

N°d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 02 محمد بن احمد

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed



Faculté de Sciences de la Terre & de l'Univers Département de Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour L'obtention du grade

Master II

Option : Risques géologique naturels

Thème :

Etude de risque hydrologique du bassin versant de l'oued Sikkak

Présenté par

Mr. DERBAL WAHID & Mr. DOUAR EL AID

Soutenu le : 15 / 10 / 2021 devant le jury composé de :

Mr. Safa aissa	Professeur	Université Oran02	Président
M^{me}Bakhti Amel	Mcb	Université Oran02	Rapporteur
Mr.Bouزيد Rabeه	Mcb	Université Oran02	Examineur

Oran, 2021

Avant-Propos

Je tiens à remercier en premier lieu "Allah " le Tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage ainsi que la volonté pour achever ce modeste travail.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude et mon vif remerciement à **M^{me}Bakhti Amel**, professeur à l'université d'Oran 02, mon promoteur de mémoire, qui m'a accordé de son temps, son savoir, ces conseils et qui m'a dirigé du début à la fin de ce travail.

Je tiens également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce mémoire :

Mr.Safa aissa pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Mr. Bouzid rabeh qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre, je cite en particulièrement **Mr.Nadji**.

Un remerciement spécial aux ; **Bouzid Nabil, Dahou Djamel, Terfassi Tarek, Mahi Mjahedet**, et aux personnels administratif **Mr.HadjajRafik** et **Mme. HADJEL Saliha**.

Je tiens à remercier tous mes collègues de travail, pour leur soutien et encouragement.

En fin, tous ceux qui m'ont aidé du pré ou loin, Merci.

Mr.Derbal.W

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma chère mère fatima, et mon cher père Tayeb ,papa repose en paix

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de

m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A ma chère femme Imane et ma fille Khouloud

A mes frères et sœurs :Mohamed,Ahmed,Aicha,Fatma,Daima,Nacira,Malika et

leurs familles .

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A tous mes camarades de la promotion spécialement :

Et toute ma famille...

Résumé

Actuellement, les risques hydrologiques deviennent de plus en plus importants dans les bassins versant Algérien, les inondations issues des fortes intensités des précipitations est la forme la plus répandue dans les bassins.

Le travail réalisé dans ce mémoire de fin d'étude est lié au bassin versant Sikkak qui fait partie de grand bassin de Tafna. il est situé au Nord –Ouest Algérien dans la région de wilaya de Tlemecen, d'une superficie de 217.52 km² et d'un périmètre de 85,91 Km.

Alors notre travail portera tout d'abord sur un diagnostic physico-géographique de la zone d'étude qui permettra de caractériser les principaux facteurs naturelles intervenant dans l'alimentation en eau et dans l'écoulement, une présentation préalable de l'ensemble des paramètres géomorphologiques, géologiques, hydrologique et climatiques du sous bassin versant.

Cette étude a été entamée par une analyse détaillée de séries de précipitations et débits recueillies à la station pluviométrique de Lala Setti sur une durée de 32 ans (1975-2007) et à la station hydrométrique de Ain yousef sur une durée de 24 ans (1975-1999). l'analyse des caractéristiques pluviométriques qui sont présentés sous forme de courbes IDF (intensité-durée-fréquence) nous a permis d'estimer les valeurs des intensités maximales moyennes en fonction de nombre de jour et temps de retour.

Mots clés : Bassin versant, Oued Sikkak, débit, précipitations, étude pluviométrique, intensité, temps de retour.

ملخص

في الوقت الحالي ، تزداد المخاطر الهيدرولوجية أهمية في مستجمعات المياه الجزائرية ، والفيضانات الناتجة عن كثرة هطول الأمطار هي الشكل الأكثر شيوعاً في الأحواض.

يرتبط العمل المنفذ في نهاية أطروحة الدراسة بمجمع مياه سكاك الذي هو جزء من حوض تفنا الكبير ، ويقع في شمال غرب الجزائر في ولاية تلمسان ، بمساحة 217.53 كيلومتر مربع و بمحيط 85 كم.

لذلك سيركز عملنا أولاً وقبل كل شيء على التشخيص الفيزيائي والجغرافي لمنطقة الدراسة والذي سيسمح لنا بتوصيف العوامل الطبيعية الرئيسية المشاركة في إمدادات المياه وفي التدفق، وعرض أولي لجميع المعلمات. الجيومورفولوجية والجيولوجية ، الهيدرولوجية والمناخية لمستجمعات المياه الفرعية.

بدأت هذه الدراسة بتحليل مفصل لسلسلة الترسبات والتدفقات التي تم جمعها في محطة بلوفيومتري في لالا سيتي على مدى 32 عامًا (1975-2007) وفي محطة القياس الهيدرومتري في عين يوسف على مدار 24 عامًا (1975) سمح لنا تحليل خصائص قياس الكثافة التي يتم تقديمها في شكل منحنيات IDF (كثافة - مدة - تردد) بتقدير قيم متوسط الشدة القصوى كدالة لعدد الأيام ووقت العودة.

الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه ، واد السكاك ، الجريان ، التساقط ، دراسة هطول الأمطار ، الشدة ، زمن العودة.

Abstract:

Currently, hydrological risks are becoming more and more important in the Algerian watersheds, flooding resulting from high intensities of precipitation is the most common form in the basins.

The work carried out in this end of study thesis is related to the Sikkak watershed which is part of the large Tafna basin. It is located in the North West of Algeria in the wilaya region of Tlemecen, with an area of 217.53 km² and with a perimeter of 85 km.

So our work will first of all focus on a physico-geographical diagnosis of the study area which will allow us to characterize the main natural factors involved in the water supply and in the flow, a preliminary presentation of all the parameters, geomorphological, geological, hydrological and climatic of the sub-watershed.

This study was started by a detailed analysis of series of precipitations and flows collected at the pluviometric station of LalaSetti over a period of 32 years (1975-2007) and at the hydrometric station of Ainyousef over a period of 24 years (1975-2000). The analysis of the pluviometric characteristics which are presented in the form of IDF (intensity-duration-frequency) curves allowed us to estimate the values of the average maximum intensities as a function of the number of days and the return time.

Keywords: Watershed, OuedSikkak, flow, precipitation, rainfall study, intensity, return time.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure .1 : Représentation des courbes IDF.....	01.
Figure .2 : Distribution de Gumbel pour la station de Lala Setti (1997-2007).....	07.
Figure .3 : calcul des lames précipitées et des intensités.....	08.
Figure .4 : Représentation des courbes IDF et lames d'eau précipitées.....	09.

Chapitre II

Figure .5: Emplacement de bassin versant d'oued Sikkak.....	11.
Figure .6 : Réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Sikkak.....	14.
Figure .7: Courbe Hypsométrique et histogramme de fréquences altimétriques Du Bassin versant d'oued Sikkak.....	17.
Figure .8: carte hypsométrique du bassin versant oued Sikkak.....	18.
Figure .9 : Profil en long d'Oued Sikkak. (Berrezoug et Kissi, 2002).....	23.
Figure .10: cartes d'occupation du sol du bassin versant d'oued Sikkak.....	24.
Figure .11 : Schéma structurale de la chaine alpine de la méditerranée occidentale (Benest 1985).....	25.
Figure .12 : colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines.....	26.
(Benest et Bensalah 1999).	
Figure .13 : Log stratigraphique des différentes formations géologiques	28.
Dans le bassin de la Tafna Benest (1986)	
Figure .14 : Carte lithologique du bassin versant d'oued Sikkak(Bouanani 2004).....	30.

Chapitre III

Figure .15 : Répartition des stations au niveau du bassin versant d'Oued Sikkak.....	34.
Figure .16 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles de station de Lala Setti.....	36.
(1975-2007).	
Figure .17 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de station de Lala Setti.....	37.
(1975-2007).	
Figure .18 : Histogramme des précipitations moyennes saisonnières de station de Lala Setti.....	38.
(1975-2007).	
Figure .19 : Histogramme des précipitations moyennes journalières de station de Lala Setti.....	39.
(1975-2007).	
Figure .20 : courbe des simples cumuls des précipitations moyennes annuelles de station de Lala Setti (1975-1999).....	40.
Figure .21 : Histogramme des débits moyens annuels de station de Lala Setti (1975-1999).....	42.
Figure .22 : Histogramme des débits moyens mensuels de station de Lala Setti (1975-1999).....	43.
Figure .23 : Histogramme des débits moyens saisonniers de station d'Ain yousef(1975-1999)....	44.
Figure .24: Histogramme des débits moyens journaliers de station d'Ain yousef (1975-1999)....	45.
Figure .25: courbe des simples cumuls des débits de station d'Ain yousef (1975-1999).....	46.

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau .1 :les valeurs des précipitations maximales (1997-2007) de la station de Lala Setti.....6.

Chapitre II

Tableau .2 :Caractéristiques de forme du bassin versant d'Oued Sikkak.....13.

Tableau .3 :paramètres morpho métriques du réseau hydrographique d'Oued Sikkak.....15.

Tableau .4 : Répartition hypsométrique du bassin versant d'Oued Sikkak (moyenne Tafna).....17.

Tableau .5 : Les Altitudes Caractéristiques du Bassin Versant d'Oued Sikkak.....18.

Tableau .6 :Indices de pentes et reliefs de bassin versant d'oued Sikkak.....20.

Tableau .7 : Classification du relief selon Ig par l'ORSTOM.....20.

Tableau .8 : Indices de pentes et reliefs de bassin versant d'oued Sikkak.....21.

Tableau .9 :Classification du relief selon Ds par l'ORSTOM.....21.

Tableau .10 : Valeurs des coefficients de torrentialité et les temps de concentration.....22.
des eaux de bassin versant d'oued Sikkak.

Tableau .11 : calcul des pentes de chaque Tronçon. (Berrezoug. T et Kissi.S, 2002).....22.

Tableau .12: Distribution du couvert végétal dans le bassin versant d'Oued Sikkak.....24.

Tableau .13: La répartition spatial des différentes formations lithologique en % de bassin versant d'oued Sikkak.....31.

Chapitre III

Tableau .14 : Les coordonnées Lambert de la station de Lala Setti de bassin versant d'oued Sikkak.....33.

Tableau .15 :Les précipitations moyennes annuelles de la station pluviométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-2007).....35.

Tableau .16 : Les caractéristiques des précipitations moyennes annuelles d'Oued Sikkak.....35.

Tableau .17 : Les valeurs des pluies moyennes mensuelles de la station de Lala Setti(1975 - 2007).....37.

Tableau .18 :Les valeurs des pluies moyennes mensuelles de la station de Lala Setti (1975-2007).....37.

Tableau .19 : Les valeurs des précipitations journalières maximales de la station de Lala Setti (1975 - 2007).....38.

Tableau .20 : Cumuls des valeurs sur 32 ans de la station pluviométrique de Lala Setti.....40.

Tableau .21 :Les coordonnées Lambert de la station d'Ain yousef de bassin versant d'oued.....41.Sikkak.

Tableau .22 :Les débits moyens annuels de la station hydrométrique de bassin versant d'ouedSikkak (1975-1999).....42.

Tableau .23 : Les débits moyens mensuels de la station hydrométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-1999).....43.

Tableau .24 : Les débits moyens saisonniers de la station hydrométrique de bassin versant d'ouedSikkaK (1975-1999).....43.

Tableau .25 : Les valeurs des débits journalières maximales de la station

d'Ainousef (1975 -1999).....	44.
Tableau .26 : Cumuls des valeurs des débits sur 24 ans de la station hydrométrique	
D'Ain yousef.....	46.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

RESUME

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Application de la méthode IDF

I-Introduction	01.
II-utilisation des courbes IDF	02.
II.1-méthodologie.....	02
1-Représentation Analytique.....	02.
2-Représentation statique.....	03.
III-application de la méthode IDF	03.
III.1-mise en œuvre de la méthode IDF.....	03.
III.2-méthode de moments.....	05.
IV-Représentation et interprétation des résultats	06.
IV-conclusion	10.

CHAPITRE II :CONSIDERATION GENERALES

I- CADRE GEOGRAPHIQUE	11.
I.1- Situation géographique du secteur d'étude.....	11.
I.2- CADRE GEOMORPHOLOGIQUE	12.
I.2.1- caractéristique de forme.....	12.
I.2.2- indice de capacité de gravelius.....	12.
I.2.3- rectangle équivalent.....	13.
I.2.4- coefficient de circularité.....	13.
I.2.5- étude de réseau hydrographique.....	14.
I.2.6- densité de drainage.....	14.
I.2.7- rapport de confluence.....	15.
I.2.8- rapport de longueur.....	15.
I.2.9- fréquence des cours d'eau.....	16.
I.3- ETUDE DE RELIEF	16.
I.3.1- la courbe hypsométrique.....	16.
I.3.2- altitude caractéristique.....	18.
I.4 -INDICE DE PENTE ET RELIEF	19.
I.4.1 -indice de pente global I_g	19.
I.4.2- indice de pente de roche I_p	20.
I.4.3- dénivelée spécifique.....	21.
I.4.4 -Coefficient de torrentialité.....	21.
I.4.5 -Temps de concentration.....	21.

I.5 -ETUDE DE PROFIL EN LONG.....	22.
I.6 -SOL ET VEGETATION.....	23.
II – CONTEXTE GEOLOGIQUE	25.
II.1 –Introduction.....	25.
II.2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	27.
1- Le primaire.....	27.
2- Secondaire.....	27.
a- Crétacé.....	27.
3- Tertiaire.....	27.
a- Le miocène inferieur.....	27.
b- Le miocène moyen.....	27.
c- Le miocène superieur.....	28.
4- Le palio-quatenaire.....	28.
II.2.3.GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT ETUDIE.....	29.
II.2.3.1- les formations secondaires.....	29.
a- Les grés de Boumédiène (oxfordien superieur kimméridgien superieur).....	29.
b- Les dolomies de Tlemcen (kimméridgien terminal).....	29.
II.2.3.2- les formations tertiaire.....	29.
a- Le miocène marin.....	29.
II.2.3.3- les formations quaternaires.....	29.
a- Les alluvions anciennes.....	29.
1-Le complexe de piémont.....	29.
2-les travertins.....	29.
3-la croute calcaire.....	30.
4-le glacis de pente Soltanienne.....	30.
b- Les alluvions récentes.....	30.
III-CONCLUSION.....	31.

CHAPITRE III : Hydrologie du bassin versant d'oued Sikkak

I-Etude climatologique.....	32.
I.1-Introduction.....	32.
I.2-aperçu sur le climat de la région.....	32.
I.3-étude pluviométrique.....	32.
I.3.1-precipitations annuelles.....	33.
I.3.2-precipitations mensuelles.....	34.
I.3.3-precipitations saisonnières.....	35.
I.3.4-precipitations journalières.....	38.
I.4-homogénéité des précipitations.....	39.

I.4.1-méthode des cumuls simples.....	39.
I.4.2-application.....	39.
II-Ecoulement (débit).....	41.
II.1-régime hydrologique.....	41.
II.2-débits moyens annuel.....	41.
II.3-débits moyens mensuels.....	42.
II.4-débits moyens saisonnières.....	43.
II.5-débits journalières.....	44.
II.6-homogénéité des débits.....	45.
II.6.1-méthode des simples cumuls.....	45.
II.6.2-application	45.
III-conclusion.....	47.

CHAPITRE IV

<u>CONCLUSION GENERALE.....</u>	<u>49.</u>
--	-------------------

<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	<u>52.</u>
---	-------------------

ANNEXE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les débits extrêmes issus des inondations, ont des conséquences très dangereuses sur les populations. Parfois ils constituent un véritable risque, Bien que les domaines d'études reliés à ces types d'événements soient nombreux, cette recherche est limitée aux risques hydrologiques.

Le débit des crues d'un cours d'eau est l'augmentation du débit jusqu'à des valeurs extrêmes, caractérisant ainsi le comportement en thème de régime d'écoulement durant les précipitations.

Dans ce travail, nous allons étudier les différents risques hydrologiques qui surviennent dans le bassin versant d'oued Sikkak qui fait partie du grand bassin versant d'oued Tafna.

Pour une meilleure compréhension du comportement hydrologique de notre bassin, nous avons effectué une étude hydroclimatologique que nous avons complétée par une étude d'analyse de l'intensité des pluies responsable des déclenchements des débits extrême et leurs temps de retour.

Le but principal de ce travail est de présenter des courbes **IDF** des précipitations pour la station pluviométrique de Lala Settiafin de déterminer l'intensité des fortes pluies en fonction de nombre de jours et leur temps de retour. Pour avoir une idée sur les risques des inondations et prendre les précautions nécessaires.

Notre mémoire est organisé en trois (03) chapitres :

Chapitre I : Application de la méthode IDF

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'établissement des courbes intensité-durée- fréquence (IDF) afin de déterminer les intensités maximales à différents pas de temps pour différents temps de retour.

Chapitre II : considérations générales

Ce chapitre aborde une présentation générale du bassin versant d'oued Sikkak (situation géographique, caractéristiques physique et morpho métriques, et contexte géologique

Chapitre III : Hydrologie du bassin versant d'oued Sikkak

Ce chapitre est consacré au traitement et correction des données des précipitations et débits, pour faire la correction on a appliqué la méthode des simples cumuls.

Chapitre IV : conclusion générale

CHAPITRE I

APPLICATION DE LA METHODE

IDF

I. Introduction :

Dans ce chapitre, on va analyser les caractéristiques pluviométriques qui sont représentés sous forme de courbes IDF (intensité-durée-fréquence) ; lesquelles représentent des synthèses d'évènements de précipitations ponctuelles, qui organisent les valeurs des intensités maximales moyennes selon leurs durées et leurs fréquences d'occurrence.

L'analyse des pluies a permis de définir deux lois générales de pluviosité qui peuvent s'exprime de la manière suivante :

- pour une même période d'apparition (donc un même temps de retour), l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.
- A durée de pluie égale, une précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc son temps de retour sera grande).

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques dites courbes IDF (Musy et Higy-2004) voir figure 1.

Donc pour mieux comprendre les prévisions pluviométriques de cette région on va déterminer les courbes IDF de la station de Lala Setti.

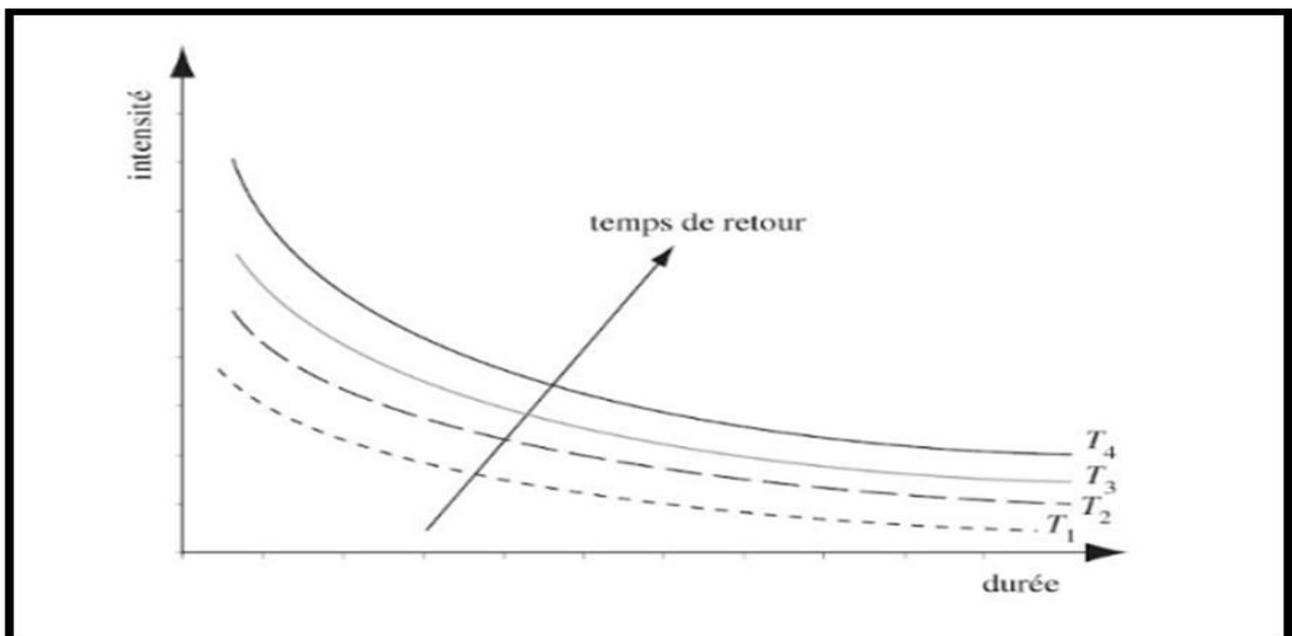


Figure 1 : Représentation des courbes IDF.

II. Utilisation des courbes IDF

Les courbes IDF sont construites dans un but bien précis. Elles permettent d'une part de synthétiser l'information pluviométrique au droit d'une station donnée et d'autre part de calculer succinctement des débits de projets (pluie d'entrée) utilisés en modélisation hydrologique (Musy et Higy-2004).

Les courbes IDF peuvent être utilisées pour plusieurs applications .pour l'utilisation de la méthode rationnelle. Par exemple. On utilise ces courbes pour trouver une intensité de pluie correspondant a une durée et a une fréquence.

Finalement, les courbes IDF peuvent servir de base pour développer des pluies synthétiques pour la conception.

II.1 Méthodologie :

Pour préparer ces courbes à partir des chartes d'enregistrement, on détermine tout d'abord, on considérant toutes les données disponibles, la plus grandes quantités de pluies tombée pour différentes durées (5 minutes,10 minutes ;15 minutes....etc.) et on classe ces quantités en ordre croissant pour chaque durée .une analyse de fréquence et ensuite complétée pour établir les périodes de retours des différents intensités pour chaque groupe de durée et les résultats peuvent ensuite être mis en graphique pour montrer la relation entre l'intensité, la durée et la fréquence des précipitations .

Les courbes IDF sont établis sur la base de l'analyse d'averses enregistrés a une station au cours d'une longue période. les courbes obtenues peuvent donc etre construites de manière analytique ou statistique. (Musy et Hygi-2004).

1- Représentation analytique

Différentes formules sont proposées pour représenter l'intensité critique d'une pluie en fonction de sa durée, pour une période de dépassement donnée.

La formule la plus générale avec T variable, est la suivante :

$I = k.Ta / (t+c)^b$ ou encore, pour T fixé, $I = a / tb$ (formule de Montana). Avec :

I = intensité en mm/h, T = la période de retour en années, t = la durée de référence en heure, et k,a,b,c sont les paramètres d'ajustement.

2 - Représentation statistique

Lorsque l'on dispose de suffisamment de données, il est préférable de déterminer les courbes IDF à partir de ces dernières. L'analyse fréquentielle peut s'appliquer si on ne présuppose pas une loi connue (de type Montana, etc.) et si on s'intéresse à des événements rares, donc extrêmes. Les données recueillies sont alors ajustées, à un pas de temps choisi, à une loi statistique qui doit décrire relativement bien la répartition des extrêmes.

A partir du jeu de données couvrant une période de n années. On peut par exemple déterminer les n plus fortes intensités pour diverses durées de précipitations, ce qui suppose qu'une analyse des précipitations a été effectuée. De cette analyse, il convient alors de calculer la fréquence de dépassement de chacun de ces valeurs. Ce calcul permet donc de déterminer divers couples d'intensité, durée, Fréquence qu'il convient ensuite de reporter sur une représentation graphique. Il reste alors à extrapoler l'allure générale des courbes IDF.

III. Application de la méthode IDF

III.1. mise en œuvre de la méthode IDF

Après avoir présenté les données pluviométriques, on a choisi d'appliquer la méthode IDF sur la station de Lala Setti.

Nous avons procédé à la démarche suivante :

- 1) On a calculé les intensités (mm/h) en fonction de la durée de référence t et de la période de retour T.
- 2) un calcul des fréquences de non-dépassement ou des fréquences d'apparition (ou des fréquences de dépassement) a été aussi effectué sous Excel.

Le modèle statistique adopté nous a permis de décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes. Il s'agit de la loi double exponentielle dite loi de Gumbel.

La fonction de répartition de la loi Gumbel $F(x)$ s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = (-\exp(-(x-a)/b)) \dots \dots (1) \quad \text{Avec la variable réduite suivante : } u = (x-a)/b$$

Où a et b sont les paramètres de modèle de Gumbel.

La distribution s'écrit alors de la manière suivante :

$$F(x) = (-\exp(-\exp(-u))) \dots \dots \dots (3) \quad \text{et } u = -\text{Ln}(-\text{Ln}(F(x))) \dots \dots \dots (4)$$

L'avantage d'utiliser la variable réduite est que l'expression d'un quantile est alors linéaire ($x_q = a + bu_q$).

En conséquence, dès lors que les points de la série à ajouter peuvent être reportés dans un système d'axes

$x-u$, il est possible d'ajuster une droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres a et b de la loi. L'estimation des paramètres a et b de l'ajustement peut se faire graphiquement (ajustement à l'œil ou à l'aide d'une régression statistique), ou selon une méthode mathématique comme celle des moments.

En pratique, il s'agit essentiellement d'estimer la probabilité de non-dépassement $F(x_i)$ qu'il convient d'attribuer à chaque valeur x_i . Il existe de nombreuses formules d'estimation de la fonction de répartition de $F(x)$ à l'aide de la fréquence empirique. Elles reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang r .

Des simulations ont montré que pour la loi de Gumbel, il faut utiliser la fréquence empirique de

$$\text{Hazen} : F(x_r) = (r-0.5)/n \dots \dots \dots (5)$$

Où r est le rang dans la série de données classées par valeur croissante, n est la taille de l'échantillon, x_r la valeur de rang r .

Rappelons encore que le temps de retour T d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'évènement. soit : $T = 1 / (1 - F_q(x_q)) \dots \dots \dots (6) \quad q=Q$

À l'aide de l'ajustement, il est alors possible d'estimer le débit de pointe pour un temps de retour donné.

III.2 Méthode des moments

La méthode des moments consiste à évaluer les moments des échantillons avec les moments théoriques de la loi. Par la méthode des moments, les paramètres a et b sont calculés par les formules:

$$\{b = \sqrt{6/\pi}\} \theta$$

$$\text{Avec } y = 0.5572 \text{ (constante d'Euler)} \dots \dots \dots (7)$$

$$\{a = \mu - by\}$$

Avec : θ : écart type des valeurs composants l'échantillon et μ : moyenne de l'échantillon.

Dès lors il est possible d'estimer les débits dont la représentation graphique est une droite d'équation :

$$Q = a + b.u \dots\dots (8)$$

Avec : u : variable réduite (cf.équation (4)).

Rappelons que pour une durée de pluie donnée, l'estimation du temps de retour de chaque lame précipitée, les étapes adoptées sont :

Etape 1 préparation de la série de données de .lames précipitées.

Trier les valeurs dans l'ordre croissant.

Attribuer un rang a chaque valeur.

Etape 2 calcul de la fréquence empirique pour chaque rang (Hazen, équation (5)).

Etape 3 calcul de la variable réduite $\langle\langle u \rangle\rangle$ du Gumbel (équation (4)).

Etape 4 représentation graphique des couples (u_i, x_i) de la série à ajuster

Etape 5 ajustement d'un relation linéaire de type $x_q = a + bu_q$ aux couples (u_i, x_i) .

Etape 6 calcul de l'intervalle de confiance de l'aide de la formulation de l'énoncé.

Etape 7 utilisant le modèle statistique pour estimer les lames précipités de différentes temps de retour T . par exemple, pour temps de retour $T = 20$ ans et $t = 24$ h, on suit les étapes suivantes :

Calcul de la fréquence de non-dépassement d'après la relation (6) :

$$F(Q_p(T)) = 1 - 1/T = 1 - 1/20 = 0.95$$

Calcul de la variable réduite de Gumbel correspondante d'après la relation (4) :

$$U = -\ln(-\ln(F(Q_p(T)))) = -\ln(-\ln(0.95)) = 2.97$$

IV. Représentation et interprétation des résultats

Pour une meilleure estimation des prévisions on a pris la dernière décennie des précipitations maximales (1997-2007).

Le tableau ci-dessous (tableau 1.) représente les valeurs maximales des précipitations.

Année jour	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours
1997-1998	11	22,7	15,8	23,8	28,7
1998-1999	14,2	24,1	21,8	31,5	35,2
1999-2000	16	27,8	33,5	38,6	41,15
2000-2001	19,6	30,6	44,2	47,2	47,3
2001-2002	32,5	53	73	88,7	70,9
2002-2003	40,7	64	94,9	101,3	79,3
2003-2004	42,5	70,5	95	106,9	89
2004-2005	48	72	97,4	145,8	98,3
2005-2006	50	76,4	114,9	156,7	108,6
2006-2007	56	76,5	117,9	200,6	114,3

Tableau 1 : les valeurs des précipitations maximales (1997-2007) de la station de Lala Setti.

Le rapport des données dans le script implémenté sous Excel a permis de calculer les temps de retour suivant le premier jour, Deuxième jour ,troisième jour ,quatrième jour et cinquième jour à partir de la variable réduite de Gumbel et de la durée de pluie considérée ; ceci a permis aussi d'estimer l'intensité pluviométrique moyenne maximale pour la station de Lala Setti (voir la figure 2).

Ces derniers regroupent l'estimation de lame d'eau écoulée pour les pas de temps choisis. On note que les moyennes retrouvées présentent un contraste très important en fonction de la durée de l'averse.

A partir de la figure n.III.1 on remarque que le pas de temps de premier jour correspond une moyenne de 35.5 mm, le pas de temps de 2 jours avec 51.8 mm, pas de temps de 3 jours avec 70.8 mm, pas de temps de 4 jours avec 94.1 mm.

On distingue aussi que la valeur du premier jour augmente progressivement jusqu'à 4 jours après avoir diminué le 5 jour avec une valeur de 71.3 mm. Ce qui nous donne une idée générale sur l'intensité et la durée des précipitations.

Lames précipitées maximales annuelles

pluie de 1 jour					pluie de 2 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
1	0,050	-1,10	11	16	1	0,050	-1,10	22,7	22
2	0,167	-0,58	14,2	21	2	0,150	-0,64	24,1	30
3	0,278	-0,25	15	25	3	0,250	-0,33	27,8	36
4	0,389	0,06	19,6	29	4	0,350	-0,05	30,6	41
5	0,500	0,37	40,7	33	5	0,450	0,23	53	45
6	0,611	0,71	42,5	37	6	0,550	0,51	64	51
7	0,722	1,12	49	42	7	0,650	0,84	70,5	57
8	0,833	1,70	50	49	8	0,750	1,25	72	64
9	0,944	2,86	56	63	9	0,850	1,82	76,4	74
10					10	0,950	2,97	76,5	95
Méthode des Moments :			moyenne = 35,5 [mm/10]	variance = 244,8 [-]				moyenne = 51,8 [mm/10]	variance = 529,2 [-]
			paramètre b = 12 [mm/10]	paramètre a = 28,5 [mm/10]				paramètre b = 18 [mm/10]	paramètre a = 41,4 [mm/10]

pluie de 3 jours					pluie de 4 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]	rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
1	0,050	-1,10	15,8	20	1	0,050	-1,10	23,8	16
2	0,150	-0,64	21,8	34	2	0,150	-0,64	31,5	37
3	0,250	-0,33	35,5	43	3	0,250	-0,33	38,6	52
4	0,350	-0,05	44,2	52	4	0,350	-0,05	47,2	65
5	0,450	0,23	73	60	5	0,450	0,23	88,7	78
6	0,550	0,51	94,9	69	6	0,550	0,51	101,3	91
7	0,650	0,84	95	79	7	0,650	0,84	106,9	106
8	0,750	1,25	97,4	91	8	0,750	1,25	145,8	125
9	0,850	1,82	114,9	108	9	0,850	1,82	156,7	152
10	0,950	2,97	117,9	143	10	0,950	2,97	200,6	206
Méthode des Moments :			moyenne = 70,8 [mm/10]	variance = 1507,4 [-]				moyenne = 94,1 [mm/10]	variance = 3591,0 [-]
			paramètre b = 30 [mm/10]	paramètre a = 53,4 [mm/10]				paramètre b = 47 [mm/10]	paramètre a = 67,1 [mm/10]

pluie de 5 jours				
rang [-]	fréquence empirique de Hazen [-]	variable réduite de Gumbel [-]	lame précipitée [mm/10]	lame précipitée estimée [mm/10]
1	0,050	-1,10	28,7	30
2	0,150	-0,64	35,2	41
3	0,250	-0,33	41,15	49
4	0,350	-0,05	47,3	56
5	0,450	0,23	70,9	63
6	0,550	0,51	79,3	70
7	0,650	0,84	89	78
8	0,750	1,25	98,3	88
9	0,850	1,82	108,6	102
10	0,950	2,97	114,3	130
Méthode des Moments :			moyenne = 71,3 [mm/10]	variance = 994,4 [-]
			paramètre b = 25 [mm/10]	paramètre a = 57,1 [mm/10]

Figure 2 : Distribution de Gumbel pour la station de Lala Setti (1997-2007).

Le calcul des courbes intensités, durée et fréquence (IDF) de la station sont représenté dans la figure 3.

La lame d'eau précipitée a été calculée en fonction des temps de retour respectivement 2 ans, 5 ans, 10 ans et 50 ans.

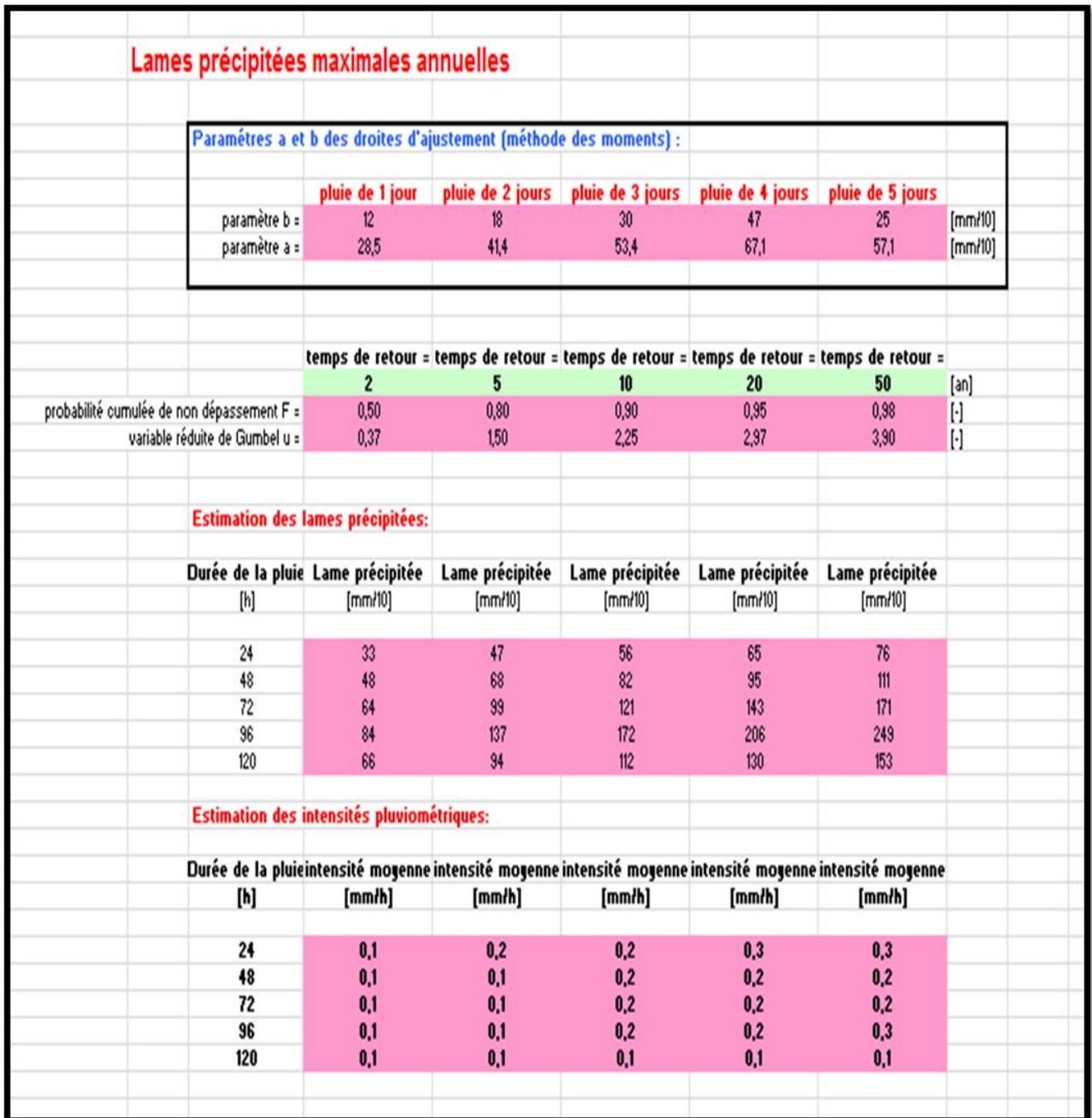


Figure 3 : calcul des lames précipitées et des intensités.

Les graphiques suivants des courbes IDF (intensité, durée et fréquence) dans la figure 4 nous ont informé les remarques suivantes :

D'après les courbes IDF on remarque que dans toutes les périodes de retour, les premiers 24 h sont les plus intenses avec une lame d'eau précipité importante, après elle diminue et stabilise jusqu'à le 4ème jour avec presque la même lame d'eau écoulée. En fin le dernier jour et le plus faible au niveau d'intensité et de lame d'eau écoulée.

Alors les premiers 100 heures sont les plus vulnérables au risque des inondations. Donc il faut faire des préventions pour l'avenir et préparer les ouvrages hydrauliques pour toute urgence pourrait survenir.

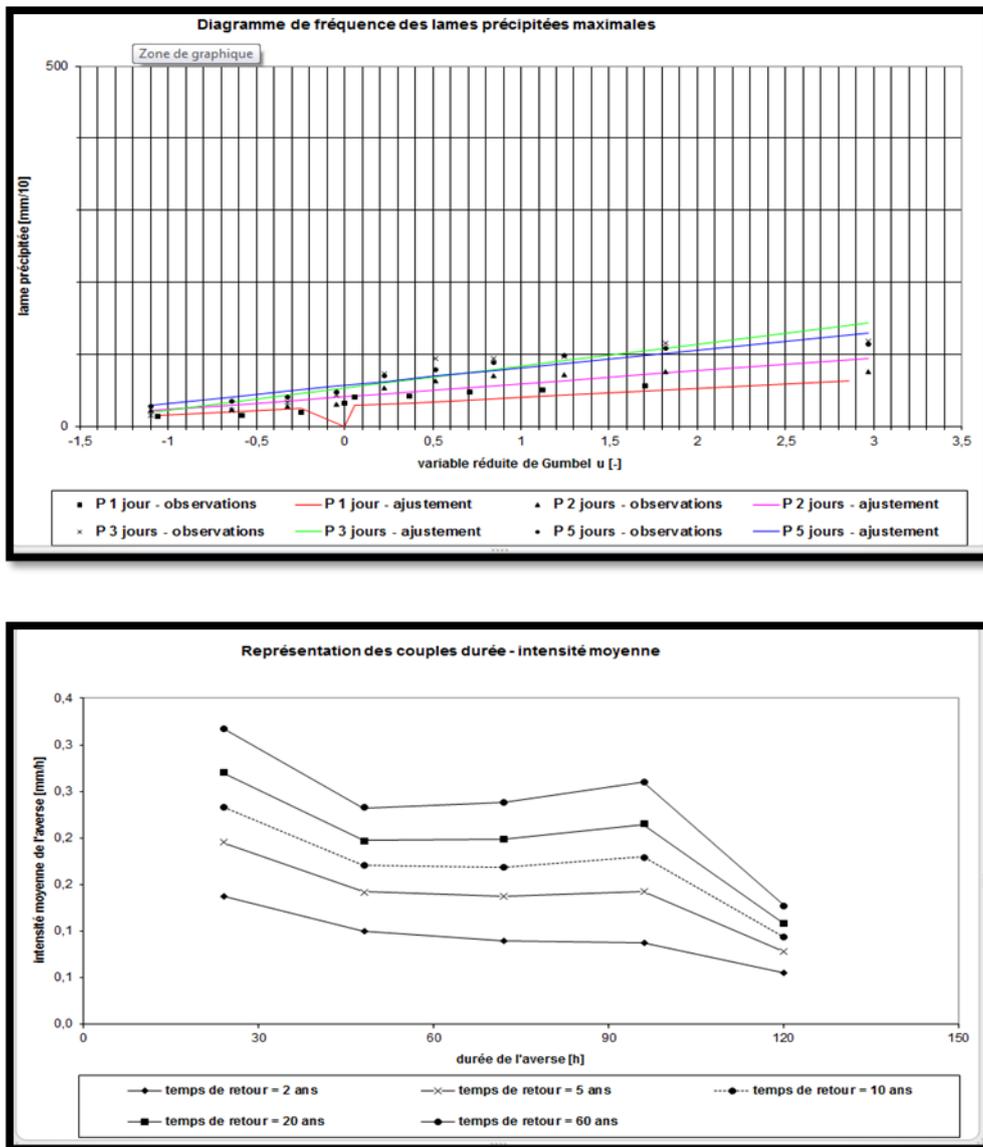
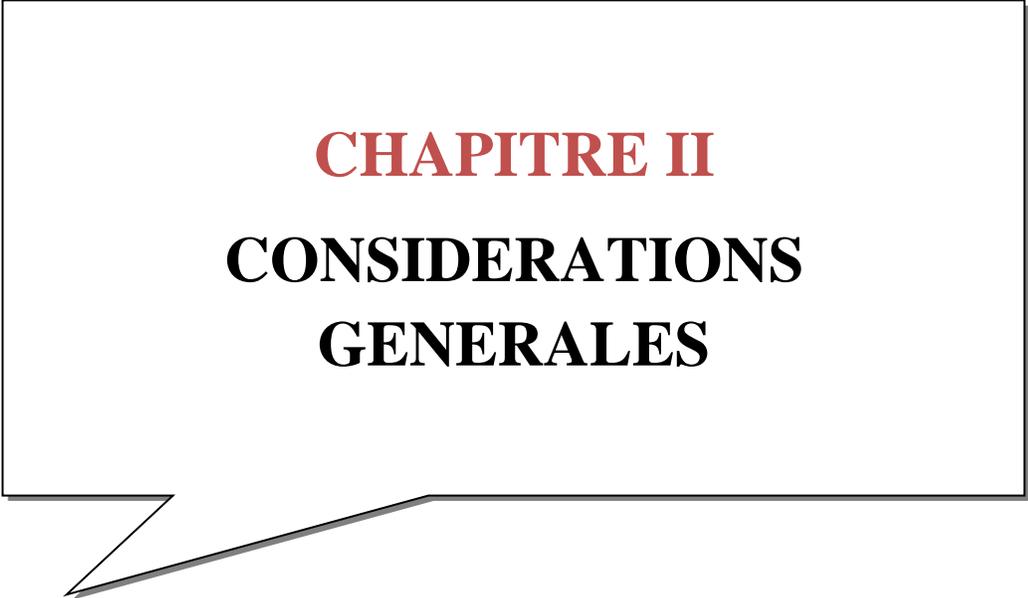


Figure 4 : Représentation des courbes IDF et lames d'eau précipitées.

V. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les données des précipitations de station pluviométrique de Lala Setti sous forme IDF, aussi on a étudié leur intensité en fonction de nombre de jours et temps de retour de 2ans, 5 ans, 10 ans ,20 ans et 60ans.

Par ailleurs on a pu estimer que les premiers 100 heures sont les plus vulnérables au risque des inondations d'une part et proposer d'équiper les ouvrages hydrauliques pour toute urgence pourrait survenir d'autre part.



CHAPITRE II
CONSIDERATIONS
GENERALES

I-CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1 Situation géographique du secteur d'étude (fig.05)

Le bassin versant d'oued Sikkak se situe au Nord -Ouest de l'Algérie dans la région de Tlemcen, qu'il fait partie du grand bassin de Tafna, Le bassin versant d'oued Sikkak est limité comme suit :

- Au sud : Djebel Nadour et Bouladour .
- A l'est : Djebel Ramlya, Ouakrim et Tabelaout
- A l'ouest : Djebel Tafatisset et plateau de Zenata.
- Au Nord : Djebel Touillait.

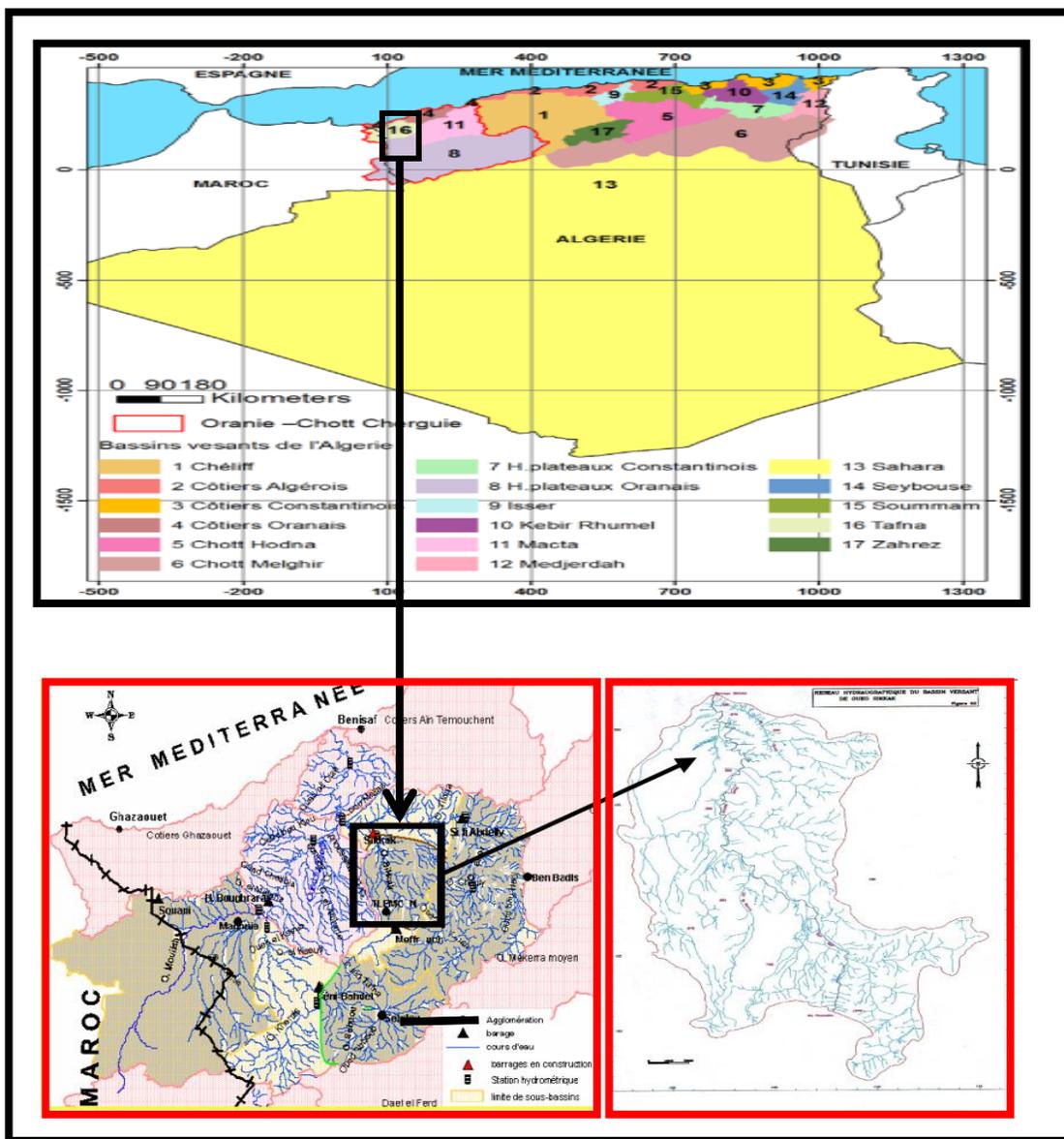


Figure 5 : Emplacement du bassin versant d'oued Sikkak

Il occupe une superficie de 217.52 km² sur un périmètre de 85.91 km. Il est drainé par l'oued Sikkak qui traverse la région d'Ain Youcef à proximité de la ville de Tlemcen. Son cours d'eau principal est un affluent rive gauche de l'oued Isser (lui-même affluent rive droite de la Tafna) avec lequel il conflue au Nord d'Aïn Youcef, prend naissance sur le plateau de Terny au Sud de Tlemcen à la source d'AïnRhannous., L'oued Sikkak représente le branchement oriental de la grande artère de l'oued Tafna. La confluence de l'oued Sikkak avec la Tafna s'effectue au niveau de la région de Remchi. Ce bassin évolue en l'état de vieillesse avec un potentiel érosif très faible.

Le bassin de l'oued Sikkak comprend deux secteurs bien distincts :

- au Nord et au centre, des dépressions remplies de sédiments tertiaires et quaternaires.

La zone montagneuse comprend :

- au Sud, le plateau de Terny entouré de plusieurs massifs élevés culminant au Dj. Nador (1579m).

I.2 CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

I.2.1 - CARACTERISTIQUES DE FORME

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme de crue à l'exutoire du bassin versant. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. Ce phénomène est lié à la notion de temps de concentration. (NiangaNtondo.B, 2012).

I.2.2 - Indice de Compacité de Gravelius

Ce coefficient, trouvé par Gravelius est le rapport entre le périmètre du bassin et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin :

$$Kc = 0,28. P/\sqrt{A}.....(1)$$

Ou ; **Kc** :Indice de compacité de Gravelius.

P : Périmètre du bassin versant (km).

A : Aire du bassin versant (km²).

I.2.3 - Rectangle Equivalent

Afin de pouvoir comparer le comportement hydrologique de deux bassins, on utilise la notion du rectangle équivalent ou le rectangle de Gravelius :

$$L : \text{longueur} = Kc\sqrt{A}/1.128 \left[1 + \sqrt{\left(1 - \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$l : \text{largeur} = Kc\sqrt{A}/1.128 \left[1 + \sqrt{\left(1 - \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Bassin	Superficie	Périmètre (Km)	Kc	Rectangle Equivalent		Forme
				Longueur (Km)	Largeur (Km)	
Oued Sikkak	217.52	85.91	1.64	37.48	5.80	Allongé

Tableau 2 : Caractéristiques de forme du bassin versant d’Oued Sikkak

La valeur de l’indice de compacité indique que le bassin de l’oued Sikkak est Allongé, Favorisant une érosion linéaire et régressive.

I.2.4 - Coefficient de Circularité

La circularité d’un Bassin versant, est le rapport entre l’aire du Bassin versant et l’aire d’un cercle ayant le même périmètre que ce dernier :

$$Rci = 4 A \pi / P^2 \dots\dots\dots (4)$$

Rci: Coefficient de Circularité.

A : la surface du bassin versant (km²).

P : le Périmètre du bassin versant (km).

Une valeur de 1 indique un cercle parfait, et une valeur tendant vers 0 caractérise une forme allongée. Dans notre cas, Rci = 0.37, la forme de notre bassin est Allongé.

I.2.5 Étude du Réseau Hydrographique

L'oued Sikkak, affluent rive gauche de l'oued Isser (lui-même affluent rive droite de la Tafna) avec lequel il conflue au Nord d'Ain Youcef, prend naissance sur le plateau de Terny au Sud de Tlemcen à la source d'Ain Rhannous.

L'oued Sikkak comporte lui-même une branche principale :

- L'oued Sikkak proprement dit, d'une longueur de 31.42 Km, il présente des variations de pente assez importantes. (Fig6). (Fandi.W, 2010).

Les paramètres importants qui régissent le régime hydrologique d'un cours d'eau sont : la densité de drainage (Dd), le rapport de confluence (Rc) et le rapport des longueurs (RL).

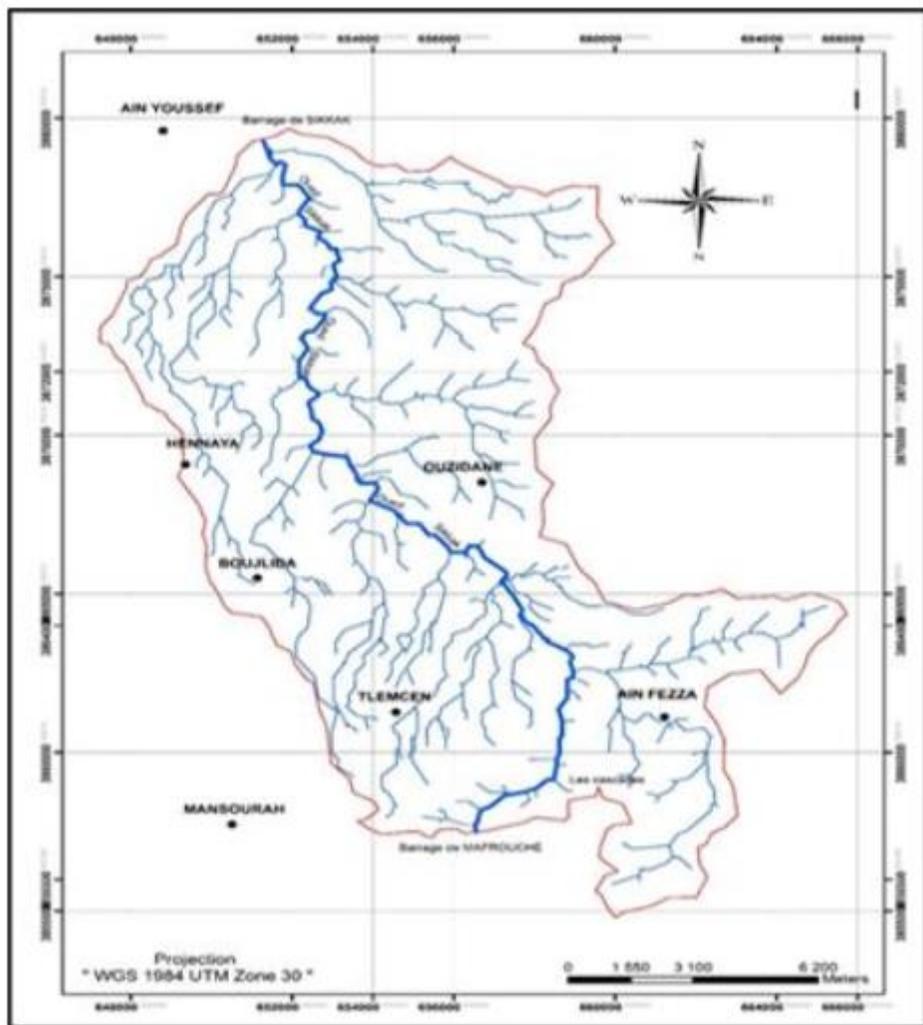


Figure 6: Réseaux Hydrographique du Bassin Versant d'Oued Sikkak.

I.2.6 Densité de drainage

La densité de drainage est définie comme le rapport entre la longueur des canaux

D'écoulement et la superficie de bassin, elle est exprimé par :

$$Dd = \Sigma L / A..... (5)$$

Dd : densité de drainage en (Km/Km2)

L : longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en (Km)

A : aire du bassin en (Km2)

$$Dd = 1.48 \text{ km/km}^2$$

La valeur de densité de drainage obtenue $Dd = 1.48 \text{ km/km}^2$ indique que notre bassin est moyennement drainé.

La caractéristique du drainage est due principalement à la nature des formations qui forment le bassin. Ainsi qu'aux pentes assez fortes des versants d'une part et d'autre part au régime climatique caractérisé par son aridité et ses pluies irrégulières et violentes (Bouanani 2004).

I.2.7 Rapport de confluence :

Il s'agit d'une adaptation de la méthode du nombre puisque le rapport de confluence R_c est obtenu

En divisant le nombre N de cours d'eau d'ordre n par le nombre de cours d'eau d'ordre $(n+1)$ de telle sorte que : (Bravard & Petit, 2002).

$$Rc = Nn / N (n+1)..... (6)$$

$$Rc = 3.76$$

.Où : **Rc** : Rapport de confluence

Nn : Nombre de cours d'eau d'ordre N .

I.2.8 - Rapport de longueur

Le rapport de longueur (RL) est défini par la relation suivante :

$$RL = L (N+1) / Ln..... (7)$$

$$RL = 2.63$$

Où, **Ln** : longueur de cours d'eau d'ordre N .

Bassin	Dd	Rc	RL moyen
Oued Sikkak	1.48	3.76	2.63

Tableau 3: paramètres morpho métriques du réseau hydrographique d'Oued Sikkak

Pour un bassin parfaitement organisé $RC = 2$; donc à partir du tableau 2 on remarque que le bassin de Sikkak est mal hiérarchisé avec une valeur de $RC > 2$

I.2.9 - Fréquence des cours d'eau

Elle correspond au nombre de cours d'eau par unité de surface, elle est donnée

Par la relation suivante :

$$F_s = n/A \dots \dots \dots (8)$$

$$F_s = 4.95 \sim 5.00 \text{ (Fandi, 2011)}$$

Avec **n** : nombre de cours d'eaux.

A : aire du bassin versant (Km²).

Avec la valeur de 5, la fréquence des cours d'eaux de Sikkak est jugée bonne.

I.3 ETUDE DU RELIEF

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au Ruissellement, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le Comportement hydrologique d'un bassin. Partant de la répartition par tranches d'altitudes du bassin, on présente la courbe hypsométrique et le diagramme de fréquence altimétrique.

I.3.1 La courbe hypsométrique

La répartition altimétrique par tranches (tableau 4) à partir de carte hypsométrique du bassin (figure 8) permet d'établir La courbe hypsométrique et le diagramme des fréquences altimétriques (fig7).

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique sur la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

La courbe hypsométrique (figure 7) du bassin versant de l'oued Sikkak présente des pentes fortes vers les hautes altitudes ceci implique que notre bassin commence par une falaise, et des pentes faibles vers les basses altitudes ça veut dire on a une Vallée encaissée. En outre, la forme de cette courbe présente bien l'état d'équilibre vieillissant du bassin, offrant un potentiel érosif moyen à faible.

Altitudes	Ai (Km ²)	Ai cumulés (Km ²)	Ai (%)	Ai (%) cumulés	Hi moy
1400 - 1458	0,64	217,52	0,29	100,00	1429,00
1300 - 1400	0,28	216,88	0,13	99,70	1350,00
1200 -1300	15,04	216,60	6,91	99,57	1250,00
1100 - 1200	14,64	201,56	6,73	92,66	1150,00
1000 - 1100	3,35	186,92	1,54	85,93	1050,00
900 - 1000	11,80	183,57	5,43	84,39	950,00
800 - 900	9,33	171,77	4,29	78,96	850,00
700 -800	23,53	162,44	10,82	74,67	750,00
600 - 700	7,53	138,91	3,46	63,86	650,00
500 - 600	23,52	131,38	10,82	60,40	550,00
400 - 500	29,29	107,86	13,47	49,58	450,00
300 - 400	53,71	78,56	24,69	36,11	350,00
182 - 300	24,85	24,85	11,42	11,42	241,00

Tableau 4: Répartition hypsométrique du bassin versant d'Oued Sikkak (moyenne Tafna).

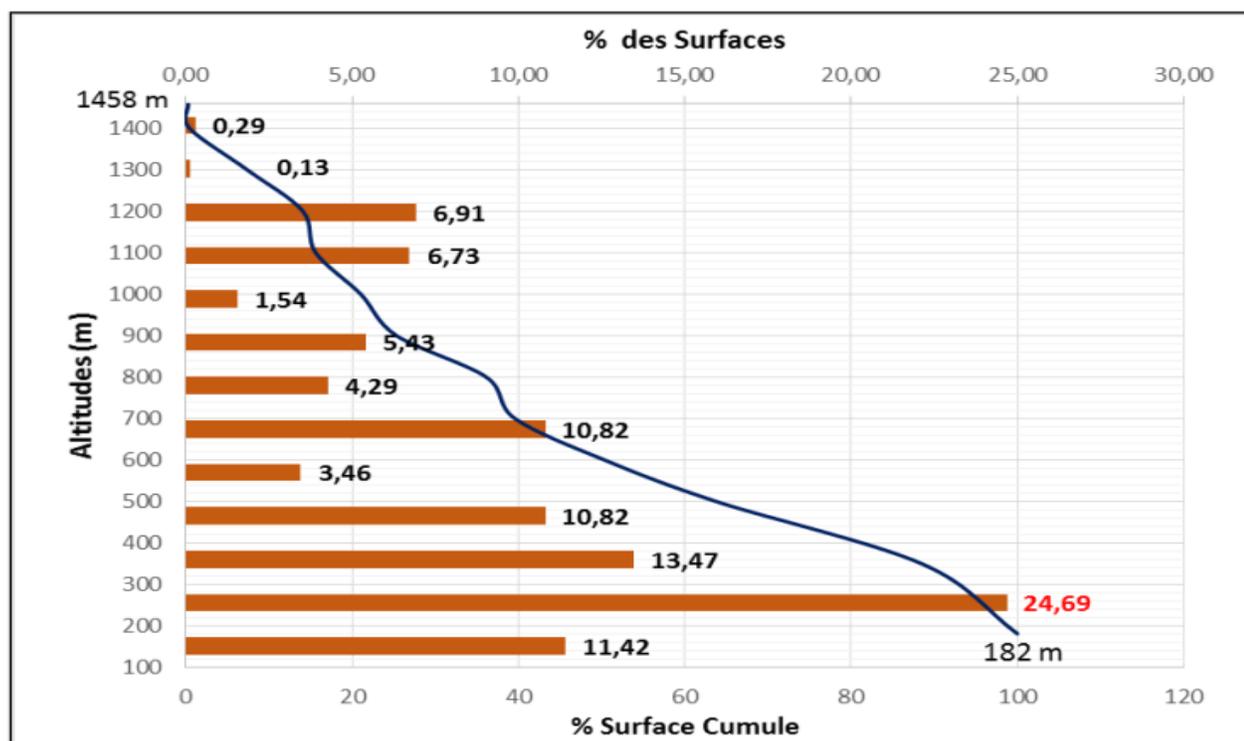


Figure 7 : Courbe Hypsométrique et histogramme de fréquences altimétriques Du Bassin versant d'oued Sikkak

I.3.2 Altitudes caractéristiques

Certaines altitudes sont notées pour caractériser les bassins versants (Tableau 5)

:Elles nous donnent des indications supplémentaires sur le potentiel érosif du bassin Ces altitudes sont

*Altitude la plus fréquente : le maximum de la courbe des fréquences Altimétriques

*Altitude correspondant à 5% : au-dessus de laquelle se trouve 5% de la superficie totale du bassin versant.

*Altitude de fréquence à 95% : c'est l'altitude dépassée par 95% de la surface totale du bassin versant.

*Altitude moyenne : l'altitude qui correspond à la moyenne de la courbe Hypsométrique.

Donc :

$$H \text{ moy} = \Sigma (A_i H_i) / A \dots \dots \dots (9)$$

$$H \text{ moy} = 611.6 \text{ m}$$

Avec : H moy : Altitude moyenne du bassin [m]

Ai: Aire comprise entre deux courbes de niveau [Km2]

Hi : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m]

A : Superficie totale du bassin versant [km]

Bassin versant	H Max (m)	H Min (m)	H Moy (m)	H 5% (m)	H 95% (m)	Altitude la plus fréquente (m)	observation
Oued Sikkak	1458	182	611.6	1330	350	300-400	Vers vieillesse

Tableau 5 : Les Altitudes Caractéristiques du Bassin Versant d'Oued Sikkak.

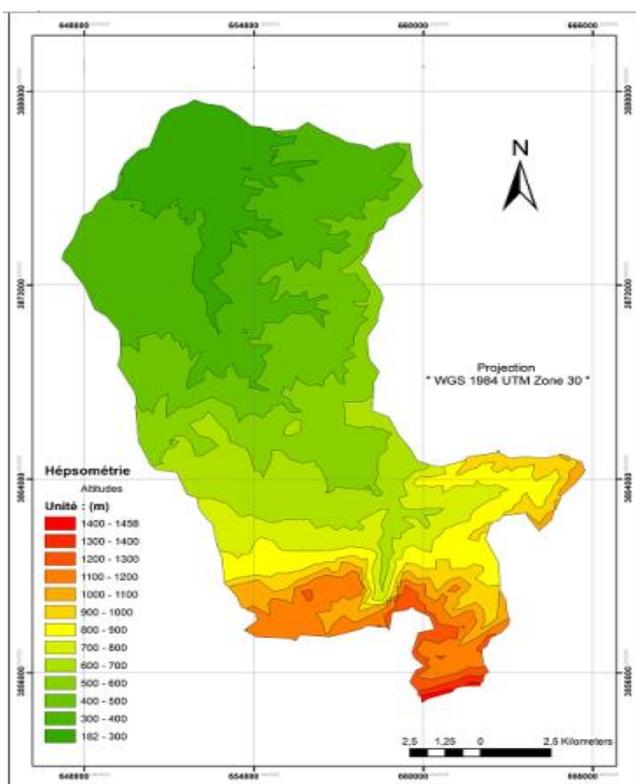


Figure 8 : carte hypsométrique du bassin versant oued Sikkak

I.4. Indices de pente et relief

I.4.1- Indices de pente global Ig

Le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global I_g donné par la relation :

$$I_g = D / L \dots \dots \dots (10)$$

$$I_g = 0.26 \text{ m/Km}$$

Où, I_g : indice globale de Roche

D: dénivelée H 5% – H 95% (m).

L : longueur du rectangle équivalent (Km).

Sur la courbe hypsométrique déjà tracée, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale.

H5 et H95 sont les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin. La dénivelée D est donc égale à H5-H95.

I.4.2 Indice de pente de roche Ip

L'indice de pente Ip est également défini par Roche à partir du rectangle équivalent est égal à :

$$I_p = \frac{1}{L} \cdot \sum_{i=1}^n [x_i \cdot \beta_i \cdot (a_i - a_{i-1})] \dots\dots\dots (11)$$

$$I_p = 0.37$$

avec : **βi** : fraction de la surface totale du bassin comprise entre les côtes ai et ai-1;(fonction donnée par le tableau hypsométrique).

xi : distance séparant deux courbes de niveau sur le rectangle équivalent.

L : longueur du rectangle équivalent.

$$X_i = A_i / l \text{ et } \beta_i = A_i / A$$

Les valeurs de **Ig** et **Ip** sont portées au tableau 4.

<i>Bassin versant</i>	<i>Ip</i>	<i>Ig</i>	<i>Relief selon "Ig"</i>
Oued Sikkak	0.37	0.026	Assez fort

Tableau 6 :Indices de pentes et reliefs de bassin versant d’oued Sikkak

Les résultats du tableau 6, montre d’après la classification de l’Orstom (tableau 7), que la forte valeur de Ig (0.02 < Ig < 0.05) concerne les bassins situés à l’amont de la basse Tafna, ce qui permet de les ranger dans la classe de relief assez fort.

Relief	Ig (m/Km)
Relief très faible	Ig < 0.002 m/km
Relief faible	0.002 < Ig < 0.005
Relief assez faible	0.005 < Ig < 0.01
Relief modéré	0.01 < Ig < 0.02
Relief assez fort	0.02 < Ig < 0.05
Relief fort	0.05 < Ig < 0.5
Relief très fort	0.5 m/km < Ig

Tableau 7 : Classification du relief selon Ig par l'ORSTOM

Pour atténuer l’influence de la surface sur l’indice de pente Ig, les chercheurs de l’ORSTOM ont Introduit la dénivelée spécifique Ds.

I.4.3 Dénivelée spécifique Ds

$Ds = I_g \cdot \sqrt{A} \dots \dots \dots (12)$

Ds = 385.67 m

Avec :

I_g: Indice de pente global (m/km).

A : aire du bassin (km²).

Les valeurs de **I_g** , **I_{pet}** **Ds** sont portées au tableau 8

<i>Bassin versant</i>	<i>I_p</i>	<i>I_g</i>	<i>Relief selon "I_g"</i>	<i>Ds</i>	<i>Relief selon "Ds"</i>
Oued Sikkak	0.37	0.026	Assez fort	385.67	Fort

Tableau 8: Indices de pentes et reliefs de bassin versant d’oued Sikkak

A partir du tableau 8, En se rapportant à la classification de l’ORSTOM du relief selon Ds (tableau 9), le bassin du Sikkak présente un relief fort.

Relief	Ds (m)
Relief très faible	Ds < 10
Relief faible	10 < Ds < 25
Relief assez faible	25 < Ds < 50
Relief modéré	50 < Ds < 100
Relief assez fort	100 < Ds < 250
Relief fort	250 < Ds < 500
Relief très fort	500 < Ds

Tableau 9 : Classification du relief selon Ds par l'ORSTOM

I.4.4- Coefficient de torrentialité

C’est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité des thalwegs élémentaires par la densité de drainage :

$CT = Dd \cdot F1 \dots \dots \dots (13)$

avec :

Dd : densité de drainage

F1 : fréquence des thalwegs élémentaires $F1 = N1 / A$ avec N1 : nombre de cours d'eau d'ordre 1

I.4.5- Temps de concentration

C’est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire, pour son calcul, nous faisons appel à la formule de Giandotti

$Tc = \frac{4\sqrt{A+1.5L}}{0.8\sqrt{H}} \dots \dots \dots (14)$

Où,

Tc : temps de concentration (heures).

A : superficie du bassin (km²)

L : longueur du thalweg principal (km).

Hmoy : altitude moyenne (m)

Hmin : altitude minimale (m)

Les valeurs de CT et TC sont portées au tableau 10.

Bassin versant	Coefficient de torrentialité CT	Temps de concentration TC
Oued Sikkak	1.98	03 h 8 mn

Tableau 10 : Valeurs des coefficients de torrentialité et les temps de concentrations des eaux de bassin versant d’oued Sikkak

A partir du tableau 10 on remarque que la valeur du coefficient de torrentialité est basse, elle est liée soit à la faiblesse des précipitations, ou encore à la forte perméabilité des formations lithologiques.

I.5 Étude du profil en long

La longueur du cours d’eau principal est de 31.42 km, l’oued Sikkak présente des variations de pente assez importantes (tableau 11).

Altitudes (m)	Distance (km)	Pente (%)
1100	0	-
770	1,75	18,85
651	2,5	15,86
520	10	1,74
400	14	3
300	18	2,5
260	23,8	0,68
200	33	0,65
182	35	0,02

Tableau 11: calcul des pentes de chaque Tronçon. (Berrezoug. T et Kissi.S, 2002).

Le profil en long (fig.9), indique que :

- ✓ Forte pente de Ain El Ourit jusqu’à AïnSefra de l’ordre de 19 %.
- ✓ Rupture e pente au niveau d’AïnSefra à 650m d’altitude due probablement à un changement de facies accompagné d’une faille.
- ✓ Faible pente de Ain Safra jusqu’à Oued Boughrara de l’ordre de 3 %.
- ✓ Pente très faible d’Oued Boughrara jusqu’à Barrage Sikkak de l’ordre de 0.025 %.

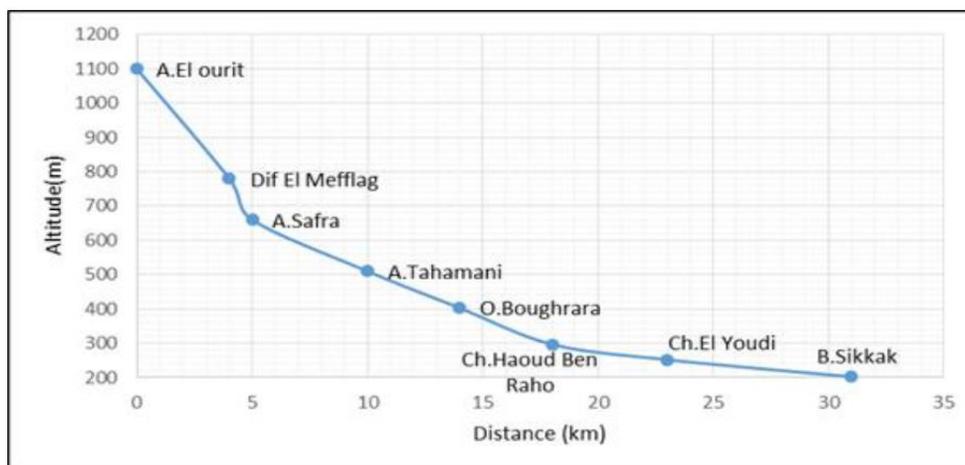


Figure 9: Profil en long d'Oued Sikkak. (Berrezoug et Kissi, 2002).

I.6 SOLS ET VEGETATION

Les massifs jurassiques rocheux, calcaires et dolomitiques admettent une maigre couverture forestière. Les grès de Boumediene sont caractérisés par l'abondance de *cistus danifer* et par *quercus suber* qui constituent des belles forêts d'Hafir et Zarifet.

Les marnes kimméridgiennes et miocènes et les alluvions quaternaires sont occupées par les céréales et les prairies naturelles.

Les broussailles occupent une petite surface dans notre bassin, concentrées dans la région de la commune de Ain Fezza et au djebel Ain El Hout.

Une plantation d'oliviers couvre une partie de la plaine qui s'étend de Tlemcen à Hennaya, de SafSaf à Mansourah. A son abri s'étagent en gradins les jardins irrigués qui produisent des légumes et des fruits à côté de l'oued Sikkak (fig.10).

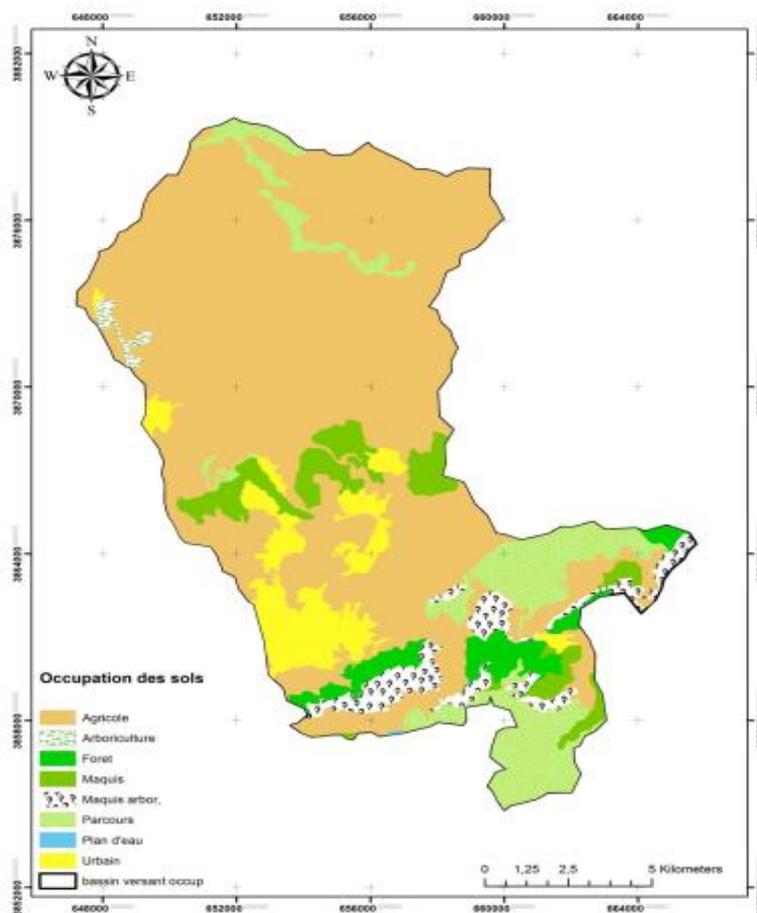


Figure 10: cartes d’occupation du sol du bassin versant d’oued Sikkak

La carte d’occupation du sol du bassin versant de l’oued Sikkak (fig.10) présente les limites des différents communes avec la diversité de cultures et d’occupations du sol, elle montre que les cultures extensives occupent plus de la moitié de l’espace du bassin versant, suivie par l’arboriculture qui occupe 12 % de la superficie totale (tableau 12).

Dans le détail, les céréales occupent (58.16 %) de la surface du bassin versant ; les vignes (3.11 %), (10.47%) de culture maraîchère et le reste est occupé par les arboricultures (9.63 %), les broussailles (5.50 %) et les forêts (4.57 %).

Occupation des sols	Surfaces en km2	% des surfaces
Cultures extensives	149,625	68,63
Couvert forestier dégradé	12	5,5
Couvert forestier normale	9,965	4,57
Arboriculture	26,61	12,74
Prairies et terrains de pacage	19,8	8,56

Tableau 12: Distribution du couvert végétal dans le bassin versant d’Oued Sikkak

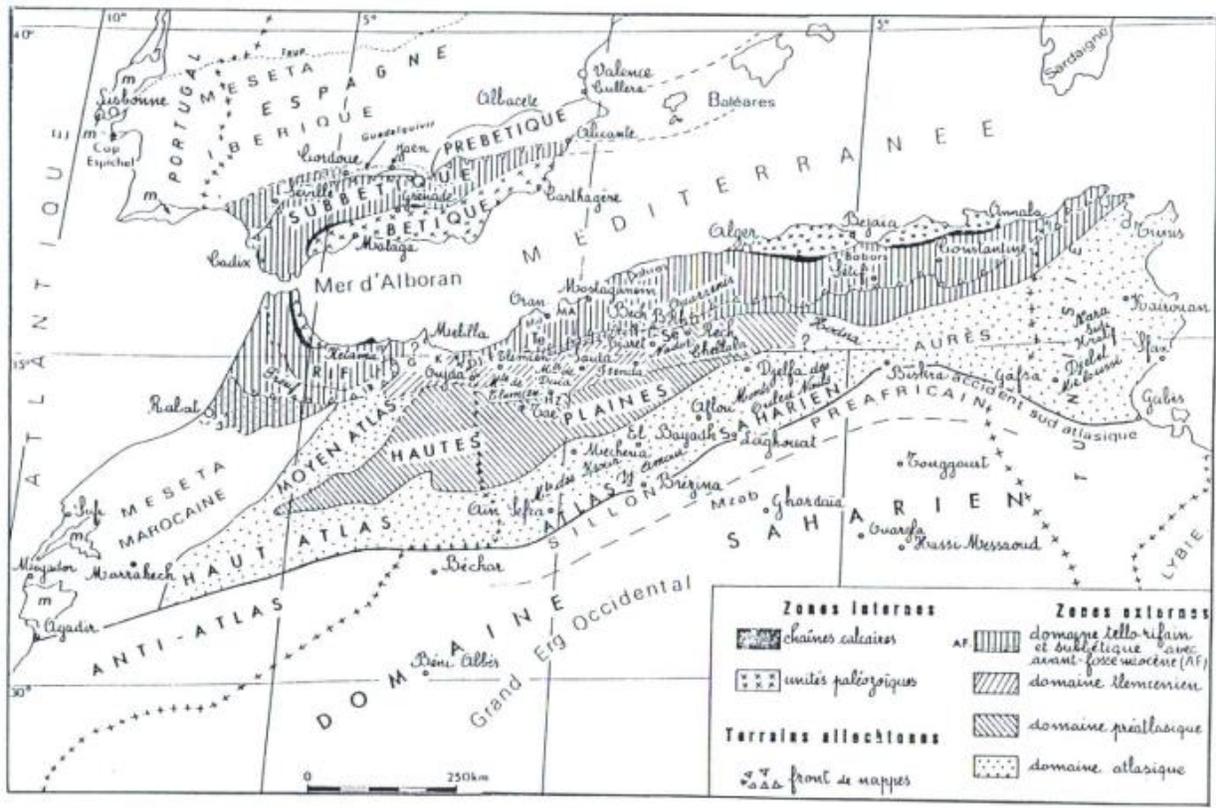
II- CONTEXTE GEOLOGIQUE

II.1 INTRODUCTION

La structure actuelle de l’Algérie du nord est liée au mouvement orogénique hercynien et alpin qui ont permis l’individualisation de plusieurs domaines (figure 11 et 12), en Oranie. Du nord au Sud (d’après Benest 1985), on trouve :

- Le domaine Tlemcen
- Les hautes Plines oranaises
- Le domaine atlasique
- Le domaine saharien

Le bassin d’étude se situe entre le Tell et les monts de Tlemcen, ces monts forment des reliefs importants dont les sommets dépassent les 1500m. Notons que le bassin versant de l’oued Sikkak, se trouve dans le bassin sédimentaire de la moyenne TAFNA .



Bech. Bechtout ; B Rh. Bou Rheddou ; Dj. F. Djebel Fillaoussène ; G. Chaîne du Gareb ; HZ. Hassi Zerga ; IR. Zone intrarifaine ; K. Kebbana ; MA. Monts d'Arzew ; Mu. Djebel Murdjajo ; Rech. Djebel Recheiga ; Tac. Djebel Taerziza ; Te. Monts du Tessala ; m. Mesozoïque du Portugal et du Maroc atlantique comportant du Jurassique supérieur et du Crétacé basal.

Figure 11 : Schéma structurale de la chaîne alpine de la méditerranée occidentale (Benest, 1985)

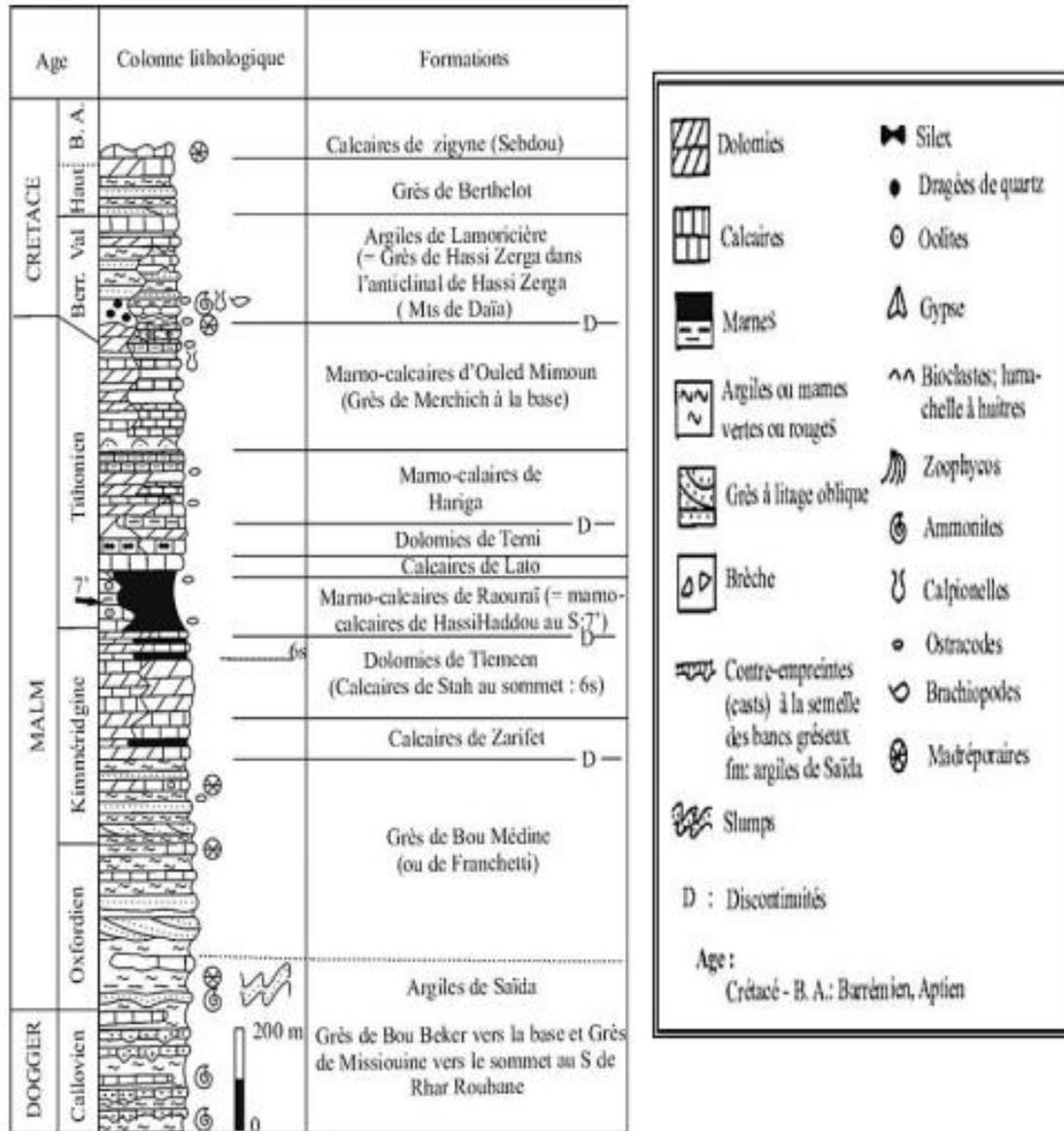


Figure 12 : colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines (Benest et Bensalah 1999).

II.2.2-CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

La série stratigraphique du bassin de la Tafna (qui contient notre bassin étudié) a été étudiée par plusieurs auteurs et reprise dans plusieurs travaux : Elmi (1972), Mekahli (1988), Dans le paragraphe suivant nous allons présenter un résumé non exhaustif des principaux affleurements pouvant avoir un intérêt pour notre étude. (Figure 13)

La série stratigraphique comporte les ensembles suivants:

1- Le Primaire

Il est représenté par des formations schisto-quartziques d'âge Silurien à Dévonien. Ces niveaux forment les noyaux des plissements et affleurent au niveau des monts de Ghar-Roubane, au sud du village de Khemis.

2- Le Secondaire

Il débute à la base avec les formations dites d'argiles de Saida qui sont attribuées au Callovo-Oxfordien dont l'épaisseur peut dépasser les 300 mètres. Ces dernières sont surmontées par les grès de Boumediene d'âge Oxfordien-inférieur/Kimméridgien-supérieur. Le faciès correspond à des grès à ciment calcaire intercalés par des fines couches argileuses. Leur épaisseur peut atteindre les 500 m. Les formations qui leur succèdent sont appelées les calcaires de Zarifet qui sont d'âge kimméridgien. Leur épaisseur est d'environ 25 m. La série continue avec des formations dites des dolomies de Tlemcen très abondantes dans le bassin de la Tafna. Ces formations dolomitiques très karstifiées peuvent atteindre une épaisseur de 300 m. Un autre cortège de formations vient surmonter ces dolomies, il s'agit, en premier, des niveaux marno-calcaires dits de Raourai, puis les calcaires du lato suivi des dolomies de Terni d'âge Tithonique inférieur et coiffé par les marno-calcaires d'Hariga attribués au Tithonique supérieur.

a- Le Crétacé

Il est représenté par les argiles de Lamoricière et le grès de Berthelot affleurant dans la région de Sebdu.

3- Le Tertiaire

Il est représenté par :

a-Le Miocène inférieur(Burdigalien) qui est représenté par deux niveaux :

La base est formée par des poudingues très durs associés à des blocs de calcaires dolomitiques à ciment calcaire-gréseux. La partie supérieure est constituée par des argiles marneuses de 100 m d'épaisseur. Ces ensembles ont été localisés entre la vallée de l'oued Zitoun et le Djebel Fillaoucène qui se trouvent au nord du bassin étudié.

b-*Le Miocène moyen ou Serravallien* : repose en discordance sur le Miocène inférieur. Il est formé par une série d'argiles marneuses d'une puissance pouvant atteindre les 300m. Ces formations se concentrent dans les parties centrales du bassin.

c-*Le Miocène supérieur ou Tortonien* : il s'agit des dépôts de grès jaunes peu consolidés atteignant 20 à 30m d'épaisseur. Ces dépôts surmontent le plus souvent les marnes serravalliennes mais il arrive qu'elles puissent se déposer directement sur le Jurassique comme c'est le cas dans le sous bassin de Mouileh.

4- Le Plio-Quaternaire

Cette formation est composée par une série de dépôts discontinus formés par des éléments hétérogènes. On trouve les faciès suivants : - Des marnes parfois très épaisses prédominant la plaine de Maghnia. – Des limons, sables et graviers récents qui s'étendent entre l'oued Mehaguène et la partie NE de la frontière algéro-marocaine.

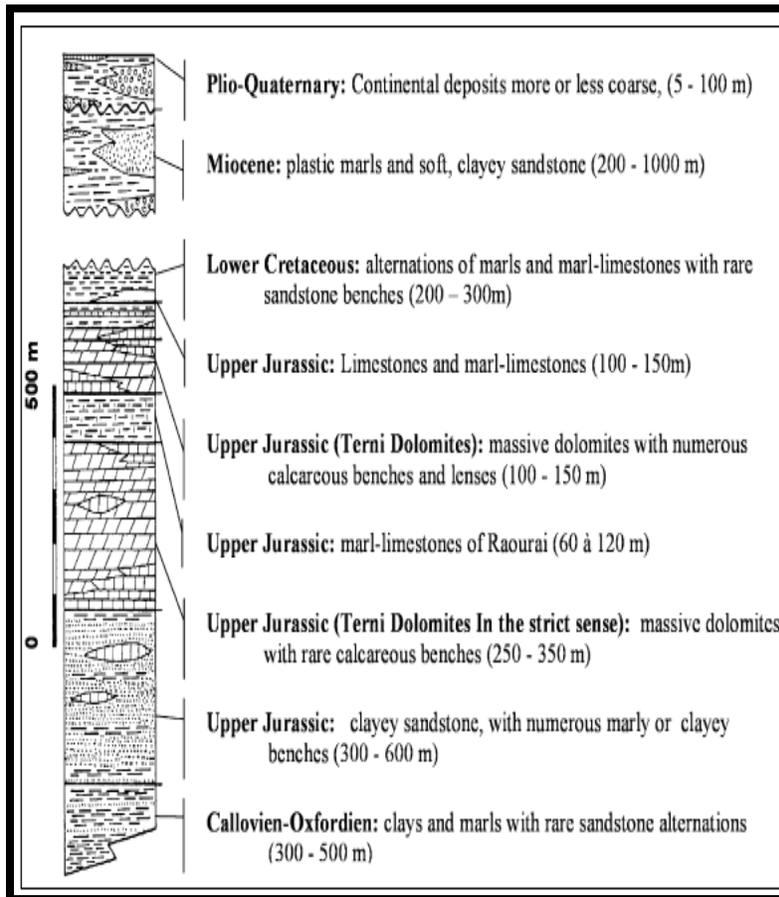


Figure 13 : Log stratigraphique des différentes formations géologiques Dans le bassin de la Tafna Benest (1986)

II.2.3- Géologie du bassin versant étudié

En 1983, Hayane ajoute d'autres précisions par sa contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak. Cette étude est basée sur la synthèse des travaux de Hayane 1983. D'après la carte lithologique du bassin versant (Fig.14) on remarque que le bassin versant d'oued sikkak est occupé par une série géologique allant du secondaire au quaternaire.

II.2.3.1- Les formations secondaires

a-Les grés de Boumediene (Oxfordien supérieur-Kimméridgien supérieur) :

Ce sont des grés à des éléments fins sous forme de gros bancs séparés par des inters lits argileux, le ciment presque toujours calcaire. L'épaisseur de cette formation est de 200 à 400m en moyenne.

b-Les Dolomies de Tlemcen (Kimméridgien terminal)

Cette formation correspond au grand escarpement dolomitique qui domine Tlemcen et couronne le cirque des cascades. Elle affleure au djebel Tefatisset, Ain El-Houtz et Oudjlida. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 200m dans la région de Tlemcen.

II.2.3.2 Les formations Tertiaires

Elles sont représentées comme suit :

a-Le Miocène marin

Le Miocène marin se développe presque uniquement sur le versant Nord des monts de Tlemcen. Il est discordant sur les niveaux carbonatés du Jurassique supérieur. Il s'agit de dépôt argilo-gréseux, autochtones.

II.2.3.3 Les formations quaternaires

a-les alluvions anciennes :

•1-Le complexe de piémont :

Ce complexe est représenté par des éboulis de piémonts plus ou moins en croûtes, d'épaisseur assez faible.

•2-Les travertins

Les dépôts des travertins proviennent de la dissolution interne des massifs calcaire-dolomitiques, grâce à la quantité de carbonate de calcium déposée par les eaux des émergences. Ils constituent de puissants dépôts

pouvant atteindre 60m (Lalla-Setti) au Sud de Tlemcen, et Ain Fezza (Hayan, 1983).

•3-La croûte calcaire

Cette croûte est forme par un encroûtement particulièrement bien marque dans la plaine d’Henaya où il masque partiellement les grés Tortonien. Cette croûte de teinte claire et des croûtes lamellaires, est caractérisée par une petite épaisseur ne dépassant pas 1m.

•4-Le glacis de pente Soltanienne

Il s’agit de formation soltanienne, le plus souvent limono argileuse. La partie de marne non atteinte par les érosions récentes forme de grands glacis de sol rouges.

b- Les alluvions récentes :

Ce sont des dépôts limoneux occupant les parties basses des plaines et des vallées aux abords des cours d’eau.

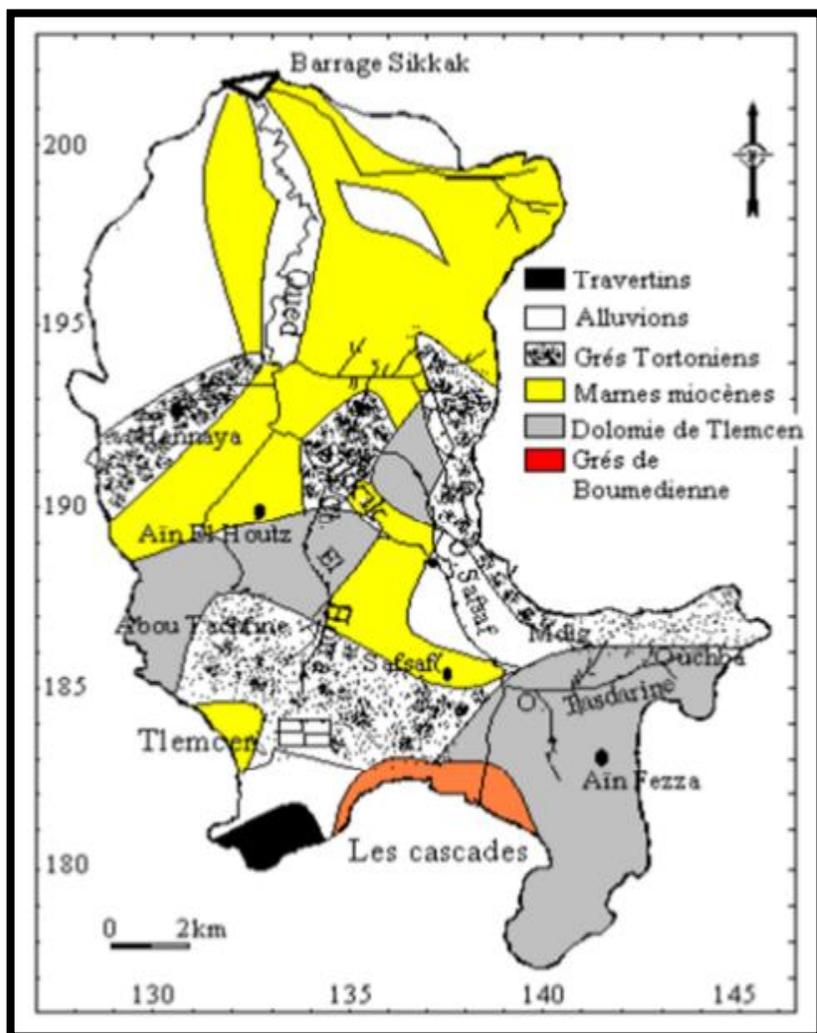


Fig.14: Carte lithologique du bassin versant d’oued Sikkak(Bouanani 2004)

La répartition des différentes formations par groupes lithologique en % de bassin étudié est donnée dans le tableau suivant (tableau 13).

Formations lithologiques	Schistes et quartzite	^g Granites et roches volcanique	Marnes et argiles	Calcaire et dolomies	Grés	alluvions
Bassin	Terrains imperméables			Terrains perméables		
Oued Sikkak	00	00	33	25	27	15

Tableau 13 : La répartition spatiale des différentes formations lithologique en % de bassin versant d’oued Sikkak

III-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter les grands traits du bassin versant d’oued Sikkak. La valeur de l’indice de compacité permis d’affirmer que ce bassin est de forme moyennement allongée Favorisant une érosion linéaire et régressive avec une superficie de 217.52 km² sur un périmètre de 85.91 km et l’altitude la plus fréquente est 300-400 m.

Les valeurs de I_g et I_p nous ont permis de de les ranger dans la classe de relief assez fort et modéré.

La végétation qui a une influence certaine sur l’écoulement fluvial est de faible dans le bassin étudié.

Les cultures extensives occupent plus de la moitié de l’espace du bassin.

De point de vue géologique le bassin versant d’oued Sikkak est occupé par une série géologique allant du Secondaire au Quaternaire, il se creuse dans du matériel a résistante fort variable. Sur les formations carbonatées du Secondaire, se sont déposé des sédiments du Tertiaire principalement des Argiles et grés du Miocène et des alluvions Quaternaire occupant les bas-fonds des vallées et des plaines.

CHAPITRE III
HYDROLOGIE DU
BASSINVERSANT DE L'OUED
SIKKAK

I- Etude climatologique

I.1-Introduction

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques des Cours d'eau et des conditions de recharge des aquifères. Dans cette partie On va citer les principaux apports pluviométriques et liquides tels que les précipitations et les débits.

I.2-Aperçu sur le climat de la région

Le bassin versant de la Tafna à l'instar de l'ensemble des bassins versants de la région, connaît une tendance à la baisse dans les apports pluviométrique et les apports liquides dans les cours d'eau (Tardy e Probst, 1992).

Les précipitations qui deviennent de plus en plus rares sont inégalement réparties dans le temps et dans l'espace (FAO, 1990).elles ne sont dues qu'aux averses violentes, intenses et localisées (Estienne et Godard, 1970).parallèlement au déficit pluviométrique observé, les différents sous-bassins de la Tafna souffrent d'une baisse sans cesse croissante de leurs ressources en eau superficielles et souterraines. (Ghenim A, 2008).

Le climat du bassin de la Tafna s'apparente à celui de toute la région méditerranéenne de l'Afrique du Nord, il est doux et humide. La température moyenne annuelle est d'environ 15.5 °C. Les deux mois les plus chauds sont juillet et août, et ont une température moyenne de 26 °C (Dekiche ; 1993).

Le régime général des pluies est celui des zones semi-arides méditerranéennes de l'Afrique du Nord. Il est caractérisé par des précipitations d'hiver avec des maximas en décembre, janvier et février, et une longue période de sécheresse, pratiquement sans pluie de juin à septembre. L'évaporation sur nappe d'eau libre atteint la valeur moyenne annuelle de 1200 mm. Les vents sont modérés à prédominance Nord et Nord-Ouest (Khaldi ,2005).

I.3- Etude pluviométrique

Le débit d'un cours d'eau n'est pas toujours en relation directe avec les précipitations tombant sur son bassin versant. "Il faut toujours garder à l'esprit que le plus souvent le débit d'une rivière est en quelque sorte un résidu aléatoire des précipitations et non un pourcentage quasi-constant de celles-ci » (Pardé M., 1963).

Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'un cours d'eau ne draine pas forcément toutes les eaux précipitées sur son bassin et ceci est particulièrement net dans le cas d'un bassin Karstique. (Fandi.W,2011).

Dans l'objectif de rechercher des relations entre les débits liquides et les précipitations ; on a soumis à régression les valeurs annuelles, saisonnières et mensuelles des deux paramètres (débits liquides, précipitations).

Selon Bouanani.A(2004) la pluviométrie de l'Algérie a été étudié par plusieurs auteurs, (P.Seltzer, 1913-1938, H.Gaussen, 1918-1947, G.Medinger, 1913-1953, M.Chaumont et C.Paquin, 1913-1963).la plupart des bassins ont été arrêtée pendant la guerre d' Algérie.d'autres ont subis des modifications après 1962.

Les précipitations dans cette région variaient tout au long de l'année avec des épisodes d'assèchement de plus en plus intense en Période estivale .pour mieux comprendre ces variations et le régime des précipitations il faut d'abord étudier la pluviométrie de cette région.

On a basé notre étude sur la station pluviométrique de Lala Setti pour analyser les données des précipitations.

Les coordonnées de Lambert de station étudiée sont portées dans le tableau suivant (tableau 14).

Les coordonnées Lambert			
Station	X(Km)	Y(Km)	Z(m)
Lala setti	133.95	181.85	1020

Tableau 14 : Les coordonnées Lambert de la station de Lala Setti de bassin versant d'oued Sikkak

La figure 15 nous donne la disposition géographique des stations au niveau du bassin étudié.

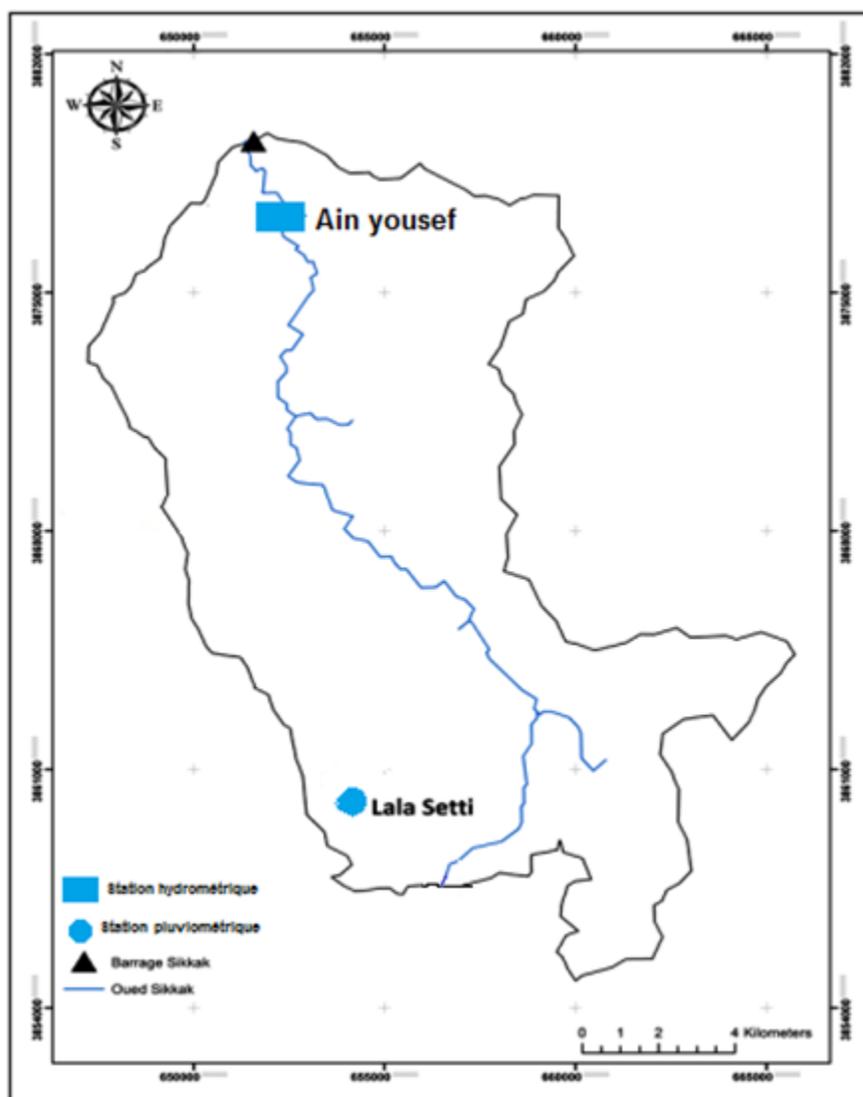


Figure 15 : Répartition des stations au niveau du bassin versant d'Oued Sikkak.

Les précipitations ou lame d'eau précipitée sont exprimées en hauteur (mm ou cm) par unité de surface horizontale. Si on rapporte cette hauteur d'eau à l'unité de temps, il s'agit d'une intensité (mm/h).

I.3.1 –précipitations annuelles

La pluviométrie d'une année est définie par la somme de la hauteur des précipitations mensuelles. La mesure de la variabilité de la pluviométrie sur une période donnée peut être réalisée grâce à la moyenne interannuelle.

Le tableau suivant (tableau 15) représente les précipitations moyennes annuelles de la station pluviométrique Lala Setti sur une période de 32 ans (1975-2007).

Année	P (mm)	Année	P (mm)
1975-1976	735,4	1992-1993	410,3
1976-1977	588,5	1993-1994	381,75
1977-1978	366,6	1994-1995	473,9
1978-1979	333	1995-1996	681
1979-1980	622,6	1996-1997	400,5
1980-1981	639,6	1997-1998	536,3
1981-1982	445,3	1998-1999	427,2
1982-1983	341,8	1999-2000	160,4
1983-1984	416,6	2000-2001	449,5
1984-1985	508	2001-2002	475,6
1985-1986	544,3	2002-2003	513,6
1986-1987	674,2	2003-2004	656,6
1987-1988	347,5	2004-2005	381,74
1988-1989	500,1	2005-2006	425,07
1989-1990	458,9	2006-2007	456,34
1990-1991	538,29	2007-2008	0.1
1991-1992	590,7		

Tableau 15 : Les précipitations moyennes annuelles de la station pluviométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-2007).

Les caractéristiques des précipitations annuelles des stations pluviométriques sont portées dans le tableau suivant (tableau16).

Station	Période	Moy (mm)	Max (mm)	Min (mm)	PM/Pm	Nombre d'années P > moy
Lala setti	(1975-2007)	469.13	735.40 (75/76)	160.4 (99/20)	4.58	16

Tableau 16 : Les caractéristiques des précipitations moyennes annuelles d'Oued Sikkak.

A partir du tableau 16 on va réaliser l'histogramme des précipitations moyennes annuelles qui est représenté dans la figure 16.

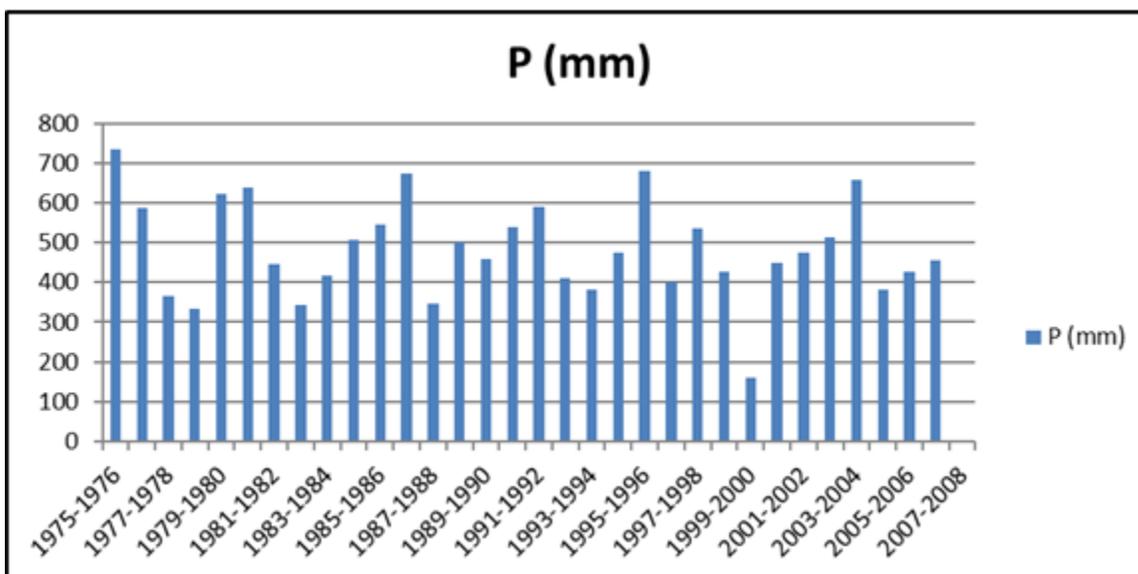


Figure 16 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles de station de Lala Setti (1975-2007).

D'après L'Histogramme des précipitations moyennes annuelles on remarque que les hauteurs maximales des précipitations atteignent 735.40 mm (1975-1976), les hauteurs minimales de l'ordre de 160.40 mm (1999-2000).

Le régime annuel durant 32 ans (1975-2007) est irrégulier d'une année à une autre.

La hauteur pluviométrique moyenne est 469.13 mm.

I.3.2 Précipitations mensuelles

L'étude de la variabilité mensuelle des précipitations est importante.

à partir des valeurs moyennes mensuelles pluviométriques (voir tableau 17) relatives à la période étudiée (1975/2007), on peut distinguer deux périodes :

- Une période sèche caractérisée par un déficit pluviométrique important .qui correspond à la saison d'été (juin, juillet, août).
- Une période humide qui correspond au reste de l'année

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUIL	A
P moy(mm)	17,84	37,69	58,63	55,18	64,22	56,54	71,78	47,25	51,55	12,25	4,65	4,95

Tableau.17: Les valeurs des pluies moyennes mensuelles de la station de Lala Setti(1975 -2007)

D'après l'histogramme des précipitations mensuelles à la station de Lala Setti (fig.17) on remarque le mois de Mars représente le mois le plus pluvieux est avec 71.8 (mm) .le mois de Novembre constitue un maximum secondaire avec une hauteur moyenne de 58.63 mm.

Le gradient mensuel des précipitations est commencé à chuter avec des faibles valeurs qui coïncident avec les mois de Juillet et d'Aout.

Le mois de Juillet est le plus mois sec avec 4.65mm.

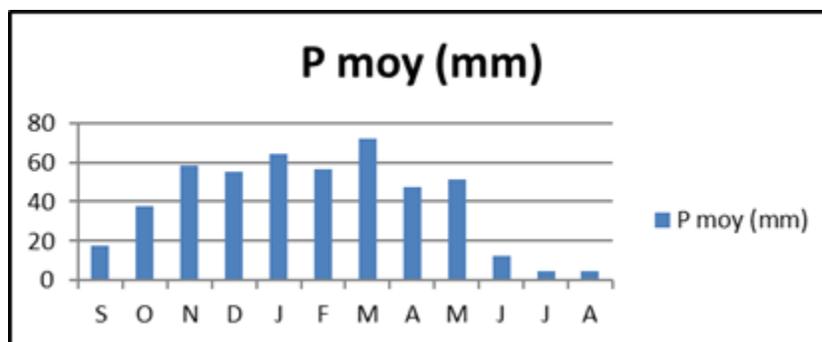


Figure 17 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de station de Lala Setti (1975-2007).

I.3.3. Précipitations saisonnières

On connaît que l'année est composée par quatre saisons dont l'automne est le début de l'année hydrologique.

Les saisons sont : l'Automne, Hiver, Printemps et l'Été.

Le tableau suivant (tableau 18) représente les valeurs moyennes saisonnières de la station de Lala Setti.

Saison	Automne	Hiver	printemps	Été
P moy (mm)	38.05	58.64	56.86	7.28

Tableau18 : Les valeurs des pluies moyennes mensuelles de la station de Lala Setti (1975-2007).

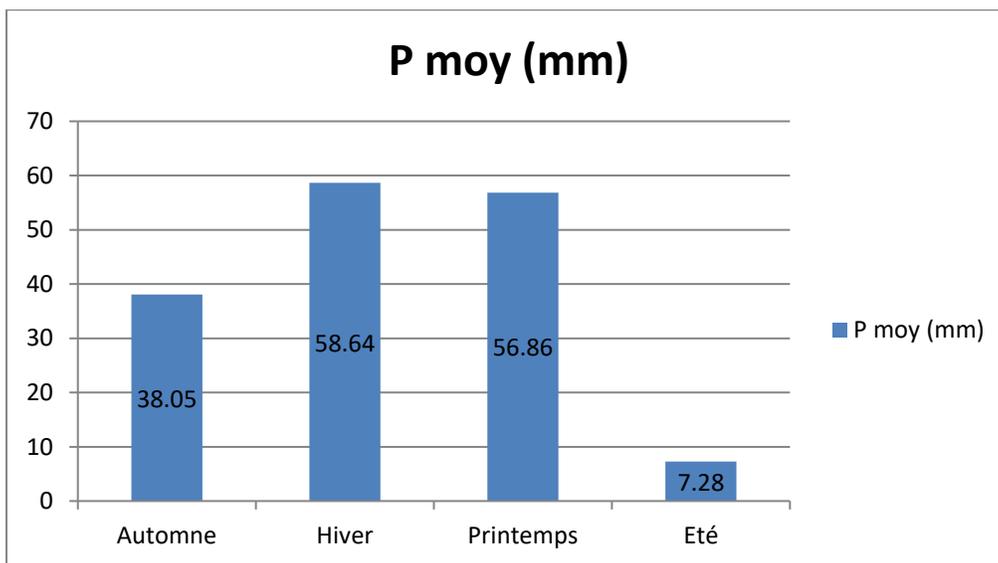


Figure 18 : Histogramme des précipitations moyennes saisonnières de station de Lala Setti (1975-2007).

La figure 18 nous montre qu'il y a deux périodes différentes, la période pluvieuse qui représentée par deux saison Hiver et printemps avec des valeurs des précipitations importantes sont successivement 58.64 mm et 56.86 mm. Par contre la saison le moins pluvieuse est l'Eté d'ordre 7.28 mm.

La distribution des précipitations saisonnières montre que l'Hiver et le Printemps sont les saisons les plus humides et l'Eté correspond la saison la plus sèche.

I.3.4. Précipitations journalières

La figure 19 représente les variations des précipitations moyennes journalières, d'après la figure on remarque des augmentations importantes des précipitations suivi par des diminutions continues qui mettent en évidence des variations importantes d'un jour a un autre.

La valeur maximum d'ordre 157 mm est enregistrée à l'hiver (19/03/1989).

Le tableau 19 représente les valeurs maximum de précipitations journalières sur une période de 32 ans.

Saison	période	valeurs
Hiver	157	19/03/1989
Printemps	79.7	05/05/1993

Tableau 19 : les valeurs maximum de précipitations journalières sur une période de 32 ans.

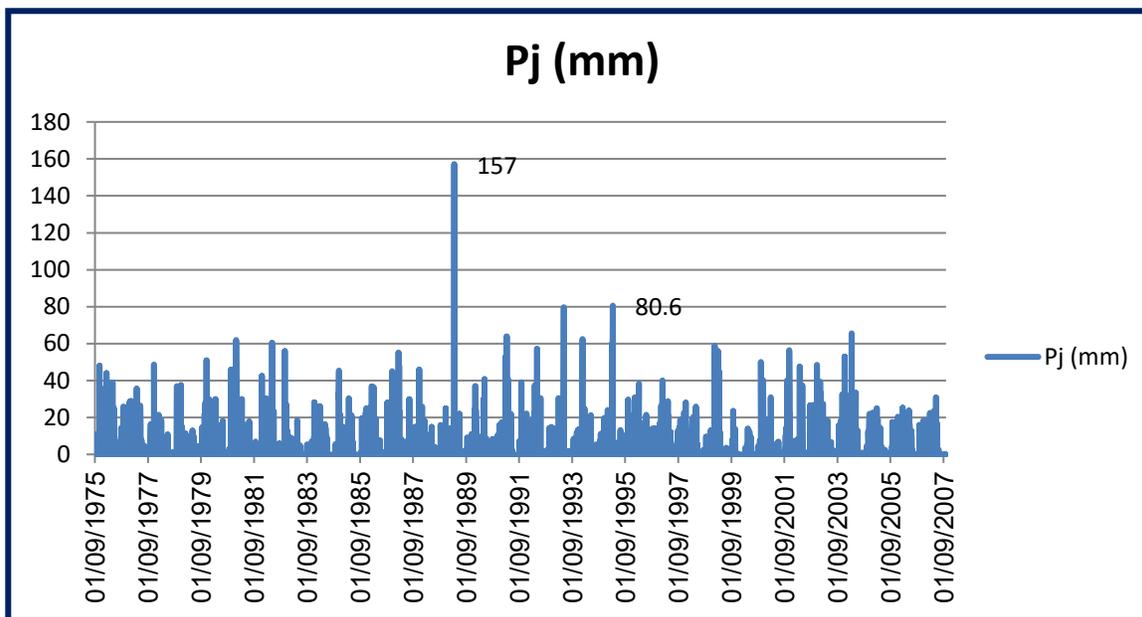


Figure 19 : Histogramme des précipitations moyennes journalières de station de Lala Setti (1975-2007).

I.4 Homogénéité des Précipitations

Pour étudier l'homogénéité des séries pluviométriques, on a utilisé la méthode des simples cumuls (Dubreuil 1974).

I.4.1. Méthode des cumuls simples

Le principe de la méthode consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées pour la station étudiée.

Le but est de valider les mesures tirées de la station.

On calcule le cumul des valeurs annuelles de la station et on le reporte sur un graphique. Si l'on obtient un effet de lissage, on conclut que les mesures proviennent de la même station.

Dans le cas d'une dispersion les mesures sont alors à vérifier.

I.4.2. Application :

Nous avons appliqué la méthode pour station pluviométriques de Lala Setti du bassin versant d'Oued Sikkak.

Les cumuls des valeurs observées sur 32 ans sont regroupés dans le tableau suivant (tableau 20):

Année	Cumuls P (mm)	Année	Cumuls P(mm)
1975-1976	735,4	1991-1992	8651,39
1976-1977	1323,9	1992-1993	9061,69
1977-1978	1690,5	1993-1994	9443,44
1978-1979	2023,5	1994-1995	9917,34
1979-1980	2646,1	1995-1996	10598,34
1980-1981	3285,7	1996-1997	10998,84
1981-1982	3731	1997-1998	11535,14
1982-1983	4072,8	1998-1999	11962,34
1983-1984	4489,4	1999-2000	12122,74
1984-1985	4997,4	2000-2001	12572,24
1985-1986	5541,7	2001-2002	13047,84
1986-1987	6215,9	2002-2003	13561,44
1987-1988	6563,4	2003-2004	14218,04
1988-1989	7063,5	2004-2005	14599,78
1989-1990	7522,4	2005-2006	15024,85
1990-1991	8060,69	2006-2007	15481,19

Tableau 20 : Cumuls des valeurs sur 32 ans de la station pluviométrique de Lala Setti.

A partir des données du tableau ci-dessus (tableau 20), nous avons procédé à leur ajustement et les résultats obtenus s'observent sur la figure ci-dessous (Figure 20).

La courbe des simples cumuls des précipitations annuelles (Figure 20) montre un changement de comportement des précipitations annuelles avec une baisse considérable observée vers la fin de la série (2007-2008). On Remarque aussi que la pente de la droite 474.35 mm est très proche de la moyenne interannuelle 469.3 mm.

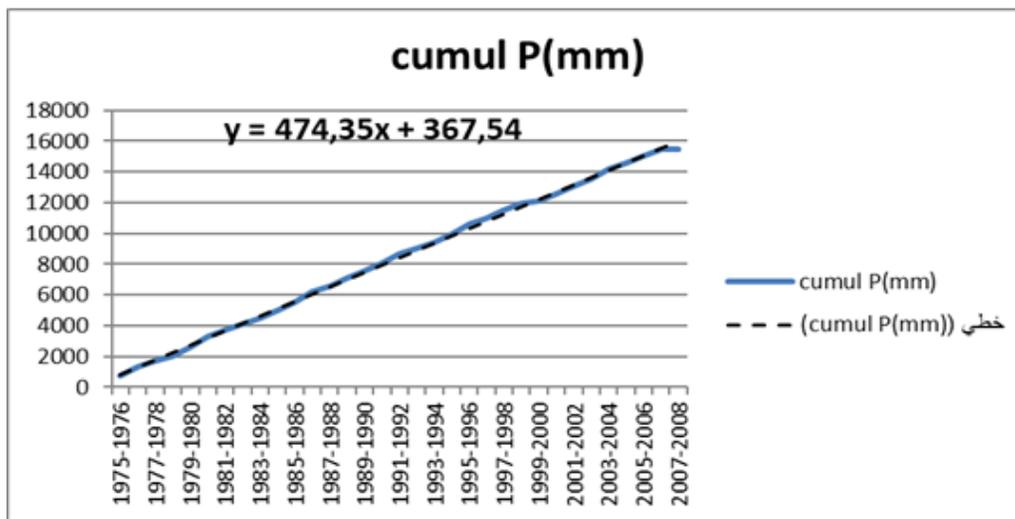


Figure 20 : courbe des simples cumuls des précipitations moyennes annuelles de station de Lala Setti (1975-2007)

II. Ecoulement (débits)

L'écoulement ou le ruissellement superficiel se définit comme le phénomène de drainage des eaux pluviales au niveau de la surface du bassin versant. Les écoulements constituent donc le facteur essentiel pour l'alimentation des cours d'eau.

L'analyse des observations hydrométriques au niveau des cours d'eau donne une idée précise sur le comportement hydrologique.

Dans notre chapitre on va baser notre étude de l'écoulement de bassin versant de l'oued Sikkak sur les données des débits liquides relatives à la période (1975-1999) de la station hydrométrique d'Ain yousef.

Les coordonnées de Lambert de station étudiée sont portées dans le tableau suivant (tableau 21).

Station	Les coordonnées Lambert		Z(m)
	X(Km)	Y(Km)	
Ain yousef	131.700	201.700	210

Tableau 21: Les coordonnées Lambert de la station d'Ain yousef de bassin versant d'oued Sikkak.

II.1 Régime hydrologique

Le terme de régime hydrologique désigne l'ensemble des variations de l'état et des caractéristiques d'une formation aquatique, qui se répètent régulièrement dans le temps et dans l'espace et passent par des variations cycliques.

Pour une analyse précise d'un régime hydrologique il faut calculer et traiter les données des apports liquides (débits) mensuels, saisonnière, annuel et même journalière durant toute la période d'observation (1975-1999).

II.2 Débits moyens annuel

Les variations des débits moyens annuels enregistrés au niveau de la station d'Ain yousef depuis 1975 jusqu'à 1999. Sont portés dans le tableau suivant (tableau 22).

Année	Q (m ³ /s)	Année	Q (m ³)
1975-1976	361,89	1987-1988	107,42
1976-1977	245,06	1988-1989	63,78
1977-1978	185,39	1989-1990	64,76
1978-1979	160,6	1991-1990	96,67
1979-1980	216,66	1991-1992	167,12
1980-1981	251,49	1992-1993	93,71
1981-1982	132	1993-1994	96,39
1982-1983	94,91	1994-1995	73,84
1983-1984	54,87	1995-1996	161,84
1984-1985	59,34	1996-1997	180,07
1985-1986	144,56	1997-1998	140,24
1986-1987	224,92	1998-1999	101,07
Debit moyen	144.94 m³/s		

Tableau 22 : Les débits moyens annuels de la station hydrométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-1999).

Les variations de débits moyens annuels au niveau de la station est illustré par la figure 21 qui montre que le débit moyen de Oued Sikkak est 144.94 m³/s par an, le maximum est enregistré en 1975-1976 avec une valeur de 361.89 m³/s. Par contre le minimum est observé en 1983-1984 avec 54.87 m³/s.

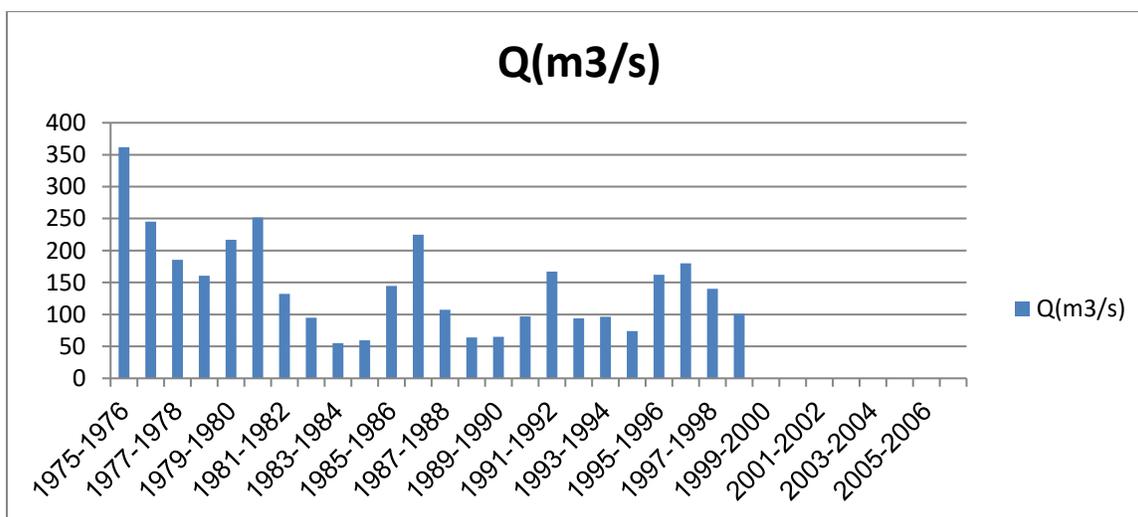


Figure 21 : Histogramme des débits moyens annuels de station de Lala Setti (1975-1999).

II.3 Débits moyens mensuels

Les variations des débits moyens mensuels enregistrés au niveau de la station d'Ain Youssef depuis 1975 jusqu'à 1999 sont portés dans le tableau suivant (tableau 23).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
qQmoy(mm)	6,58	6,32	10,97	17,34	21,27	23	28,99	14,61	13,48	4,15	1,81	0,88

Tableau 23 : Les débits moyens mensuels de la station hydrométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-1999)

La figure 22 montre que les mois de Février et Mars représentent les valeurs les plus élevés des débits avec respectivement 23 m³/s et 28.99 m³/s.

La valeur la plus faible est enregistré dans les mois de Juillet et Aout avec respectivement 1.81 m³/s et 0.88m³/s.

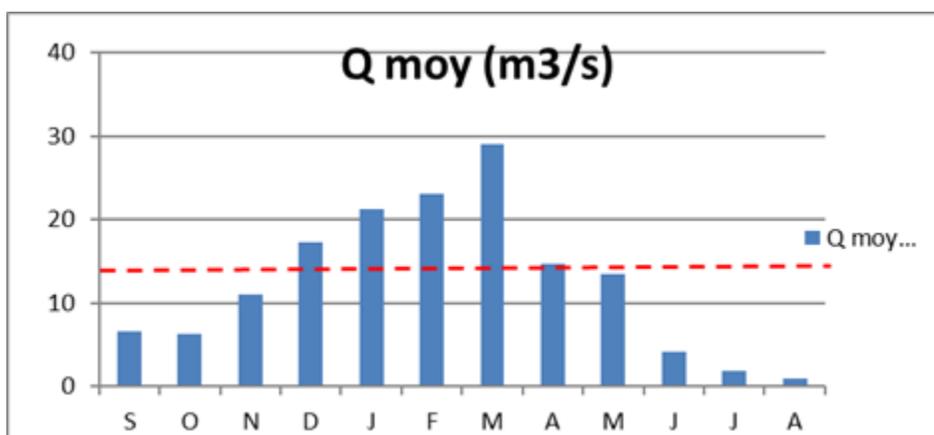


Figure 22 : Histogramme des débits moyens mensuels de station de Lala Setti (1975-2007).

I II.4 Débits moyens saisonnières :

On connait que l'année est composé par quatre saisons dont automne est le début de l'année hydrologique.

Les saisons sont : l'Automne, Hiver, Printemps et l'Eté.

Le tableau suivant (tableau 24) représente les valeurs moyennes saisonnières de la station d' Ain yousef.

Saison	Automne	Hiver	printemps	Eté
Q moy (m ³ /s)	7.95	20.53	19.02	2.28

Tableau 24 : Les débits moyens saisonniers de la station hydrométrique de bassin versant d'oued Sikkak(1975-1999).

La figure ci dessous (fig.23) montre que les valeurs les plus élevés enregistrent dans les saisons hiver et printemps avec respectivement 20.53 m3/s et 19.02 m3/s.

Par contre la saison de l'été a une faible valeur par rapport aux autres saisons (2.82 m3/s).

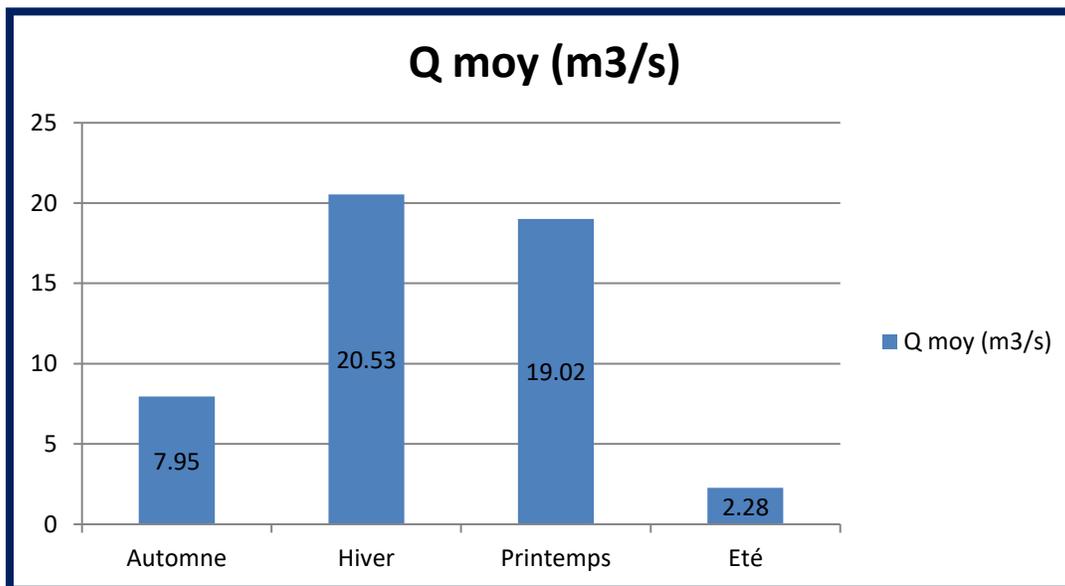


Figure 23 : Histogramme des débits moyens saisonniers de station d'Ain yousef (1975-1999).

II.5 débits journalières

Le tableau 25 représente les valeurs maximum des débits journalières sur la période d'observation (1975-1999).

Saison	Valeurs	Période
Hiver	27.37	20/03/1989
Printemps	17.31	01/05/1976

Tableau 25 : Les valeurs des débits journalières maximales de la station d'Ain yousef (1975 -1999)

La figure 24 représente les variations des débits moyennes journalières, d'après la figure on remarque des augmentations importantes des débits suivi par des diminutions continues qui mettent en évidence des variations importantes d'un jour a un autre.

La valeur maximum d'ordre 27.37 m3/s est enregistrée à l'hiver (20/03/1989).

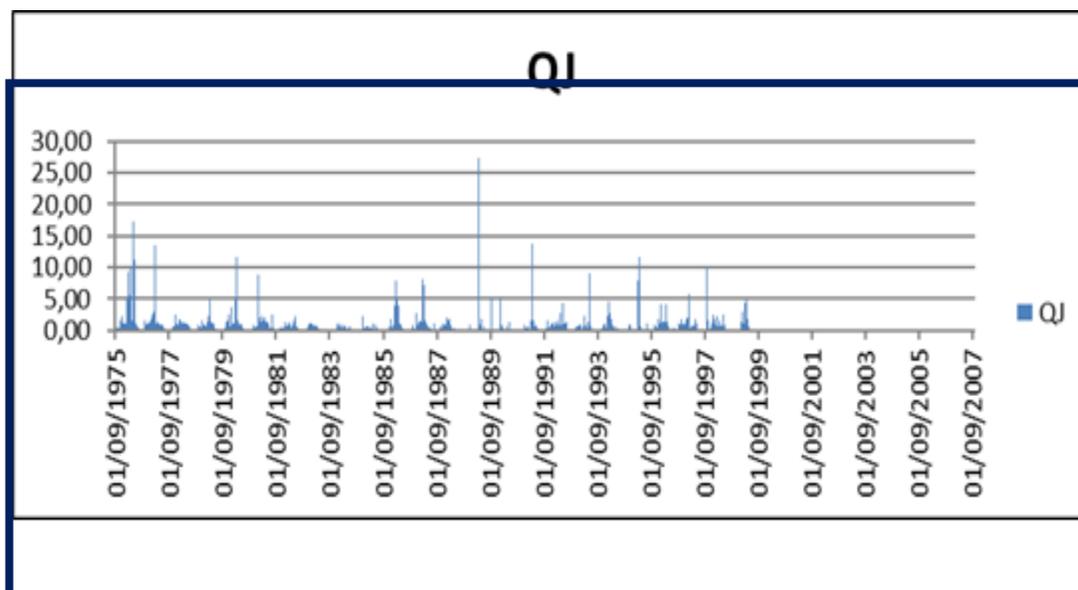


Figure 24 : Histogramme des débits moyens journaliers de station d'Ain yousef (1975-1999).

II.6 Homogénéité des débits

Pour étudier l'homogénéité des séries hydrométriques, on a utilisé la méthode des simples cumuls (Dubreuil 1974).

II.6.1. Méthode des simples cumuls

Le principe de la méthode consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées pour la station étudiée.

Le but est de valider les mesures tirées de la station.

On calcule le cumul des valeurs annuelles de la station et on le reporte sur un graphique. Si l'on obtient un effet de lissage, on conclut que les mesures proviennent de la même station.

Dans le cas d'une dispersion les mesures sont alors à vérifier.

II.6.2. Application

Nous avons appliqué la méthode pour station hydrométrique d'Ain yousef du bassin versant d'Oued Sikkak.

Les cumuls des valeurs observées sur 24 ans sont regroupés dans le tableau suivant (tableau 26):

Année	Cumuls Q	Année	Cumuls Q
1975-1976	361,89	1987-1988	2239,11
1976-1977	606,95	1988-1989	2302,89
1977-1978	792,34	1989-1990	2367,65
1978-1979	952,94	1990-1991	2464,32
1979-1980	1169,6	1991-1992	2631,44
1980-1981	1421,09	1992-1993	2725,15
1981-1982	1553,09	1993-1994	2821,54
1982-1983	1648	1994-1995	2895,38
1983-1984	1702,87	1995-1996	3057,22
1984-1985	1762,21	1996-1997	3237,29
1985-1986	1906,77	1997-1998	3377,53
1986-1987	2131,69	1998-1999	3478,6

Tableau 26 : Cumuls des valeurs des débits sur 24 ans de la station hydrométrique d'Ain yousef.

A partir des données du tableau ci-dessus (tableau 26), nous avons procédé à leur ajustement et les résultatsobtenus s'observent sur la figure ci-dessous (Figure 25).

La figure 25 montre que le changement de comportement des débits annuels est faible au milieu des années 1980. on remarque que la pente de droite linéaire 125.04 m3/s et très proche de la moyenne 144.94 m3/s.

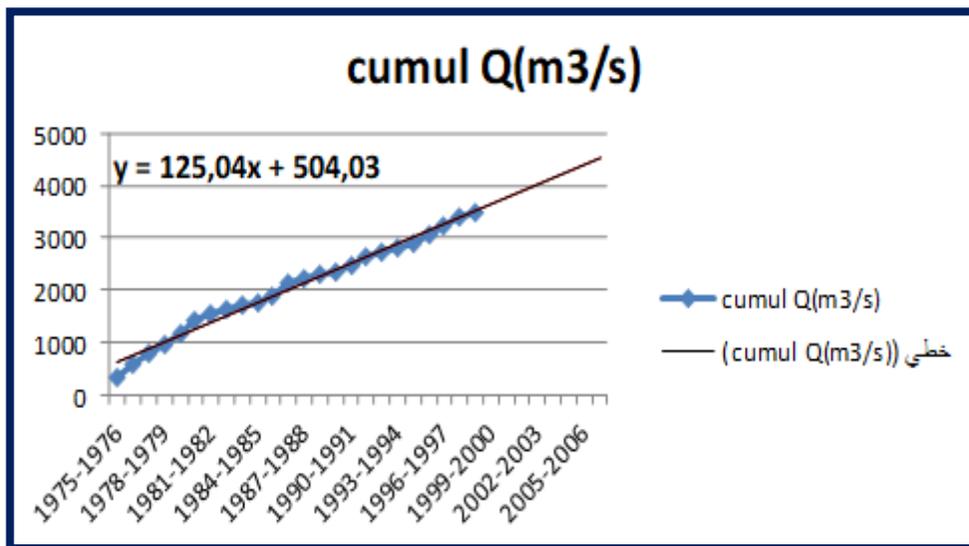


Figure 25 : Courbe des simples cumuls des débits de station d'Ain yousef (1975-1999).

III – CONCLUSION

L'étude des précipitations et des débits dans ce chapitre est basée sur une série de mesures de 32 ans pour précipitations (1975-2007) et 24 ans pour le débit (1975-1999).

Cette analyse a montré que le bassin versant de l'Oued Sikkak présente un débit moyen annuel de 144.94 m³/s par an à Ain Youssef (1975 – 1999). Ces débits correspondent à une précipitation moyenne annuelle estimée à 469.13 mm.

A l'échelle saisonnière, l'étude des précipitations montre que l'hiver est la Saison la plus humide et l'Été est la plus sèche. et l'étude des débits montre que la valeur des débits dans le printemps est élevée à cause de fonte des neiges. la décennie qui présente des fortes précipitations durant la plupart des mois c'est la décennie de (1975-1985).

Les années hydrologiques de 1975/1976, 1976/1977, 1979/1980, 1980/1981, 1986/1987 et 1996/1997 représentent de fortes abondances en écoulement. Elles coïncident parfaitement avec les années extrêmes humides au regard des précipitations annuelles, ce qui explique que le régime hydrologique, à l'échelle annuelle, est fortement lié aux conditions climatiques qui alimentent ce dernier.

Le régime hydrologique mensuel se résume à deux grandes périodes : Une période des hautes eaux qui se remarque surtout en hiver et persiste jusqu'au milieu de la saison printanière et une période des basses eaux qui débute à partir du mois de Mai et s'étale pendant toute la saison estivale.

CHAPITRE IV

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce travail nous a permis de mieux comprendre les différents risques hydrologique dans le bassin versant d'oued Sikkak et avoir une idée sur des prévisions pour une protection efficace de la région.

L'objectif de cette étude d'effectuer une étude de modélisation hydrologique pluie-débit de ce bassin qui fait partie du grand bassin de la Tafna, se situe au Nord-Ouest de l'Algérie dans la région de Tlemcen.

Il occupe une superficie de 217.52 km² sur un périmètre de 85.91 km et drainé par oued Sikkak qui traverse la région d'Ain Yousef à proximité de la ville de Tlemcen.

D'après la présentation des paramètres physiographiques et morpho métriques (indice de compacité K_c , indice de pente global I_g , la densité de drainage D_d et la dégradation spécifique enregistré) on a conclu que la forme de ce bassin est moyennement allongée favorisant une érosion linéaire résulte principalement de la différence de la lithologie, du couvert végétal, de la pente et de la taille du bassin avec l'altitude la plus fréquente 300-400m.

L'influence de la végétation sur l'écoulement fluvial est plus ou moins faible.

Ce bassin est dominé par essentiellement par les alluvions, les calcaires, grés et les dolomies comme formations géologique.

Le bassin versant d'oued Sikkak se caractérise par un climat semi-aride, les précipitations sont relativement faible avec une moyenne annuelle de 469.13 mm sur une période de 32 ans (station Lala Setti 1975-2007).

Les hauteurs maximales des précipitations atteignent 735.40 mm (1975-1976), les hauteurs minimales de l'ordre de 160.40 mm (1999-2000).

Le régime annuel durant 32 ans (1975-2007) est irrégulier d'une année à une autre.

Les variations des moyens mensuels sur période d'observation montre que le mois de Mars est le plus pluvieux avec une hauteur moyenne de 71.8mm. par contre le mois de Juillet est le plus mois sec avec 4.65mm.

A l'échelle saisonnière, l'étude des précipitations montre que l'hiver est la Saison la plus humide et l'Été est la plus sèche.

Le régime hydrologique mensuel se résume à deux grandes périodes : Une période des hautes eaux qui se remarque surtout en hiver et persiste jusqu'au milieu de la saison printanière et une période des basses eaux qui débute à partir du mois de Mai et s'étale pendant toute la saison estivale.

la décennie qui présente des fortes précipitations durant la plupart des mois c'est la décennie de (1975-1985).

le bassin versant de l'Oued Sikkak présente un débit moyen annuel de 144.94 m³/s à la station d'Ain Youssef (1975 – 1999).

Le maximum est enregistré en 1975-1976 avec une valeur de 361.89 m³/s. Par contre le minimum est observé en 1983-1984 avec 54.87 m³/s.

Les variations des moyens mensuels sur période d'observation (1975-1999) montre que les mois de Février et Mars représentent les valeurs les plus élevés des débits avec respectivement 23 m³/s et 28.99 m³/s et

La valeur la plus faible est enregistré dans les mois de Juillet et Aout avec respectivement 1.81 m³/s et 0.88m³/s.

Les variations des moyens saisonniers montrent que les valeurs les plus élevés enregistrent dans les saisons hiver et printemps avec respectivement 20.53 m³/s et 19.02 m³/s.

Par contre la saison de l'été a une faible valeur par rapport aux autres saisons (2.82 m³/s).

On remarque aussi que la valeur des débits dans le printemps est élevée à cause de fonte des neiges.

Les années hydrologiques de 1975/1976, 1976/1977 ,1979/1980, 1980/1981, 1986/1987 et 1996/1997 représentent de fortes abondances en écoulement. Elles coïncident parfaitement avec les années extrême humide au regard des précipitations annuelles, ce qui explique que le régime hydrologique, à l'échelle annuelle, est fortement lié aux conditions climatiques qui alimentent ce dernier.

La présenté les données des précipitations de station pluviométrique de Lala Setti étudiées sous forme IDF, exprime l'intensité des précipitations en fonction de nombre de jours et temps de retour de 2ans, 5 ans, 10 ans ,20 ans et 60ans nous a permis de savoir que les périodes pluvieuses sont notées en hiver ce qui est tout à fait normale selon le climat méditerranéen de la région.

Par ailleurs, on a pu estimer que les premiers 100 heures sont les plus vulnérables au risque des inondations ce qu'il nous donne une idée sur les prévisions pour prendre des précautions dans le plus vite possible d'une part et sans oublier prise en compte de la capacité maximales des ouvrages hydraulique pour toute urgence pourrait survenir d'autre part.

LES REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

ANCEY C.(2018).Risques hydrologiques et aménagement du territoire.

B

BAKRETI, A(2014).Modélisation du bassin versant de la Tafna; thèse de doctorat.

Belagoune,F.,2012.Etudeetmodélisationdescruessdescoursd’eauenmilieusemi-aride : cas des grands bassins versants05,06et07.Thèse de Magistère, Univ. D’Ouargla, 181 p.

BELARBIF.(2010).Etudedelapluriométriejournalièredanslebassinversantdela Tafna. Mémoire de Magister.

Benest, M. et Bensalah, M., 1999. Lac ouverture mésozoïque et cénozoïque du DomaineTlemcenien(Avant-PaysTelliend’AlgérieOccidentale):stratigraphie,paléo Environnements,dynamiquesédimentairesettectogènèsealpine.Bull.Serv.Géol. Algérie, Vol.10, n°2.

Benest,M.,1985.Evolutiondelaplate-formedel’OuestAlgérienetduNord-Est Marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieuxdedépôt,Documentsdeslaboratoiresdegéologie.Lyon,0750-6635;no95, 497-518 p.

BouananiA.&al, 2003.Variations climatiques et conséquences hydrologiques :cas du bassin versant de laTafna(NW Algérie),Conférence internationale “Hydrologie des régions méditerranéennes et semi arides” .Montpellier, 1-4 avril2003.

Bouanani,A.,2004.:Hydrologie,transportsolideetmodélisationétudededequelques sous bassins de laTafna (NW—Algérie),Thèse de doctorat en hydraulique appliqué, Univ. Tlemcen, 225p.

Bouanani,A.,Baba-Hamed,K.etFandi,W.,2013.Productionettransportdes sédiments en suspensiondansl’ouedSikkak(Tafna—nord-ouestAlgérie),Revedes sciences de l'eau.120-132p.

BRUNET-MORETY.(1969).Etudededequelquesloisstatistiquesutiliséesen Hydrogéologie. ORSTOM.

BRUNET-MORETY.,(1971).Etudedel’homogénéitédesérieschronologiques.

C

Cosandey, C. et Robinson, M., 2000. Hydrologie continentale, Edition Armand Colin, Paris.

D

Dekiche, A., 1993. Etude statistique multidimensionnelle du régime pluviométrique et des crues application au bassin versant de la Tafna. Rapp. ANRH. (Inédit). juin 1993.

Douvinet J., Delahaye D., Langlois P., 2007. De la morphométrie à un champ de mesure de l'efficacité structurelle d'un bassin versant. Actes du colloque international de Géomatique et d'Analyse Spatiale SAGEO'2007, Clermont-Ferrand, 16p.

E

El Garouani A., Merzouk A. et Ozer A., 2003. Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions, Proceedings of an international symposium held at Montpellier, April 2003. IAHS Publ. no. 278. 2003.

Estienne, P. et Godard, A., 1970. Climatologie, librairie Armand Colin. Edité par Armand Colin 1982. Paris. France. 1982.

F

Fandi, W., 2011. Caractérisation des écoulements dans un bassin versant par l'étude des événements : Cas du bassin versant de Sikkak (N-W Algérie), Thèse de Magister, Univ. Tlemcen, pp. 253p.

G

GARCON (1993). Etude des courbes Intensité Durée Fréquence des précipitations dans les Alpes

H

Hayane, S. M., 1983. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak (région de Tlemcen). Thèse Doc. 3^e cycle. Univ. Oran 1983, 236 p.

K

KHANH-HUNGL.(2004).Mise à jour des courbes d'intensité durée fréquence des pluies Decourte durée du climat récent au Québec; 57^e congrès annuel de l'association canadienne des ressources hydriques.

M

MENASRI A.A.,(2016).Courbes IDF pour la région pluviométrique de la région centre de L'Algérie du Nord, mémoire de master.

MUSY A. et LAGLAINE (1992).Article hydrologie générale

MUSY, A. (1998).Hydrologie appliquée

MUSY, A. (2005).Cours hydrologie générale

MUSY, A. et HIGY, C.,(2004). Hydrologie : une science de la nature

P

Pardé M., 1963. L'hydrologie de l'ingénieur de G. Remanieras. In: *Annales de Géographie*, t. 72, n° 390, 1963, 206-214p.

R

Roche, M., 1963. Hydrologie de surface. Office de la recherche scientifique et Technique outre-mer, Paris, Gauthier-Villars, N° d'Édition: 1097.

S

Seltzer, P., 1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Et de Phys. Du globe. Univ. Alger (Algérie), 219p.

T

Terfous, A., Megnounif, A., Bouanani A., 2003. Détermination des dégradations spécifiques dans trois bassins versants des régions méditerranéennes. IAHS pub. N° 278, 366-372p.