



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 et de l'univers

Département des sciences de la terre

### ***Mémoire***

Présenté pour l'obtention du grade de Master en Géologie

Option : Risques naturels et Gestion

### **Thème :**

**EVALUATION ET ANALYSES DES LAMES D'EAU ECOULEES PAR LA METHODE  
« INTENSITE-DUREE-FREQUENCE » AU BASSIN VERSANT DE L'OUED KHEMIS  
(TAFNA, ALGERIE OCCIDENTALE).**

**Présenté par :**

**HAMZA LEMIS**

**Soutenu le : 18/07 /2019, devant le jury composé de**

<b>M, SAFA AISSA</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>Président</b>
<b>Mme BAKRETI AMEL</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Mlle ABLAOUI HALIMA</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>Examineur</b>

**Oran,2019**

# DEDICACES

*A ceux qui m'ont soutenu tout au long de ma vie, sans vos sacrifices et votre affection je ne pourrais arriver jusqu'aux bout, j'espère que vous trouvez toujours en moi votre source de fierté.*

*Je dédie ce travail à :*

*A la mémoire de mon Père Ahmed Jamel*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*A ma très chère mère*

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et L'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*A mon mari BOUZID RABAH et*

*mes très chères enfants RAZANE et RAMEZ*

*Qui ont su me comprendre et m'épauler dans les moments les plus difficiles.*

*A mes sœurs Bakriti Amel Cherif Nacera et Marouane Fatima.*

*Hamza Lemis*

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier Dieu tout puissant qui m'a donné la force et le courage d'aller jusqu'au bout de ce modeste travail.

Je présente en cette occasion mes chaleureux remerciements à mon encadreur Madame **BAKRITI A** pour l'aide honorable et infatigable qu'elle m'a apporté en acceptant de superviser, de suivre mon travail, pour les conseils et les précieuses orientations.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Monsieur **SAFA A**, d'avoir fait l'honneur de présider mon jury de soutenance et également mes remerciements à Madame **ABLAOUI H.** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur **NAJI A.** pour ses conseils et ses orientations.

Je remercie également mes collègues enseignants et enseignantes et travailleurs du département des Sciences de la Terre pour leurs soutien surtout moral.

Mes remerciements s'adressent également à mes amies *Cherif Nacera et Marouane Fatima*

Je remercie l'ensemble des étudiants de ma promotion.

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## CHAPITRE 1    Considérations générales

Introduction .....	04
I.    Situation géographique.....	04
II.    Aperçu climatologique.....	07
III.    Synthèse géomorphologique.....	09
IV.    Synthèse géologique.....	10
IV.1.Cadre géologique.....	10
IV.2.Série litho-stratigraphique.....	11
IV.2.1.Primaire.....	12
1.Silurien.....	12
2.Dévonien.....	12
IV.2.2.Secondaire.....	13
1.Trias.....	13
2.Jurassique inférieur et moyen.....	13
3.Jurassique supérieur.....	13
a. Argiles de Saida.....	13
b. Grès de Boumediene.....	14
c. Calcaire de Zarifat.....	14
d. Dolomies de Tlemcen.....	14
e. Calcaires de Stah.....	14
f. Marno-calcaires de Raourai.....	14
g. Calcaire de Lato et dolomies de Terni.....	15
h. Marno-calcaire de Hariga.....	15
IV.2.3.Plio-Quaternaire.....	15
V. Analyse structurale.....	15
V.1. Principales phases tectoniques.....	16

V.2. Unités structurales.....	16
V.3. Accidents décrochants.....	18
VI. Conclusion.....	18

## CHAPITRE II : Application de la méthode IDF

### au bassin versant de l'Oued Khemis

Introduction.....	20
I-Etude de l'homogénéité des séries.....	20
1. Méthode des cumuls simples .....	20
2. Méthode des doubles cumuls.....	20
3. L'utilité de la critique de données.....	21
4. Application.....	22
a-Méthode du simple cumul.....	22
b- Méthode du double cumul.....	22
II- Application de la méthode IDF.....	27
Introduction.....	27
1-Pourquoi les courbes IDF.....	27
2-Utilisation des courbes IDF.....	28
3-Mise en œuvre.....	28
III-Methodologie.....	29
1-Etablissement des courbes IDF.....	29

2. Méthode d'ajustement selon Gumbel.....	29
3. Mise en œuvre .....	30
4. Conclusion .....	31
IV-Application au bassin versant de l'Oued Khémis.....	32
1-Régime pluviométrique.....	33
a-Oued Khémis 1977-1981.....	34
b-Oued Khémis 1982-1986.....	35
V-MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE IDF.....	37
1-Synthèse et interprétation des résultats .....	37
2- Conclusion .....	45
VI-Conclusion générale.....	45

# LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude et les communes drainées.....	05.
Figure 2 : Situation géographique et géologique des Monts de RharRoubane.....	06
(D'après Marok& Matias, 2012 modifié).	
Figure 3 : Climat général du secteur étudié.....	07
Figure.4 a : Géomorphologie du bassin de la Tafna. A gauche carte des pentes (%), à droite topographie du bassin et réseau de thalwegs (in Bakreti,2014).....	09
Figure 4 b – Schéma structural de la chaîne alpine de la Méditerranée occidentale (d'après M. BENEST, 1985 ; modifiée).....	10
Figure 5 - Carte structurale schématique des Monts de Ghar-Roubane et des régions voisines. (A) carte structurale des Mont de Ghar-Roubane avec régions voisines ; (B) carte structural des Monts deGhar-Roubane).....	11
Figure 6 – Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (extrait de la carte géologique d'Algérie, Ech. 1/500 000 ; modifiée).....	12
Figure 7: Carte structurale de l'Oranie nord –occidentale (Thomas, 1985).....	17
Figure8a : Courbe de précipitation cumulées de Oued Khémis.....	24
Figure8b :Courbe de corrections de lacunes.....	24
Figure 8c : Courbe d'homogénéisation de la station de Oued Khémis.....	24
Figure 9c : Courbe d'homogénéisation des précipitations des stations Khemis/Maghnia...	26
Figure 10 : Représentation schématique des courbes IDF.....	28
Figure 11 : Courbe de variable réduite de Gumbel.....	31
Figure12 : Répartition des stations pluviométriques étudiées.....	32

Figure13: Représentation de l'indice de concentration des précipitations pour les sous bassins étudiés .....	34
Figure. 14: Répartition des précipitations en fonction du nombre de jour 1977-1981.....	35
Figure 15 : répartition des précipitations en fonction du nombre de jour des périodes allant de 1982-1986.....	36
Figure. 16 : Distribution de Gumbel pour la station d'Oued Khémis.....	38
Figure 17 : Calcul des lames précipitées et des intensités.....	40
Figure 18 : Diagramme de fréquence des lames précipitées maximales de 1,2,3,4 et 5 jours station Oued Khemis-Période d'observation :1977-1986.....	41
Figure 19 : Répartition des courbes IDF et des lames précipitées.....	42



# LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 . : Tableau récapitulatif des paramètres climatologique de la station de Beni-bahdel ( <i>in. Bakreti</i> ).....	08
Tableau 2 : Les valeurs des précipitations cumulées de Oued Khemis (1975-2006).....	23
Tableau 3 : Données des pluies précipitées.....	32
Tableau 4 : Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).....	33
Tableau 5: Les dix plus grandes intensités observées durant 10 ans mm/h.....	37

## **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les populations que pour les écosystèmes. Très affectée par les modifications du climat qui touchent plusieurs régions dans le monde depuis déjà plusieurs décennies, l'Algérie dont les ressources hydriques sont limitées connaît des périodes d'irrégularité très prononcée durant les cycles hydrologiques principalement dans les régions de l'ouest algérien où le rif marocain bloque la plupart des événements pluvieux venant de l'atlantique. Cette irrégularité a été le plus souvent mal prise en compte où on se contentait simplement à décrire le climat et le classer sans pour autant identifier le comportement de l'averse en elle-même.

Dans cette optique, nous avons choisi un des bassins de l'ouest algérien à notre avis aussi touché par cette irrégularité. Le bassin de Khémis objet de notre étude a été traité par plusieurs auteurs tant sur le plan hydrogéologique que hydrologique. Nous avons voulu mettre en exergue l'influence de la répartition des pluies au niveau de ce bassin pour pouvoir mettre en évidence l'impact des événements pluvieux et leur intensité d'écoulement. Notre approche portera exclusivement sur une application de lois statistique à notre avis satisfaisant vu les résultats obtenus.

Nous avons commencé par une analyse des régimes pluviométriques de la région puis un essai d'identification d'une éventuelle évolution de celui-ci. Une analyse statistique portant sur la détection de "points de rupture" a été menée sur de longues séries chronologiques de précipitations disponibles au pas de temps annuel dans le but d'une homogénéisation.

La gestion des eaux pluviales et la dimension des différentes composantes du système est analysé en fonction de l'intensité des pluies et de leurs période de retour qui correspond généralement au trio intensité-durée-fréquence IDF.

Notre étude est subdivisée en :

Chapitre 1 : Considérations générales

Cette partie est consacrée a la présentation géographique géologique climatologique et géomorphologique du bassin de Tafna ( OuedKhémis).

Chapitre 2 : Application de la méthode IDF au bassin versant de l'Oued Khémis

Ce chapitre est subdivisé en deux parties ;

Nous avons consacré la première partie aux traitements des données en se basant sur la méthode de cumuls simple et double cumul.

La deuxième partie traite l'établissement des courbes intensité durée fréquence IDF afin de synthétiser l'information pluviométrique de la station et calculer les différentes périodes de retours

# **CHAPITRE I**

## **CONSIDERATIONS GENERALES**

*Dans cette section, nous allons présenter le bassin versant de l'Oued Khemis dans son contexte géologique, géomorphologique et climatologique.*

## INTRODUCTION

Le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant est sous la dépendance du climat, de la lithologie, du relief et de l'occupation du sol. Les phénomènes hydrologiques d'un bassin versant sont reliés directement au relief, au ruissellement, l'évaporation ainsi qu'à l'infiltration. Le bassin versant de la Tafna à l'instar des bassins de la rive méditerranéenne sud est caractérisé par un climat semi-aride méditerranéen (Bouanani et al,1999) d'une irrégularité sévère des précipitations dans le temps et dans l'espace qui engendrent des averses fréquentes et importantes.

### I- SITUATION GEOGRAPHIQUE.

Un vaste bassin versant bien représentatif de l'Ouest algérien comme celui de la Tafna a fait l'objet depuis une décennie d'innombrables études en relation avec l'hydrologie. Situé au Nord-ouest du territoire algérien (Fig.1), Il couvre une superficie de 7245 km<sup>2</sup>.

Les plaines du bassin de la Tafna s'étendent aux pieds des monts de Tlemcen en avant des massifs des Traras et du Tessala, elles sont entourées de massifs aux reliefs élevés dessinant un édifice régulier formé essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques (Hayane,SM, 1983).

Selon la nouvelle structuration des unités Hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie-Chott Cherguie (figure1).

Notre secteur d'étude fait partie de ce grand bassin et se situe au niveau de la région de Khemis . Il représente la rive gauche de la partie dite de la haute Tafna.

Il est limité par les coordonnées Lambert suivantes :

$$165 \text{ Km} > x > 138 \text{ Km}$$

$$118 \text{ Km} > y > 88 \text{ Km}$$

-L'Oued Khémis prend sa source à une altitude 1700 m, aux environs du Djebel Dehar Azouj, il coule selon une direction SSW-NNE (Fig. 2), en atteignant une altitude de 650m au barrage Beni-Bahdel. Le bassin versant couvre une superficie de 350 km<sup>2</sup>, il est limité par :

- Le Horst de Rhar-Roubane (1014m) et Ras-Asfour (1532m), à l'Ouest



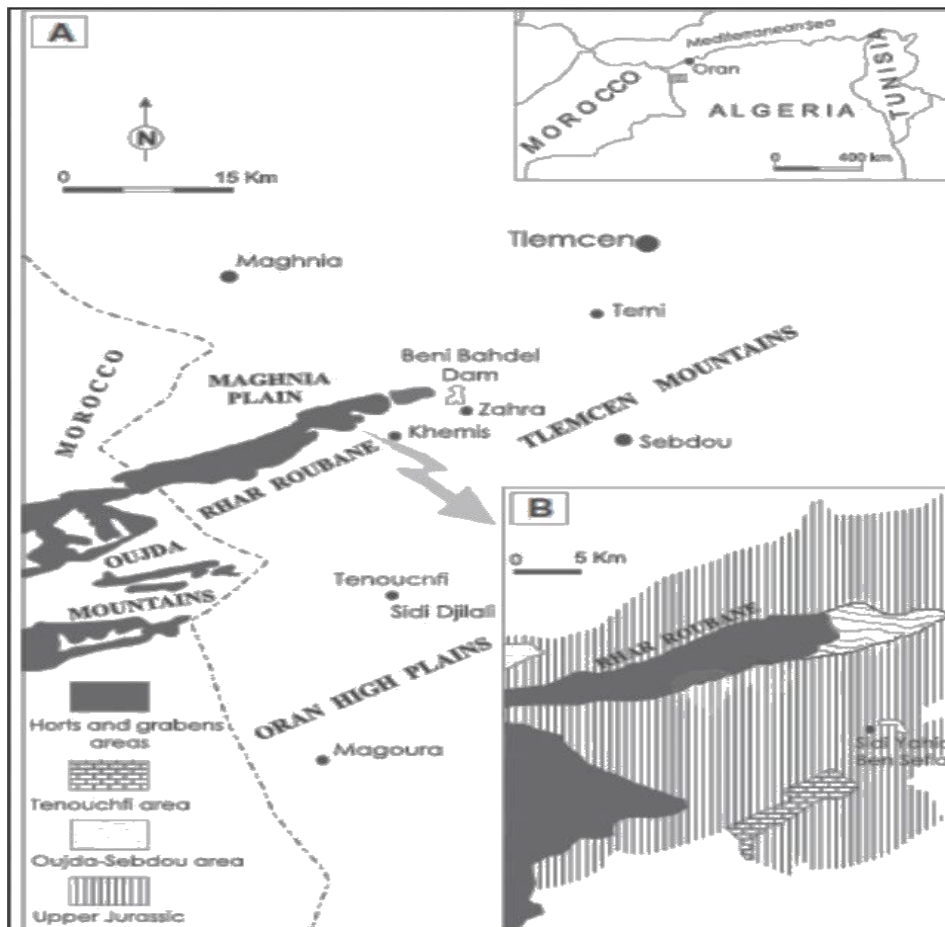


Figure 2 : Situation géographique et géologique des Monts de Rhar-Roubane

(D'après Marok & Matias, 2012 modifié).

Oued Khemis est un affluent de la rive gauche de l'oued Tafna, son écoulement permanent est alimenté essentiellement par la rencontre de plusieurs affluents :

Ouled Belkassam, Oued Mazer et Oued Tadert, Oued Tirheza, Oued Boulefane Oued.Chadli.



## II- APERCU CLIMATOLOGIQUE

Le mot climat apparaît au douzième siècle, dérivant du latin *climatis*. Pourtant, son origine est grecque : le climat est l'inclinaison d'un point de la terre par rapport au soleil. D'après (Martine, 2000), le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu. Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques des cours d'eau. Ces paramètres climatiques (surtout la température et évapotranspiration) sont en relation avec les précipitations.

L'étude hydro climatique a pour but de :

- Déterminer le type de climat d'une région donnée.
- Analyser les paramètres climatiques (température et précipitations) de cette région.

Le climat de l'Algérie est caractérisé par des contrastes importants avec une étendue de types de climats très différents (Fig.3) et ce en relation avec les particularités géographiques du pays.

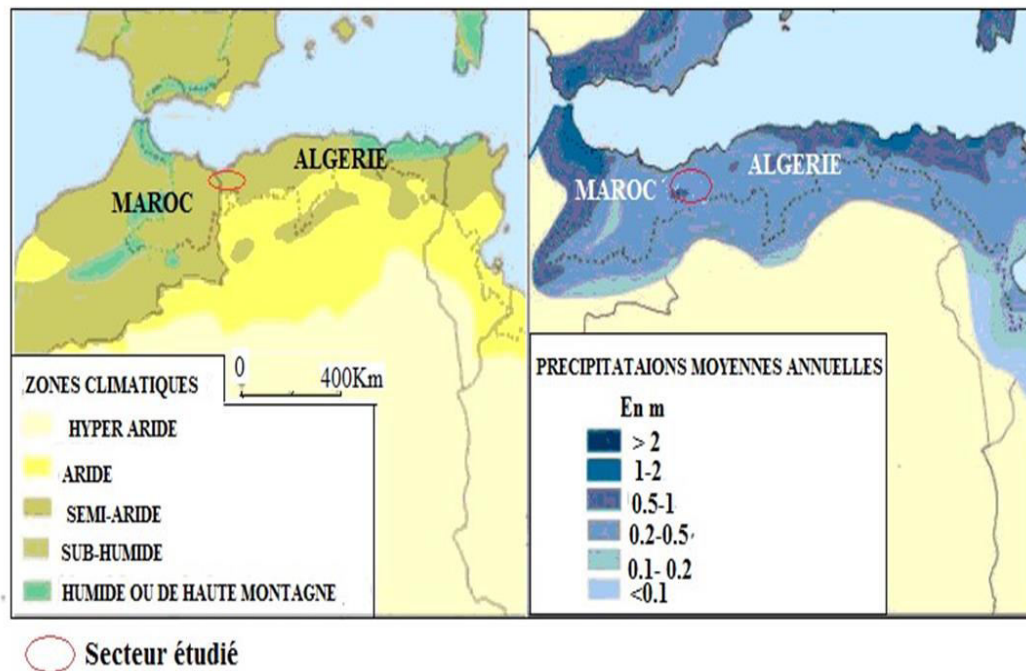


Figure. 3 Climat général du secteur étudié (*in.* Bakriti)

La région de Tlemcen offre un climat de type méditerranéen (Fig.3) et il est caractérisé par deux saisons

1) humide qui s'étend d'Octobre à Mai avec des précipitations irrégulières et réparties sur le territoire dans l'espace et dans le temps

2) sèche qui couvre la période de juillet en Aout.

Notre région d'étude du sous bassin d'Oued Khémis correspond à un vaste plateau enclavé entre les monts de Tlemcen et le Horst de Ghar Roubane (Fig. 2). Cette situation influence les variations de température et le régime des précipitations par l'établissement d'un micro-climat reflété par des paramètres climatologiques d'un climat de type semi-aride avec des périodes sèches et humides très irrégulières (Bakreti, 2004).( tableau.n°1)

°Station de Beni-Bahdel (1972-1998)	
X	144.98
Y	164.60
Z	666.00
Précipitations Annuelles	434.90
Températures mensuelles	17.1
Indice d'irrégularité	3.88
Coefficient d'intervariabilité annuelle	1.97
Indice d'aridité de Martonne	16.05
ETR	415.05
Déficit d'écoulement	376.3
Ruissellement	35.5
Infiltration	18.5
ETP	87.86

Tableau1 . : Tableau récapitulatif des paramètres climatologique de la station de Beni-bahdel (in. Bakreti).

### III- SYNTHÈSE GEOMORPHOLOGIQUE

La géologie Algérienne septentrionale est liée à l'orogénèse hercynienne et alpine qui ont permis l'individualisation de plusieurs domaines en Oranie, du Nord au Sud on distingue (Fig. 4a, b) :

Le domaine tellien représenté dans la zone d'étude par les monts des Traras et des Sebâa Chioukh, le domaine Tlemcenien dominé essentiellement par les monts de Tlemcen, les hautes plaines oranaises, le domaine atlasique et le domaine saharien.

Le bassin de la Tafna (Fig. 4 a) comprend de grandes plaines, dont les deux principales sont celles de Maghnia à l'Ouest et celle des Ghossels à l'Est entourées de massifs élevés, à savoir :

Le massif des Traras comprenant la chaîne des Fillaoucène qui s'étendent vers l'Ouest le massif des Béni-Snassen.

Les monts de Tlemcen dessinant la bordure sud du bassin et s'interposent entre deux domaines bien définis :

Le domaine des nappes du Tell au Nord,

Le domaine stable des hautes plaines oranaises au Sud.

La terminaison occidentale des monts de Tlemcen (Fig. 2) qui s'élève graduellement du Nord vers le Sud est occupée par un massif montagneux représenté par les monts de Rhar-Roubane (Bouanani, 2004).

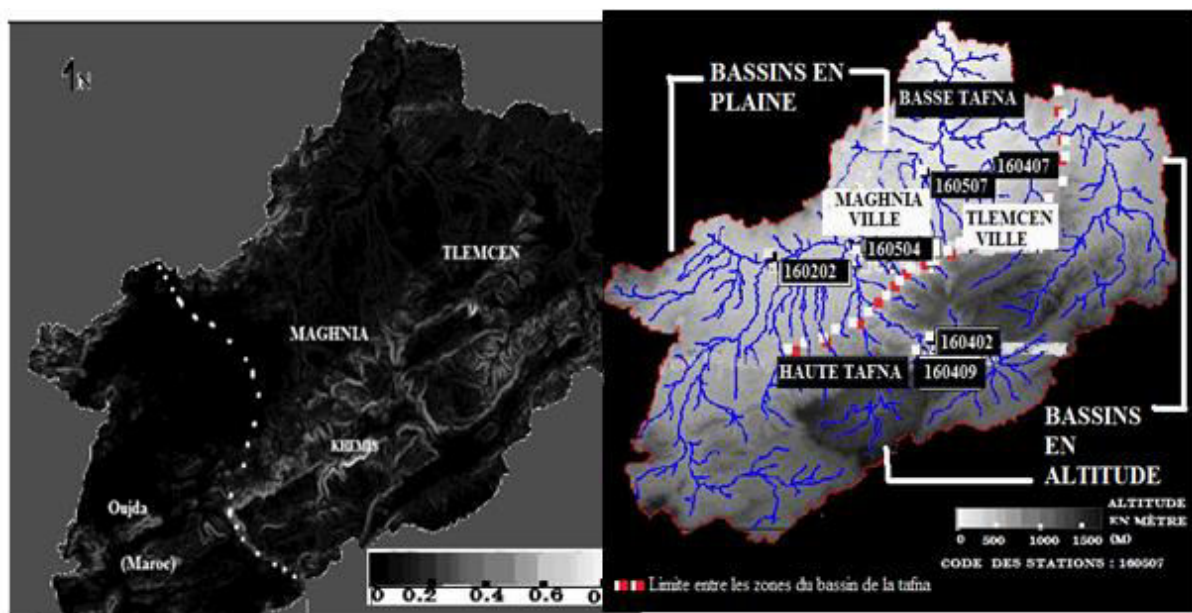


Figure. 4 a : Géomorphologie du bassin de la Tafna.  
à gauche carte des pentes (%), à droite topographie du bassin et réseau de thalwegs  
(in Bakreti,2014)

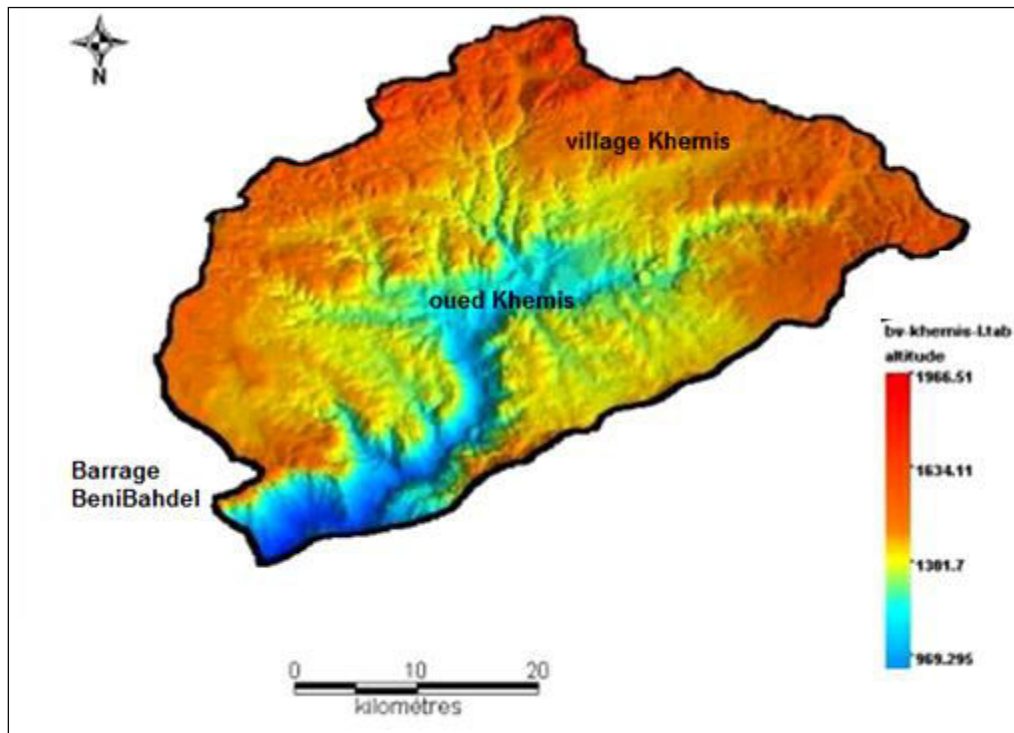


Figure.4 b : Géomorphologie du bassin de la Tafna. (in Bakreti,2014)

#### IV.- SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE

##### IV-1 Cadre géologique

La région d'étude constitue une zone de passage entre le Tell au Nord et les hautes plaines au Sud. (Figure 4), elle se trouve dans un massif montagneux qui forme la terminaison occidentale des monts de Tlemcen et qui s'élève graduellement du Nord vers le Sud, ce sont les monts de Rhar-Roubane (Mekahli L, 1988).

Les monts de Rhar-Roubane (Figure 5) font partie du domaine tlemcénien considéré comme l'avant pays de l'Algérie nord occidentale, ils sont limités par la plaine de Maghnia au Nord, la plaine des Angads d'Oujda et le plateau de Djorf-Ouazazen à l'Ouest, la plaine de Magoura au Sud et en fin la partie occidentale des monts de Tlemcen à l'Est (Mekahli L, 1988).

D'un point de vue structurale, les Monts de RharRoubane ont subies des décrochements senestres causant des déplacements des unités vers le Nord (Elmi, 1983. *In* Marok& Matias. 2012).

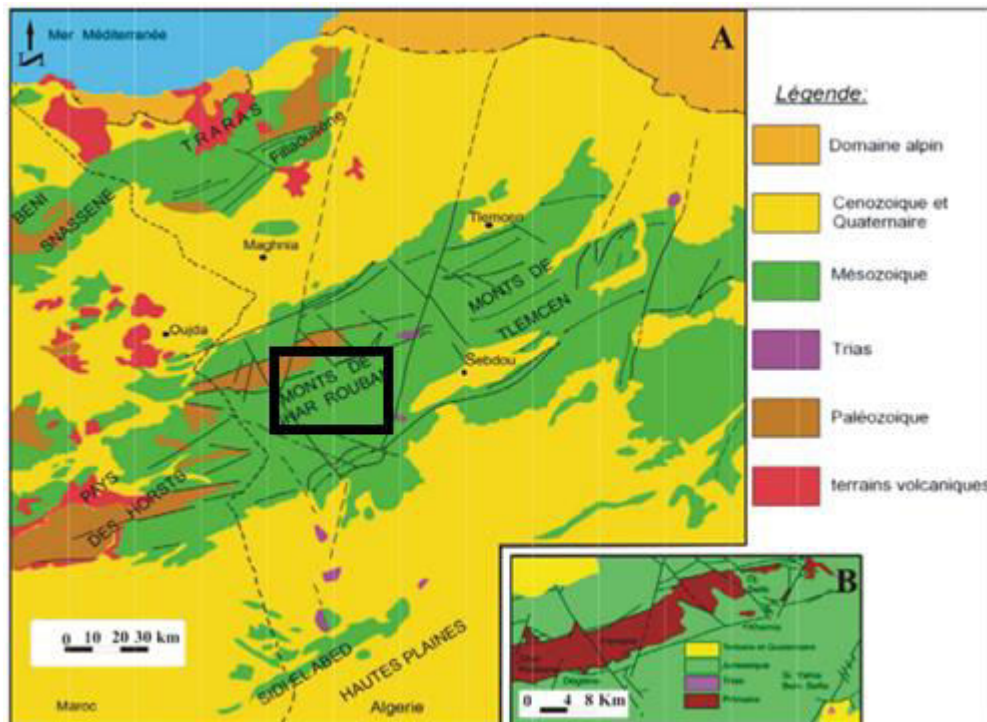


Fig. 5 - Carte structurale schématique des Monts de Ghar-Roubane et des régions voisines. (A) carte structurale des Monts de Ghar-Roubane avec régions voisines ; (B) carte structural des Monts de Ghar-Roubane).

Les Monts de Rhar-Roubane peuvent être subdivisées en 3 zones d'après (Lucas (1942).In Marok& Matias 2012)

- Zone de horsts et graben : faible subsidence durant le mésozoïque ; constituée de formation jurassique discordante sur des terrains primaires.
- Zone de Tenouchfi : caractérisée par des formations carbonatées du jurassique moyen (dolomies, calcaires oolithiques).
- Zone Oujda-Sebdou : C'est une de subsidence qui s'est enfoncée précocement au cours du jurassique inférieur et moyen. Les dépôts sont des sédiments de type vaseux.

#### IV.2- Série litho-stratigraphique : (figure 6)

Les monts de Rhar-Roubane sont constitués essentiellement de terrains secondaires reposant sur les terrains primaires.

**IV.2.1-Primaire**

La série primaire est représentée par des formations schisto-quartziques d'âge Silurien et Dévonien.

*1- Silurien*

Les formations du Silurien Correspondent à des dépôts schisteux reconnus au niveau de Djorf Fermene, et Djorf Ouazzen.

*2- Dévonien*

Il s'agit d'une formation schisteuse puissante avec des intercalations calcaires et gréseuses.

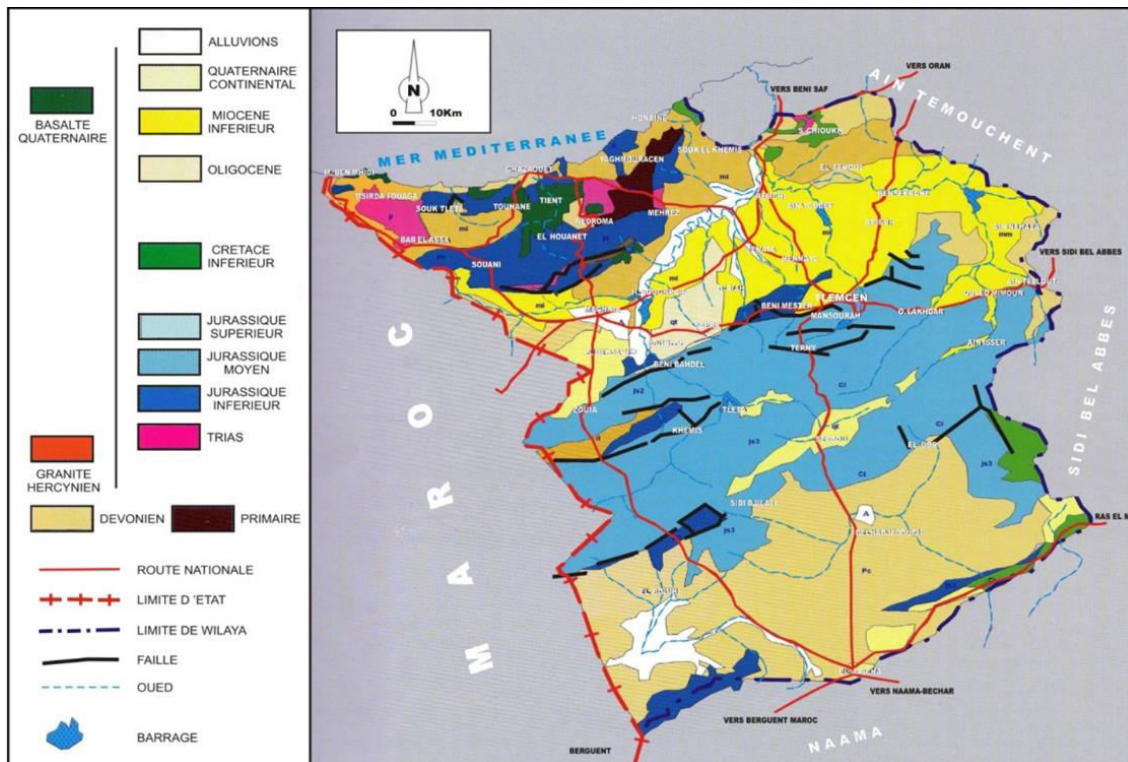


Fig. 6 – Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (extrait de la carte géologique d'Algérie, Ech. 1/500 000 ; modifiée).

## IV.2.2- Secondaire

### *1- Trias*

Il est localisé essentiellement dans la région de Beni-Bahdel .Il est constitué essentiellement par des argiles plus ou moins dolomitiques s'accompagnant parfois d'un léger métamorphisme.in (Seladji, 2000).

### *2- Jurassique inférieur et moyen*

Les dépôts du Jurassique inférieur sont discontinus ou lacunaires et n'importe quel niveau peut reposer sur le Primaire. Les premiers niveaux continus appartiennent au Bathonien dans le Horst de Rhar-Roubane (Mekahli L, 1988).

-La série du Jurassique débute par le Lias, le Démorien inférieur affleure dans la partie médiane de Rhar-Roubane au Djorf Tisedoura, il s'agit de formation calcaire (R.Cizak 1993).

-Au niveau de la frontière Algéro-Marocaine, les premiers dépôts liasiques (Carixien-Domerien) indiquent une sédimentation détritique. Ces dépôts sont surmontés par des marno-calcaires et des calcaires à Brachiopodes et spicules, de Spongiaires indiquant l'ouverture de la région vers la mer franche au cours du Toarcien (Mekahli L, 1988).

-Dans la zone de Tenouchfi le Dogger est très épais, le Toarcien et le Jurassique moyen présentent des faciès de vasière relativement profonde domaine « prétellien » (G.Lucas, 1952), le Toarcien est représenté par des couches rouges ou violacées.

-Pendant l'Aalénien et Bajocien se sont déposées des dolomies dans le secteur occidental de Degléne.

-Le Bathonien correspond à des calcaires gris parfois dolomitisés après une lacune du Bathonien supérieur, l'enfoncement du milieu se poursuit au début du Callovien avec des argiles gréseuses.

### *3- Jurassique supérieur*

#### **a-Argiles de Saïda**

Les argiles de Saida correspondent à des dépôts argileux et marneux avec des niveaux gréseux à la base, la formation est attribuée au Callovo-Oxfordien.

### **b-Grès de Boumediene**

Cette formation est constituée essentiellement de grès, avec des passées argileuses pouvant atteindre 500m, localisé dans le secteur de Khemis.

### **c-Calcaire de Zarifat**

Ces dépôts surmontent les grès de Boumediene dans la région du Khemis, ils affleurent au niveau de l'oued Otsmane à 600 m en amont d'oued Arbi (M.Benest, 1985).

Il s'agit d'une alternance de minces lits marneux à rares passés gréseuses légèrement micacées et de calcaires argileux sombres.

Cet ensemble affleure juste au-dessous de la grande falaise dolomitique inférieure de la vallée de Khemis. Ils sont d'âges Kimméridgien.

### **d-Dolomies de Tlemcen**

Il s'agit des dolomies cristallines grises, cette série est bien exposée sur le versant occidental du Djebel Kossilet, grâce à l'entaille réalisée par l'oued Khemis, on peut admettre qu'elle débute à environ 100 m au-dessus du substratum des calcaire de Zarifat (M.Benest 1985).

### **e-Calcaires de Stah**

Ces dépôts d'une épaisseur de 29m, présentent des intercalations de niveaux marno-calcaires peu compacts qui débutent par des calcaires et s'achève par des dolomies.

### **f-Marno-calcaires de Raourai**

Il s'agit de marnes grises, blanchâtres en surface intercalées par des bancs de calcaires marneux durs.

Cette formation est limitée au sommet par les calcaires de Lato et dolomies de Terni.



**g-Calcaire de lato et dolomies de Terni**

La grande falaise sommitale qui surplombe les gorges de l'oued Khemis en amont du village du même nom, correspond à la deuxième masse dolomitique (G.Lucas 1942), c'est-à-dire à l'ensemble formé par les calcaires de Lato et les dolomies de Terni (M.Benest 1985), d'âge Kimméridgien supérieur (Portlandien),

**h-Marno-calcaire de Hariga**

Il s'agit d'une alternance de marnes et de marno-calcaires formant les 30 premiers mètres, visible jusqu'au sommet de Djebel Kossilet (M.Benest, 1985).

**IV.2.3- Plio-Quaternaire**

Le quaternaire est représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes, on y rencontre les faciès suivants :

-Les travertins : se sont de puissants dépôts de sources disposés en masses et s'avancant en hautes falaises, ils sont jaunes, friables riches en débris végétaux.

-Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés d'épaisseurs très variables mais toujours assez faibles.

-Des marnes rouges avec très peu de galets plus ou moins tufeuses.

-Les limons, sables et graviers récents : les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres, les galets se trouvent surtout en lits à la base des limons.

**V. ANALYSE STRUCTURALE : (figure 7)**

Les môles primaires résistants de Rhar-Roubane ont largement influencé l'évolution structurale de la région, la direction générale des grandes fractures est WSW-ENE.

### V. 1- Principales phases tectoniques

L'étude réalisée par (S.Elmi, 1973), explique les mouvements tectoniques dans la région de Rhar –Roubane.

- a. Les découpages de la région en grands panneaux allongés WSW-ENE par des failles liées aux structures Hercyniennes.
- b. Une phase de serrage donne des plis à grand rayon de courbure.
- c. La compression provoque des décrochements :  
    Accident NNE : senestre  
    Accident NW-ESE : dextre
- d. Une nouvelle phase de serrage intervient sur un pays modelé par l'érosion.

### V. 2- Unités structurales

La position structurale des monts de Rhar –Roubane et leur prolongement vers l'Est forment un ensemble de relief grossièrement orienté SW-NE

Le plus souvent on a des alignements N 70 déviés par des accidents transversaux N 110-140 et N 20 (figure 7).

Ils représentent la continuité occidentale des monts de Tlemcen où la limite semble être masquée par la transversale de la Tafna (S.Elmi, 1970-1983) qui correspond au pli croiseur de Tenouchfi (G.Lucas, 1952) et qui joue essentiellement en décrochement senestre, le panneau occidental est caractérisé par l'existence du Horst de Rhar-Rouban orienté N 70, qui vient se noyer à proximité du barrage de Beni-Bahdel (L.Mekahli 1988).

3

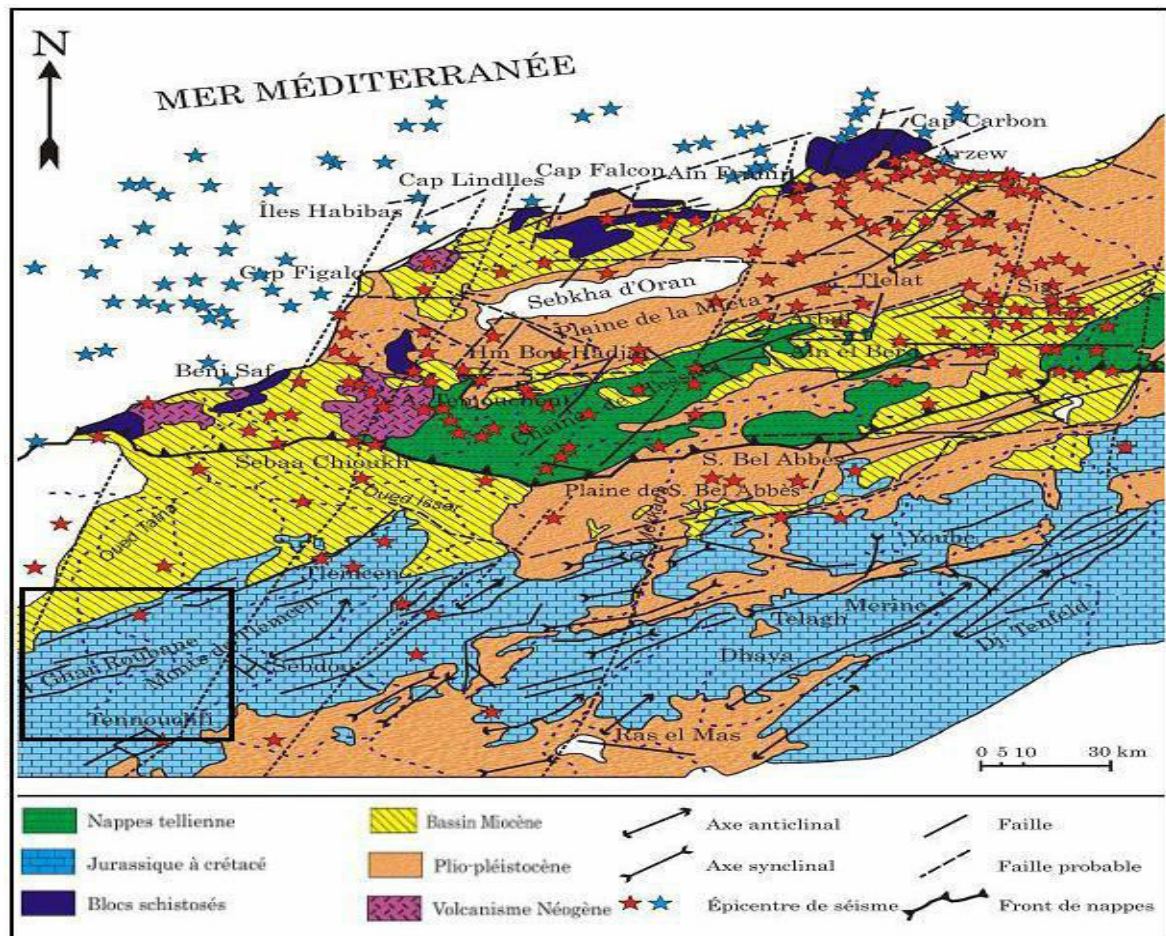


Fig. 7: Carte structurale de l’Oranie nord –occidentale (Thomas, 1985).

On distingue comme grandes unités structurales orientées WSW-ENE :

- \*L’Anticlinal du Djebel Hamra-Bouhlou.
- \*Le Synclinal de l’Azaira.
- \*La zone Anticlinal du Djebel Tmalouft.
- \*Le Synclinal du Djebel Ouinane.
- \*Le Horst de Rhar-Roubane (direction WSW-ENE essentiellement de terrains primaires).
- \*Un Vaste plateau du Ras- Asfour affecté de Failles dans sa partie méridionale.
- \*La Zone haute de Tenouchfi.

**V.3. - Accidents décrochants (Fig. 7).****-Décrochement sénestres Nord 10-Nord 30**

- \*Accident du Djebel Tmalouft - Ayech.
- \*Accident du Ras-Asfour, sur le plateau à l'Ouest de Deglène.
- \*Accident du Djebel Maroui - Fernane –Tazemmouret.
- \*Accident de Menchar limitant à l'Est l'extension actuelle du horst de Rhar-Roubane.

**-Décrochement dextres Nord 110-Nord 145**

- \*Accident du Djorf Ouazen et Djorf Dourdaz.
- \*Accident Zouziz – Sidi Djillali.
- \*Accident Tisse Fsafine – Tazemmouret.
  
- \*Accident des Beni-Senous disposition dues à la néotectonique.

**VI CONCLUSION :**

L'approche géologique et structurale la région de Rhar-Roubane correspond à une zone géologiquement importante des monts de Tlemcen. La description litho-stratigraphique montre que la série type des monts de Tlemcen affleure dans le bassin étudié (calcaire dolomitique, marne et dolomie).

Sur le plan structural les monts de Rhar-Roubane présentent des grandes unités structurales sont de direction WSW-ENE. La tectonique de la région est caractérisé par les mouvements de

\* décrochement senestres N10-N30 E

\* décrochement dextres N110 –N145 E

Sur le plan climatique Oued Khémis correspond à un vaste plateau enclavé entre les monts de Tlemcen et le Horst de Ghar-Roubane. Cette situation influence les variations de températures et le régime des précipitations.

**CHAPITRE II**  
**APPLICATION DE LA METHODE IDF**  
**AU BASSIN VERSANT DE L'OUED KHEMIS**

## Introduction

L'approche hydrologique a pour objectif d'analyser et de traiter les données récoltées qui peuvent aboutir à des résultats parfois 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.

L'étude statistique en hydrologie aboutit à des résultats plus fiables voire cohérent par rapport aux données observées, elle permet de mettre en évidence une valeur ou des séries de valeurs « anormales » compte tenu des hypothèses que l'on peut faire des variables étudiées. Les observations de l'hydrologue en se basant sur les arguments statistiques peuvent trancher sur la bonne ou la mauvaise donnée.

### I- Etude de l'homogénéité des séries

Dans l'étude de toute série d'observations on doit vérifier la question d'homogénéité afin d'évaluer les paramètres des chroniques pour une éventuelle étude statistique.

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

Il existe des méthodes pour corriger les erreurs, parmi ces dernières

#### 1- Méthode des cumuls simples

Le principe de cette méthode est de cumuler les valeurs annuelles observées d'une station donnée ; les années sont représentées en abscisse et les précipitations en ordonnées.

La dispersion du nuage des points nous renseigne sur l'homogénéité ou non des données traitées. Une simple lecture du graphe permet de déterminer l'époque de la rupture.

#### 2- Méthode des doubles cumuls

La méthode du double cumul est simple, elle permet de déterminer l'homogénéité ou non homogénéité et de corriger les ruptures observées. Il s'agit du même

principe que celui du simple cumul mais avec un calcul basé sur une station de référence et une station à contrôler.

### 3- L'utilité de la critique de données

La mesure en hydrologie constitue la connaissance de base. Son acquisition représente l'étape la plus sensible sur laquelle repose la qualité de l'ensemble des analyses ultérieures (Renard, 2006 ; Bois et al., 2007). Il est important de signaler que malgré toutes les précautions prises lors de la mesure (in situ), il arrive que certaines erreurs puissent affecter les chroniques. Plusieurs auteurs classent ces erreurs en deux catégories (Bois *et al.* (2007), Morell *et al.* (2008),... , suivantes:

1- Erreurs aléatoires qui influent particulièrement la *précision* de la donnée. Elles sont principalement liées à la surévaluation ou la sousévaluation de la valeur obtenue par rapport à la valeur réelle. Comme par exemple suite à une mauvaise lecture de la mesure dû à un report accidentel soit de décalages en jours, ou par un déplacement de la virgule pendant la saisie des valeurs enregistrées, ...

2- Erreurs systématiques qui affectent principalement la *fiabilité* de la mesure. Elles résultent d'une surévaluation ou sous évaluation permanente de la valeur mesurée. Ce cas est rencontré quand il s'agit d'un déplacement de la station, d'une défaillance technique due à la détérioration de l'appareillage ou du changement de l'environnement de la station de mesure, sans que ces états soient mentionnés dans les documents de suivi. Dubreuil (1974) explique que le fait de ne pas mentionner toute manipulation à laquelle la station a été sujette peut nuire à la fiabilité de la donnée ce qui conduit aux problèmes d' incohérences ou d'homogénéité .

Notre recherche bibliographique nous a montré que la plupart des études, quand elles abordent la partie critique des données, commencent par la recherche de l'homogénéité. Cette étape essentielle consiste à examiner la stationnarité du phénomène étudié en recherchant à montrer que les caractéristiques de la série chronologique étudiée n'évoluent pas dans le temps et gardent une certaine stabilité (Beaulieu, 2009). Cette étape s'effectue sur deux niveaux par rapport à :

1) *La donnée*: on recherche à déterminer si les mesures appartiennent bien à une même population et ne proviennent pas de plusieurs échantillons.

2) *La station* : on choisit une station repère considérée comme étant correcte et prise comme une référence à condition que son homogénéité ait déjà été validée par des études antérieures. Cette station nous servira à comparer la fiabilité des autres stations dont les mesures sont douteuses en respectant, toutefois le critère de proximité spatiale.

Une autre particularité caractérisant l'utilité de la recherche de l'homogénéité est mise en évidence par Bois (2000) et Bois *et al.* (2007). Ils affirment que lorsque les problèmes systématiques tels que défaillances techniques d'une station et/ou changement d'emplacement sont écartés, la détection d'une non homogénéité peut être la conséquence de l'effet de changement d'un phénomène. Effectivement, bien qu'on s'intéresse à la mesure, ce sont, en réalité, les processus qui sont dissimulés par l'inhomogénéité qui sont les plus importants à rechercher, comme par exemple, celui du changement climatique.

Par ailleurs, nous maintenons que cette étape est décisive pour toute utilisation ultérieure, et conditionne la fiabilité des analyses qui en seront déduites.

#### 4-Application

##### a-Méthode du simple cumul

Nous avons appliqué la méthode simple cumul comme première étape pour la station d'Oued Khemis sur la période entre 1975 et 2006, le tableau ci-dessous représente les valeurs des précipitations cumulées



Annees	pcum	pcum1
1975	135,16	135,16
1976	594,18	594,18
1977	892,24	892,24
1978	1221,63	1221,63
1979	1592,44	1592,44
1980	2104,40	1948,00
1981	2578,09	2302,20
1982	2818,18	2656,40
1983	3032,88	3010,60
1984	3187,52	3364,80
1985	3326,72	3719,00
1986	3757,23	4073,20
1987	4175,07	4427,40
1988	4316,39	4781,60
1989	4537,88	5135,80
1990	4694,02	5490,00
1991	5121,12	5844,20
1992	5445,32	6198,40
1993	5585,50	6552,60
1994	5734,93	6906,80
1995	5966,79	7261,00
1996	6338,66	7615,20
1997	6497,03	7969,40
1998	6582,63	8323,60
1999	6757,80	8677,80
2000	6966,36	9032,00
2001	7251,44	9386,20
2002	7433,96	9740,40
2003	7689,65	10094,60
2004	7802,88	10448,80
2005	7932,97	10803,00
2006	8029,67	11157,20
	2370,04711	

Tableau 2 :Les valeurs des précipitations cumulées de la station de Oued Khémis

pcum : précipitations cumulées, pcum1 :précipitations cumulées avec corrections des lacunes.

Nous remarquons que les mesures s'alignent presque sur une même droite et ne présentent pas de points en dehors de la distribution des mesures dans la figure, ci-dessous ;

Ce qui veut dire que les mesures de la station de Khémis appartiennent bien à la même station.

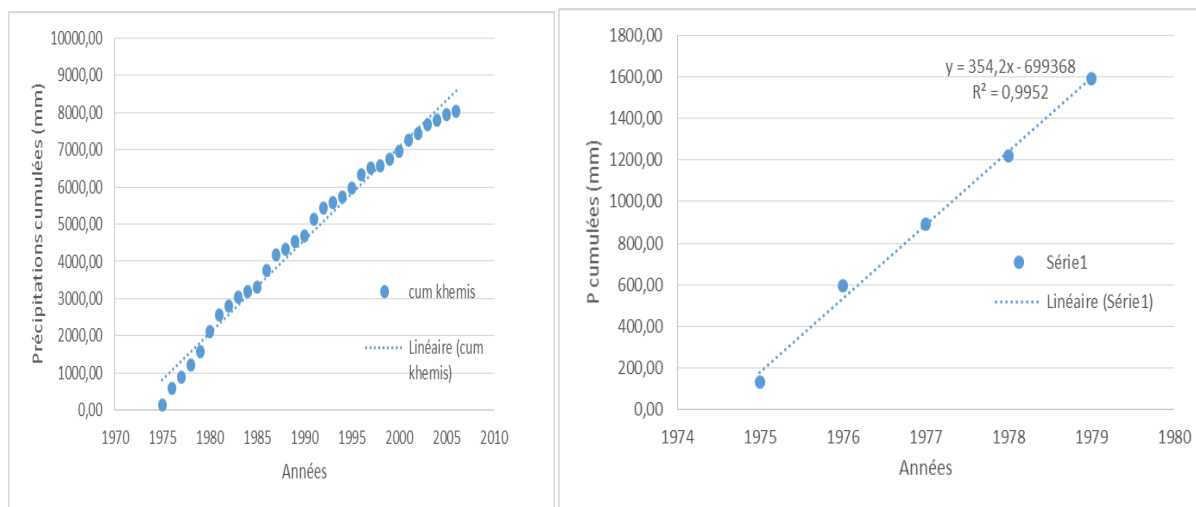


Figure8a :Courbe de précipitatis cumumées      Figures 8b :Courbe de correction de lacunes

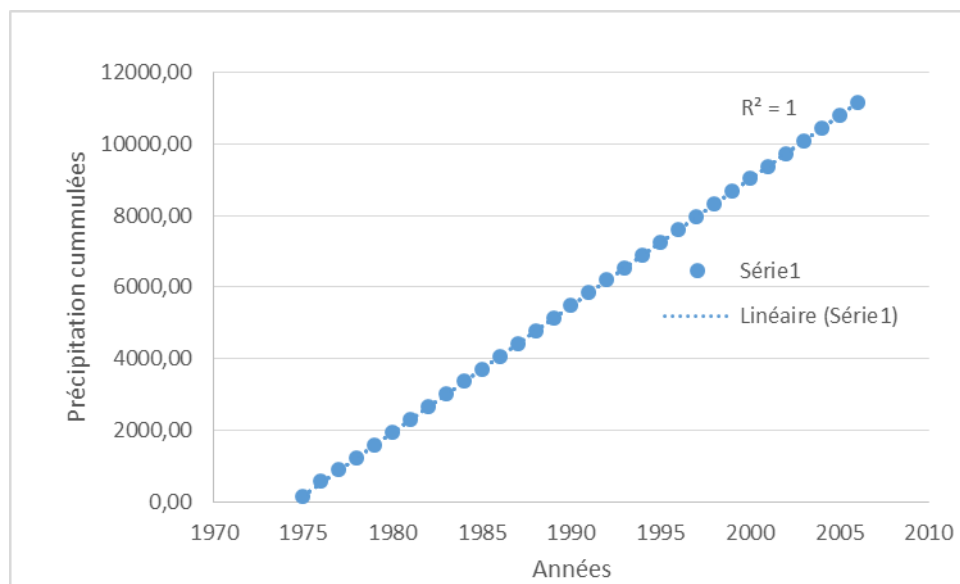


Figure 8c : Courbe d'homogénéisation de la station de Oued Khémis

### b-Méthode du double cumul

Le principe de cette méthode est de vérifier la proportionnalité des mesures des deux stations de Maghnia et celle de Oued Khémis. L'objectif est de contrôler et corriger les mesures.

La méthode du double cumul est simple, elle permet de déterminer l'homogénéité ou non homogénéité et de corriger les ruptures observées. Il s'agit du même principe que celui du simple cumul mais avec un calcul basé sur une station de référence et une station à contrôler.

La relation entre les deux stations se traduit par un quasi alignement du nuage des points projeté. Une déviation de comportement d'une des deux séries va se traduire par un nouvel alignement (point de rupture) le long d'une droite différente de la première, dans ce cas ou le point de rupture est remarquable, les séries sont non homogènes. L'absence du point de rupture indique l'homogénéité des séries.

Interprétation de la méthode statistique du double cumul appliqué sur les deux stations étudiées indique la présence d'une rupture corrigée, cependant les deux stations sont homogénéisées

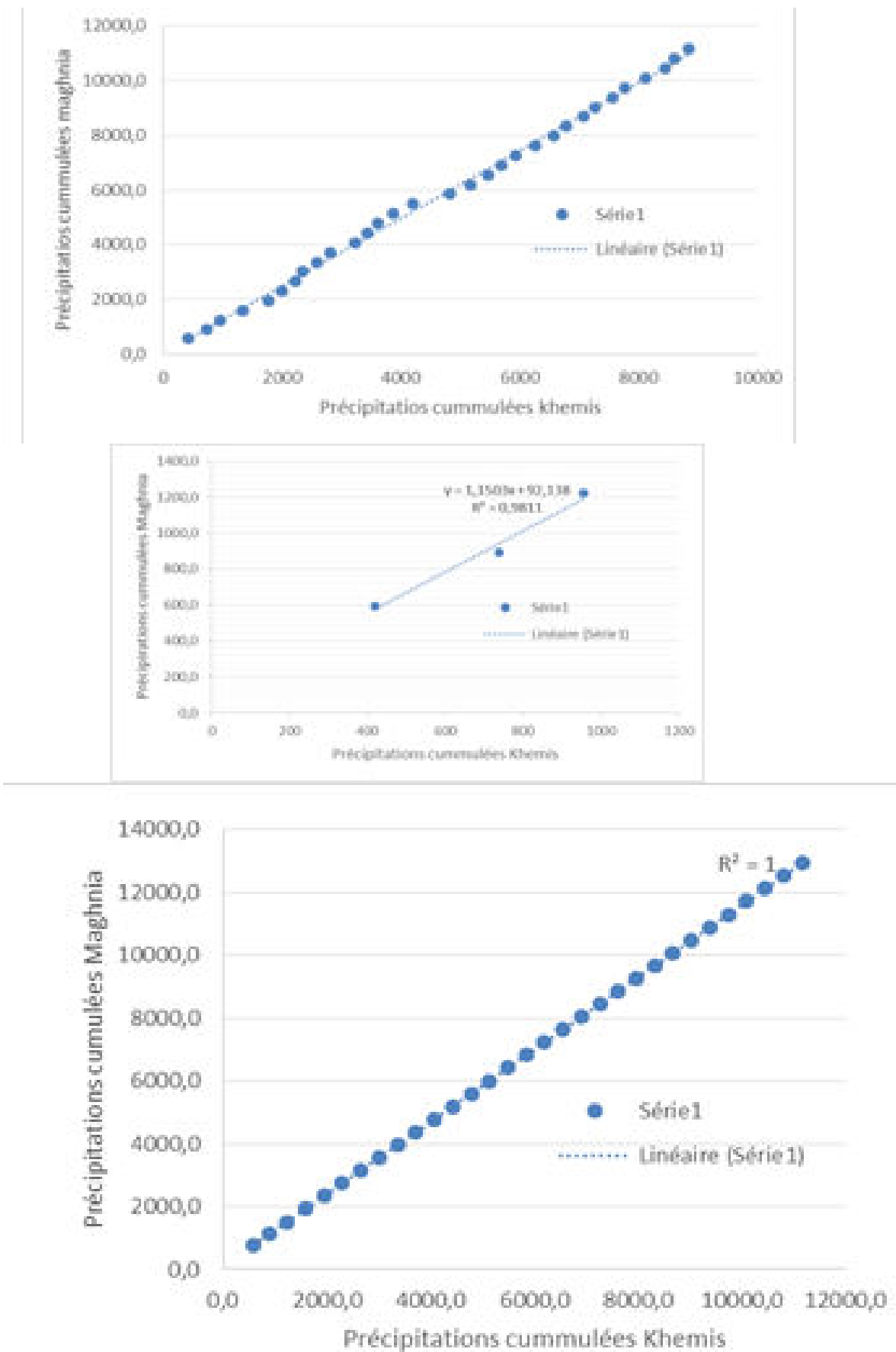


Figure 9 : Courbe d'homogénéisation des précipitations des stations Khemis/Maghnia

## II-APPLICATION DE LA METHODE IDF

### Introduction

Les sciences hydrologiques sont utilisées pour la gestion des eaux pluviales, il existe plusieurs méthodes d'études utilisées pour une bonne prévision des crues et des inondations des bassins versants. Parmi ces méthodes celle dites « méthode IDF » qui sert à donner des informations sur la pluviométrie et de calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour (DUBAN, 2000).

Il est possible d'établir une loi de comportement qui lie l'intensité et la durée c'est la courbe IDF à partir d'une analyse statistique.

Ces lois permettent d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF). La notion de fréquence est exprimée par la notion de temps de retour. (DUBAN, 2000).

#### 1-Pourquoi les courbes IDF?

Les courbes IDF traitent le comportement d'une loi de pluviométrie universellement observée, à savoir :

\*la fréquence d'apparition.

\*L'intensité de la pluie.

Finalement pour caractériser ce phénomène, on associe à chaque évènement une probabilité d'apparition qui est la période de retour.

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour cette intensité est représentée par la relation suivante :

$$Q = C.I.A$$

C : coefficient de ruissèlement, I : intensité, A : superficie

## 2- Utilisation des courbes IDF

Les courbes Intensité-Durée-Fréquences permettent de synthétiser l'information pluviométrique d'une station donnée et l'estimation d'un éventuel débit d'écoulement. Ces courbes présentent un très grand intérêt dans un projet de modélisation hydrologique.

L'analyse des pluies est régie par deux lois générales exprimées de la manière suivante :

- Pour une même fréquence d'apparition - donc un même temps de retour - l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.
- Ou encore, la durée de pluie ou la précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc que son temps de retour sera grand).

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies qui sont représentées via des courbes caractéristiques : on parle généralement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) (fig10.). La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour. Figure, ci-dessous)

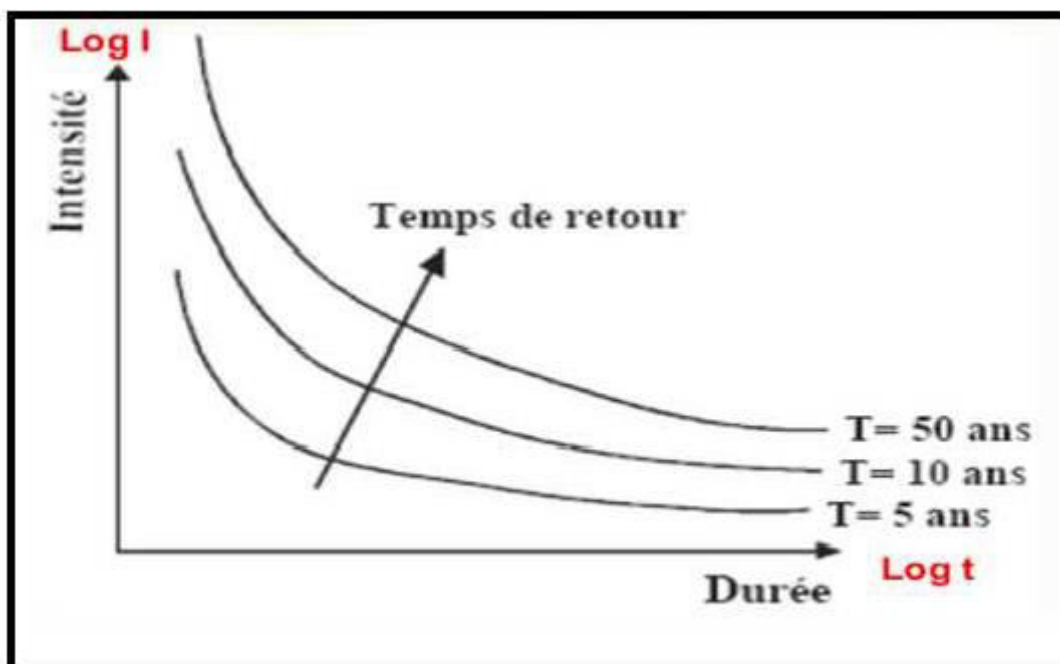


Figure 10 : Représentation schématique des courbes IDF

### III- Methodologie

#### 1. Etablissement des courbes IDF

La méthodologie d'établissement des courbes IDF est constituée de trois étapes :

*\*Première étape*

Une distribution de probabilité est ajustée à chaque échantillon de chaque durée selon la loi de Gumbel.

*\*Deuxième étape*

On détermine les quantiles correspondant à plusieurs périodes de retour spécifiées, en utilisant la distribution ajustée.

*\*Troisième étape*

On modélise les courbes IDF en ajustant une équation empirique sur les quantiles estimés pour chaque période de retour au moyen des régressions.

#### 2. Méthode d'ajustement selon Gumbel

Le modèle fréquentiel dit de Gumbel ou double exponentiel est le plus utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes des mesures surtout pluviométriques dans notre cas d'étude.

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

$$F(x) = (- \exp(\frac{x-a}{b}))$$

avec la variable réduite suivante :

$$u = \frac{x-a}{b} \quad (b)$$

a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel.

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 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 Hazen comme suit:

$$F(x_r) = \frac{r-0,5}{n}$$

$r$  = rang

$n$  = taille de l'échantillon

Rappelons encore que le temps de retour  $T$  d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Soit :

$$T = \frac{1}{1-F_q(x_q)} \quad q=Q$$

### 3. Mise en œuvre

**Etape 1 :** Préparation de la série de données des précipitations.

- Trier les valeurs dans l'ordre croissant.
- Attribuer un rang à chaque valeur.

**Etape 2 :** Calcul de la fréquence empirique pour chaque rang (Hazen, équation).

**Etape 3 :** Calcul de la variable réduite «  $u$  » du Gumbel (équation).

**Etape 4 :** Représentation graphique des couples  $(u_i, x_i)$  de la série à ajuster (figure.11).



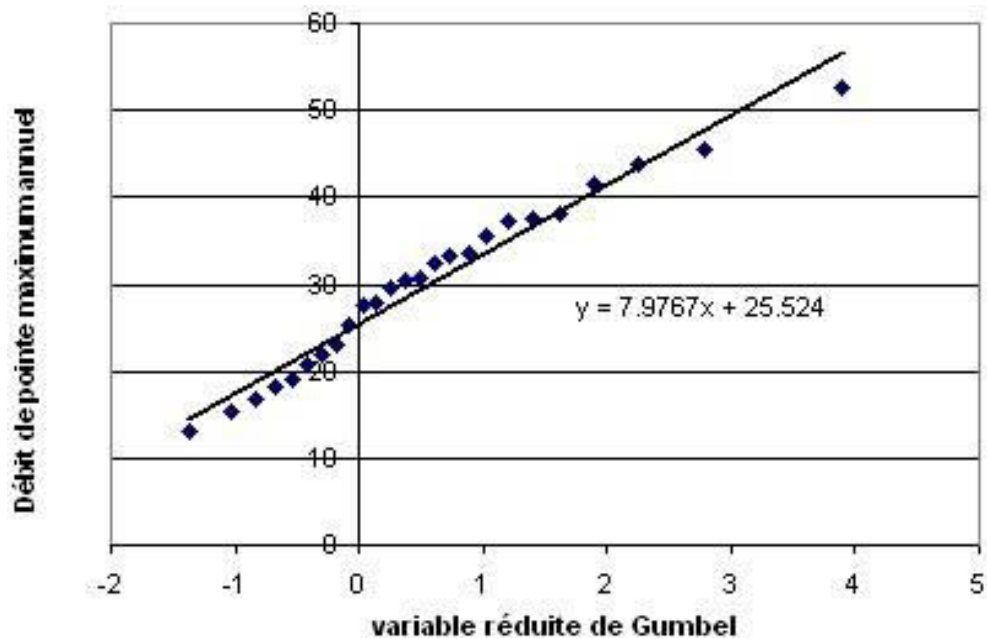


Figure. 11 : Courbe de variable réduite de Gumbel

#### 4. Conclusion

Les courbes IDF servent à calculer l'intensité des pluies pour différentes périodes de retour afin de dimensionner les ouvrages de protection contre d'éventuelles inondations.

**IV- Application au bassin versant de l'Oued Khémis**

Nous avons relevés les précipitations journalières de la station de Oued Khémis sur une période de 10 ans allant de 1977 jusqu'à 1986 et sur vingt ans pour le calcul de l'indice de saisonnalité. La station que nous avons utilisée est celle de Beni-Bahdel et celle de Khémis village connue selon les coordonnées suivantes (Tab 3):

Stations pluviométriques	Codes	Altitudes (m)	Durée (an)	Coordonnées (Lambert algérien)	
				X (km)	Y (km)
1) Beni-Bahdel	160403	650	20	115,20	165,5
2) Khemis	160406	870	20	109,3	157,1

Tableau 3 : Coordonnées Lambert de Beni-Bahdel et Khemis.

La figure,(Fig12) ci-jointe , représente le modèle numérique de terrain sur lequel , nous avons reporté les stations utilisées.

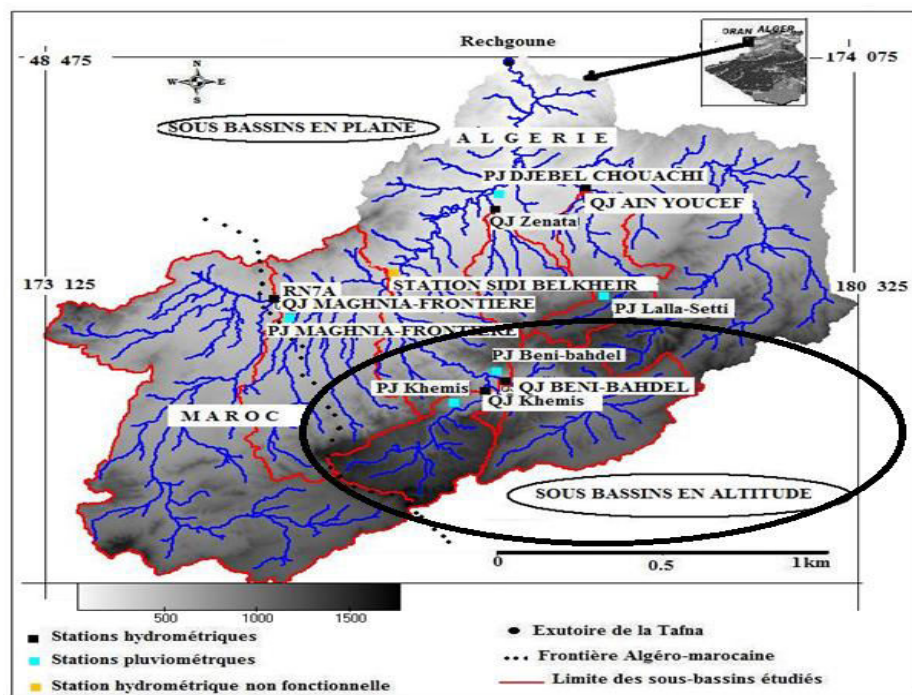


Figure12 : Répartition des stations pluviométriques étudiées.

### 1- Régime pluviométrique

Nous avons vu utile de reprendre le calcul de l'indice de précipitation depuis la thèse de (Bakreti, 2014) pour l'intérêt que pourrait jouer ce paramètre dans l'identification du régime de pluie dans le secteur étudié.

Pour rappel, la description du régime pluviométrique est calculée sur 31 années. Ces derniers ont été aussi calculés à l'échelle mensuelle, année par année. L'estimation de l'indice de la concentration des précipitations, noté PCI (Oliver, 1980) a été obtenue par la formule suivante :

$$PCI = 100 \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P_a^2}$$

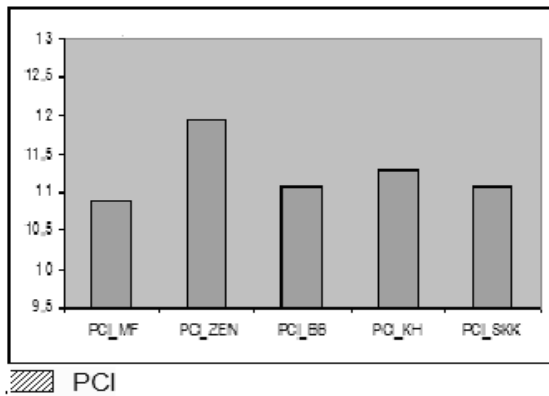
$i = 1, \dots, 12$  avec  $P_i =$  précipitations mensuelles en mm et  $P_a =$  précipitations annuelles en mm.

Nous nous sommes appuyés pour nos interprétations sur le tableau 4, ci-dessous, l'explication

Indice de concentration des précipitations "PCI"	Saisonnalité
<10	Uniforme
11-15	Modérée
16-20	Saisonnier
>20	Forte

Tableau 4 : Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).

L'indice des précipitations calculé au niveau de la station de Khémis est présenté sur la (Fig. 13) , le PCI traduit pour la station une saisonnalité modérée avec des valeurs toutes comprises dans l'intervalle [11-15]. Cet indice n'est donc pas discriminant à l'échelle du bassin.



Stations pluviométriques	PCI
PCI_MF(Maghnia-Frontière)	10.9
PCI_ZEN(ZENATA)	11.9
PCI_BB(Beni –BAHDEL)	11.1
PCI_KH(KHEMIS)	11.3
PCI_SKK(Lalla Setti)	11.1

Figure13: Représentation de l'indice de concentration des précipitations pour les sous bassins étudiés

a-Oued Khémis 1977-1981 (Fig. 14)

Avant la mise en œuvre de la méthode IDF, nous avons pensé utile de mettre en évidence, le comportement des précipitations au niveau de la zone d'étude selon la période considérée. Il en ressort ce qui suit :

La distribution des pluies selon l'année se répartie de la manière suivante :

\*La période d'hiver et celle du printemps sont les plus pluvieuses, les quantités les plus importantes sont enregistrées pendant le mois de Janvier-Novembre et Mars.

\*La période sèche couvre le mois de Juin, Juillet, Aout et Septembre.

\*Le nombre de jours de pluie, le plus important est de 07jours avec des pluies à intensité moyenne.

\*Les intensités les plus importantes ne durent pas plus de 5jours.

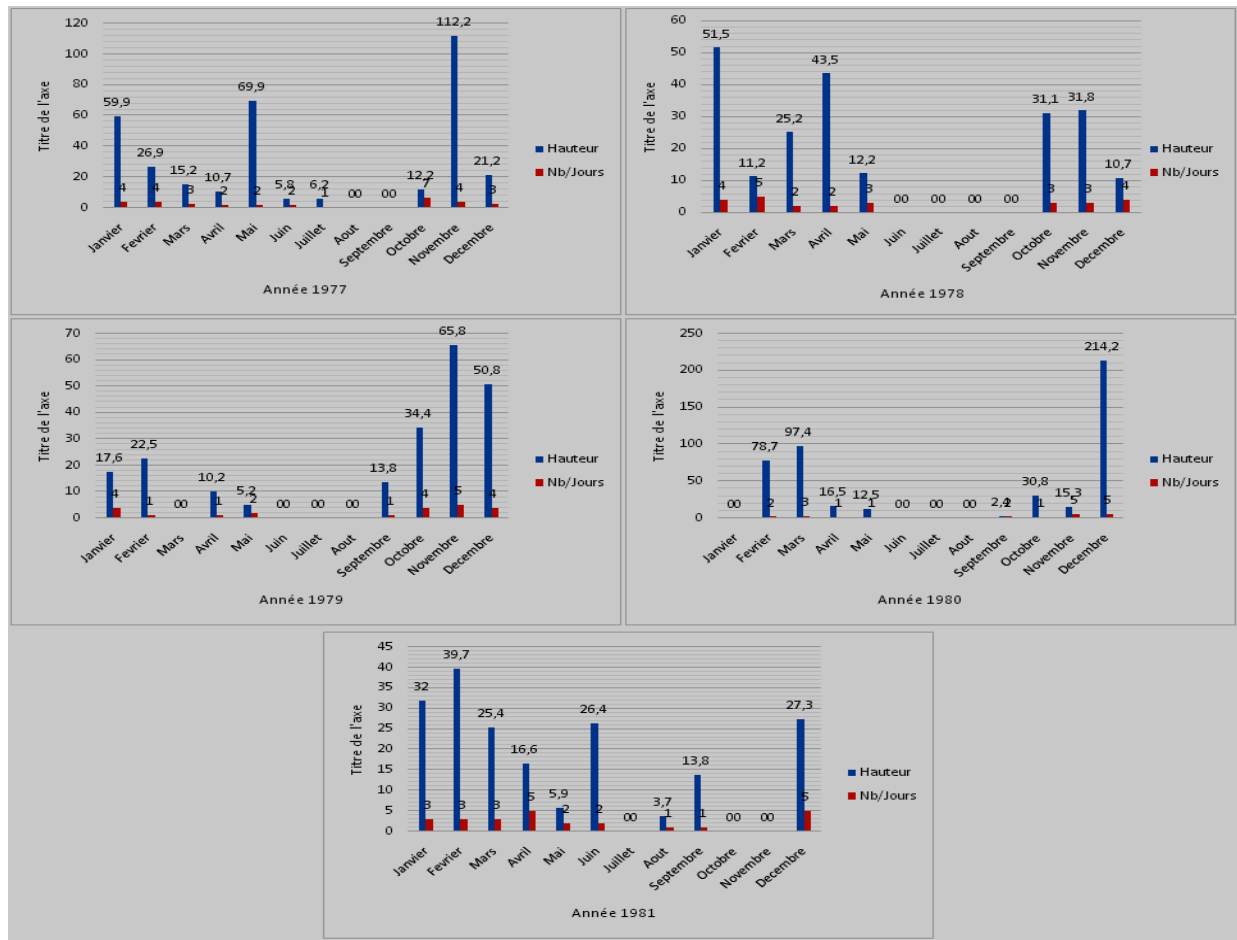


Figure. 14: Répartition des précipitations en fonction du nombre de jour 1977-1981.

b-Oued Khémis 1982-1986 (Fig. 15)

Cette période présente une irrégularité bien distinguée en relation avec les quantités de pluies tombées.

\*Les périodes pluvieuses couvrent le mois de janvier jusqu'à décembre sauf pour l'année 1983 où on enregistre aucune précipitation.

\* Les périodes sèches durent pour la plus part de la période considérée deux à trois mois sans pluie exceptionnellement pour l'année 1982 où les précipitations sont présentes même pour de faible quantité.

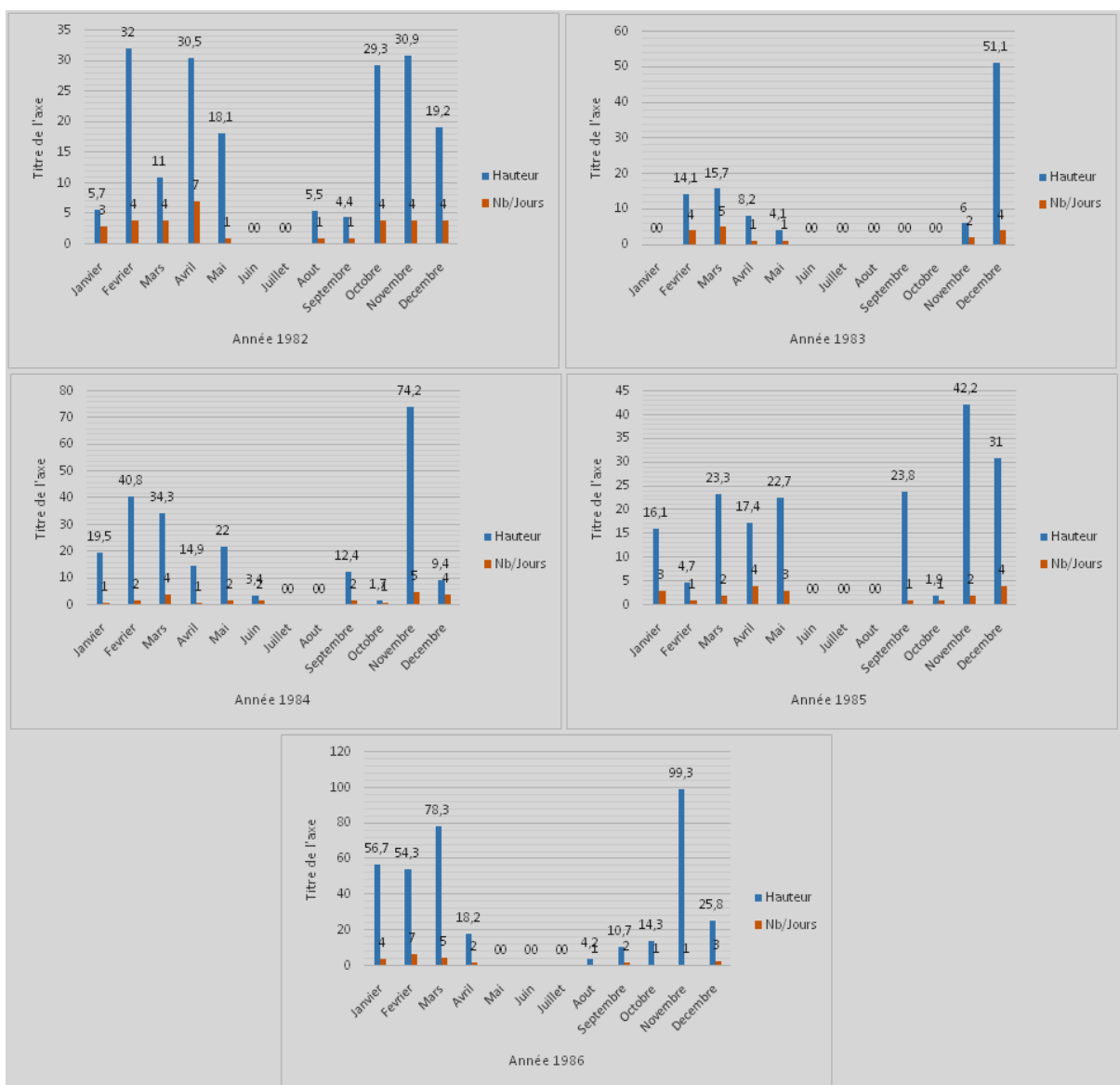


Figure. 15 : répartition des précipitations en fonction du nombre de jour des périodes allant de 1982-1986.

En conclusion, L’observation des courbes histogrammes des précipitations journalières des années allant de 1977 à 1981 montre généralement deux périodes de précipitations ; la première période s’étends à partir du mois d’Octobre jusqu’au mois de Février avec des piques de pluies suivi d’une période de précipitation quasi nul en précipitations en été.

La deuxième période allant de 1982 jusqu’à 1986 montre deux périodes bien distinguées, la première débute du mois d’Octobre jusqu’au mois de Mai. Une absence totale des précipitations en été.

## V. MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE IDF

Pour identifier les évènements extrêmes, nous avons recensé parmi les données journalières des précipitations la quantité précipitée en fonction du nombre de jours.

Le tableau 5, ci-joint, montre que la quantité la plus importante de pluie qui dure environ cinq jours pour sept années sur dix suivie de la durée de quatre jours qui semble la plus fréquente (huit année sur dix). Les évènements d'un jour sont faible sauf pour l'année 1986 où la quantité est importante 99,3mm.

Durée Jours	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
i1	6,2	0	22,5	30,8	13,8	18,1	8,2	19,5	23,8	99,3
i2	69,9	43	5,2	78,7	26,4	0	6	40,8	42,2	18,2
i3	21,2	31,8	0	97,4	39,7	5,7	0	0	16,1	25,8
i4	112,2	51,5	50,8	0	0	32	51,1	34,3	31	56,7
i5	0	11,2	65,8	214,2	27,3	0	15,7	74,2	0	78,3

Tableau 5: Les dix plus grandes intensités observées durant 10 ans mm/h

### 1. Synthèse et interprétation des résultats

Rappelons que l'objectif de notre travail est de pouvoir déterminer les lames d'eau écoulée puis de faire des prévisions sur les quantités extrêmes à venir via l'application de la variable réduite de Gumbel en se basant sur le report des données dans le script IDF implémenté sous Excel. (Fig. 16).

Après calcul par le script, il en résulte le tableau, ci-dessous, qui illustre les moyennes des lames précipitées où on note qu'à partir du premier et troisième jour, une tendance à la hausse.

Par rapport aux paramètres a et b, ces derniers ont tendance à augmenter durant les 3, 4 et 5 jours.

pluie de 1 jour					pluie de 2 jours				
rang	fréquence empirique de Hazen	variable réduite de Gumbel	lame précipitée	lame précipitée estimée	rang	fréquence empirique de Hazen	variable réduite de Gumbel	lame précipitée	
[-]	[-]	[-]	[mm/10]	[mm/10]	[-]	[-]	[-]	[mm/10]	
2	0,150	-0,64	6,2	-2	9	0,850	1,82	69,9	
1	0,050	-1,10	0	-12	8	0,750	1,25	43	
7	0,650	0,84	22,5	30	2	0,150	-0,64	5,2	
9	0,850	1,82	30,8	51	10	0,950	2,97	78,7	
4	0,350	-0,05	13,8	11	5	0,450	0,23	26,4	
5	0,450	0,23	18,1	17	1	0,050	-1,10	0	
3	0,250	-0,33	8,2	5	3	0,250	-0,33	6	
6	0,550	0,51	19,5	23	6	0,550	0,51	40,8	
8	0,750	1,25	23,8	39	7	0,650	0,84	42,2	
10	0,950	2,97	99,3	76	4	0,350	-0,05	18,2	
			moyenne =	24,2 [mm/10]				moyenne =	33,0
			variance =	780,0 [-]				variance =	727,7
Méthode des Moments :		paramètre b =	22 [mm/10]		paramètre b =		21		
		paramètre a =	11,7 [mm/10]		paramètre a =		20,9		
pluie de 3 jours					pluie de 4 jours				
rang	fréquence empirique de Hazen	variable réduite de Gumbel	lame précipitée	lame précipitée estimée	rang	fréquence empirique de Hazen	variable réduite de Gumbel	lame précipitée	
[-]	[-]	[-]	[mm/10]	[mm/10]	[-]	[-]	[-]	[mm/10]	
6	0,550	0,51	21,2	22	10	0,950	2,97	112,2	
8	0,750	1,25	31,8	39	8	0,750	1,25	51,5	
1	0,050	-1,10	0	-15	6	0,550	0,51	50,8	
10	0,950	2,97	97,4	79	1	0,050	-1,10	0	
9	0,850	1,82	39,7	52	1	0,050	-1,10	0	
4	0,350	-0,05	5,7	9	4	0,350	-0,05	32	
1	0,050	-1,10	0	-15	7	0,650	0,84	51,1	
1	0,050	-1,10	0	-15	5	0,450	0,23	34,3	
5	0,450	0,23	16,1	16	3	0,250	-0,33	31	
7	0,650	0,84	25,8	30	9	0,850	1,82	56,7	
			moyenne =	23,8 [mm/10]				moyenne =	42,0
			variance =	870,1 [-]				variance =	1022,5
		paramètre b =	23 [mm/10]		paramètre b =		25		
		paramètre a =	10,5 [mm/10]		paramètre a =		27,6		
pluie de 5 jours									
rang	fréquence empirique de Hazen	variable réduite de Gumbel	lame précipitée	lame précipitée estimée					
[-]	[-]	[-]	[mm/10]	[mm/10]					
1	0,050	-1,10	0	-38					
4	0,350	-0,05	11,2	16					
7	0,650	0,84	65,8	62					
10	0,950	2,97	214,2	172					
6	0,550	0,51	27,3	45					
1	0,050	-1,10	0	-38					
5	0,450	0,23	15,7	31					
8	0,750	1,25	74,2	83					
1	0,050	-1,10	0	-38					
9	0,850	1,82	78,3	113					
			moyenne =	48,7 [mm/10]					
			variance =	4364,1 [-]					
		paramètre b =	52 [mm/10]						
		paramètre a =	18,9 [mm/10]						

Figure. 16 : Distribution de Gumbel pour la station d’Oued Khémis



-La lame d'eau précipitée maximale a été calculée en fonction des temps de retour respectivement allant de 2ans, 5ans, 10ans, 20ans et 50ans. A partir du tableau (Fig. 17), on constate que :

\*Nous pouvons identifier les premières lames d'eau écoulée après 24 heures. Nous remarquons que la lame d'eau écoulée devient de plus en plus importante en fonction des temps de retour considérée. par exemple

h= 24h la lame correspondante est égale à 20 mm pour J1, elle est égale à 44 pour J2 et 61 mm pour J3 et 97mm pour J5.

Quant à l'intensité des précipitations, cette dernière est aussi importante et rejoint toute tendance à la hausse en fonction des temps de retour que nous avons mentionné.

Il serait intéressant de signaler que ces intensités deviennent plus faibles pour le J1 mais restent plus importantes pour les premières 24h de chaque temps de retour.

## Lames précipitées maximales annuelles pour la station de Khemis

Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 4 jours	pluie de 5 jours	
paramètre b =	22	21	23	25	52	[mm/10]
paramètre a =	11,7	20,9	10,5	27,6	18,9	[mm/10]
	temps de retour =	temps de retour =	temps de retour =	temps de retour =	temps de retour =	
	2	5	10	20	50	[an]
mulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[-]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]
Estimation des lames précipitées:						
Durée de la pluie	Lame précipitée	Lame précipitée	Lame précipitée	Lame précipitée	Lame précipitée	
[h]	[mm/10]	[mm/10]	[mm/10]	[mm/10]	[mm/10]	
24	20	44	61	76	97	
48	29	52	68	83	103	
72	19	45	62	79	100	
96	37	65	84	102	125	
120	38	96	135	172	220	
Estimation des intensités pluviométriques:						
Durée de la pluie	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne	intensité moyenne	
[h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	
24	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	
48	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
72	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
96	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
120	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	

Figure 17 : Calcul des lames précipitées et des intensités.

Le diagramme (Fig. 18) de fréquence selon Gumbel montre un ajustement satisfaisant avec l'individualisation des précipitations du cinquième jour.

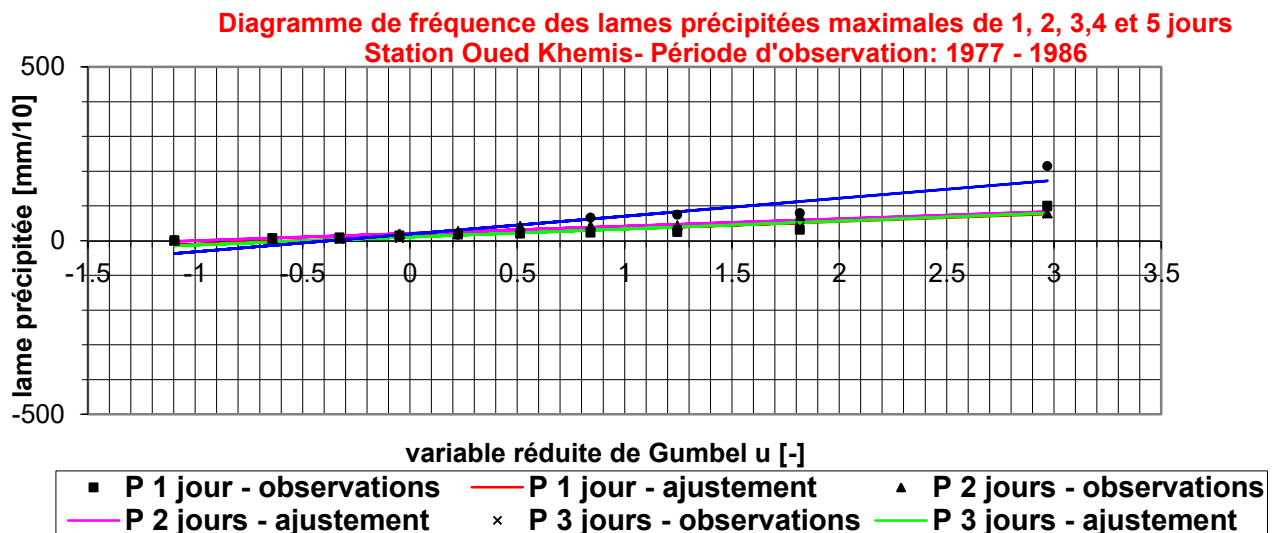


Figure 18 : Diagramme de fréquence des lames précipitées maximales de 1,2,3,4 et 5 jours station Oued Khemis-Période d'observation :1977-1986

Par ailleurs, les courbes IDF reportées sur la figure(Fig.19) suivante mettent en exergue les constatations suivantes

\*Pour la période de retours  $T = 2$ ans

L'observation des données met en évidence une baisse légère des pluies après 24h avec une lame d'eau égale à 0.15mm/h qui continue après 72 h. Par la suite, on note une légère augmentation mais pas significative au-delà de 100h de pluie.

Il semble que le temps de retour de 2ans se détache d'une manière très distincte des autres cycles de retour avec des intensités moyennement faibles.

\*Pour la période  $T = 5$ ans

Une intensité importante est toujours signalée dans les premières 24h égale ( 0.24mm/h).

Après 48h on assiste à une chute considérable des précipitations allant de 0.11 à 0.07mm/h. A partir de 72h jusqu'à 120h l'intensité restant faible par rapport aux premiers évènements tend vers une certaine stabilité.

\*Pour T = 10ans

Dans les 24H l'intensité des précipitations devient plus élevées et prend une valeur égale à 0.31mm/h suivie d'une chute considérable aussi à partir des 48h (0.21mm/h) qui continue en baisse jusqu'à 72h (0.11mm/h) pour atteindre une valeur moins élevée que les premières heures.

\*Pour T = 20ans

L'évolution de l'intensité demeure importante dans les 24h et atteint les 0.35mm/h suivie toujours d'une baisse importante durant les 48h (0.23mm/h allant jusqu'à 0.17mm/h) dans les 72h on note toujours un palier moins important en allant vers les 120h.

\*Pour T = 50ans

Les premières 24h sont marquées par une intensité très importante 0.46mm/h suivie par une baisse brutale après 72h puis la droite épouse l'allure générale de palier baisse après les trois jours.

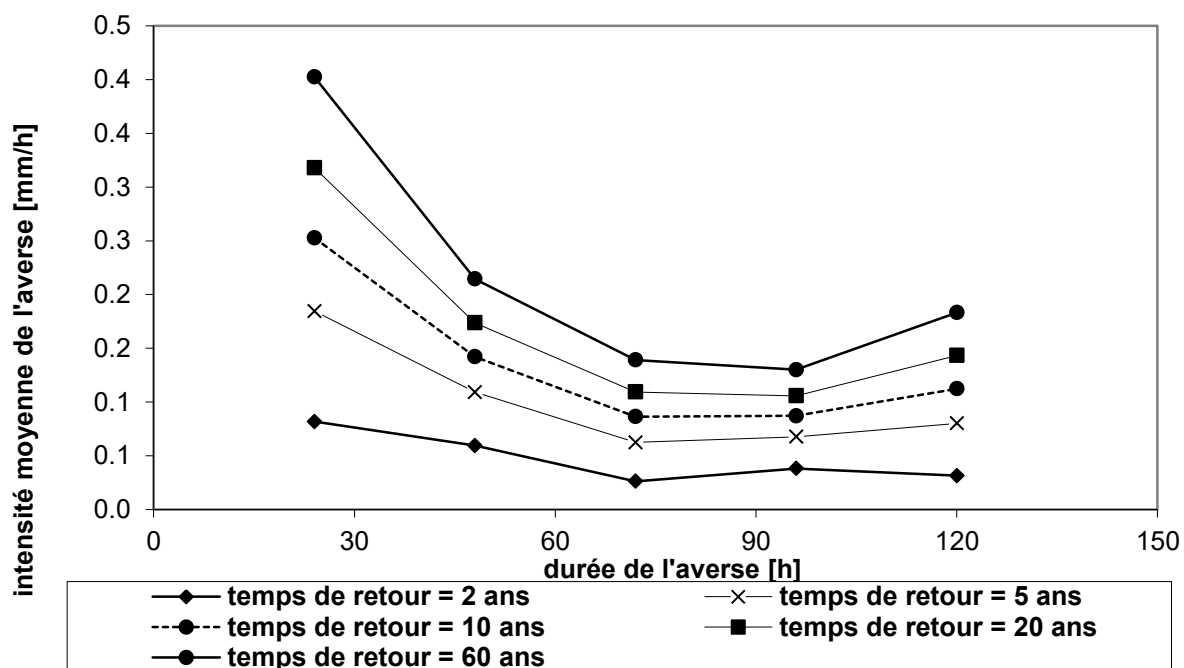


Figure 19 : Représentation des courbes IDF et des lames précipitées.

En conclusion, les données des précipitations journalières de la station de Oued Khémis prises sur une durée de 10ans et en appliquant la méthode de Gumbel nous ont permis, d'une part, d'estimer la lame d'eau écoulée pour les premières heures et de faire des prévisions donc des simulations qui nous ont aussi amené à distinguer deux phases d'intensité au niveau du bassin de Khémis . Une première phase de pluie importante pour les premières heures puis une deuxième phase moins importante en quantité et en intensité pour les trois jours après l'évènement pluvieux. Cet état est redondant pour les temps de retour 5, 10, 20 et 50 ans. Globalement les courbes étudiées montrent une importante tendance à la hausse pour les premiers jours d'évènement maximum les deux premiers jours puis une baisse durant les trois derniers jours qui suivent.

Le risque d'inondation serait potentiel au niveau du bassin versant de l'oued Khémis pour les premières heures de pluies seulement mais l'existence du barrage à l'aval du bassin atténue les écoulements à fort débit d'une part et l'existence d'avène dans la région vont contribuer à transférer les quantités de débits vers d'autre point plus bas du bassin. Il reste à signaler que l'aval du bassin reste la partie la plus vulnérable et la plus prédisposé à toute crue éventuelle qui pourrait toucher le bassin étudié.

## **CONCLUSION GENERALE**

### CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons voulu mettre en évidence le comportement des précipitations selon une échelle temporelle et spatiale. En faisant abstraction de tous les aspects physiques du bassin versant de l'oued Khémis qui à notre avis n'avaient pas d'influence directe surtout sur l'intensité des pluies. Ce bassin considéré comme très complexe vu l'état avancé des formations karstiques principalement l'exokarst qui influe sur la répartition de la lame d'eau écoulé qui pourrait être dans certaines zones quasiment nulle. Notre travail s'est basé exclusivement à l'analyse des précipitations selon la méthode Gumbel validée par celle des moments.

Vu l'irrégularité de la pluie au niveau du bassin mais le calcul de l'indice des précipitations saisonnier a identifié un comportement modéré autrement dit des saisons moyennement arrosée. Notre application a mis en exergue une durée de précipitation ne dépassant pas cinq jours avec une intensité plus importante dans les premières heures puis devient plus infime vers les 72h ce qui fait pensé que le début des événements pluvieux dans notre bassin sont les plus dangereux et les plus catastrophiques. sur le plan temporelle, la méthode intensité-durée – fréquence a pu être appliquée aisément avec des données journalières et annuelles d'où la possibilité de l'estimation de la lame d'eau écoulée paramètre majeur pour l'évaluation des débits et aussi pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour minimiser les catastrophes.

Quant aux temps de retour retrouvés, il en ressort que les évènements après 72 h ont une tendance à la baisse régit contrairement aux premières heures qui auront un impact sérieux sur le bassin vu la tendance à la hausse annoncé pour les averses à venir.

En perspective, il serait judicieux d'intégrer une étude de sensibilité des pluies pour pouvoir dégager les incertitudes pour une éventuelle étude de modélisation au niveau du bassin versant de l'Oued Khemis.

## **BIBLIOGRAPHIE**



## BIBLIOGRAPHIE

- Bakriti ,A (2014) - Modélisation du bassin versant de la Tafna ; *thèse de doctorat*.
- Bakreti, A., Braud, I., Leblois,E., et Benali ,A., (2013) - Analyse conjointe des régimes pluviométriques et hydrologiques dans le bassin de la Tafna (Algérie Occidentale). *Hydrological Sciences Journal* .HSJ-2011-0078.R1
- Beaulieu, C. (2009) - Homogénéisation des séries de précipitations : identification des techniques les plus prometteuses et nouveaux développements. *Doctorat. Thèse Univ*, Québec INRS-ETE,2995, p46.
- Benest M. (1985) - Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord - Est Marocaine au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé: Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse, Doctorat, Lab., *Géol Univ*. Lyon. Fasc. 1. 367P.
- Benest M. (1972) - Importance des mouvements de coulissage et de rotation dans la mise en place de la partie occidentale de la dépression de Sebdou (Monts de Tlemcen). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, Alger, t.62, fasc. 1-2, p.21-38, 5 fig., 3pl. h.t.
- Bois, Ph., Obled, Ch. et Zin, I. (2007) -Introduction au traitement des données en hydrogéologie, Janvier 2007.
- Bouanani A. (2004) - Hydrologie, Transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérien). *Thèse de Doctorat d'état, Univ*. Tlemcen, 250 p
- Dubreuil, P. (1974) - Initiation à l'analyse hydrologique. *Edit, Masson & Cie et O.R.S.T.O.M.*, Paris., ISBN: 2-225 40 140-3., 224p
- Elmi,S. (1972) - L'instabilité des monts de Tlemcen et de Rhar - Roubane (ouest algérien) pendant le Jurassique. Interprétation paléogéographique. *C. R. Acad. Géol. France*, Paris. pp. 1521 - 1524 ., 1 fig

Lucas G. (1942) - Description géologique et pétrographique des monts de Rhar - Roubane et du Sidi El Abed (frontière algéro - marocaine). *Bull. Serv. Cart. Géol. Algérie* (2), n° 16. 539 p., 131 fig., 34 pl.

Marok, A., Matias, R. (2012) – lower Jurassic sediments from the Rhar-Roubane mountains (Western Algeria): Stratigraphic precisions and synsedimentary block-faulting. *Journal of African Earth sciences* 76, p50-65.

Martine T. (2000) - La climatologie générale, pp : 5-66.

Mekahli. L. (1988) - Le Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale du Horst de Rhar-Roubane (Tlemcen, Algérie occidentale) : Stratigraphie, sédimentologie et cadre dynamique. *Thèse Magister. Univ. Oran*. 260 p. 102 fig

Oliver, J. E. (1980) - Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geographer*, 32(3), 300-309.

Renard, B. (2006) - Détection et prise en compte d'éventuels impacts du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques en France, *Thèse de Doctorat* de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 364pp.

Seladji S. (2000) -. Contribution à l'étude hydrologie du bassin versant de l'Oued Khemis. *Mém. Ing. Univ. Tlemcen*, 100 p

Thomas G. (1985) - Géodynamique d'un bassin intra-montagneux, le bassin du bas Cheliff occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire, *Thèse d'Etat, Univ. Pau*, 594 pp

