'embouchure et le point le plus éloigné du bassin suivant le cours d'eau principale en km.

$$Rf_{(Rouina)} = \frac{872.57}{(30.95)^2} = 0.91$$

$$Rf_{(Tighzel)} = \frac{128.97}{(16.2)^2} = 0.491$$

***Coefficient de forme "Kf"**

Il exprime le rapport entre la largeur moyenne et la longueur axiale.

$$Kf = \frac{Bm}{La} \dots\dots\dots(23)$$

Avec :

Bm : largeur du cours d'eau principal en km.

La : longueur axiale du bassin en km.

***Elancement "Re"**

Ce rayon de circulation entre la superficie du bassin et celle du cercle dont la circonférence est égale au périmètre du bassin, soit :

$$Re = \frac{4IA}{P^2} \dots\dots\dots(24)$$

$$Re = \frac{4IA}{P^2} = 12.56 \frac{A}{P^2} = 0.42 \text{ (Bassin versant de Tighzel).}$$

$$Re = \frac{4IA}{P^2} = 12.56 \frac{A}{P^2} = 0.4031 \text{ (Bassin versant de rouina).}$$

IV.2.2. Caractéristiques hypsométriques

IV.2.2.1. Le relief

Il représente en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains et le comportement abrasif de chaque tranche d'altitude. Le relief est caractérisé par une courbe hypsométrique, cette courbe est obtenue en portant en abscisses l'altitude considérée, en ordonnées la surface partielle du bassin versant pour laquelle chaque point a un côté au moins égale à cette altitude.

Les surfaces du bassin versant ont été mesurées par planimètre pour des tranches d'altitudes de 100m sur le fond topographique au 1/150.000.

Le graphe suivant représente les caractéristiques hypsométriques du bassin de Rouina.

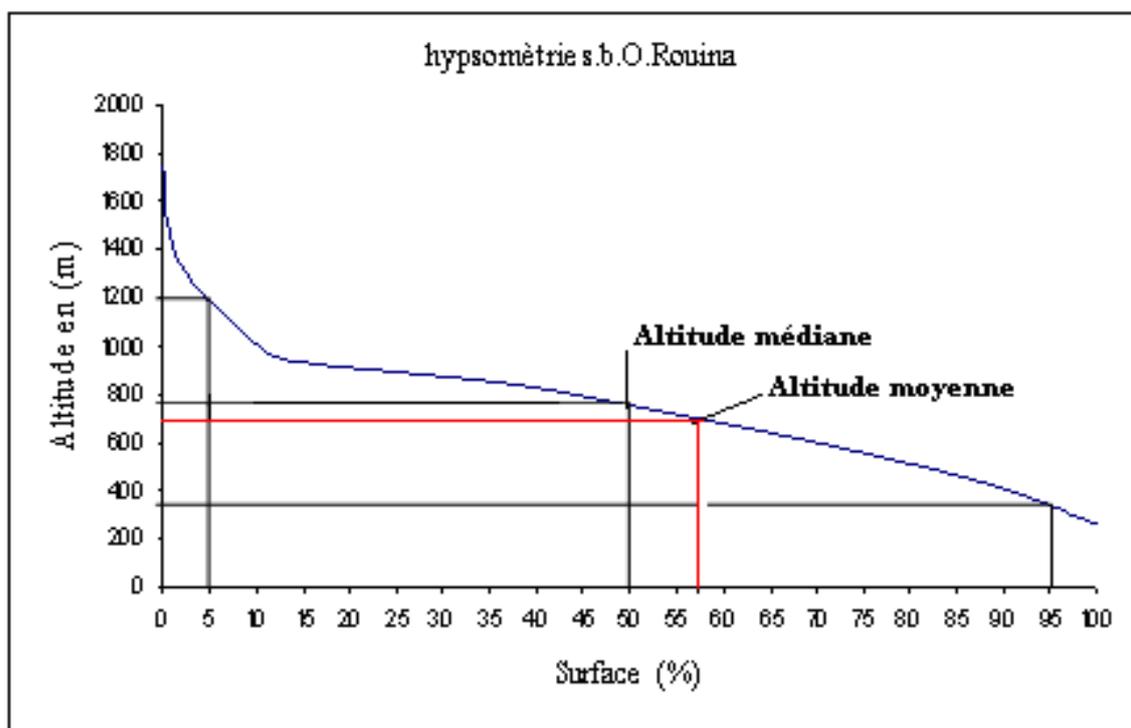


Figure 11. La courbe hypsométrique du bassin versant de Rouina

Le graphe de la courbe hypsométrique du bassin versant de Rouina (**fig.11**) permet de déterminer les valeurs montrées dans **le tableau 13**.

Tableau 13. Tableau de répartition des tranches de surface du bassin de Rouina.

Tranches D'altitudes (m)	Altitude Moyenne (m)	Surface Partielle (Ai) km ²	Surfaces-en %	Surface cumulée	Ai*Hi
1786-1700	1743	0,4	0,05	0,05	697.2
1700-1600	1650	0,9	0,10	0,15	1485
1600-1500	1550	1,7	0,19	0,35	2635
1500-1400	1450	4,1	0,47	0,82	5945
1400-1300	1350	8	0,92	1,73	10800
1300-1200	1250	13,1	1,50	3,24	16375
1200-1100	1150	22,2	2,54	5,78	25530
1100-1000	1050	24,7	2,83	8,61	25935
1000-900	950	36,2	4,15	12,76	34390
900-800	850	210,6	24,14	36,90	179010
800-700	750	124,8	14,30	51,20	93600
700-600	650	112,8	12,93	64,13	73320
600-500	550	103,1	11,82	75,94	56705
500-400	450	93,5	10,72	86,66	42075
400-300	350	66,8	7,66	94,31	23380
300-220	260	49,6	5,68	100,00	12896
Σ		872,5	100		604778.2

Les caractéristiques hypsométriques du bassin versant de Tighzel sont représentées par le graphe suivant (**Fig. 12**).

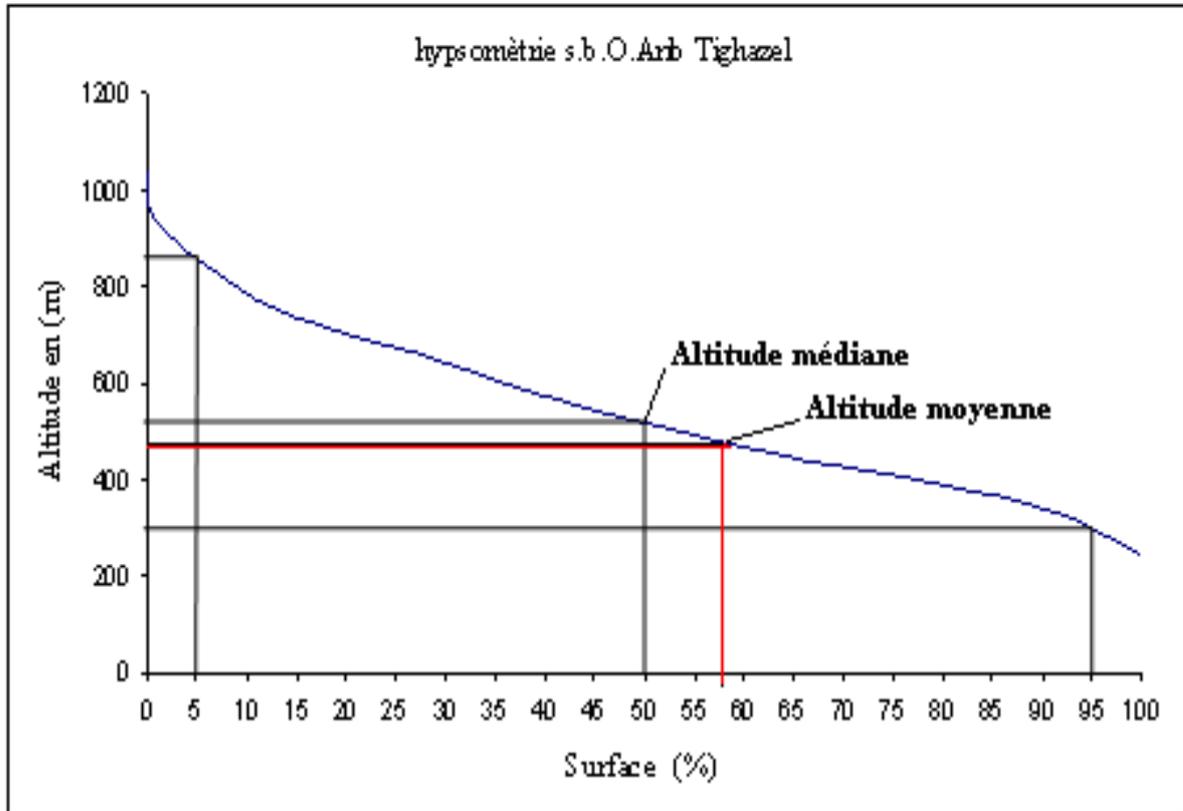


Figure 12. La courbe hypsométrique du bassin versant de Tighzel.

Le graphe de la courbe hypsométrique du bassin versant de Tighzel (**fig.12**) permet de déterminer les valeurs montrées dans **le tableau 14**.

Tableau 14. Répartition des tranches de surface du bassin de Tighzel.

Tranches D'altitudes (m)	Altitude Moyenne (m)	Surface Partielle (Ai) km ²	Surfaces-en %	Surface cumulée	Ai*Hi
1072-1000	1036	0.125	0,10	0,1	129.50
1000-900	950	0.4	0,31	0,41	380.00
900-800	850	6.675	5,18	5,59	5673.75
800-700	750	10.025	7,77	13,36	7518.75
700-600	650	14	10,86	24,21	9100.00
600-500	550	18.275	14,17	38,38	10051.25
500-400	450	26.375	20,45	58,83	11868.75
400-300	350	31.7750	24,64	83,47	11121.25
300-215	257.5	21.325	16,53	100,01	5491.19
Σ		128,98	100,00		61334.44

Donc, les graphes de la courbe hypsométrique des deux bassins nous ont permis de déterminer les valeurs suivantes.

IV.2.2.2. Altitude moyenne (\bar{H})

C'est le rapport de la somme de la surface élémentaire par l'altitude moyenne correspondante sur la surface totale du bassin versant.

$$\bar{H} = \frac{\sum H_i \cdot A_i}{A} \dots \dots \dots (25)$$

H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A_i : surface élémentaire comprise entre deux courbes de niveau (Km²).

A : surface du bassin versant (Km²).

À partir de la courbe :

$$\bar{H} = 693.99 \text{ m (Bassin versant de Rouina).}$$

$$\bar{H} = 475.57 \text{ m (Bassin versant de Tighzel).}$$

Les altitudes suivantes sont tirées de la courbe hypsométrique.

(Bassin versant de Rouina)

$$H5 \% = 1185\text{m}$$

$$H50 \% = 760\text{m}$$

$$H95 \% = 340\text{m}$$

(Bassin versant de Tighzel)

$$H5 \% = 860\text{m}$$

$$H50 \% = 490\text{m}$$

$$H95 \% = 300\text{m}$$

IV.2.2.3. La dénivelée simple « D »

Elle est donnée par la formule suivante:

$$D = H5 \% - H95 \%$$

$$D_{\text{Rouina}} = 845\text{m}$$

$$D_{\text{Tighzel}} = 560\text{m}$$

IV.2.2.4. Les pentes

La pente ne cesse de se présenter comme facteur capital qui favorise l'érosion, et pour ce but on détermine les indices suivants:

IV.2.2.4.1. Indice de pente globale

C'est le rapport de dénivelée entre l'altitude dépassée par 5% de la superficie du bassin et celle dépassée par 95% de superficie, à la longueur du rectangle équivalent.

$$I_g = \frac{D}{L} \dots\dots\dots (26)$$

D : étant la dénivelée simple.

L : longueur du rectangle équivalent.

$$I_g = 12.1095 \text{ (m/km) (Bassin versant de Rouina).}$$

$$I_g = 21.68 \text{ (m/km) (Bassin versant de Tighzel).}$$

Cet indice présente la relation entre l'altitude et le rectangle équivalent

IV.2.2.4.2. Indice de pente de roche

L'indice de pente se détermine à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin. Il détermine la pente en deux courbes de niveaux. L-IPR est calculé par la formule suivante :

$$IPR = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}} = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{a_i \times d_i}{\pi}} \times \frac{1}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(27)$$

IPR=3.89 (Bassin versant de Rouina)

IPR =5.2 (Bassin versant de Tighzel)

Cette valeur représente une répartition importante des pentes accidentées.

IV.2.2.4.3. La dénivelée spécifique « Ds »

Ce paramètre dépend principalement de la surface pour corriger le I_g

Donc :

$$D_s = i_g \sqrt{A} \dots\dots\dots(28)$$

En conclusion, la détermination de la dénivelée spécifique du bassin étudié est supérieure à 500 ce qui nous permet de dire que le relief du bassin versant de Rouina est fort et celui du bassin versant de Tighzel est assez fort.

D'après la classification de L'ORSTOM, on peut dire que le bassin étudié présente un caractère montagneux caractérisé par des reliefs accidentés.

IV.2.3. Les caractéristiques du réseau hydrographique

IV.2.3.1. Classification de Talwegs

La classification la plus utilisée est celle de **Schaum**; chaque tronçon de la rivière formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre (x) reçoit l'ordre « x+1 ».

Par exemple : deux torrents d'ordre (1) en se rencontrant, donnent un cours d'eau d'ordre (2).

IV.2.3.2. Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage d'un bassin versant est définie comme étant la longueur totale des cours d'eau de tout ordre sur la surface drainée.

$$D_d = \sum_{i=1}^n \frac{L}{A} \dots\dots\dots(29)$$

L_i : longueur des talwegs, (en km).

A : surface du bassin versant (en km²).

D_d (Tighzel)=1.31

D_d (Rouina)=3.62

Donc :

$$F_i = \frac{N_i}{A} \dots\dots\dots(30)$$

F_i : Fréquence des talwegs élémentaires.

N_i : Nombre de talwegs d'ordre 1.

A : Surface du bassin versant.

$$F_{ROUINA} = \frac{155}{872.57} = 0.1776$$

$$F_{TEGZAL} = \frac{30}{128.97} = 0.232$$

On peut remarquer que la valeur calculée représente un écoulement faible dans les talwegs d'ordre 1.

IV.2.3.3. Coefficient de torrentialité (Ct)

Il présente une idée sur la densité des drains d'ordre 1.
Donc le coefficient de torrentialité prend en considération la densité de drainage et la densité des talwegs élémentaires (ordre 1).

Le coefficient de torrentialité peut être déterminé par la formule suivante :

$$Ct = Fi \times Da \dots\dots\dots(31)$$

d'où

$$Fi = Ni / A \dots\dots\dots(32)$$

Ce coefficient représente un écoulement important par apport à la surface du bassin

Ct=0.642 (Bassin versant de Rouina).

Ct=0.30392 (Bassin versant de Tighzel).

IV.2.3.4. Temps de concentration

Le temps de concentration est défini comme étant la durée que met une goutte d'eau qui tombe à un point élevé du bassin versant, pour atteindre l'exutoire, il est exprimé par la formule de GIANDOTTI.

IV.2.3.4.1. Formule de GIANDOTTI

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5Lp}{0.8\sqrt{H_{MOY} - H_{min}}} \dots\dots\dots(33)$$

A : Superficie du bassin versant.

Lp : longueur du talweg principale.

H moy : Altitude moyenne du bassin

H min : altitude minimale du bassin.

Donc,

$$T_c = \frac{4\sqrt{128.9} + 1.5 * 16.2}{0.8\sqrt{475.57 - 215}} = 5.39 \quad (\text{Bassin de Tighzel})$$

$$T_c = \frac{4\sqrt{872.57} + 1.5 * 30.95}{0.8\sqrt{693.99 - 220}} = 9.44 \quad (\text{Bassin de Rouina})$$

La détermination du temps de concentration nous a permis de mieux connaître l'importance de la réponse hydrologique du bassin. Le temps de concentration présenté par le bassin est court, il est en relation avec la forme ramassé.

IV.2.3.5. Vitesse de l'écoulement de l'eau (Ve) :

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$Ve = \frac{L}{T_c} \dots\dots\dots(34)$$

Ve : Vitesse de l'écoulement de l'eau.

L : longueur de talwegs principale en mm.

Tc : temps de concentration en seconds.

En remplaçant chaque terme par sa valeur on trouve:

$$Ve = \frac{16.2}{5.39} = 3m/s \quad (\text{Bassin de Tighzel})$$

$$Ve = \frac{30.95}{9.44} = 3.27m/s \quad (\text{Bassin de Rouina})$$

IV.2.4. Couverture du sol

*Couverture végétale

L'activité végétative et le type de sol sont intimement liés et leurs actions combinées influencent singulièrement l'écoulement en surface. Le couvert végétal retient, selon sa densité, sa nature et l'importance de la précipitation, une proportion variable de l'eau atmosphérique. Cette eau d'interception est en partie soustraite à l'écoulement.

La forêt, par exemple, intercepte une partie de l'averse par sa frondaison. Elle exerce une action limitatrice importante sur le ruissellement superficiel. La forêt régularise le débit des cours d'eau et amortit les crues de faibles et moyennes amplitudes. Par contre, son action sur les débits extrêmes causés par des crues catastrophiques est réduite.

À l'inverse, le sol nu, de faible capacité de rétention, favorise un ruissellement très rapide. L'érosion de la terre va généralement de pair avec l'absence de couverture végétale.

Etant donné l'importance du rôle joué par la forêt, on traduit parfois sa présence par un indice de couverture forestière C_v :

$$C_v = \frac{\text{Surfacedes forêts}}{\text{Surfacetotale du bassin}} * 100 \dots\dots\dots(35)$$

A)-Bassin versant d'oued Rouina

On peut estimer le taux de couverture végétale du bassin versant d'oued Rouina, en appliquant la loi précédente, par 65.19%. Un taux considérable qui s'explique essentiellement par l'importance de sa superficie.

Cette couverture est caractérisée par la diversification de la production agricole qui se manifeste au niveau des cultures arboricoles, maraichères, céréalières et fourragères, en plus de quelques cultures industrielles.

B) Bassin versant d'oued Tighzel

Le périmètre de l'oued Tighzel est caractérisé par une couverture végétale d'un taux de 32.1% de sa superficie. Il présente un boisement relativement faible qui est de l'ordre de 1330 ha, reparti en 758 ha de forêts denses, 572 ha de forêts claires, qui sont situées en majorité sur des versants où la pente dépasse les 15% et qui sont composées essentiellement de pin d'Alep et de thuya.

Il est à noter que les terres agricoles dans ce périmètre prédominent avec un recouvrement de 91 %, les terrains de parcours prédominent avec un recouvrement de 20 à 40% et composés de l'association *Dactyletum glomeratis*.

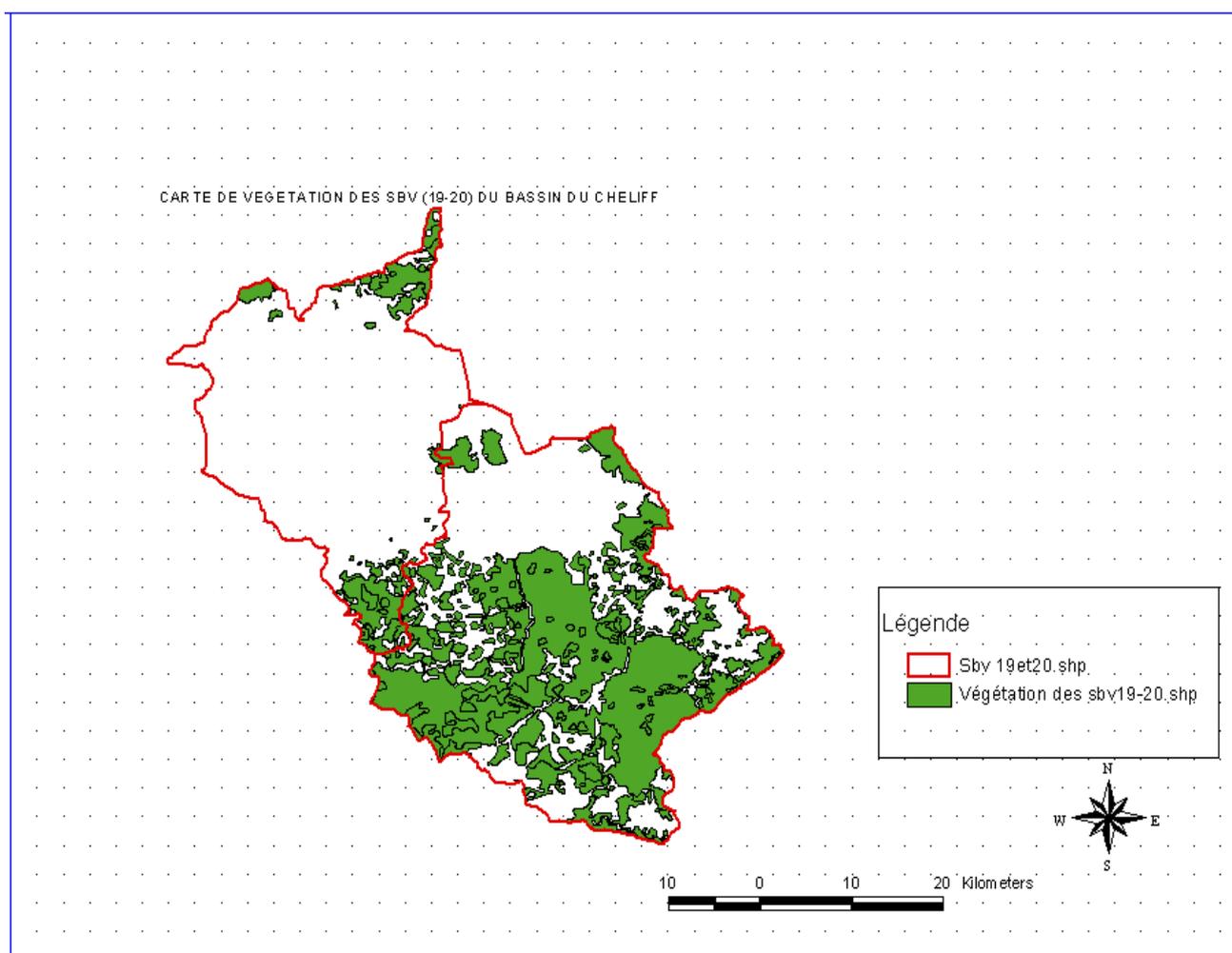


Figure13. Carte de végétation des deux bassins versants

Conclusion:

On a constaté que ces deux bassins versants se convergent dans quelques points du fait qu'ils se trouvent, par exemple, dans la même zone intitulé le Haut Cheliff et partagent, par conséquent et d'une façon générale, plusieurs caractéristiques géologiques, climatologiques et lithologiques. Ils montrent, par contre, des divergences dans d'autres points tels que la surface, la pente, la forme, les caractéristiques géologiques, climatologiques et lithologiques propres à chacun des deux et la couverture végétale qui prend un taux supérieur à Rouina par rapport à Tighazel.

CHAPITRE TROISIEME:

ANALYSE DE LA VARIABLE DES PRECIPITATIONS, DE L'ECOULEMENT ET DE LA CRUE

Analyse de la variable des précipitations, de l'écoulement et de la crue.**Introduction**

Dans ce chapitre on va entamer une partie très sensible de notre travail, où on va déterminer la variation des précipitations interannuelles, puis l'évolution interannuelle de l'écoulement dans le réseau hydrographique, le coefficient d'écoulement, ainsi la relation entre la pluie et l'écoulement, et on va étudier la variation de la crue au niveau des deux bassins versants.

I- Evolution des précipitations (1987-2007)**I-1- L'évolution des précipitations annuelles : tendances et ruptures de stationnarité**

Dans cette partie il s'agit de décrire l'évolution interannuelle des pluies moyennes sur nos bassins et de déterminer les modalités temporelles (tendance, éventuelles ruptures de stationnarité) sur l'ensemble du bassin étudié et par station.

Ces paramètres (Anomalies standardisées, tendance, ruptures de stationnarité) permettent de mettre en évidence les années humides et les années sèches d'une part et les éventuels changements que ont affecté l'évolution des précipitations entre 1987 et 2007 dans chaque bassin –versant d'autre part.

I-2- Les tendances pluviométriques dans le bassin –versant

Les figures 14 et 15 traduisent la variabilité interannuelle des précipitations dans deux stations pluviométriques de deux bassins versants différentes où la station numéro « 012004 » correspondant au bassin versant de Tighzel et la station numéro « 011906 » correspondant au bassin versant de Rouina sachant que le bassin versant de Rouina partage deux stations différentes « 011906 et 011903 » et le bassin versant de Tighzel partage une seule station « 012004 », on observe et par comparaison que la variation est très remarquable entre les deux bassins versants.

La figure 14 présente une légère baisse sur la période 1987-1993, puis elle renverse vers la haute jusqu'à l'atteint une valeur maximum en 1995, puis on voit le retour de légère baisse sur la période 1995- 2007 ceci est remarquable pour les deux stations.

La figure 15 montre bien l'écart entre les deux stations des différents bassins où les valeurs de la station « 011903 » du bassin versant de Rouina sont toujours supérieures à celle de la station « 012004 » du bassin versant de Tighzel à l'exception des années 1995 et 2006.

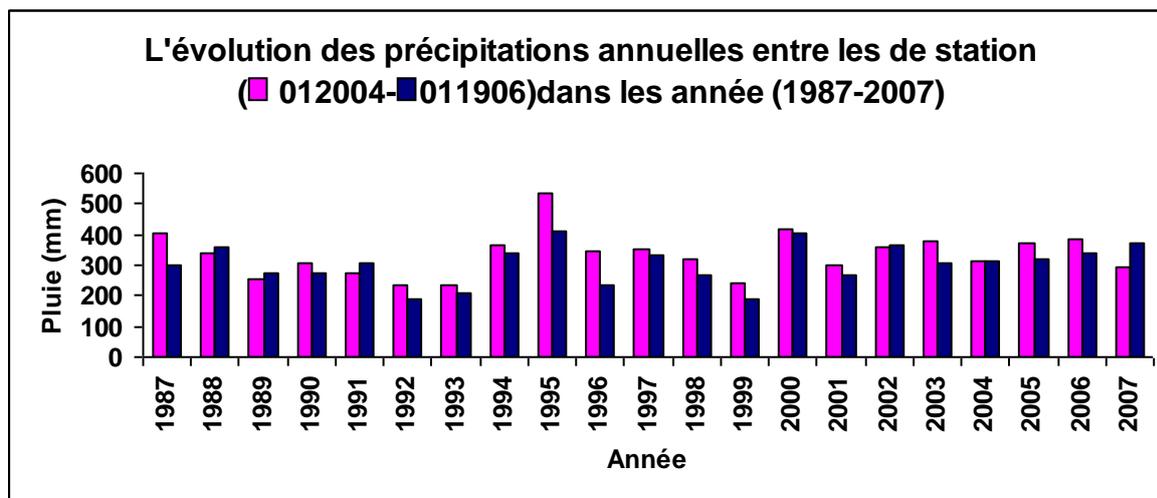


Fig 14 : l'évolution des précipitations annuelles entre les deux stations « 012004-011906 » pendant, les années (1987-2007).

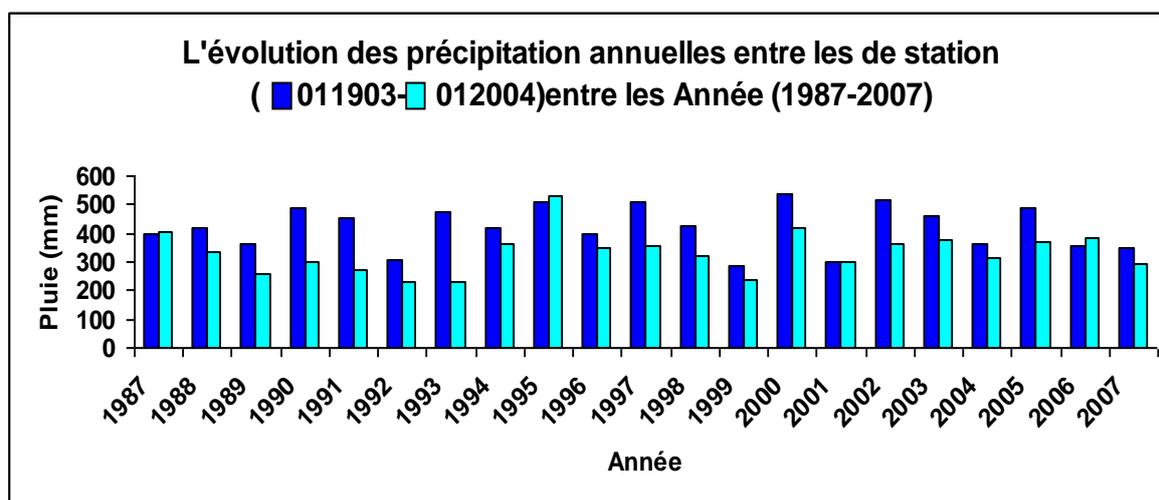


Fig 15: l'évolution des précipitations annuelles entre les deux stations «011903- 012004» pendant, les années (1987-2007).

On remarque qu'au niveau de la station du bassin versant de Rouina les précipitations variées commence par une légère à la haute durant la période 1987-1995 puis presque des valeurs presque proche entre 1995-2000 puis l'enregistrement de la légère baisse sur la période 2000-2007.

I-3- Le rythme pluviométrique des années extrêmes dans le bassin –versant

Les indices d'écart centrés réduits ont été souvent utilisés pour identifier les années anormalement déficitaires et excédentaires dans notre zone d'étude. Dans notre série (1987-2007), nous avons sélectionné trois années excédentaires (1987, 1995 et 2000) pour la station «012004 » du bassin versant de Tighzel et trois années (1995-2000-2007) pour la station « 011906 » et quatre années excédentaires (1995-1997-2000-2002) pour la station « 011903 » du bassin versant de Rouina.

Comme on a enregistré trois années déficitaires (1992-1993-1999) au niveau de la station « 012004 » du bassin versant de Tighzel, comme on a enregistré trois années déficitaires (1992-1993-1999) au niveau de la station « 011906 » et deux années déficitaires (1999-2001) au niveau de la station « 011903 » correspondants au bassin versant de Rouina

I-4- Les années excédentaires**I-4-1. Dans le Bassin versant de TIGHAZEL (station 012004) : les années (1987-1995-2000)**

Au cours des années 1987, 1995 et 2000, les pluies ont été très abondantes, mais cet excédent pluviométrique est plus prononcé en 1995 qu'en 1987 et 2000 (figure 03). Les cumuls pluviométriques de ces années sont de 402,7 mm en 1987 et 533,5 mm en 1995 et 416,9 mm en 2000. Ces années ont connu un excédent par rapport au cumul annuel moyen de 1987-2007.

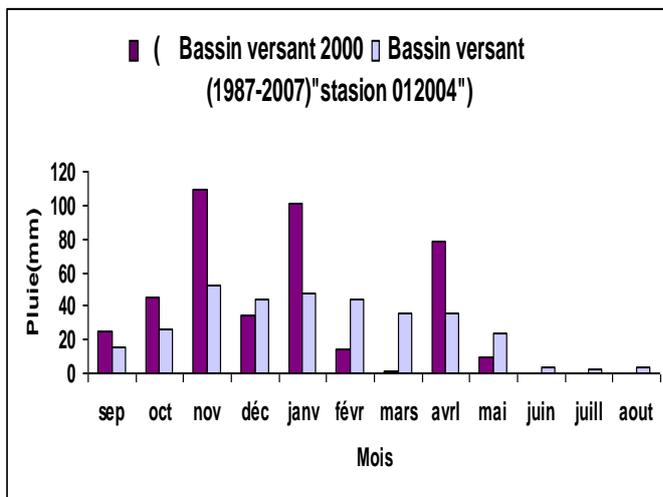
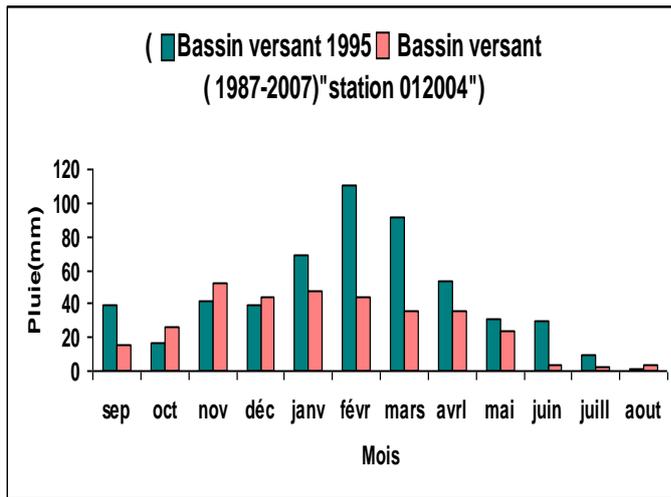
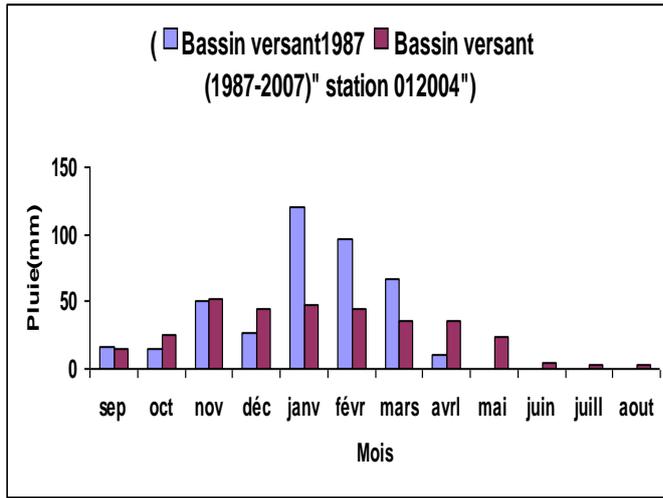
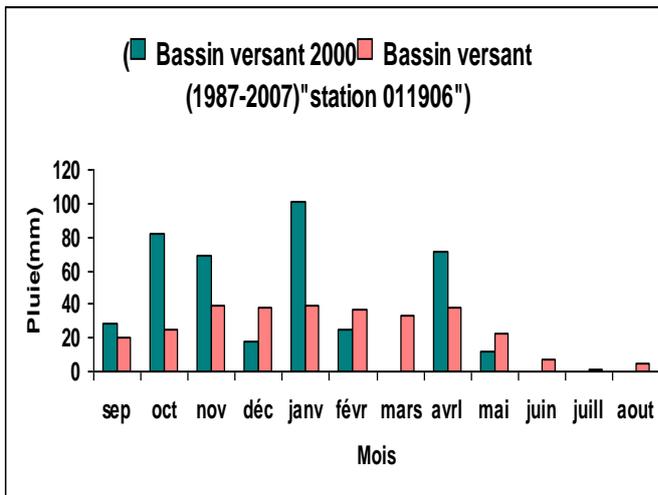
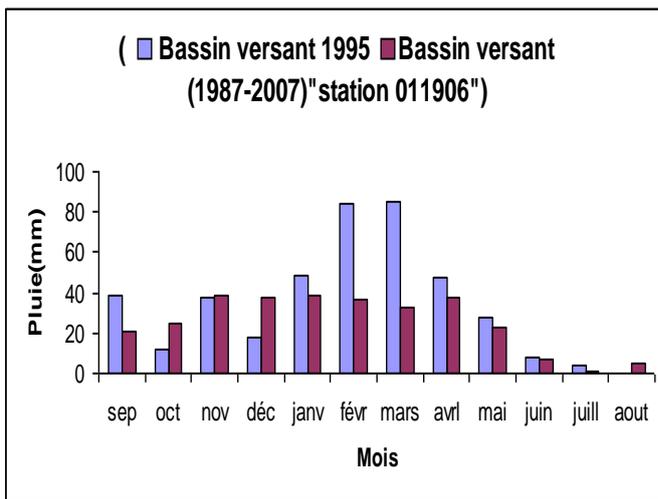


Fig 16 : Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 012004* du bassin et des années excédentaires en, amont d’athiéme.

1-4-2-Dans le Bassin versant de Rouina (station 011906) : les années (1995-2000-2007)

Les mois de juin, juillet et août n'ont cumulé qu'un très faible pourcentage en 1995,2000 et 2007 des lames d'eau précipitée dans le bassin de Rouina d'après l'enregistrement par la station 011906 ce qui montre qu'au cours de ces années, ce sont les humides de septembre à mai qui ont connu une plus forte pluviosité. Les cumuls pluviométriques de ces années sont de 411,2mm en 1995, 405,9mm en 2000 et 371,8 mm en 2007.



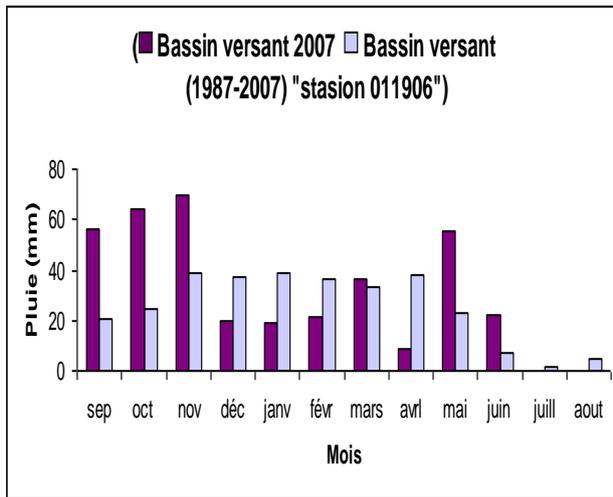
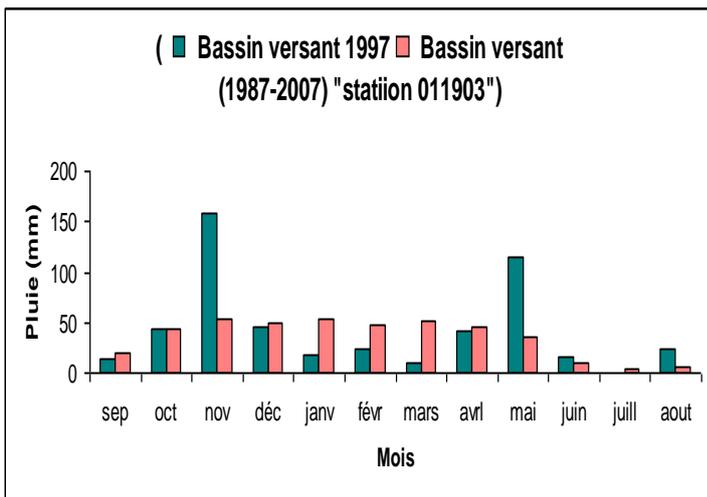
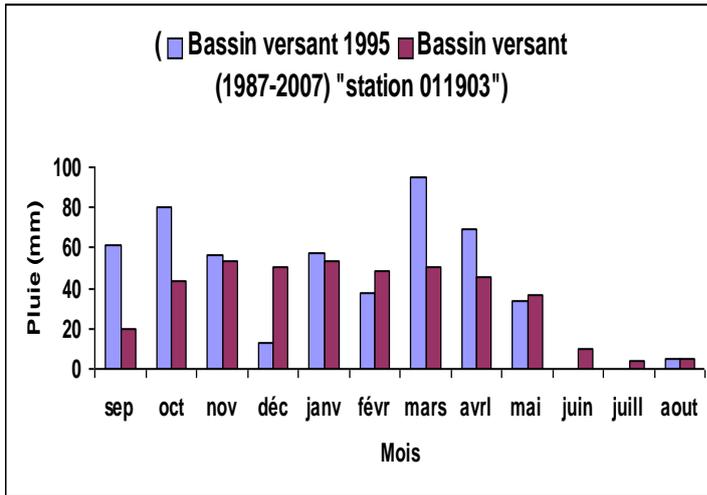


Fig 17: Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 011906* du bassin et des années excédentaires en, amont d’athiéomé.

1-4-3-Dans le Bassin versant de Rouina (station 011903) : les années (1995-1997-2000-2002)

Au cours des années 1995, 1997, 2000 et 2002 on a enregistré au niveau de la station 011903 au bassin versant de Rouina des pluies ont été très abondantes, avec des cumuls pluviométriques de ces années sont de 511, 1mm en 1995 et 510,4mm en 1997 et 536,4 mm en 2000 ainsi 517mm en 2007.



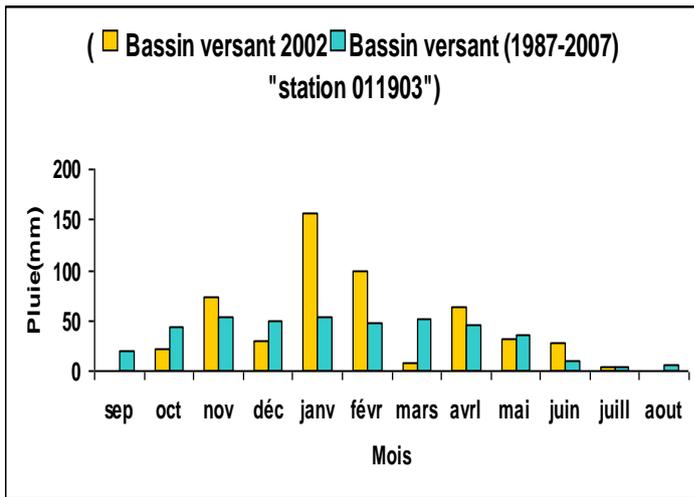
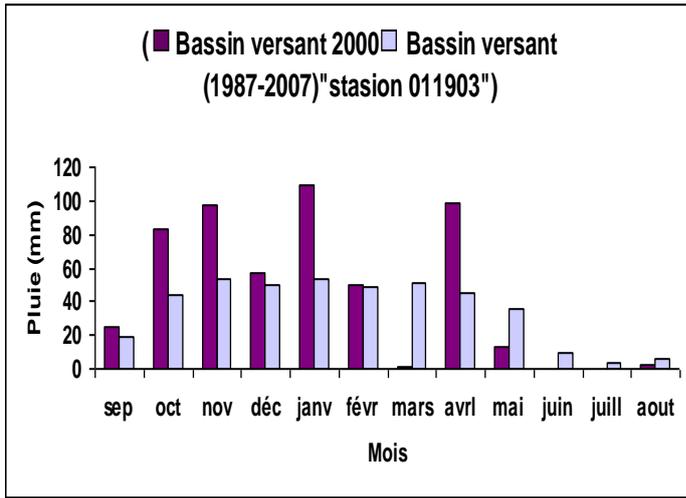


Fig 18: Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 011903* du bassin et des années excédentaires en, amont d’athiémé.

1-5-Les années déficitaires

1-5-1- Dans le Bassin versant de TIGHZEL (station 012004) : les années (1993-1999)

Les déficits pluviométriques annuels ont été plus prononcés en 1993 et 1999 sur le bassin versant de Tighzel, où on a enregistré au niveau de la station 012004 une quantité pluviométriques qui ne dépasse pas 242mm au cours des années d’études ; une quantité de 233mm pour l’année 1993 et 241,1 pour l’année 1999.

Les mois secs représentent des faibles concentrations des précipitations par rapport à la moyenne ces concentrations sont presque nuls, contrairement les mois humides représentent des quantités importantes des précipitations par rapport à la moyenne.

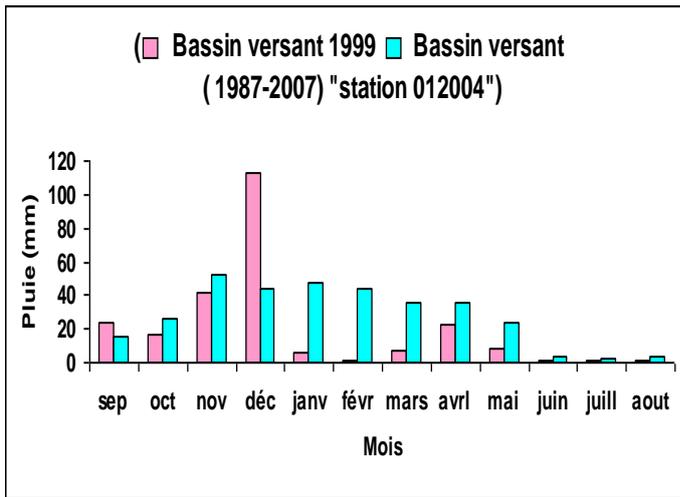
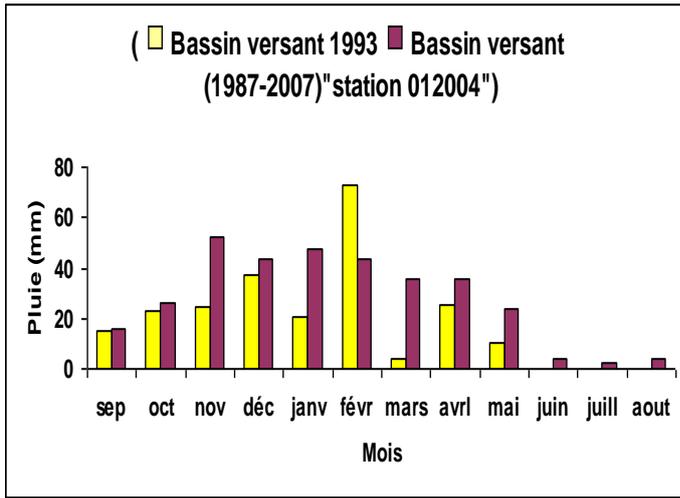


Fig 19 : Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 012004* du bassin et des exceptionnellement déficitaires en amont d’athiémé.

1-5-2- Dans le Bassin versant de Rouina (Station 011906) : les années (1992-1993-1999)

Au cours des années déficitaires 1992,1993 et 1999 les précipitations mensuelles ont été faibles par rapport à celles de la période d’étude. La quantité des précipitations enregistrées équivalentes à ces années sont respectivement 191.8mm, 208.3mm et 190.8mm qui explique un déficit hydrique selon la station 012004 du bassin versant de Rouina.

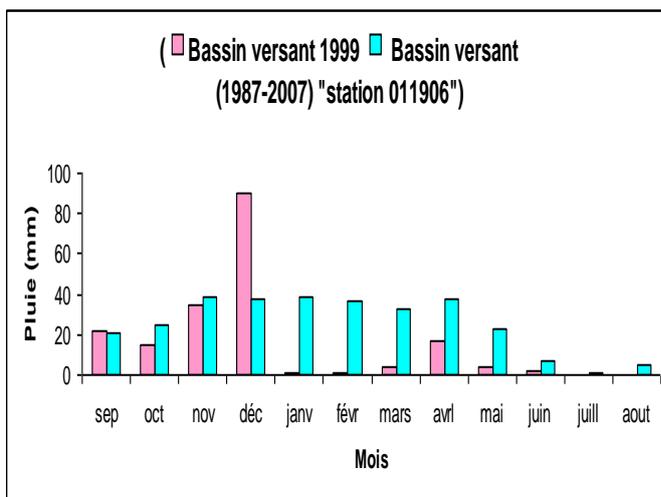
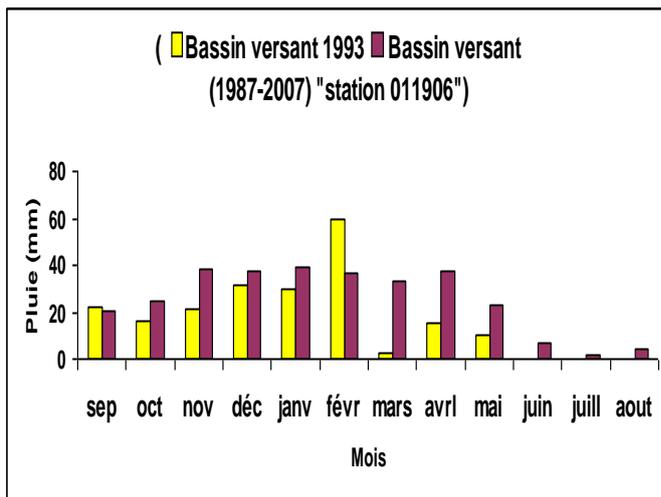
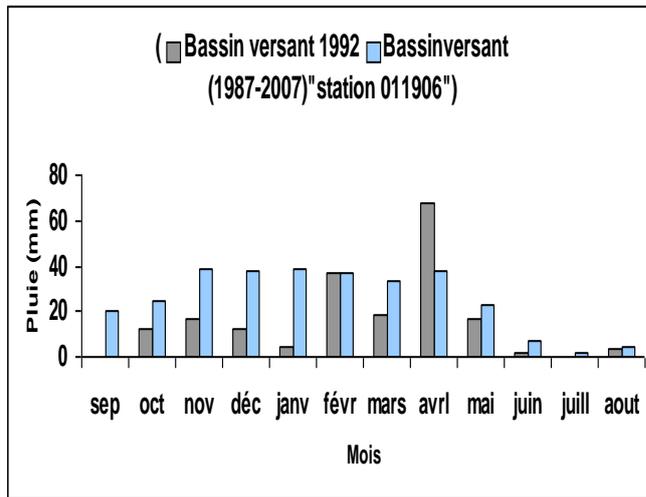


Fig20 : Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) du bassin et des années exceptionnellement déficitaires en amont d’Athiémié.

1-5-3- Dans le Bassin versant de Rouina (Station 011903) : les années (1999-2001)

Les années 1999 et 2001 représentent un déficit pluviométrique annuel sur le bassin versant de Rouina où on a enregistré au niveau de la station 011903 une quantité pluviométrique de 284.8 mm pour l'année 1999 et 297,5 pour l'année 2001.

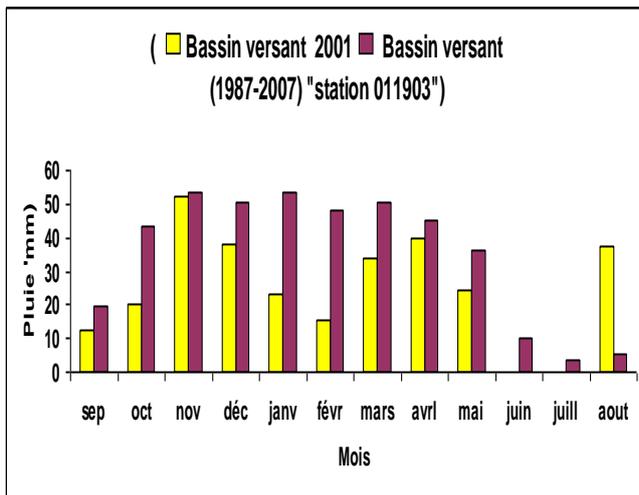
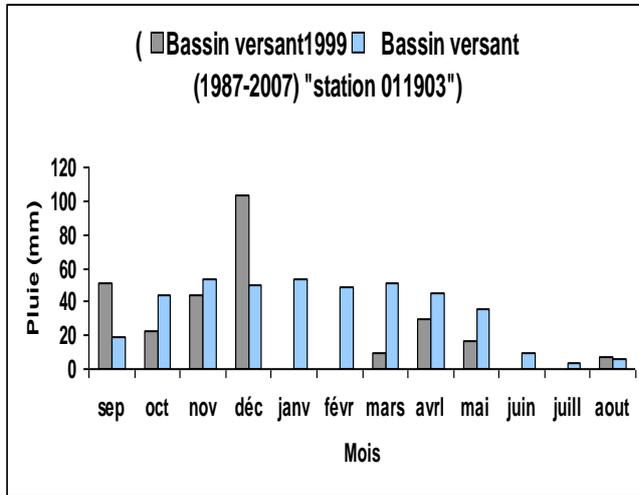


Fig 21 : Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) du bassin et des années exceptionnellement déficitaires en amont d'Athiémé.

Pour évaluer les effets de la péjoration pluviométrique sur les ressources en eau des bassins versants qu'on a étudiés, il est nécessaire de faire l'étude du bilan climatique.

Les variations saisonnières du bilan climatique (saisons sèches et humides) dans les deux bassins sont représentées aux figures suivantes.

Le bilan climatique moyen mensuel exprime deux phases :

- Une période humide de six mois « à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'Avril » avec des quantités des précipitations importantes par rapport à celle des mois secs.
- Une période sèche à partir du mois de mai jusqu'au mois d'octobre caractérisée par des températures élevées et même la demande évaporatoire est importante, ceci est remarquable sur les différents stations des deux bassins versants étudiés

1-5-4- Dans le Bassin versant de TIGHAZEL (station 012004) :

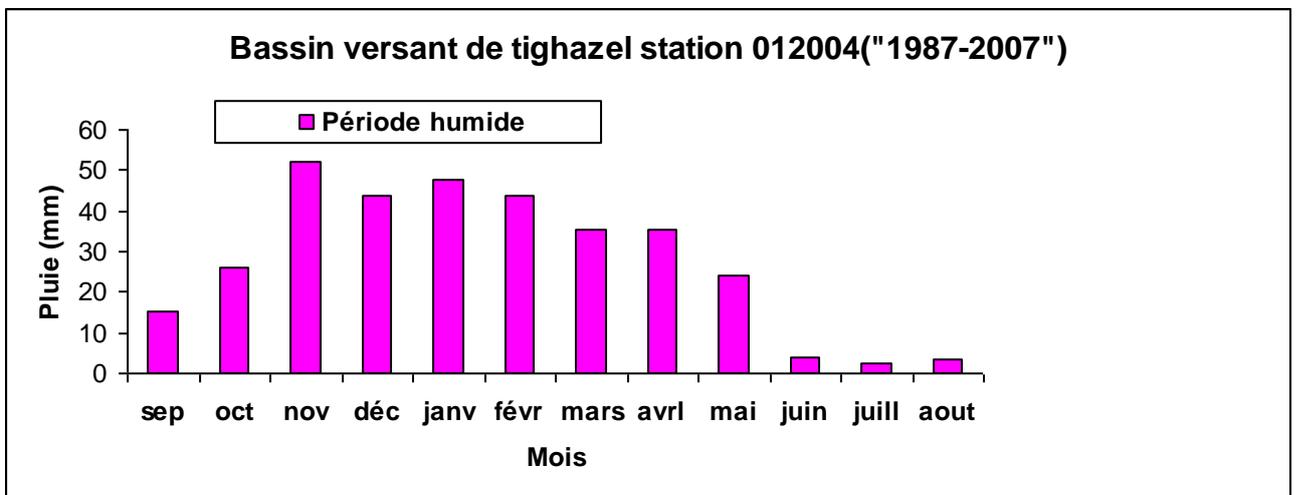


Fig22: Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1987-2007) dans le bassin versant de Tighzel

1-5-5- Dans le Bassin versant de Rouina (stations 011906, 011903) :

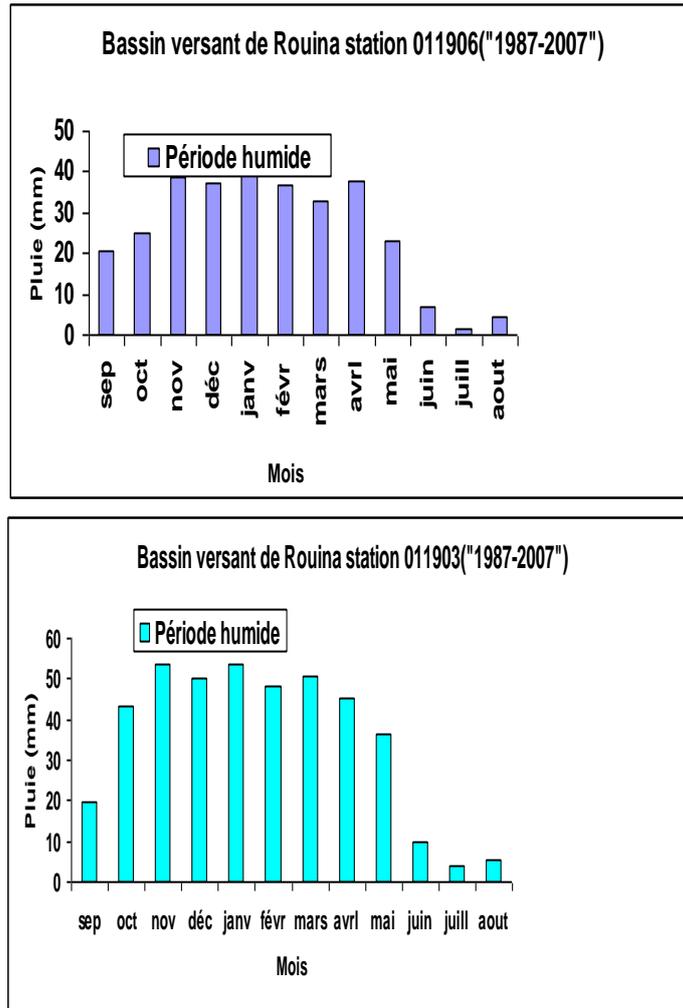


Fig 22 : Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1987-2007) dans le bassin versant de Rouina.

Les figures suivantes (**fig23 et 24**) donnent les variations mensuelles des précipitations moyennes et le débit moyen des deux bassins versants étudiées. Sachant que l'écoulement ne change abondant qu'au cours des mois des saisons humide.

1-6- Variation mensuelle moyenne de Pluie/débit dans le bassin versant du Rouina de 1987/2007

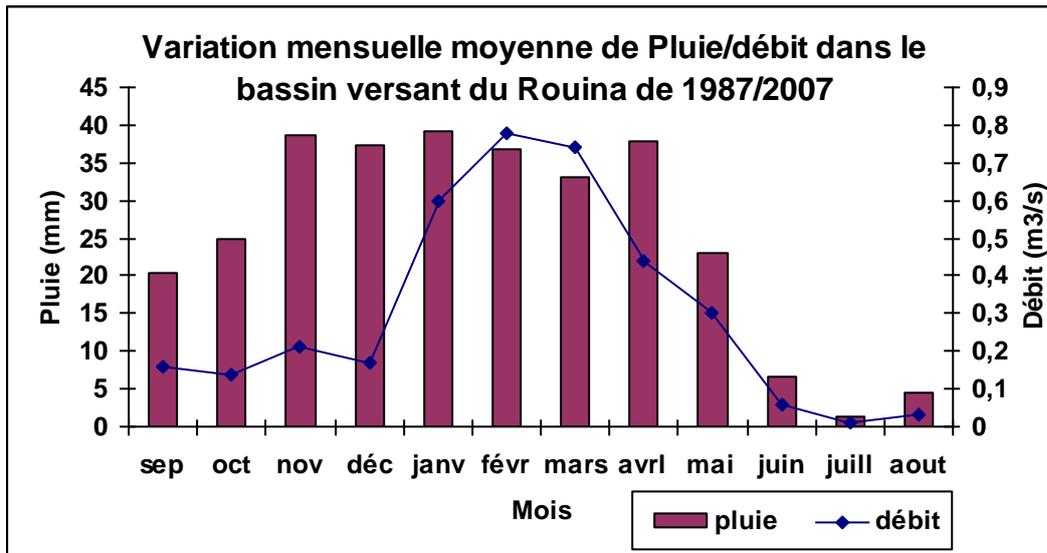


Fig23: Variation mensuelle moyenne de Pluie/ Débit dans le Bassin versant du Rouina 1987/2007.

1-7- Variation mensuelle moyenne de Pluie/débit dans le bassin versant du Tighzel de 1987/2007

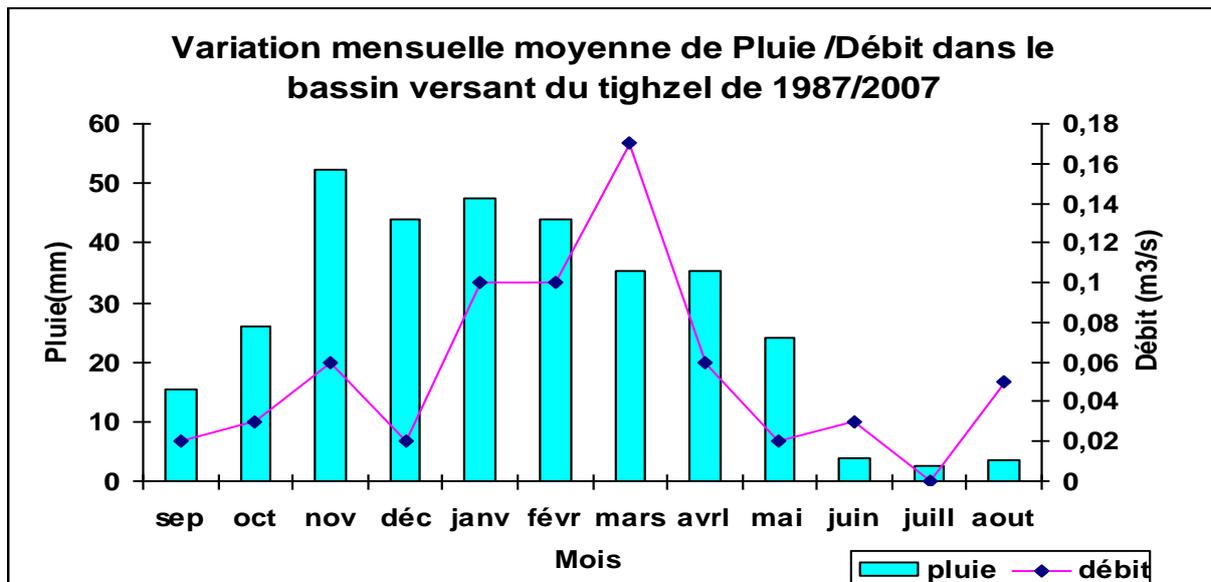


Fig 24: Variation mensuelle moyenne de Pluie/ Débit dans le Bassin versant du Tighzel 1987/2007

1-8- L'évolution interannuelle de l'écoulement « 1987-2007 »

L'objectif de cette section est d'étudier la variabilité de débit d'écoulement dans les deux bassins et déterminer les années hydrologiquement déficitaires et excédentaires

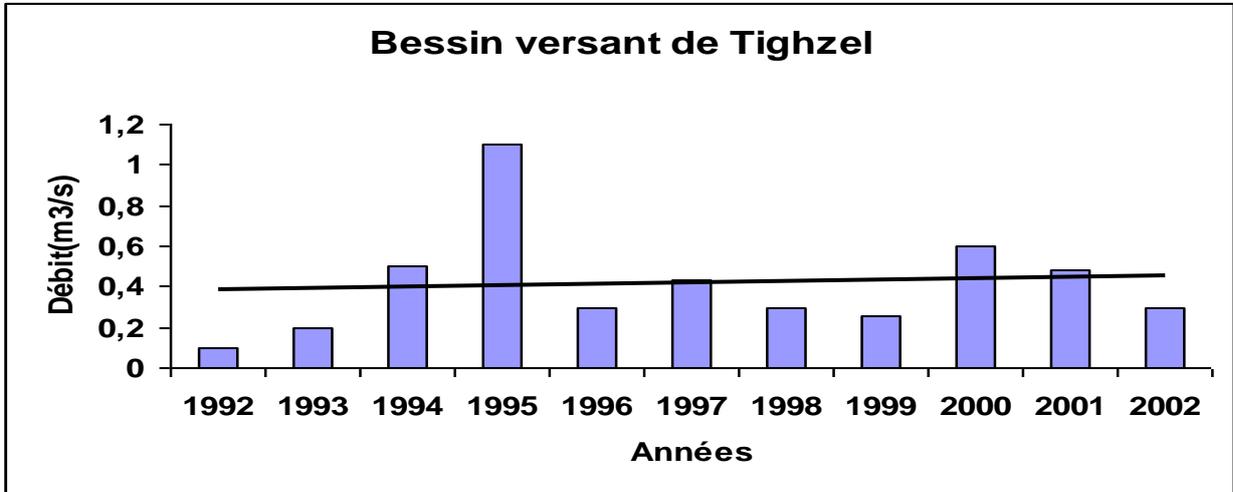


Fig 25: Variabilité interannuelle du débit dans le bassin versant de Tighzel du complexe de 1992/2002.

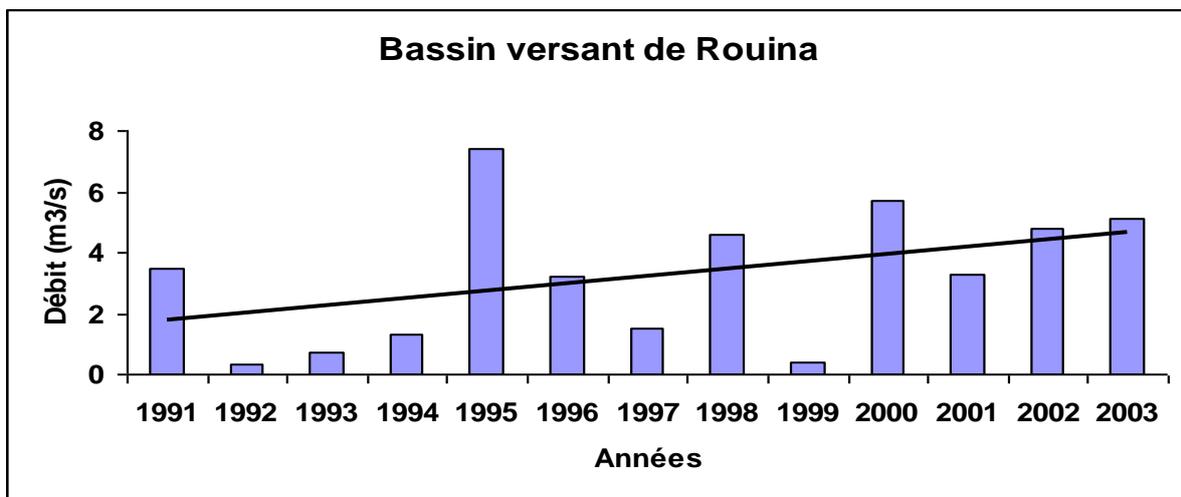


Fig 26: Variabilité interannuelle du débit dans le bassin versant de Tighzel du complexe de 1991/2003.

Relation entre la pluie et l'écoulement :

Pour voir la relation entre les deux bassins versants on a trouvé que sur le bassin versant de Rouina la relation pluie-écoulement est de type linéaire selon une équation de $Y= 0,221X-3,296$ avec un coefficient R^2 égale à 0.54%, et pour le bassin versant Tighzel on a obtenu une équation de $Y=0,0027x- 0, 5057$ avec un coefficient $R^2= 0.82 \%$

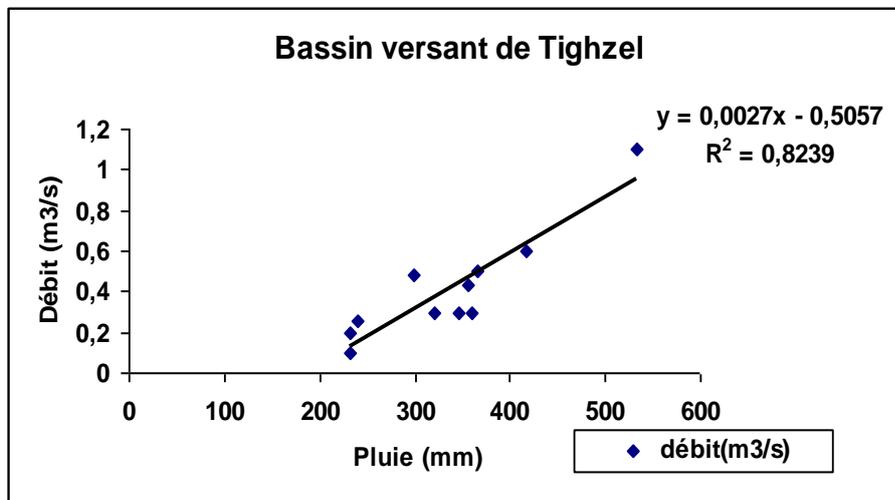


Fig 27 : corrélation écoulement / Pluie dans le bassin –versant de Tighzel du complexe de 1992/2002.

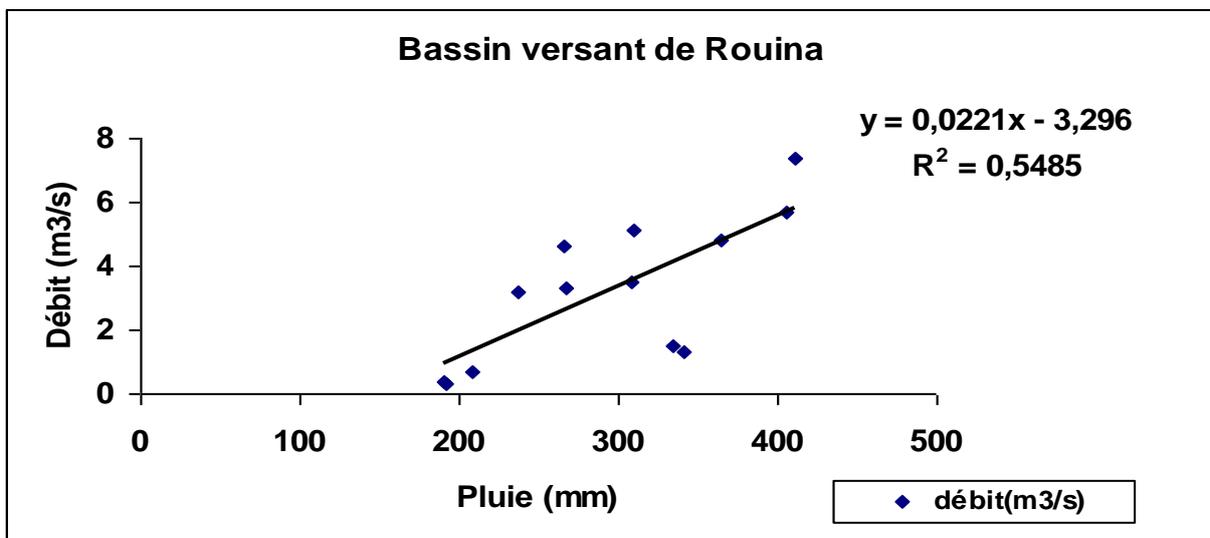


Fig 28 : corrélation écoulement / Pluie dans le bassin –versant de Rouina du complexe de 1991/2003

Analyse du coefficient d'écoulement du bassin reflet les variations de l'apport pluviométrique

Au niveau de bassin versant de Tighzel on enregistre un coefficient R^2 de 0,25463 et un R^2 très faible au niveau de bassins versant de Rouina égale à 11%

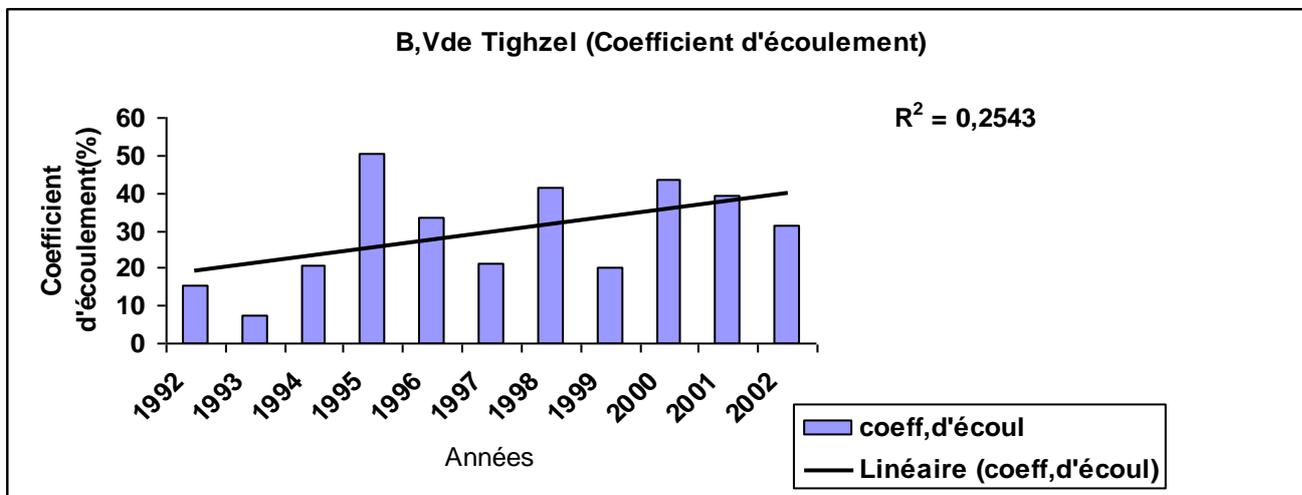


Fig 29: Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin –versant du Tighzel.

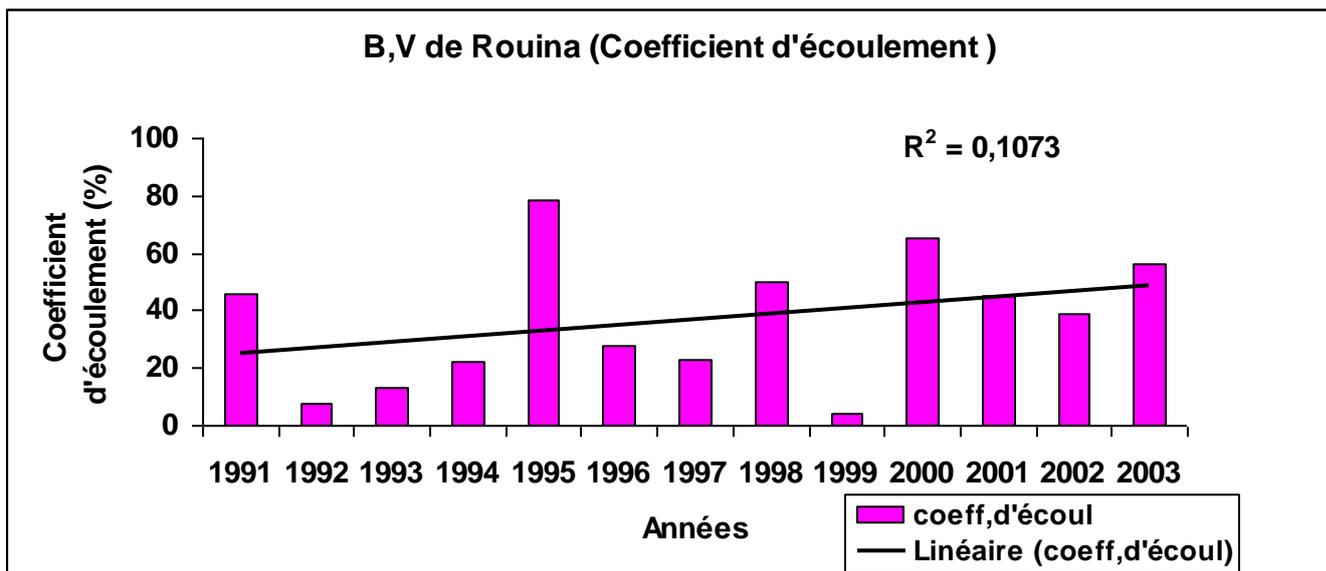


Fig 30: Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin –versant du Rouina.

II- AJUSTEMENT DES PRECIPITATIONS A UNE LOI DE PROBABILITE :

II-1- les précipitations

L'analyse statistique des précipitations est réalisée à l'échelle annuelle, mensuelle et journalière, elle est protégée uniquement sur les stations représentatives des différents de station à chaque bassin.

1) l'échelle annuelle :

L'analyse statistique des précipitations annuelles a permis d'ajuster les séries d'observations des stations représentatives à la loi log normale.

Le tableau 15 et figure 31 montre l'ajustement des précipitations annuelles de la station de Rouina (011906)

Le tableau 18 Résume les équations de la droite de Galton pour toutes les stations, permettant ainsi de calculer les quantiles.

Tableau 15 Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina code de station (011906)

Taille n=21 Moy.log(x-xo)= 2,47270992 E.T. log(x-xo)= 0,096620758

I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
303,1	190,8	1	0,024	-1,981	190,8	191,111	167,914	209,84665
356,7	191,8	2	0,071	-1,466	191,8	214,344	192,684	232,19268
272,8	208,3	3	0,119	-1,180	208,3	228,407	207,703	245,86501
275	236,5	4	0,167	-0,967	236,5	239,465	219,464	256,75124
307,9	265,1	5	0,214	-0,791	265,1	249,024	229,562	266,29157
191,8	267,5	6	0,262	-0,637	267,5	257,72	238,668	275,0987
208,3	272,8	7	0,310	-0,497	272,8	265,895	247,142	283,50794
340,7	275	8	0,357	-0,366	275	273,766	255,206	291,73641
411,2	303,1	9	0,405	-0,241	303,1	281,488	263,017	299,94525
236,5	307,9	10	0,452	-0,119	307,9	289,185	270,696	308,26955
333,8	309	11	0,500	0,000	309	296,968	278,346	316,83597
265,1	311	12	0,548	0,119	311	304,961	286,081	325,79045

CHAPITRE III

190,8	317,3	13	0,595	0,241	317,3	313,3	294,021	335,30144
405,9	333,8	14	0,643	0,366	333,8	322,137	302,294	345,56372
267,5	337	15	0,690	0,497	337	331,673	311,067	356,83984
365	340,7	16	0,738	0,637	340,7	342,194	320,576	369,50955
309	356,7	17	0,786	0,791	356,7	354,143	331,179	384,16749
311	365	18	0,833	0,967	365	368,279	343,485	401,84342
317,3	371,8	19	0,881	1,180	371,8	386,109	358,693	424,59767
337	405,9	20	0,929	1,466	405,9	411,443	379,814	457,69403
371,8	411,2	21	0,976	1,981	411,2	461,46	420,26	525,21127

Ajustement à une loi Log-normale

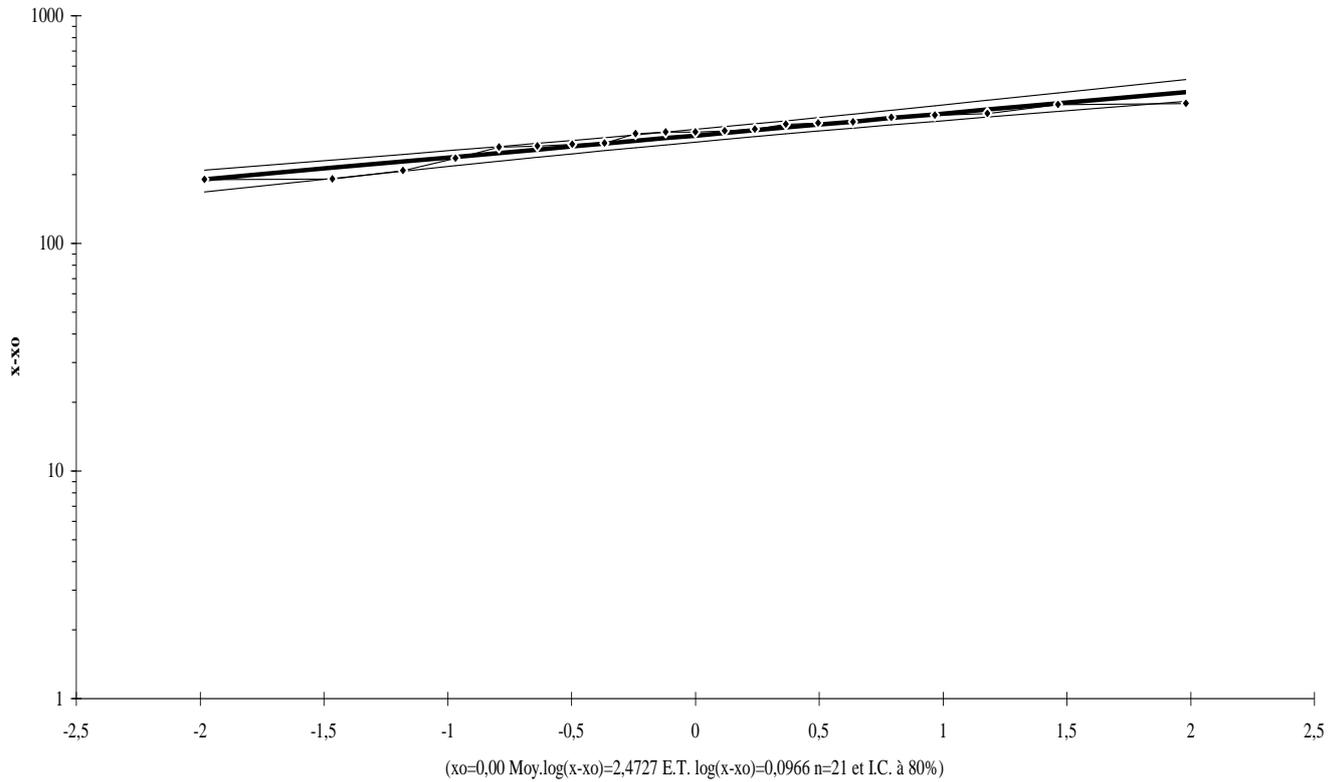


Fig 31. Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de Rouina code 011906.

Tableau16. Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina
code de station (011903)

Taille n=21 Moy.log(x-xo)= 2,615835684

E.T. log(x-xo)= 0,08271074I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
397,4	284,8	1	0,024	-1,981	284,8	283,12	253,432	306,71773
420	297,5	2	0,071	-1,466	297,5	312,336	285,113	334,4711
361,9	309,7	3	0,119	-1,180	309,7	329,798	304,033	351,26067
486,4	345,6	4	0,167	-0,967	345,6	343,419	318,712	364,53273
451,6	356,5	5	0,214	-0,791	356,5	355,121	331,224	376,09736
309,7	361,9	6	0,262	-0,637	361,9	365,709	342,44	386,72035
477,4	363,5	7	0,310	-0,497	363,5	375,618	352,822	396,81778
421,7	397,2	8	0,357	-0,366	397,2	385,116	362,654	406,65648
511,1	397,4	9	0,405	-0,241	397,4	394,396	372,135	416,43198
397,2	420	10	0,452	-0,119	420	403,61	381,416	426,30573
510,4	421,7	11	0,500	0,000	421,7	412,891	390,625	436,42667
422,3	422,3	12	0,548	0,119	422,3	422,386	399,899	446,96408
284,8	451,6	13	0,595	0,241	451,6	432,254	409,381	458,11082
536,4	457,2	14	0,643	0,366	457,2	442,67	419,222	470,08714
297,5	477,4	15	0,690	0,497	477,4	453,864	429,616	483,18779
517	486,4	16	0,738	0,637	486,4	466,16	440,833	497,83665
457,2	491,6	17	0,786	0,791	491,6	480,06	453,285	514,6945
363,5	510,4	18	0,833	0,967	510,4	496,417	467,665	534,9008
491,6	511,1	19	0,881	1,180	511,1	516,92	485,335	560,72541
356,5	517	20	0,929	1,466	517	545,82	509,698	597,93635
345,6	536,4	21	0,976	1,981	536,4	602,145	555,818	672,68318

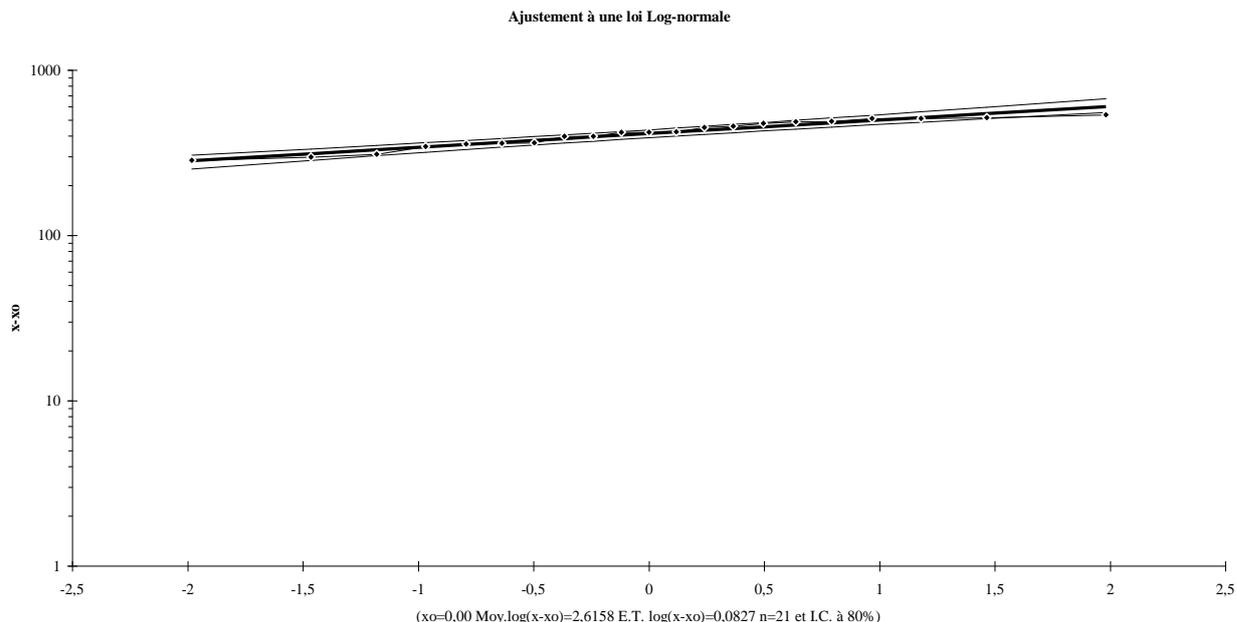


Fig 32. Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de Rouina code 011903.

Tableau17. Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Tighzel station (012004)

Taille n=21 Moy.log(x-x₀)= **2,514555749**

E.T. log(x-x₀)= **0,091466157**I.C. à (en%)=80 U Gauss= **1,282**

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
402,7	232,3	1	0,024	-1,981	232,3	215,449	190,608	235,39286
336,6	233	2	0,071	-1,466	233	240,166	217,126	259,05697
255,4	240,1	3	0,119	-1,180	240,1	255,057	233,116	273,47514
303,4	255,4	4	0,167	-0,967	255,4	266,732	245,593	284,92455
272,1	272,1	5	0,214	-0,791	272,1	276,8	256,277	294,93712
232,3	294,4	6	0,262	-0,637	294,4	285,942	265,891	304,16321
233	298,3	7	0,310	-0,497	298,3	294,521	274,82	312,95777
365,3	303,4	8	0,357	-0,366	303,4	302,768	283,301	321,54982
533,5	313,9	9	0,405	-0,241	313,9	310,846	291,503	330,10849

CHAPITRE III

346,9	321	10	0,452	-0,119	321	318,887	299,553	338,7748
355,4	336,6	11	0,500	0,000	336,6	327,006	307,561	347,68015
321	346,9	12	0,548	0,119	346,9	335,332	315,646	356,9752
240,1	355,4	13	0,595	0,241	355,4	344,006	323,933	366,833
416,9	359,5	14	0,643	0,366	359,5	353,184	332,555	377,45279
298,3	365,3	15	0,690	0,497	365,3	363,074	341,685	389,10237
359,5	371,7	16	0,738	0,637	371,7	373,968	351,564	402,16831
379,4	379,4	17	0,786	0,791	379,4	386,318	362,562	417,25492
313,9	383	18	0,833	0,967	383	400,901	375,303	435,40708
371,7	402,7	19	0,881	1,180	402,7	419,251	391,015	458,71198
383	416,9	20	0,929	1,466	416,9	445,247	412,778	492,49144
294,4	533,5	21	0,976	1,981	533,5	496,326	454,274	561,00847

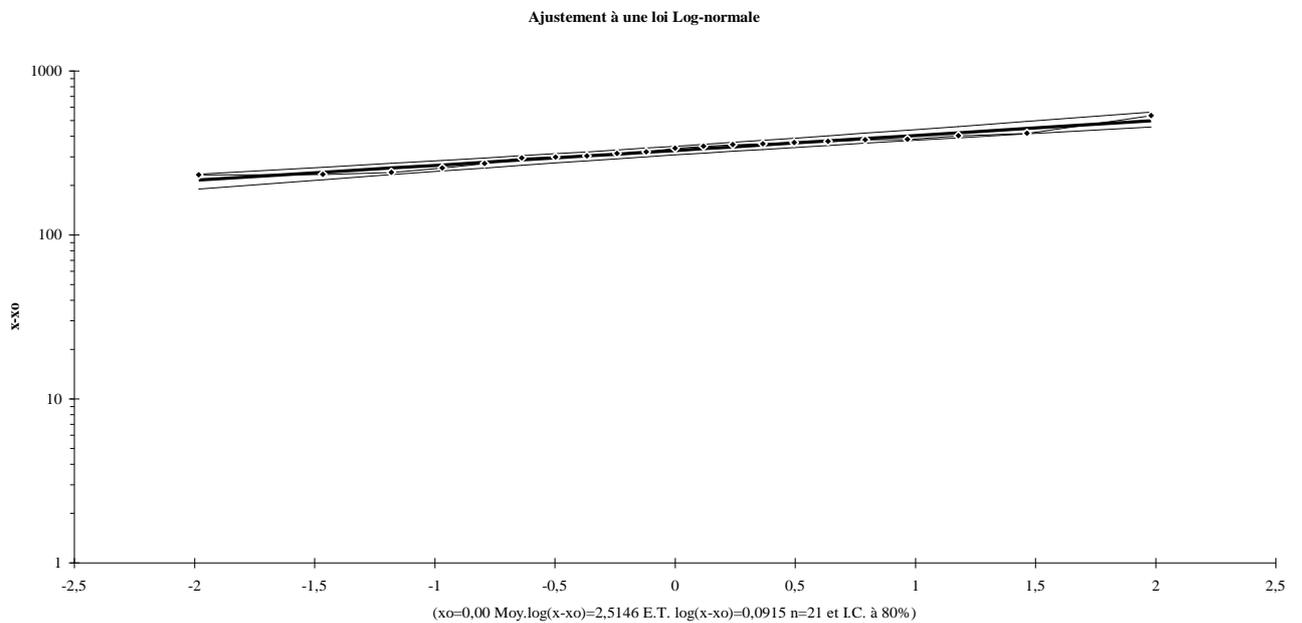


Fig 33. Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de TIGHZEL code 012004.

Tableau 18 : Equations d'ajustement des précipitations annuelles à la loi log- Normale des différentes stations.

Stations	Droite de GALTON
(011906)	$\text{Log } X_p \% = 2.47 + 0.096U_p \%$
(011903)	$\text{Log } X_p \% = 2.61 + 0.082U_p \%$
(02004)	$\text{Log } X_p \% = 2.51 + 0.091U_p \%$

Les quantiles sont calculés à partir des équations citées et sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19. Précipitations annuelles (mm) pour différentes de retour.

Période de retour (an)	10	25	50	100	250	500	1000
Rouina (011906)	223.289	201.149	188.032	176.967	164.598	156.525	149.314
Rouina (011903)	323.461	295.803	279.210	265.085	249.142	238.644	149.314
Tighzel (012004)	249.64	226.14	212.16	200.324	187.044	178.348	170.56

2) A l'échelle mensuelle

Dans le but de mettre en exergue la variation de précipitations à l'échelle mensuelle, nous avons dès le départ, déterminer les paramètres statistiques des stations représentatives des stations et l'ajustement des données mensuelles à une loi de probabilité. Il est à noter que les précipitations mensuelles de Galton

Tableau 20 : Equations d'ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de ROUINA code de station (011906)

Mois	Equation du droit de Galton
Septembre	$\text{Log } X_p \% = 1.238 + 0.415U_p \%$
Octobre	$\text{Log } X_p \% = 1.3 + 0.366U_p \%$
Novembre	$\text{Log } X_p \% = 1.42 + 0.556U_p \%$
Décembre	$\text{Log } X_p \% = 1.48 + 0.344U_p \%$
Janvier	$\text{Log } X_p \% = 1.44 + 0.449U_p \%$
Février	$\text{Log } X_p \% = 1.437 + 0.51U_p \%$
Mars	$\text{Log } X_p \% = 1.432 + 0.394U_p \%$
Avril	$\text{Log } X_p \% = 1.398 + 0.423U_p \%$
Mai	$\text{Log } X_p \% = 1.22 + 0.395U_p \%$
Juin	$\text{Log } X_p \% = 0.709 + 0.513U_p \%$
Juillet	$\text{Log } X_p \% = 0.45 + 0.418U_p \%$
Août	$\text{Log } X_p \% = 0.72 + 0.498U_p \%$

Tableau 21 : Equations d'ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de ROUINA code de station (011903)

Mois	Equation du droit de Galton
Septembre	$\text{Log } X_p \% = 1.184 + 0.385U_p \%$
Octobre	$\text{Log } X_p \% = 1.478 + 0.324U_p \%$
Novembre	$\text{Log } X_p \% = 1.65 + 0.29U_p \%$
Décembre	$\text{Log } X_p \% = 1.623 + 0.268U_p \%$
Janvier	$\text{Log } X_p \% = 1.58 + 0.493U_p \%$
Février	$\text{Log } X_p \% = 1.64 + 0.309U_p \%$
Mars	$\text{Log } X_p \% = 1.455 + 0.578U_p \%$
Avril	$\text{Log } X_p \% = 1.611 + 0.217U_p \%$
Mai	$\text{Log } X_p \% = 1.339 + 0.635U_p \%$
Juin	$\text{Log } X_p \% = 1.2 + 0.313U_p \%$
Juillet	$\text{Log } X_p \% = 0.995 + 0.365U_p \%$
Août	$\text{Log } X_p \% = 0.813 + 0.474U_p \%$

Tableau 22. Equations d’ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de TIGHZEL code de station (012004)

Mois	Equation du droit de Galton
Septembre	$\text{Log } X_p \% = 0.96 + 0.57U_p \%$
Octobre	$\text{Log } X_p \% = 1.3 + 0.52U_p \%$
Novembre	$\text{Log } X_p \% = 1.599 + 0.256U_p \%$
Décembre	$\text{Log } X_p \% = 1.54 + 0.298U_p \%$
Janvier	$\text{Log } X_p \% = 1.61 + 0.374U_p \%$
Février	$\text{Log } X_p \% = 1.42 + 0.534U_p \%$
Mars	$\text{Log } X_p \% = 1.28 + 0.706U_p \%$
Avril	$\text{Log } X_p \% = 1.41 + 0.425U_p \%$
Mai	$\text{Log } X_p \% = 1.19 + 0.49U_p \%$
Juin	$\text{Log } X_p \% = 0.537 + 0.728U_p \%$
Juillet	$\text{Log } X_p \% = 0.66 + 0.49U_p \%$
Août	$\text{Log } X_p \% = 0.539 + 0.511U_p \%$

3) A l’échelle journalière :

L’étude des précipitations journalières s’avère nécessaire pour pouvoir mettre en exergue l’irrégularité de précipitations le tableau 10 Donne les pluies maximales des stations représentatives. L’ajustement des précipitations maximales a donné les résultats présentés dans tableau 10 pour la station représentative du bassin versant de ROUINA.

Tableau23. Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA code de Station (011906)

Taille n=32 Moy.log(x-xo)= 1,428599847

E.T. log(x-xo) 0,151048573I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure

CHAPITRE III

54,3	15,2	1	0,016	-2,154	15,2	12,6822	10,7303	14,408821
16,6	16,6	2	0,047	-1,676	16,6	14,976	13,0092	16,71857
39,2	17	3	0,078	-1,418	17	16,3834	14,4218	18,13448
29,7	18,1	4	0,109	-1,230	18,1	17,4908	15,5368	19,251666
20,8	18,7	5	0,141	-1,078	18,7	18,4433	16,4964	20,216719
18,7	20	6	0,172	-0,947	20	19,302	17,3606	21,091337
23,9	20,8	7	0,203	-0,830	20,8	20,0992	18,1611	21,908245
23,6	21	8	0,234	-0,724	21	20,8546	18,9172	22,687412
23,9	21,5	9	0,266	-0,626	21,5	21,5814	19,6416	23,442305
17	21,6	10	0,297	-0,533	21,6	22,2889	20,3437	24,182753
21	21,7	11	0,328	-0,445	21,7	22,9844	21,0302	24,916438
21,6	22	12	0,359	-0,360	22	23,6739	21,7067	25,649743
32,3	23,1	13	0,391	-0,277	23,1	24,3624	22,378	26,388279
37,8	23,6	14	0,422	-0,197	23,6	25,0544	23,0482	27,13725
15,2	23,9	15	0,453	-0,118	23,9	25,7544	23,7212	27,901719
21,7	23,9	16	0,484	-0,039	23,9	26,4666	24,4008	28,686834
21,5	24,2	17	0,516	0,039	24,2	27,1958	25,0909	29,498253
24,2	24,2	18	0,547	0,118	24,2	27,9478	25,797	30,343329
45,2	26,4	19	0,578	0,197	26,4	28,7287	26,5237	31,229337
26,4	28,2	20	0,609	0,277	28,2	29,5447	27,2765	32,164625
44,4	28,4	21	0,641	0,360	28,4	30,4039	28,0619	33,159327
32,9	29,7	22	0,672	0,445	29,7	31,316	28,8878	34,226069
24,2	32,3	23	0,703	0,533	32,3	32,2932	29,7642	35,381034
18,1	32,9	24	0,734	0,626	32,9	33,3519	30,7043	36,645608
50,1	37,8	25	0,766	0,724	37,8	34,5142	31,726	38,049059
43,4	39,2	26	0,797	0,830	39,2	35,8114	32,8543	39,633148
28,4	43,2	27	0,828	0,947	43,2	37,2905	34,1268	41,460644
20	43,4	28	0,859	1,078	43,4	39,0267	35,6032	43,632531
23,1	44,4	29	0,891	1,230	44,4	41,1519	37,3879	46,327381
28,2	45,2	30	0,922	1,418	45,2	43,9334	39,6912	49,909306
22	50,1	31	0,953	1,676	50,1	48,0622	43,0527	55,328457
43,2	54,3	32	0,984	2,154	54,3	56,7553	49,9541	67,079179

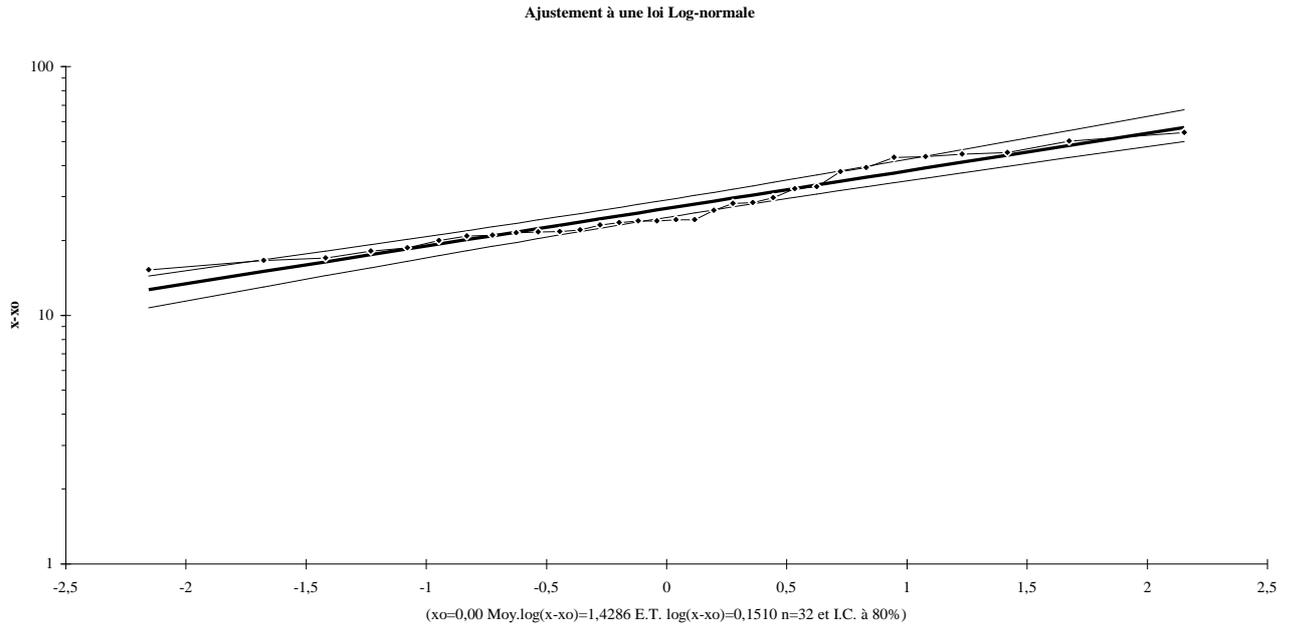


Fig 34. Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de Rouina code de station 011906

Tableau24. Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA code de Station (011903)

Taille n=32 Moy.log(x-x₀)= 1,565475395

E.T. log(x-x₀) 0,137041808 I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variab ^l e réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
34	20,2	1	0,016	-2,154	20,2	18,6313	16,0101	20,9188
57	22,1	2	0,047	-1,676	22,1	21,6646	19,0667	23,9398
35,2	23,6	3	0,078	-1,418	23,6	23,504	20,9359	25,7723
41,3	25,2	4	0,109	-1,230	25,2	24,941	22,3994	27,2087
43,6	25,4	5	0,141	-1,078	25,4	26,1702	23,6511	28,4434

CHAPITRE III

								16
								29,5576
27,6	27,2	6	0,172	-0,947	27,2	27,2733	24,7724	27
								30,5944
27,6	27,6	7	0,203	-0,830	27,6	28,2934	25,8066	51
								31,5800
22,1	27,6	8	0,234	-0,724	27,6	29,2565	26,7795	38
								32,5319
38,9	27,7	9	0,266	-0,626	27,7	30,18	27,7084	29
								33,4628
29,8	27,8	10	0,297	-0,533	27,8	31,0763	28,6054	47
								34,3826
27,2	29,8	11	0,328	-0,445	29,8	31,9549	29,4798	57
								35,2994
42,7	30,1	12	0,359	-0,360	30,1	32,8234	30,339	84
								36,2203
30,1	34	13	0,391	-0,277	34	33,6883	31,189	99
								37,1518
52	34,8	14	0,422	-0,197	34,8	34,5554	32,0353	88
								38,1001
46,5	35,2	15	0,453	-0,118	35,2	35,4301	32,8829	96
								39,0716
27,8	38,9	16	0,484	-0,039	38,9	36,3179	33,7364	11
								40,0729
27,7	38,9	17	0,516	0,039	38,9	37,2246	34,6011	85
								41,1131
64,3	39,2	18	0,547	0,118	39,2	38,1573	35,4833	84
								42,2008
38,9	41,3	19	0,578	0,197	41,3	39,1233	36,389	84
								43,3459
57,4	41,6	20	0,609	0,277	41,6	40,1303	37,3248	86
								44,5604
25,4	42,7	21	0,641	0,360	42,7	41,1877	38,2986	47

CHAPITRE III

								45,8591
57,1	43,6	22	0,672	0,445	43,6	42,3071	39,3198	17
								47,2609
25,2	46,5	23	0,703	0,533	46,5	43,5032	40,4006	68
								48,7910
48,8	47,2	24	0,734	0,626	47,2	44,7952	41,5567	04
								50,4833
23,6	47,2	25	0,766	0,724	47,2	46,2092	42,8093	55
								52,3865
41,6	48,8	26	0,797	0,830	48,8	47,7822	44,1884	96
								54,5735
47,2	51,7	27	0,828	0,947	51,7	49,5694	45,7384	52
								57,1610
51,7	52	28	0,859	1,078	52	51,6588	47,5301	71
								60,3551
20,2	57	29	0,891	1,230	57	54,2047	49,6869	29
								64,5741
47,2	57,1	30	0,922	1,418	57,1	57,5186	52,4562	53
								70,9046
39,2	57,4	31	0,953	1,676	57,4	62,4022	56,4715	12
								84,4418
34,8	64,3	32	0,984	2,154	64,3	72,5616	64,6267	59

Ajustement à une loi Log-normale

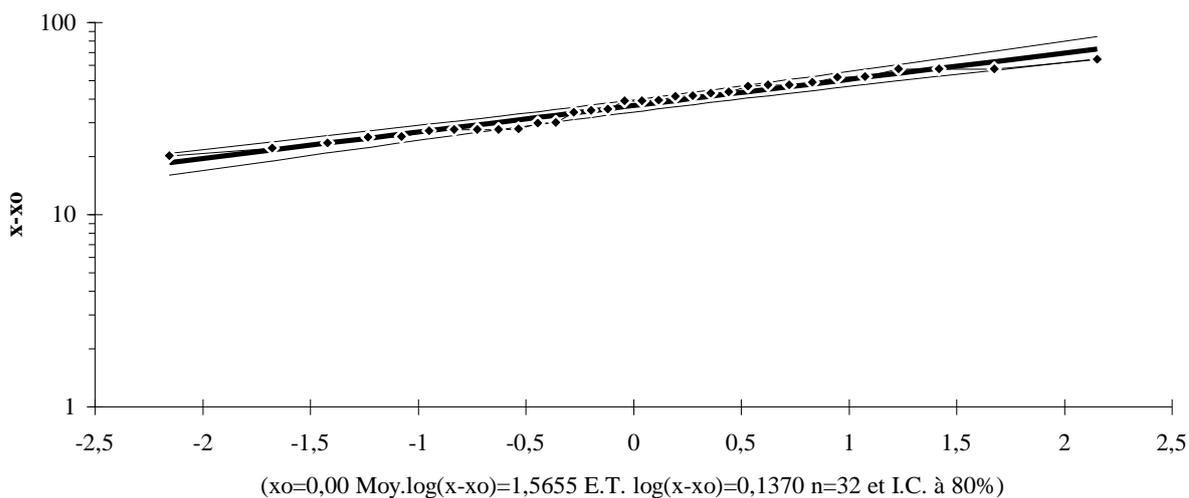


Fig 35 Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de Rouina code de station 011903

Tableau25. Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de TIGHZEL code de Station (012004)

Taille n=32 Moy.log(x-x0)= 1,502561992

E.T. log(x-x0) 0,141543496 I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variabls réduite	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure
30,5	17,9	1	0,016	-2,154	17,9	15,7628	13,4778	17,7655
30,4	18,4	2	0,047	-1,676	18,4	18,4201	16,1434	20,4214
17,9	19,7	3	0,078	-1,418	19,7	20,0376	17,7805	22,0379
32,7	21,6	4	0,109	-1,230	21,6	21,3041	19,0657	23,3077
54,1	22,3	5	0,141	-1,078	22,3	22,3894	20,167	24,4009

CHAPITRE III

								03
								25,3887
31,5	22,9	6	0,172	-0,947	22,9	23,3648	21,1554	83
								26,3091
42,8	23,2	7	0,203	-0,830	23,2	24,268	22,0682	51
								27,1849
25,9	23,9	8	0,234	-0,724	23,9	25,1217	22,928	88
								28,0317
28,8	24	9	0,266	-0,626	24	25,9412	23,7499	35
								28,8606
19,7	25,1	10	0,297	-0,533	25,1	26,7373	24,5445	12
								29,6803
24	25,9	11	0,328	-0,445	25,9	27,5184	25,3198	45
								30,4981
23,9	28,8	12	0,359	-0,360	28,8	28,2912	26,0823	36
								31,3202
41,8	30	13	0,391	-0,277	30	29,0614	26,8374	76
								32,1525
37,3	30,4	14	0,422	-0,197	30,4	29,8343	27,5899	55
								33,0005
21,6	30,5	15	0,453	-0,118	30,5	30,6147	28,3441	66
								33,8699
40,3	30,6	16	0,484	-0,039	30,6	31,4074	29,1044	59
								34,7669
30	31,5	17	0,516	0,039	31,5	32,2175	29,8751	08
								35,6994
18,4	32,7	18	0,547	0,118	32,7	33,0517	30,6621	12
								36,6753
22,9	33,3	19	0,578	0,197	33,3	33,9162	31,4709	3
								37,7036
22,3	35,4	20	0,609	0,277	35,4	34,8182	32,3071	43
								38,7952
35,4	37,3	21	0,641	0,360	37,3	35,7662	33,178	16

CHAPITRE III

								39,9635
44,4	39,3	22	0,672	0,445	39,3	36,7707	34,0922	59
								41,2259
33,3	39,6	23	0,703	0,533	39,6	37,8449	35,0605	48
								42,6051
59	40,3	24	0,734	0,626	40,3	39,0063	36,0972	73
								44,1323
44,2	41,8	25	0,766	0,724	41,8	40,2787	37,2216	67
								45,8518
39,3	42,8	26	0,797	0,830	42,8	41,6957	38,4607	79
								47,8302
25,1	44,2	27	0,828	0,947	44,2	43,3074	39,8549	5
								50,1743
56,3	44,4	28	0,859	1,078	44,4	45,1941	41,4685	37
								53,0726
39,6	44,4	29	0,891	1,230	44,4	47,4964	43,4134	97
								56,9088
23,2	54,1	30	0,922	1,418	54,1	50,4985	45,9148	27
								62,6800
44,4	56,3	31	0,953	1,676	56,3	54,9329	49,5493	87
								75,0767
30,6	59	32	0,984	2,154	59	64,1936	56,9567	71

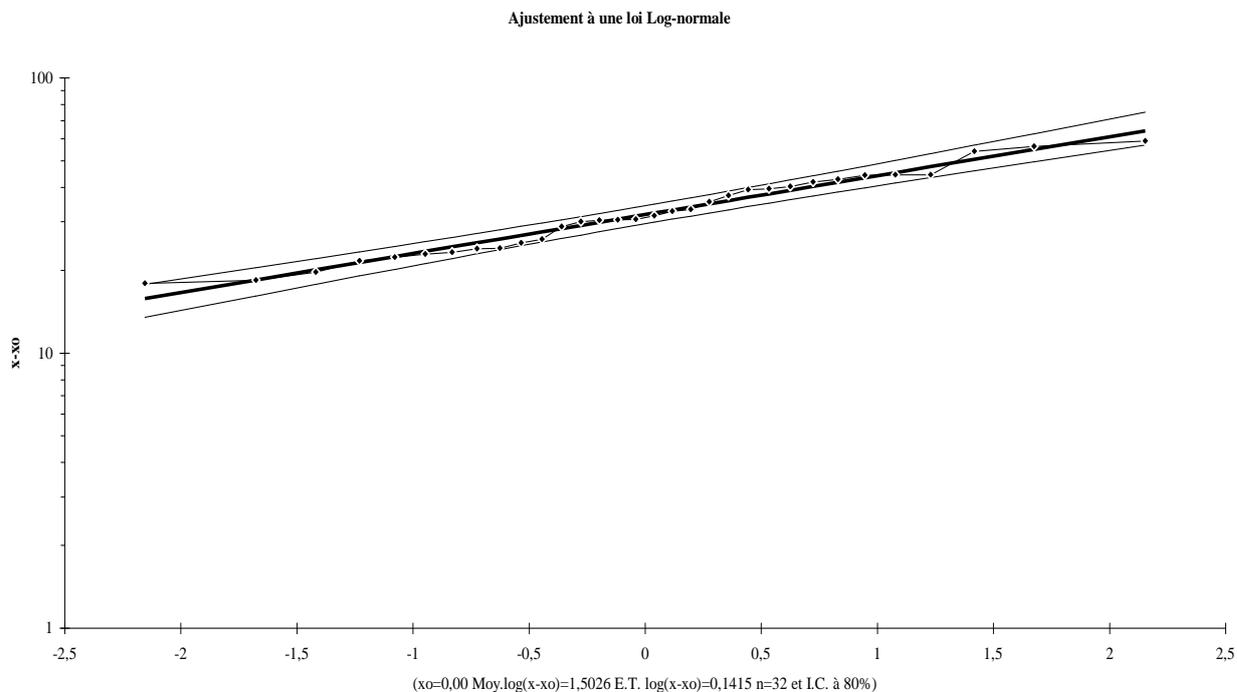


Fig 36. Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de TIGHZEL code de station 012004.

Les équations de la droite de Galton sont données dans le tableau 13.

Tableau26 : Equations de la droite de Galton : précipitations maximales journalières

Station	Equation de la droite de Galton
011906	$\text{Log } X_p \% = 1.42 + 0.151 U_p \%$
011903	$\text{Log } X_p \% = 1.56 + 0.137 U_p \%$
012004	$\text{Log } X_p \% = 1.5 + 0.141 U_p \%$

Tableau 27. Précipitations maximales journalières pour différentes Période de retour

Période de retours (an)	10	25	50	100	200	500
011906	17.178	14.591	13.131	11.943	10.951	10.664
011903	24.537	21.159	19.229	17.644	16.308	15.921
012004	20.94	17.976	16.285	14.901	13.737	13.42

Courbes –Intensité –Durée -Fréquence :

La construction des courbes IDF nécessite le calcul des pluies de courtes de 24 heures et la connaissance des exposants climatiques.

Pour des fréquences données, la pluie $P(t)P\%$ est donnée :

$$P(t)_{p\%} = P_{\max.j,p\%} \cdot \left(\frac{t}{24}\right)^b$$

Avec :

t : durée de la pluie

b : exposant climatique

$P_{\max.j,p\%}$: pluie maximale probable d'une fréquence donnée.

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau 28-29-30

CHAPITRE III

Tableau28: Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Rouina (011906).

0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
3.69	3.31	4.08	5.02	6.19	6.62	8.15	10.03	11.33	12.35	13.21	13.95	14.613	15.21	15.75	16.26	16.73
3.8	33.1	20.4	12.55	7.73	6.62	4.07	5.01	1.88	1.54	1.32	1.16	1.04	0.95	0.87	0.81	0.76
2.28	2.81	3.47	4.272	5.25	5.62	6.92	8.52	9.626	10.494	11.22	11.85	12.41	12.91	13.384	13.81	14.21
5.6	28.18	17.35	10.68	6.57	5.62	3.46	2.13	1.60	1.31	1.12	0.987	0.886	0.807	0.743	0.690	0.646
0.06	2.53	3.122	3.84	4.72	5.05	6.27	7.66	8.65	9.44	10.09	10.66	11.16	11.62	12.04	12.42	12.78
1.2	25.35	15.61	9.60	5.90	5.05	3.13	1.91	1.44	1.18	1.009	0.888	0.797	0.726	0.66	0.621	0.581
0.87	2.30	2.84	3.495	4.29	4.598	5.70	6.97	7.87	8.58	9.18	9.69	10.15	10.56	10.95	11.29	11.63
7.47	23.06	14.2	8.739	5.37	4.598	2.85	1.74	1.31	1.073	0.91	0.80	0.725	0.66	0.608	0.564	0.528
0.71	2.11	2.6	3.2	3.94	4.21	5.19	6.39	7.21	7.87	8.42	8.89	9.3	9.69	10.06	10.35	10.66
4.36	21.14	13.02	8.01	4.92	4.21	2.59	1.59	1.20	0.98	0.84	0.74	0.66	0.60	0.55	0.51	0.48
0.67	2.05	2.53	3.12	3.83	4.10	5.05	6.22	7.02	7.66	8.2	8.65	9.06	9.43	9.8	10.08	10.38
3.46	20.59	12.67	7.8	4.79	4.1	2.52	1.55	1.17	0.95	0.82	0.72	0.64	0.58	0.54	0.50	0.47

Tableau 29: Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Rouina (011903).

T(ans)	T(h)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1	2	4	6	8	10	12	14	16
10	P(mm)	3.84	4.73	5.83	7.18	8.83	9.44	11.63	14.32	16.16	17.64	18.86	19.92	20.85	21.1
	Intensité (mm/h)	76.99	47.38	29.17	17.95	11.04	9.44	5.81	3.58	2.69	2.2	1.88	1.66	1.48	1.3
25	P(mm)	3.31	4.08	5.03	6.19	7.6	8.14	10.02	12.35	13.94	15.21	16.27	17.18	17.98	18.1
	Intensité (mm/h)	66.39	40.85	25.15	15.48	9.52	8.14	5.01	3.08	2.32	1.9	1.62	1.43	1.28	1.1
50	P(mm)	3.01	3.71	4.57	5.62	6.92	7.4	9.11	11.22	12.67	13.82	14.78	15.61	16.34	17.1
	Intensité (mm/h)	60.34	37.13	22.86	14.07	8.65	7.4	4.55	2.8	2.11	1.72	1.47	1.3	1.16	1.0
100	P(mm)	2.76	3.4	4.19	5.16	6.35	6.79	8.36	10.3	11.62	12.68	13.56	14.32	14.99	15.1

CHAPITRE III

	Intensité (mm/h)	55.36	34.07	20.97	12.91	7.93	6.79	4.18	2.57	1.93	1.58	1.35	1.19	1.07	0.9
200	P(mm)	2.55	3.14	3.87	4.77	5.87	6.27	7.72	9.52	10.74	11.72	12.54	13.24	13.86	14.
	Intensité (mm/h)	51.17	31.49	19.39	11.93	7.33	6.27	3.86	2.38	1.79	1.46	1.25	1.10	0.99	0.9
500	P(mm)	2.498	3.07	3.78	4.66	5.73	6.12	7.54	9.29	10.49	11.44	12.24	12.92	13.53	14.
	Intensité (mm/h)	49.96	30.74	18.93	11.65	7.16	6.12	3.77	2.32	1.74	1.43	1.22	1.07	0.96	0.8

Tableau 30: Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Tighzel (012004).

T(ans)	T(h)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1	2	4	6	8	10	12	14
10	P(mm)	3.07	3.81	4.732	5.88	7.28	7.81	9.67	11.99	13.61	14.88	15.95	16.87	17.71
	Intensité (mm/h)	61.56	38.11	23.66	14.71	9.1	7.81	4.83	2.99	2.26	1.86	1.59	1.406	1.265
25	P(mm)	2.642	3.27	4.06	5.05	6.25	6.7	8.3	10.3	11.68	12.78	13.69	14.48	15.20
	Intensité (mm/h)	52.84	32.71	20.31	12.62	7.81	6.7	4.15	2.57	1.94	1.59	1.369	1.207	1.08
50	P(mm)	2.39	2.96	3.68	4.57	5.66	6.07	7.52	9.33	10.58	11.57	12.4	13.12	13.77
	Intensité (mm/h)	47.87	29.63	18.4	11.44	7.08	6.07	3.76	2.33	1.76	1.44	1.24	1.09	0.984
100	P(mm)	2.19	2.71	3.36	4.18	5.18	5.55	6.88	8.83	9.68	10.59	11.35	12.01	12.6
	Intensité (mm/h)	43.80	27.11	16.83	10.46	6.48	5.55	3.44	2.13	1.614	1.324	1.135	1.000	0.90
200	P(mm)	2.01	2.5	3.1	3.86	4.78	5.12	6.34	7.87	8.92	9.76	10.46	11.07	11.62
	Intensité (mm/h)	40.38	25.001	15.52	9.65	5.97	5.12	3.17	1.96	1.488	1.22	1.046	0.922	0.83
500	P(mm)	1.97	2.44	3.03	3.77	4.67	5.005	6.20	7.68	8.72	9.54	10.22	10.81	11.35
	Intensité (mm/h)	39.45	24.42	15.16	9.42	5.83	5.005	3.1	1.92	1.45	1.192	1.022	0.90	0.81

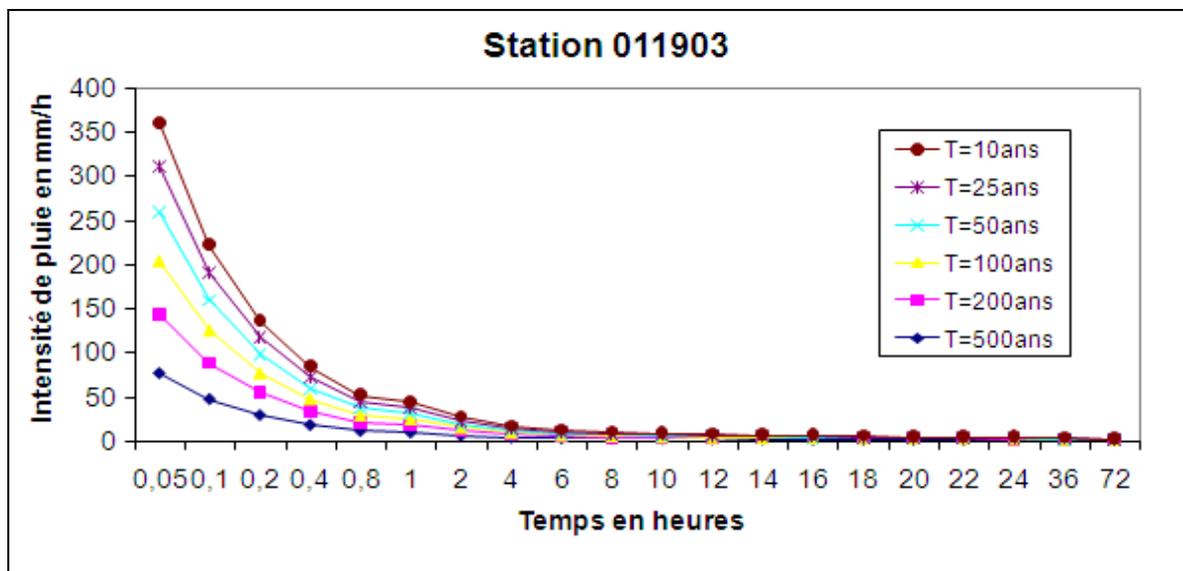
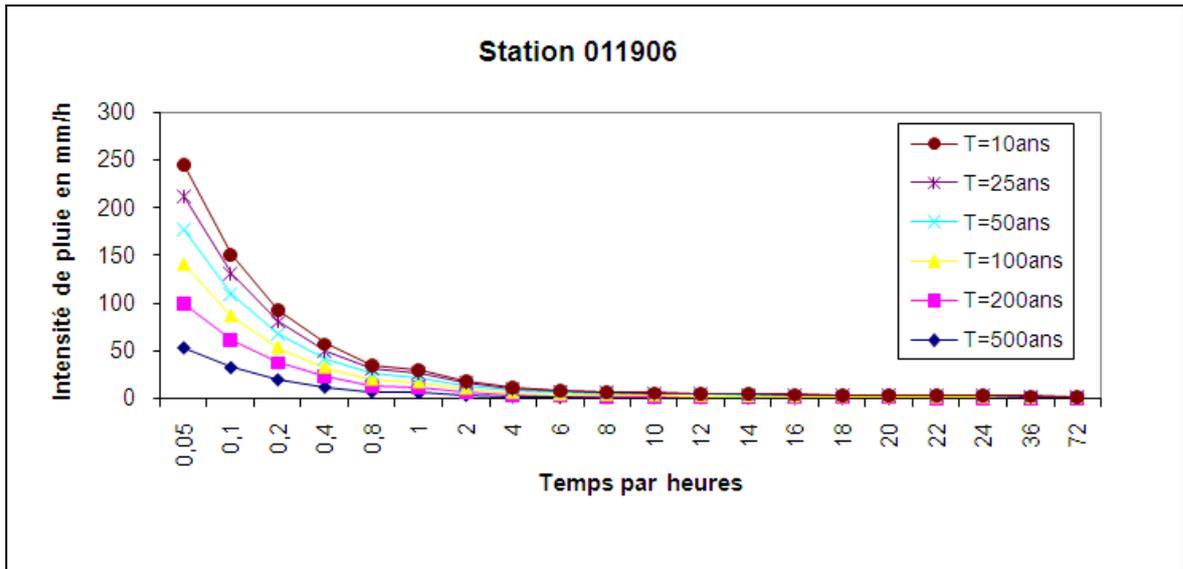


Fig 37 : Courbe IDF des stations pluviométriques de Bassin Versant de Rouina

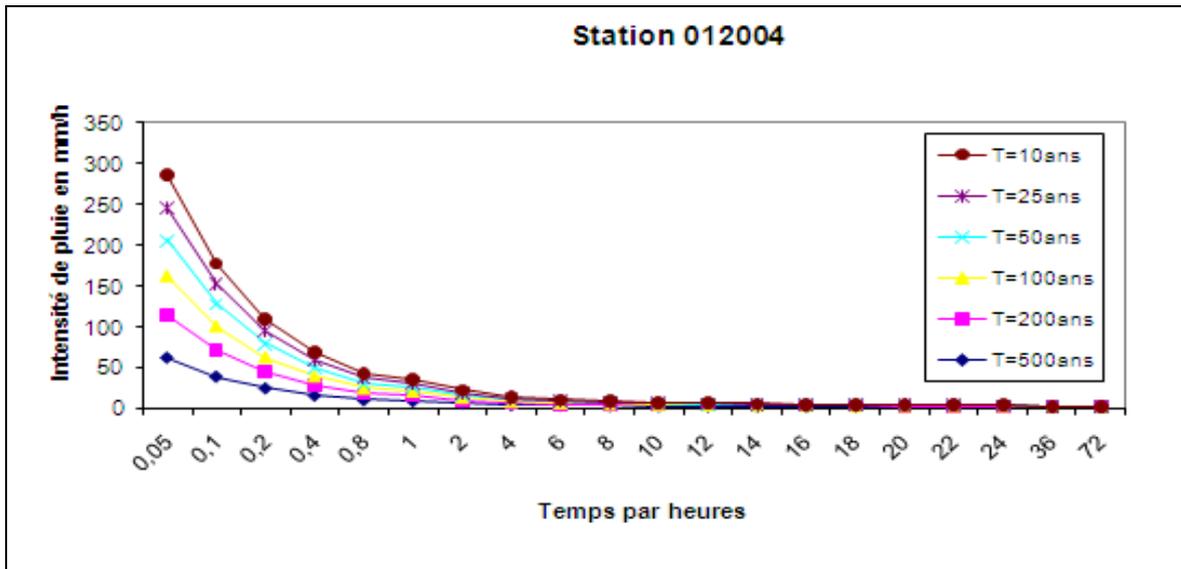


Fig 38: Courbe IDF de la station pluviométrique de Bassin Versant de Tighzel.

II.2. LES ECOULEMENTS :

Débit moyen annuel :

Dans cette partie nous développerons les écoulements liquides des différentes stations à chaque bassin à l'échelle annuelle.

Tableau 31. Equations d'ajustement des débits moyens annuels à la loi log- Normale

Station hydrométrique	Equation de la Galton
011905	$\text{Log } X_p \% = 0.23 + 0.50U_p \%$
012004	$\text{Log } X_p \% = -0.44 + 0.249U_p \%$

Tableau32.débit moyens annuels et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA

Taille n=16 Moy.log(x-xo)= 0,233206614

E.T. log(x-xo) =0,508650418I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
3,5	0,28	1	0,031	-1,863	0,28	0,19298	0,08914	0,3299119
3,3	0,3	2	0,094	-1,318	0,3	0,36534	0,19568	0,5771435
0,7	0,3	3	0,156	-1,010	0,3	0,52419	0,30239	0,7994817
1,3	0,4	4	0,219	-0,776	0,4	0,68927	0,41787	1,0304103
0,3	0,7	5	0,281	-0,579	0,7	0,8686	0,54607	1,283883
7,4	1,3	6	0,344	-0,402	1,3	1,06863	0,69049	1,5717174
3,2	1,5	7	0,406	-0,237	1,5	1,29646	0,85515	1,907396
1,5	2,23	8	0,469	-0,078	2,23	1,56107	1,0452	2,3085502
4,6	3,2	9	0,531	0,078	3,2	1,87496	1,26787	2,800372
0,4	3,3	10	0,594	0,237	3,3	2,25764	1,53452	3,4227303
4,8	3,5	11	0,656	0,402	3,5	2,73897	1,86225	4,2389231
5,1	4,6	12	0,719	0,579	4,6	3,36973	2,27975	5,3600179
0,3	4,8	13	0,781	0,776	4,8	4,24641	2,84055	7,0044477
5,7	5,1	14	0,844	1,010	5,1	5,58376	3,66104	9,6794402
0,28	5,7	15	0,906	1,318	5,7	8,01153	5,07142	14,957961
2,23	7,4	16	0,969	1,863	7,4	15,1669	8,87187	32,83609

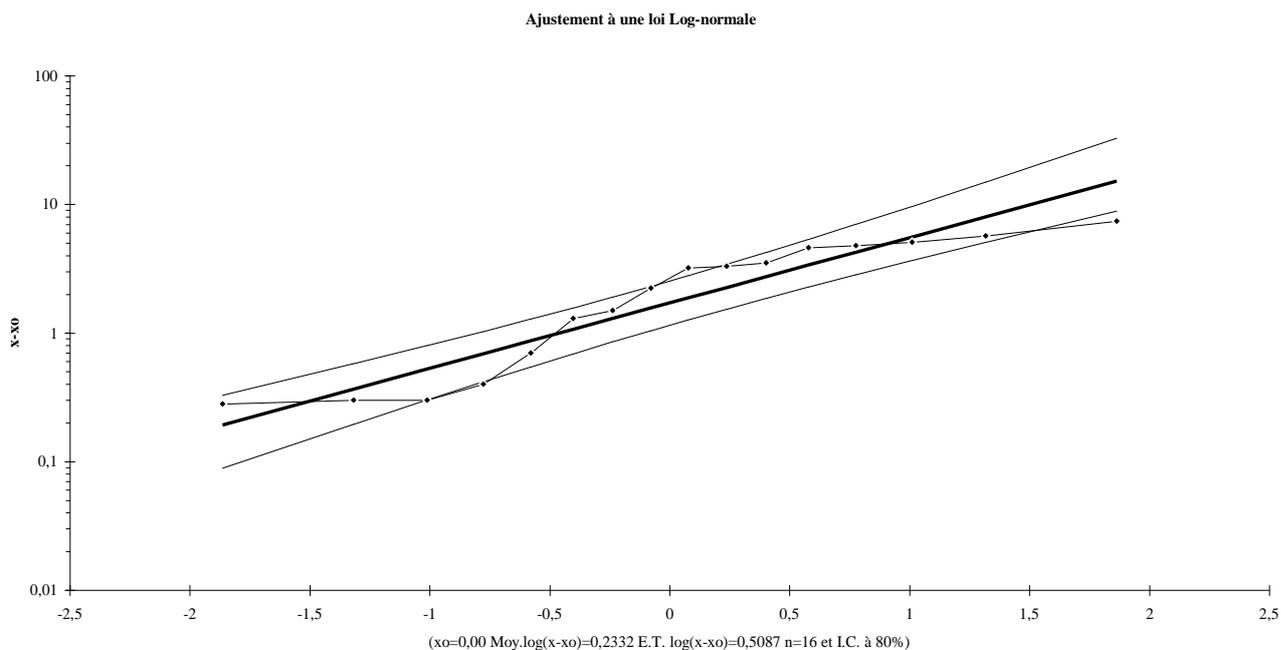


Fig 39. Ajustement des débits moyens journaliers à la loi log normale : station de ROUINA

Tableau33. débit moyens annuels et leurs fréquences expérimentales : station de TIGHZEL

Taille n=14 Moy.log(x-x0)= -0,44102223

E.T. log(x-x0) =0,249620668 I.C. à (en%)=80 U Gauss= 1,282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variab le réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
0,60	0,1	1	0,036	-1,803	0,10	0,13	0,09	0,17
0,40	0,2	2	0,107	-1,242	0,20	0,18	0,13	0,22
0,25	0,25	3	0,179	-0,921	0,25	0,21	0,16	0,26
0,2	0,26	4	0,250	-0,674	0,26	0,25	0,19	0,30
0,5	0,3	5	0,321	-0,463	0,30	0,28	0,22	0,34
1,1	0,3	6	0,393	-0,271	0,30	0,31	0,25	0,38
0,3	0,35	7	0,464	-0,089	0,35	0,34	0,28	0,42
0,3	0,40	8	0,536	0,089	0,40	0,38	0,31	0,47

CHAPITRE III

0,43	0,43	9	0,607	0,271	0,43	0,42	0,35	0,53
0,1	0,48	10	0,679	0,463	0,48	0,47	0,39	0,60
0,6	0,5	11	0,750	0,674	0,50	0,53	0,43	0,69
0,26	0,60	12	0,821	0,921	0,60	0,61	0,50	0,82
0,48	0,6	13	0,893	1,242	0,60	0,74	0,59	1,02
0,35	1,1	14	0,964	1,803	1,10	1,02	0,78	1,53

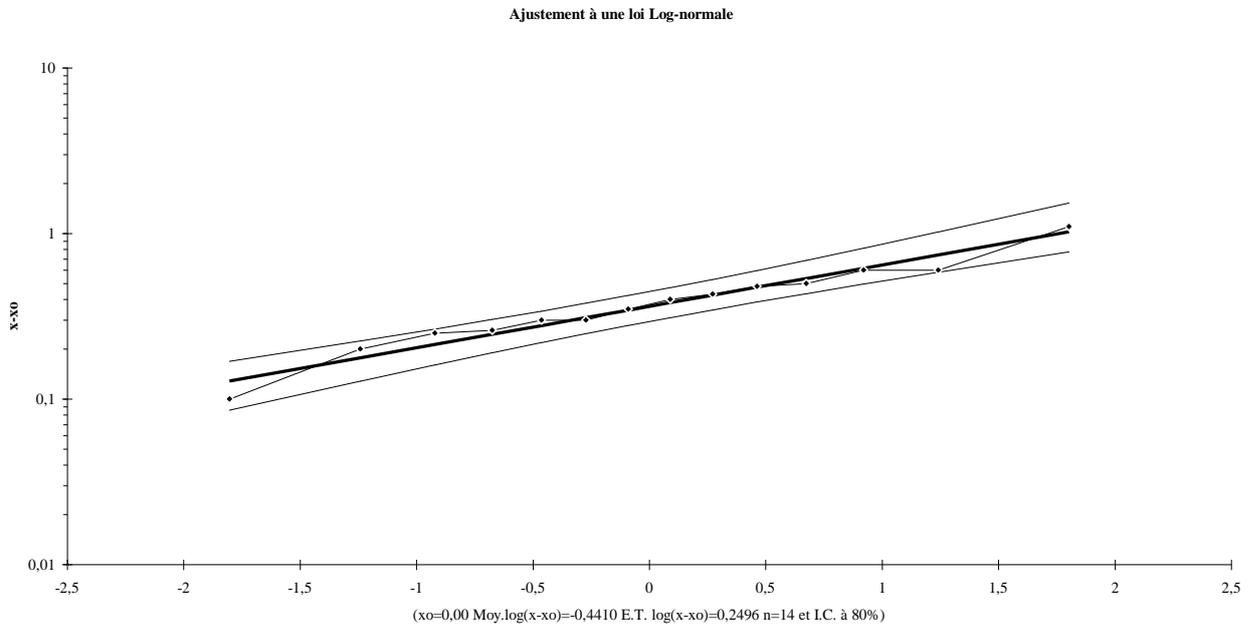


Fig 40. Ajustement des débits moyens à la loi log normale : station de TIGHZEL

Tableau34 : débit moyens annuels pour différentes Période de retour

Période de retours (an)	10	20	50	100	250	500
011905	1.92	1.81	1.75	1.73	1.718	1.714
012004	0.383	0.372	0.366	0.364	0.363	0.362

II-3. Crues :

Pour montrer la variation de la crue on à la suivi durant un période de 1990 jusque 2004 et selon la disponibilité des moyens et les données nécessaire les variations sont exposés dans les résultats suivantes sachant qu'on a pré le max de chaque crue.

Tableau 35 : Equations d'ajustement des débits max à la loi log – Normale.

Station hydrométrique	Equation de la droite de Galton
011905	Log Xp % = 1,815939897 + 0,219701578 Up %
012004	Log Xp % = 1,397640318 + 0,197265856 Up %

Tableau 36 Débits maxima pour différentes périodes de retour.

Périodes de retour (an)	10	20	50	100	250	500
011905	68.85	67.131	66.792	65.786	65.587	65.52
012004	26.148	25.561	25.215	25.1	25.032	25.009

Tableau 37 : Débit crues et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina

Taille n=27 Moy.log(x-xo)= 1,815939897 E.T. log(x-xo)= 0,219701578 I.C. à (en%)=80 U Gauss=1,282

CHAPITRE III

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
158	30,8	1	0,019	-2,086	30,8	22,787	17,5271	27,727289
159	34,35	2	0,056	-1,594	34,35	29,2303	23,4769	34,598304
157,33	37,58	3	0,093	-1,325	37,58	33,4811	27,4832	39,107696
191	37,72	4	0,130	-1,128	37,72	36,9887	30,817	42,834477
102,07	41,5	5	0,167	-0,967	41,5	40,1244	33,8081	46,180577
104	42	6	0,204	-0,828	42	43,049	36,5998	49,320635
77,5	46	7	0,241	-0,704	46	45,8509	39,2706	52,351343
76,5	47,84	8	0,278	-0,589	47,84	48,5864	41,8701	55,335408
94	48,08	9	0,315	-0,482	48,08	51,2957	44,4335	58,318796
56	49,11	10	0,352	-0,380	49,11	54,0106	46,9878	61,338881
68	51,45	11	0,389	-0,282	51,45	56,7585	49,5559	64,428916
69	54,52	12	0,426	-0,186	54,52	59,5646	52,1586	67,620875
51,45	56	13	0,463	-0,093	56	62,4544	54,8163	70,9476
57,2	56,32	14	0,500	0,000	56,32	65,4546	57,5501	74,444719
56,32	57,2	15	0,537	0,093	57,2	68,5988	60,3868	78,157415
74,46	68	16	0,574	0,186	68	71,9269	63,3576	82,139823
54,52	69	17	0,611	0,282	69	75,483	66,4965	86,453871
48,08	74,46	18	0,648	0,380	74,46	79,3233	69,8464	91,178972
47,84	76,5	19	0,685	0,482	76,5	83,5216	73,4634	96,420478
46	77,5	20	0,722	0,589	77,5	88,179	77,4242	102,32351
42	94	21	0,759	0,704	94	93,4397	81,8374	109,09693
41,5	102,07	22	0,796	0,828	102,07	99,5214	86,8663	117,05806
37,58	104	23	0,833	0,967	104	106,775	92,7728	126,72406
37,72	157,33	24	0,870	1,128	157,33	115,827	100,02	139,02374
34,35	158	25	0,907	1,325	158	127,962	109,551	155,88813
30,8	159	26	0,944	1,594	159	146,571	123,83	182,49033
49,11	191	27	0,981	2,086	191	188,015	154,516	244,43911

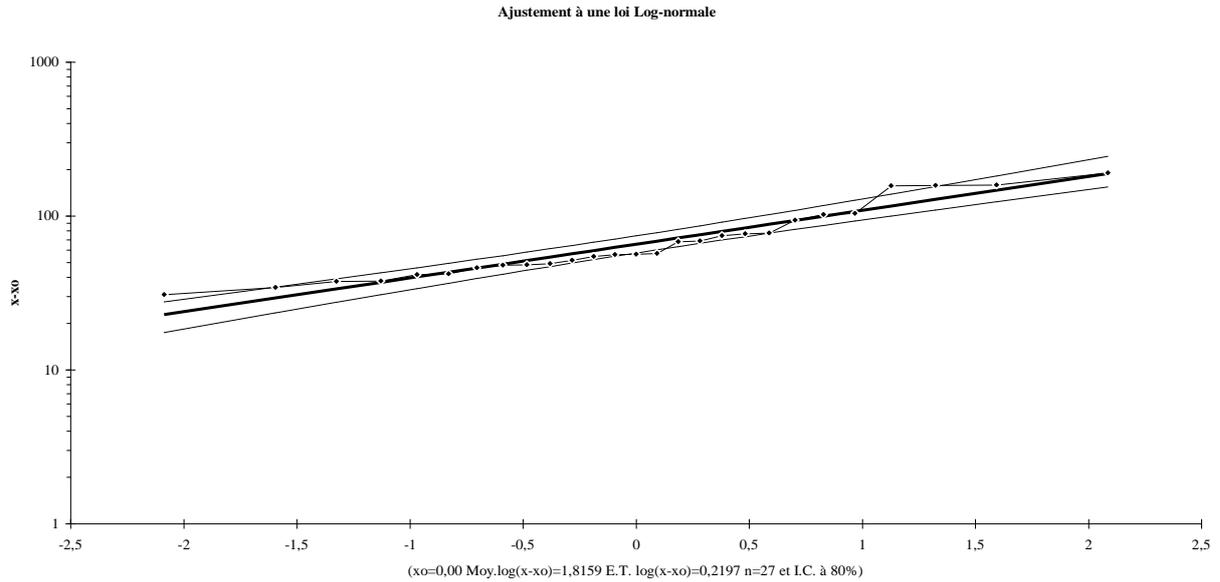


Fig41. Ajustement des débits maxima à la loi log normale station de Rouina.

Tableau 38 : Débit de crues et leurs fréquences expérimentales : station de Tighzel

Taille n=13 Moy.log(x-x₀)= 1,397640318 E.T. log(x-x₀)= 0,197265856 I.C. à (en%)= à (en %) =80 U Gauss =1.282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
32,34	15,3	1	0,038	-1,769	15,3	11,1849	8,03909	13,963075
39	16,23	2	0,115	-1,199	16,23	14,495	11,1468	17,514247
46,52	16,68	3	0,192	-0,869	16,68	16,833	13,3884	20,065985
45,8	16,91	4	0,269	-0,615	16,91	18,8956	15,3659	22,377143
45,81	17,37	5	0,346	-0,395	17,37	20,8768	17,2457	24,667753
29,15	17,6	6	0,423	-0,194	17,6	22,879	19,112	27,06543
19,22	19,22	7	0,500	0,000	19,22	24,9828	21,0274	29,682173
17,37	29,15	8	0,577	0,194	29,15	27,2799	23,0603	32,656798
17,6	32,34	9	0,654	0,395	32,34	29,8962	25,3018	36,190936
16,68	39	10	0,731	0,615	39	33,0308	27,8918	40,61829
16,91	45,8	11	0,808	0,869	45,8	37,0783	31,1043	46,617809
16,23	45,81	12	0,885	1,199	45,81	43,059	35,636	55,992553
15,3	46,52	13	0,962	1,769	46,52	55,8017	44,6992	77,6379

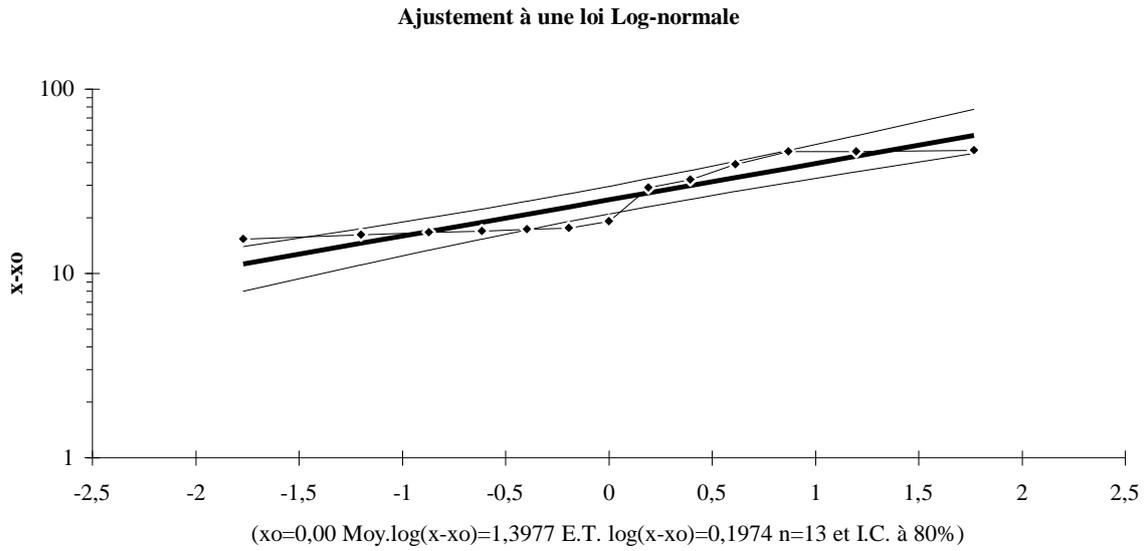


Fig 42 : Ajustement des débits maxima à la loi log normale station de Tighzel

Tableau 39 : Répartition en (%) du nombre de crue des différents oueds.

Classe se débit (m ³ /s)	200- 150	150- 100	100-75	75-50	50-30	30-15	15-10	<10
011905	7.27	13.63	5.45	16.36	18.18	32.72	16.36	-
012004	-	-	-	-	21.739	34.786	26.086	17.391

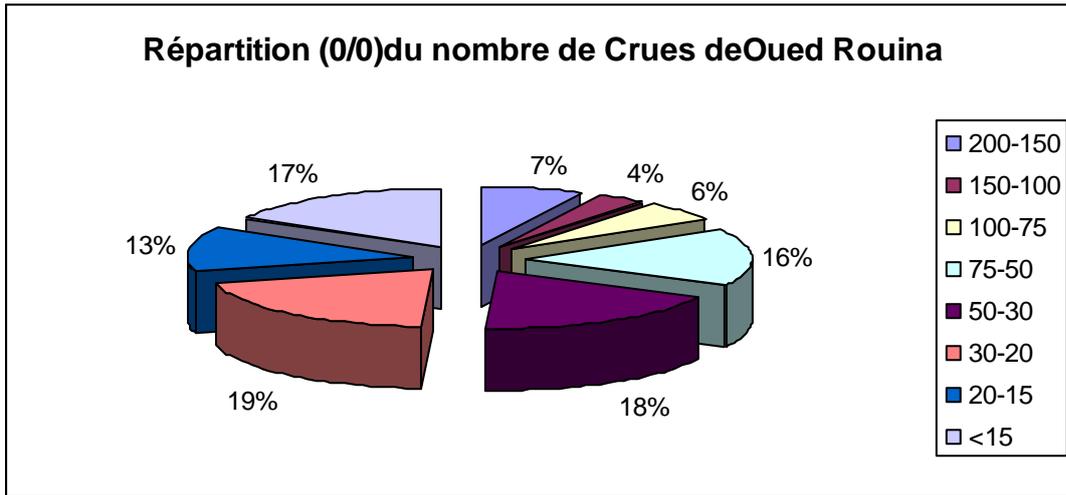


Fig 43 Répartition (%) du nombre de Crues de Oued Rouina.

Au niveau de bassin versant de Rouina le pourcentages le plus important c'est celle équivalent à une classe d'un débit 20-30 m³/s avec un pourcentage de 19% et que le plus faible c'est celle qui inférieure à 7% qui esquivant à un débit de 100-150 m³/s

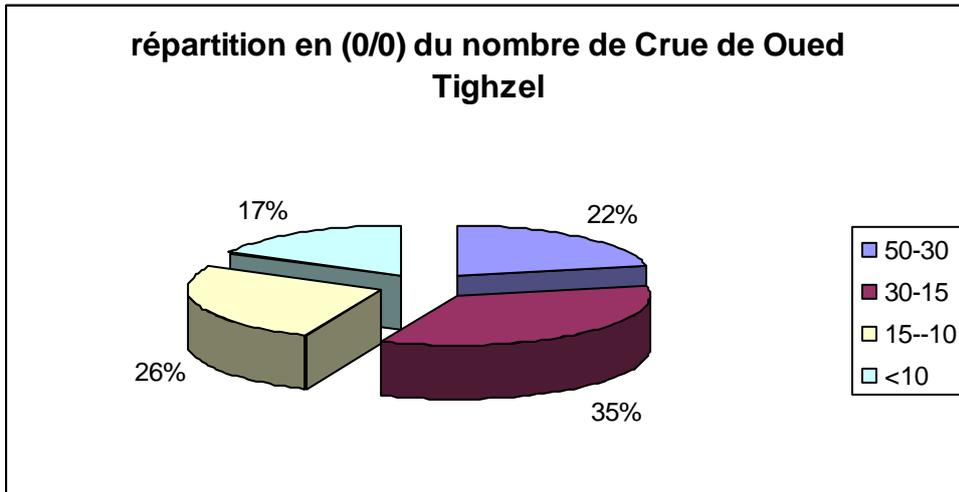
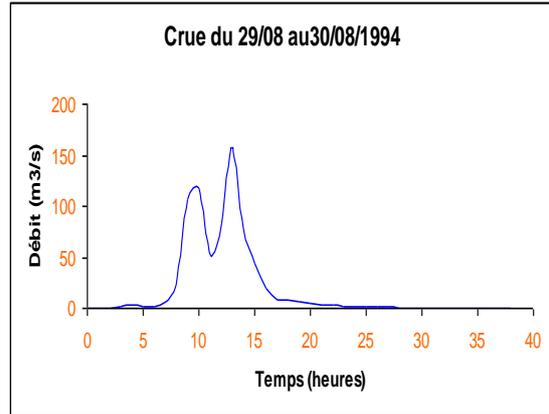
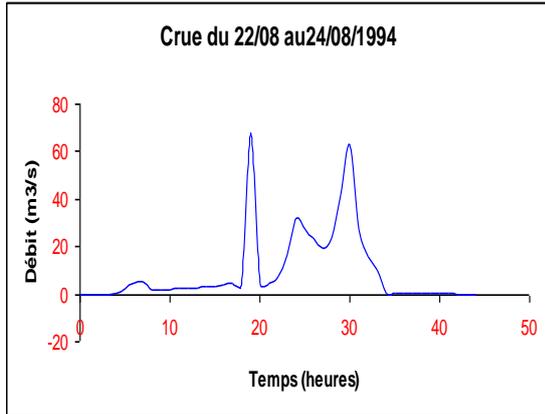
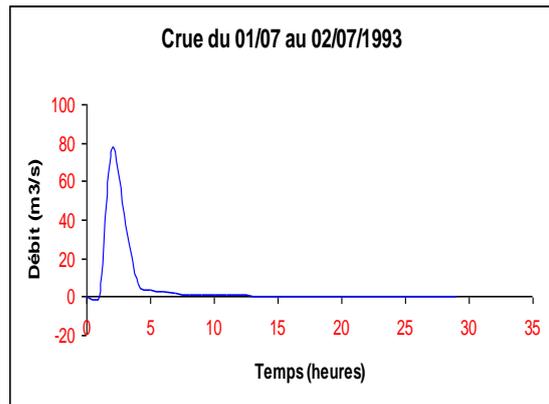
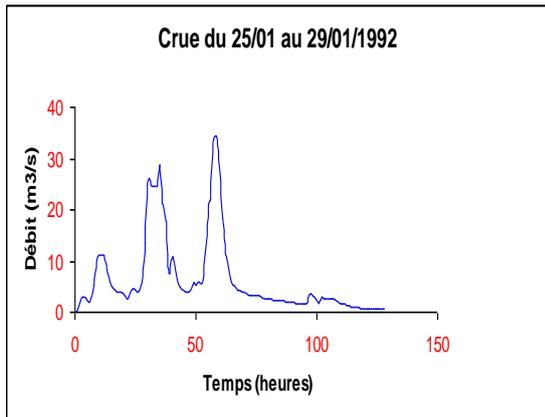
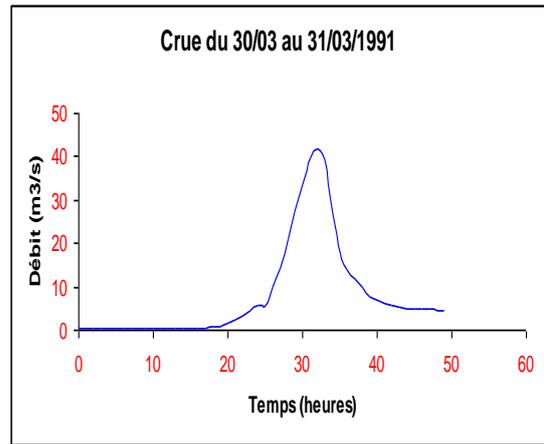
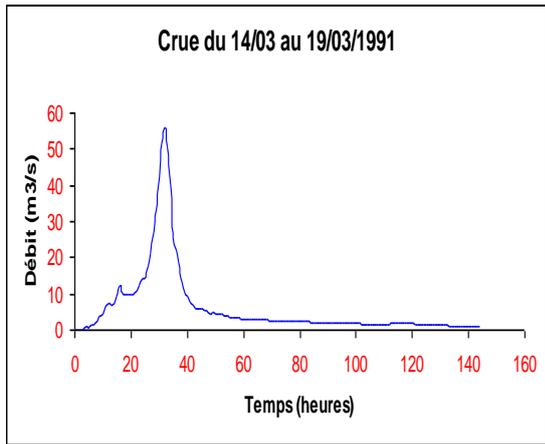
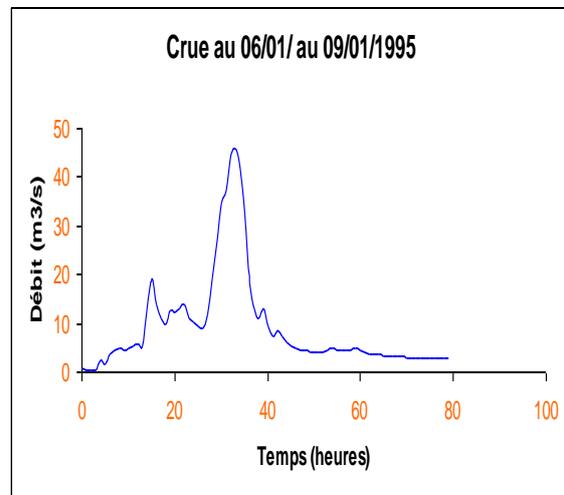
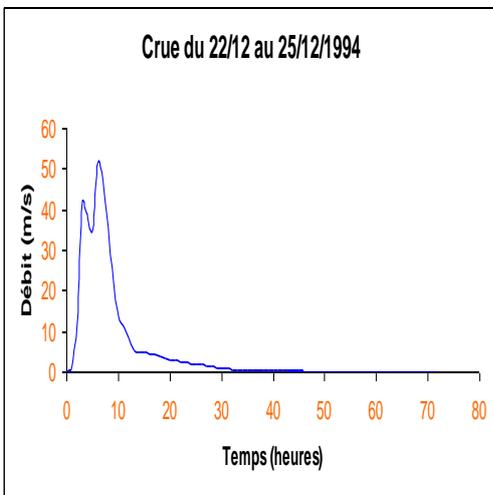
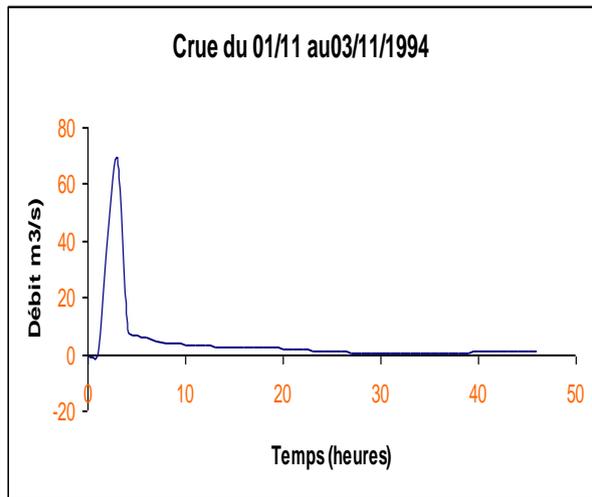
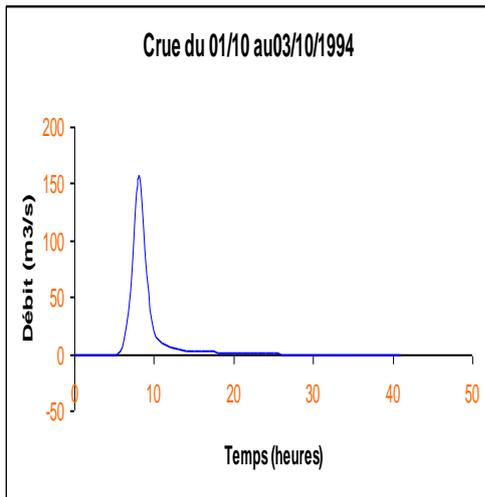
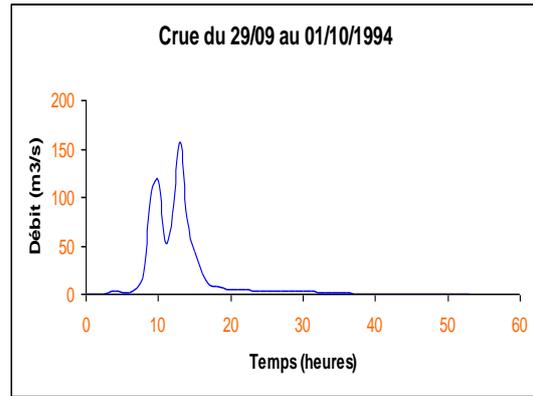
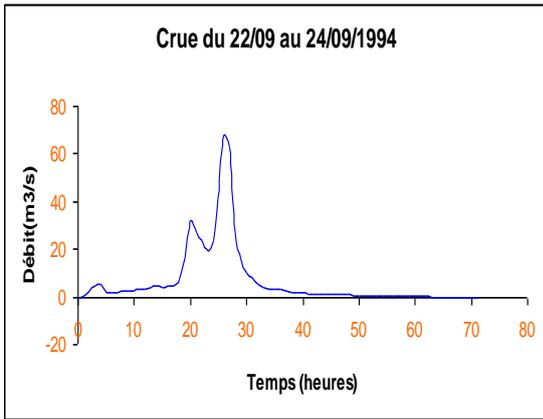


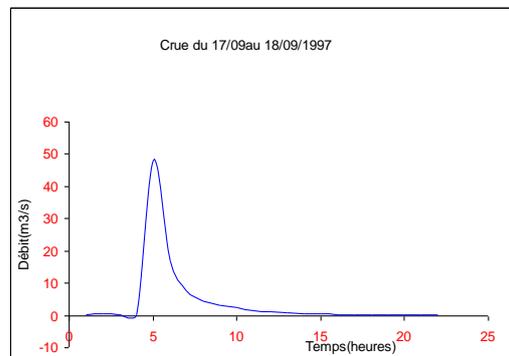
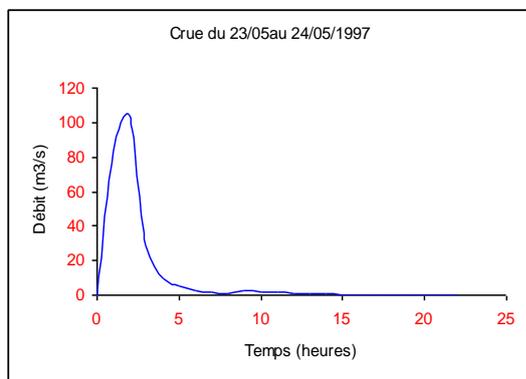
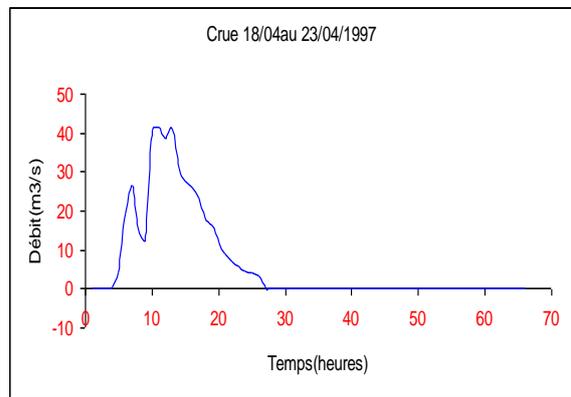
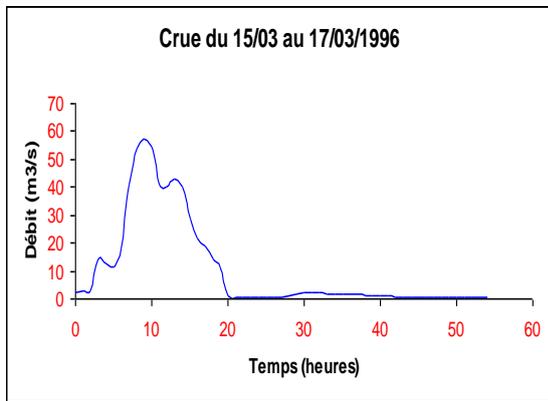
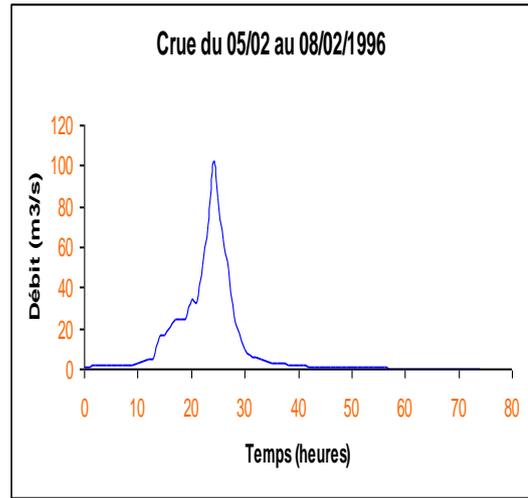
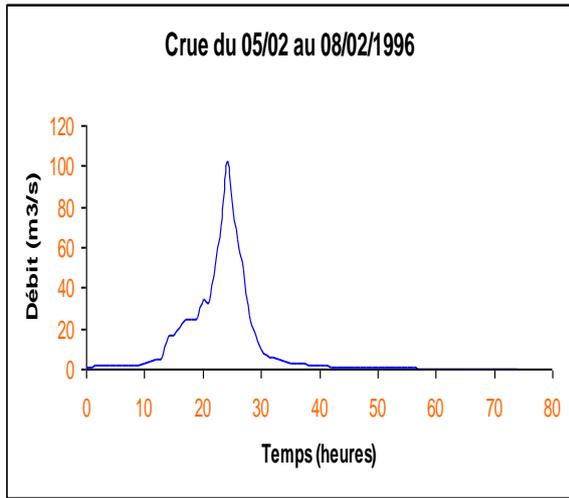
Fig 44. Répartition (%) du nombre de Crues de Oued Tighzel.

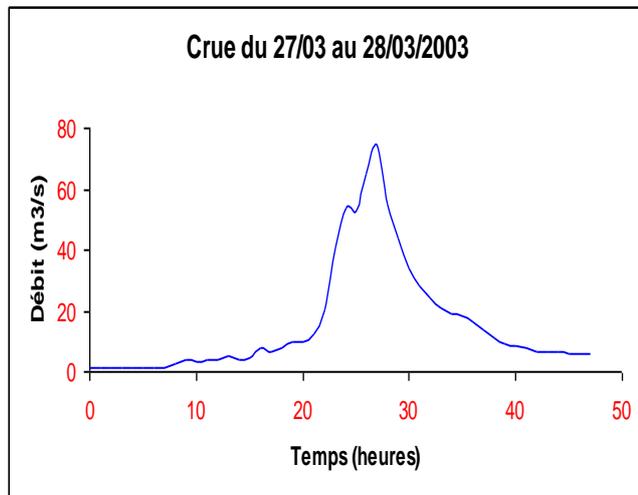
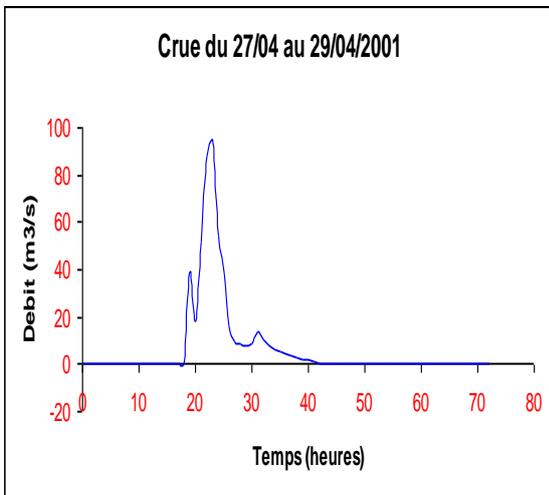
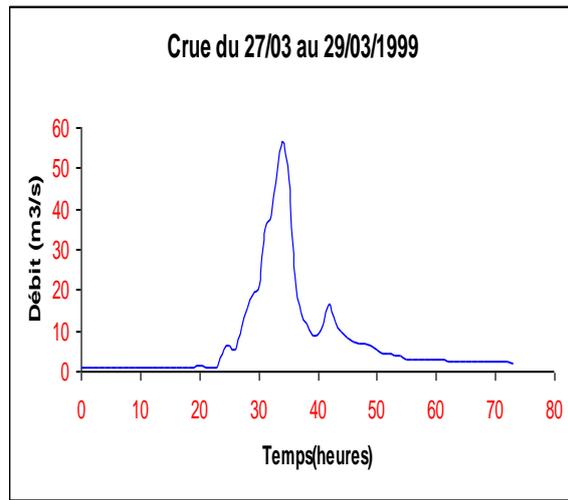
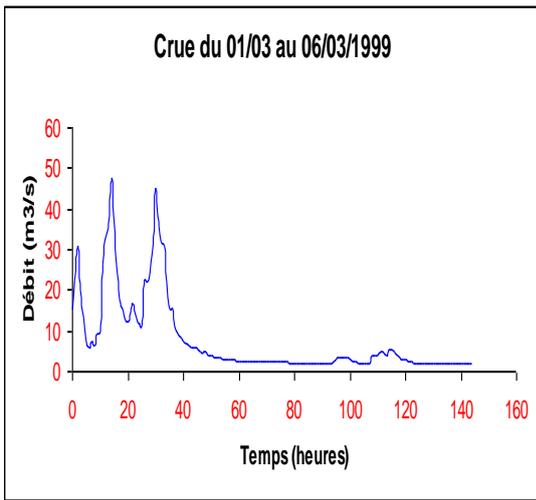
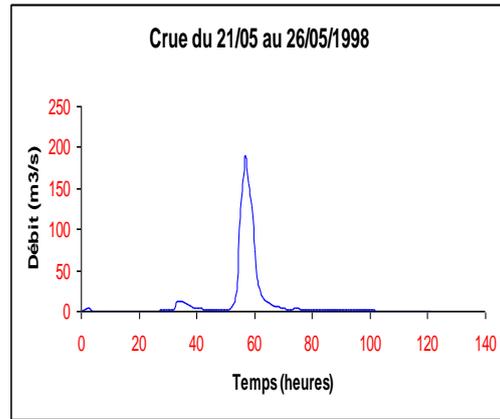
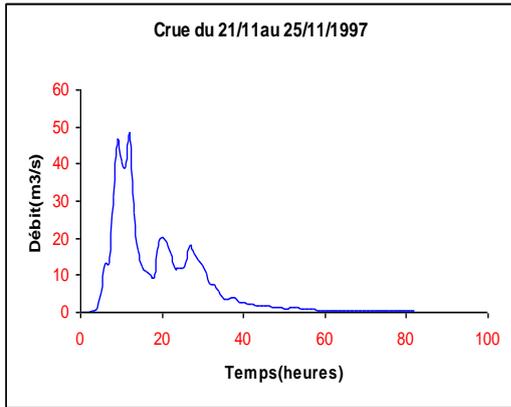
Au niveau de bassin versant de Tighzel le pourcentage le plus important c'est celle équivalent à une classe d'un débit 15-30 avec un pourcentage de 35% et que le plus faible c'est celle qui inférieure à 17% qui équivalent à un débit inférieure à 10m³/s

*la figure 45 : montre la crue enregistrée entre 1991 et 2003 dans le Bassin versant de Rouina.









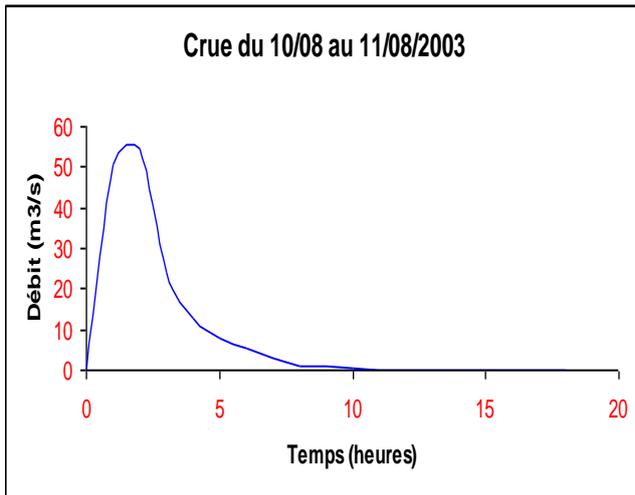
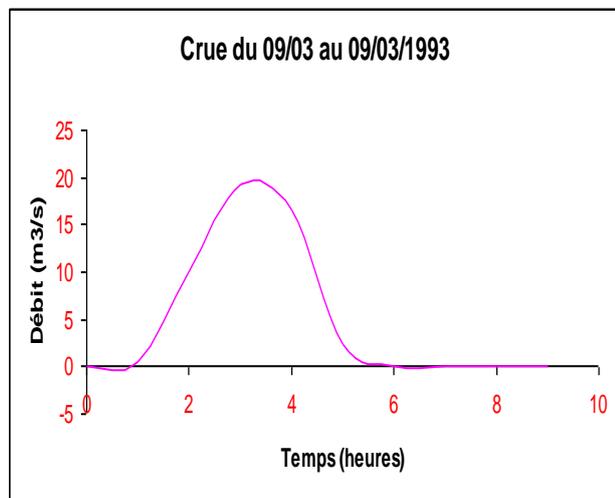
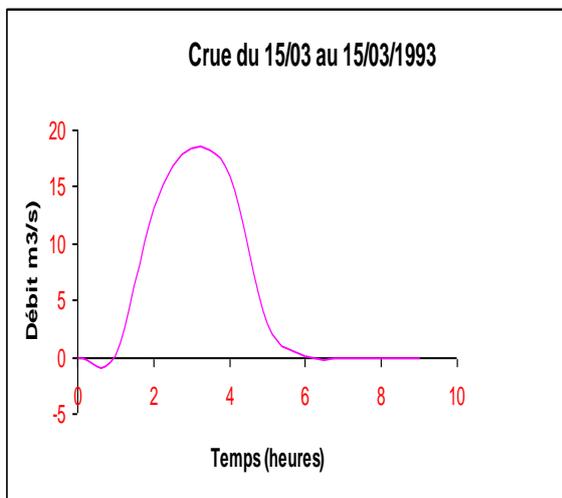
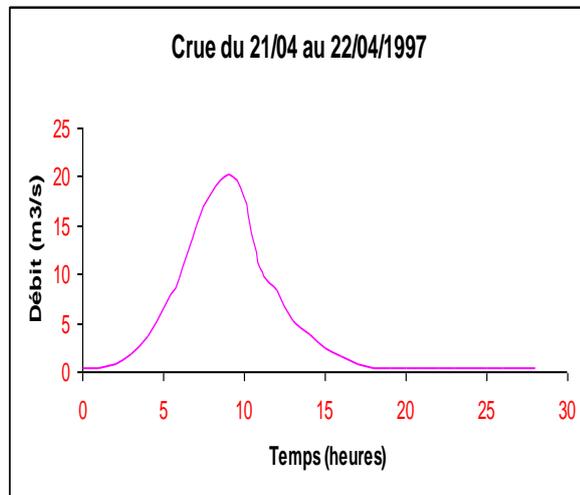
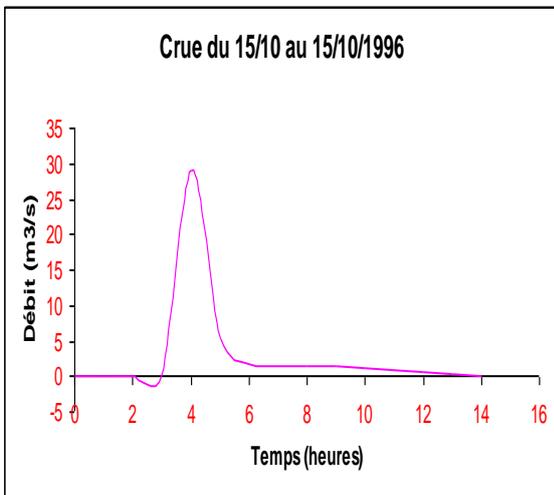
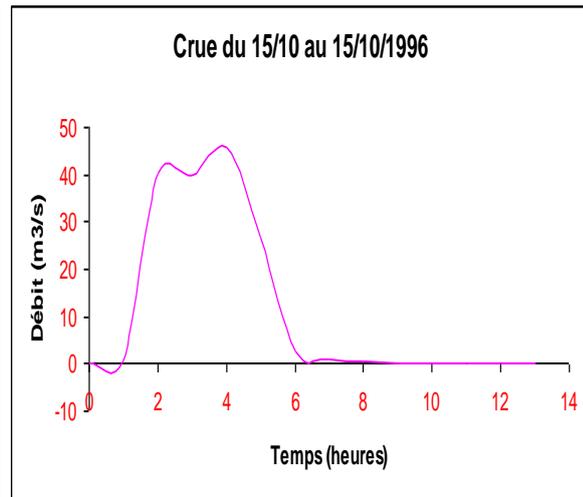
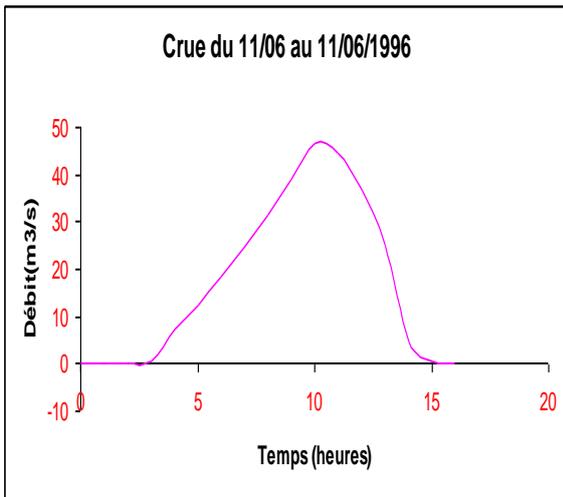
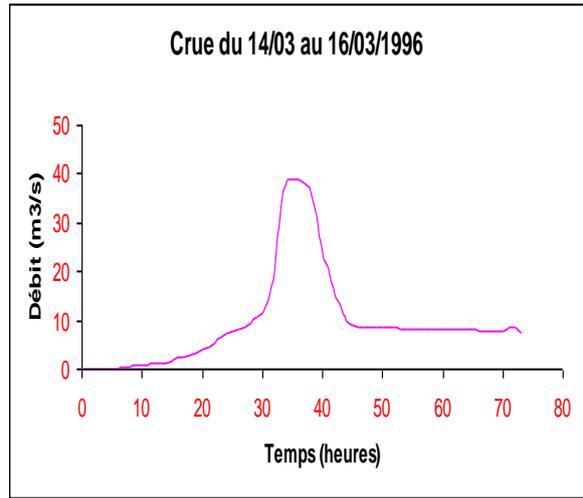
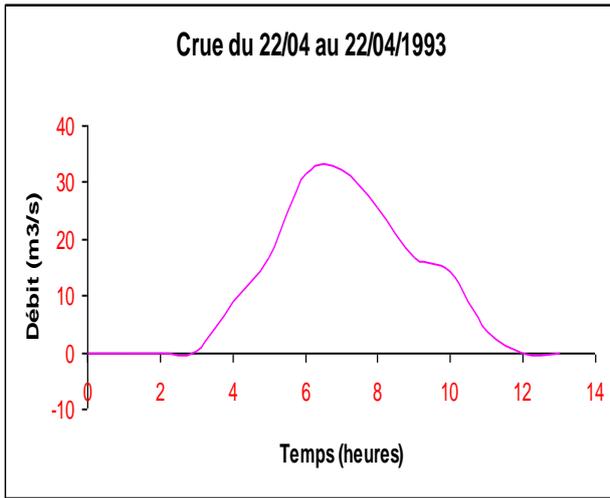


Fig 45. Hydro grammes de crue de l'oued Rouina Zaddine

*la figure 46 : montre la crue enregistrée entre 1993et2000 dans le Bassin versant de Tighzel.





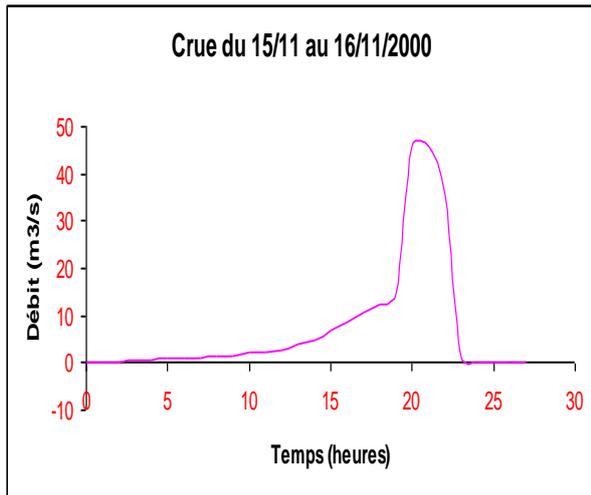


Fig 46. Hydro grammes de crue de l'oued Tighzel.

Conclusion

D'après les résultats obtenus on a trouvé que les précipitations sont beaucoup plus importantes dans le bassin d'Oued Tighzel, par contre les écoulements dans le réseau hydrographique du bassin versant de Rouina Zeddine sont beaucoup plus importants. Comme on a obtenu une bonne corrélation entre pluie et débit d'écoulement. Le coefficient d'écoulement dans le bassin versant de Tighzel est plus important à celui de Rouina Zeddine. La variation de la crue est importante au niveau de bassin versant de Rouina zeddine par rapport à celle de Tighzel.

CHAPITRE QUATRIEME: PRÉSENTATION DES DONNÉES

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons et traitons d'abord les données et les résultats de quantification des paramètres d'érosion pour chacun des bassins expérimentaux. Ensuite, nous allons montrer les relations débit liquide-débit solide et débit liquide-turbidité sur différentes échelles temporelles en utilisant les statistiques descriptives pour bien établir la comparaison entre les deux bassins étudiés.

I. Présentation et traitement des données

L'une des étapes les plus importantes et indispensables dans les études hydrologiques consistant à expliquer les phénomènes naturels est la collecte des données. Mais, cette étape reste, malheureusement, imparfaite dans notre région d'étude à cause du manque des séries de données et parfois l'abondance de quelques stations. Pour une étude scientifique bien dirigée des phénomènes naturels et qui donne des résultats convaincants, nous proposons d'utiliser **l'optimisation** des stations d'observations (revoir utilité des stations selon les programmes projetés et que la solidité de tout modèle en dépend).

I.1. Collecte des données

Les données disponibles sont organisées dans un fichier qui contient :

*La date et L'heure :

*Hauteur limnométrique et par conséquent le débit liquide extrait par les courbes d'étalonnages (tarage):

*concentration C en g/l :

*débit solide instantané calculé par la formule utilisé généralement par L'ANRH

$$(Q_s=CQ_l).....(36)$$

*Débit moyen journalier.

I.2. Mise en forme des données

Comme déjà présenté, les séries de données sont très irrégulières et présentent des lacunes. Pour étendre ces séries, nous avons entamé ce chapitre par l'étude de la relation débit liquide-débit solide et l'établissement des modèles régressifs entre ces deux paramètres.

À cet effet, les données sont mises en graphes et leur allure peut faire sortir une relation mathématique qui par la suite nous indiquera le modèle régressif le plus adéquat.

II. Relation débit liquide- débit solide

La relation retenue entre le débit liquide (Q_l) et le débit solide (Q_s) depuis les travaux de **Remy-Berzencovitch (1959)** est de type :

$$Q_s = A * Q_l^n \dots\dots\dots(37)$$

Où A et n sont des paramètres du bassin versant considéré.

Cette expression fournit une première approximation de la variation dans le temps du débit solide des cours d'eau. **Heusch (1970)**, a remarqué que cette relation n'est pas stable au cours de l'année hydrologique et que ces paramètres sont influencés par les changements saisonniers.

Fournier et Henin (1962), en portant en abscisse les débits liquides mensuels de l'année moyenne et en ordonnant les débits solides correspondants, ont trouvé de véritables boucles d'hystérésis représentatives du phénomène. Donc on ne peut calculer le débit solide à partir d'une courbe de tarage.

Nous allons essayer d'éclairer le phénomène de variation temporelle du transport solide au niveau des bassins étudiés. Pour cela, on propose d'étudier les relations entre la turbidité C en g/l et le débit liquide à différentes échelles temporelles.

II.1.Relation Débit liquide instantané –débit solide instantané (Relation interannuelle)

À l'échelle interannuelle, nous avons pris (débits liquides et débits solides) pour chaque station afin de déterminer le modèle régressif le plus adéquat, Les résultats sont présentés au tableau 15.

Tableau 40. Valeurs de (R^2) à l'échelle interannuelle.

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
Totalité des données	Linéaire	0.5818	0.6733
	Logarithmique	0.3371	0.1559
	Polynomiale	0.7032	0.7502
	Puissance	0.8686	0.8438
	Exponentielle	0.2079	0.3547

Les graphes correspondants à ces résultats sont les suivants:

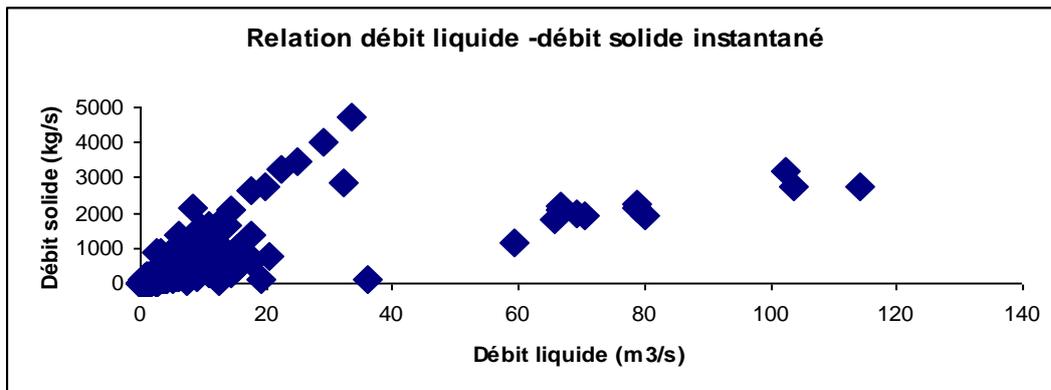


Figure 47. Relation débit liquide - débit solide instantané "Echelle interannuelle" bassin de Tighzel

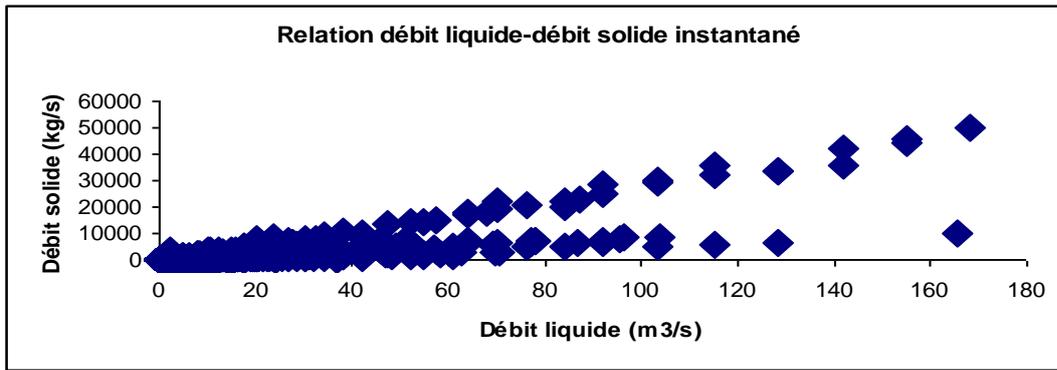


Figure 48 Relation débit liquide- débit solide instantané "Echelle interannuelle" bassin de Rouina.

II.2 Récapitulation des modèles (Débit liquide-Débit solide)

À travers cette étude, nous avons essayé de voir des relations entre les facteurs explicatifs (débit liquide et superficie) et les facteurs à expliquer telles que l’apport solide et l’érosion spécifique.

Les relations trouvées entre les débits solides et le facteur explicatif (débit liquide), et par conséquent l’apport solide et l’érosion spécifique dans chaque bassin expérimental, montrent généralement que le modèle puissance est le plus performant. Le tableau 20 montre ces relations aux deux bassins expérimentaux (Tighzel et Rouina).

Tableau 41. Modèles obtenus à différentes échelles temporelles.

Echelle temporelle	Bassin Tighzel		Bassin Rouina	
	N	Modèles retenus	N	Modèles retenus
Totalités des données	999	$Q_s=29.465Q_l^{1.2402}$	2966	$Q_s=13.807Q_l^{1.4098}$
1989/1990	***	*****	95	$Q_s=22.193Q_l^{1.3248}$
1990/1991	***	*****	171	$Q_s=20.303Q_l^{1.1203}$
1991/1992	***	*****	221	$Q_s=13.016Q_l^{1.3258}$
1992/1993	45	$Q_s=41.34Q_l^{1.0448}$	86	$Q_s=12.985Q_l^{1.3375}$
1993/1994	59	$Q_s=51.033Q_l^{1.164}$	203	$Q_s=27.866Q_l^{1.4679}$
1994/1995	132	$Q_s=52.911Q_l^{1.2116}$	153	$Q_s=8.4751Q_l^{1.0988}$
1995/1996	112	$Q_s=40.086Q_l^{1.2501}$	264	$Q_s=8.5593Q_l^{1.094}$

CHAPITRE IV

1996/1997	157	$Q_s=47.077Q_1^{1.1783}$	186	$Q_s=14.804Q_1^{1.3101}$
1997/1998	98	$Q_s=18.627Q_1^{1.3161}$	134	$Q_s=8.5631Q_1^{1.0707}$
1998/1999	70	$Q_s=19.73Q_1^{1.6335}$	226	$Q_s=5.8801Q_1^{1.6628}$
1999/2000	96	$Q_s=0.8891Q_1^{2.8875}$	177	$Q_s=32.655Q_1^{1.3895}$
2000/2001	115	$Q_s=1.2097Q_1^{2.5724}$	129	$Q_s=9.0131Q_1^{0.6641}$
2001/2002	25	$Q_s=44.718Q_1^{1.2701}$	64	$Q_s=28.901Q_1^{1.51}$
2002/2003		*****	293	$Q_s=12.937Q_1^{1.3398}$
2003/2004		*****	174	$Q_s=4.5316Q_1^{0.7586}$
2004/2005		*****	40	$Q_s=5.8762Q_1^{1.6211}$
2005/2006		*****	****	*****
2006/2007		*****	178	$Q_s=12.851Q_1^{0.5269}$
2007/2008		*****	98	$Q_s=17.865Q_1^{1.0099}$
2008/2009		*****		*****
2009/2010		*****		*****
Septembre	17	$Q_s=2.7451Q_1^{1.8614}$	13	$Q_s=41.724Q_1^{1.2717}$
Octobre	14	$Q_s=0.234Q_1^{2.117}$	19	$Q_s=29.792Q_1^{0.283}$
Novembre	19	$Q_s=69.723Q_1^{1.2194}$	14	$Q_s=12.452Q_1^{1.3976}$
Décembre	21	$Q_s=38.906Q_1^{1.1001}$	19	$Q_s=7.704Q_1^{1.562}$
Janvier	42	$Q_s=56.418Q_1^{1.0894}$	47	$Q_s=66.04Q_1^{1.336}$
Février	12	$Q_s=31.746Q_1^{1.1798}$	12	$Q_s=10.821Q_1^{1.5342}$
Mars	28	$Q_s=19.913Q_1^{1.132}$	41	$Q_s=46.745Q_1^{0.8298}$
Avril	9	$Q_s=46.425Q_1^{1.0967}$	8	$Q_s=38.563Q_1^{0.901}$
Mai	5	$Q_s=26.089Q_1^{1.689}$	6	$Q_s=9.0189Q_1^{1.8185}$
Juin	4	$Q_s=27.989Q_1^{1.1173}$	4	$Q_s=51.506Q_1^{1.3135}$
Juillet	3	$Q_s=31.397Q_1^{1.3502}$	3	$Q_s=196.36Q_1^{1.0785}$
Août	8	$Q_s=54.908Q_1^{0.8382}$	3	$Q_s=59.919Q_1^{1.3025}$
Automne	50	$Q_s=47.546Q_1^{1.2128}$	46	$Q_s=11.096Q_1^{1.781}$
Hiver	75	$Q_s=90.751Q_1^{1.1811}$	78	$Q_s=44.225Q_1^{1.1418}$
Printemps	42	$Q_s=20.204Q_1^{1.0909}$	55	$Q_s=6.6225Q_1^{1.6892}$
Été	15	$Q_s=24.132Q_1^{1.1769}$	10	$Q_s=15.309Q_1^{1.2235}$
Période humide	136	$Q_s=39.335Q_1^{1.1819}$	152	$Q_s=18.865Q_1^{1.5575}$
Période sèche	46	$Q_s=42.176Q_1^{1.1268}$	37	$Q_s=6.399Q_1^{1.1219}$

N : nombre d'observations.

*****: pas d'écoulement

III. Relation débit liquide –turbidité

Nous allons essayer d'éclairer le phénomène de variation temporelle du transport solide au niveau des bassins expérimentaux étudiés. Pour cela, on se propose d'étudier les relations entre la turbidité C en g/l et le débit liquide en m³/s à différentes échelles temporelles.

III.1. Relation débit liquide instantané -Turbidité

(Echelle interannuelle)

À l'échelle interannuelle, nous avons pris (débit liquide et turbidité) pour chaque bassin et pour la totalité des deux bassins (Q, C) sont mis en graphe. Les coefficients de déterminations sont présentés au tableau 42

Tableau 42. Valeurs de (R²) à l'échelle interannuelle.

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
Totalité des données	Linéaire	0.016	0.1389
	Logarithmique	0.0341	0.1333
	Polynomiale	0.0212	0.1543
	Puissance	0.0361	0.2669
	Exponentielle	0.0242	0.1479

III.2. Relation débit liquide instantané- Turbidité

(Echelle annuelle)

À l'échelle annuelle, nous avons pris (débit liquide et turbidité) pour chaque station et à chaque année observée. **Le tableau 43** donne les résultats de calcul.

Tableau 43. Valeurs de (R^2) à l'échelle annuelle.

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
1989/1990	Linéaire	*****	0.0008
	Logarithmique	*****	0.07585
	Polynomiale	*****	0.0968
	Puissance	*****	0.1991
	Exponentielle	*****	0.0915
1990/1991	Linéaire	*****	0.0244
	Logarithmique	*****	0.0855
	Polynomiale	*****	0.0518
	Puissance	*****	0.5373
	Exponentielle	*****	0.2662
1991/1992	Linéaire	*****	0.0467
	Logarithmique	*****	0.0642
	Polynomiale	*****	0.059
	Puissance	*****	0.4784
	Exponentielle	*****	0.3393
1992/1993	Linéaire	8E-06	0.6019
	Linéaire	0.0169	0.2616
	Logarithmique	0.0109	0.6539
	Polynomiale	0.1129	0.7038
	Puissance	0.0294	0.5413
1993/1994	Linéaire	0.3971	0.5961
	Logarithmique	0.4109	0.6374
	Polynomiale	0.4027	0.6611
	Puissance	0.4656	0.751
	Exponentielle	0.3255	0.4399
1994/1995	Linéaire	0.1876	0.2495
	Logarithmique	0.218	0.2179
	Polynomiale	0.1952	0.2533
	Puissance	0.2324	0.356
	Exponentielle	0.1896	0.344

1995/1996	Linéaire	0.3376	0.2603
	Logarithmique	0.3602	0.2761
	Polynomiale	0.3378	0.2842
	Puissance	0.4711	0.4577
	Exponentielle	0.174	0.1969
1996/1997	Linéaire	0.0183	0.241
	Logarithmique	0.0652	0.2642
	Polynomiale	0.0644	0.405
	Puissance	0.1432	0.7583
	Exponentielle	0.0315	0.0677
1997/1998	Linéaire	0.7899	0.0115
	Logarithmique	0.8643	0.0357
	Polynomiale	0.86	0.0147
	Puissance	0.9398	0.1638
	Exponentielle	0.8198	0.09
1998/1999	Linéaire	0.7121	0.9324
	Logarithmique	0.6448	0.6476
	Polynomiale	0.7338	0.9342
	Puissance	0.7946	0.938
	Exponentielle	0.5331	0.6666
1999/2000	Linéaire	0.0108	0.2421
	Logarithmique	0.071	0.2882
	Polynomiale	0.0478	0.2469
	Puissance	0.3589	0.3975
	Exponentielle	0.141	0.1629
2000/2001	Linéaire	0.2359	0.0233
	Logarithmique	0.2907	0.032
	Polynomiale	0.3228	0.0238
	Puissance	0.3454	0.2419
	Exponentielle	0.2752	0.1954
2001/2002	Linéaire	0.0939	0.0042
	Logarithmique	0.1759	0.014
	Polynomiale	0.177	0.0371

	Puissance	0.2471	0.0761
	Exponentielle	0.1407	0.0224
2002/2003	Linéaire	*****	0.1324
	Logarithmique	*****	0.1247
	Polynomiale	*****	0.1655
	Puissance	*****	0.3262
	Exponentielle	*****	0.2658
2003/2004	Linéaire	*****	0.0486
	Logarithmique	*****	0.0173
	Polynomiale	*****	0.0636
	Puissance	*****	0.067
	Exponentielle	*****	0.065
2004/2005	Linéaire	*****	0.0185
	Logarithmique	*****	0.0346
	Polynomiale	*****	0.0567
	Puissance	*****	0.3359
	Exponentielle	*****	0.2656
2005/2006	Linéaire	*****	*****
	Logarithmique	*****	*****
	Polynomiale	*****	*****
	Puissance	*****	*****
	Exponentielle	*****	*****
2006/2007	Linéaire	*****	0.0686
	Logarithmique	*****	0.0669
	Polynomiale	*****	0.074
	Puissance	*****	0.3647
	Exponentielle	*****	0.2029
2007/2008	Linéaire	*****	0.001
	Logarithmique	*****	0.0003
	Polynomiale	*****	0.0141
	Puissance	*****	0.0297

	Exponentielle	*****	0.0184
2008/2009	Linéaire	*****	*****
	Logarithmique	*****	*****
	Polynomiale	*****	*****
	Puissance	*****	*****
	Exponentielle	*****	*****
2009/2010	Linéaire	*****	*****
	Logarithmique	*****	*****
	Polynomiale	*****	*****
	Puissance	*****	*****
	Exponentielle	*****	*****

N : nombre d'observations.

****** : pas d'écoulement.**

III.3. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Echelle mensuelle)

Pour étudier la variation du transport solide à l'échelle mensuelle, nous avons traité les données par mois. Les corrélations que nous avons obtenues sont meilleures; cela veut dire que la variation du transport solide à l'échelle mensuelle est moins importante par rapport à l'année. Les résultats de calculs sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 44. Valeurs du coefficient de détermination (R^2) à l'échelle mensuelle.

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
Septembre	Linéaire	0.0012	0.0001
	Logarithmique	0.2012	0.0183
	Polynomiale	0.0327	0.0436
	Puissance	0.3229	0.0865
	Exponentielle	0.0428	0.0277
Octobre	Linéaire	0.7988	0.0671
	Logarithmique	0.7306	0.0034
	Polynomiale	0.8896	0.1025
	Puissance	0.9119	0.1668
	Exponentielle	0.759	0.0176
Novembre	Linéaire	0.886	0.9038
	Logarithmique	0.8684	0.6604
	Polynomiale	0.8913	0.906
	Puissance	0.9272	0.9202
	Exponentielle	0.8972	0.6241
Décembre	Linéaire	0.0316	0.0895
	Logarithmique	0.0006	0.3132
	Polynomiale	0.0347	0.3412
	Puissance	0.1047	0.3793
	Exponentielle	0.0019	0.109
Janvier	Linéaire	0.3646	0.5721
	Logarithmique	0.4127	0.6734
	Polynomiale	0.4084	0.518
	Puissance	0.4789	0.7288
	Exponentielle	0.3966	0.6734
Février	Linéaire	0.3378	0.4045
	Logarithmique	0.3059	0.87
	Polynomiale	0.3576	0.8598
	Puissance	0.3937	0.874

CHAPITRE IV

	Exponentielle	0.3584	0.3096
Mars	Linéaire	0.4565	0.0976
	Logarithmique	0.45	0.115
	Polynomiale	0.4566	0.1162
	Puissance	0.4578	0.4167
	Exponentielle	0.324	0.3388
Avril	Linéaire	0.9172	0.1455
	Logarithmique	0.8926	0.3272
	Polynomiale	0.942	0.4637
	Puissance	0.945	0.6151
	Exponentielle	0.8329	0.2812
Mai	Linéaire	0.3022	0.3551
	Logarithmique	0.6695	0.3232
	Polynomiale	0.6633	0.3556
	Puissance	0.7806	0.5506
	Exponentielle	0.2544	0.42
Juin	Linéaire	0.5411	0.0708
	Logarithmique	0.5901	0.1233
	Polynomiale	0.607	0.0713
	Puissance	0.7088	0.319
	Exponentielle	0.5755	0.1193
Juillet	Linéaire	0.0768	0.3672
	Logarithmique	0.0888	0.5794
	Polynomiale	0.0932	0.5572
	Puissance	0.1129	0.7833
	Exponentielle	0.1045	0.4307
Août	Linéaire	0.2359	0.4528
	Logarithmique	0.5219	0.4376
	Polynomiale	0.4066	0.4557
	Puissance	0.7012	0.5983
	Exponentielle	0.3106	0.2662

N : nombre d'observations.

**** : pas d'écoulement.

III.4. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Echelle saisonnière)

Pour étudier la variation du transport solide à l'échelle saisonnière, on considère les catégories suivantes :

***Automne** : Septembre- Octobre- Novembre.

* **Hiver** : Décembre-Janvier –février.

* **Printemps** : Mars –Avril- Mai.

* **Eté** : Juin- juillet- Août

Les résultats sont présentés au **tableau 45**.

Tableau 45 Valeurs de (R^2) à l'échelle saisonnière.

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
Automne	Linéaire	0.0346	0.0067
	Logarithmique	0.1278	0.039
	Polynomiale	0.0384	0.0375
	Puissance	0.2467	0.2297
	Exponentielle	0.1415	0.0766
Hiver	Linéaire	0.026	0.6026
	Logarithmique	0.0097	0.7398
	Polynomiale	0.0332	0.5733
	Puissance	0.1433	0.8048
	Exponentielle	0.0752	0.4045
Printemps	Linéaire	0.1124	0.0943
	Logarithmique	0.1969	0.0973
	Polynomiale	0.1192	0.117
	Puissance	0.4776	0.3495
	Exponentielle	0.1644	0.2656
Eté	Linéaire	0.5427	0.2529
	Logarithmique	0.338	0.3127
	Polynomiale	0.6083	0.3252

	Puissance	0.7	0.4718
	Exponentielle	0.65	0.2293

III.5. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Période humide et sèche)

Pour étudier la variation du transport solide à l'échelle de période, nous avons:

***Période humide** : Octobre –Novembre –Décembre –Janvier-Février –Mars.

***Période sèche** : Avril- Mai-Juin- juillet- Août-Septembre.

Les résultats sont présentés au **tableau 46**

Tableau 46. Valeurs de (R^2) à l'échelle de période (Humide et Sèche).

Echelle temporelle	Type du modèle	Tighzel	Rouina
Humide	Linéaire	0.0664	0.156
	Logarithmique	0.085	0.168
	Polynomiale	0.0668	0.1674
	Puissance	0.1796	0.3563
	Exponentielle	0.151	0.3453
Sèche	Linéaire	0.1013	0.0049
	Logarithmique	0.1251	0.0364
	Polynomiale	0.1047	0.0048
	Puissance	0.31	0.0951
	Exponentielle	0.15	0.0007

III.6. Récapitulation des modèles (Turbidité –Débit liquide)

Comme pour les relations débit liquide –débit solide, on s'intéresse ici à avoir les relations de turbidité en fonction de débit liquide en différentes échelles temporelles et pour les deux bassins expérimentaux.

Les résultats obtenus montrent généralement que le modèle puissance est le plus performant et adéquat.

Le tableau suivant montre ces relations.

Tableau 47 Modèles obtenus à différentes échelles temporelles.

Echelle temporelle	Bassin Tighzel		Bassin Rouina	
	N	Modèles retenus	N	Modèles retenus
Totalités des données	938	$C=85.944Q_1^{-0.243}$	2892	$C=15.364Q_1^{0.3907}$
1989/1990	***	*****	95	$C=40.715Q_1^{0.2604}$
1990/1991	***	*****	171	$C=8.152Q_1^{0.7011}$
1991/1992	***	*****	221	$C=8.6633Q_1^{0.7397}$
1992/1993	45	$C=77.412Q_1^{0.1169}$	86	$C=12.985Q_1^{1.3375}$
1993/1994	59	$C=52.857Q_1^{0.1425}$	203	$C=18.307Q_1^{0.7069}$
1994/1995	132	$C=82.782Q_1^{0.4974}$	153	$C=4.1133Q_1^{0.5929}$
1995/1996	112	$C=31.3Q_1^{0.293}$	264	$C=15.652Q_1^{0.4968}$
1996/1997	157	$C=47.355Q_1^{0.1701}$	186	$C=13.275Q_1^{0.9435}$
1997/1998	98	$C=21.592Q_1^{0.4695}$	134	$C=9.9583Q_1^{0.358}$
1998/1999	70	$C=0.029Q_1^{1.473}$	226	$C=5.8801Q_1^{1.6628}$
1999/2000	30	$C=9.7355Q_1^{1.0175}$	178	$C=32655Q_1^{0.3895}$
2000/2001	66	$C=4.4728Q_1^{1.774}$	129	$C=12.297Q_1^{0.3897}$
2001/2002	169	$C=29.017Q_1^{0.5065}$	64	$C=26.46Q_1^{0.1648}$
2002/2003	***	*****	293	$C=12.937Q_1^{0.3398}$
2003/2004	***	*****	174	$C=11.906Q_1^{0.1947}$
2004/2005	***	*****	40	$C=5.8762Q_1^{0.6211}$
2005/2006	***	*****	***	*****
2006/2007	***	*****	178	$C=13.183Q_1^{0.5473}$
2007/2008	***	*****	98	$C=66.09Q_1^{0.1185}$
2008/2009	***	*****	***	*****
2009/2010	***	*****	***	*****
Septembre	17	$C=99.629Q_1^{0.1637}$	15	$C=74.748Q_1^{0.1383}$
Octobre	14	$C=18.136Q_1^{0.6183}$	21	$C=53.957Q_1^{0.1828}$
Novembre	20	$C=43.092Q_1^{0.4218}$	14	$C=11.636Q_1^{0.7348}$
Décembre	23	$C=40.34Q_1^{0.2425}$	20	$C=19.071Q_1^{0.2253}$

CHAPITRE IV

Janvier	42	$C=18.497Q_1^{0.3299}$	47	$C=5.1183Q_1^{0.8358}$
Février	12	$C=54.568Q_1^{0.1138}$	12	$C=10.821Q_1^{0.5342}$
Mars	31	$C=33.814Q_1^{0.3776}$	41	$C=5.2622Q_1^{0.7908}$
Avril	9	$C=93.19Q_1^{0.4137}$	8	$C=16.081Q_1^{0.5814}$
Mai	5	$C=109.51Q_1^{1.6196}$	6	$C=9.7569Q_1^{0.8698}$
Juin	3	$C=53.937Q_1^{0.2524}$	4	$C=31.231Q_1^{0.5193}$
Juillet	2	$C=0.0304Q_1^{1.10961}$	3	$C=90.616Q_1^{0.2954}$
Août	2	$C=176.47Q_1^{0.3795}$	2	$C=80.901Q_1^{0.6204}$
Automne	51	$C=70.192Q_1^{0.1637}$	50	$C=48.867Q_1^{0.2471}$
Hiver	77	$C=33.695Q_1^{0.771}$	79	$C=26.622Q_1^{0.33}$
Printemps	45	$C=35.082Q_1^{0.6794}$	55	$C=8.2697Q_1^{0.4163}$
Été	7	$C=1.9381Q_1^{-0.7888}$	9	$C=45.979Q_1^{0.5608}$
Période humide	142	$C=49.084Q_1^{0.149}$	155	$C=0.1242Q_1^{1.0254}$
Période sèche	38	$C=39.782Q_1^{0.4452}$	38	$C=8.0309Q_1^{10.2447}$

N : nombre d'observations.

******** : pas d'écoulement.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tenté de voir la relation existant entre le facteur explicatif (débit liquide) et les facteurs expliqués qui sont le débit solide et la turbidité à différentes échelles temporelles, en plus de la nature et le degré de ces relations afin d'étudier le transport solide et de pouvoir établir le modèle le plus performant qui va nous aider à combler les périodes lacunaires pour assurer une étude parfaite de l'évolution du phénomène à différentes échelles temporelles.

Les relations établies nous permettent la quantification du transport solide et par conséquent, on peut souligner les notes suivantes:

* Les modèles les plus performants sont les modèles puissances et les corrélations sont significatives.

* La variation du transport solide à l'échelle annuelle est plus importante par rapport à la variation mensuelle.

CHAPITRE CINQUIEME :

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Introduction

Ce chapitre comme étant la phase finale de notre travail, expose les résultats obtenus dans notre étude et leurs interprétations. Il comporte la quantification des apports solides et l'érosion spécifique sur différentes échelles temporelles en plus de la recherche d'une relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique après l'exposition des caractéristiques de l'écoulement des deux bassins versants étudiés.

I. Quantification des apports solides et l'érosion spécifique

La relation liant les débits liquides aux débits solides en suspension pour nos bassins est de type puissance de forme générale ($Q_s = a \cdot Q_l^b$).

Nous utilisons cette relation à différentes échelles temporelles pour le comblement des lacunes d'observations et par suite, l'évaluation des apports solides à différents pas de temps.

IV.1.1. L'apport solide

*** L'apport solide journalier:**

Soit :

$$Q_{smj} = a Q_{imj}^b \dots\dots\dots(38)$$

Q_{smj} : Débit solide moyen journalier (kg/s).

Q_{imj} : Débit liquide moyen journalier (m³/s).

a et b : Coefficient d'ajustement du modèle.

$$A_{sj} = Q_{smj} T \dots\dots\dots(39)$$

Avec:

A_{sj} : Apport solide moyen journalier (Tonne).

Q_{smj} : Débit solide moyen journalier (kg/s).

T : Temps (s).

*** L'apport solide mensuel:**

Il est déterminé par la relation suivante:

$$A_{sm} = A_{sj} \cdot N \dots\dots\dots(40)$$

Avec :

A_{sm} : apport solide mensuel (tonne).

A_{sj} : apport solide journalier (tonne).

N : Nombre de jours dans le mois.

*** L'apport solide annuel**

La quantité totale transportée annuellement est :

$$A_{sann} = \sum_{i=1}^{12} A_{sm} \dots\dots\dots(41)$$

Où :

A_{sann} : Apport solide annuel (tonne).

A_{sm} : Apport solide mensuel (tonne).

***L'apport solide interannuel:**

L'apport solide moyen interannuel est déterminé par la relation suivante:

$$\dots\dots\dots(42) \quad A_{sinter} = \frac{\sum_{i=1}^N A_{sann}}{N}$$

Avec :

A_{sinter} : Apport solide moyen interannuel (tonne).

N : Nombre d'années d'observations.

IV .1.2. L'érosion spécifique :

L'étude de l'érosion et du transport solide a fait l'objet de nombreux travaux effectués par plusieurs auteurs (Tixeront, 1960; Capolini, 1965-1969 in Demmak, 1982); Meddi (1992); Saidi (1991), etc. Ils ont tenté de montrer l'influence des différents paramètres (pluviométrie, ruissellement, lithologie et couvert végétal) sur l'érosion et par conséquent sur le transport solide.

En zone méditerranéenne et semi aride, l'énergie de ruissellement est plus importante que celle de la pluie (Heusch, 1970; Meddi, 1992). Suivant ce résultat, on a fait intervenir le débit liquide moyen comme facteur explicatif des variations de l'érosion.

Les valeurs de l'érosion spécifique montrent l'importance et le caractère dangereux de l'érosion au niveau du bassin son relief est fort.

L'érosion spécifique moyenne (E_s) d'un bassin versant est définie comme étant le rapport entre l'apport solide (A_s) et la surface (S) du bassin versant.

Soit:

$$E_s = \frac{A_s}{S} \dots\dots\dots(43)$$

La quantification de l'apport solide moyen interannuel et de l'érosion spécifique moyenne interannuelle donne une idée sur l'importance du transport solide et l'état de dégradation du sol du bassin.

Les résultats de calcul sont montrés dans les tableaux (**l'annexe A**)

Tableau52. Apport solide et érosion spécifique pour les deux bassins versants étudiés.

Bassin Versant		Tighzel	Rouina
Echelle annuelle	As (T/an)	99965.2309	206327,5
	Es (T/Ha.an)	7.751	2.608

L'analyse des **tableaux 48 et 49** pour la station de Tighzel et (**50 et 51**) pour celle de Rouina montre clairement la variabilité interannuelle de l'érosion spécifique pour le modèle annuel. (voir l'annexe T 48,49,50,51)

Il existe également une variation pour le modèle annuel où on passe de 0.34 T/Ha à 28.29 T/Ha pour l'année 00/01 et 01/02 pour le bassin de Tighzel et on passe de 2.91 T/Ha à 17.74 T/Ha entre l'année 95/96 et 96/97 pour le bassin de Rouina, cela peut être expliqué par la très grande variation du transport à l'échelle annuelle.

Nous pouvons constater aussi –d'après l'analyse du tableau 31 que l'érosion spécifique se manifeste plus fortement au niveau du bassin versant de Tighzel (avec un taux de **7.751T/ha/an**) qu'au niveau de celui de bassin versant de Rouina, ou la valeur de cette dernière est estimée par (**2.608 T/ha/an.**)

Dans l'analyse multi variée, les résultats de calculs à partir des modèles mensuels sont pris en considération.

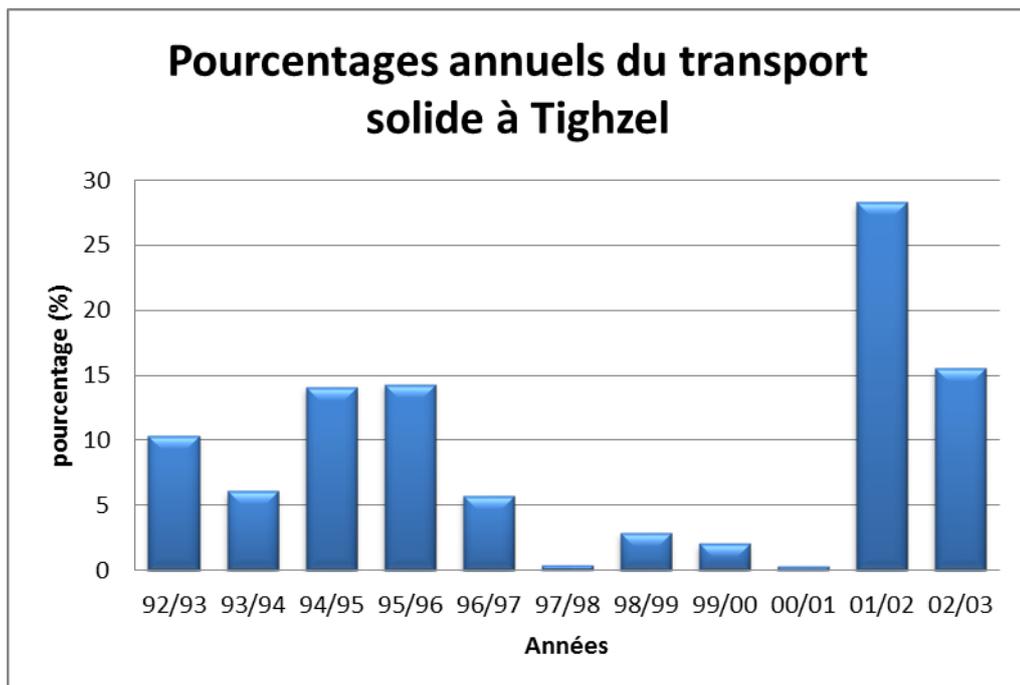


Figure 49. Pourcentages annuels du transport solide à Tighzel.

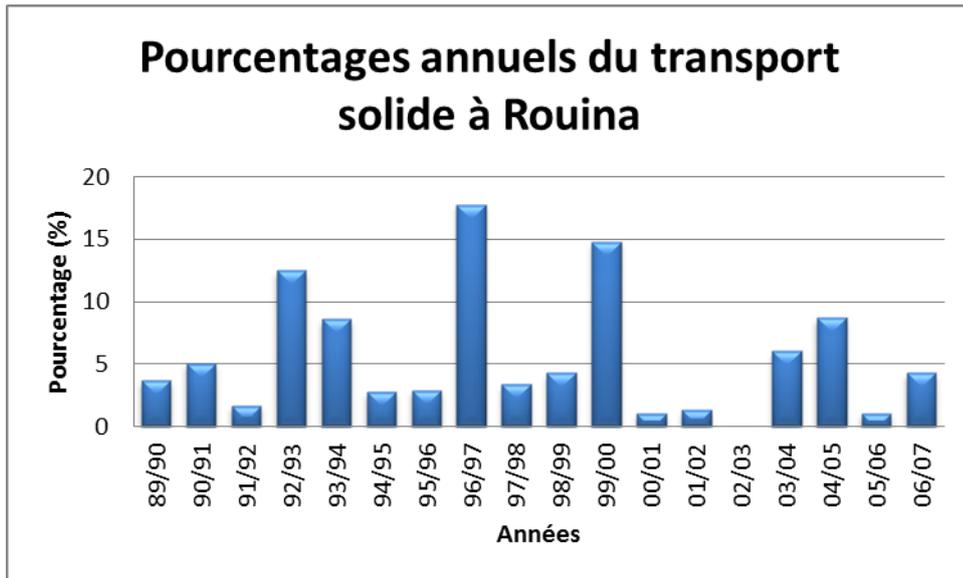


Figure 50 Pourcentages annuels du transport solide à Rouina.

Les **figures 49** et **50** représentent les pourcentages annuels du transport solide pour les deux bassins versants.

On remarque au niveau du bassin versant du Tighzel qu'il y a une valeur importante de 28,29% du transport solide enregistrée en 01/02, suivie par une valeur de 15,55 % en 02/03, et que la valeur plus faible est enregistrée est de 0,34 % en 00/01 avec des pourcentages variant entre 6.51 et 10.33 durant les autres années.

Au niveau du bassin versant de Rouina on a enregistré une tendance à la hausse jusqu'à ce qu'elle prenne une valeur importante de 12.51 % en 95/96 ce qui montre l'effet de crue dans cette année, et un pourcentage plus élevé de 17.74 % en 96/97 où on a une quantité importante de précipitation pendant cette période. Aussi, on a remarqué de faibles pourcentages enregistrés dans les années 00 /01 et 05/06 avec une valeur de 1.07 %.

Une autre approche consistant au calcul des pourcentages mensuels a été proposée et mise en graphe (**figures 51** et **52**).

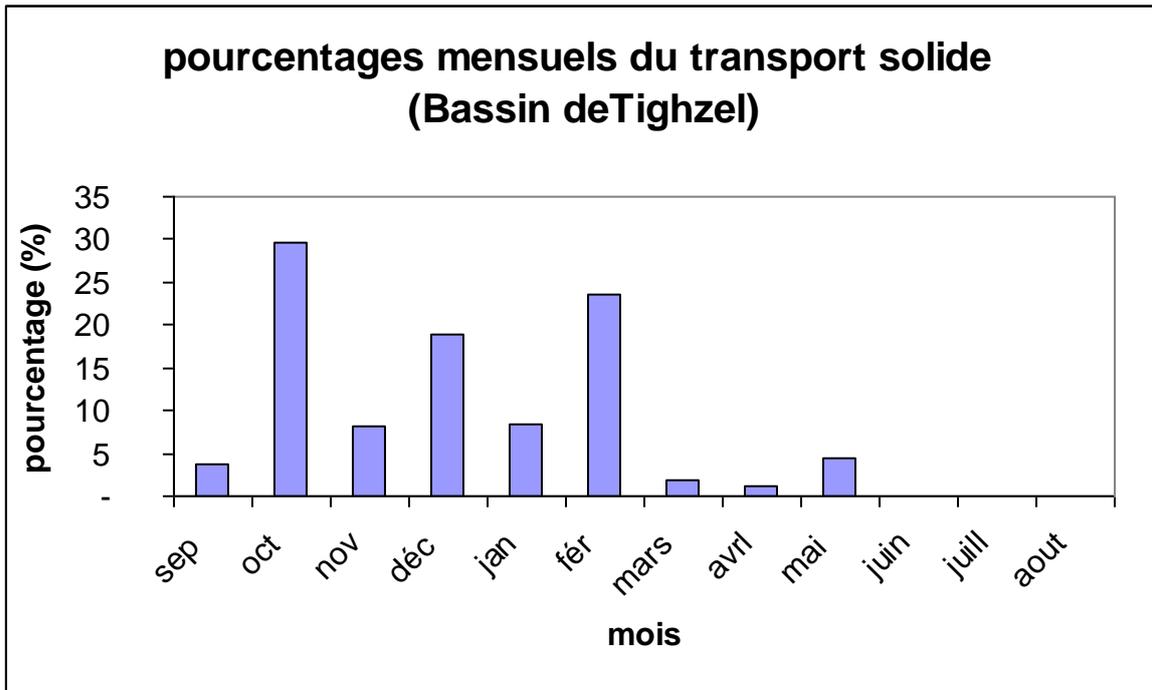


Figure 51 Pourcentages mensuels du transport solide (Bassin de Tighzel).

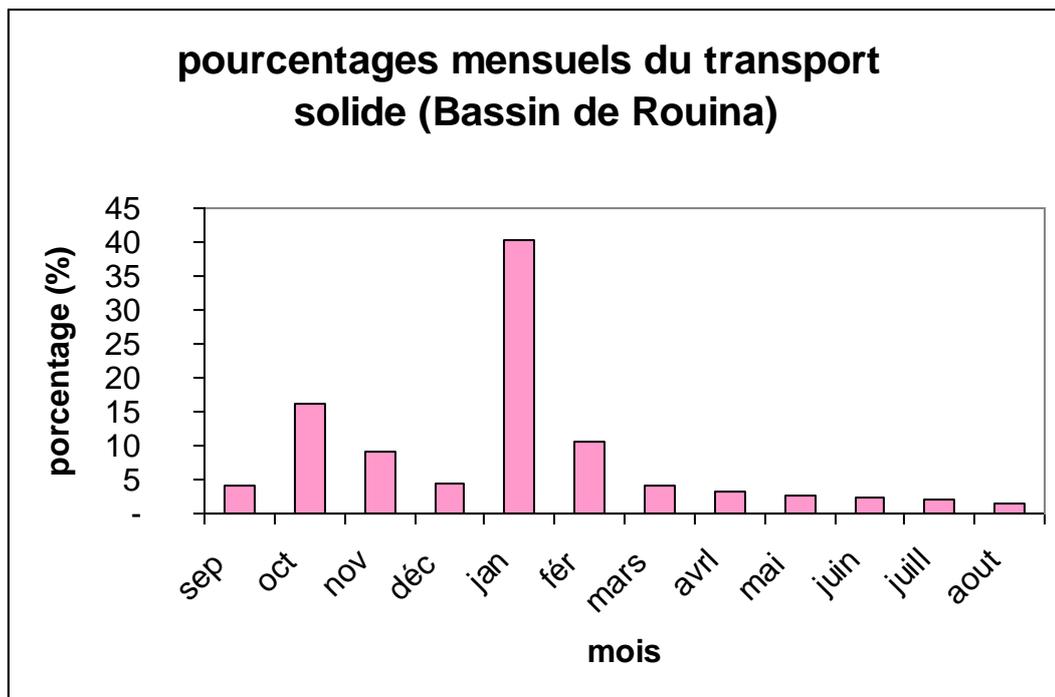


Figure 52. Pourcentages mensuels du transport solide (Bassin de Rouina).

Les **figures 51 et 52** représentent les pourcentages mensuels du transport solide pour les deux bassins versants étudiés.

Aussi, concernant le bassin versant du Tighzel, on remarque des pourcentages importants durant la période hivernale où on a enregistré une valeur de 29.65 % de transport solide en mois d'Octobre et de 18.98% en mois de décembre et de 23.5 % en mois de février. Les pourcentages enregistrés durant la période estivale sont presque nulles à l'exception du mois de mai où on a enregistré un pourcentage de 4.45 %.

Pour le bassin versant de Rouina la période hivernale est caractérisée par un fort taux de transport solide en moi janvier qui égale presque 40.42 % Il atteint aussi une valeur de 16.22% en mois d'Octobre

Et de presque 10.46 % en mois février et mois de novembre .les valeurs remarquées pendant la pendant la période estivale (sont presque tous nulles. Don la majeure ne dépasse pas le taux de 4.25 %.

II. Recherche d'une relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique

A) Caractéristiques de l'écoulement des deux bassins étudiés

Avant de passer à la relation existant entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique, nous préférons exposer les caractéristiques de l'écoulement des deux bassins versants étudiés en commençant par celui de Tighzel.

Les résultats sont mentionnés dans les **tableaux 53 et 54 (voir l'annexe)**.

B) Relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique:

Afin de trouver une relation explicative liant les variations durant l'année avec les paramètres mesurés (lame d'eau ruisselée, pluie), on signale qu'il n'existe pas une corrélation entre érosion spécifique et la pluie. Les expressions expliquant la relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique sont données ci-dessous:

Tableau 55 Relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique

Bassin versant	Relation	R ²
Tighzel	$Es = 0.012Lr^{0.3048}$	0,3046
Rouina	$Es = 0.453Lr^{0.3412}$	0,1668

Les résultats trouvés indiquent la faible corrélation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique au niveau des deux bassins versants "Tighzel avec un coefficient de corrélation de 0.304 et "Rouina avec un coefficient de corrélation de 0.166 ".On remarque aussi une variabilité entre les coefficients de corrélation de ces deux basins; "faible au niveau du bassin versant de Tighzel et très faible au niveau du bassin versant de Rouina"; on peut expliquer cette variabilité par la couverture végétale qui est faible au niveau du bassin versant de Tighzel par rapport à celle du bassin versant de Rouina.

Conclusion

On a constaté donc que l'apport solide moyen annuel et l'érosion spécifique moyenne annuelle ont des valeurs importantes au niveau du bassin versant de Tighzel par rapport au bassin versant de Rouina. A l'échelle mensuelle, c'est le même cas pour l'érosion spécifique qui prend une moyenne supérieure à Tighzel contrairement à l'apport solide qui est supérieur au bassin de Rouina.

A la fin, on a pu trouver une relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique au niveau des deux bassins versants étudiés.

Conclusion :

Au cours de ce travail, nous avons eu comme objectif principal l'étude comparative entre deux bassins versants, on a pris le cas de bassin versant d'Oued Tighzel et celui d'Oued Rouina Zeddine et on a étudié l'analyse de la variable des précipitations, de l'écoulement et de la crue ainsi le transport solide à ces deux niveaux.

Cette étude nous a bien montré la différence entre les deux bassins étudiés on remarque que les précipitations sont beaucoup plus importantes dans le bassin d'Oued Tighzel, par contre les écoulements dans le réseau hydrographique du bassin versant de Rouina Zeddine sont beaucoup plus importants. Comme on a obtenu une bonne corrélation entre pluie et débit d'écoulement. Le coefficient d'écoulement dans le bassin versant de Tighzel est plus important à celui de Rouina Zeddine. La variation de la crue est importante au niveau de bassin versant de Rouina zeddine par rapport à celle de Tighzel.

L'apport solide au niveau du bassin versant d'Oued Tighzel est important par rapport au bassin versant d'Oued Rouina Zeddine à cause de la pente ayant une valeur supérieure à Tighzel qu'au niveau d'Oued Rouina. Cela montre aussi l'effet de la couverture végétale sur la diminution de la quantité des sols érodée sous l'action de l'eau.

On constate donc qu'il faut conserver la couverture végétale afin d'assurer la protection du sol contre tout type de dégradation. On propose aussi comme stratégie antiérosive l'aménagement des bassins versants et la valorisation du travail de sensibilisation des paysans afin d'assurer la durée de vie des ouvrages qui influent sur les bons résultats et le rendement des aménagements.

ANNEXES

Liste des figures

Figure 01. Localisation de la zone d'étude.	32
Figure 02. Carte du bassin versant de l'oued Rouina-Zeddine.	33
Figure 03. Carte du bassin versant de l'oued de Tighazel.	34
Figure 04. Carte géologique du Bassin versant de Rouina.	35
Figure 05. Carte géologique du Bassin versant de Tighazel.	37
Figure 06. Schéma lithologique du bassin de Rouina. Etabli à partir de la carte géologique de M. MATTAEUR (1958).	39
Figure 07. Schéma lithologique du bassin de Tighazel. Etabli à partir de la carte géologique de M. MATTAEUR (1958).	40
Figure 08. Coupe structurale du massif de "L'OUARSENIS". Par M. MATEUR (1958).	45
Figure 09. carte de bassin versant de Rouina	49
Figure 10. carte de bassin versant de Tighazel	50
Figure 11. La courbe hypsométrique du bassin versant de Rouina	56
Figure 12. La courbe hypsométrique du bassin versant de Tighzel	58
Figure 13. Carte de végétation des deux bassins versants	66
Figure 14 : l'évolution des précipitations annuelles entre les deux stations « 012004-011906 »	70
Figure 15. l'évolution des précipitations annuelles entre les deux stations «011903- 012004»	70
Figure 16 Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 012004* du bassin et des années excédentaires en, amont d'athiémé.	72
Figure 17: Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 011906* du bassin et des années excédentaires en, amont d'athiémé.	74
Figure 18 Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 011903* du bassin et des années excédentaires en, amont d'athiémé.	76
Figure 19 Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) *station 012004* du bassin et des exceptionnellement déficitaires en amont d'athiémé.	77
Figure 20: Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) du bassin et des années exceptionnellement déficitaires en amont d'Athiémé.	78
Figure 21. Variation pluviométrique mensuelle (1987-2007) du bassin et des années exceptionnellement déficitaires en amont d'Athiémé	79

Figure 22 Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1987-2007) dans le bassin versant de Tighzel	80
Figure 22 : Variation saisonnière du bilan climatique moyen (1987-2007) dans le bassin versant de Rouina.	81
Figure 23 Variation mensuelle moyenne de Pluie/ Débit dans le Bassin versant du Rouina 1987/2007.	82
Figure 24 Variation mensuelle moyenne de Pluie/ Débit dans le Bassin versant du Tighzel 1987/2007	82
Figure 25 : Variabilité interannuelle du débit dans le bassin versant de Tighzel du complexe de 1992/2002.	83
Figure 26 Variabilité interannuelle du débit dans le bassin versant de Tighzel du complexe de 1991/2003.	83
Figure 27 corrélation écoulement / Pluie dans le bassin –versant de Tighzel du complexe de 1992/2002.	84
Figure 28 corrélation écoulement / Pluie dans le bassin –versant de Rouina du complexe de 1991/2003	84
Figure 29. Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin –versant du Tighzel.	85
Figure 30 Variabilité du coefficient d'écoulement dans le bassin –versant du Rouina	85
Figure 31 Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de Rouina code 011906.	87
Figure 32. Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de Rouina code 011903.	89
Figure 33 Ajustement des précipitations annuelles à la loi log normale : station de TIGHZEL code 012004.	90

Figure 34 Relation débit liquide –débit solide instantané "Echelle annuelle" (Tighzel)	95
. Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de Rouina code de station 011906	
Figure 35 Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de Rouina code de station 011903	98
Figure 36 Ajustement des précipitations maximales journalières à la loi log normale : station de TIGHZEL code de station 012004.	101
Figure 37 Courbe IDF des stations pluviométriques de Bassin Versant de Rouina	105
Figure 38 Courbe IDF de la station pluviométrique de Bassin Versant de Tighzel	106
Figure 39 Ajustement des débits moyens journaliers à la loi log normale : station de ROUINA	110
Figure 40. Ajustement des débits moyens à la loi log normale : station de TIGHZEL	111
Figure 41. Ajustement des débits maxima à la loi log normale station de Rouina.	114
Figure 42. Ajustement des débits maxima à la loi log normale station de Tighzel	115
Figure 43 Répartition (%) du nombre de Crues de Oued Rouina.	116
Figure 44 Répartition (%) du nombre de Crues de Oued Tighzel.	116
Figure 45. Hydro grammes de crue de l'oued Rouina Zaddine	121
Figure 46. Hydro grammes de crue de l'oued Tighzel	123

Figure 47. Relation débit liquide - débit solide instantané "Echelle interannuelle" bassin de	127
Figure 48. Relation débit liquide- débit solide instantané "Echelle interannuelle" bassin de	128
Figure 49. Pourcentages annuels du transport solide à Tighzel.	146
Figure 50. Pourcentages annuels du transport solide à Rouina.	147
Figure 51. Pourcentages mensuels du transport solide (Bassin de Tighzel).	148
Figure 52. Pourcentages mensuels du transport solide (Bassin de Rouina).	148

Liste des tableaux

Tableau 01. Formes d'érosion hydrique	09
Tableau 02. Formes de dégradation et d'érosion, leurs causes et facteurs de résistance du milieu	13
Tableau 03. Quelques modèles utilisés.	21
Tableau 04. Valeurs de α Pour différentes perméabilités.	29
Tableau 05. Pourcentage des roches dans les bassins versants Rouina et Tighazel.	46
Tableau 06. Température moyenne annuelle au niveau des bassins versants Rouina et Tighazel de 1999 à 2008.	47
Tableau 07. Surfaces d'influences des stations pluviométriques (bassin versant de Rouina)	48
Tableau 08. Surfaces d'influences des stations pluviométriques (bassin versant de Tighazel)	49
Tableau 09. L'évaporation mensuelle pendant la période du 2000 jusqu'à 2005.	51
Tableau 10. L'humidité mensuelle du bassin versant de Rouina pendant l'année 2010.	51
Tableau 11. L'humidité mensuelle du bassin versant de Tighzel pendant l'année 2010.	51
Tableau 12. Variation du vent mensuelle pendant la période du 2000 jusqu'à 2005.	52
Tableau 13. Tableau de répartition des tranches de surface du bassin de Rouina.	57
Tableau 14. Répartition des tranches de surface du bassin de Tighzel.	59
Tableau 15 Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina code de station (011906)	86
Tableau 16. Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina code de station (011903)	88
Tableau 17 Précipitations annuelles et leurs fréquences expérimentales : station de Tighzel station (012004)	89

Tableau 18. Equations d’ajustement des précipitations annuelles à la loi log- Normale des différentes stations.	91
Tableau 19 Précipitations annuelles (mm) pour différentes de retour.	91
Tableau 20. Equations d’ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de ROUINA code de station (011906)	92
Tableau 21 Equations d’ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de ROUINA code de station (011903)	92
Tableau 22 Equations d’ajustement des précipitations mensuelle à la loi log- Normale de la station de TIGHZEL code de station (012004)	93
Tableau 23 Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA code de Station (011906)	94
Tableau 24 Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA code de Station (011903)	96
Tableau 25 Précipitations maximales journalières et leurs fréquences expérimentales : station de TIGHZEL code de Station (012004)	99
Tableau 26 Equations de la droite de Galton : précipitations maximales journalières	101
Tableau 27. Précipitations maximales journalières pour différentes Période de retour.	101
Tableau 28. Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Rouina (011906).	103
Tableau 29. : Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Rouina (011903).	104
Tableau 30. Pluies et intensités de courtes durées de la station représentative du Bassin versant de Tighzel (012004).	105
Tableau 31 Equations d’ajustement des débits moyens annuels à la loi log- Normale	109
Tableau 32 débit moyens annuels et leurs fréquences expérimentales : station de ROUINA	109
Tableau 33 débit moyens annuels et leurs fréquences expérimentales : station de TIGHZEL	110

Tableau 34. débit moyens annuels pour différentes Période de retour	112
Tableau 35 Equations d'ajustement des débits max à la loi log – Normale.	112
Tableau 36 Débits maxima pour différentes périodes de retour.	112
Tableau 37. Débit crues et leurs fréquences expérimentales : station de Rouina	113
Tableau 38. Débit de crues et leurs fréquences expérimentales : station de Tighzel	114
Tableau 39. Répartition en (%) du nombre de crue des différents oueds.	115
Tableau 40 Valeurs de (R^2) à l'échelle interannuelle.	127
Tableau 41 Modèles obtenus à différentes échelles temporelles.	128
Tableau 42 Valeurs de (R^2) à l'échelle interannuelle	130
Tableau 43 Valeurs de (R^2) à l'échelle annuelle.	131
Tableau 44 Valeurs du coefficient de détermination (R^2) à l'échelle mensuelle.	135
Tableau 45 Valeurs de (R^2) à l'échelle saisonnière	137
Tableau 46 Valeurs de (R^2) à l'échelle de période (Humide et Sèche).	138
Tableau 47. Modèles obtenus à différentes échelles temporelles.	139
Tableau 48 Variation intra annuelle et interannuelle des sédiments transportés en Tonnes : Station Tighzel; Modèles annuels	161
Tableau 49. Variation intra annuelle et interannuelle de l'érosion spécifique en T/Ha : Station Tighzel; Modèles annuels	162
Tableau 50 Variation intra annuelle et interannuelle des sédiments transportés en Tonnes: Station de Rouina; Modèles annuels	163
Tableau 51 Variation intra annuelle et interannuelle de l'érosion spécifique en T/Ha : Station de Rouina Modèles annuels	164
Tableau 52 : Apport solide et érosion spécifique pour les deux bassins versants étudiés	146
Tableau: 53 Caractéristiques de l'écoulement "Bassin de Tighzel"	165

Liste des tableaux

Tableau54 Caractéristiques de l'écoulement "Bassin de Rouina".	166
Tableau55 Relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique	149
Tableau56: Identification des stations pluviométriques	167
Tableau57 Noms et codes des stations hydrométriques	167
Tableau 58: Précipitation annuelles (mm) aux différentes stations pluviométriques (Bassin versant de TIGHAZEL)	168
Tableau 59 : Précipitation annuelles (mm) aux différentes stations pluviométriques Bassin versant de Rouina)	169

Les Tableaux A

Tableau 48. Variation intra annuelle et interannuelle des sédiments transportés en Tonnes : Station Tighzel; Modèles annuels

mois	set	oct	nov	dec	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	total
92/93	24865.41	30927.00	0	57258.81	0	58269.54	7.60	10.059	19.603	0	0	0	113670.16
93/94	0	82.28200	24078.6	42547.20	80.606	256.678	9.0665	1.5992	0	0	0	0	67065.135
94/95	22.4407	12897.00	3.74	10254.40	11349.3	12388.5	3762.828	4848.1	1119.4	56.74	0	56.649	155462.373
95/96	3753.28	125926.3	1167.049	928.584	958.247	24955.69	0	70.03	0	0	0	0	157759.199
96/97	0	18375.64	374.013	22053.87	536.515	0	0	0	20744.82	0	0	918.266	63003.1347
97/98	595.841	0	11.994	0	28.373	3712.91	0	0	0	0	0	0	4349.126
98/99	0	26309.88	0	28.3734	1005.966	0	161.212	223.11	0	0	0	0	27728.55
99/00	1017.57	6894.73	4126.653	0	928.584	190.488	8047.72	593.00	869.257	0		0	22668.025
00/01	0	620.216	0	949.219	0	14.0577	63.182	142.38	2010.255	0	0	0	3799.314
01/02	7834.927	34312	59793.07	0	76780.99	10460.2.9	6511.69	480.8	21718.548	86.40	233.82	0	312355.667
02/03	2695.473	82459	105.136	74510.43	45.139	24.8912	1775.91	7482.8	2557.475	0	0	0	171756.855
mo y	3707.723	29639.733	8150.94	18966.44	8337.617	23476	1849.02	1256.5	4458.129	13.01	21.256	88.716	99965.2309

Tableau 49. Variation intra annuelle et interannuelle de l'érosion spécifique en T/Ha : Station Tighzel;
Modèles annuels

mois	set	oct	nov	dec	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	total
92/93	1.928	2.398	0	4.439	0	0.04	0.0005	0.0007	0.001	0	0	0	8.813
93/94	0	0.006	1.867	3.299	0.006	0	0.0007	0.0001	0	0	0	0	5.2
94/95	0.001	0.010	0.0002	0.795	0.88	0.02	0.2917	0.3735	0.086	0.004	0	0.004	12.05
95/96	0.291	9.764	0.0904	0.072	0.074	9.60	0	0.0054	0	0	0	0	12.23
96/97	0	1.424	0.029	1.710	0.041	1.93	0	0	1.608	0	0	0.071	4.88
97/98	0.0462	0.000	0.0009	0.000	0.002	0.287	0	0	0	0	0	0	0.337
98/99	0	2.04	0	0.002	0.078	0	0.0125	0.0173	0	0	0	0	2.5
99/00	0.0789	0.534	0.3199	0.000	0.072	0.014	0.6240	0.0459	0.067	0	0	0	1.75
00/01	0	0.048	0	0.073	0	0.001	0.0048	0.0110	0.155	0	0	0	0.294
01/02	0.607	2.660	4.6362	0.000	5.9534	8.110	0.5049	0.037	1.684	0.006	0.018	0	24.21
02/03	0.209	6.393	0.0081	5.7851	0.0035	0.0019	0.1377	0.5802	0.198	0	0	0	13.31
moy	0.287	2.298	0.632	1.470	0.646	1.82	0.143	0.097	0.345	0.001	0.001	0.006	7.751

Tableau 50 Variation intra annuelle et interannuelle des sédiments transportés en Tonnes: Station de Rouina; Modèles annuels

Mois	sept	oct	Nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	TOTAL
89/90	20,0	26800,9	74691,9	0	19048,2	16037,8	9109,6	218,1	0	4485,0	0	751,2	151163,1
90/91	0	30618,4	0	0	153537,4	0	4135,9	0	7373,2	8402,8	0	2639,5	206707,4
91/92	0	19802,9	11418,451	2347,2	6230,1	17146	0	3612,49	7224,8	486,8	0	0	68268,983
92/93	0	0	0	12626,0	442515,1	191,9	1770,44	26683,19	1247,7	0	0	25191,0	510225,6
93/94	11107,8	7949,1	0	0	48340,3	236623,5	43043,8	0	1588,0	706,7	0	164,9	349524,4
94/95	1963,28	2155,24	3202,33	1544,4	8844,3	95432,9	584,6	0	49,7	37,5	0	154,4	113968,967
95/96	0	0	0	32546,8	0	7,85	83,7	47206,03	22214,7	14968,9	0	1852,4	118880,6
96/97	135422,8	454608,9	0	94412,07	20522,8	0	683,2	0	9310,3	7565,1	0	683,2	723208,5
97/98	0	217,2	0	0	0	8095,7	96331,7	4371,5	20854,4	414,4	0	7093,12	137378,2
98/99	0	711,1	50705,04	0	111435,9	5365,4	44,5	782,6	5907,2	397,0	0	0	175349,0
99/00	800,1	685,8	222854,37	30033,8	273541	42712,3	11692,4	275,7	45828,4	762,6	0	7643,7	636830,4
00/01	2661,3	1841,1	75,913	68,0	40356,3	1595,0	175,3	828,9	609,9	1009,5	0	2670,0	51891,7
01/02	0	0	0	0	0	0	54,9	758,2	1989,4	44771,5	0	7434,2	55008,5
02/03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/04	14833,6	4825,3	0	3955,3	209067,7	523,5	8498,8	4868,9	0	30,5	0	0	246603,9
04/05	96,8	51560,1	0	0	302450,2	0	0	0	0	1125,6	0	0	355232,8
05/06	38,3	14772,61	0	846,3	0	1143,0	592,3	31080,94	471,1	0	0	212,0	49157,0
06/07	1352,4	44047,3	0	1876,0	9493,5	767,8	8941,2	5252,8	10915,8	6404,6	88797,0	47,1	177896,0
Moyenne	9349,8	36699,8	20163,7	10014,2	91410,2	2346,8	10319,0	6996,6	5865,8	5087,1	4933,1	3140,9	206327,5

Tableau 51 Variation intra annuelle et interannuelle de l'érosion spécifique en T/Ha : Station de Rouina

Modèles annuels

Mois	sept	oct	Nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	TOTAL
89/90	0.0002	0.307	0,8	0	0.218	0,18	0,10	0,002	0	0,05	0	0,008	1,73
90/91	0	0.350	0	0	1.759	0	0,04	0	0,08	0,09	0	0,03	2,36
91/92	0	0.226	0,13	0,02	0.071	0,19	0	0,04	0,082	0,005	0	0	0,78
92/93	0	0	0	0,14	5.071	0,002	0,02	0,30	0,01	0	0	0,28	5,84
93/94	0,1273	0.091	0	0	5.071	2,7	0,49	0	0,018	0,008	0	0,001	4,005
94/95	0,0225	0.024	0,03	0,01	0.554.	1,09	0,006	0	0,0005	0,0004	0	0,0017	1,30
95/96	0	0	0	0,3	0.101	0,000	0,0009	0,5	0,25	0,171	0	0,021	1,36
96/97	1,552	5.21	0	1,08	0	0	0,007	0	0,10	0,086	0	0,007	8,28
97/98	0	0.002	0	0	0.235	0,09	1,1	0,05	0,2	0,004	0	0,08	1,57
98/99	0	0.008	0,58	0	1.277	0,06	0,0005	0,008	0,067	0,0045	0	0	2,0
99/00	0,00917	0.007	2,5	0,34	3.134	0,4	0,1	0,003	0,18	0,008	0	0,087	6,9
00/01	0,0305	0.021	0,0008	0,0007	0.462	0,01	0,002	0,009	0,00699	0,011	0	0,03	0,5
01//02	0	0	0	0	0	0	0,0006	0,008	0,02	0,51	0	0,085	0,63
02//03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03//04	0,17	0.055	0	0,045	2.396	0,006	0,09	0,05	0	0,0003	0	0	2,82
04//05	0,001	0.590	0	0	3.466	0	0	0	0	0,012	0	0	4,07
05//06	0,0004	0.169	0	0,009	0	0,01	0,006	0,35	0,005	0	0	0,002	0,5
06//07	0,015	0.504	0	0,02	0.108	0,008	0,1	0,06	0,12	0,073	1,05	0,0005	2,0
Moyenne	0,107	0.420	0,235	0,112	1.047	0,271	0,11	0,080	0,067	0,058	0,05	0,0359	2,608

Tableau 53. Caractéristiques de l'écoulement "Bassin de Tighzel"

Année	Qmin (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Qmoy (m ³ /s)	Apport (m ³)	Mo (l/s.km ²)	Ki	Lr(mm)	Ce
1992/1993	0	153	0,2	6307,2	1,550	0,484	48,904	0,209
1993/1994	0	161,1	0,5	15768	3,876	1,210	122,26	0,334
1994/1995	0	456	1,1	34689,6	8,529	2,662	268,9	0,504
1995/1996	0	458	0,3	9460,8	2,326	0,726	73,356	0,211
1996/1997	0	176	0,6	18921,6	4,652	1,452	146,71	0,412
1997/1998	0	83,1	0,1	3153,6	0,775	0,242	24,452	0,076
1998/1999	0	210	0,43	3560,48	3,334	1,040	105,144	0,437
1999/2000	0	232,9	0,3	9460,8	2,326	0,726	73,356	0,204
2000/2001	0	458	0,26	3199,36	2,015	0,629	63,575	0,152
2001/2002	0	328	0,48	5137,28	3,721	1,162	117,37	0,393
2002/2003	0	323,4	0,3	9460,8	2,326	0,726	73,35	0,315
Moyenne	0,000	268,354	0,413	3026,794	3,203	1,000	101,0	0,302
Ecart type	0,000	130,759	0,239	547,774	1,856	0,579	58,5	0,122
coef d'assy		0,184	1,406	1,406	1,406	1,406	1,4	-0,128
Max	0,000	458,000	1,100	3689,600	8,529	2,663	268,9	0,504
Min	0,000	83,100	0,100	3153,600	0,775	0,242	24,4	0,076
Mediane	0,000	232,900	0,300	9460,800	2,326	0,726	73,3	0,316
Variance	0,000	17097,930	0,057	#####	3,444	0,336	3426,2	0,015

Avec Mo: Débit spécifique ; Ki: Coefficient d'hydraulicité ;

Lr: La lame d'eau ruisselée ; Ce: Coefficient d'écoulement.

Tableau 54. Caractéristiques de l'écoulement "Bassin de Rouina".

Année	Qmin (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Qmoy (m ³ /s)	Apport (m ³)	Mo (l/s.km ²)	Ki	Lr (mm)	Ce
1990/1991	0	560	3,5	110376	4,01113951	1,08851675	126,495296	0,45998289
1991/1992	0	343,5	3,3	104068,8	3,78193154	1,02631579	119,266993	0,38735626
1992/1993	0	775	0,7	22075,2	0,8022279	0,21770335	25,2990591	0,13190333
1993/1994	0	114,3	1,3	40996,8	1,48985182	0,40430622	46,9839669	0,22555913
1994/1995	0	1580	7,4	233366,4	8,48069496	2,30143541	267,447196	0,78499324
1995/1996	0	1020,7	3,2	100915,2	3,66732755	0,99521531	115,652842	0,28125691
1996/1997	0	1040	1,5	47304	1,71905979	0,46650718	54,2122695	0,22922736
1997/1998	0	1910	4,6	145065,6	5,27178335	1,43062201	166,25096	0,4980556
1998/1999	0	563,2	4,8	151372,8	5,50099132	1,49282297	173,479262	0,65439179
1999/2000	0	1480	0,4	12614,4	0,45841594	0,12440191	14,4566052	0,07576837
2000/2001	0	1181	5,1	160833,6	5,84480328	1,5861244	184,321716	0,45410622
2001/2002	0	1488	0,3	9460,8	0,34381196	0,09330144	10,8424539	0,04053254
2002/2003	0	744,6	5,7	179755,2	6,5324272	1,77272727	206,006624	0,56440171
Moyenne	0,000	984,638	3,215	101400,369	3,685	1,000	116,209	0,368
Ecart type	0,000	509,937	2,168	68377,886	2,485	0,674	78,364	0,219
coef d'assy		0,084	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,177
Max	0,000	1910,000	7,400	233366,400	8,481	2,301	267,447	0,785
Min	0,000	114,300	0,300	9460,800	0,344	0,093	10,842	0,041
Mediane	0,000	1020,700	3,300	104068,800	3,782	1,026	119,267	0,387
Variance	0,000	260036,225	4,701	#####	6,175	0,455	6140,883	0,048

Tableau 56: Identification des stations pluviométriques.

N°	Station	code	Année D'observation	X(Km)	Y(Km)	Z (m)	Types de station
1	TIKEZALE CD45	012004	1972	414.35	321.7	320	PV
2	ELABADIA	012001	1972	407.85	327.3	162	PV
3	ROUINA MAIRIE	011904	1921	421.45	324.15	245	PV
4	ROUINA MINES	011906	1972	421.45	324.15	245	PV
5	TOUTIA EL HASSANIA	011903	1969	429.95	294.45	850	PV
6	THENEIT EL HAD	011605	-	439.8	285.65	1150	PV+PG
7	EL ABABSA	011715	1972	443.95	318.05	320	PV

PV: Pluviométrie et PG : pluviographe.

A.N.R.H (2010)

Tableau 57: Noms et codes des stations hydrométriques.

Bassin	Station	Code	X(Km)	Y(Km)	Année de Mise en service
TIGHAZEL	TIKCEZAL	012004	414.3	321.7	1972
ROUINA	OULED TAHAR	011905	432.75	312.5	1989

Les Tableaux B

**Tableau 58: Précipitation annuelles (mm) aux différentes stations pluviométriques (n=21 ans).
(Bassin versant de TIGHAZEL)**

Stations	012004	012001	011904
1987	402,7	278,9	493,9
1988	336,6	336,9	461,4
1989	255,4	315,9	341,9
1990	303,4	511,4	228,3
1991	272,1	389,6	480,7
1992	232,3	220,7	377,4
1993	233	441,8	433,8
1994	365,3	285,2	418,1
1995	533,5	666,1	319,9
1996	346,9	336,9	255,4
1997	355,4	364,9	268,4
1998	321	259,6	359,8
1999	240,1	168,4	405,2
2000	416,9	344,3	431,2
2001	298,3	263,7	379,8
2002	359,5	359,8	299,2
2003	379,4	359,4	331,8
2004	313,9	296,3	280,1
2005	402,7	310,5	283,3
2006	383	394,8	264,9
2007	294,4	259,6	271,9
Moyenne	335.51	341.17	351.73
Médiane	336.6	336.9	341.9
Ecart type	71,217	103,618	78,725
Variance de l'éch	5071,896	10736,607	6197,646
CV	0,218	0,311	0,229
Coef d'assy	0,633	1,255	0,225
Max	666.1	533.5	493.9
Min	168.4	232.3	228.3
Somme	7045.8	7164.7	7386.4

Les Tableaux C

**Tableau59: Précipitation annuelles (mm) aux différentes stations pluviométriques (n=21 ans).
(Bassin versant de ROUINA)**

Stations	011906	011903	011605	011715
1987	303,1	397,4	368,1	285,8
1988	356,7	420	485,7	343,8
1989	272,8	361,9	441,3	278,9
1990	275	486,4	567,5	375
1991	307,9	451,6	565	256,9
1992	191,8	309,7	371,5	238,9
1993	208,3	477,4	377,1	225,2
1994	340,7	421,7	481,7	394,8
1995	411,2	511,1	772,5	459,3
1996	236,5	397,2	476,7	275,7
1997	333,8	510,4	701,4	333,5
1998	265,1	422,3	529,6	300,6
1999	190,8	284,8	377,9	185,4
2000	405,9	536,4	696,5	440,9
2001	267,5	297,5	359,3	237,9
2002	365	517	714,1	389,7
2003	309	457,2	608,2	315,8
2004	311	363,5	460,6	322,9
2005	317,3	491,6	584,5	356,3
2006	337	356,5	523,3	317,8
2007	371,8	345,6	541,4	362
Moyenne	303.72	419.86	523.99	319.20
Médiane	309,000	421,700	523,300	317,800
Ecart type	61,851	74,727	121,055	69,329
Variance de l'éch	3825,597	5584,156	14654,253	4806,517
CV	0,209	0,182	0,237	0,223
Coef d'assy	-0,229	-0,216	0,427	0,159
Max	411,2	536,4	772,5	459,3
Min	190,8	284,8	359,3	185,4
Somme	6378,2	8817,2	11003,9	6697,1

Références bibliographiques

A

- **AFES, 1992.** Référentiel Pédologique 1992.Principaux sols d'Europe .Editions INRA Paris, 222p.
- **A.N.R.H (agence nationale des ressources hydriques),**
- **A.N.R.H 2010 (Rapport Interne de L'A.N.R.H, Alger).**
- **Arabi et Roose. 1989:** influence de quatre systèmes de production sur l'érosion en zone méditerranéenne de moyenne montagne algérienne..Bull. Réseau Erosion 9.pp39-51.
- **Arabi, 1991:** influence de quatre systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen à Médéa-Algérie. Thèse de doctorat, Université JOSEPH FOURIER- GRENOBLE (France), 272p.

B

- **Bourouba M., 1997.** Les variations de la turbidité et leurs relations avec les précipitations et les débits des oueds semi-arides de l'Algérie orientale. Bull.ORSTOM, 17,345-360.
- **Bourouba;1998.** phénomène de transport solide dans les Hauts plateaux Orientaux. Cas de l'Oued Logmane et oued Leham dans le bassin de la Hodna. Revue des Sciences et Technologie,9, 5-11p.
- **Boussema et chairat, 1996:** système d'information pour la conservation et la gestion des ressources naturelles. Colloque International sur le rôle des technologies de télécommunication et de l'information en matière de protection de l'environnement, tunis, 1- Novembre 1994, 64-70p.
- **BAIZE et JABIOL, 1995.** Guide pour la description des sols Editions INRA, Paris, 375p
- **BOUDJADJA. A, 2004:** Aménagement intégré, ressources en eaux et protection des versants de la partie Ouest du côtier Algérois et de la vallée avale du Chélif CHENOUA/TENES, ALGERIE, thèse de doctorat, université Saad Dahlab-Blida, Algérie. 370p.

- **(Benelouati L., 1989)** - Erosion et aménagement conservatoire de trois micro bassins dans les monts de Beni-chougrane (Ain-fares, Mascara, Algérie). Bilan des études et propositions d'action en milieu paysan.

- **Bou. Kheur .R. Girard M-C shaban A, khawlie M, Faour.G, DArwich T, 2001 b**

- apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région Côtière du Liban Télé .détection ,2(1): 1-22

-Bonn F, Cyr L. Anys H, chakroun h, 1994

- une modélisation Spatiale des pertes de sol liées a l'érosion hydrique. In: **Bonn F**, éditeur, Télédétection de l'environnement dans l'espace Francophone, ACCT/PUQ.75-97

C

- **Chebbani R., Djilli K., Roose E., 1999.** Etude à différente échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de Isser. Bull. ORSTOM, Rés. Eros., 19, 85-95p.
- **CASENAVE et VALENTIN, 1989.** Les états de surface de la zone sahélienne, Influence sur l'infiltration .Edition ORSTOM, 229p.

D

- **Demmak,A.(1982)** : Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale (thèse de docteur-ingenieur présentée à l'université Pierre et Marie Curie –Paris
- **Delhoume J-P, 1981:** Etude e milieu méditerranéen semi-aride: ruisselement et érosion e zone montagneuses de Tunisie (Djebel Semmama) . Compagne 1975-1979.Tunis, Orstom/DRE.185p.
- **(Dufaure, 1984).** Distribution des mouvements de terrain dans un espace méditerranéen instable Péloponnèse Grèce in Doc B.R.G.M 83 1984 pp 507-51
- **(Dumas J. 1965).** Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. *Cah. ORSTOM Pédol.* 3(4): 307-333.
- **De Jong S-M, Riezebosh-t., 1997-SEMMED:** a distributed approach to soil erosion modeling. Remote Sensing 96, Spiteri (ed). Balkema, Rotterdam, ISBN 90 54 10 855 X, 199-204.

f

Références bibliographiques

- **Fournier, 1960**; Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphérique. PUF, Paris, France.
- **FEM et FIDA, 2002**, publication FIDA. Edition GMS GRAFICHE, Rome, juillet 2002
- **FAO, 1980**, Méthode provisoire pour l'évaluation de la dégradation des sols.88p
- **Fauck R.1956**.érosion et mécanisation agricole. Bureau des sols en Afrique occidentale 24
- **Fournier F.1967**.La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. Sols Africains12(1):5-53
- **Fournier F, Henin S 1962**. In : Étude de la forme de la relation existant entre l'écoulement mensuel et le débit solide mensuel. Bari. Association internationale des sciences hydrologiques (AIHS),: 353-8.

G

- **Greco (1966)** : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. (ministère de l'agriculture Alger).
- **Gravillovic (1960)**: Ingénierie des cours d'eau torrentielle.

H

- **Heusch, 1970**: l'érosion de préif. Etude quantitative dans les collines marneuses. Annales recherches forestières du Maroc 12p. 9-176.
- **Heusch, 1988**: étude de l'érosion et des transports solides en zone semi-aride. Bilan des connaissances et synthèse bibliographique: recherche bilan. Sur l'Afrique du nord. SOGREA H PNUD. Projet RAP/80/011.P32
- **Hénin S. et Gobillot T. 1950**. L'érosion en France. C.R. Acad. Sci. Paris 230 1: 128-130.
- **Heusch B. 1969**. L'érosion dans le bassin de Sebou Maroc: une approche quantitative. *Revue Géogr. Maroc 15*: 109-128.

I

Références bibliographiques

- **INRA MONTPELLIER ,1972 .** Les sols dans le paysage et leurs aménagements .S.E.S INRA Montpellier: 173p.

J

- **JAMAGNE ,1994.** La cartographie des sols .Analyse spatiale de la couverture pédologique In : Du chaufour Ph .et Souchier B. Pédologie, tome 2; Constituants et propriétés du sol, 2^e Édition, MASSON, Paris, Milan, Barcelone. 588-617p.

K

- **kirkby M., 1995-** Modeling the links between vegetation and landforms. *Geomorphology*13:35-319.

L

- Ludwig, 1992:** L'érosion par ruissellement concentré des terres cultivées nord du Bassin parisien : analyse de la variabilité des symptômes d'érosion à l'échelle du bassin versant élémentaire .Thèse de doctorat, université de Strasbourg I, 201 p.
- Lafren J-m .leonard J-L, Foster G-R, 1991-** A new generation of erosion predicting technology *JOURNAL Soil Water Conservation* , no 46, pp 8-34.

M

- **MATEUR .M(1958) :** Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie) bulletin N°17 publication du service de la carte géologique de l'Algérie
- **Meddi M, Khaldi .A, Meddi H, 1998 :** contribution à l'étude du transport solide en Algérie de nord. A Symposium held at veinna, juillet 1998, IASH publ n° 249. P393-398.
- **Meddi, M,(1992):** hydro –pluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie), Doct. Thèse, Université Pasteur, Strasbourg.

O

- **Ozden S. Sonmez .K.1998.**Erodibility of Some great Soil groups in eastern Anatolia. International Symposium on arid region Soils, Share our experiences to conserve the land Izmir, Turkey,21-24 September 1998-154-159
- **O.N.M. 2010,** office national météorologique

P

-POULIOT J., Thomson K-P-B, Chevallier J-J .Boussema r-m 1994-Integrated application of geomatic technique in the context of agricultural anti –érosion management. Canadien JOURNAL OF Remote Sensing.20(4):419-425.

Q

-Quinton J(1997)- .Reducing predictive uncertainty in model simulations :a comparison of two methods using the European Soil Erosion Model (EUROSEM) Catena 30:101-117

R

Remaoun, M. (1996). Contribution à l'étude des formes externes des écoulements dans les cours d'eau du Cheliff (thèse de Magister C.U Chlef).

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

-Roose.E, 1993: Premiers résultats de quantification du ruissellement et de l'érosion en nappe sur Jachères en Algérie (Région de Médéa) .*Annales de la recherche forestière en Algérie* .P44-55.

- **Roose, 1980.** Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. Thèse Doct. ès Sciences, Université d'Orléans, 587 p. In: *Travaux et Documents* de l'ORSTOM, Paris, n° 130, 569 p.
- **Roose E. 1987.** Gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols dans les paysages soudano sahéliens d'Afrique occidentale. C.R. Séminaire ICRISAT/INRAN, Niamey, Niger, p. 57-72.
- **Remini ,1999** Envasement des barrages dans le Maghreb. *Bul .Int . de l'eau et de l'Env.,* 22:4-8.
- **Roose, 1994,** introduction à la GCES. *Bulletin pédologique* FAO.76, 420p.
- **Razafiniaina, 2002:** étude expérimentale de l'érosion hydrique inter rigole sous culture de MIL et d'ARACHID au Sénégal. DAKAR.
- **RUELLAN et DOSSO, 1993.** Regards sur le sol. Editions Foucher, Paris, 192p.
- **Remy-Berzencovitch E. In 1952 :** Nouvelle méthode de calcul du débit solide des cours d'eau. *Österreichische Wasser-Wirtschaft,:* 59-66.

S

-STENGEL, 1982:la composition granulométrique des sols: un moyen de prévoir leur fertilité physique BTI 370/372 :503-511

-Saidi, A(1991) : Erosion spécifique et prévision de l'envasement .In: Colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages (Alger, décembre 1991), 204-226. Publ. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger

T

- **Tixeront, 1960; Capolini 1969, Saidi 1991 in Meddi .M 1999 :** étude du transport solide dans le bassin versant de l'oued Ebda (Algérie). Bulletin, Stuttgart, 1999. P 168-183
- **Touaïbia, 2000:** Erosion- Transport solide- envasement des barrages. Cas du bassin versant de l'Oued MINA, thèse de doctorat d'état, INA, el Harrache, Algérie.
- **Touaïbia. B, Gomerd. D, Aidaoui.A, Achite, 2001,** quantification et variabilité temporelles de l'écoulement solide en zone semi aride, de l'Algérie du Nord journal des sciences hydrologique. 41-53p.
- **Touaïbia B, Achite. M, 2003,** contribution à la cartographie de l'érosion spécifique du bassin versant de l'Oued MINA en zone semi aride de l'Algérie septentrionale journal des sciences hydrologique p235.
- **Terfous A, Bouanani A, Megnounif A, 1999.** Evaluation du transport solide dans le basin de l'isser (N-O Algérien) 2° séminaire maghrébin sur l'eau .Tizi Ouzou, 28-29 juin
- **Thornes J-B., SHAO j-X, Daiz E., Roldan A., Mc Machon M, Hawkes J-C.1996-** Testing the ,Testing the MEDALUS HILLSLOPE MODEL. Catena 26:60-137.

W

-Wischmeier W.H. 1959. A rainfall erosivity index for a universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23: 246-249.

Références bibliographiques

-Wischmeier W.H. et Smith D.D. 1960. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. *Proc. 7th Inter. Congress Soil Science Soc.* Vol. 1: 418-425.

- **Wschmeier et al., 1978:** predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. Agriculture Hand-Book. N° 537. USA.
- **Wischmeier W. H. et Smith D. D. 1978.** Predicting rainfall erosion. A guide to conservation planning. USDA-ARS, *Agriculture Handbook* n° 537, 58 p.

Cartes géologiques

Cartes géologiques: 1/200.000

MATTAEUR.M	Carte géologique de l'Ouarsenis orientale 1958
-------------------	--

Cartes géologiques: 1/50.000.

GLAUGEAUD.D	Carte géologique Miliana 1959
--------------------	-------------------------------

Introduction générale.....	a
CHAPITRE I: étude bibliographique	1
Introduction	3
I. L'EROSION.....	3
I.1. Définition du phénomène.....	3
I.2. Types d'érosion	4
I.2.1. L'érosion éolienne.....	4
I.2.2. L'érosion aratoire ou mécanique sèche.....	4
I.2.3. L'érosion hydrique.....	5
I.2.3.1. Définition	5
I.2.3.2. Processus de formation de l'érosion hydrique.....	5
I.2.3.3. Les différentes formes d'érosion hydrique.....	6
I.2.3.3.1. Erosion en nappe	6
I.2.3.3.2.Erosion linéaire.....	7
a). Les griffes.....	7
b) Les rigoles.....	7
c) La ravine.....	8
d) Le ravin.....	8
e)Ravinement généralisé (Bad –Lands).....	8
f) Suffusions ou Tunneling.....	8
g) Mouvement de masse.....	8
h). Glissement de terrain.....	8
1. Glissement en planches.....	9
2. Glissement rotationnel.....	9
i) Les décollements.....	9
j) Les écoulements superficiels.....	9
I.3. Les facteurs de l'érosion hydrique	10
I.3.1.Le climat.....	10
I.3.2. Le sol	10
I.3.3. Facteurs topographiques.....	11
1.3.4.. Couverture végétale.....	11
1.3.5. Facteurs humains	11
I.4. Les causes de l'érosion.....	12

SOMMAIRE

I.4.1. Causes d'érosion et facteurs de résistance du milieu.....	12
I.5. Conséquences de l'érosion.....	13
I.5.1. Conséquences de l'érosion hydrique.....	13
I.5.2. Conséquences de l'érosion éolienne.....	14
I.6. Lutte contre l'érosion.....	14
I.6.1. Lutte contre l'érosion hydrique.....	14
I.6.1.1. Ouvrages de défonce de restauration du sol.....	14
I.6.1.2. Méthodes de cultures anti –érosions.....	15
I.6.2. Lutte contre l'érosion éolienne.....	15
II- LE TRANSPORT SOLIDE.....	16
II.1. Transport par charriage.....	16
II.1.1 Facteurs influençant les écoulements de surface.....	16
II.1.1.1 La torrencialité de l'écoulement	16
II.1.1.2. Pente de compensation.....	18
II.2. Transport en suspension.....	18
II.2.1. Définition.....	18
II.2.2. Description du phénomène.....	18
II.3. Quelques données sur le transport solide en Algérie et la Méditerranée.....	19
A) Dans le bassin méditerranéen.....	20
B) En Algérie.....	21
III- Quantification de l'érosion hydrique.....	25
III.1. Les méthodes de quantification de l'érosion.....	25
III.1.1. Formule de Henin "1950".....	25
III.1.2. Formule universelle de WISCHEMEIER 1959.....	26
III.1.3. Formule de Fournier (1960).....	27
III.1.4. Formule de TIXERONT (1960).....	27
III.1.5. Formule de Gravellovic (1960).....	28
III.1.6. Formule de l'A.N.R.H, 1982	29
III.1.7. Formule de SOGREAH.....	29
Conclusion:.....	30

CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE	31
Introduction	32
I. Localisation de la zone d'étude.....	32
I.1. Bassin de ROUINA.....	33
I.2. Bassin de TIGHAZEL	34
II. Situation géologique et lithologique.....	35
II.1. Situation géologique.....	35
II.1.1. Bassin versant de Rouina.....	35
II.1.2. Bassin versant de Tighazel.....	36
II.2. Description des affleurements des deux bassins.....	37
III. Caractéristiques des couvertures pédologiques des deux bassins versants.....	41
III.1 Le concept de couverture pédologique.....	41
III.2. Quelques aspects méthodologiques de l'étude des couvertures pédologiques.....	41
III.2.1. Objectifs et démarches dans la description des sols.....	42
III.2.2. Les analyses de laboratoire.....	43
III.2.3. La cartographie pédologique.....	43
III.3. Situation pédologique des deux bassins versants.....	43
III.3.1. Bassin versant de Rouina.....	43
III.3.2. Bassin versant de Tighazel.....	44
IV. Climat et caractéristiques morpho métriques.....	47
IV.1. Le climat.....	47
IV.1.1 La température.....	47
IV.1.2. Les précipitations.....	48
IV.1.2.1. Précipitation moyenne du bassin versant.....	48
IV.1.2.2. La neige.....	50
IV.1.2.3. La gelée	50
IV.1.3. L'évaporation.....	51
IV.1.4. L'humidité de l'air.....	51
IV.1.5. Le vent.....	52
IV.2. Caractéristiques morpho métriques.....	52
IV.2.1. Les caractéristiques de forme.....	52
IV.2.1.1 La surface	52
IV.2.1.2. Le périmètre.....	53
IV.2.1.3. Indice de Gravilus Kc.....	53

SOMMAIRE

IV.2.1.4. Longueur du rectangle équivalent.....	53
IV.2.2. Caractéristiques hypsométriques.....	55
IV.2.2.1. Le relief	55
IV.2.2.2. Altitude moyenne (\bar{H}).....	59
IV.2.2.3. La dénivelée simple « D »	60
IV.2.2.4. Les pentes.....	60
IV.2.2.4.1. Indice de pente globale.....	60
IV.2.2.4.2. Indice de pente de roche.....	61
IV.2.2.4.3. La dénivelée spécifique « Ds ».....	61
IV.2.3. Les caractéristiques du réseau hydrographique.....	61
IV.2.3.1. Classification de Talwegs.....	61
IV.2.3.2. Densité de drainage (Dd).....	62
IV.2.3.3. Coefficient de torrentialité (Ct).....	63
IV.2.3.4. Temps de concentration.....	63
IV.2.3.4.1. Formule de GIANDOTTI.....	63
IV.2.3.5. Vitesse de l'écoulement de l'eau (Ve)	64
IV.2.4. Couverture du sol.....	65
Conclusion.....	67
CHAPITRE III : Analyse de la variable des précipitations, de l'écoulement et de la crue...	68
Introduction	69
I- Evolution des précipitations (1987-2007)	69
I-1- L'évolution des précipitations annuelles: tendances et ruptures de stationnarité.....	69
I-2- Les tendances pluviométriques dans le bassin –versant	69
I-3- Le rythme pluviométrique des années extrêmes dans le bassin –versant	71
I-4- Les années excédentaires	71
1-5- Les années déficitaires	76
1-6- Variation mensuelle moyenne de Pluie/débit dans le bassin versant du Rouina de 1987/2007	82

SOMMAIRE

1-7-Variation mensuelle moyenne de Pluie/débit dans le bassin versant du Tighzel de 1987/2007	82
1-8-L'évolution interannuelle de l'écoulement « 1987-2007 »	83
Relation entre la pluie et l'écoulement:	84
II- AJUSTEMENT DES PRECIPITATIONS A UNE LOI DE PROBABILITE :.....	86
II-1- les precipitations	86
1) l'échelle annuelle :.....	86
2) A l'échelle mensuelle	91
3) A l'échelle journalière :.....	93
II.2. LES ECOULEMENTS	109
II-3. Crues	112
Conclusion.....	123
CHAPITRE IV : PRESENTATION DES DONNEES	124
Introduction	125
I. Présentation et traitement des données.....	125
I.1. Collecte des données.....	125
I.2. Mise en forme des données.....	126
II. Relation débit liquide- débit solide.....	126
II.1.Relation Débit liquide instantané –débit solide instantané (l'échelle interannuelle).....	127
II.6 Récapitulation des modèles (Débit liquide-Débit solide).....	128
III. Relation débit liquide –turbidité	130
III.1. Relation débit liquide instantané -Turbidité (Echelle interannuelle).....	130
III.2. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Echelle annuelle).....	130
III.3. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Echelle mensuelle).....	134
III.4. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Echelle saisonnière).....	137
III.5. Relation débit liquide instantané- Turbidité (Période humide et sèche).....	138
III.6. Récapitulation des modèles (Turbidité –Débit liquide)	138
Conclusion.....	141
CHAPITRE V : RESULTATS ET INTERPRETATION	142

SOMMAIRE

Introduction.....	143
I. Quantification des apports solides et l'érosion spécifique.....	143
I.1. L'apport solide.....	143
I.2. L'érosion spécifique	145
II. Recherche d'une relation entre la lame d'eau ruisselée et l'érosion spécifique.....	149
Conclusion.....	150
Conclusion générale.....	151
Annexes	152
-Liste de figures	153
-Liste de tableaux	157
- Tableaux A,B,C.....	161
Références bibliographiques	170
Sommaire	177