

N°d'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
De Master en Géologie

Option : **RISQUES NATURELES, RISQUES GEOLOGIQUE ET GESTION**

Thème :

**APPLICATION DE LA METHODE QDF SUR LE BASSIN
VERSANT DE L'OUED ISSER (REGION DE TLEMCCEN)**

Par

- AKIR MUSTAPHA AMINE
- BELKENADIL SALAHE ADDINE

Soutenu le : 25/06/2016 devant la commission d'examen :

Mr. SAFFA AISSA

Mme. BAKRITI AMEL

Mr NADJI A

Maitre Assistant

Maître de Conférences

Maitre Assistante

Président

Rapporteur

Examinatrice

Oran, 2016

Remerciement

Nous remercions tout d'abord Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a données durant toutes ces longues années.

Nous tenons à remercier sincèrement toute personne nous ayant aidés de près ou de loin pour évaluer ce travail et plus particulièrement nos encadreur

Mme. BAKRITI AMEL, Nous

tenons à lui exprimer nos remerciements pour la confiance qu'il nous a accordée et pour l'intérêt qu'il a constamment porté à nos travaux de recherches.

Nous remercions chaleureusement Tous les enseignants de Domaine de spécialité (RNG)

Nous tenons enfin à exprimer nos vifs remerciements à tous nos collègues.

Nous tenons à remercier beaucoup ma famille et plus particulièrement mes très chers parents, qui nous ont beaucoup encouragés.

BELKENADIL Salah Eddine & AKIR Mustapha Amine

Dédicace

On dédie ce travail

À nos parents, à ceux qui nous ont aidés

Pour atteindre Notre niveau Cognitif actuel.

*À MUSTAPHA, ABED ELHAK, YOUSEF, et l'équipe
ELKAUTHAR*

Et à tout les étudiants de masterII (RNG)

Et finalement

À tous ceux qui nous aiment, à nos

frères et sœurs.

Sommaire

- Remerciement
- Dédicace
- Liste des figures
- Liste des tableaux

Introduction générale1

PREMIERE PARTIE: CONSIDERATIONS GENERALES DU BASSIN VERSANT

ETUDIE

Chapitre I : présentation du bassin versant de l'oued Isser

I. Présentation du bassin versant de l'oued Isser	3
I-1. Localisation du bassin versant de Isser	3
2- Synthèse géologiques	5
2-1.Contexte géologiques	5
2-2. Les séries anciennes	5
2-3. Les séries récentes	5
I-3 Synthèse physiographique	7
1.Caractéristiristiques morphométriques	7
2. Caractéristiques du réseau hydrographique de l'oued Isser	10
I-4 Synthèse climatique	11
I.5-Conclusion partielle	12

Deuxième partie : Application de la méthode QDF

Chapitre 1 : Etude des données

II-1Introduction	13
II-1.1Etude de l'homogénéité des séries	13
a.la méthode du Simple cumul	13
b.La méthode du double cumul	14
II-2.Application aux données utilisées	14
2.1.Analyse de précipitation	14
2.2Etude de la méthode de simple cumul	15

1-Station de Chouly.....	15
2-Station de MEURBAH	16
3-Station de O.MIMOUN	17
4-Station de SB NAKHLA	18
5-Station de IZDIHAR.....	18
3-1.L’homogénéisation des données	19
1-Méthode de double cumul sur les précipitations	19
2-Interprétation	22
4-1.Analyse des débits.....	22
4-2-Station Chouly.....	25
4-3-Interprétation	27

Chapitre : Application de la méthode QDF sur le bassin étudié
--

I.1 Introduction	29
I.2 Concept de la methode débit-durée-fréquence QDF.....	30
Quelles applications pour l’analyse QdF ?.....	30
III .Analyse QdF : Outil de diagnostic pour détecter une modification du régime des hautes-eaux.....	31
III.1 Concept de la méthode débit durée fréquence	31
III.2Variables examinées par une analyse QdF	32
III.3 L’Obtention les courbes débit durée-fréquence.....	33
VI -Discussion des courbes obtenues pour le bassin d’Isser.....	35
VI.1 Extraction des crues maximales	35
V-Discussion des résultats et conclusion.....	38
Conclusion générale.....	39
○ Référence bibliographique	
○ Annexe	

LISTE DES FIGURES

FIGURE(01) Carte de localisation de sous bassin versant de l'oued Isser

(Boughalem 2004 modifier)

FIGURE (02) Coupe schématique d'oued Isser, (BOUHANACHE).

FIGURE (03) Carte des altitudes de bassin versant d'oued Isser (Boughalem 2004)

FIGURE (04) Carte de classe de pente de la région d'étude (Boughalem 2004)

FIGURE (05) Carte de réseaux hydrographique de zone étudiée

FIGURE (06) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de CHOULY(1980-2010)

FIGURE (07) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de MEURBAH (1980-2010)

FIGURE (08) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de O.MIMOUN(1980-2010)

FIGURE (09) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de SB NAKHLA(1980-2010)

FIGURE (10) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station IZDIHAR(1980-2010)

FIGURE (11) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de CHOULY et la station de MEURBAH

FIGURE (12) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de CHOULY et la station de O.MIMOUN

FIGURE (13) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de CHOULY et la station de SB NAKHLA

FIGURE (14) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de

CHOULY et la station de IZDIHAR

FIGURE (15) variation des débits mensuelle station Sidi

FIGURE (16) Représentas variations des débits max station de SIDI AISSA

FIGURE (17) Variation des débits menseulle station Chouly

FIGURE (18) Représentas variations des débits max station de CHOULY

FIGURE(19) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de choulyet la station de Sidi aissa

FIGURE(20) Représentation de la méthode de double cumul corrigien entre la station de choulyet la station de Sidi aissa

FIGURE (24) Positionnement de 2 crues sur les courbes QDF ISSER

FIGURE (23) extraction des événements de crues des chroniques de débits de l'oued Isser

FIGURE (22) reprisent la variation de début en fonction du durée

FIGURE (21) Principe d'affinité du modèle convergent

**PREMIERE PARTIE:
CONSIDERATIONS GENERALES**

Considérations générales

Ce chapitre a pour objet de présenter le contexte général du sous bassin de l'oued Isser d'un point de vue géographique, géologique, physiographique et climatologique.

I. Présentation du bassin versant de l'oued Isser

I-1. Localisation du bassin versant de l'oued Isser

Le bassin versant de l'oued Isser est situé à l'Est de la Wilaya de Tlemcen selon les coordonnées suivantes :

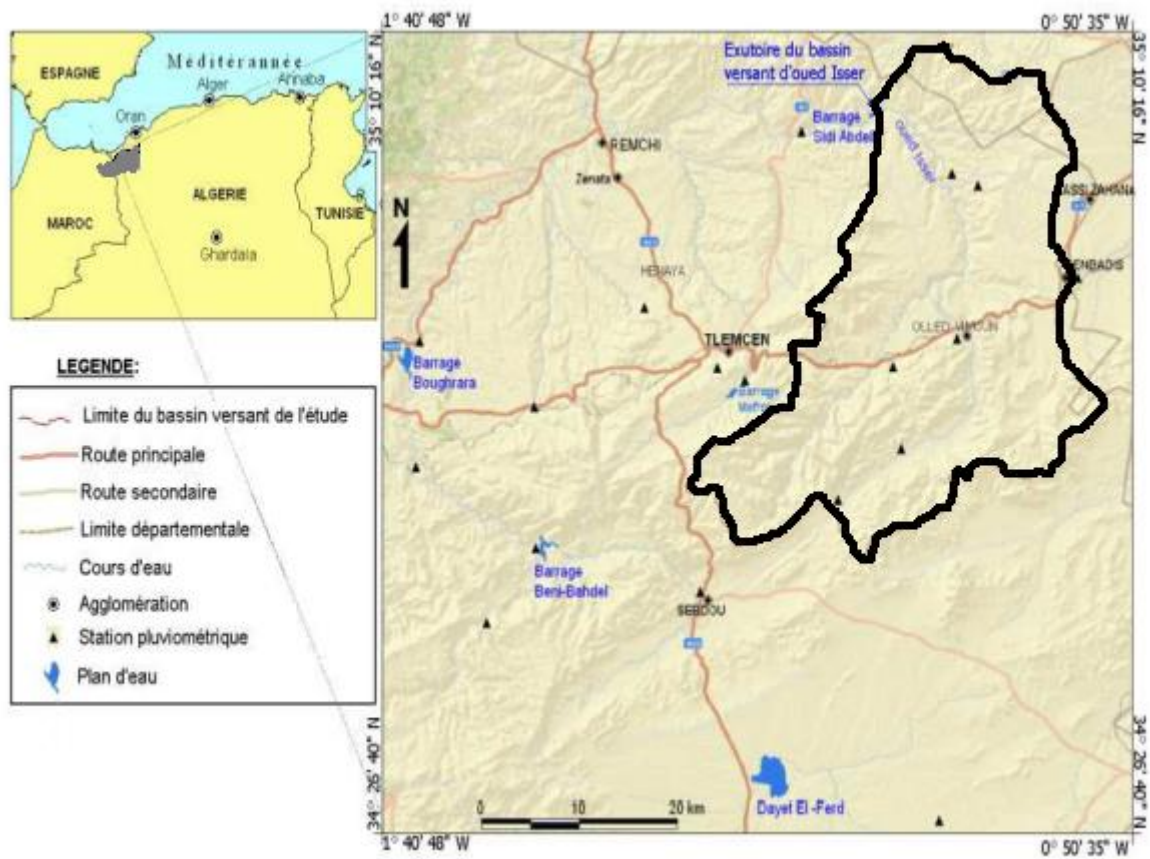
- x 126,00 km y 161,00 km.
- x 177,31 km y 14,00 km.

L'oued Isser draine un versant qui s'étend sur une superficie de 900Km² et présente une pente moyenne de 1,43% qui favorise l'accentuation de l'effet de l'érosion hydrique. Ce bassin est d'une altitude maximale de 1625m avec une longueur ne dépassant pas les 81km selon la documentation consultée. (in Bouhannache, 2016)

En amont, il reçoit l'oued Bouhadi sur sa rive droite et l'oued Chouly sur sa rive gauche. La limite aval du bassin coïncide quant à elle avec le barrage El-Izdihar de Sidi Abdelli.

L'oued Isser, prend sa source au niveau d'Ain Isser au Sud d'Ouled Mimoun à 870m d'altitude. Sa confluence avec l'oued Tafna s'effectue dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude.

Il traverse trois agglomérations: Ouled Mimoun, Sidi Abdelli et Bensekrane. Au Nord de la région d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur sa rive gauche un cours d'eau assez important qui est l'oued Sikkak. L'Isser reçoit les eaux de l'oued Sikkak qui sont à leur tour retenues par le barrage de Sikkak en amont de la confluence Isser-Sikkak.(Hayane, 2004).



**Figure.1 : Carte de localisation de sous bassin versant de l'oued Isser
(Boughalem 2004 modifiée)**

I-2. Synthèse géologiques

2-1. Contexte géologique

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement des surfaces. A cet effet, l'objet principal d'une étude géologique d'un bassin versant est de déterminer les différentes formations lithologiques constituant l'assise du bassin.

Le bassin de l'Oued Isser est occupé par une série géologique allant du Secondaire au Quaternaire. Il se creuse dans des niveaux à forte résistance. Telles que les formations carbonatées du Secondaire. Au niveau du bassin, on y trouve des sédiments du Tertiaire principalement des argiles, des grès du Miocène et des alluvions quaternaires occupant les bas fonds des vallées et des plaines. (Benest et al, 1999).

Nous distinguons, la série stratigraphique suivante au niveau du bassin étudié (figure. 3) :

2-2. Les séries anciennes

*Le Trias

*Les grès de Bou-Médiane

*Les calcaires de Zarifet

*Les dolomies de Tlemcen

*Les marno-calcaires de Raourai

*Les dolomies de Terny

*Les marno-calcaires de Hariga

*Les marno-calcaires d'Ouled Mimoun

*Les argiles de Lamoricière

2-3. Les séries récentes

*Formation Miocène

*Formation Plio-Quaternaire

*Travertins

*Les alluvions récentes

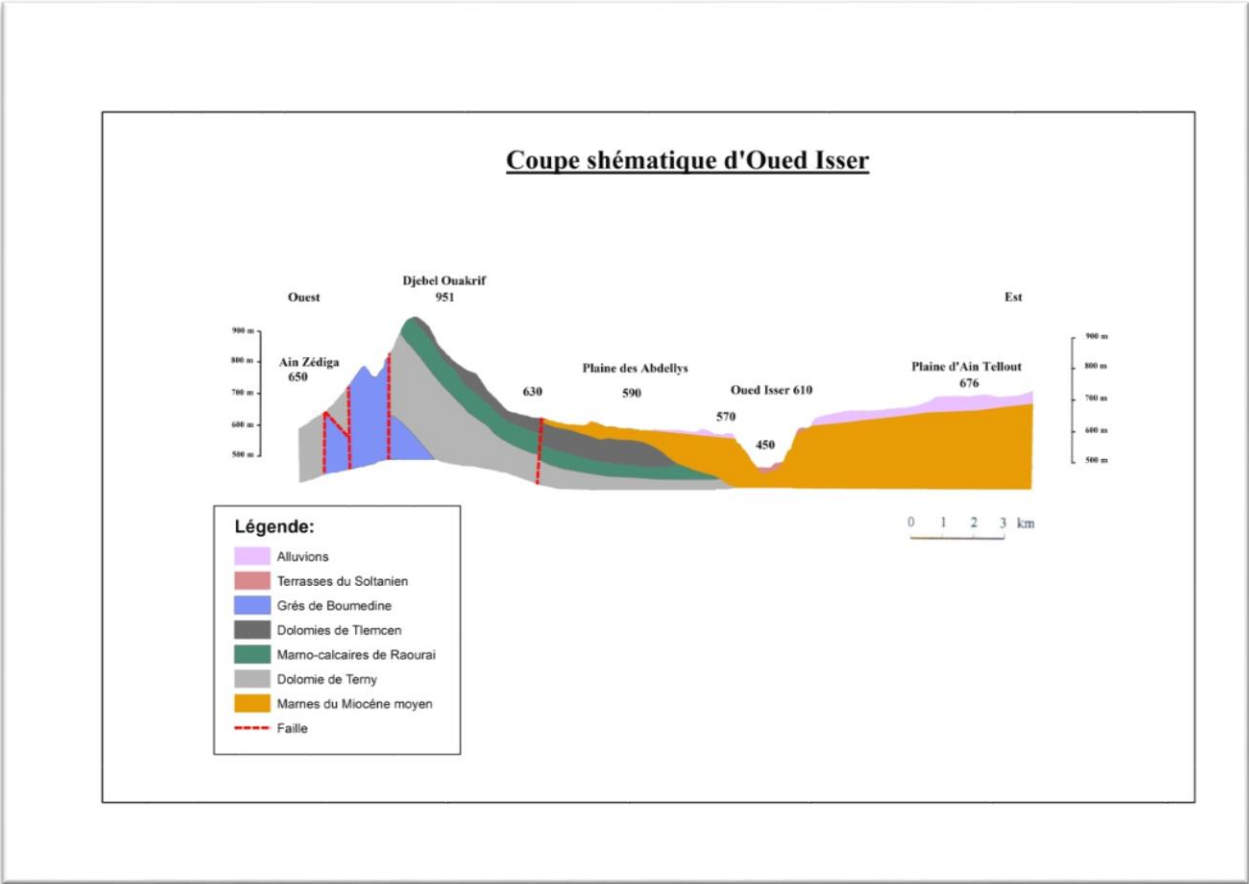


Figure.02 Coupe schématique d’oued Isser, (In Bouhannache, 2016).

I-3 Synthèse physiographique

Nous avons étudié les paramètres physiographiques du bassin étudié pour dégager les principales caractéristiques qui vont être prise en compte dans l'étude hydrologique .

1. Caractéristiques morphométriques

Il faut rappeler que l'oued Isser, prend sa source au niveau d'Aïn Isser au Sud d'Ouled Mimoun. Sa confluence avec l'oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude. Au Nord-Ouest du bassin, les pentes s'accroissent (15- 30%). sa limite aval coïncide avec le barrage El Izdihar de Sidi Abdelli (mis en service en Janvier 1989).

Le bassin versant de l'oued Isser est caractérisé par deux zones distinctes

- au Sud, une zone montagneuse à forte pente constituée par des calcaires du Jurassique,
- au Nord, une zone de collines à pentes douces constituées essentiellement de marnes d'âge miocène.

- Au Sud du bassin les pentes sont très fortes dépassant les 30%, correspondant à la zone montagneuse constituée essentiellement de terrains calcaires fissurés au potentiel hydrique important. Cette classe de pente ($> 30\%$) est la plus fréquente au niveau du bassin, elle occupe une superficie d'environ 365 Km² soit 32% de la surface totale. La zone médiane du bassin correspond aux plaines et plateaux où les pentes sont douces pouvant atteindre au maximum 10%; c'est le siège des particules solides charriées par l'oued Isser.(bouanani 2004)

La morphométrie des bassins versants est le principal facteur qui commande l'intensité des ruissellements et des crues sans oublier l'influence de la pédologie.

Un bassin allongé par exemple ne réagit pas de la même manière qu'un bassin ramassé, aussi un profil en pente du talweg principal du bassin n'a pas la même réaction qu'un autre de plaine.

Bassin versant	Superficie (Km ²)	Superficie (Km ²)	Kc	Rectangle équivalent	
				Langueur (km)	Largeur (Km)
Oued Isser	900	180.95	1.68	72.96	29.8

Tableau.1 Caractéristique de forme du bassin versant de l'oued Isser.

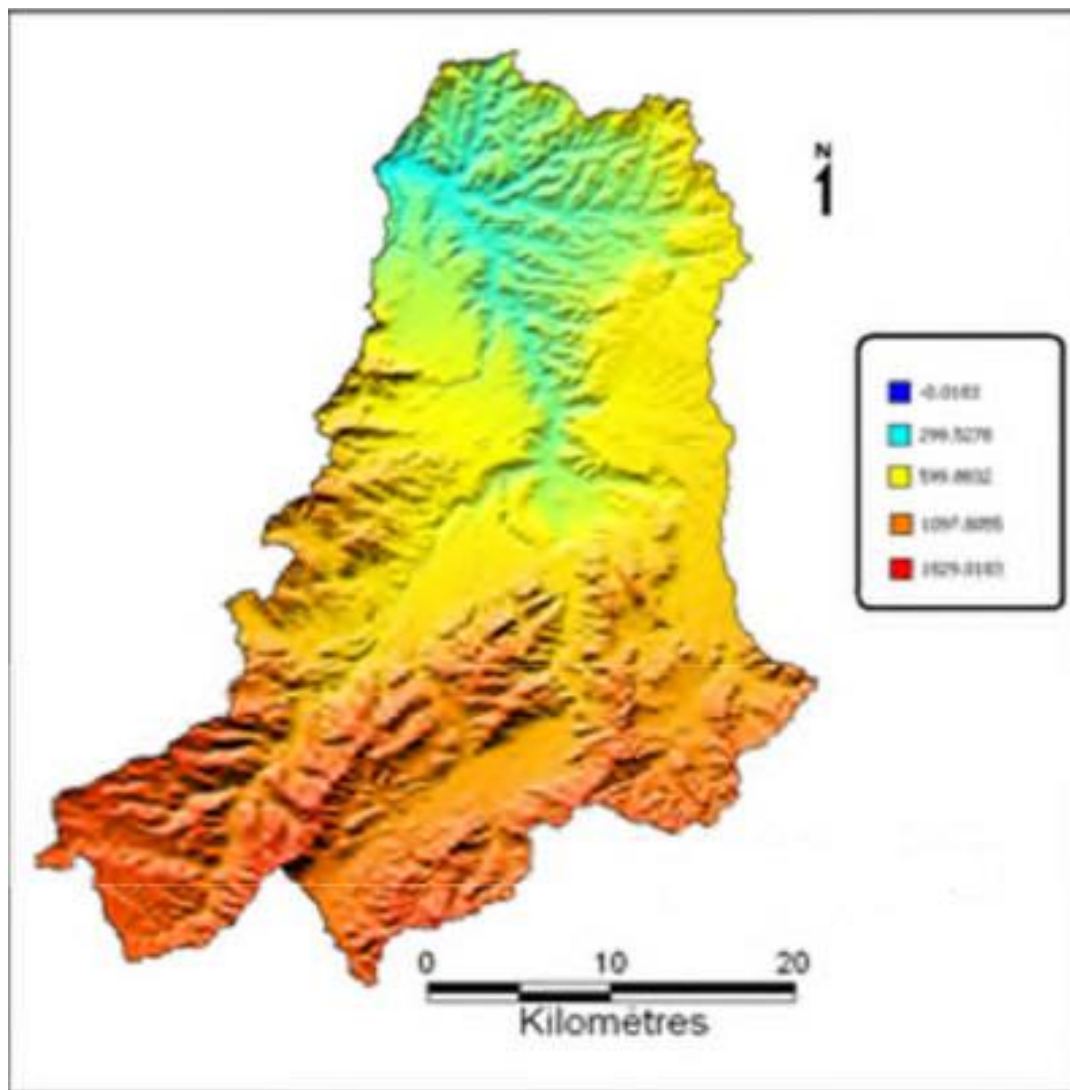
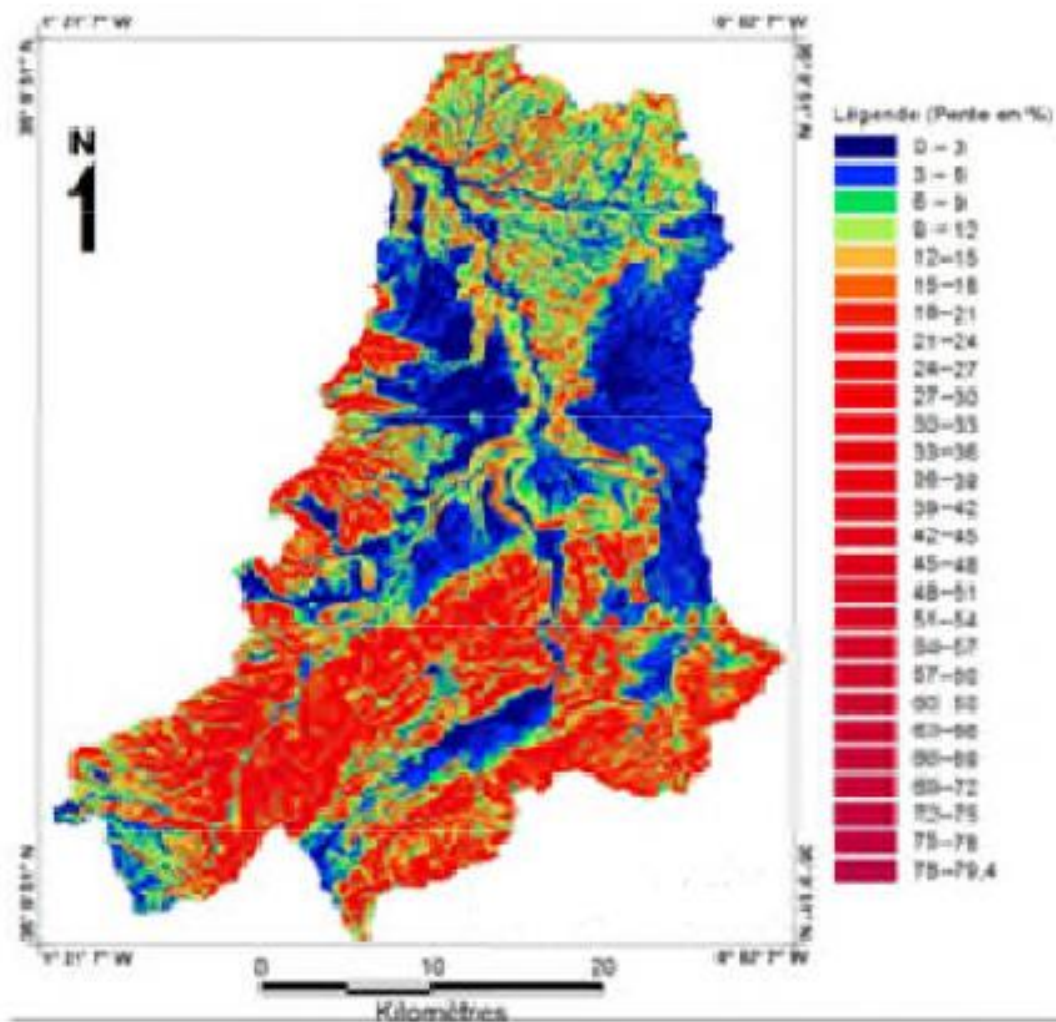


Figure.3 Carte des altitudes de bassin versant d'oued Isser



FIGURE(04) Carte de classe de pente de la région d'étude (Boughalem 2004)

2. Caractéristiques du réseau hydrographique de l'oued Isser

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques.

Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du Jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique.

L'ensemble physique présente des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement. Une zone montagneuse constitue les principales zones d'alimentation en eau du bassin-versant de l'Isser : les Monts de Tlemcen, qui comportent Djebel Assès et Djebel Altène.

La valeur de l'indice de compacité montre que le bassin d'oued Isser ($K_c=1,68$) le résultat montre que la forme de bassin est assez allongé, la dénivelée spécifique permet de classer le bassin dans la classe R6 (Relief fort). Le coefficient de torrentialité de bassin de l'oued Isser est faible avec une densité de drainage assez faible ; cette faiblesse elle est liée soit des précipitations, ou encore à la forte perméabilité des formations lithologiques(BOUHANNACHE, 2016).



FIGURE(05) Carte de réseaux hydrographique de zone étudiée

I-4 Synthèse climatique

D'après l'étude des paramètres climatiques, il ressort que notre région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride avec des influences méditerranéennes. Ce climat est remarqué par un hiver pluvieux et un été sec.

A l'échelle annuel, l'étude montre que cette région est caractérisée par deux périodes ; l'une froide et pluvieuse, s'étalant du début novembre à mai mares et l'autre chaude et seche qui débute vers mai-marss jusqu'au début novembre (Bouhanache 2016).

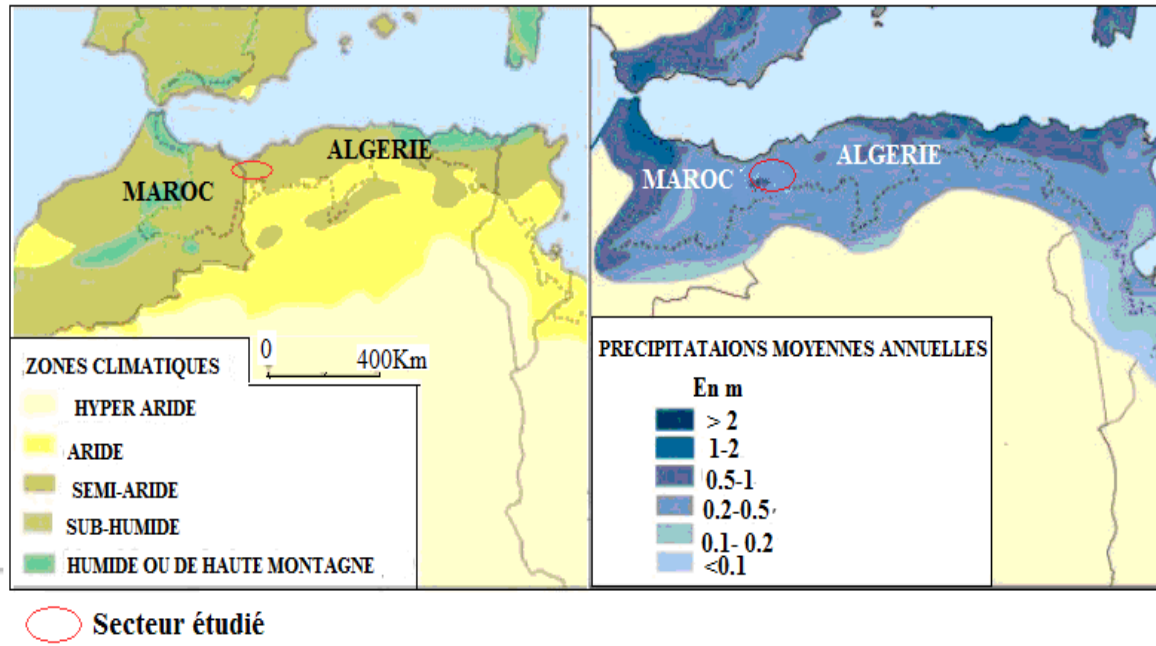



Fig 06: Climat général de la zone étudiée in Bakriti 2014

I.5–Conclusion partielle

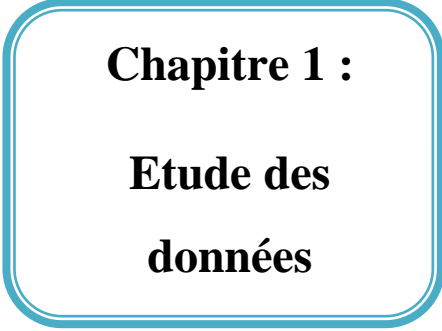
L'oued Isser ce comportements différents qui seraient dus à l'abondance relative des marnes et argiles qui occupe 40% de la surface du bassin. Les marnes et argiles étant plus facilement érodables et transportables en suspension.(bouanani)

L'ensemble physique présente des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement. Une zone montagneuse constitue les principales zones d'alimentation en eau du bassin-versant de l'Isser : les Monts de Tlemcen, qui comportent Djebel Assès et Djebel Altène.

L'analyse climatique, nous a permis de faire une synthèse des paramètres climatologiques qui nous ont conduits à certifier que le climat régnant sur le bassin versant de l'Oued Mouilah est de type semi-aride.(boughalem 2007)



Deuxième partie :
Application de la
méthode QDF



Chapitre 1 :
Etude des
données

II-1 Introduction

L'étude hydrologique a pour but de traiter un grand nombre de données, souvent ces données sont issues d'observations et les résultats parfois sont complexes. Pour cette raison, les méthodes de traitement adoptées font inclure des paramètres et des coefficients de corrélation pour minimiser les erreurs et détecter les anomalies dues aux données imprécises (Dubreuil, 1971).

L'application des méthodes statistiques en hydrologie permettent d'aboutir à des résultats plus fiables voire cohérents par rapport aux données de précipitations et de débits, observés pendant des périodes déterminées.

II-1.1 Etude de l'homogénéité des séries

La question d'homogénéité ou de non homogénéité des observations est un problème important, compte tenu des conséquences que peut entraîner l'utilisation de telles données pour l'évaluation des paramètres des écoulements.

Une série est dite homogène si les observations disposent d'une certaine stationnarité spatiale (in Bakreti, 2013).

Avant d'effectuer à une étude statistique des données, on doit procéder à un contrôle d'homogénéité des séries considérés. Pour ce faire, nous proposons les deux méthodes suivantes :

a. la méthode du Simple cumul

Le principe consiste à cumuler en premier lieu, les valeurs annuelles observées de chaque stations à traiter puis en second lieu de les projeter en reportant en abscisse le temps et en ordonnées les valeurs de précipitations et ou des débits.

L'allure du nuage de points obtenus peut renseigner sur l'homogénéité ou non des données traitées. Si une cassure de la droite obtenue est bien visible on conclut que la série correspondante présente une rupture donc les observations ne sont pas échantillonnées de la même station.

Nous pouvons par simple lecture sur le graphique déterminer l'époque où s'est manifestée la rupture et de re contrôler dans les minutes les mesures traitées.

b. La méthode du double cumul

Le principe est le même que celui que nous avons décrit précédemment seulement la droite des cumuls n'est plus obtenue en fonction du temps mais en fonction d'une deuxième station dite de référence qui est supposée homogène dès le départ.

La similitude de comportement des deux stations se traduit par un quasi alignement des points représentatifs ; Une déviation de comportement d'une des deux séries (stations) va se traduire par un nouvel alignement donc une rupture le long de la seconde droite qui est différente de la première.

Cette méthode est particulièrement utilisée pour déterminer s'il y a lieu d'homogénéité et de corriger les ruptures obtenues.

II-2. Application aux données utilisées

2.1. Analyse de précipitation

Nous avons procédé à l'établissement de l'étude de l'homogénéité pour les données des précipitations de la station de CHOULY prise comme station de référence et les stations de : IZDIHAR, NAKHLA , OULED MIMOUN, MEURBAH pour la période de (1980-2011).

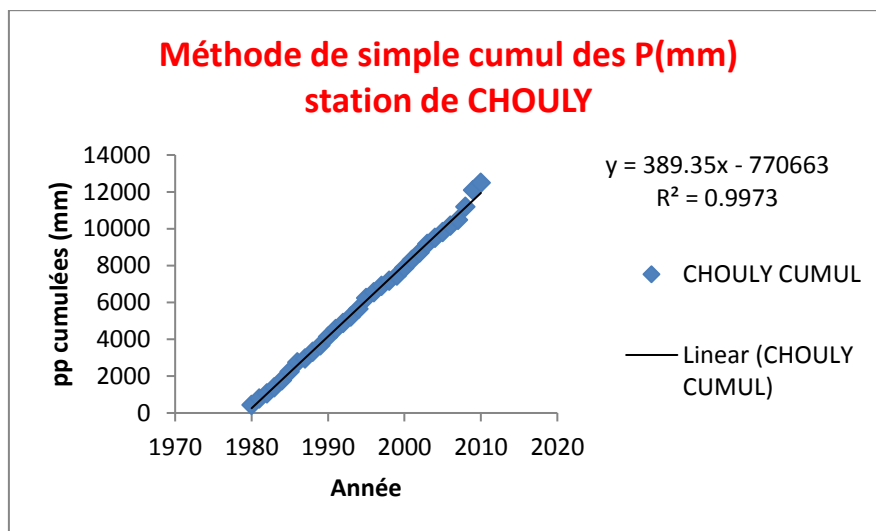
2.2 Etude de la méthode de simple cumul

Le principe de la méthode a été appliqué sur les différentes stations étudiées, les résultats sont résumés comme suite :

1-Station de Chouly :

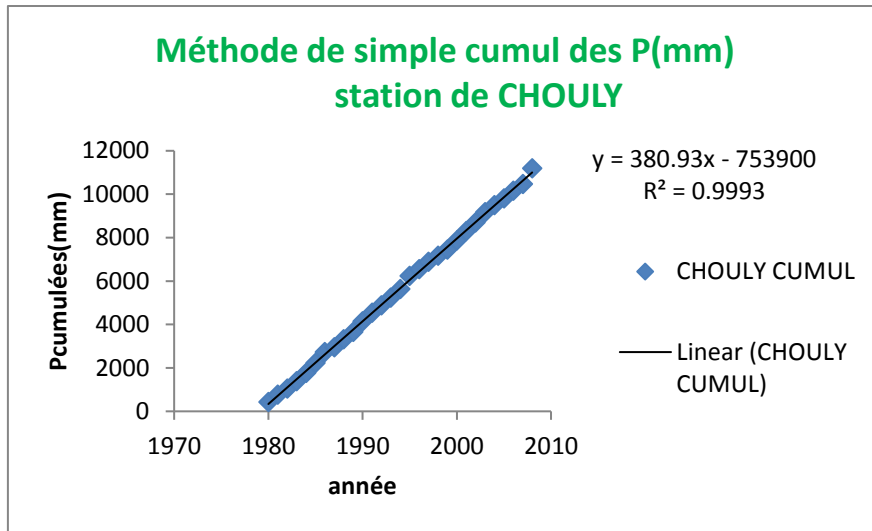
Le report des points de mesure a donné une droite où les deux derniers points sont plus ou moins décalés par rapport à l'ensemble des données. Ce qui veut dire que ces deux points ne font pas parti des mesures originaires de la station de Chouly. A cet effet, ils seront supprimés de la base de données du moment où il est impossible d'accéder aux archives pour vérification.

(Avant)



FIGURE(06) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de CHOULY(1980-2010)

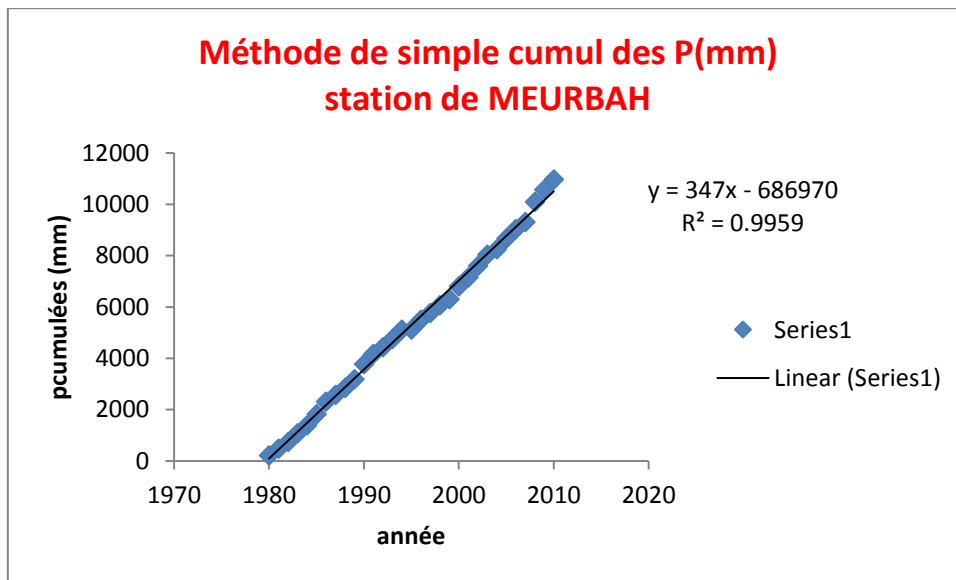
(Après)



2-Station de MEURBAH :

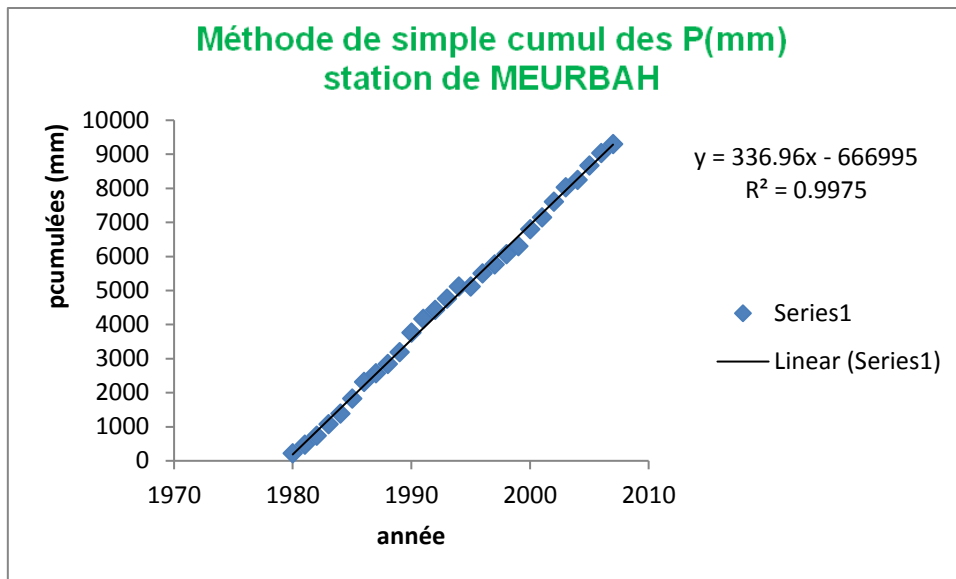
La projection des points mesurés au niveau de la station de Meurbah a donné une droite où les trois derniers points et plus au moins décalés par rapport aux autres valeurs. Ce mesures douteuses vont être supprimés de la chronique pour éviter toute erreur dans les calculs prévus plus loin.

(Avant)



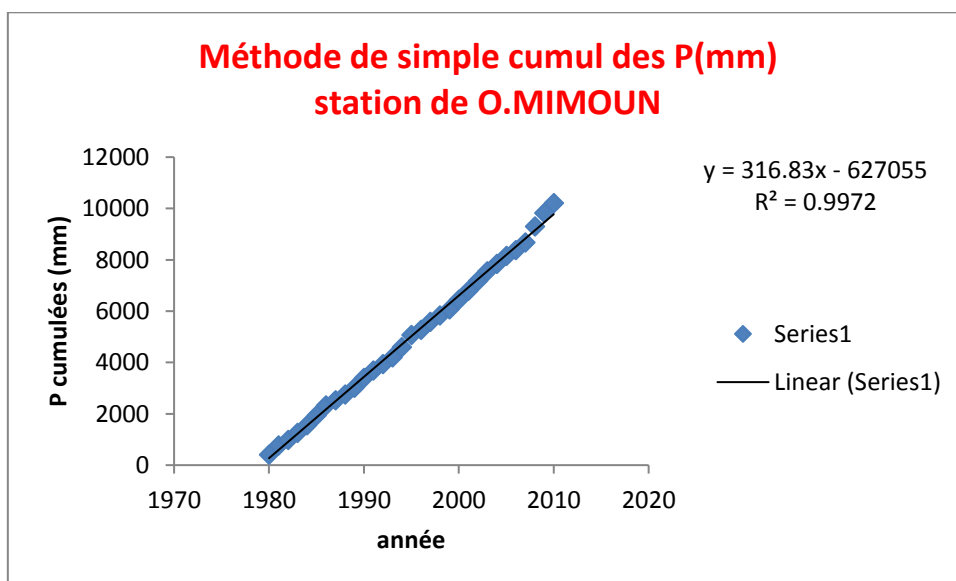
FIGURE(07) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de MEURBAH (1980–2010)

(après)



3-Station de O.MIMOUN :

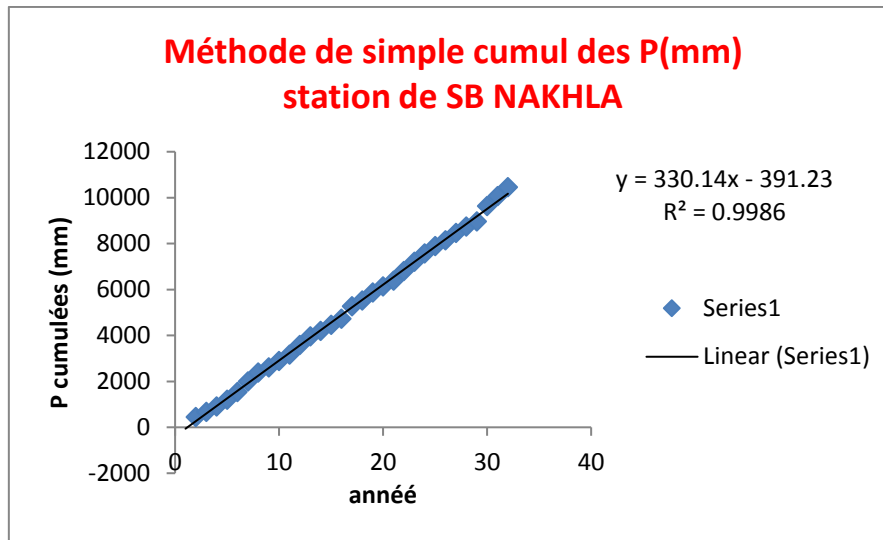
Le report des points au niveau de cette station indique que les différentes mesures sont bien tirées de la même station.



FIGURE(08) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station de O.MIMOUN(1980-2010)

4-Station de SB NAKHLA :

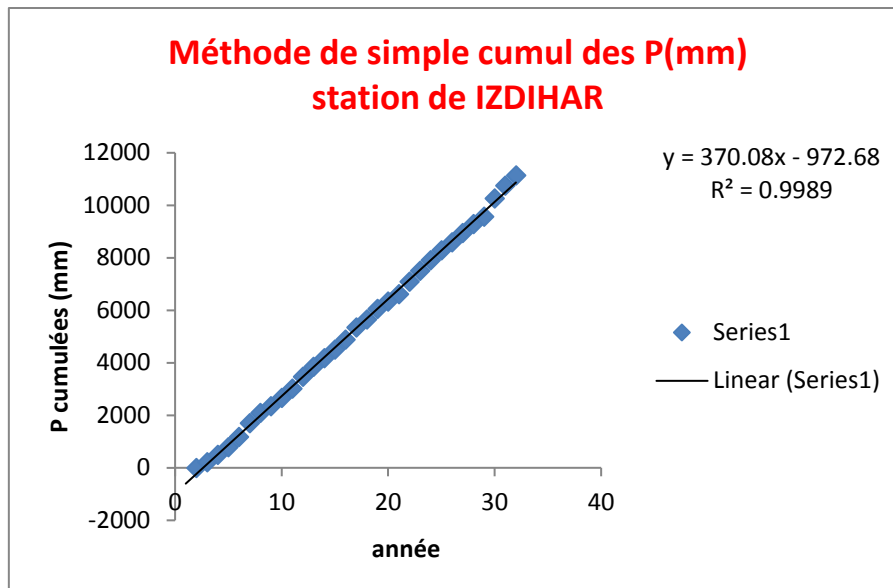
A u niveau de cette station , un seul point s'individualise par rapport à l'ensemble , nous avons procédé à son élimination.



FIGURE(09) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station deSB NAKHLA(1980-2010)

5-Station de IZDIHAR

Le report des points de mesure a donné une droite sans qu'il y est des points qui ressortent de l'alignement des points projetés. Les mesures de cette station sont bien tirées de la même population .



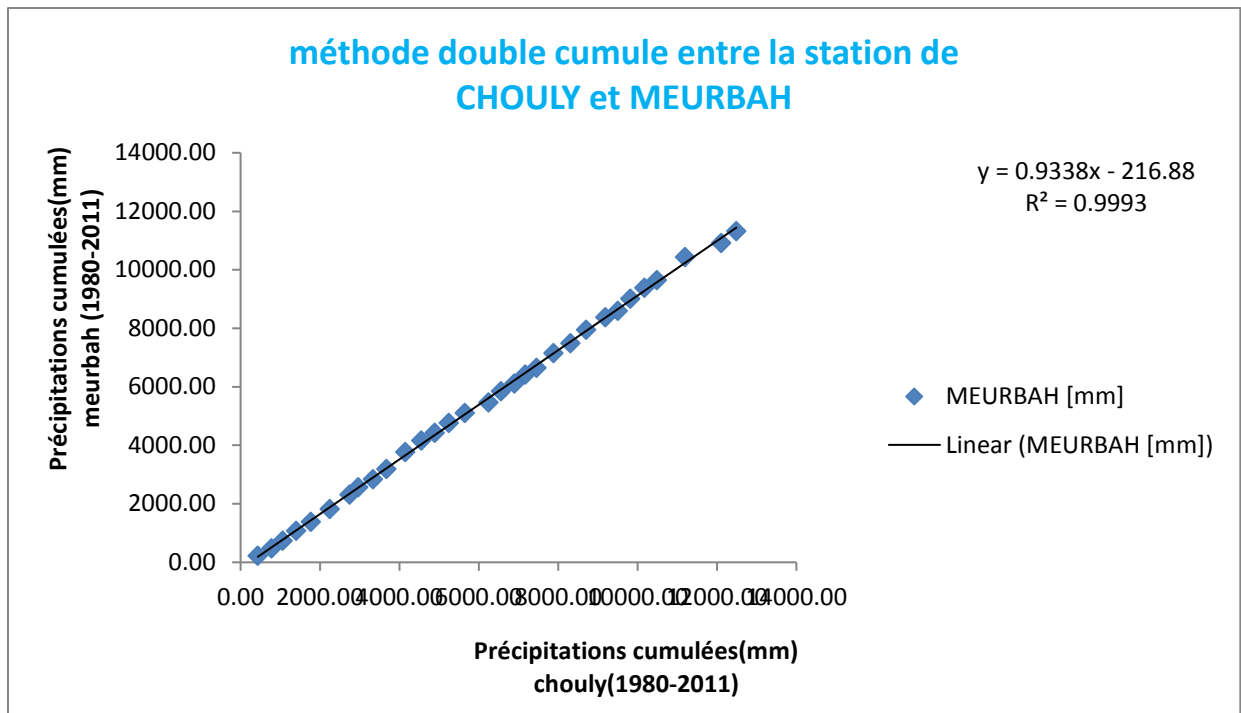
FIGURE(10) Représentation de la méthode du simple cumul sur les données de la station IZDIHAR(1980–2010)

3-1.L'homogénéisation des données

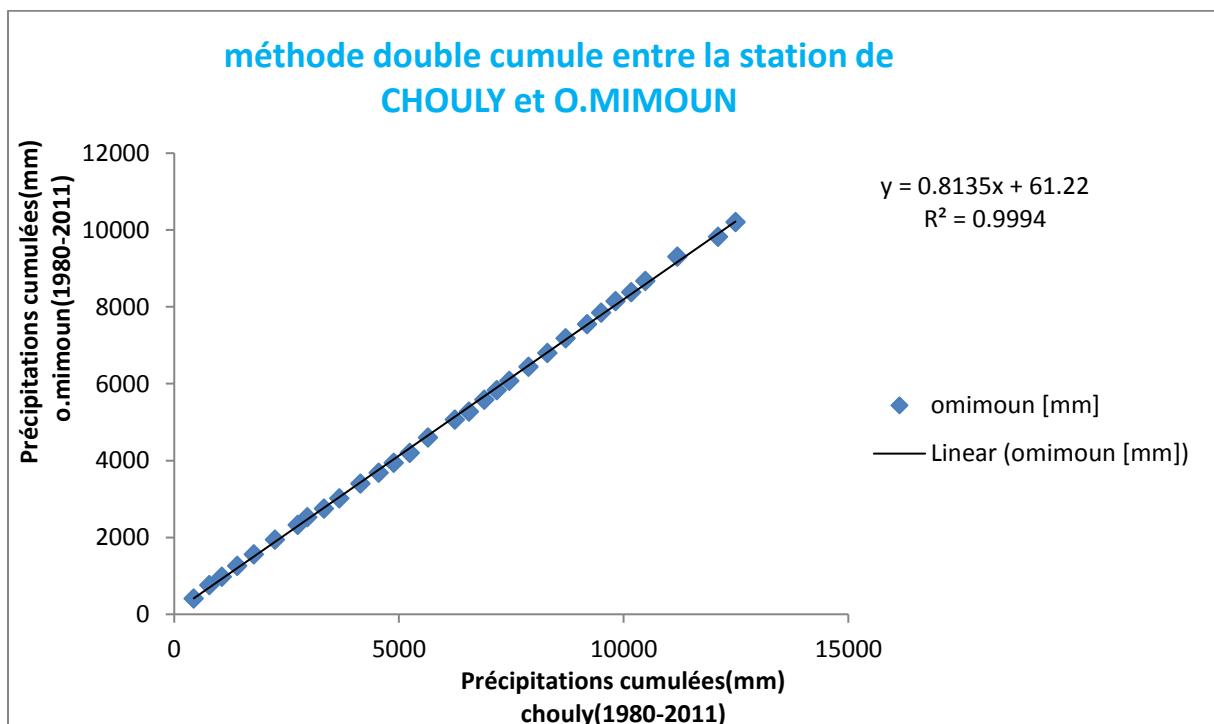
Avant de traiter les données, il importe de contrôler sa précision (les séries étudiées doivent être homogènes). Le contrôle de la validité des données se fait par les méthodes suivantes :

1-Méthode de double cumul sur les précipitations :

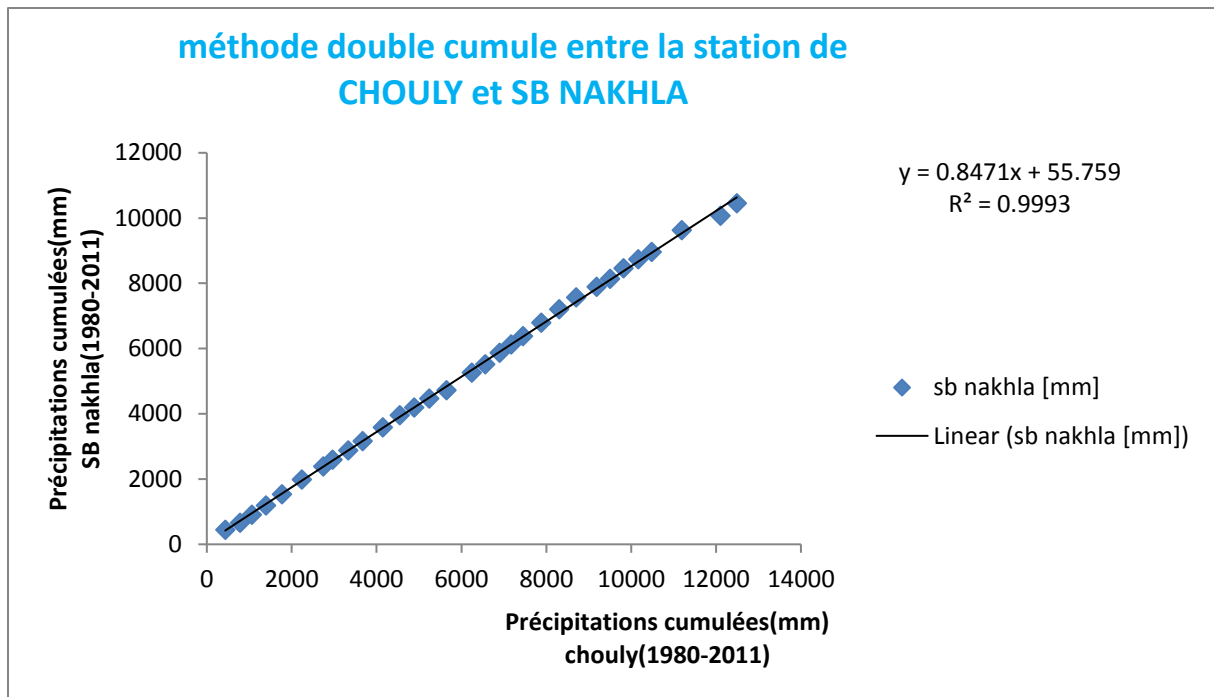
Cette méthode est appliquée aux données observées sur cinq (5) stations pluviométriques, dont la station de MEURBAH et O.MIMOUN et SB NAKHLA et IZDIHAR ce sont choisies comme des stations d'étude par contre la stations de CHOULY sont choisies comme station de références.



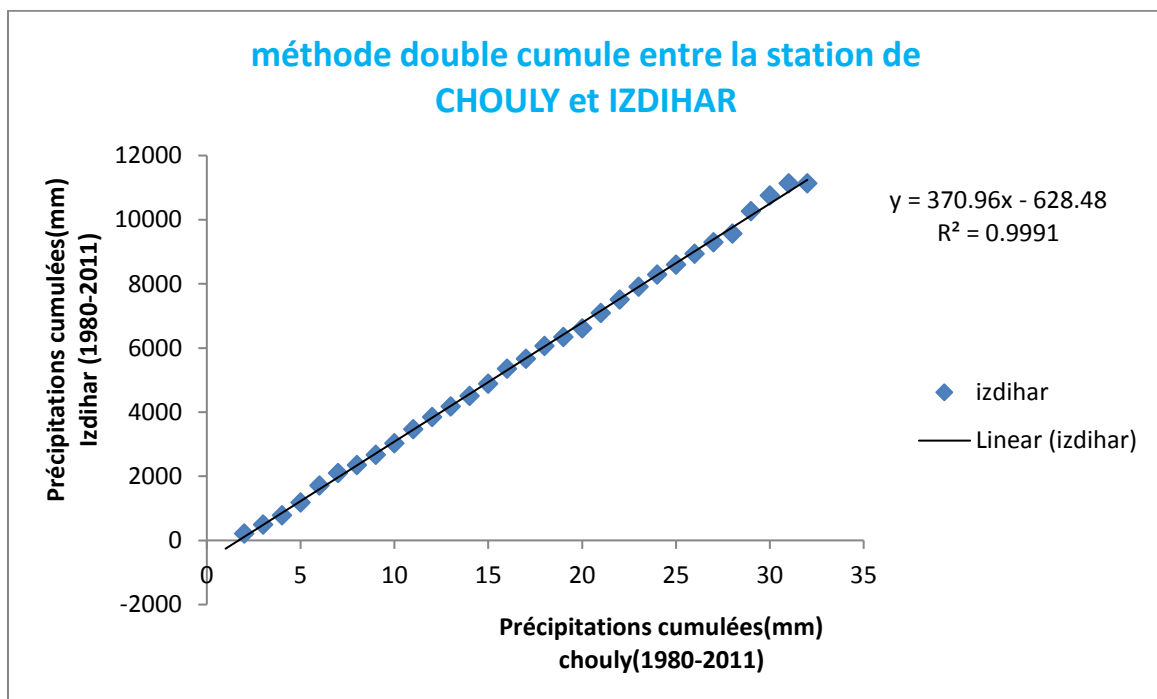
**FIGURE(11) Représentation de la méthode de double cumul entre la station
deCHOULY et la station de MEURBAH**



**FIGURE(12) Représentation de la méthode de double cumul entre la station
CHOULY et la station de O.MIMOUN**



**FIGURE(13) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de
CHOULY et la station de SB NAKHLA**



**FIGURE(14) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de
CHOULY et la station de IZDIHAR**

2-Interprétation

Les quatre graphiques représentent l'application de la méthode du double cumul sur les données pluviométriques au niveau des stations de : O.MIMOUN, SB.NAKHLA, IZDIHAR, MEURBAH . Nous remarquons que les stations étudiées ne présentent aucune anomalie et elles sont par conséquent homogènes. .

4-1.Analyse des débits

Nous avons procédé à l'analyse des données de débits des deux stations de Chouly et Sidi Aissa pour la période (1986-2011) .

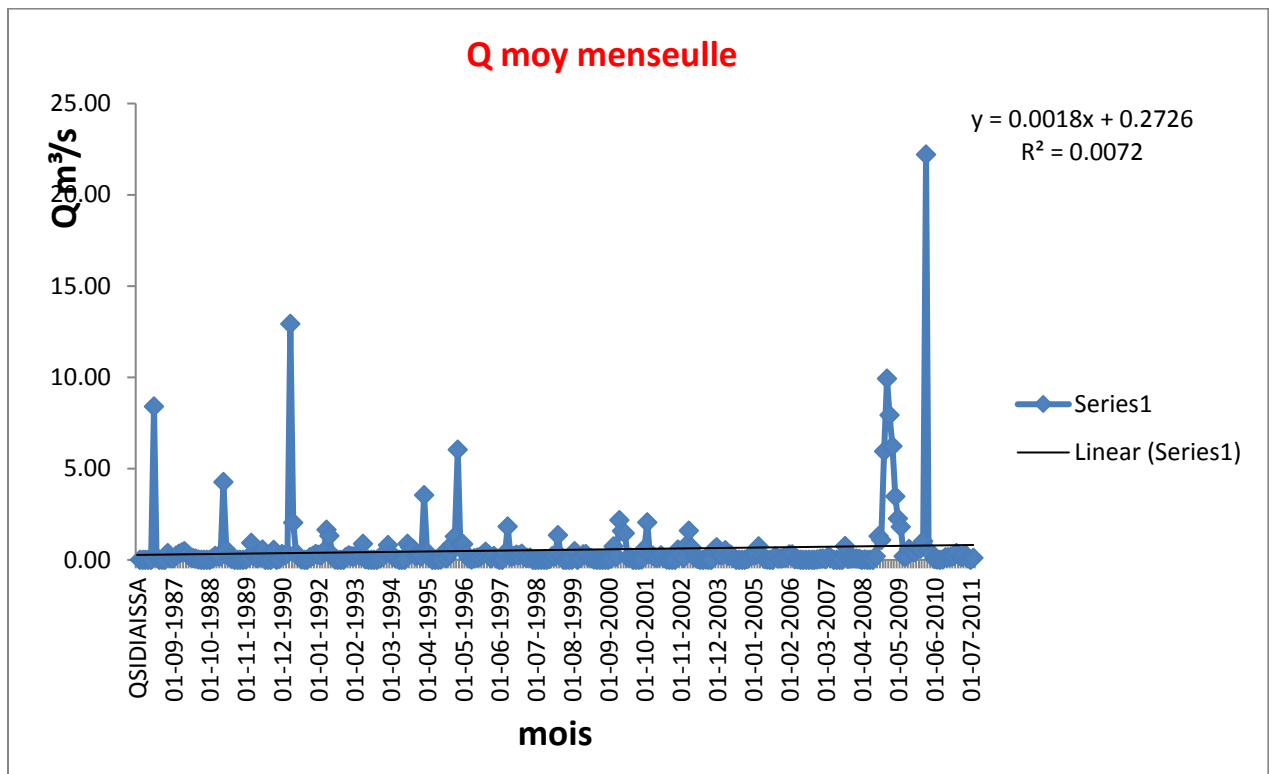
-Station de Sidi aissa (Figure.)

Nous avons reporté les données de débits de la station de Sidi aissa en fonction du pas de temps mensuelle pour voir leur évolution.

Le graphique, ci-dessous, montre une forte fluctuation des débits mensuels puis une forte évolution d'une année à une autre. Les pics (maxima) enregistrés se concentrent uniquement pendant la période hivernale voire celle du printemps durant la période étudié.

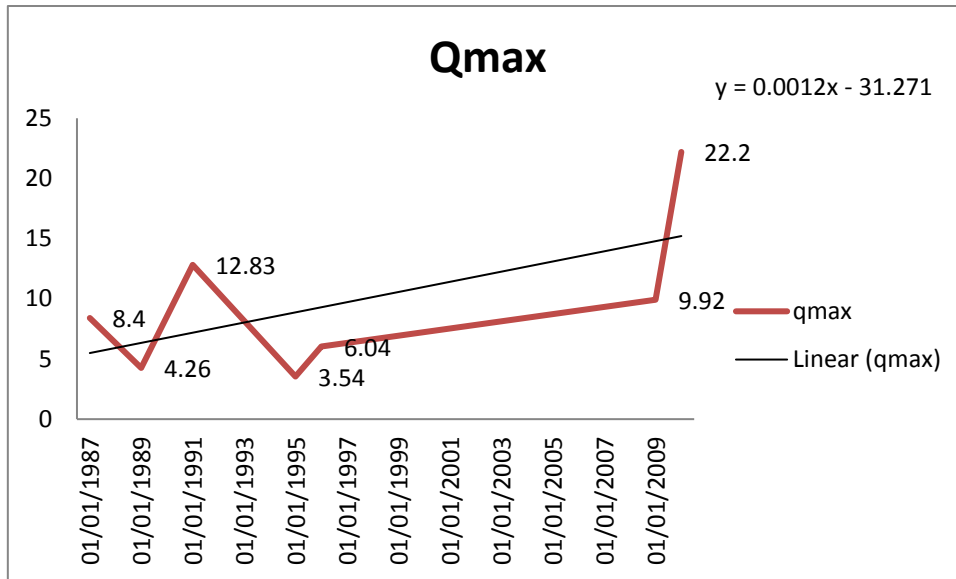
d'une année à l'autre,(01/02/1987) avec $Q=8.4$ et le (01/03/1991) avec $Q=12.9$ et le (01/01/2009) avec $Q=9.9$ et le (01/03/2010) $Q=22.20$

Elle et traduit bien l'irrégularité de l'écoulement qui est liée à l'alimentation essentiellement pluvial du cours d'eau.



FIGURE(15) variation des débits mensuelle station Sidi aissa

L'évolution des débits nous a amener à nous interroger sur les amplitudes enregistrés , pour trouver une réponse , nous avons procédé à l'analyse des débits max . La figure , en deçà , a été élaboré en échantillonnant tous les pics de crue durant la période (1986- 2011). Le graphique montre clairement qu'il existe une tendance à la hausse de ses débits en fonction du temps et donc le risque de crue forte devient de plus en plus probable.



FIGURE(16) représente variations des débits max station de SIDI AISSA

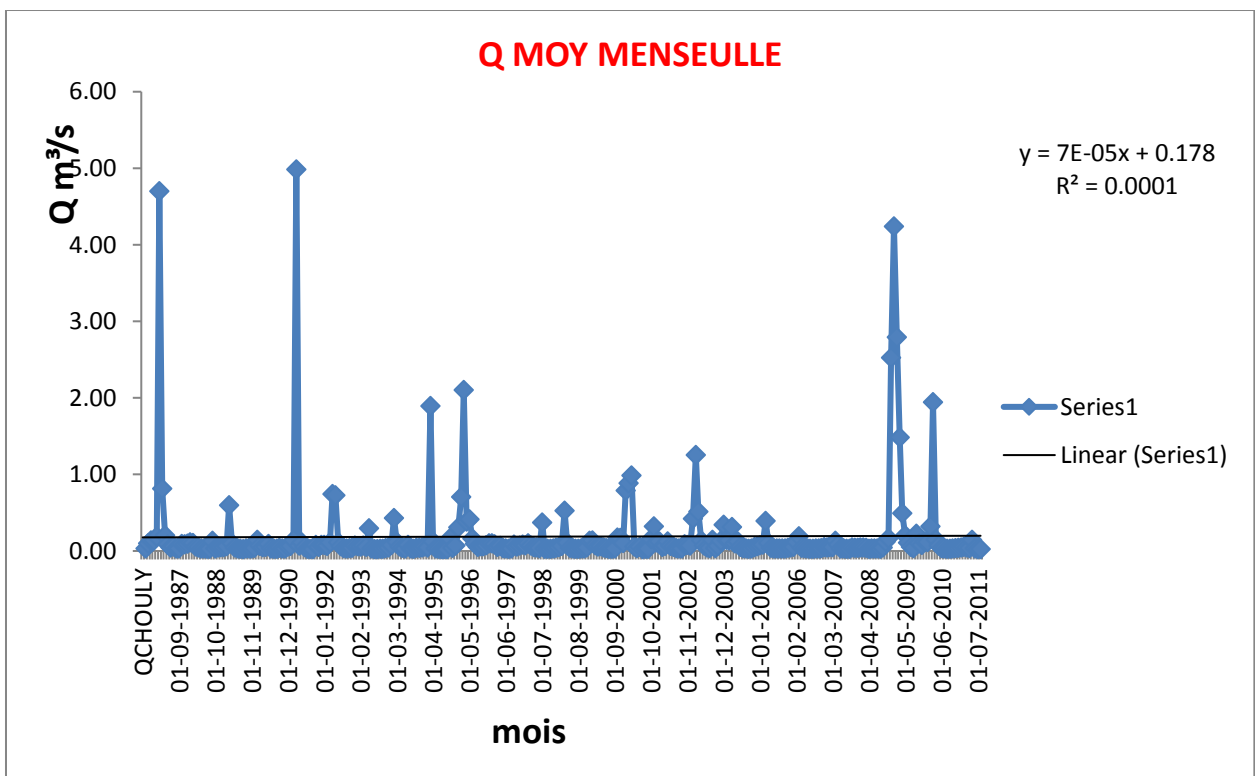
-Station Chouly :

La variation de débit en fonction du temps enregistrée dans la station de Chouly .

Nous observons que le débit mensuel le plus fort varie par rapport au temps à une longue durée

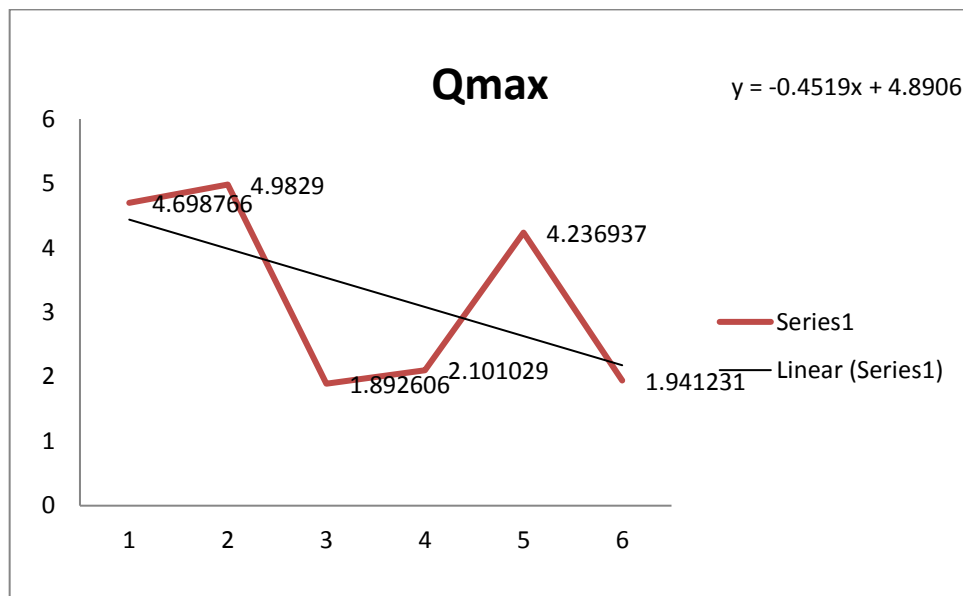
le graphique suivant montre ces variations de débit fort aux niveaux des pics pendant la période étudiée

La variation de fluctuation des débits sur le graphique d'une année à l'autre (01/02/1987) avec $Q=4.69$ et le (01/03/1991) avec $Q=4.98$ et le (01/01/2009) $Q=4.23$



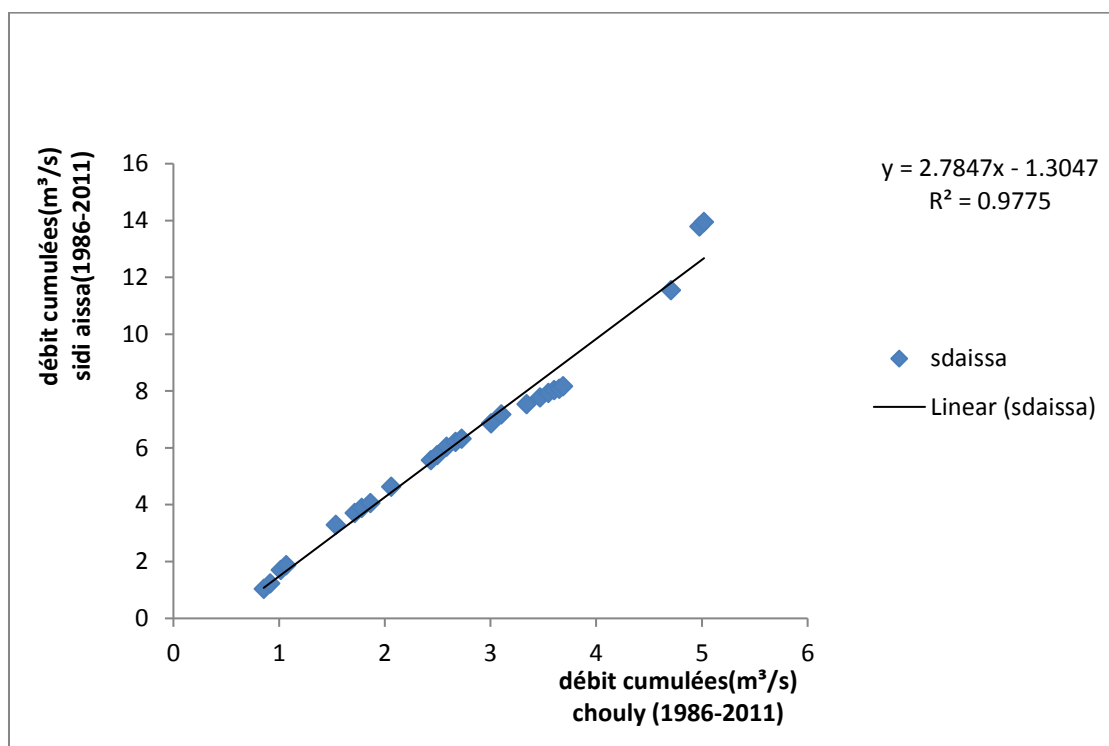
FIGURE(17) variation des débits mensuelle station Chouly

les débits max qui sont enregistrés dans la station de Chouly diminuée pendant la période d'étude , nous observe aussi que le dernier pic de crue a une valeur de (4.23M³/S) qui nous prévenance que le risque de crue il et probable d'existe aux future.



FIGURE(18) représente variations des débits max station de CHOULY

4-2. Méthode de double cumul entre la station de Choulyet la station
de Sidi aissa



FIGURE(19) Représentation de la méthode de double cumul entre la station de
choulyet la station de Sidi Aissa

1-Interprétation :

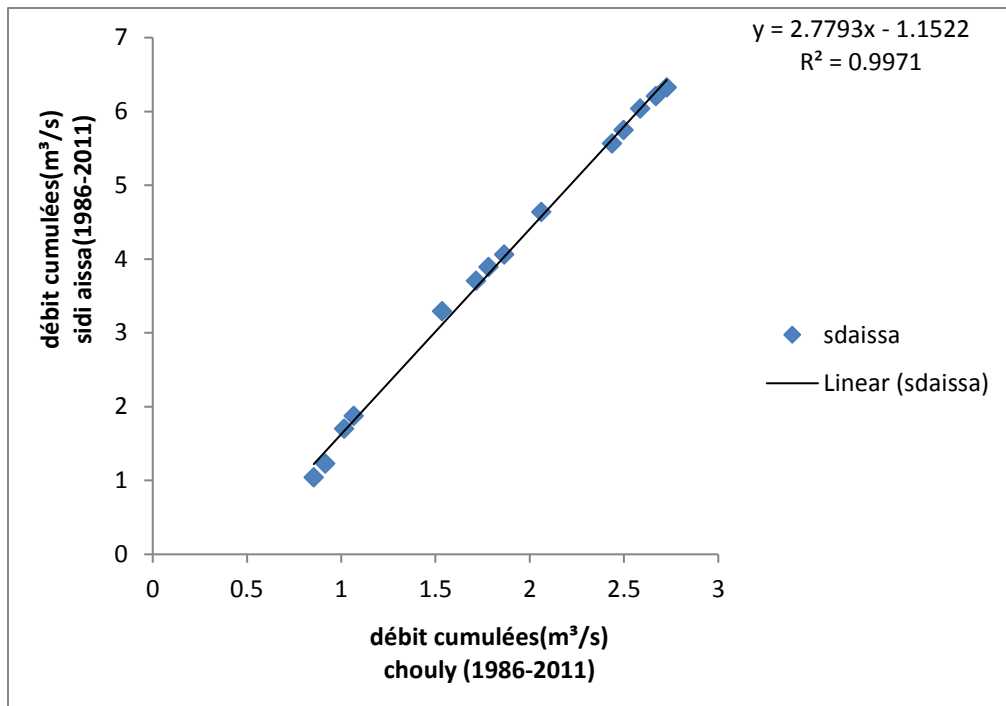
A partir du graphique on constate une fluctuation accentuée et plus en plus très irrégulière des débits.

Entre Chouly et Sidi-Aissa les données du débit (Q) ne sont pas homogènes, (la série ne présente pas une ligne droite). Suivant le graphe, la rupture commence en 2004-2005, depuis cette année les points s'alignent selon une autre droite.

Donc, comme on définit précédemment pour la correction des valeurs par la méthode de double cumul, on calcule la droite de régression.

$$\text{La droite sera : } y = 2.7793x - 1.1522$$

Selon la droite de on obtenu le graphe suivant :



FIGURE(20) Représentation de la méthode de double cumul corrigée entre la station de chouly et la station de Sidi aissa

Chapitre 2

**Application de la méthode QDF sur le
bassin étudié**

Introduction

Pour plusieurs applications dans le domaine de l'hydrologie, il est nécessaire de tenir compte de la variabilité temporelle des débits, c'est-à-dire du volume total d'eau apporté par tout événement extrême compte tenu de la durée de l'évènement. En effet, ces informations sont particulièrement utiles en ce qui concerne l'aménagement des cours d'eau, la gestion des réservoirs et la caractérisation de l'écoulement d'un bassin versant.

Par ailleurs, l'évaluation de la demande en eau et les risques engendrés sont des éléments qui dépendent étroitement de la durée de la crue aussi bien que de son importance en terme de volume. Malheureusement, les méthodes utilisées en pratique ignorent souvent ces caractéristiques des crues qui sont représentés par la forme et le volume (Ouarda et al, 2001). Dans notre étude, nous mettons l'accent sur le mode de traitement des évènements extrêmes par des méthodes spécifiques avec lesquelles nous avons obtenu des résultats représentatifs.

I .1 Définition de la methode débit–durée–fréquence QDF

Les modèles débit–durée–fréquence (noté QdF). Ces modèles permettent de représenter les quantiles de crues non seulement en fonction de la période de retour, mais aussi de la durée de la crue. Pour la prévention des inondations ou la construction d'ouvrages sur les cours d'eau, il est en effet important d'évaluer les crues par leur importance en terme de débit, mais aussi par leur variabilité temporelle.

Cependant, les méthodes d'estimation des quantiles de crues sont souvent utilisées et ignorent ces variables importantes comme la durée et la variabilité de la crue. Par ailleurs, la

perception d'un climat changeant et devient de plus en plus variable. Ce changement à un impact direct sur les processus hydrologiques.

I .2 Quelles applications pour l'analyse QdF ?

La description en débit–durée–fréquence, quelle qu'en soit la formulation, a de multiples usages : estimation des quantiles de crue en débits moyens ou débits seuils pour le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques, insertion dans une typologie de régimes de crue, définition de scénarios hydrologiques de référence pour l'estimation du risque d'inondation, validation des sorties de modèles hydrologiques, caractérisation d'une évolution du régime des hautes–eaux. Nous avons privilégié deux applications possibles à savoir ;

II. Analyse QdF pour la construction d'hydro grammes de projet

Dans une démarche d'aménagement pour lutter contre les inondations, les bureaux d'étude sont amenés à reproduire par simulation numérique des scénarios passés pour mesurer l'impact de ces événements (extension et persistance du champ d'inondation). Ils doivent procéder de même avec des scénarios de référence respectant certaines propriétés fréquentielles (« la crue centennale » par exemple). Ces scénarios se déclinent en hydro grammes de projet, données d'entrée des modélisations hydrauliques. Les méthodes de construction de ces hydro grammes sont multiples.

La première approche consiste à appliquer des expressions analytiques trouvées dans la littérature technique. Elle est simple ; cependant, il faut prendre du recul par rapport à ce type de formulations mathématiques : elles n'ont pas de vocation universelle et leur choix relève de l'arbitraire.

La seconde approche, plus naturelle, cherche à exploiter les chroniques de débits. De ces séries, on souhaite dégager un événement synthétique qui rende compte de la variabilité des situations réelles rencontrées (notamment des plus grandes crues) sans être trop particulier.

Gilard (1998) propose un Hydro gramme Synthétique Mono Fréquence HSMF déduit des courbes QdF. L'avantage de l'HSMF est de garantir que toutes les caractéristiques de l'hydro gramme (en volume et en débit seuil) sont rattachées à une même fréquence d'occurrence. La phase de montée de l'HSMF est supposée linéaire avec le temps. Le maximum est atteint à l'instant

$t = DSOCOSE$. La pointe de crue est définie par QIXAT0716 débit instantané maximal de période de retour T choisie et la décroissance est conditionnée par les valeurs de débit-seuil $Q(d, T)$ des courbes QdF.

III .Analyse QdF :

Outil de diagnostic pour détecter une modification du régime des hautes-eaux

L'analyse QdF réalise une synthèse du fonctionnement du bassin versant et est sensible à toute modification des conditions hydrauliques, hydrologiques ou d'occupation du sol qui affectent la transformation pluie-débit. C'est sur cette base que la modélisation QdF a servi d'outil de validation de modélisations (le régime des haute eaux est bien restitué sous réserve de superposition des faisceaux de courbes reconstituées et observées). Elle permet d'apprécier les changements vis-à-vis d'une dérive climatique, d'une urbanisation croissante.

III.1 Concept de la méthode débit durée fréquence

L'analyse QDF fournit une distribution fréquentielle théorique multi-durée des quantiles de crue ou d'étiage, elle s'intéresse à des variables hydrologiques représentatives du régime des hautes eaux. Les variables utilisées sont représentées par :

Le débit de seuil dépassé en continu pendant la durée (d) maximal sur l'épisode de crue noté Q_d

Le débit moyen, moyenne glissante calculée sur la durée continue maximale sur l'épisode de crue noté V_d .

Lorsque ($d=0$) les deux variables sont égales au débit instantané maximale Q_{IX}

Pour définir la probabilité d'apparition future d'un événement à partir des événements passés, il est nécessaire d'ajuster une distribution statistique à la série d'observations passées. Cependant, cet ajustement ne peut se faire sans que certaines hypothèses soient vérifiées, telles que l'absence d'auto corrélation dans les observations, l'homogénéité et la stationnarité.

Ce dernier critère, la stationnarité, est vérifié si les caractéristiques statistiques de la série (moyenne, variance, ...) sont invariantes dans le temps. La méthode QdF discutée précédemment s'applique uniquement dans un cas stationnaire.

Cependant, il semble que cette hypothèse de stationnarité soit de plus en plus rejetée en ce qui concerne les séries hydrologiques. En effet, un certain nombre d'études récentes démontrent que des tendances sont de plus en plus détectées dans ces séries. Le développement de méthode d'estimation des quantiles de débits extrêmes dans un cadre non stationnaire répond donc à un besoin qui semble de plus en plus important.

les méthodes d'estimation régionales développées dans un cadre non stationnaire sont plutôt rares. L'étude du comportement de ces modèles dans un cadre non stationnaire a tout d'abord été faite par (Galéa et Prudhomme ,1997).

Par ailleurs, inspirés des travaux ont exploré les modèles QdF non stationnaires de façon locale et régionale dans le but de représenter les quantiles de crues en fonction du temps, de la durée ainsi que de la période de retour.(Javelle et al ,1999, 2002, 2003).

III.2 Variables examinées par une analyse QdF

Les deux variables V_d et Q_d , exprimées en m^3/s ou l/s , se rejoignent pour ($d = 0$) (correspondant au débit instantané). L'analyse QdF décrit les variations des quantiles de V_d et Q_d en fonction de la durée d et de la période de retour T .

Les résultats se présentent généralement sous la forme d'un faisceau des courbes paramétrées par la durée (d) dans le plan ($Q - T$) ou transformé ($Q - \ln T$) les courbes QdF décrivent les variations de V_d et Q_d en fonction de la durée d et de la période de retour T .

III.3 L'Obtention des courbes débit durée–fréquence:

Ces courbes sont obtenues par ajustement d'une loi de probabilité sur chaque échantillon : les paramètres de la distribution statistique $V_{di} (T)$ ou $Q_{di} (T)$ sont calculés par examen de la seule durée d_i . Cette approche ne fournit des quantiles que pour les durées retenues dans la phase de sélection. D'autre part, les courbes ajustées peuvent se croiser, donnant lieu à des incohérences, du type quantile de débit instantané inférieur au quantile de débit moyen journalier pour une même période de retour ;

– à l'aide d'un modèle QdF « bibliothèque » supposé représentatif du régime des crues du bassin examiné. Le choix du modèle repose sur la pluviométrie locale et le débit instantané de période de retour 10 ans QIXA 10 (Galéa et Prudhomme, 1997).

Une expression analytique permet de reconstituer les quantiles connaissant QIXA 10 et la durée de SOCOSE (DSOCOSE), valeur médiane des durées de dépassement de la moitié du débit de pointe, pour les événements proches de QIXA 10.

Cette méthode présente des difficultés d'usage liées à l'hypothèse d'universalité des trois modèles et au choix du modèle de référence ;

– à l'aide du modèle convergent (Javelle, 2001). Cette nouvelle approche examine en simultané l'ensemble des données toutes durées confondues et réalise une consolidation mutuelle de tous les ajustements : les N durées d_j , $j = 1, \dots, N$ participent toutes à l'estimation des paramètres de la distribution théorique pour chaque durée d_i .

Javelle (2001) aboutit à des formulations mathématiques explicites $V(d, T)$ et $Q(d, T)$ en fonction des deux variables d et T .

Le modèle convergent offre une description continue en durée et fréquence des quantiles au-delà des durées retenues dans la phase de sélection. Une présentation succincte en est donnée au paragraphe suivant. (In sauquet, 2010)

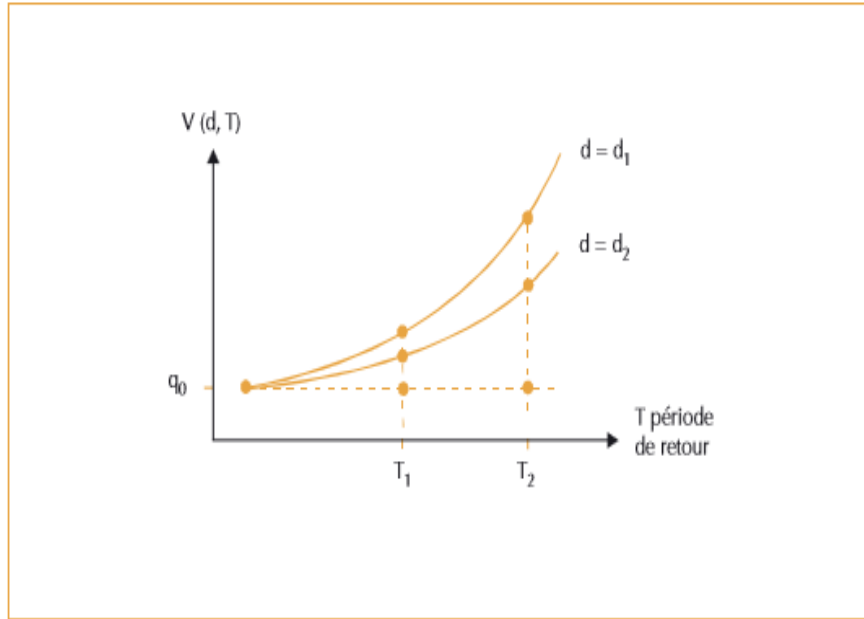


Figure (21) Principe d'affinité du modèle convergent

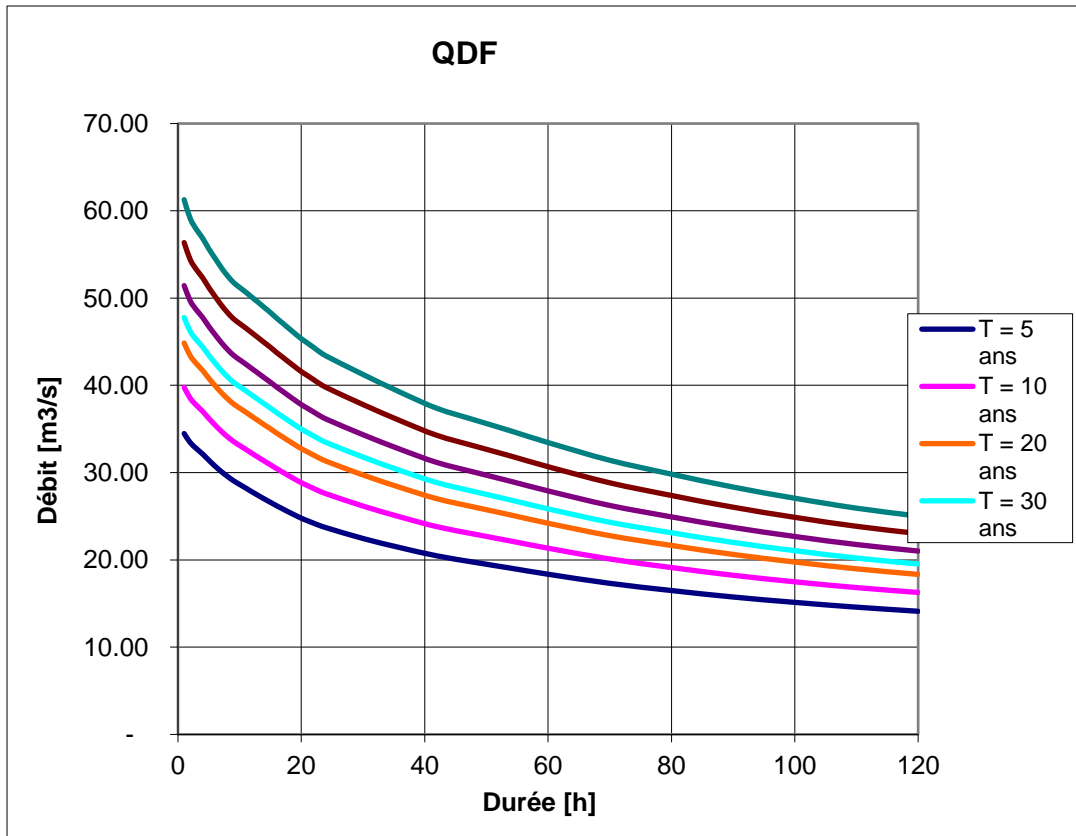


Figure (22) represent la variation de début en fonction du durée

VI –Discussion des courbes obtenues pour le bassin d’Isser

VI.1 Extraction des crues maximales

Dans le but de tenir compte de la variabilité temporelle des crues, pour chaque station hydrométrique, partir de la série de débits moyens journaliers, des nouvelles séries chronologiques ont été calculées. Ces nouvelles séries associées différentes durées dont été calculées par la technique de la moyenne mobile de longueur d. Les durées considérées sont $d = 1, 5, 7, 9, 13, 15$ jours. La figure suivante illustre, par un exemple simple, la méthode utilisée pour le calcul de ces séries.

A partir de ces séries, pour procéder à l'analyse statistique, on extrait souvent les maximums annuels, printaniers ou automnaux. Néanmoins, l'utilisation des maximums annuels peut conduire à un mélange de différents processus hydrologiques. En effet, selon les saisons, les crues observées dans la zone d'étude ne sont pas causées par le même phénomène et n'ont donc pas nécessairement la même amplitude et la même durée. Puisque la zone d'étude est principalement touchée par des crues dues à la fonte des neiges, l'analyse des débits maximaux annuels printaniers s'imposait. Ces crues printanières ont été extraites des séries de débits moyens journaliers en définissant tout d'abord les saisons hiver/printemps. En effet, ces saisons ont été définies selon la localisation géographique de la station hydrométrique, car le territoire d'étude étant assez grand, la fonte des neiges ne se produit pas au même moment pour toutes les stations hydrométriques présélectionnées. La méthode décrite ci-dessous et proposée dans les travaux de Javelle et al. (2003) a donc été utilisée:

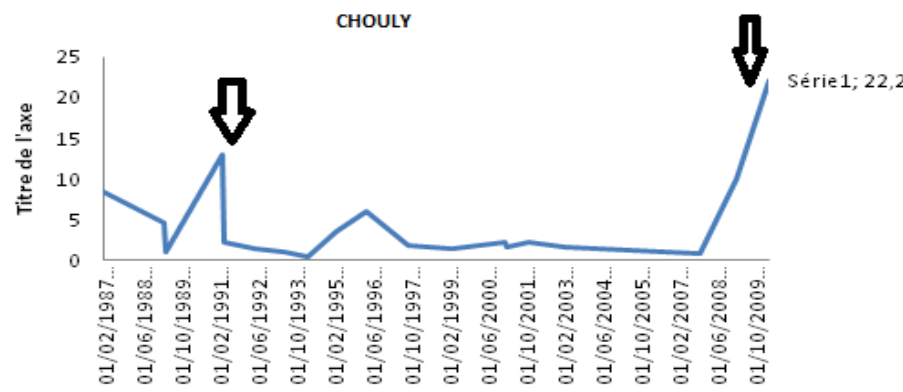
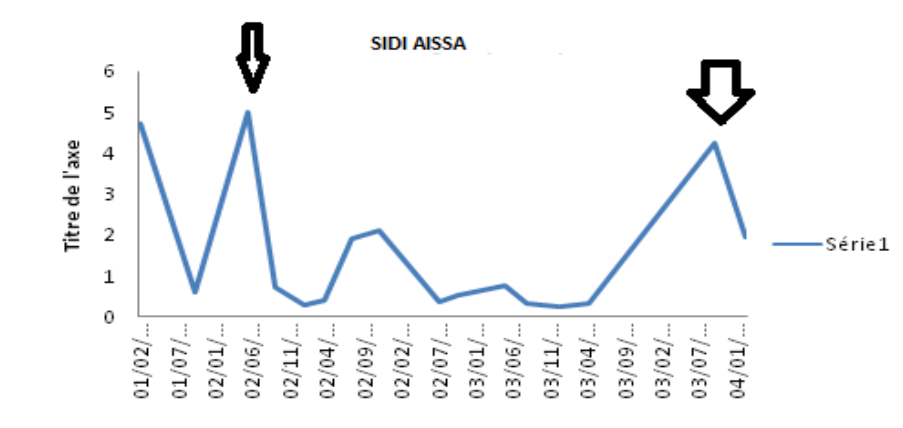
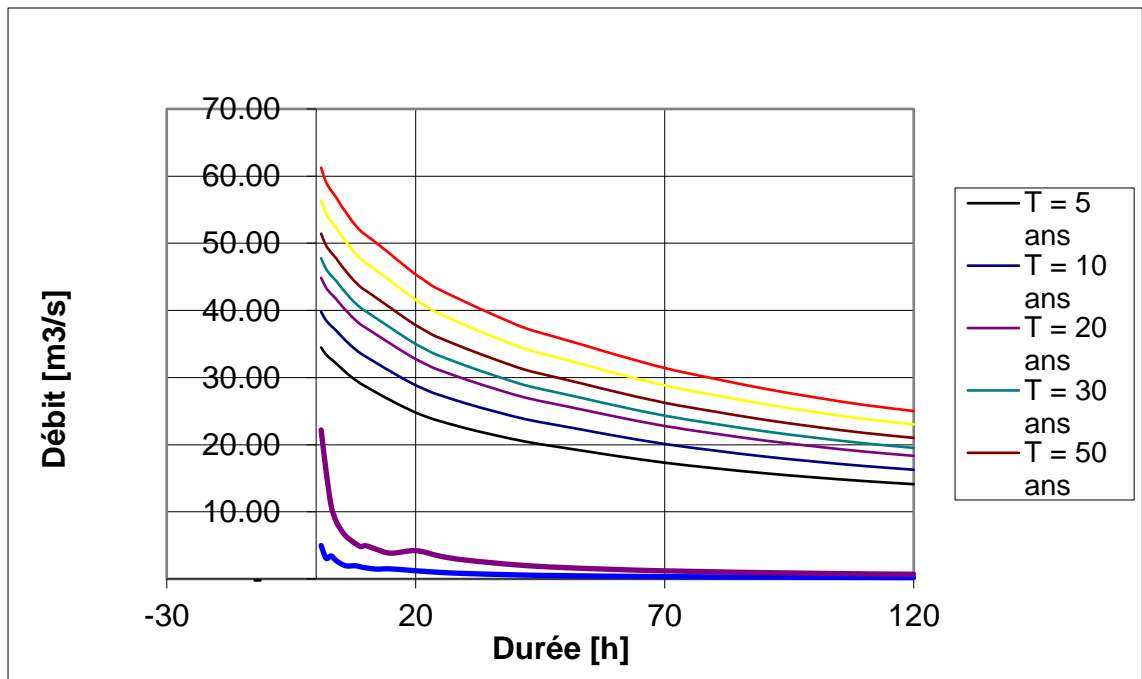


Figure (23) extraction des événements de crues des chroniques de débits de l'oued Isser

V–Discussion des résultats et conclusion

L'analyse débit–durée–fréquence (notée QdF) tient compte de la variabilité temporelle comme nous l'avons expliqué des crues. Ainsi, cette technique nous a permis l'estimation des quantiles de crues au niveau du bassin étudié que nous qualifions de peu jaugés vu l'étendu des chroniques utilisée l'estimation a été faite en fonction de la période de retour, mais également en fonction de la durée de la crue. Cette méthode QdF a été surtout développés dans un cadre stationnaire où nous avons procéder à la correction des séries présentant des lacunes et aussi des anomalies. Nous avons ainsi éliminé toute tendance dans les séries hydrologiques utilisées. Quoique la bibliographie englobe plusieurs études indiquant des changements temporels importants des caractéristiques statistiques des débits de crue. En effet, des tendances statistiques significatives sont de plus en plus observées et, dans ce cas, les séries hydrologiques ne respectent plus l'hypothèse de stationnarité sur laquelle reposent la méthode Qdf. Il est à signaler que de nouvelles méthodes d'estimation des quantiles de crues tenant compte de la présence de non–stationnarité dans les séries hydrologiques sont en voie de développement mais que nous n'avons pas utilisée faute de temps. La technique utilisée dans ce mémoire est une approche stationnaire de type QdF basée sur les voisinages hydrologiques. Un ensemble de 02 stations hydrométriques seulement situées au sud et nord du bassin étudié. La figure, ci-jointe, montre les courbes obtenues des deux stations respectivement en bleu station de Chouly et la station en rouge Sidi Aissa, les deux courbes sont détachées de l'ensemble du modèle qdf. Il est à signaler qu'au niveau des deux stations les crues sont très importantes en début de crues où on note des pics dans les premiers temps puis vient la décrue qui semble durée un temps assez lent et semble aussi persisté. Nous relierons cette situation à la présence des karsts surtout l'exokarste qui joue le rôle de réservoir sub superficiel.



Figure(24) Positionnement de 2 crues sur les courbes QDF ISSER

Par ailleurs, et au cours des dernières années, plusieurs études indiquent des changements temporels des caractéristiques du régime hydrologique de plusieurs cours d'eau. Cependant, les méthodes disponibles pour l'estimation des quantiles de crues ont été développées pour des conditions environnementales stables mais nous avons tout de même relevés certaines tendance à la hausse de la fréquence des crues. Nous avons insisté à mettre l'accent sur la présence de ses tendances sans fournir une étude approfondie qui nécessite l'application d'autres tests statistique pour confirmer la présence de ses tendances.

A la fin , La démarche statistique des tendances présentes dans les séries hydrologiques va permettre l'amélioration de la qualité des estimations des quantiles et devrait donc être au cœur des recherches effectuées dans le domaine de l'hydrologie statistique combiné à l'étude des changements climatiques.



Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons tenté d'appliquer la méthode QDF sur le bassin versant de l'oued Isser, ce dernier, avec ces caractéristiques physiographique et climatique subi comme tout autre bassin algérien des saisons de sècheresses et d'autres humides avec parfois des débits max plus ou moins prononcés.

Par notre étude nous avons voulu mettre l'accent sur l'évaluation de ces débits extrêmes provoquant parfois des désastres aussi bien sur les vies humaines que sur leurs biens.

La méthode QDF à caractère statistique, nous a aidés à mettre en valeur ces débits en fonction de leur durée, de leur intensité et de leur temps de retour, la méthode nécessite des chroniques longues de débits assez longues mais le caractère peu jaugés du bassin, nous avons utilisés seulement les données disponibles au niveau de l'ANRH.

Les résultats observés, nous ont permis de distinguer un comportement très particulier du bassin. Nous n'avons pas pu identifier les temps de retour, ce qui veut dire qu'au niveau de notre bassin, les crues sont redondantes chaque années qui sont associés au débit de fonte des neiges; toute les sont enregistrées à la fin mars.

Ala fin, la méthode QDF reste un outil performant mais faute de temps, nous n'avons pas pu vérifier les résultats par une seconde méthode dont la confrontation des résultats aurait pu valider le comportement du bassin versant vis-à-vis les écoulements extrêmes.

Annexe 1 : débits moyennes annuelles et moyennes mensuelles (ANRH. Oran)

Station Chouly (1980-1981/2010-2011)

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1980 -1981	0,04	0,06	0,09	0,48	1,42	1,03	0,74	0,54	0,17	0,09	0,07	0,04	0,40
1981 -1982	0,04	0,04	0,07	0,10	0,10	0,15	0,13	0,13	0,32	0,12	0,04	0,03	0,10
1982 -1983	0,04	0,04	0,10	0,31	0,29	0,17	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,11
1983 -1984	0,04	0,03	0,04	0,07	0,09	0,10	0,10	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,06
1984 -1985	0,03	0,04	0,09	0,07	0,14	0,11	0,09	0,08	0,09	0,04	0,03	0,03	0,07
1985 -1986	0,03	0,03	0,05	0,07	0,13	1,72	1,23	0,28	0,07	0,06	0,04	0,03	0,31
1986 -1987	0,03	0,10	0,13	0,13	0,19	4,70	0,81	0,20	0,08	0,05	0,06	0,03	0,54
1987 -1988	0,03	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
1988 -1989	0,13	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,59	0,10	0,04	0,03	0,03	0,03	0,10
1989 -1990	0,03	0,03	0,03	0,04	0,14	0,07	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,05
1990 -1991	0,04	0,03	0,03	0,06	0,07	0,14	4,98	0,07	0,11	0,05	0,03	0,02	0,47
1991 -1992	0,02	0,08	0,05	0,08	0,08	0,07	0,11	0,74	0,72	0,11	0,06	0,04	0,18
1992 -1993	0,03	0,03	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,05	0,30	0,03	0,02	0,02	0,07
1993 -1994	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08	0,43	0,11	0,06	0,04	0,03	0,08	0,03	0,08
1994 -1995	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	1,89	0,12	0,03	0,03	0,02	0,02	0,20
1995 -1996	0,02	0,16	0,04	0,07	0,31	0,70	2,10	0,38	0,41	0,16	0,09	0,05	0,38
1996 -1997	0,06	0,06	0,07	0,10	0,10	0,09	0,05	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06
1997 -1998	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,10	0,07	0,05	0,05	0,04	0,37	0,03	0,09
1998 -1999	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,53	0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,08
1999 -2000	0,03	0,03	0,04	0,13	0,14	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06
2000 -2001	0,03	0,17	0,17	0,10	0,79	0,88	0,99	0,06	0,04	0,05	0,02	0,03	0,28
2001 -2002	0,03	0,16	0,32	0,11	0,12	0,05	0,07	0,12	0,06	0,05	0,04	0,03	0,10
2002 -2003	0,03	0,09	0,08	0,07	0,42	1,25	0,51	0,13	0,07	0,05	0,04	0,14	0,24
2003 -2004	0,04	0,07	0,13	0,34	0,15	0,13	0,31	0,10	0,12	0,05	0,04	0,03	0,13
2004 -2005	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,39	0,10	0,04	0,03	0,03	0,03	0,08
2005 -2006	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,12	0,19	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06
2006 -2007	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,13	0,08	0,03	0,03	0,03	0,05
2007 -2008	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
2008 -2009	0,05	0,12	0,17	2,52	4,24	2,79	1,48	0,49	0,20	0,11	0,05	0,04	1,02
2009 -2010	0,22	0,10	0,08	0,12	0,12	0,32	1,94	0,15	0,07	0,04	0,03	0,03	0,27
2010 -2011	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,14	0,03	0,02	0,02	0,04

Station Sidi Aissa (1985-1986 /2010-2011)

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1985 - 1986	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	2,24	1,22	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,29
1986 - 1987	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	8,40	0,13	0,01	0,01	0,00	0,37	0,09	0,75
1987 - 1988	0,10	0,23	0,33	0,41	0,47	0,31	0,16	0,10	0,08	0,01	0,00	0,00	0,18
1988 - 1989	0,01	0,00	0,07	0,22	0,20	0,19	4,27	0,54	0,16	0,05	0,00	0,00	0,47
1989 - 1990	0,00	0,00	0,01	0,13	0,93	0,22	0,09	0,14	0,56	0,00	0,00	0,00	0,17
1990 - 1991	0,54	0,00	0,05	0,32	0,24	0,36	12,93	2,04	0,37	0,16	0,02	0,00	1,42
1991 - 1992	0,00	0,14	0,20	0,31	0,28	0,25	0,47	1,66	1,33	0,26	0,03	0,00	0,41
1992 - 1993	0,00	0,00	0,17	0,24	0,20	0,20	0,27	0,23	0,88	0,03	0,00	0,00	0,19
1993 - 1994	0,00	0,00	0,07	0,16	0,42	0,80	0,33	0,15	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17
1994 - 1995	0,88	0,67	0,60	0,21	0,27	0,20	3,54	0,42	0,13	0,00	0,00	0,00	0,58
1995 - 1996	0,01	0,39	0,09	0,35	0,84	1,28	6,04	0,88	0,86	0,33	0,09	0,01	0,93
1996 - 1997	0,09	0,13	0,16	0,28	0,44	0,30	0,10	0,22	0,07	0,00	0,00	0,39	0,18
1997 - 1998	1,83	0,17	0,21	0,28	0,24	0,34	0,16	0,10	0,13	0,00	0,00	0,00	0,29
1998 - 1999	0,00	0,00	0,00	0,05	0,22	0,19	1,36	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
1999 - 2000	0,48	0,00	0,11	0,30	0,31	0,14	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
2000 - 2001	0,00	0,07	0,75	0,18	2,17	1,58	1,45	0,12	0,12	0,01	0,00	0,00	0,54
2001 - 2002	0,01	0,60	2,05	0,32	0,23	0,13	0,12	0,24	0,11	0,01	0,00	0,00	0,32
2002 - 2003	0,00	0,56	0,29	0,11	0,80	1,59	0,67	0,14	0,05	0,01	0,00	0,02	0,35
2003 - 2004	0,00	0,00	0,56	0,68	0,27	0,27	0,52	0,21	0,29	0,11	0,00	0,00	0,24
2004 - 2005	0,00	0,00	0,05	0,21	0,25	0,27	0,74	0,21	0,06	0,02	0,00	0,00	0,15
2005 - 2006	0,20	0,08	0,08	0,10	0,13	0,31	0,31	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,11
2006 - 2007	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,07	0,04	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04
2007 - 2008	0,00	0,76	0,05	0,07	0,08	0,07	0,06	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09
2008 - 2009	0,20	1,30	1,09	5,95	9,93	7,93	6,23	3,47	2,27	1,81	0,20	0,19	3,38
2009 - 2010	0,60	0,44	0,42	0,65	0,60	1,01	22,20	0,50	0,34	0,06	0,01	0,00	2,24
2010 - 2011	0,02	0,14	0,15	0,17	0,21	0,37	0,24	0,16	0,32	0,09	0,00	0,11	0,17

Annexe 2 : précipitations moyennes annuelles et moyennes mensuelles (ANRH. Oran)

Station Chouly (1980 / 2010)

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1980	11,8	31,9	24,4	166,1	17,9	63,0	42,0	36,1	7,1	34,0	0,0	0,0	434,3
1981	5,1	0,2	0,0	51,4	15,7	75,6	14,1	79,3	86,9	14,0	0,0	4,5	346,8
1982	23,6	49,2	79,5	81,3	0,0	21,7	10,3	7,5	8,2	0,0	0,0	0,0	281,3
1983	0,0	0,0	15,3	71,6	50,7	50,3	37,9	12,1	76,7	21,1	0,0	0,0	335,7
1984	12,5	15,2	94,5	45,6	55,8	14,5	50,5	26,4	58,7	0,0	0,3	0,0	374,0
1985	5,8	8,8	70,0	54,4	85,2	107,8	84,2	26,1	1,0	16,3	0,0	9,8	469,4
1986	11,2	30,3	68,1	46,1	51,5	195,4	11,8	3,4	11,6	0,0	73,0	0,0	502,4
1987	19,9	23,4	49,3	17,6	25,4	21,1	3,6	23,0	18,4	16,7	0,0	0,0	218,4
1988	24,1	10,4	41,7	12,1	13,5	16,8	161,7	58,9	16,9	8,1	4,2	1,8	370,2
1989	11,9	6,3	33,4	6,4	109,9	0,0	16,0	37,3	92,5	20,4	0,9	3,9	338,9
1990	32,5	17,5	31,5	77,4	39,5	52,4	187,2	5,1	11,8	6,0	4,8	9,3	475,0
1991	16,0	46,5	17,3	16,2	19,9	9,0	121,4	63,8	78,8	11,1	3,1	0,0	403,1
1992	0,0	5,9	33,6	74,0	0,0	74,2	13,8	53,4	75,0	3,6	0,4	2,5	336,4
1993	12,9	32,0	46,9	20,3	101,2	48,3	4,2	41,9	25,2	0,3	23,0	0,8	357,0
1994	44,6	22,5	26,4	29,3	30,5	58,0	136,3	36,2	1,9	12,1	0,0	4,6	402,4
1995	18,2	70,8	12,1	71,2	96,4	106,6	80,3	50,9	46,8	22,8	12,1	12,7	600,9
1996	17,3	15,7	0,6	19,5	147,4	0,0	14,1	56,5	18,7	1,0	2,8	19,7	313,3
1997	51,7	31,1	40,8	36,6	34,5	42,7	22,5	20,8	53,7	0,0	0,0	4,2	338,6
1998	13,0	10,5	40,0	8,1	78,0	51,2	74,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	276,3
1999	36,2	21,6	90,6	85,1	0,0	0,0	0,1	27,7	14,3	0,0	4,8	0,0	280,4
2000	18,3	89,2	67,0	35,9	105,4	88,3	5,3	6,0	6,8	1,4	0,0	3,1	426,7
2001	23,6	48,9	140,0	20,5	2,9	8,9	26,4	85,8	49,7	0,2	0,0	18,0	424,9
2002	0,0	35,6	69,3	20,1	136,6	80,3	7,9	25,1	16,7	6,5	1,2	0,7	400,0
2003	5,7	46,7	62,4	83,6	55,9	23,2	62,8	21,9	94,3	10,2	5,9	7,4	480,0
2004	10,1	32,0	37,6	91,4	21,4	56,1	43,2	17,9	2,5	2,1	0,5	0,0	314,8
2005	22,0	30,9	56,9	18,4	38,3	80,5	16,2	12,7	33,8	4,9	1,8	0,0	316,4
2006	52,3	12,1	5,8	59,8	17,9	28,8	69,6	91,4	14,2	0,0	0,0	0,0	351,9
2007	9,6	92,4	42,8	31,1	19,0	14,5	29,5	20,7	39,9	11,9	2,8	0,2	314,4
2008	67,9	56,6	93,5	198,9	136,0	47,4	37,9	53,5	10,1	5,6	0,0	1,9	709,3
2009	124,1	0,8	55,3	51,3	37,3	86,4	99,2	388,0	32,2	15,5	0,0	19,7	909,8
2010	17,8	55,3	24,9	27,3	41,6	27,0	21,6	58,6	80,6	16,4	0,0	13,9	385,0

Station Meurbah (1980 /2010)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1980	13,8	31,9	19,9	117,3	0,0	58,5	60,5	37,8	4,9	31,0	0,0		
1981		5,0	0,0	63,2	26,5	68,9	24,0	62,3	11,0	4,8	48,2	0,0	
1982	1,3	56,2	75,4	71,2	0,0	13,6	23,1	5,5	5,0	10,2	0,0	0,0	261,5
1983	0,0	0,0	16,5	83,1	38,6	39,3	43,4	19,8	80,5	12,4	3,0	0,0	336,6
1984	10,6	2,5	95,0	25,2	55,6	13,4	37,6	20,9	51,4	0,0	0,0	0,0	312,2
1985	12,5	13,5	89,3	23,0	83,3	105,9	43,7	34,5	3,3	10,2	0,0	20,9	440,1
1986	16,6	50,8	68,0	27,8	90,9	184,4	12,3	6,6	13,7	0,0	16,6	3,9	491,6
1987	20,9	32,3	54,9	39,6	40,9	19,1	3,8	29,8	9,2	2,1	0,0	0,0	252,6
1988	1,3	10,0	27,1	6,2	16,9	25,0	95,0	51,5	1,3	26,4	2,9	11,9	275,5
1989	11,4	43,4	33,9	5,5	108,7	2,0	11,6	41,6	46,8	23,5	4,5	8,1	341,0
1990	46,2	21,6	29,3	79,5	38,3	78,4	247,8	0,0	2,2	10,3	0,0	27,6	581,2
1991	22,6	22,4	12,9	17,5	11,4	19,9	89,7	98,1	95,2	12,6	0,0	0,0	402,3
1992	6,0	5,7	28,5	38,3	0,0	19,1	33,7	51,2	63,8	0,6	0,0	10,2	257,1
1993	15,3	15,0	55,6	13,9	98,6	62,3	4,7	33,0	20,0	0,0	16,0	0,0	334,4
1994	63,0	15,5	31,0	27,9	6,5	55,7	108,0	34,4	1,9	9,2	1,2	5,2	359,5
1996							5,7	70,0	17,9	2,4	3,3	64,3	
1997	58,2	21,4	42,0	12,5	0,2	25,6	9,6	10,9	74,3	0,6	0,0	9,3	264,6
1998	15,3	5,0	36,1	24,2	87,9	52,8	75,6	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	301,9
1999	54,7	35,2	54,4	73,9	3,7	0,0	4,3	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	234,4
2000	11,3	105,8	63,9	43,2	143,5	93,6	3,4	5,6	9,2	4,0	4,5	10,9	498,9
2001	29,0	52,7	90,3	25,7	0,5	5,1	14,7	78,0	33,9	0,0	0,0	18,5	348,4
2002	0,0	59,8	79,4	16,0	114,9	61,9	26,1	36,2	23,0	13,9	0,5	23,9	455,6
2003	20,4	62,8	55,9	97,9	40,9	27,5	20,3	11,9	68,2	14,8	5,0	4,0	429,6
2004	13,0	32,3	37,2	41,5	9,8	40,5	36,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	210,9
2005	34,4	44,1	74,3	23,9	50,4	88,2	19,6	36,0	44,4	3,5	3,0	0,2	422,0
2006	51,0	12,8	12,6	55,0	19,8	21,8	79,7	103,3	8,0	0,0	5,0	0,0	369,0
2007	10,8	87,5	35,5	14,8	22,1	19,3	16,0	8,1	34,0	1,0	14,8	3,6	267,5
2008	40,8	84,4	121,8	139,4	189,6	46,6	77,7	61,1	12,0	6,5	0,0	7,8	787,7
2009	51,6	1,3	35,6	44,0	32,2	54,3	115,8	54,8	45,8	7,8	5,8	24,8	473,8
2010	23,8	75,5	26,7	22,7	21,3	34,0	17,4	55,9	73,8	26,7	0,0	28,0	405,8

Station O. Mimoun (1980 / 2010)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1980	15,2	24,1	16,8	116,8	48,4	73,1	39,9	44,8	3,2	29,7	0,0	1,9	413,9
1981	1,3	2,4	0,0	37,8	30,4	51,6	13,4	111,1	94,2	7,8	0,7	3,1	353,8
1982	9,7	50,7	42,8	67,3	0,0	19,2	15,7	3,6	5,4	0,0	1,3	0,0	215,7
1983	0,5	0,0	19,1	32,5	37,8	52,0	33,3	7,1	77,5	17,3	0,0	0,0	277,1
1984	7,5	4,5	100,2	33,4	50,4	11,3	36,6	20,4	38,0	0,0	0,0	0,0	302,3
1985	10,1	0,0	51,1	36,2	59,5	103,0	73,6	27,0	7,7	15,7	0,0	0,0	383,9
1986	11,3	40,9	56,8	30,0	40,4	157,3	5,1	4,5	11,5	0,0	23,8	0,0	381,6
1987	2,9	24,9	34,5	25,4	21,3	24,2	4,5	24,6	23,6	12,0	0,0	0,0	197,9
1988	3,0	12,2	39,4	5,0	7,6	12,5	94,4	39,9	9,5	9,2	0,0	0,0	232,7
1989	15,5	18,7	33,3	9,1	60,2	0,0	15,7	47,6	44,4	8,1	0,0	9,5	262,1
1990	22,1	9,5	30,3	61,0	33,6	55,1	152,8	3,5	10,7	5,9	0,0	0,0	384,5
1991	3,4	44,5	13,6	10,9	13,0	2,1	47,9	43,2	81,0	25,7	0,0	0,0	285,3
1992	0,0	10,6	20,2	31,8	0,0	64,7	12,7	55,7	58,4	0,5	0,0	0,0	254,6
1993	14,1	7,9	25,3	16,4	73,8	28,5	1,3	43,2	20,2	0,0	22,0	3,4	256,1
1994	54,8	52,7	44,9	26,5	39,9	53,5	79,7	32,7	2,0	6,4	2,4	5,9	401,4
1995	16,8	30,3	27,4	51,8	66,1	103,4	68,5	48,6	29,2	23,0	0,0	5,2	470,3
1996	8,3	14,8	0,0	19,7	47,5	1,2	4,1	53,0	19,6	1,4	12,9	24,7	207,2
1997	49,0	19,5	35,7	30,4	21,6	59,0	28,2	7,6	54,3	0,0	0,0	5,5	310,8
1998	6,6	2,3	35,6	4,9	49,1	54,5	90,3	0,0	3,1	0,0	0,0	1,3	247,7
1999	38,0	18,0	79,1	60,9	0,0	0,0	5,4	17,6	20,9	0,0	0,0	0,0	239,9
2000	25,9	81,9	54,6	21,2	94,2	60,5	4,4	6,9	5,4	0,0	0,0	9,0	364,0
2001	22,5	48,0	93,6	24,8	1,2	4,9	17,7	80,0	44,4	3,5	0,0	19,5	360,1
2002	0,0	33,4	62,7	19,5	129,7	69,4	8,4	32,5	9,2	10,8	0,0	5,5	381,1
2003	9,3	33,0	38,2	67,4	38,4	27,9	40,5	29,2	76,9	9,3	0,0	2,4	372,5
2004	18,9	20,9	44,8	68,1	19,8	40,3	61,3	18,3	1,2	0,0	0,0	0,0	293,6
2005	31,8	24,7	62,6	18,4	35,6	52,1	14,4	16,1	44,2	2,1	0,0	4,6	306,6
2006	20,0	9,0	8,0	25,6	18,6	18,7	64,2	60,8	2,4	0,0	0,0	0,0	227,3
2007	14,0	99,3	34,7	26,8	12,1	13,5	24,5	15,2	37,3	14,0	6,0	1,3	298,7
2008	48,0	101,0	73,5	148,5	121,2	36,8	45,5	40,2	8,4	1,3	0,0	1,1	625,5
2009	110,9	0,0	47,0	34,5	52,6	72,5	78,1	57,5	31,9	7,9	3,6	27,7	524,2
2010	27,3	72,7	24,5	25,9	32,1	32,1	16,5	69,9	50,9	7,2	0,0	17,8	376,9

Station S. bnakhla (1980 / 2010)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1980	5,4	22,6	30,0	157,7	32,1	59,9	36,0	49,5	7,7	45,4	0,0	1,3	447,6
1981	2,8	0,0	0,0	41,6	25,4	67,9	18,8	27,3	35,7	1,5	0,5	0,0	221,5
1982	2,6	54,4	66,4	66,0	0,0	17,0	19,8	3,2	7,0	0,0	0,3	0,9	237,6
1983	0,0	0,0	10,1	61,9	27,3	43,1	35,9	8,8	98,9	2,1	0,0	0,0	288,1
1984	11,3	13,1	121,6	24,9	44,6	16,4	37,6	21,9	51,8	0,0	0,0	0,0	343,2
1985	11,3	0,2	70,0	43,4	90,0	126,0	64,3	28,9	3,9	14,5	0,0	0,8	453,3
1986	12,7	43,9	38,9	30,6	45,6	182,3	6,1	2,5	14,0	0,1	21,1	0,0	397,8
1987	6,9	24,3	41,8	29,8	42,0	12,4	4,9	28,1	13,8	8,0	0,3	0,0	212,3
1988	41,1	6,4	26,0	5,0	15,7	21,2	95,9	59,1	7,1	3,8	0,0	0,0	281,3
1989	18,5	2,2	22,1	25,8	125,6	0,0	17,1	50,0	13,2	3,2	4,2	2,7	284,6
1990	10,2	11,2	42,9	67,9	39,2	67,8	157,4	2,9	17,8	1,5	0,0	0,9	419,7
1991	5,4	43,4	36,8	13,6	36,5	9,1	95,1	51,8	58,9	10,3	9,7	0,0	370,6
1992	0,9	6,6	18,3	13,0	0,8	72,8	17,0	57,6	54,3	1,2	0,0	0,7	243,2
1993	8,2	9,4	56,3	10,0	76,2	44,5	2,9	39,7	13,8	0,0	6,7	0,0	267,7
1994	22,7	21,6	26,4	23,7	28,4	36,4	74,7	15,0	0,0	4,1	0,0	2,8	255,8
1995	16,4	11,1	8,3	91,3	86,2	111,5	55,0	39,5	40,2	75,1	0,2	6,7	541,5
1996	25,1	8,8	0,2	29,2	93,4	0,0	0,1	53,1	12,0	0,0	1,7	35,6	259,2
1997	51,6	22,0	64,9	36,8	16,5	37,3	21,4	21,9	68,2	0,3	0,0	8,6	349,5
1998	5,5	2,9	34,6	3,9	72,5	57,5	79,9	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	258,3
1999	18,7	23,1	61,5	73,6	0,0	0,0	1,8	39,3	34,5	0,0	0,0	1,0	253,5
2000	34,3	81,0	66,9	20,9	102,3	87,8	4,5	5,5	9,8	0,0	0,0	0,0	413,0
2001	17,4	38,1	123,7	31,6	1,1	6,9	34,2	91,7	48,5	0,0	0,0	15,4	408,6
2002	1,2	25,6	63,5	12,4	110,1	80,0	21,6	20,3	12,8	4,1	1,0	14,6	367,2
2003	6,1	24,8	23,4	73,3	45,1	38,8	17,8	10,3	57,7	13,8	0,1	9,1	320,3
2004	3,9	27,8	30,7	77,2	23,3	32,0	29,5	11,2	1,8	0,1	10,1	0,0	247,6
2005	16,6	24,5	43,6	24,8	50,3	93,6	21,4	12,3	29,8	3,0	1,0	0,1	321,0
2006	20,3	8,5	10,2	44,0	13,9	43,3	60,9	68,0	4,7	0,0	0,0	0,2	274,0
2007	2,4	71,8	24,4	11,2	20,4	16,1	17,7	8,9	49,5	1,7	0,6	0,0	224,7
2008	57,2	85,0	73,0	138,0	145,9	63,5	37,1	59,5	11,0	0,0	0,0	0,0	670,2
2009	59,7	0,5	36,4	49,3	77,1	70,0	61,2	38,0	21,4	14,6	4,0	6,9	439,1
2010	17,6	84,1	33,9	24,5	38,5	44,0	15,5	69,1	43,5	9,3	0,0	3,1	383,1

Station S.Abdelli (Izdihar) (1981 / 2010)

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1981						81,0	4,2	33,8	36,0	73,0	30,0	5,6	
1982	6,5	71,3	91,0	64,7	0,0	25,0	16,9	2,8	3,5	0,0	2,8	0,0	284,5
1983	0,0	0,0	12,2	65,8	33,2	41,1	32,2	4,7	98,6	2,2	0,0	0,0	290,0
1984	7,8	5,1	168,8	26,5	49,4	18,3	53,4	21,4	40,7	0,0	0,0	0,0	391,4
1985	5,1	0,0	92,2	45,8	79,2	126,3	77,2	98,3	3,3	0,2	0,0	0,3	527,9
1986	14,3	47,6	51,3	36,4	39,6	163,4	6,9	1,6	12,8	1,1	13,8	1,3	390,1
1987	3,9	17,5	45,4	41,7	50,4	20,4	7,5	39,6	19,4	9,9	0,0	0,0	255,7
1988	36,1	4,9	28,6	3,7	19,5	20,2	117,6	65,9	10,5	7,5	0,0	3,6	318,1
1989	48,5	2,5	19,3	28,5	150,7	0,0	21,3	61,5	15,7	2,3	3,6	0,0	353,9
1990	7,0	10,2	49,1	73,7	52,7	90,1	130,7	8,7	12,8	4,8	0,0	5,5	445,3
1991	15,5	30,5	71,9	13,4	19,0	22,3	86,5	43,5	64,6	11,1	1,4	3,0	382,7
1992	2,5	11,8	39,0	15,1	0,5	78,7	28,5	63,2	85,0	3,5	0,0	0,0	327,8
1993	8,5	8,7	79,2	19,9	88,7	53,1	7,0	34,2	21,5	0,0	1,2	2,0	324,0
1994	80,9	21,5	27,8	34,5	31,4	54,8	92,0	25,3	0,7	3,2	0,0	9,7	381,8
1995	17,0	41,8	14,1	94,1	21,8	136,6	44,3	30,8	40,1	2,0	23,7	1,8	468,1
1996	23,4	8,9	2,2	46,8	116,6	0,0	0,8	62,3	13,8	0,6	2,2	27,7	305,3
1997	67,3	22,9	71,4	55,7	20,4	38,4	34,1	32,1	55,4	1,1	0,0	2,1	400,9
1998	7,8	2,9	38,9	6,6	66,5	72,8	83,9	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	282,0
1999	18,3	28,0	76,3	69,4	0,0	0,0	3,6	25,3	52,6	0,0	0,0	1,2	274,7
2000	17,4	94,5	63,5	42,2	130,3	99,9	4,2	5,1	11,8	0,0	0,8	0,5	470,2
2001	31,7	35,4	119,4	35,4	4,4	1,5	29,8	100,4	51,2	0,5	0,0	11,2	420,9
2002	0,5	23,4	85,9	19,8	107,5	97,4	29,7	25,2	10,1	2,0	0,0	0,3	401,8
2003	8,0	19,6	38,5	80,7	54,6	38,9	19,1	21,1	79,5	15,3	0,6	4,2	380,1
2004	2,7	40,4	53,2	101,2	29,0	38,9	28,5	11,9	0,5	0,7	0,0	0,0	307,0
2005	18,5	29,9	40,3	25,2	66,2	91,6	21,4	15,5	33,1	3,7	0,0	0,4	345,8
2006	23,3	5,7	6,4	66,9	20,5	67,9	69,0	80,8	4,4	0,0	6,0	0,0	350,9
2007	7,6	85,6	32,2	13,4	24,1	27,5	18,6	12,9	50,3	3,5	0,0	0,0	275,7
2008	43,9	80,0	103,4	151,1	142,0	63,6	41,7	57,0	15,0	0,0	0,0	0,0	697,7
2009	85,3	2,2	38,9	60,4	87,8	60,6	65,3	41,0	16,4	17,5	2,0	10,4	487,8
2010	7,5	64,5	40,2	24,4	42,6	37,0	38,8	59,4	52,3	8,7	1,3	4,8	381,5

Annexe 3 : températures moyennes annuelles et moyennes mensuelles (ANRH –Oran)

Mois		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Choly	$T^{\circ}C$ <i>Max</i>	31,30	27,30	19,90	17,10	17,00	17,50	18,90	21,70	24,80	30,50	35,60	36,50	24,80
	$T^{\circ}C$ <i>Min</i>	17,70	12,90	9,80	6,40	4,70	6,80	7,30	8,20	10,40	15,10	18,60	18,30	11,35
1973 / 2006	$T^{\circ}C$ <i>Moy</i>	24,50	20,10	14,85	11,75	10,85	12,15	13,10	14,95	17,60	22,80	27,10	27,40	18,10
S.Abdelli	$T^{\circ}C$ <i>Max</i>	28,80	26,90	20,20	16,60	15,10	15,80	17,80	21,20	24,10	26,90	31,60	32,20	23,10
	$T^{\circ}C$ <i>Min</i>	18,60	15,60	10,50	8,60	6,20	7,50	8,20	9,80	12,70	15,80	19,40	20,10	12,75
1972 / 2002	$T^{\circ}C$ <i>Moy</i>	23,70	21,25	15,35	12,60	10,65	11,65	13,00	15,50	18,40	21,35	25,50	26,15	17,92
S.Bnakhla	$T^{\circ}C$ <i>Max</i>	31,90	25,50	20,30	16,40	15,10	16,90	18,80	20,80	24,30	29,60	34,80	33,60	24,00
	$T^{\circ}C$ <i>Min</i>	17,10	12,70	9,50	6,50	4,90	6,50	7,20	8,40	10,50	15,10	17,30	18,4	11,17
1978 / 2005	$T^{\circ}C$ <i>Moy</i>	24,50	19,10	14,90	11,45	10,00	11,70	13,00	14,60	17,40	22,35	26,05	26,00	17,58